



Informationen

zur politischen Bildung / izpb

347 2/2021

Klima



Inhalt



9



28



32

4 Ursachen und Folgen des Klimawandels

- 5 Beobachtete Klimaänderungen
- 8 Zukünftige Klimaänderungen
- 10 Globale Folgen des Klimawandels
- 16 Folgen für Europa und Deutschland
- 18 Anpassung an den Klimawandel

24 Das Verhältnis von Klimawissenschaft und Politik

- 25 Der IPCC als Instanz wissenschaftlicher Politikberatung
- 27 Zukunftsszenarien als Entscheidungshilfe für die Klimapolitik
- 29 Neue Impulse für das Verhältnis von Wissenschaft und Politik

32 Minderungspfade

- 32 Globale und nationale Treibhausgasemissionsbudgets
- 36 Globale Treibhausgasemissionen und Minderungsoptionen
- 39 Klimaschutzszenarien für Deutschland

48 Klimapolitik in der öffentlichen Diskussion

- 49 Klimaschutz als soziale Bewegung
- 51 Verteilungsfragen
- 54 Akzeptanz für Klimapolitik
- 58 Zweifel an der menschengemachten Erderwärmung

Zu diesem Heft

Seit Jahrzehnten beschäftigt sich die Wissenschaft mit dem Klimawandel und speziell mit den vom Menschen verursachten Anteilen. Umfangreiche Szenarien und Modellrechnungen zeigen auf, wie sich die Erwärmung der Atmosphäre entwickeln wird und welche Ansätze notwendig sind, um das international festgelegte Ziel von weniger als 2°C-Erderwärmung zu erreichen. Viele Forscherinnen und Forscher erachten sogar das 1,5°C-Ziel für notwendig.

Dennoch gibt es eine Diskrepanz zwischen der globalen Bedeutung, die dem Thema mittlerweile beigemessen wird, und der Art und Weise, wie es im Alltag gelebt wird.

Nach einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamts im November/Dezember 2020 halten 65 Prozent der Deutschen Umwelt- und Klimaschutz für ein wichtiges Thema. Über 90 Prozent der Befragten sprechen sich für einen zügigen, aber sozialverträglichen Strukturwandel in Richtung Klimaschutz und ökologischer Nachhaltigkeit aus.

Bei den Jugendlichen zwischen 14 bis 22 Jahren beträgt der Anteil derjenigen, die Umwelt- und Klimaschutz für ein wichtiges Thema halten, sogar 74 Prozent. Sichtbar wird dieses Interesse etwa bei den weltweiten Demonstrationen der Fridays for Future-Bewegung. Viele Jugendliche befürchten, dass die zunehmende Erderwärmung ihre Chancen auf eine lebenswerte Zukunft mindert. Auf die junge Generation und eine Lastenverteilung zu deren Ungunsten zielte auch der wegweisende Beschluss des Bundesverfassungsgerichts von März 2021 zum Klimaschutzgesetz.

Die Herausforderung besteht darin, die erforderlichen Maßnahmen national und international umzusetzen. Welche Konsequenzen hat es für die Gesellschaften, für den Einzelnen, für Wirtschaft und Industrie? Was können sie beitragen, um den klimaschädlichen Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre effektiv zu bekämpfen? Welche Regionen sind bereits heute besonders betroffen, wie kann eine sozialverträgliche Umsetzung der Ziele gewährleistet werden?

Dieses Heft befasst sich mit den Entwicklungen des Klimas in den vergangenen Jahrzehnten. Es zeigt – unterstützt durch zahlreiche Bilder, Grafiken, Quellentexte und ein ausführliches Glossar –, wie die menschengemachte Erwärmung der Atmosphäre zunimmt. Dargestellt wird, wie die Wissenschaft Voraberechnungen über Entwicklungen des Klimas erarbeitet und Anpassungsstrategien entwirft.

Eine wichtige Rolle spielt dabei der IPCC, der Weltklimarat, dessen Berichte von hunderten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erarbeitet und begutachtet werden, um den politischen Entscheidungsträgern Vorschläge zu unterbreiten.

Gezeigt wird auch, welche Herausforderungen, aber auch Chancen darin liegen, in demokratisch verfassten Systemen immer aufs Neue Mehrheiten zu gewinnen und politische Entscheidungen umzusetzen, wenn Menschen ganz unmittelbar von Veränderungen in ihrem Umfeld betroffen sind. Wichtig ist, bei allen Entscheidungen nicht nur Betroffene frühzeitig einzubinden, sondern auch bei möglichst vielen Bevölkerungsschichten um Akzeptanz und aktive Beteiligung für die Erhaltung der gemeinsamen Lebensgrundlagen zu werben.

Jutta Klaeren



50



71

60 Klimaschutz als Aufgabe für Politik und Gesellschaft

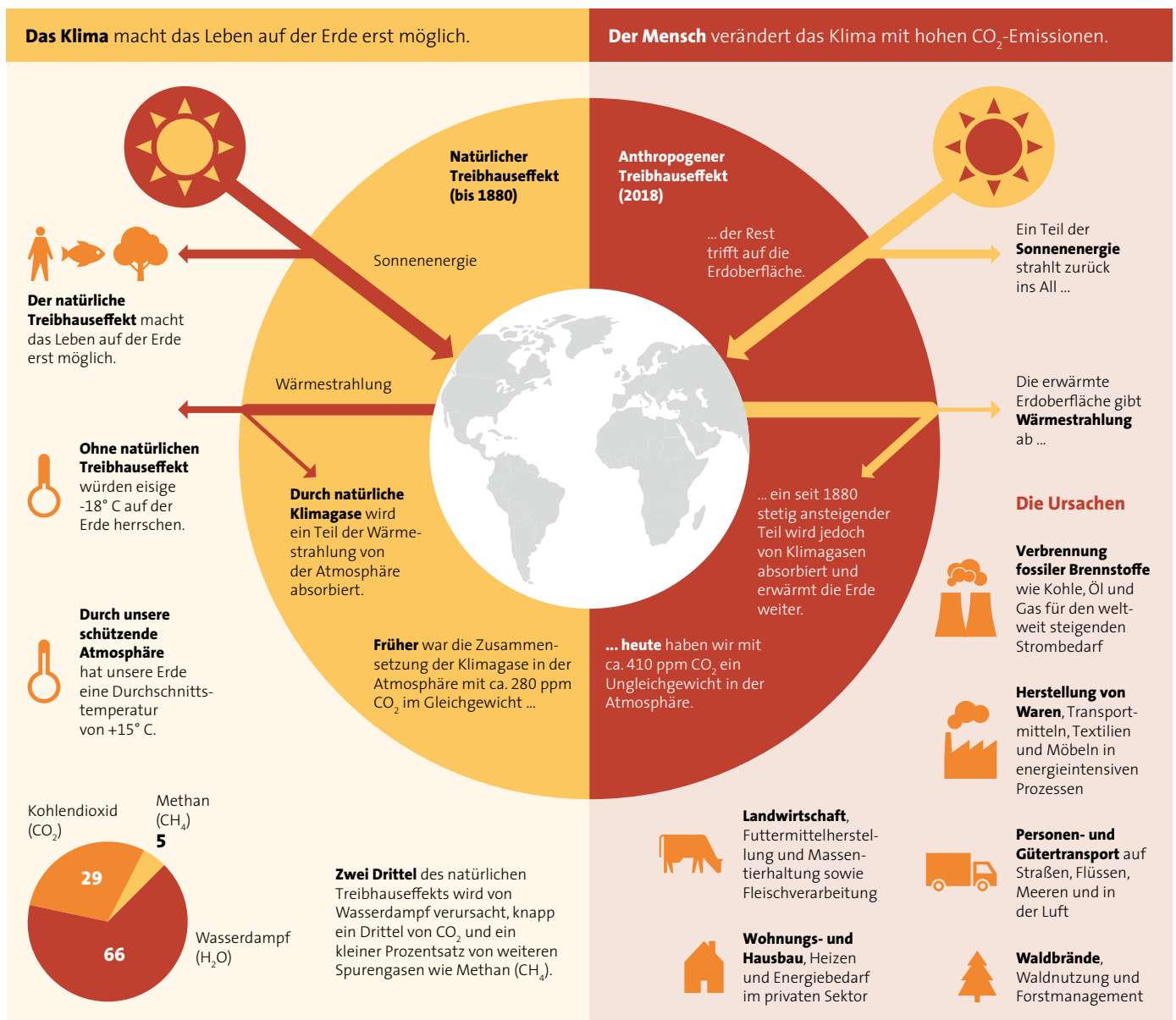
- 60 Globale Klimapolitik
- 67 Klimapolitik in Deutschland und der EU
- 72 Klimapolitik in der Demokratie

- 79 Glossar
- 80 Literatur und Internetadressen
- 83 Die Autorinnen und Autoren
- 83 Impressum

Ursachen und Folgen des Klimawandels

Die verstärkte Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre verursacht eine zunehmende globale Erwärmung mit Folgen für das Leben auf der Erde. Die Wissenschaft erarbeitet Klimamodelle möglicher künftiger Entwicklungen und entwirft Strategien, wie diesen wirksam begegnet werden kann.

Das Klima und der Mensch



Esther Gonstalla, Das Klimabuch, oekom verlag München 2019, S. 8/9; Quellen: DWD (2018), IPCC (2014), Rahmstorf (2013), Riedel & Janiak (2015)

Beobachtete Klimaänderungen

Der Begriff Klima beschreibt den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem Ort oder in einem Gebiet über einen hinreichend langen Zeitraum. Dieser sollte laut der Weltorganisation für Meteorologie (*World Meteorological Organization*, WMO) mindestens 30 Jahre betragen, aber auch wesentlich längere Zeiträume sind gebräuchlich.

Das Klima wird von allen Teilsystemen des Erdsystems und deren Wechselbeziehungen beeinflusst. Neben der Atmosphäre sind diese Teilsysteme im Wesentlichen die Ozeane, das Meereis und das Landeis (Eisschilde und Gletscher), die Lebensräume im Ozean und an Land, das Wasser der Landflächen wie zum Beispiel Seen, Flüsse und Grundwasser, die Böden sowie der Mensch.

Beobachtungen des Klimasystems beruhen auf direkten Messungen, die global seit etwa Mitte des 19. Jahrhunderts durchgeführt werden. In jüngerer Zeit kommen auch Satelliten und andere Fernerkundungsmethoden zum Einsatz. Gemessen werden unter anderem Luftdruck, Temperatur, Niederschlag, Bewölkung, Strahlung und Windgeschwindigkeit.

Aus den langjährigen Beobachtungen ergibt sich zum einen, dass das Klima natürlichen zeitlichen Schwankungen unterliegt. Diese entstehen zum Beispiel beim Austausch von Wärme zwischen Atmosphäre und Ozean und können sich durch langsame und zeitlich unterschiedliche Wärmetransporte in den Meeren auch über mehrere Jahrzehnte bemerkbar machen. Faktoren außerhalb des Klimasystems wie unterschiedliche Sonneneinstrahlung, vulkanische Aktivität oder auf ganz langen Zeitskalen Veränderungen der Erdbahn und die Bewegung der Kontinente (Kontinentaldrift) tragen ebenfalls zu natürlichen Klimaschwankungen bei.

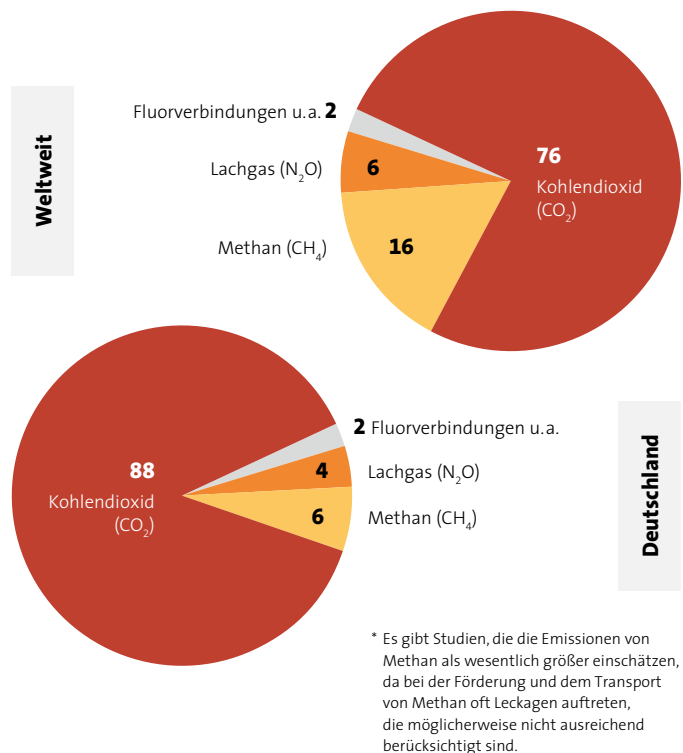
Die langjährigen Beobachtungsreihen für das vergangene Jahrhundert bis heute zeigen zum anderen aber auch Klimaänderungen, die nur zu einem sehr geringen Anteil mit natürlichen Klimaschwankungen zu erklären sind. Die Erdoberfläche hat sich im Durchschnitt der vergangenen hundert Jahre um mehr als 1°C erwärmt. Der „Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen“ (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, siehe auch S. 24 ff.) belegt mit dem in seinen Sachstandsberichten (*Assessment Reports*, AR) erarbeiteten Wissen, dass für diese globale Erwärmung in erster Linie der Einfluss des Menschen verantwortlich ist.

Der anthropogene Treibhauseffekt

Eine maßgebliche Rolle spielen dabei vom Menschen verursachte Emissionen von Treibhausgasen in die Atmosphäre (anthropogener Treibhauseffekt); sie entstehen beispielsweise durch die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas sowie durch die Abholzung von Wäldern. Dadurch ist in den vergangenen Jahrzehnten die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre kontinuierlich angestiegen und nur mit diesem Anstieg lässt sich Ausmaß und Geschwindigkeit der globalen Erwärmung erklären. Denn in Klimasimulationen, die versuchsweise ohne den Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen gemacht wurden, fand keine Erwärmung der Erdoberfläche statt.

Treibhausgase sind Spurengase in der Atmosphäre, die einen Teil der Wärmestrahlung der Erdoberfläche aufnehmen, sich erwärmen und entsprechend ihrer Temperatur wiederum Wärmestrahlung abgeben. Der zur Erdoberfläche gerichtete Anteil dieser Wärmestrahlung erwärmt als „atmosphärische Gegenstrahlung“ die Erdoberfläche, was zu einem Treibhauseffekt führt.

Anteil der Treibhausgase an der Erwärmung* 2019, in Prozent



Eigene Darstellung auf Basis von Karl-Martin Henschel / Steffen Kenzer, Handbuch Klimaschutz, oekom verlag München 2020, S. 2 ; www.oekom.de/buch/handbuch-klimaschutz-9783962382377

Wäre die Erde ein Planet ohne Atmosphäre, hätte ihre Erdoberfläche eine lebensfeindliche Temperatur von durchschnittlich -18°C. Erst die Atmosphäre schafft durch ihren natürlichen Treibhauseffekt lebensfreundliche Bedingungen: Während sie für die kurzwellige Sonneneinstrahlung weitgehend durchlässig ist, nimmt die Atmosphäre die von der Erdoberfläche abgestrahlte langwellige Strahlung (Wärmestrahlung) von Gasen wie Wasserdampf, Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und Ozon (O₃) in sich auf. Diese Gase strahlen ihrerseits im langwelligen Spektralbereich zurück in Richtung Erdoberfläche und erhöhen dort die Energiezufuhr. Dieser natürliche Treibhauseffekt führt zu einer mittleren Erdoberflächentemperatur von +15°C.

Seit Beginn der Industrialisierung nimmt die Konzentration langlebiger Treibhausgase in der Atmosphäre durch menschliche Einflüsse beständig zu. Zu diesen wachsenden Konzentrationen von Kohlendioxid, Methan, Lachgas und Ozon in der Atmosphäre kommen noch hoch klimawirksame Treibhausgase wie Halogenkohlenwasserstoffe und andere chlor- und bromhaltige Substanzen hinzu, die ausschließlich vom Menschen produziert werden. Durch die zunehmende Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre erhöht sich die Energiezufuhr an der Erdoberfläche. Die zusätzliche Energie erwärmt die Erdoberfläche, die Ozeane und die bodennahe Atmosphäre.

Die Rolle des Kohlendioxids

Die verschiedenen Gase verbleiben unterschiedlich lang in der Atmosphäre, und sie verfügen über unterschiedliche Potenziale für den Treibhauseffekt. Von herausragender Bedeutung ist das Kohlendioxid (CO₂), da es den größten Anteil der durch den Menschen verursachten Emissionen ausmacht, besonders lange in der Atmosphäre verbleibt und insgesamt die stärkste Wirkung auf das Klima ausübt. Deshalb wird Kohlendioxid bei

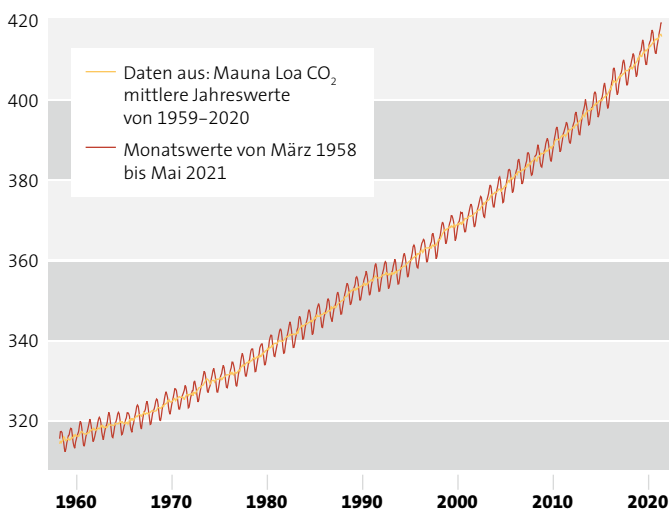
Menschengemachte Treibhausgase

	Konzentrationen der Treibhausgase 1750 →	Konzentrationen der Treibhausgase 2016	Verweilzeit in Jahren
CO ₂	280 ppm*	404 ppm ≈ 0,040 %	Bis zu 1000 000
CH ₄	722 ppb**	1842 ppb ≈ 0,0001842 %	12,4
N ₂ O	270 ppb	328 ppb ≈ 0,0000328 %	121

* ppm = Teile pro Million ** ppb = pro Milliarde

© David Nelles / Christian Serrero „Kleine Gase – Große Wirkung“, KlimaWandel GbR, Friedrichshafen 2019, S. 36

Verlauf der monatlichen Mittelwerte des Kohlendioxids, gemessen vom Mauna Loa Observatorium, Hawaii in parts per million (ppm), 1959 bis 2020



www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html

Klimauntersuchungen oft als Bezugsgröße gewählt. Um die Klimawirkung der einzelnen Gase zu verdeutlichen, werden die verschiedenen Treibhausgase in sogenannte Kohlendioxid-Äquivalente umgerechnet. Diese geben an, welcher Menge Kohlendioxid die Klimawirkung der jeweiligen Gasmenge entspricht.

Die längsten Aufzeichnungen direkter Messungen von Kohlendioxid in der Atmosphäre sind die Datenreihen des Mauna Loa Observatoriums auf Hawaii, begonnen durch den US-amerikanischen Klimaforscher C. David Keeling im März 1958. Die als „Keeling-Kurve“ bekannte Datenreihe veranschaulicht neben den natürlichen Schwankungen im Jahresverlauf den kontinuierlichen Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Diese Konzentrationen werden in „ppm – parts per million“, also Anzahl Teilchen pro Millionen Teilchen, gemessen. Im Jahr 1958 lag die CO₂-Konzentration im Mai bei einem Monatsmittelwert von 317,5 ppm. Am 13. Mai 2013 wurde erstmals die Tageskonzentration von 400 ppm überschritten, im Mai 2021 betrug der Monatsmittelwert schon 418 ppm.

Dass der mittlere CO₂-Gehalt der Atmosphäre weiter ansteigt, selbst wenn die Emissionen zeitweise einmal sinken (wie zum Beispiel während des weltweiten Lockdowns 2020/2021 in vielen Nationen aufgrund der Coronavirus-Pandemie), liegt an der langen Verweildauer des Kohlendioxids in der Atmosphäre. Auch wenn die Ozeane und die Vegetation laut *Global*

Carbon Project (GCP) derzeit mehr als die Hälfte der CO₂-Emissionen aufnehmen, bleibt der Rest für etwa ein Jahrhundert in der Atmosphäre. Nur wenn die Emissionen dauerhaft auf null gingen, würde sich der atmosphärische CO₂-Gehalt stabilisieren und dann langfristig verringern. Im globalen Durchschnitt werden pro Kopf und Jahr etwa 4,8 Tonnen CO₂ ausgestoßen. In Deutschland liegt der CO₂-Ausstoß laut GCP und Umweltbundesamt bei mehr als 9 Tonnen pro Kopf und Jahr und damit deutlich über dem weltweiten Durchschnitt.

Aerosole

Neben Treibhausgasen verändern auch Aerosole den Strahlungshaushalt der Atmosphäre. Als Aerosol bezeichnet man ein Gemisch aus festen oder flüssigen Schwebeteilchen und Gas. Die Schwebeteilchen heißen Aerosolpartikel und haben eine typische Größe zwischen 0,01 und 10 µm (Mikrometer = 1 tausendstel Millimeter/1 millionstel Meter). Aerosole entstehen zum einen durch natürliche Vorgänge wie beispielsweise Vulkanausbrüche oder Wüstenstürme, zum anderen infolge menschlicher Aktivitäten wie zum Beispiel Ruß und Schwefeldioxid aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe oder Mineralstaub durch Winderosion landwirtschaftlich genutzter Flächen.

Im Gegensatz zu den Treibhausgasen haben Aerosole so gut wie keinen Einfluss auf die langwellige Wärmestrahlung. Aerosolpartikel streuen oder absorbieren die kurzwellige Sonneneinstrahlung und verändern dadurch die Strahlungs- und Energiebilanz an der Erdoberfläche: Die Streuung sehr kleiner Aerosolpartikel bewirkt eine Abkühlung, die Aufnahme (Absorption) größerer Aerosolpartikel eine Erwärmung. Aerosole wirken sich zudem indirekt auf das Klima aus, indem sie die Wolkenbildung und den Niederschlag beeinflussen. Der indirekte Effekt kann je nach Zustand der Atmosphäre und Eigenschaften der Aerosole zu einer Abkühlung oder Erwärmung der oberflächennahen Luftschicht führen. In der Summe lässt sich davon ausgehen, dass Aerosole eine deutlich abkühlende Wirkung besitzen, welche den globalen Temperaturanstieg der letzten Jahrzehnte um wenige Zehntel Grad geringer ausfallen ließen.

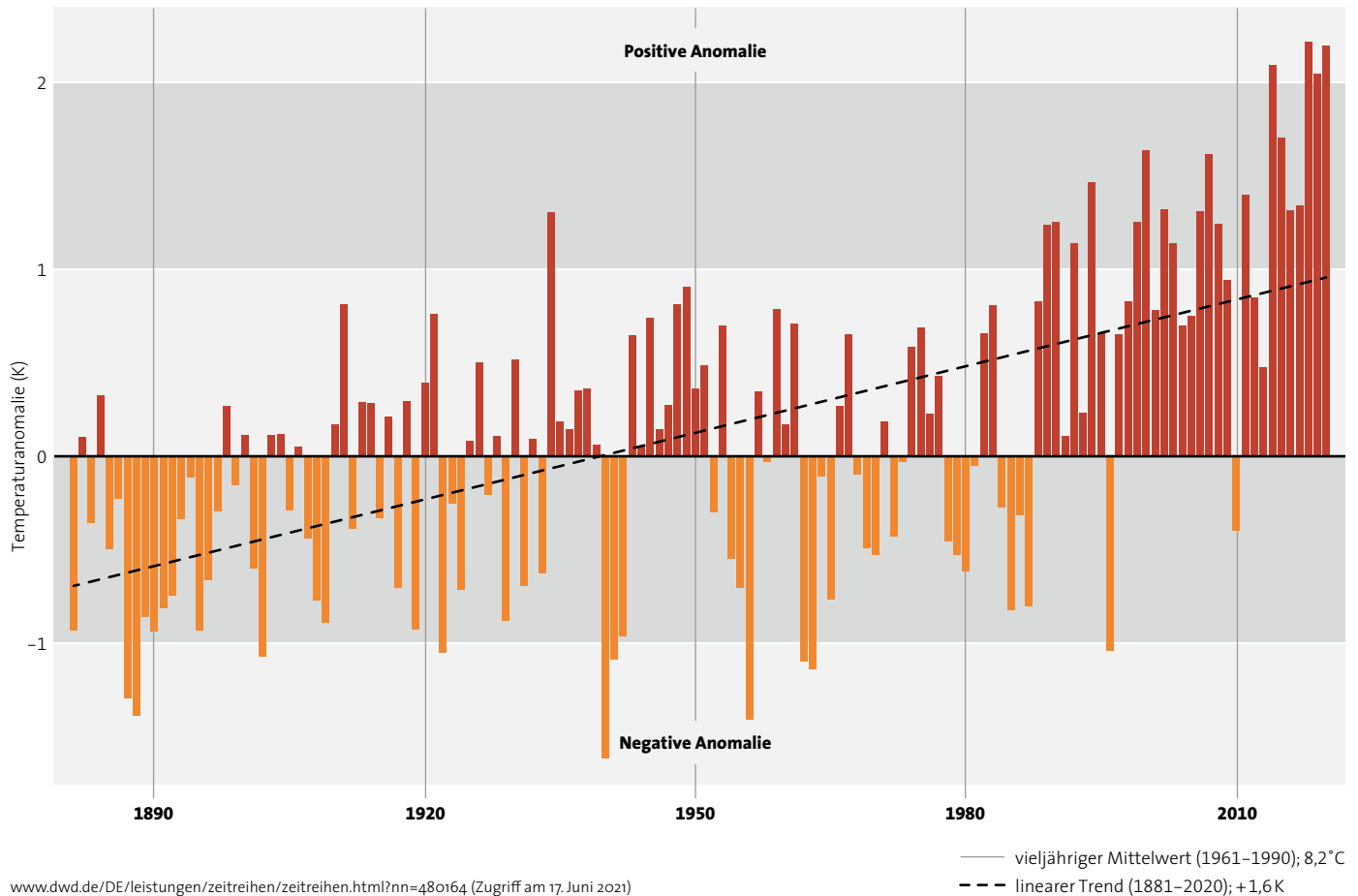
Landnutzung

Eine weitere Ursache von Klimaänderungen sind Einwirkungen des Menschen auf die Landoberfläche. Maßnahmen wie Entwaldung, Bodenversiegelung oder Bewässerung verändern die Reflexion von Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche. Damit einhergehend verändern sich die Vegetationsdichte, die Rauigkeit der Erdoberfläche oder das Wasserspeichervermögen der Böden, was zu Rückwirkungen auf den Austausch von Stoffen, Impuls und Energie führt. Die Strahlungs- und Energiebilanz, die Verdunstung von Wasser, der Transport von Energie und die Wolkenbildung werden beeinflusst. Dadurch kann es zur Abkühlung oder Erwärmung der bodennahen Luftschichten kommen, was die treibhausgasbedingte globale Erwärmung regional und lokal abschwächen oder verstärken kann.

Seit Beginn der Frühindustrialisierung um 1750 ist die weltweite bodennahe Lufttemperatur im Mittel um etwa 1°C gestiegen und liegt gemittelt über alle Landflächen bei etwa 1,5°C. Weltweit gesehen lagen die 20 wärmsten Jahre seit Beginn der Wetteraufzeichnungen nach Angaben der Nationalen Ozean- und Atmosphärenbehörde der USA (NOAA, 2020) bis auf eine Ausnahme (1998) alle im 21. Jahrhundert. In Deutschland ist die jährliche bodennahe Lufttemperatur seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881 nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) bereits um 1,6°C im Mittel angestiegen (siehe auch S. 16 ff.).

Temperaturanomalie – gemittelt über Deutschland

Zeitreihe der jährlichen Abweichungen der bodennahen Lufttemperatur [2 m über Grund] 1881–2020 gegenüber dem 30-jährigen Mittelwert von 1961–1990, in Kelvin (K)



Wetter ist nicht gleich Klima

[...] Der Begriff Klima beschreibt die „Gesamtheit der Wettererscheinungen an irgendeinem Ort der Erde während einer festgelegten Zeitspanne“. [...] Die World Meteorological Organization (WMO) hat dabei festgelegt, dass der Mittelungszeitraum mindestens 30 Jahre umfasst [...].

[...] Das Wort [Klima] selbst stammt aus dem Altgriechischen und bedeutet in etwa „Neigung“. Gemeint ist damit, ob die Sonne in steilem oder flachem Winkel auf die Erdoberfläche trifft und diese entsprechend mehr oder weniger stark erwärmt. Denn bei einem flacheren Winkel verteilt sich die gleiche Energiemenge über eine größere Fläche.

Hieraus ergeben sich übrigens auch unmittelbar die verschiedenen Klimazonen der Erde. Weil die Erdachse geneigt ist – derzeit um 23,5 Grad – ändern sich diese Auftreffwinkel zudem im Verlauf eines Jahres. So entstehen die Jahreszeiten und eine scheinbare Bahn der Sonne zwischen dem nördlichen (23,5 Grad nördlicher Breite) und dem südlichen (23,5 Grad südlicher Breite) Wendekreis. Dadurch steht die Sonne bei uns im Winter 47 Grad (2 mal 23,5 Grad) tiefer als im Sommer: Wir bekommen viel weniger Sonnenenergie pro Fläche ab – es wird kälter.

[...] [Es] kommt aber in Erweiterung des ursprünglichen Klimabegriffs auch noch die räumliche Dimension hinzu. Wenn

man Wettererscheinungen über größere Naturräume mittelt, spricht man vom Regional- oder Mesoklima, bei Kontinenten oder gar dem ganzen Globus vom Makro- oder Erdklima beziehungsweise vom globalen Klima. [...]

Klima ist schlicht die Statistik des Wetters. Dennoch werden die Begriffe in der öffentlichen Debatte gerne durcheinandergebracht. Der Stolperstein ist wohl folgender: Wetter können wir mit unseren Sinnesorganen fühlen und es zu erleben löst unmittelbar Empfindungen in uns aus. Wetter ist uns emotional also sehr nah. Klima – die Statistik – können wir hingegen nicht fühlen. Deshalb ist uns das Klima emotional fern.

[...] Wetter ist definiert als der „aktuelle Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt“. Damit spüren wir einen Vorgang, der in höchstem Maße variabel ist, denn genau das zeichnet unser Wetter aus. Mal ist es heiß, mal kalt, mal fällt Regen, mal schneit es, mal herrscht ruhiges Hochdruckwetter mit Sonnenschein, dann kommt es wieder zu Gewittern oder Stürmen. [...]

Sven Plöger, Zieht euch warm an, es wird heiß!, Westend Verlag GmbH Frankfurt/M. 2020, S. 78 ff.

Zukünftige Klimaänderungen

Eine wesentliche Rolle bei der Erforschung des Klimawandels und insbesondere der menschlichen Einflüsse auf das Klima spielen physikalisch-mathematische Klimamodelle. Dies sind dreidimensionale Zirkulationsmodelle der Atmosphäre, meist gekoppelt mit dreidimensionalen Zirkulationsmodellen des Ozeans. Klimamodelle wurden über viele Jahrzehnte entwickelt. Sie beinhalten heutzutage neben Modellen der Landoberflächen mit Böden, terrestrischer Hydrosphäre (das den Landflächen zugeordnete Wasser) und Vegetation auch Modelle der marinen Biosphäre sowie des Meereises und terrestrischer Eisschilde, zudem bilden sie Aerosole und chemische Prozesse in der Atmosphäre ab. Darüber hinaus werden auch biogeochemische Kreisläufe wie der Kohlenstoff-, der Stickstoff- und der Schwefelkreislauf abgebildet und mit physikalischen Prozessen im Klimasystem interaktiv gekoppelt. Diese komplexen Modelle werden oft auch als „Erdsystemmodelle“ bezeichnet.

In diesen komplexen Modellen werden die anthropogenen Treibhausgasemissionen direkt vorgegeben und deren Auswirkungen auf das Klima berechnet. Die Verteilung des zusätzlichen Kohlendioxids in Atmosphäre, Ozean und Biosphäre kann damit simuliert und Rückkopplungsprozesse im Klimasystem können erfasst werden. Klimamodelle werden weltweit an vielen Forschungszentren erstellt und im internationalen Austausch stetig weiterentwickelt. Die Modelle werden dahingehend analysiert, wie gut sie das historische Klima (dessen Verlauf durch Beobachtungen belegt ist) und beobachtete Vorgänge im Klimasystem wiedergeben.

Klimaprojektionen

Mit Klimamodellen lassen sich auf Basis von Annahmen über die Entwicklung zukünftiger Treibhausgasemissionen deren Auswirkungen auf das Klima abbilden. Auf diese Weise ist die Klimawissenschaft in der Lage, quantitative Aussagen über die potenziell zukünftigen Änderungen des Klimas zu machen. Diese werden in der Fachsprache „Klimaprojektionen“ genannt und beantworten Fragen wie: Was wäre, wenn ...? Wie entwickelt sich das Klima unter bestimmten Bedingungen, beispielsweise wenn durch menschliche Aktivitäten auch weiterhin große Mengen zusätzlicher Treibhausgase in die Atmosphäre emittiert werden oder wenn stattdessen deutliche Anstrengungen zum Klimaschutz unternommen werden? Zu diesem Zweck werden unterschiedliche Emissionsszenarien für das 21. Jahrhundert entwickelt, die auf verschiedenen Annahmen beruhen. In die Berechnung einbezogen werden dabei unter anderem die Bevölkerungsentwicklung sowie Entwicklungen auf den Gebieten der Energienutzung, der Technologie oder der Wirtschaft.

Die Klimaprojektionen des 5. Sachstandsberichts des IPCC (AR5) von 2013/14 basieren auf den sogenannten Repräsentativen Konzentrationspfaden (*Representative Concentration Pathways*, RCPs). Diese beschreiben bestimmte Entwicklungspfade atmosphärischer Treibhausgaskonzentrationen und zugehöriger Emissionen. Eine charakteristische Kennzahl für die RCPs ist der Strahlungsantrieb, ein Maß für die Änderung der Energiebilanz der Erde innerhalb eines Zeitraums vom vorindustriellen Niveau um 1750 bis zum Ende des 21. Jahrhunderts.

Gemessen wird der Strahlungsantrieb in Watt pro Quadratmeter (W/m^2), wonach die Entwicklungspfade auch bezeichnet werden: RCP8.5 steht für einen Strahlungsantrieb von $8,5 \text{ W/m}^2$ und beschreibt einen kontinuierlichen Konzentrationsanstieg mit sehr hohen Treibhausgasemissionen. RCP6.0 und

RCP4.5 sind zwei Stabilisierungsszenarien und RCP2.6 ist ein Minderungsszenario. Letzteres beinhaltet ehrgeizige Maßnahmen, die nicht nur die Treibhausgasemissionen reduzieren, sondern zum Ende des 21. Jahrhunderts in „negative Emissionen“ übergehen, das heißt Kohlendioxid aus der Atmosphäre entziehen. Mit RCP2.6 soll der Strahlungsantrieb um 2040 etwa 3 W/m^2 betragen und dann zum Ende des 21. Jahrhunderts auf einen Wert von $2,6 \text{ W/m}^2$ zurückgehen. Die unterschiedlichen Werte des Strahlungsantriebs spiegeln klimapolitische Maßnahmen wider.

Minderungsziele

In den letzten Jahren hat ein internationales Team von Fachleuten aus den Bereichen Klimawissenschaft, Ökonomie und Energie eine Reihe von *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs) entwickelt, die in verschiedenen Entwicklungspfaden mögliche zukünftige Veränderungen der globalen Gesellschaft beschreiben. In Kombination mit verschiedenen Emissionsminderungszielen bilden sie ab, wie sich gesellschaftliche Entscheidungen auf die Treibhausgasemissionen auswirken und wie die Klimaziele des Pariser Abkommens erreicht werden können.

Die untersuchten Minderungsziele werden mittels RCPs durch den Strahlungsantrieb für das Jahr 2100 definiert. RCP1.9 nimmt dabei eine besondere Rolle ein, denn es beschreibt einen modellierten Pfad zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf $1,5^\circ\text{C}$ gegenüber dem vorindustriellen Niveau, dem Ziel des Pariser Klimaabkommens (siehe auch S. 32 ff. und 60 ff.). Hierbei nehmen die anthropogenen CO_2 -Emissionen bis 2030 um etwa 45 Prozent gegenüber dem Niveau von 2010 ab und erreichen einen Netto-Null-Zustand um das Jahr 2050.

Beschleunigte Maßnahmen zur Emissionsvermeidung erforderlich

Zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf $1,5^\circ\text{C}$ ist eine schnelle und weitreichende Vermeidung und Reduktion aller Treibhausgasemissionen, vor allem von Kohlendioxid, erforderlich. Darüberhinaus ist ein Ausgleich des nicht zu vermeidenden Treibhausgasausstoßes durch „negative Emissionen“ notwendig. Der Atmosphäre muss also Kohlendioxid entzogen werden, beispielsweise durch das Anpflanzen von mehr Wäldern oder durch mehr Bindung von CO_2 in Böden durch veränderte landwirtschaftliche Bearbeitungsmethoden. Für das RCP1.9 sind nach 2050 bis zum Ende des 21. Jahrhunderts negative Emissionen erforderlich. Da die Möglichkeiten zum Entzug von Kohlendioxid jedoch in ihrem Umfang begrenzt sind und großen Unsicherheiten unterliegen, sollten Emissionen so schnell wie möglich vermieden werden, um die Notwendigkeit für den nachträglichen Entzug soweit wie möglich zu minimieren. Die Treibhausgasemissionen entsprechend der SSPs und daraus folgende atmosphärische Konzentrationen werden der neuesten Generation von Klimamodellen vorgegeben, deren Simulationen die Grundlage für den sechsten Sachstandsbericht des IPCC bilden, der im Spätsommer 2021 veröffentlicht werden soll.

Alle zukünftigen Entwicklungspfade, welche die globale Erwärmung ohne oder allenfalls mit geringer zeitweiser Überschreitung der politisch vereinbarten Temperaturziele (*Over-shoot*) schließlich auf $1,5^\circ\text{C}$ begrenzen, nehmen den Einsatz von Maßnahmen zur Kohlendioxidentnahme aus der Atmosphäre (*Carbon Dioxide Removal*, CDR) in einer Größenordnung zwischen 100 bis 1000 Gigatonnen CO_2 im Verlauf des 21. Jahrhunderts an. Die Entnahme von mehreren hundert Gigatonnen CO_2

unterliegt allerdings vielfältigen Einschränkungen in Hinblick auf Machbarkeit und Nachhaltigkeit. Deshalb sind beschleunigte Emissionsminderungen in der nahen Zukunft dringend erforderlich, wenn das Pariser Klimaabkommen erfüllt werden soll.

CDR-Maßnahmen müssten genutzt werden, um die noch verbleibenden Emissionen auszugleichen, netto negative Emissionen zu erzielen und somit die globale Erwärmung nach einem zukünftig erreichten Höchststand wieder auf $1,5^{\circ}\text{C}$ zurück zu bringen. Dabei kommt vor allem die Abscheidung und Speicherung von CO_2 bei der Verbrennung von Biomasse (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*, BECCS) infrage sowie die Aufforstung, Wiederbewaldung und teilweise vermehrte Speicherung von Kohlenstoff im Boden durch geeignetes Landmanagement (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*, AFOLU). Vereinzelt könnte auch die Methode *Direct Air Carbon Capture and Storage* (DACCS) zum Einsatz kommen, also der direkte Entzug von CO_2 aus der Atmosphäre und seine Abscheidung und Speicherung. Allerdings steht die Erforschung dieser Methoden bislang noch am Anfang und zudem ist noch unklar, wie und wo CO_2 dauerhaft gespeichert werden kann. Auch das Wissen über den Kohlenstoffkreislauf im Klimasystem insgesamt und über die Wirksamkeit der negati-

ven Netto-Emissionen zur Senkung der Temperaturen ist noch sehr begrenzt.

Werden bestimmte globale Erwärmungsraten überschritten, können irreversible Prozesse ausgelöst und nicht umkehrbare Änderungen im Klimasystem eintreten (Kipppunkte). Die derzeit von den Nationen festgelegten individuellen Beiträge zum Klimaschutz bis 2030 (*National Determined Contributions*, NDCs) werden jedoch die globale Erwärmung nicht auf $1,5^{\circ}\text{C}$ begrenzen. Abhängig von Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen nach 2030 führen sie bis 2100 zu einer globalen Erwärmung von 3°C – 4°C über vorindustriellem Niveau.

Unsicherheiten und Methoden zu ihrer Begrenzung

Die Abbildungen des zukünftigen Klimas unterliegen verschiedenen Unsicherheiten. Zum einen wissen wir nicht, welches der oben aufgeführten Emissionsszenarien eintreten wird. Deshalb werden Klimasimulationen basierend auf den verschiedenen möglichen Szenarien durchgeführt. Zum anderen bestehen Unsicherheiten in der Modellierung. Deshalb werden Projektionen für das zukünftige Klima mit verschiedenen Klimamodellen in sogenannten Multi-Modell-Ensembles erstellt. Dazu werden weltweit koordinierte Experimente in internationalen Modellvergleichsprojekten (*Coupled Model Intercomparison Projects*,



In Ketzin, Brandenburg, wird seit 2004 zum Thema CO_2 -Speicherung geforscht. Von Juni 2008 bis August 2013 wurden mit einer Injektionsanlage ca. 70 000 t CO_2 in ca. 630 m tief liegende Sandsteinschichten eingebracht. Im Bild der Abschluss der Einspeicherung durch Zudrehen des Zulaufs.

Mit Aufforstung und Wiederbewaldung soll auf natürliche Weise CO_2 gespeichert werden. Im Kreis Soest, NRW, ersetzen junge Bäume den alten Waldbestand, der dem Borkenkäfer zum Opfer gefallen war.

Im ehemaligen Kohlekraftwerk Drax im englischen Nord-Yorkshire wird seit 2021 ausschließlich Biomasse verbrannt. Nach Angaben des Unternehmens wurde im Rahmen eines Pilotprojekts 2019 ein BECCS-Verfahren erprobt, um die anfallenden Kohlendioxidemissionen einzufangen.

CMIP) im Rahmen des Weltklimaforschungsprogramms (*World Climate Research Program*, WCRP) durchgeführt, um die Vergleichbarkeit und einen geeigneten Austausch von Daten zu gewährleisten. Die jeweils aktuellen CMIP-Ergebnisse bilden die Grundlage für die Sachstandsberichte des IPCC. Die neueste Generation koordinierter Experimente wird im Rahmen des CMIP6 durchgeführt und soll im 6. IPCC-Sachstandsbericht voraussichtlich im Spätsommer 2021 veröffentlicht werden.

Die Ergebnisse der Ensemblesimulationen aus den CMIP-Experimenten werden als Bandbreiten angegeben, um die Unsicherheiten der Modellierung zu berücksichtigen. Basierend auf den Multi-Modell-Ensemblesimulationen des CMIP5 kommen alle RCPs zum Ergebnis, dass im Zeitraum 2081–2100 gegenüber dem Zeitabschnitt 1986–2005 ein mehr oder weniger starker Anstieg der mittleren globalen Erdoberflächentemperatur stattfinden wird: Für RCP2.6 mit sehr ambitionierten Klimaschutzmaßnahmen liegt die Bandbreite des Temperaturanstiegs bei 0,3–1,7°C, für die beiden Stabilisierungspfade erhöht sie sich auf 1,1–2,6°C (RCP4.5) bzw. 1,4–3,1°C (RCP6.0). Für RCP8.5 mit sehr hohen Treibhausgasemissionen ergibt sich eine Spanne von 2,6–4,8°C. Dabei erwärmt sich die Arktis jeweils wesentlich schneller als das globale Mittel, und die mittlere Erwärmung über Land ist deutlich größer als über dem Ozean.

Um die regional unterschiedlichen Ausprägungen der Klimaänderungen untersuchen zu können, werden die globalen Simulationen mit deutlich höher auflösenden regionalen Klimamodellen räumlich verfeinert. Damit können beispielsweise extreme Niederschläge und räumlich detaillierte Temperaturkontraste abgebildet werden. Die so gewonnenen räumlich detaillierten Informationen zu möglichen Änderungen verschiedener Klimaparameter werden für die Forschung zu Klimafolgen, besonderen Gefährdungen (Vulnerabilität) und Anpassungsoptionen benötigt.

Für Europa wurden und werden im Rahmen der EURO-CORDEX-Initiative Ensemble-Simulationen mit Kombinationen verschiedener globaler und regionaler Klimamodelle mit einer horizontalen Auflösung von etwa 12,5 Kilometern erstellt. Basierend auf dem neuesten Stand des EURO-CORDEX-Ensemble von 2020 wurden für Deutschland 85 regionale Klimamodellsimulationen für drei verschiedene RCPs ausgewertet. Daraus ergeben sich für das Gebietsmittel von Deutschland bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im Vergleich zu 1971–2000 folgende Bandbreiten für den projizierten Anstieg der bodennahen Lufttemperatur: 0,4–1,8°C für RCP2.6, 1,3–3,1°C für RCP4.5 und 2,7–5,3°C für RCP8.5. Die projizierten Änderungen der jährlichen Niederschläge reichen von einer Abnahme von 9,9 Prozent bis zu einer Zunahme von 28,1 Prozent. Hier sind die projizierten Zunahmen jedoch nur für RCP8.5 robust. Robust bedeutet, dass mindestens zwei Drittel der Simulationen eine Zunahme und mindestens 50 Prozent der Simulationen gleichzeitig eine deutliche Zunahme zeigen.

Globale Folgen des Klimawandels

Die Erwärmung der Erdoberfläche und der Atmosphäre verändern die Druck- und Windsysteme und damit den Transport von Luftmassen und die Struktur der atmosphärischen Zirkulation. Zudem erhöht sich die Verdunstung von Wasser in die Atmosphäre. Die erwärmte Atmosphäre kann mehr Wasserdampf aufnehmen und transportieren, was regional zu Veränderungen der Niederschläge führt. So haben in den mittleren Breiten der Nordhemisphäre die Niederschläge gemittelt über den Landflächen in den vergangenen Jahrzehnten zugenommen, in anderen Regionen jedoch abgenommen.



Paul Kane/Getty Images

Trockenheit und Wetterextreme

Die zunehmende Verdunstung über Landflächen kann regional und jahreszeitlich zu Bodentrockenheit führen. Dauert die Trockenheit im Boden länger an, spricht man von einer „Bodenfeuchte-Dürre“ oder auch landwirtschaftlichen Dürre, welche das Wachstum der Pflanzen und die landwirtschaftlichen Erträge beeinträchtigt.

Die Klimaänderungen, einschließlich der Zunahme von Extremereignissen in Häufigkeit und Intensität, haben bereits jetzt negative Folgen für die Ernährungssicherheit und die terrestrischen Ökosysteme und tragen in vielen Regionen zu einer Verschlechterung der Bodeneigenschaften bis hin zur Wüstenbildung bei. So hat der Klimawandel die Erträge von Weizen und Mais in vielen Regionen und auch global betrachtet vermindert.

In der Zusammenfassung des 5. IPCC-Sachstandsberichts für politische Entscheidungsträger werden weitere Beobachtungen beschrieben: Seit 1950 zeigen sich zahlreiche Veränderungen von Wetter- und Klimaextremen. So nahm die Anzahl kalter Tage und Nächte ab, die Anzahl warmer Tage und Nächte dagegen zu. Hitzewellen traten in weiten Teilen Europas, Asiens

und Australiens häufiger auf. Starke Niederschläge nahmen in Europa und Nordamerika an Häufigkeit und Intensität zu. Die oberen Ozeanschichten (0–700 m) erwärmten sich, in den oberen 75 Metern von 1971–2010 im Mittel um 0,11°C pro Dekade.

Erwärmung der Ozeane und Anstieg des Meeresspiegels

Die Erwärmung des Ozeans macht mehr als 90 Prozent der zwischen 1971 und 2010 durch die anthropogene Erwärmung angehäuften Energie aus. Dabei hat sich die Ozeanerwärmung in den letzten Jahrzehnten beschleunigt. Häufigkeit und Intensität sogenannter mariner Hitzewellen sind deutlich gestiegen. Durch die vermehrte Aufnahme von Kohlendioxid verringert sich der pH-Wert des Meerwassers und der Säuregehalt der Ozeanoberfläche steigt an. Von der Oberfläche bis in 1000 Metern Tiefe ging der Sauerstoffgehalt zurück. Dadurch verschlechtern sich die Lebensbedingungen vieler Arten in den Meeren. Ganze Nahrungsketten sind betroffen und auch das Nahrungsangebot für den Menschen verringert sich.

Im Februar 2021 verursachen extreme Hitze und anhaltende Winde in Australien Buschfeuer, die hier in Perth ein im Bau befindliches Eigenheim bedrohen.

In den Meeren steigt der Anteil an CO₂ und der Sauerstoffgehalt nimmt ab. Korallenbleiche im Indischen Ozean bei den Malediven 2017

Im Oktober 2020 verwüstet ein Hurrikan die Golfküste von Louisiana und trennt 300.000 Haushalte von der Stromzufuhr. Umflutete Häuser der Ortschaft Creole



Gletscherschwund in den Alpen

[...] Fünf Gletscher gibt es heute in Deutschland. Im Gebiet rund um die Zugspitze den Südlichen Schneeferner, den Nördlichen Schneeferner und den Höllentalferner, in den Berchtesgadener Alpen den Watzmanngletscher und das Blau eis. Zusammen genommen bedecken sie gerade noch eine Fläche, so groß wie die Münchner Theresienwiese, auf der das Oktoberfest stattfindet.

[...] Welcher verschwindet zuerst?

Der Mann, der die bayerischen Gletscher so gründlich erforscht hat wie niemand sonst, heißt Wilfried Hagg. Sein Büro ist ein kleines Kabuff in der Hochschule für angewandte Wissenschaften München. Hagg, 48, ist Professor an der Fakultät für Geoinformation, Studiengang „Kartographie und Geomedientechnik“. [...] Er untersucht den Blau eisgletscher wie ein Arzt seinen Patienten. Zuerst sammelte er alte Messdaten, vereinheitlichte und verglich sie. Dann begann er, selbst den Felsenkessel hinaufzusteigen. Alle paar Jahre stellt er nun sein Laser-Vermessungsgerät auf. Die Ergebnisse komplettieren die historische Zahlenreihe. 1889: 16,4 Hektar. 1949: 15,2. 1970: 12,6. 1989: 12,3. 2009: 4,7. 2018: 3,5. [...]

Am besten vergleiche man einen Gletscher mit einem Girokonto, sagt Wilfried Hagg. Der Schnee, der im Winter falle und liegen bleibe, sei die Einzahlung. Das Eis, das im Sommer schmelze, die Abbuchung. Wenn sich beides die Waage halte oder die Einnahmen die Ausgaben gar überstiegen, sei die Haushaltsführung gesund. In den Alpen sei das seit Langem eine Utopie. Besonders am Blau eisgletscher. [...]

Kann man ihn überhaupt noch so nennen – Gletscher? Definitionsgemäß muss eine Eisfläche, egal wie groß, sich unter ihrem eigenen Druck bewegen, um als Gletscher zu gelten, erklärt Hagg. „Eine unbewegte Eisfläche gilt als Toteis.“ [...]

Wäre der Gletscher tatsächlich ein Patient, er würde wohl regungslos auf der Intensivstation liegen. Er würde nahezu keine äußeren Lebenszeichen mehr zeigen. Aber die Ärzte könnten noch Hirnströme messen. „Nirgends steht, um wie viele Zentimeter im Jahr das Eis sich noch bewegen muss“, sagt Hagg. „Wir haben uns daher entschieden, an unseren Gletschern festzuhalten, solange es irgendwie vertretbar ist.“ Wie lange wird es noch vertretbar sein? „Wir reden von wenigen Jahren.“ Genau? „Die 2020er-Jahre wird das Blau eis nicht überleben.“ [...]

[...] Will man jenseits der alten Bilder und der Erzählungen eine Vorstellung davon bekommen, [...] was da verschwunden ist in so kurzer Zeit, kann man Richtung Südwesten fahren, einmal quer durch die Alpen. [...] [A]uf dem Jungfrauojoch [...], 3454 Meter über dem Meeresspiegel [...]. [...] Drei Gletscher vereinigen sich hier oben zu einem: dem Aletschgletscher, dem größten Eisstrom der Alpen.

Der Aletsch ist über 22 Kilometer lang und bedeckt eine Fläche von mehr als 80 Quadratkilometern. An seiner massivsten Stelle ist er rund 900 Meter dick. Solche Dimensionen hatte das Blau eis nie. Deshalb lässt sich am Aletsch besonders eindrücklich – sozusagen in Vergrößerung – betrachten, was einen Gletscher ausmacht, der noch kein Intensivpatient ist. Der Aletsch schiebt sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 200 Metern im Jahr talwärts. Dabei platzt er an seiner Oberfläche auf, und es entsteht ein Labyrinth aus sich ständig wandelnden Spalten, bis zu 30 Meter tief. Anderswo auf dem Schneefeld haben sich sogenannte Séracs aufgeschichtet, bizarr geformte Eistürme, so hoch wie Mehrfamilienhäuser. Sie können jederzeit in sich zusammenstürzen. Aus den Spalten dringt Knacken und Bersten he-



Planen am Ende des Rhonegletschers, oberhalb von Gletsch am Furkapass, sollen im Sommer 2017 das weitere Abschmelzen des Eises verhindern.

rauf. Die Geräusche sind Begleiter einer Gletscherwanderung – eine Erinnerung daran, dass das Eis nie zur Ruhe kommt. [...]

Gerade haben Forscher der ETH Zürich nachgewiesen, dass der Aletsch diesen Sommer innerhalb von drei Monaten bis zu acht Meter an Dicke verloren hat. Auch er ist gefährdet. Anders als beim Blau eis allerdings steht sein Schicksal noch nicht fest. Von den 5500 Alpengletschern haben nach Ansicht der Forscher einzig die zwei Dutzend größten, mit jeweils mehr als zehn Quadratkilometern Fläche, eine Chance. Gelingt es der Menschheit, die Erderwärmung unter Kontrolle zu bekommen, könnten sie wegen ihres dickeren Eispolsters das Gletschersterben überstehen.

Schon heute erwärmt sich die Luft in den Alpen doppelt so schnell wie im globalen Durchschnitt, das hat mit dem sogenannten Albedo-Effekt zu tun. Weiße Flächen reflektieren mehr Sonnenlicht als dunkle. Verschwinden Eis und Schnee, lässt diese Wirkung nach: Die Alpen absorbieren mehr Wärme, wodurch wiederum Eis und Schnee in größeren Mengen verschwinden, und immer so weiter. Ein klassischer Rückkopplungseffekt. [...]

Das Zurückweichen großer Gletscher destabilisiert Berglandschaften, weil plötzlich der Druck auf die Oberflächen verloren geht. In der Schweiz krachten 2006 etwa zwei Millionen Kubikmeter Felsmasse von der Ostwand des Eiglers herab, ausgelöst vom Rückzug des Unteren Grindelwaldgletschers. In Saas-Almagell, hundert Kilometer weiter südlich, evakuierten sie 2017 das ganze Dorf, weil Eismassen vom Gletscher abzubrechen und niederzuprasseln drohten. Nichts passierte. Der Gletscher wird nun überwacht.

Und dann ist da noch die Gefahr durch Wassertaschen – auf Gletschern bilden sich Schmelzwasserseen, sickern ins Eis und formen dort Hohlräume, oft auch von Fachleuten unbemerkt. Nimmt der Druck in der Wassertasche zu, kann sie wie aus dem Nichts explodieren und das Tal unterhalb des Gletschers fluten. Im Jahr 1892 starben bei einer solchen Katastrophe in einem Kurort am Fuß des Montblanc 175 Menschen. Vor wenigen Wochen wurde am Montblanc wieder vorsichtshalber ein Dorf evakuiert.

In Bayern wird so etwas nicht mehr geschehen, die fünf deutschen Gletscher sind längst zu klein, um noch eine Bedrohung zu sein. [...]

Marius Buhl, „Toteis“, in: DIE ZEIT Nr. 43 vom 15. Oktober 2020

Während der letzten Jahrzehnte verloren die Eisschilde in Grönland und in der Antarktis an Masse, die Gletscher sind fast überall auf der Erde weiter abgeschmolzen, und die Schneebedeckung in der Nordhemisphäre hat im Frühjahr durchschnittlich weiter abgenommen. Im Zeitraum 1979–2012 hat sich die mittlere jährliche Ausdehnung des arktischen Meereises um 3,5–4,1 Prozent pro Dekade verringert.

Auch die Dicke des Meereises hat abgenommen. Die Permafrost-Temperaturen sind in den meisten Regionen seit den frühen 1980er-Jahren deutlich angestiegen, es wurden vielerorts Rückgänge bei der Dicke und der flächenhaften Ausdehnung des Permafrostes festgestellt.

Da Wasser sich bei Erwärmung ausdehnt und abschmelzen des Eis vom Festland dem Meer vermehrt Wasser zuführt, ist im Zeitraum von 1901–2010 der globale mittlere Meeresspiegel um etwa 19 Zentimeter angestiegen, wobei sich die Anstiegsrate in den vergangenen 20 Jahren auf etwa 3,2 Millimeter pro Jahr verdoppelt hat. Erhöhte Windgeschwindigkeiten und Niederschläge von tropischen Wirbelstürmen sowie die Zunahme von extremen Wellen verschärfen in Kombination mit dem relativen Meeresspiegelanstieg Extremwasserstände, und Gefahren an Küsten führen zu Überflutungen und Erosion von Landflächen.

Zukunftsszenarien bei Erwärmung um 1,5°C

Fortgesetzte Emissionen von Treibhausgasen werden eine weitere Erwärmung und Veränderungen in allen Komponenten des Klimasystems bewirken. Nach dem „IPCC-Sonderbericht über 1,5°C Globale Erwärmung“ von 2018 erreicht die globale Erwärmung wahrscheinlich zwischen 2030 und 2052 1,5°C. Wie sich die Erwärmung dann weiter fortsetzt und ob sie entsprechend dem Pariser Abkommen auf weniger als 2°C und besser auf 1,5°C begrenzt werden kann, hängt von den weiteren Anstrengungen zum Klimaschutz ab.

Nach den Erkenntnissen des IPCC-Sonderberichtes zu Ozeanen werden sich der globale Massenverlust von Gletschern, das Tauen von Permafrost und der Rückgang der Schneebedeckung und des arktischen Meereises in der nahen Zukunft fortsetzen. Die grönländischen und antarktischen Eisschilde werden während des gesamten 21. Jahrhunderts und auch über dieses Jahrhundert hinaus mit zunehmender Geschwindigkeit an Masse verlieren. Die Geschwindigkeiten und Ausmaße dieser Veränderungen werden bei einem Pfad mit hohen Treibhausgasemissionen in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts weiter zunehmen. Gelingt es jedoch, in den kommenden Jahrzehnten die Treibhausgasemissionen stark zu verringern, so würden die Klimaänderungen nach 2050 weniger stark ausfallen.

Die Auswirkungen einer globalen Erwärmung um 1,5°C auf die Natur und den Menschen werden höher sein, als sie es heute schon sind, aber deutlich geringer ausfallen als bei 2°C. Der „IPCC-Sonderbericht über 1,5°C Globale Erwärmung“ sagt für die meisten bewohnten Regionen in Zukunft vermehrte Hitzeextreme voraus, in mehreren Regionen häufigere Starkniederschläge und in einigen Regionen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Niederschlagsdefiziten und Dürren. Verbunden damit sind Folgen für Biodiversität und Ökosysteme einschließlich des Verlusts und Aussterbens von Arten, die unter 1,5°C globaler Erwärmung lediglich etwas geringer ausfallen als beim Temperaturanstieg auf 2°C.

Der Bericht legt dabei den Schwerpunkt auf Klimaschutzszenarien, die während des gesamten 21. Jahrhunderts die Erderwärmung auf 1,5 Grad begrenzen oder lediglich einen leichten *Overshoot* von maximal 0,1°C zulassen. Ein starkes Überschreiten der 1,5-Grad-Erwärmung hingegen würde zu irreversiblen Schäden für Menschen und Ökosysteme führen, selbst wenn es gelingen sollte, die globale Erwärmung zum Ende des Jahrhunderts durch verstärkten Entzug von Kohlendioxid aus der Atmosphäre wieder auf 1,5 Grad zurückzuführen.

Steigende Temperaturen, hier im Juli 2019, verwandeln den auftauenden Permafrostboden rund um das Dorf Usun-Kyuyol in Jakutien in eine Buckellandschaft.



Auf tönernen Füßen

[...] In Jakutien – offiziell Republik Sacha – ist es im Schnitt vier Grad wärmer als vor 50 Jahren. Dieser und letzter Sommer [2019/2020] waren besonders heiß, sogar in der jakutischen Arktis. 38 Grad, neuer Rekord, gemessen in Werchojansk. Dort wird es im Winter kälter als an jedem anderen bewohnten Ort der Erde. [...]. Der Klimawandel verformt ganze Landstriche. [...]

Permafrost ist überall anders. In der Stadt Jakutsk ist er zum Beispiel recht trocken und somit relativ stabil. Gefährlicher ist das Wasser im Boden. In der gefrorenen Erde schlummern riesige Linsen und Zapfen aus Eis. Wenn sie schmelzen, lassen sie große Hohlräume zurück. Manchmal fallen hier sogar Kühe in Löcher hinein, ganze Dörfer rutschen weg, Schienen verbiegen sich, Mienen werden geflutet, Felder verderben. [Alexander] Fjodorow [Vizedirektor des Permafrost-Instituts in der jakutischen Hauptstadt] zeigt Fotos von Hängen, die aussehen wie zerflossene Schokolade. Wälder stürzen regelrecht in Abgründe. Im Norden ist ein riesiger Krater entstanden, einen Kilometer lang. [...] Etwa ein Viertel der jakutischen Permafrostfläche ist besonders stark mit Eis durchsetzt. [...] Wenn es die Erwärmung nicht gäbe, sagt Fjodorow, wäre dieses Land „sehr stabil, sehr gut“. [...]

Hinter Fjodorows Schreibtisch hängt eine bunte Landkarte: Jakutien, fast neunmal so groß wie Deutschland. Die verschiedenen Farben auf der Karte unterscheiden 75 Arten von Permafrost. Unten im Süden ist das Klima wärmer, dort ist der Boden nicht immer und überall gefroren. Weiter nördlich, in Zentraljakutien, liegt ständig, stabil Permafrost. Doch die Grenzen verschieben sich, das wärmere Wetter wandert immer weiter nach Norden. [...] „Wir geben uns Mühe, das nicht zu bemerken“, sagt er, „Niemand will an einem schlechten Ort leben. Wir betrügen uns selbst.“ [...]

In Jakutsk ist der Permafrostboden heute ein halbes Grad wärmer als noch in den Neunzigerjahren, damals hatte er minus drei Grad. In der jakutischen Tundra waren es minus elf, jetzt minus acht, sagt Fjodorow. Dazu kommt, dass das Tauwetter immer tiefer in den Boden reicht. Je nach Landschaft sackt der Boden bis zu 18 Zentimeter im Jahr ab. Bis zu drei Meter in 20 Jahren, wenn es so weitergeht.

Draußen ist es drückend heiß, gerade haben sie hier fast 30 Grad. Das kommt vor im Juli, aber im Winter gilt Jakutsk als kälteste Großstadt der Welt. Sonst ist vieles wie in jeder russischen Stadt: die Leninstatue im Zentrum, die fünfstöckigen Wohnblöcke. Aber hier steht fast alles auf Betonpfeilern, auch Hochhäuser mit 16 Etagen. Die höchsten überhaupt auf Permafrostboden.

Sich den Frost bei 30 Grad vorzustellen, fällt schwer. Dabei hinterlässt er überall seine Spuren. Unter vielen Häuserkanten klemmen zusätzliche Stützen, wie unter kippehenden Möbeln. Die Platten der Plattenbauten driften auseinander, die Bürgersteige haben Löcher. Ältere Holzhäuser hängen in der Mitte durch wie Bananen. Etwa die Hälfte der Gebäude in der Stadt müsste renoviert werden, heißt es im Rathaus. „Havariezustand“ nennt man hier die schlimmen Fälle, wie bei Schiffen in Seenot. Oft rutschen Stützpfeiler ab, weil der Boden nachgibt. Und Baufehler auf Permafrost rächen sich. [...]

Die russische Regierung will dem Klimawandel jetzt etwas entgegensetzen. Im Januar hat sie einen Plan veröffentlicht, eine Art To-do-Liste. Für jede Branche soll geprüft werden, wie sie sich auf den Klimawandel einstellen kann. Ob sie etwa Dämme bauen oder dürreresistente Samen einkaufen sollten. Aber auch das steht in dem Papier, dass das Tauwetter

die Schifffahrt in der Arktis erleichtere, und dass die längeren Sommer der Landwirtschaft helfen.

[...] Der Klimawandel ist auch in Russland zum Thema geworden. Dabei glauben viele Russen weiter nicht, dass der Mensch Einfluss auf die Erwärmung hat. [...]

Wladimir Prokopiew kennt die Ursachen. Er sitzt für die Regierungspartei Einiges Russland im jakutischen Parlament [...] und stellt klar: Der Permafrost tauet wegen des Klimawandels, und verursacht habe den das Treibhausgas. Aber daran seien die großen Industriestaaten schuld. Ist Russland kein großer Industriestaat? „Nicht der größte“, sagt er. Tatsächlich ist Russland der viertgrößte Emittent nach China, den USA und Indien. [...]

An der Leninstraße steht das Institut für „biologische Probleme der Permafrostzone“. [...] Wer hier nach dem Klimawandel fragt, hört apokalyptische Geschichten. Weil die Sommer trockener und länger werden, nehmen Waldbrände zu. [...] [2019] brannte die größte Fläche seit Jahrzehnten, auch [...] [2020] waren es schon mehr als eine Million Hektar allein in Jakutien. In diese Statistik sind viele Brände in abgelegeneren Gegenden noch gar nicht eingerechnet. Feuer kann dem Wald helfen, sich zu erholen. Aber der Wald schützt den Frostboden vor der Sonne. Verkohlte Flächen dagegen ziehen die Sonne an, dann weicht der Boden auf. Und wenn er dabei zu feucht wird, wachsen keine Bäume nach. Es ist ein Teufelskreis.

Auch Überschwemmungen sind in Jakutien verheerender als anderswo. Über dem gefrorenen Boden taut nur eine dünne Schicht. Diese „aktive“ Schicht trocknet bei Hitze besonders schnell aus. Und bei Regen nimmt sie nur wenig Wasser auf, das fließt stattdessen in Flüsse und Seen. So wechseln sich Dürre und Überflutung ab.

Es sind die kleinen Völker, die am stärksten unter der Klima-veränderung leiden. Wenn das Eis auf den Seen und Flüssen nicht trägt, kann man ihre Dörfer nicht mehr erreichen und nichts dorthin liefern, weder Brennstoff noch Lebensmittel. Ohne festes Eis können die Jäger auf ihren Schneemobilen nicht nach Zobeln jagen und die Fischer zur Laichzeit nicht fischen. Fische schwimmen tiefer, Vögel ziehen nördlicher, das Wasser wird unreiner, der Wind stärker, das Wetter unvorhersehbarer. Und die Menschen werden arbeitslos. [...]

Silke Bigalke, „Bodenlos“, in: Süddeutsche Zeitung vom 13. August 2020



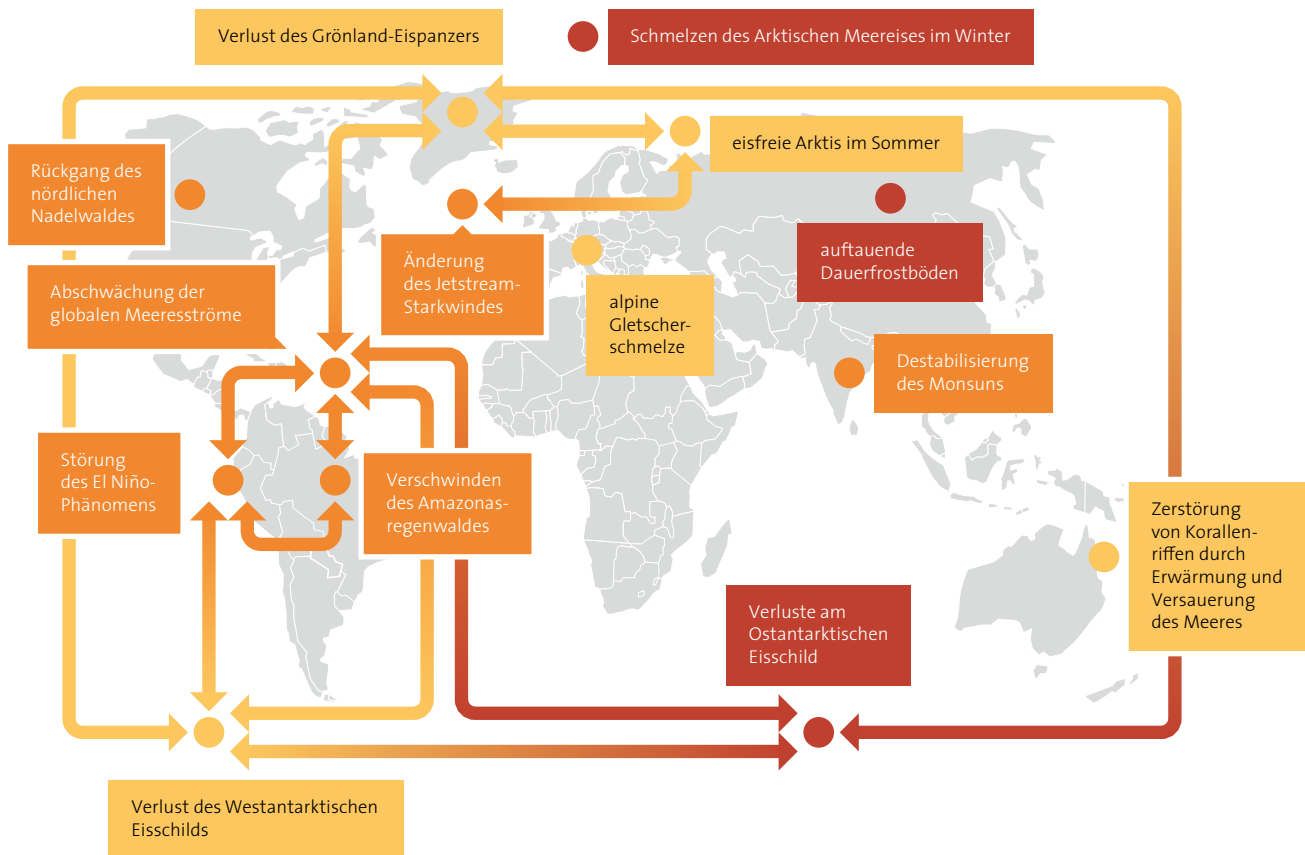
Stelzenhäuser, wie hier in der Stadt Jakutsk, verlieren durch den auftauenden Permafrostboden ihre Stabilität und werden auf Dauer unbewohnbar.

Der Domino-Effekt im Klimasystem

Klimawissenschaftler warnen, dass sogenannte Kippelemente das Klima besonders stark verändern können.

Folgende Kippelemente könnten bei einem Anstieg der globalen Temperatur um

● **1 bis 3°C** ● **3 bis 5°C** ● **über 5°C** angestoßen werden und sich aufeinander auswirken ↔



picture-alliance / dpa-infografik / dpa-infografik; Quelle: Proceedings of the National Academy of Sciences

Zukunftsszenarien bei Erwärmung um 4°C

Würde die Menschheit einen Emissionspfad entsprechend dem RCP8.5 beschreiten, wäre eine globale Erwärmung hin zu einer 4°C wärmeren Welt die Folge, was die Auswirkungen des Klimawandels deutlich verstärken würde. In einigen Komponenten des Klimasystems werden sogenannte Kippunkte, also kritische Schwellenwerte erreicht, deren Überschreiten unkontrollierbare und sich selbstverstärkende Prozesse auslöst, die zum Teil unaufhaltsam und unumkehrbar sind.

So würde ein anhaltender Massenverlust von Eisschilden einen stärkeren Meeresspiegelanstieg verursachen, und ein Teil dieses Massenverlustes könnte unumkehrbar sein. Eine anhaltende Erwärmung, die höher ist als ein bestimmter Schwellenwert, würde zu einem nahezu vollständigen Verlust des Grönländischen Eisschildes über ein Jahrtausend oder mehr führen und damit einen mittleren globalen Meeresspiegelanstieg von bis zu 7 Meter bewirken. Schätzungen basierend auf dem 5. Sachstandsbericht des IPCC zeigen, dass dieser Schwellenwert größer als ca. 1°C globale Erwärmung ist, aber kleiner als 4°C.

Eine mögliche Folge des Klimawandels ist auch ein abrupter und unumkehrbarer Eisverlust durch eine potenzielle Instabilität von auf dem Meeresgrund aufliegenden Teilen des Antarktischen Eisschildes. Die fortschreitende Erwärmung der Permafrostregionen führt zum Auftauen des Permafrosts und

setzt die mikrobielle Zersetzung des darin gespeicherten Bodenkohlenstoffs in Gang. Hierbei kann eine unkontrollierbare Quelle von Treibhausgasemissionen geschaffen werden, die möglicherweise ihrerseits die Erderwärmung verstärkt, auch nachdem die anthropogenen Treibhausgasemissionen auf null reduziert worden sind.

Einflüsse durch gesellschaftliche Entwicklungen

Die mit dem Klimawandel verbunden Risiken für die Natur und den Menschen hängen vom Ausmaß und der Geschwindigkeit der Erwärmung ab und wie diese sich regional und lokal ausprägt. Zum anderen spielt auch eine Rolle, wie sich die Bevölkerung, der Konsum, die Produktion-, die Technologie und das Landmanagement entwickeln. Entwicklungspfade mit höherem Bedarf an Nahrung, Futtermitteln und Wasser, mit ressourcenintensiverem Konsum und ressourcenintensiverer Produktion sowie mit geringeren technologischen Verbesserungen der landwirtschaftlichen Erträge führen zu höheren Risiken durch Wasserknappheit in Trockengebieten, Landdegradierung und Ernährungsunsicherheit. Werden hingegen die Treibhausgasemissionen reduziert und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel durchgeführt, können auch Desertifikation und Landdegradierung bekämpft und die Ernährungssicherheit verbessert werden.



In Nordeuropa ziehen sich durch die Erderwärmung Gletscher, Schnee und Eismassen zurück, es kommt häufiger zu Starkniederschlägen, Felsstürzen und Erdbeben. Erdbeben in Raron im Kanton Wallis am 29. Januar 2021

Überschwemmung nach einem Sturm im Eifelort Dudeldorf am 10. Juni 2018. Der normalerweise harmlose Langenbach hat mit seinen Fluten das Straßenpflaster aufgerissen.



Viele Maßnahmen zur Bekämpfung von Desertifikation können die Anpassung an den Klimawandel unterstützen und sein weiteres Fortschreiten hemmen. Außerdem können sie den Verlust an biologischer Vielfalt eindämmen und nachhaltige Entwicklung fördern. Nachhaltiges Landmanagement kann Landdegradierung verhindern oder verringern, die Produktivität von Landsystemen aufrechterhalten und so die negativen Folgen des Klimawandels für die Landsysteme auffangen, vermeiden oder sogar umkehren. Handlungsmöglichkeiten im gesamten Ernährungssystem, von der Produktion bis zum Verbrauch, einschließlich der Vermeidung von Nahrungsmittelverlusten und -verschwendung, können eingesetzt und ausgebaut werden, um eine Anpassung an bzw. Vermeidung von Klimawandel voranzubringen.

Folgen für Europa und Deutschland

In Europa kommt es mit fortschreitendem Klimawandel immer häufiger zu Hitzewellen, Waldbränden und Dürren. Seit 2003 hat Europa mehrere extreme Hitzewellen erlebt (2003, 2006, 2007, 2010, 2014, 2015, 2018, 2019). Sie werden unter dem Emissionsszenario RCP8.5 in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts voraussichtlich alle zwei Jahre auftreten und sich besonders stark in Südeuropa ausprägen. In Nordeuropa wird das Klima im Durchschnitt deutlich feuchter und es kommt häufiger zu Überschwemmungen. Alpine, skandinavische und isländische Gletscher ziehen sich zurück, in den Alpen nehmen Felsstürze zu. In den Flüssen treten zeitweise besonders niedrige und phasenweise besonders hohe Abflussmengen auf.

Die städtischen Gebiete sind besonderes verwundbar gegenüber Hitzewellen und Überschwemmungen. Der Klimawandel wirkt sich direkt auf die Gesundheit der Menschen aus. In

manchen Regionen ist bereits ein Anstieg der hitzebedingten Todesfälle zu verzeichnen. Bestimmte wasserbasierte Krankheiten und Krankheitsüberträger verbreiten sich zunehmend. Von den Veränderungen stark betroffen sind Branchen wie Land- und Forstwirtschaft, Energie und Tourismus, für die bestimmte Temperatur- und Niederschlagsmengen wichtig sind. Der Klimawandel vollzieht sich so rasch, dass viele Pflanzen- und Tierarten sich kaum anpassen können und verstärkt vom Aussterben bedroht sind.

Auch in Deutschland hat die Hitzebelastung deutlich zugenommen. Im Zeitraum 1951 bis 2019 ist die Anzahl der heißen Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur 30°C überschreitet, im Mittel um etwa 8 Tage gestiegen, mit der höchsten Anzahl im Jahr 2018 mit mehr als 20 heißen Tagen. Die Sommer in den Jahren 2003, 2018 und 2019 waren die wärmsten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. Weiterhin sind in Deutschland in vielen Regionen Veränderungen der Niederschlagsregime zu beobachten, mit Zunahmen der Niederschlagsmengen im Winter, die zudem seltener in Form von Schneefall herunterkommen.

Starkniederschlagsereignisse haben zugenommen, die beispielsweise in 2016 und 2017 in vielen Regionen und Städten in Deutschland zu Überschwemmungen geführt haben. Auch in heißen und trockenen Jahren gibt es Starkregen, besonders viele traten im Dürrejahr 2018 auf, das zugleich durch lange Phasen mit sehr geringen Niederschlägen und durch hohe Verdunstungsraten aufgrund hoher Temperaturen geprägt war. Längere Phasen mit geringen Niederschlägen führen in Kombination mit höherer Verdunstung aufgrund ansteigender Temperaturen vermehrt zu Trockenheit im Boden und damit zu Bodenfeuchte-Dürren. Beobachtungen des Meeresspiegels verzeichnen einen Anstieg von etwa 10 bis 20 Zentimetern an Deutschlands Nord- und Ostseeküsten innerhalb der letzten 100 Jahre; dieser generelle Trend verbindet sich im selben Zeitraum mit einem Anstieg der Sturmflutwasserstände.

Modell für extreme Wetterlagen

[...] In der Summe der vergangenen beiden Jahre [2018 und 2019] wurde an keiner anderen der rund 2000 Messstationen des Deutschen Wetterdienstes so wenig Niederschlag registriert wie in Artern [an der Unstrut in Thüringen]. Dazu war es mehr als zwei Grad wärmer als üblich. [...] Ein Ort trocknet aus, mitten in Deutschland. 2018 fielen hier nur noch 273 Millimeter Niederschlag, kaum mehr als in der mongolischen Steppenstadt Ulan-Bator. [...]

Dabei ist in Artern womöglich die Zukunft zu besichtigen: Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Meteorologie und des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung erwarten, dass sich die Niederschlagsmenge in Deutschland mit zunehmender Erderwärmung zwar vergrößern könnte – aber wenn, dann eher durch mehr Regen im Winter. In den Sommern hingegen, mitten in den Vegetationsphasen, werde sich der Hitze- und Dürre-Trend wahrscheinlich fortsetzen. Die Sommer von Artern dürften demnach Modell für extreme Wetterlagen in weiten Teilen Zentraleuropas sein.

[...] 1961 [...] war die Arterner Senke zwischen den Gebirgen noch Überflutungsgebiet. Die sogenannten Riethflächen, im Mittelalter trockengelegte Flussauen, standen mindestens einmal im Jahr unter Wasser. [...] Zu DDR-Zeiten wurde die Unstrut begradigt, was die Fließgeschwindigkeit erhöhte. Regen verschwand in Kanälen, statt zu versickern. Der Grundwasserspiegel sank. Blieben dann auch noch die Niederschläge aus, fiel schnell alles trocken. [...]

Manchmal lässt [...] die Trockenheit sich auch aus Zahlen lesen. Von den 6000 im Baumkataster erfassten Bäumen der Stadt haben 40 Prozent „Trockenschäden“. Um all die Pflanzen mit sogenannten Wassertaschen oder Wadenwickeln zu retten, wie reichere Städte in Westdeutschland das tun, fehlt dem Ort das Geld. Auf dem Friedhof mussten die Gärtner im [...] Sommer [2019] jeden zehnten Baum fällen, schattige Gräber liegen plötzlich in der prallen Sonne. In Privatgärten verdorren ganze Thujahecken, Rentnerpaare sitzen wieder auf nackten Grundstücken, als seien sie eben erst eingezogen. [...]

Der Kreisbrandinspektor meldet, seit 2017 habe sich die Zahl der Gras-, Heide-, Busch-, Acker- und Strohballenbrände im Landkreis verdreifacht. Heißgelaufene Mähdrescher fangen Feuer. Aus trockengefallenen Tümpeln lässt sich kein Löschwasser mehr pumpen, Arterns Stadtbrandmeister sagt, seine Leute müssten mittlerweile über Kilometer hinweg Schläuche aneinanderschrauben bis zur Unstrut. Die jüngste Generation seiner Feuerwehrmänner kenne nur Brände, Sandsäcke habe sie nie geschleppt.

[...] Wer bislang größter Verlierer ist, lässt sich schwer sagen. Womöglich ist es der Wald. Im nahen Kyffhäusergebirge sind fast alle Fichten eingegangen. Die Kiefern wurden von einem Pilz aus Südeuropa befallen, der auf die Eichen übersprang, als er mit den Kiefern durch war. Zweihundertjährige Buchen starben ausgedörrt innerhalb weniger Wochen. Überall kahle Kronen, knochenbleiches Totholz, leergestorbene Flächen.

Zehn Kilometer südlich von Artern ist ein Mann anzutreffen, der den Wald nicht aufgeben will. Nico Frischbier, Wissenschaftler am Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha. [...] Vor acht Jahren hat Frischbier im Windschatten der Gebirge um Artern einen Versuchswald aus Libanonzedern, Orientbuchen, Hemlocktannen, Silberlinden und Türkischen Tannen angelegt, allesamt Exoten. Die Wahl des Standorts

war kein Zufall. Frischbier ist sich sicher: „Die Verhältnisse hier werden 2050 auf der Hälfte unserer Landesfläche herrschen.“

Die Veränderung des Klimas belastet die Wälder auch deshalb, weil bei zunehmender Erwärmung die Vegetationsphase immer länger dauert. Der Mai ist gekommen? Die Haseln blühen [...] [2020] im Januar, die Wälder ergrünten im April. Das mögliche Mehr an Niederschlag aus den Wintern ist schnell verbraucht, verdunstet, verweht. Und dann kommt nichts nach.

Wenn Fichten, Eichen und Buchen sterben, ist das eine Katastrophe, die über kahle Mittelgebirge hinausreicht. Anders als der Laie glaubt, ist Deutschland arm an heimischen Baumarten. Weltweit sind rund 60 000 bekannt, in Deutschland bloß etwa 70. Während der Eiszeit starben die meisten Arten unter Gletschereis aus, nur wenige schafften es später über den Hochgebirgsriegel aus Pyrenäen, Alpen und Karpaten zurück.

Jetzt bricht womöglich eine Heißezeit an. Was, wenn die verbliebenen Bäume nicht dazu passen? [...] Nico Frischbier [...] telefonierte mit türkischen Forstverwaltern, erkundigte sich über Wälder auf dem Balkan und in Georgien, schrieb sogar Mails nach China. Ein heikles Unterfangen. Es gilt, Artenschutzabkommen zu beachten, niemand will eine invasive Art einschleppen oder Waldspaziergänger mit Stechpalmen irritieren. [...]

So steht er nun in einem umzäunten Versuchswald, der nicht nur geografische Verhältnisse spiegelt, sondern auch geopolitische Realitäten. Auf Feldern von 34 mal 34 Metern jeweils 17 mal 17 Bäume. Ein Schachbrett aus verschiedenen Grüntönen, auf dem Frischbier eine Strategie für den Forst der Zukunft sucht. [...] Der Kandidat Orientbuche gedeiht verlässlich, allerdings recht krüppelig. Von den Türkischen Tannen hat es nur ein Viertel durch die Jahre geschafft, von den Libanonzedern ein Drittel. Die Triebe der Silberlinden aus Bulgarien stürben im Sommer regelmäßig wieder ab, sagt Frischbier. Und über das Sorgenkind Hemlocktanne fällt der Furchenflügelige Fichtenborkenkäfer her – es sind ja keine Fichten mehr da.

Im Wald der Zukunft werde es nicht mehr um Holzernte gehen, sagt Frischbier. „Nur darum, die Oberfläche bedeckt zu halten.“ Das Land nicht der Erosion preiszugeben. So, wie er dabei klingt, wäre das schon ein Grund, sich zu freuen. Und er hat ja recht: Alles, was in Artern funktioniert, könnte auf lange Sicht dem ganzen Land helfen [...].

Martin Machowecz / Henning Sußebach, „Die Wettervorhersage“, in: DIE ZEIT Nr. 33 vom 6. August 2020



Trockenheit und Borkenkäfer machen vor allem den Fichten zu schaffen.

Die häufiger und intensiver auftretenden Hitzewellen belasten Menschen, Tiere und Pflanzen. Sie können vor allem bei älteren und kranken Menschen schwerwiegende gesundheitliche Folgen haben. „Aufgrund der alternden Bevölkerung, der Urbanisierung und der Häufigkeit von Diabetes, Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen ist die europäische Bevölkerung durch Hitze besonders gefährdet“, stellt der Deutschland-Bericht fest, der erstmalig im Rahmen des „*Lancet Countdown on Health and Climate Change*“ 2019 veröffentlicht wurde.

Die Veränderungen der Temperaturen und Niederschläge im Jahresverlauf haben Einfluss auf die landwirtschaftliche Produktion; extreme Hitze und Trockenheit, aber auch Dauer- und Starkregen können vermehrt zu Ernteausfällen führen. Die Wälder sind ebenfalls zunehmend durch Hitze und Trockenheit gefährdet, was ihre Anfälligkeit gegenüber Schädlingsbefall und Stürmen erhöht. In Städten zeigt der Klimawandel besonders starke negative Effekte aufgrund der hohen Dichte an Bevölkerung und Infrastruktur. Neben einer besonders ausgeprägten Hitzebelastung führt der hohe Versiegelungsgrad in Städten bei Starkniederschlägen häufiger zu Überschwemmungen und dadurch zu Beeinträchtigungen in der Wasserversorgung und -entsorgung, in der Energieversorgung und im Verkehr, was durch die enge Verzahnung der Infrastrukturen wechselseitig verstärkt werden kann.

Anpassung an den Klimawandel

Der Klimawandel bringt, wie oben dargelegt, weitreichende negative Folgen in allen Regionen der Erde mit sich, bedroht das Leben vieler Arten und hat Einfluss auf das Leben und die Gesundheit der Menschen. Nur durch sofortige und stark beschleunigte Maßnahmen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen kann die globale Erwärmung auf weniger als 2°C beschränkt werden, wie es als Ziel im Pariser Abkommen von 2015 formuliert ist. Die Vermeidung von Emissionen erfordert eine Anpassung der Lebensweise des Menschen und eine Transformation aller gesellschaftlichen Bereiche. Darüber hinaus sind effektive Maßnahmen zur Förderung der Senken von Treibhausgasen notwendig. Beispiele für solche Senken, also Systeme, die der Atmosphäre Kohlendioxid entziehen, sind Aufforstung oder Landmanagement zur vermehrten Kohlenstoffspeicherung im Boden.

Doch selbst wenn es gelingt, die globale Erwärmung auf unter 2°C zu beschränken, werden Folgen des Klimawandels nicht mehr zu umgehen sein, an die sich die Menschheit anpassen muss. Deshalb sind sowohl Strategien zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen als auch Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels notwendig, um die Ziele der Vereinten Nationen zur nachhaltigen Entwicklung zu erreichen. Anpassung ist – nach Definition des IPCC – der Prozess der Ausrichtung auf das tatsächliche oder erwartete Klima und dessen Auswirkungen. Es gilt Risiken zu senken, Schäden zu vermindern oder zu vermeiden, wie zum Beispiel durch den Umbau von Wäldern hin zu klimabeständigeren Mischwäldern, oder vorteilhafte Möglichkeiten zu nutzen, wie zum Beispiel durch den Anbau neuer landwirtschaftlicher Kulturen.

Risikobewusstsein und Resilienz

Zur vorbeugenden Anpassung müssen wir die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken verstehen. Sie hängen zum einen von Ausmaß und Geschwindigkeit der Erwärmung ab und

davon, wie sich die Klimaänderungen regional und lokal ausprägen. Zum anderen wird der Risikograd davon bestimmt, wie stark ein System Klimaänderungen ausgesetzt ist (Exposition), wie empfindlich es darauf reagiert (Sensitivität) und wie verwundbar es dadurch ist (Vulnerabilität).

Beim Grad der Verwundbarkeit spielt die Anpassungskapazität eine wesentliche Rolle, also die Fähigkeit, potenziellen Schäden vorzubeugen oder mit entsprechenden Auswirkungen umzugehen. Resilienz ist die Fähigkeit von natürlichen und menschlichen Systemen, Klimaänderungen und extreme Ereignisse zu bewältigen und dabei derart zu reagieren beziehungsweise sich zu reorganisieren, dass die systemische Grundfunktion, Identität und Struktur erhalten bleiben und die Systeme sich gleichzeitig die Fähigkeit zur Anpassung, zum Lernen und zur Transformation bewahren können.

Die Betroffenheit durch den Klimawandel und die Fähigkeit zur Anpassung von menschlichen Systemen werden auch durch soziale, wirtschaftliche und kulturelle Faktoren beeinflusst. Dabei spielen zum Beispiel die Wirtschaftskraft einer Volkswirtschaft, Beschäftigungsstrukturen, Reichtum und dessen Verteilung eine Rolle, aber auch demografische Faktoren, Strukturen für politische Steuerung und gesellschaftliche Werte. Auch internationale Beziehungen und Handel sind von Bedeutung.

Anpassungsstrategien und Verantwortlichkeiten

Wirksame Strategien zur Minderung von Klimarisiken berücksichtigen diese Faktoren, haben die zeitlichen Veränderungen von Exposition und Verwundbarkeit sowie deren Verknüpfung mit sozialen und wirtschaftlichen Prozessen im Blick und verfolgen das Prinzip nachhaltiger Entwicklung. Mit entsprechenden Maßnahmen können sie so die Resilienz unter vielen möglichen zukünftigen klimatischen Bedingungen stärken und gleichzeitig dazu beitragen, Gesundheit, Existenzgrundlagen, das soziale und wirtschaftliche Wohlergehen sowie die Umweltqualität zu verbessern.

Anpassungsplanung und -umsetzung können durch Politik, Verwaltung, Wirtschaftsunternehmen, aber auch durch Einzelpersonen gefördert werden. Nationale Regierungen können politische und gesetzliche Rahmenbedingungen für Anpassung schaffen und finanzielle Unterstützung leisten, regionale Unterschiede ausgleichen, wirtschaftliche Vielfalt unterstützen, verwundbare Gruppen schützen sowie Informationen zur Verfügung stellen. Lokale Verwaltungen und der Privatsektor werden zunehmend als entscheidend für den Fortschritt von Anpassung erkannt, weil sie diese in Unternehmen, Gemeinden, Haushalten und der Zivilgesellschaft ausweiten, für Information sorgen und zur Finanzierung beitragen.

Bei schneller fortschreitendem Klimawandel kommt die Anpassung allerdings zunehmend an ihre Grenzen. Unter Umständen sind keine Anpassungsmaßnahmen mehr möglich oder zum benötigten Zeitpunkt nicht verfügbar. Die Grenzen der Anpassung entstehen aus der Wechselwirkung zwischen Klimawandel und biophysikalischen und bzw. oder sozioökonomischen Einschränkungen.

Beispiele für Anpassungsstrategien und -maßnahmen

Bislang werden häufig technische Anpassungsmaßnahmen umgesetzt. Hierzu gehören beispielsweise Maßnahmen zum Hochwasserschutz durch Deichbau oder die Bewässerung in der Landwirtschaft bei Trockenheit. Zunehmend werden auch naturbasierte Maßnahmen erprobt und angewendet, wie die Renaturierung von Flussauen zur Vorbeugung von Hochwasser.

Begrünung der Wüste

[...] „Mit genug Bäumen retten wir das Klima auf der Welt“, sagt [Sakina] Mati [52, Bäuerin in Niger] [...]. Baumaktivistin könnte man sie nennen. [...]

Wenn sie auf Konferenzen in der Elfenbeinküste spricht, wenn sie in Algerien und Burkina Faso vom Wunder in der Sahelzone erzählt, wird manchmal ein Beamer eingeschaltet, der Satellitenaufnahmen an die Wände der Kongresssäle wirft, damit die Leute nicht denken, sie hätten etwas falsch verstanden.

Zuerst kommt dann immer eine Aufnahme aus den Siebzigerjahren, auf der man nicht viel sieht außer Steppe und Einöde. Dann kommt eine neuere Aufnahme, die zeigt, wie aus dem Nichts ein großes, grünes Band wurde. Auf etwa sechs Millionen Hektar wachsen plötzlich wieder Bäume in der Wüste von Niger: Gao, Wüstendattel, Nam, Schirmakazie und der Baobab, der Affenbrotbaum [...].

„Es ist [...] ganz einfach“, sagt Sakina Mati. Man steigt mit ihr ins Auto und fährt einige Kilometer zu ihrer Farm, so nennt sie die wenigen Hektar, die sie bewirtschaftet, wie viele Hektar genau es sind, kann sie nicht sagen. Wenn man das Dorf verlässt, öffnet sich eine Weite, es ist eine Landschaft mit sandigem Boden und großen, dicken Bäumen. „Das ist mein Feld“, steht auf einem kleinen Schild, das Mati in den Boden gerammt hat, ein paar Meter daneben kauert eine Art Vogelscheuche, ein Stock, behängt mit ein paar Kleiderfetzen, damit die Vögel nicht kommen. Es sieht nicht wirklich nach einem Wunder aus.

Sakina Mati zeigt auf ein paar grüne Zweige, die aus dem Sand nach oben wachsen. „Man muss sie gut beschützen.“ Vor den Kühen, die hier manchmal grasen, und den Menschen, die hier manchmal nach Brennholz suchen. Sie baut den kleinen Sprösslingen ein Nest aus Zweigen, das sie schützen soll. Wenn die Bäumchen wachsen und gedeihen, kommt Sakina Mati mit einem kleinen Messer oder einer Schere und schneidet die Triebe ab, sodass alle Kraft aus der Wurzel in den Stamm fließt, dass also kein Busch daraus wird, sondern ein Baum. 150 Bäume stehen auf ihrem Feld. „So einfach ist das“, sagt Sakina Mati.

Die Methode, die Mati und Tausende andere Bauern in Niger seit Jahren erfolgreich praktizieren, wurde schon als kopernikanische Wende beschrieben. Sakina Mati hat 150 Bäume großgezogen, aber noch nie einen Setzling gepflanzt. Sie hat sich einfach nur um die Triebe gekümmert, die aus einem verborgenen unterirdischen Netzwerk von Wurzeln durch die Erde kamen. Es ist eine revolutionär einfache Methode. Aber eine, die keine werbewirksamen Bilder von Setzaktionen produziert. Genau das ist das Problem: Sie berührt nicht, zumindest nicht unmittelbar.

[...] Tony Rinaudo, ein Australier, [kam] als junger Kerl nach Niger, ganz in die Nähe des Dorfes von Sakina Mati, mit dem Auftrag, die Leute zum christlichen Glauben zu missionieren und daneben auch noch ein paar Bäume zu pflanzen. Er grub die Setzlinge viele Jahre lang in den Wüstensand, wo sich schnell ihre Spur verlor. Eines Tages, so hat es Rinaudo einmal erzählt, er wollte eigentlich aufgeben, hatte sich schon auf die Kapitulation vorbereitet, als er eine Reifenpanne hatte, mitten in der Wüste. Da sah er plötzlich lauter grüne Sprossen aus dem Boden kommen. Das war der Anfang. Und das ist schon die ganze Geschichte: Setzlinge beschützen und beschneiden.

Erst waren die Menschen skeptisch in Niger, weil da schon wieder ein Weißer kam und ihnen erzählte, was sie mit den Bäumen machen sollten und was nicht. Die Älteren erinnerten



Herkömmliche Baumpflanzung gegen Wüstenbildung in der Sahelzone im Rahmen des Projekts Große Grüne Mauer der Afrikanischen Union, Sudan 2017

sich noch an die französischen Kolonialherren, die das Land in Departements einteilten, eine Route Nationale in die Provinz stanzten und den Bauern sagten, sie müssten ihre Bäume fällen, damit sie Landwirtschaft betreiben könnten, mit Traktoren und allem Drum und Dran. Also wurden die Bäume gefällt – und der Sand der Sahara hatte freie Bahn. Die Bäume, die noch standen, gingen in den Besitz des Staates über, waren also nicht mehr Eigentum der Bauern, was letztlich dazu führte, dass sich keiner mehr um sie kümmerte. Keiner protestierte, als sie gefällt und als Brennholz verkauft wurden. Die Bevölkerung in Niger wächst bis heute so schnell wie sonst fast nirgends auf der Welt. Die Ressourcen reichten kaum noch für alle. Das Land wurde kahl. Was blieb, war ein riesiges unterirdisches Wurzelwerk, das weiterlebte und begann, seine Triebe nach oben zu schicken.

Und dann kam Rinaudo mit seinem missionarischen Eifer. Die Bäume wuchsen und veränderten das Klima, an manchen Orten war es mehr als 50 Grad heiß gewesen ohne sie, mit den Bäumen fiel die Temperatur auf etwa die Hälfte. Die Stämme brachen die Sandstürme, und die Wurzeln hoben den Grundwasserspiegel an, lieferten Nitrate, die dem Getreide beim Wachsen halfen. Bekamen die Bauern früher aus einem Hektar gerade mal 150 Kilogramm Hirse, waren es unter Bäumen nun plötzlich 500 Kilogramm. Erst begrünzte Rinaudo Niger, dann auch die Nachbarländer, mittlerweile hat er seine Methode in 28 Länder exportiert, die er Farmer Managed Natural Regeneration (FMNR) nennt.

Die Begrünung mit der FMNR-Methode kostet etwa 40 Dollar pro Hektar. Manche schätzen, dass die konventionelle Aufforstung mit Setzlingen etwa 8000 Dollar pro Hektar kostet und dass in manchen Regionen bis zu 95 Prozent der Setzlinge eingehen. „Man sieht die kleinen Bäume drei Mal: in der Baumschule, eingepflanzt und dann verdorrt.“ [...]

In Niger hat das Baumwunder sehr viele Hauptdarsteller, es funktioniert nur, weil in vielen Dörfern ganz viele Menschen an die Methode glauben – und an die Bäume. Es sind übrigens Menschen, die schon daran geglaubt haben, bevor Rinaudo kam. „Ich habe bereits 1983 angefangen, mich mit Bäumen zu beschäftigen“, sagt Sakina Mati. Damals seien die Männer zum Arbeiten in die Nachbarländer gezogen. Im Dorf blieben die Frauen, denen der Saharawind um die Ohren blies. Sie haben sich um die wenigen Bäume und Triebe gekümmert, die es gab. [...]

Bernd Dörries, „Die Baumschule“, in: Süddeutsche Zeitung vom 29. September 2020

Landwirtschaft der Zukunft

[...] Die Durchschnittstemperatur ist in Deutschland seit 1881 um 1,5 Grad Celsius gestiegen. Das klingt wenig, aber bedeutet viel. Die Niederschlagsmuster verändern sich, manchmal gibt es mehr Regen, vor allem häufiger Starkregen, gleichzeitig steigt die Wahrscheinlichkeit für längere Hitzewellen und Dürren. Viele Pflanzen beginnen aufgrund der Wärme früher im Jahr zu keimen. Kommt dann ein Spätfrost im April: Pech für den Bauern. [...]

Im östlichen Brandenburg liegt Müncheberg und mitten im Ort das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF). Die Winter sind dort kälter, Niederschlag ist seltener. Die Böden sind sandig und humusarm. Vor über 90 Jahren gründete Erwin Baur hier das Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, um Nutzpflanzen zu züchten, die auch solch ungünstige Bedingungen überstehen. Damals ahnte man noch nicht, dass der Mensch einmal die Atmosphäre so weit aufheizen würde, dass er damit das gesamte Klimasystem ins Wanken bringt.

Die Mitarbeiter des Leibniz-Zentrums bewirtschaften eine Reihe von Versuchsfeldern, teils zu Fuß von den Büros zu erreichen. Auf einigen Parzellen wachsen Sojabohnen, einmal bewässert, einmal unbewässert. Und natürlich der in Brandenburg allgegenwärtige Mais. Einmal in 20 Jahre andauernder Folge, einmal im Fruchtwechsel mit Getreide. Das Leibniz-Zentrum erforscht die Grundlagen einer Landwirtschaft, die dem Klimawandel widersteht, die gleichzeitig ökologisch und ökonomisch nachhaltig ist, die Ernährung und die biologische Vielfalt sicherstellt.

Die Forscherinnen und Forscher arbeiten auch mit Landwirten zusammen, die auf ihren Höfen experimentieren. Frank Ewert ist Wissenschaftlicher Direktor des ZALF. Seit 25 Jahren beschäftigt er sich mit Feldversuchen und Modellen, die Klimaänderung und Pflanzenwachstum verbinden. „Wir haben Experimente gemacht, um Hitzestress und Dürrestress besser zu verstehen, und dies dann berücksichtigt, wenn es um die Anbauplanung geht.“ Für die Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel gebe es aber nicht die eine Lösung.

Es gibt eine Reihe von Strategien, mit denen sich Landwirte auf den Klimawandel vorbereiten können. Sie können auf Technologie und Arbeitskraft bei der Bewässerung setzen [...]. Sie können das Risiko streuen, indem sie neue Einnahmequellen erschließen. Sie können Arten verstärkt nutzen, die an die Hitze angepasst sind, wie Mais und Hirse, aber auch auf Trockenresistenz gezüchtete Sorten. Sie können ihre Anbautechnik anpassen, um die Wasserhaltefähigkeit der Böden zu erhöhen, und mit einer stark erweiterten Fruchtfolge experimentieren, wie es Johann Gerdes in Brandenburg macht.

Sein Beerfelder Hof liegt in sacht-welliger Landschaft. Der Boden ist sandig. Während der Kollektivierung wurden hier Hecken, Gräben und Baumreihen entfernt. Im Sommer weht der heiße Wind ungebrems durch die Landschaft.

Gerdes telefoniert regelmäßig mit einem Mitarbeiter des nahen ZALF, um seine Erfahrungen gegen Expertisen zu tauschen. Wann lohnt es sich, eine Hecke zu pflanzen? Sollte er seine Kartoffeln künstlich bewässern, weil die Ernte nun zum zweiten Mal so mickrig ausfiel? Welche Pflanzen und Anbauweisen könnten auf seinen Standorten funktionieren? Gerdes versteht sich nicht nur als Landwirt, auch als Manager. Mit seinem Ansprechpartner beim Leibniz-Zentrum, Moritz Reckling, ist er inzwischen befreundet.



Über einem Versuchsfeld des ZALF in Müncheberg, Brandenburg, erhebt eine Drohne im April 2017 Daten zu Bodenstruktur und Bewuchsintensität.

Reckling ist dort Wissenschaftlicher Mitarbeiter. Er betreut Gruppen von Landwirten, die sich auch untereinander beraten sollen. Sie berichten ihm am Ende des Jahres, was auf dem Feld funktioniert hat und was nicht.

Aus solchen Berichten, zusammen mit vorgegebenen Versuchen auf Farmen in ganz Europa und aus Feldexperimenten am ZALF, füttert Reckling Computermodelle. In diesen Modellen wachsen Agrarpflanzen virtuell. Basierend auf Daten aus realen Einzelexperimenten. „Es ist ja noch unklar, an was wir uns anpassen müssen.“ Im Computer spielen sie verschiedene Szenarien durch. Die Modelle arbeiten mit Tageswerten etwa von Niederschlag und Temperatur und berechnen das Wachstum der Pflanzen innerhalb eines Jahres – wann die Blätter sich bilden, wann sie blühen und Früchte bilden. „Wir können simulieren, wie sie in Jahren mit ganz unterschiedlichem Wetter wachsen würden“, sagt Reckling.

Momentan interessiert er sich sehr für Soja. Die Bohne, die ursprünglich aus Ostasien stammt, ist einerseits in der Lage, Stickstoff aus der Luft im Boden zu binden, andererseits ist sie gut an Hitze gewöhnt. Reckling hat sie in Experimenten künstlich bewässert. „Damit konnten wir die Erträge vervierfachen“ erzählt er. [...]

Nicht nur der Anbau, auch das Pflügen verändert sich gerade. Neu ist das Strip-Till-Verfahren. Hierbei werden nur die später besäten Streifen des Feldes mit einem Grubber aufgerissen und nur dort Gülle oder Biogas-Substrat in den Boden gegeben. Auf Maisfeldern bleibt so ein gut 50 Zentimeter breiter Streifen des Bodens fast unberührt, samt Humus, Bodenleben und Resten der Vorfrucht. Ertragskarten verzeichnen, wo in den vergangenen Jahren Mais schlechter wuchs. Dort, wo der Boden schlechter Wasser speichert und weniger Nährstoff enthält, wird mehr Gülle und weniger Saatgut ausgegeben. [...]

Für Frank Ewert, den wissenschaftlichen Leiter des Zentrums für Agrarlandforschung, sind die individuellen Anpassungsstrategien der Landwirte an den Klimawandel nur die Hälfte der Geschichte. Es müsse darüber hinaus eine Agrarpolitik betrieben werden, die kleine Höfe und die regionale Verarbeitung der Produkte unterstützt, auch deren Vertrieb. Was in Deutschland fehlt, sagt Ewert, „ist eine Vision, wie die Landwirtschaft in der Zukunft aussehen soll und wie wir dahin kommen.“

Andreas Bäumer, „Neulandwirtschaft“, in: DIE ZEIT Nr. 45 vom 2. November 2019

Klimaschutz in Heidelberg

Heidelberg gilt als Vorzeigestadt beim Klimaschutz. [...]

Vor ein paar Monaten [...] wollte [Lena Grazé] herausfinden, wie ihr ökologischer Fußabdruck aussieht. Gar nicht schlecht, stellte sich heraus, verglichen mit anderen im Land sogar ziemlich gut. Zu diesem beruhigenden Ergebnis hat Lena Grazé selbst nicht nennenswert beigetragen. Ihre Klimabilanz verdankt sie der Wohnung [...].

Das Gebäude, in dem die Familie wohnt, ist ein Passivhaus. Es ist so gebaut, dass Menschen selbst bei Minusgraden im Winter in den Räumen nicht frieren. Eine Anlage filtert die Luft, sodass sie immer frisch ist und die Fenster nur selten geöffnet werden. Auf diese Weise sparen Grazés Energie – so wie auch alle anderen Bewohner in der Bahnstadt, einem Neubauviertel in Heidelberg. Es ist die größte Passivhaussiedlung der Welt, Stadtplaner kennen sie als Beispiel für gelungenen Klimaschutz.

Auf Orte wie das Zuhause der Grazés kommt es an. Denn wie Häuser saniert oder gebaut werden, auf welche Weise Bürger ihre Wohnungen heizen – auch davon hängt ab, ob die Klimaziele erreicht werden. Mehr als 60 Prozent des Kohlendioxids werden weltweit in Städten ausgestoßen.

[...] An vielen Orten basteln Beamte an Ideen, das CO₂ zu reduzieren. Städte wie Köln riefen den Klimanotstand aus. In Heidelberg kann man über solche Maßnahmen nur lächeln. Die Stadt hat sich schon vor Jahren verpflichtet, bis 2050 die CO₂-Emissionen um 95 Prozent zu reduzieren, den Energiebedarf will sie um die Hälfte senken. Manchen geht auch das noch nicht weit genug. Doch in Heidelberg ist schon auf der Straße zu erkennen, was in anderen Orten höchstens in guten Vorsätzen zu lesen ist:

- Einige Hundert Meter hinter Lena Grazés Wohnhaus verläuft ein neuer Radschnellweg. Er gehört zum städtischen Verkehrskonzept, mit Elektrobussen, Fahrradbrücken, erweiterten Bahnstrecken.
- Ein paar Kilometer weiter werkeln Bauarbeiter an einem riesigen Wärmespeicher. Er soll das Wasser warm halten, um Energie zu sparen, wenn Grazé und ihre Nachbarn gleichzeitig duschen wollen.
- Auch außerhalb der Bahnstadt, an der Universität, in Betrieben und in der Verwaltung wurde dafür gesorgt, dass Mitarbeiter weniger CO₂ verbrauchen. Allein bei den städtischen Gebäuden konnte der Energieverbrauch um die Hälfte gesenkt werden.

Warum aber klappt, was so viele fordern, ausgerechnet in Heidelberg schon jetzt so gut? Egal wen man fragt – den Bauleiter des Energiespeichers, den Planer der Bahnstadt, die Mitarbeiterin der Stadtverwaltung –, sie alle erzählen von Eckart Würzner. Der ist hier Oberbürgermeister.

Er war es, der die Pläne zur Bahnstadt umsetzte, die vor seinem Amtsantritt seit Jahren unangetastet in der Schublade schlummerten. Er sorgte dafür, dass die Stadt jene Unternehmen fördert, die das Klima schonen. Und er war es, der Heidelberg zusammen mit 19 anderen Kommunen vor sieben Jahren zur Modellstadt machte, beim „Masterplan 100 Prozent Klimaschutz“ des Umweltministeriums.

[...] Wie kommt es, dass [...] er die Klimapolitik vorantreibt? Eckart Würzner erzählt, er habe sich schon in seinem Geografie- und Jura-Studium für die Umwelt interessiert. Damals war das Waldsterben ein großes Thema, und er schrieb seine Dok-

torarbeit über die Auswirkungen von Umweltgiften. Im Rathaus übernahm er Jahre später den Posten des Umweltfachberaters. Als er schließlich ins Büro des Bürgermeisters umzog, war klar, dass die Natur auch in diesem Job sein Thema bleiben wird.

Nach beinahe drei Amtsperioden hat das Folgen. [...] Zum Beispiel im Jahre 2006, als das Projekt „Passivhaussiedlung in der Bahnstadt“ zu scheitern drohte. Damals fehlten Investoren. Also gründete der Bürgermeister mit der Heidelberger Sparkasse, einer Städtischen Wohnungsbaugesellschaft und der Landesbank Baden-Württemberg eine kommunale Entwicklungsgesellschaft, und man kaufte die vorgesehene Fläche selbst. Die Stadt investierte 300 Millionen Euro. In nicht einmal zehn Jahren wurden hier Wohnungen für bislang 4319 Menschen gebaut und Büros für knapp 3000 Arbeitsplätze.

[...] Wie vielen ihrer Nachbarn war auch [Lena Grazé] der ökologische Fußabdruck ziemlich egal, als sie vor fünf Jahren den Mietvertrag unterschrieb: „Neubau, Erstbezug, das war für uns entscheidend.“ Und doch stellte die Familie ihren Lebensstil nach und nach um. Die meisten Wege geht Grazé heute zu Fuß. Die Kita ihrer Tochter liegt nur wenige Minuten entfernt. Um die Ecke gibt es Ärzte, Bäcker, Spielplätze. Neuerdings auch ein Passivhaus-Kino und eine ökumenische Kirchengemeinde. „Außer zur Arbeit brauche ich das Viertel kaum noch zu verlassen“, sagt Grazé. Fährt sie doch einmal zum Shoppen in die Innenstadt, lässt sie den Golf inzwischen daheim. „Hier gibt es eine neue Haltestelle.“ Die Bahn ist komfortabler. [...]

Laura Cwiernia, „Sie machen den Anfang“, in: DIE ZEIT Nr. 38 vom 12. September 2019



Passivhäuser in Heidelberg-Bahnstadt



Strategien zur Anpassung an Extremwetterlagen: Deichbau zum Hochwasserschutz im Ganges-Flussdelta, Indien, und Berieselungsanlage zur Bekämpfung von Bodentrockenheit in Szentes, Ungarn



An der stark befahrenen Gladbecker Strasse in Essen sollen vertikale Gärten an Mehrfamilienhäusern Schadstoffe aus der Luft filtern und das Stadtklima verbessern.

Weitere Beispiele sind die standortgerechte Entwicklung von Mischwäldern zur Verringerung der Anfälligkeit gegenüber Klimaänderungen oder die Entsiegelung und Begrünung von Städten zur Reduktion der Hitzebelastung. Zum Umgang mit zunehmend extremen Wetterbedingungen werden Beobachtungs- und Frühwarnsysteme eingesetzt und Maßnahmen zur Bekämpfung der Folgen verbessert.

In Europa wurden auf allen Regierungsebenen Anpassungsmaßnahmen entwickelt, die teilweise in das Küstenmanagement und die Wasserwirtschaft, in Umweltschutz und Raumplanung sowie in das Katastrophenrisikomanagement eingebunden wurden. In Deutschland hat das Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) an den Klimawandel beschlossen. Diese schafft einen Rahmen, der eine sektorenübergreifende Vorgehensweise des Bundes gegen die Folgen des Klimawandels in Deutschland ermöglichen soll. Darin werden für 15 Handlungsfelder und ausgewählte Regionen mögliche Klimafolgen und Handlungsoptionen skizziert.

Die DAS wurde 2015 und 2020 im Rahmen von Fortschrittsberichten fortgeschrieben und die damit zusammenhängenden Aktionspläne werden alle vier Jahre aktualisiert. Ein besonderes Augenmerk liegt zum Beispiel auf dem Handlungsfeld Menschliche Gesundheit, das unter anderem durch die Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen besonders betroffen ist. Maßnahmen umfassen hier beispielsweise Hitzeaktionspläne, staatliche Regeln zum Arbeitsschutz wie die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge sowie Informationen für die Bevölkerung und die Gesundheitsberufe. Zudem sollen Informations- und Frühwarnsysteme angepasst und ausgeweitet werden. Städte sind durch die hohe Dichte der Bevölkerung und Infrastrukturen sowie die hohe Konzentration wirtschaftlicher Wertschöpfung besonders von den Folgen des Klimawandels

betroffen, und es bestehen vielfältige Notwendigkeiten zur Anpassung. Versiegelung, dichte Bebauung und zusätzliche Wärmeemissionen führen zu Hitzeinsel-Effekten, die sich unter fortschreitendem Klimawandel verstärkt ausprägen.

Unter den Stichworten „grüne, blaue, weiße Städte“ können unter anderem helle Oberflächen und Gebäudefarben, blaue und grüne Infrastrukturen wie Seen und offene Wasserelemente sowie Baumpflanzungen, Parks und Gründächer zu Verdunstungskühlung und Beschattung beitragen. Damit wird die Hitzebelastung verringert und zugleich werden dadurch Luftqualität und Lebensqualität verbessert. Zum nachhaltigen Umgang mit Niederschlagswasser und zur Vorbeugung von Überschwemmungen wird vermehrt das Prinzip „Schwammstadt“ in Betracht gezogen. Es soll die Speicherung von Wasser in Phasen mit hohen Niederschlagsmengen ermöglichen und dieses in Phasen mit geringen Niederschlägen nutzbar machen, zum Beispiel zur Grünflächenbewirtschaftung.

Kommunen besitzen aufgrund der zentralen Aufgaben der Daseinsvorsorge eine Schlüsselstellung bei der Anpassung kritischer Infrastrukturen. Hierzu zählen die öffentliche Trinkwasserversorgung, die Abwasserentsorgung, präventiver Hochwasserschutz, die Energieversorgung sowie die Bereitstellung kommunaler Verkehrsinfrastruktur. Eine wichtige Rolle für die kommunale Anpassung an den Klimawandel nehmen die kommunalen Spitzenverbände ein. So veröffentlichte im März 2019 der Deutsche Städtetag ein Positionspapier zur Klimaanpassung, in dem zentrale Forderungen, Hinweise und Anregungen formuliert werden.

Die Autorin dankt ihrer Kollegin beim GERICS, Dr. Irene Fischer-Bruns, für die sprachliche Überarbeitung des Textes.

Klimaanpassung in Offenbach

[...] Extremwetterereignisse insgesamt nehmen deutlich zu, davon sind Klimatologen überzeugt. Holger Robrecht berät Städte, wie sie „klimaresilient“ werden können. „Klimawandel ist keine Sache, auf die man sich einmal einstellt“, sagt Robrecht. „Die Stadt der Zukunft muss sich ständig an den Klimawandel anpassen.“ In Robrechts Verband LCLEI mit Sitz in Freiburg sind 1500 Städte, Kommunen und Regionalverbände weltweit organisiert, die nachhaltig sein und sich auf den Klimawandel einstellen wollen. [...] Es geht darum, dass sich das Denken der Stadtverwaltungen verändert, sagt Robrecht.

[...] Der Starkregen 2016 führte in Offenbach dazu, dass innerhalb kurzer Zeit ein Klimaanpassungskonzept erstellt wurde. Einerseits geht es um Risikobewertung, andererseits Maßnahmen zum Schutz. Die Stelle einer Klimaanpassungsmanagerin wurde 2017 geschaffen. [...] Wenn jemand etwa beim Thema Hitzeschutz wissen will, wo der richtige Ansprechpartner in den Behörden sitzt, vermittelt sie den Kontakt. Das Klimaanpassungskonzept soll in der Stadt bekanntgemacht werden. Auch die Rolle des Umweltamtes hat sich verändert. „Heute beraten wir viel mehr präventiv. Wir klären auf, wir planen mit den Ingenieurbüros, um Regenwasser mehr zu nutzen, wir sind aber inzwischen auch an der Gefahrenabwehr stärker beteiligt“, sagt Umweltamtsleiterin Heike Hollerbach. „Seit 2017 ist die Voraussetzung für einen Neubau bei großen Bauvorhaben und Bauleitplanung, dass er einem hundertjährigen Niederschlagsereignis standhält.“

Die meisten Projekte, die Hollerbach und ihre Kollegen angehen, greifen in den Planungsprozess ein. Mit großer Zufriedenheit verweist man auf die 40 000 Quadratmeter große Fläche des Goethequartiers, das derzeit im Stadtzentrum gebaut wird. Weil das Gelände vorher brach lag, konnte die Fläche viel Wasser aufnehmen. Das sollte nun auch der Neubausiedlung gelingen: Die Dächer sollen bewachsen sein. Durch die Pflanzen kann das Wasser verdunsten, gleichzeitig können Wasserspeicher mit integrierten Kapillarsäulen das Wasser auch aufnehmen. Entscheidend ist die Verdunstungsquote in der Jahresbilanz. Sie liegt im neuen Wohnviertel bei 78 Prozent. Laut der städtischen Planer erreichen solche Werte sonst nur unbebaute Grundstücke.

Schwieriger wird es, wenn es um die bereits bestehenden Gebäude geht. In Offenbach hat man sich aus finanziellen Gründen gegen zusätzliches Dämmen entschieden. Im Fall von Schulen wird die Hitze immer mehr zum Problem. „In den Klassenräumen gibt es keine Klimaanlagen“, sagt Düpre. Zu teuer und letztlich für das Klima kontraproduktiv. „Wir müssen also mit dem Stadtschulamt nach Lösungen suchen.“ Die Spielräume sind begrenzt. Entweder werden Jalousien angebracht oder Bäume gepflanzt. Sie spenden nicht nur Schatten, sondern senken die Temperatur.

Bäume nehmen in den Städten eine wichtige Rolle ein. In Offenbach sind in den vergangenen Jahren 500 der 22 000 Bäume im Stadtgebiet abgestorben. Sie sind schlicht verdurstet, der Boden war bis tief unten ausgetrocknet. Weil sie umstürzen könnten, stellten sie ein Sicherheitsrisiko dar und wurden gefällt. Seit Anfang des Jahres werden neue Bäume gepflanzt, 200 Stück insgesamt. 100 000 Euro hat die Stadt dafür zurückgestellt. [...] Statt Fichten, die in der Hitze schon vertrocknet sind, werden Sorten wie der Zürgelbaum oder die Blumenesche, der Amberbaum, die Ungarische Eiche oder die Silberlinde gepflanzt. Einerseits müssen sie die Hitze des Sommers aushalten, andererseits die Kälte und den hohen Niederschlag des Winters. In Städten ist häufig auch der Untergrund ein Problem: Wenn Tiefgaragen oder



Fahrzeugbergung nach Starkregen in Offenbach, Juni 2016

S-Bahntunnel im Boden sind, dürfen Bäume nicht zu tief wurzeln [...]. Viel Geld der Stadt fließt inzwischen auch in die Bewässerung. Mit Hilfe neuer Fahrzeuge müssen die alten und neuen Bäume bewässert werden. Im Umweltamt muss man sich am Stadtrand auch mit Fragen der Waldbrandgefahr auseinandersetzen.

Eine Analyse des Deutschen Wetterdienstes, die 2014 für Offenbach erstellt wurde, zeigt, wie stark sich das Klima in der Stadt von jenem auf dem Land unterscheidet. Im Schnitt war es laut Wetterdienst ein bis zwei Grad wärmer als im Umland, teilweise mit weiteren Ausschlägen an heißen Tagen. Vor allem aber kühlte es in der Stadt viel weniger ab als im Umland. Die sogenannten Wärmeinseln, die sich in der Offenbacher Innenstadt bildeten, waren zum Teil sechs Grad heißer als etwa im Mainvorland, einer ländlichen Vergleichsgröße. Die Tropennächte, bei denen die Temperatur nicht unter 20 Grad sinkt, sind besonders für ältere und kranke Menschen sowie Kleinkinder belastend.

An jeder Ecke gibt es bei dem Thema Zielkonflikte der Stadtplanung. Einerseits müssen Städte aufgrund des erhöhten Zugzugs verdichtet werden, aufgrund geringerer Anfahrtswege könnte das Leben in der Stadt auf den ersten Blick auch klimafreundlicher sein. Andererseits braucht es mehr Platz in der Stadt für Kaltluftschneisen und Parks. Es braucht auch weniger versiegelte Flächen – die haben den Nachteil, dass sie die Erhitzung unterstützen und keinen Niederschlag aufnehmen. Perspektivisch gibt es laut einer Modellrechnung, die das Land Hessen erstellen ließ, bald auch in Offenbach weit mehr heiße Tage. Und damit auch tropische Nächte. Viele Städte haben im Sommer längst Hitzeberatungen eingeführt, mancherorts Hitze-Hotlines geschaffen. [...]

Wie sehr sich das Bewusstsein in den Städten bereits verändert hat, zeigen die Zahlen des Bundesumweltministeriums. Im Jahr 2015 bewarben sich 30 Kommunen um eine Förderung für Klima-Anpassung, die Zahl stieg 2018 auf 85 und schnellte [...] [2019] auf 154 hoch. [...] Städte engagierten sich schon seit langem intensiv für wirksamen Klimaschutz. [Helm] Dedy [Hauptgeschäftsführer des Deutschen Städtetags] nennt rund 16 650 Projekte in 3650 Kommunen, die von 2008 bis Ende 2019 im Rahmen der Kommunalrichtlinie der Nationalen Klimaanpassungsstrategie des Bundes gefördert worden sind [...].

Timo Steppat, „Jedes Jahr eine Jahrhundertflut“, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 4. August 2020 © Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt. Zur Verfügung gestellt vom Frankfurter Allgemeine Archiv



Zum 30. Jahrestag der Gründung des IPCC versammeln sich die Delegierten am 13. März 2018 im Hauptquartier der UNESCO in Paris. Die Begrüßungsansprache hält der französische Außenminister Jean-Yves Le Drian.

FELIX SCHENUIT

Das Verhältnis von Klimawissenschaft und Politik

Die Klimawissenschaft und ihre Erkenntnisse haben als Impulsgeber für Öffentlichkeit und Politik in den zurückliegenden Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Eine prägende Rolle spielt der IPCC, der als Institution der Vereinten Nationen eine besondere Legitimität besitzt. Er trifft dabei auf unterschiedlichste gesellschaftliche und politische Interessenlagen – es entstehen Spannungsfelder, die auch die Entstehung der Berichte prägen.

Die Erkenntnisse über den Zusammenhang der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre mit dem Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen fanden in den 1970er-Jahren zuerst in der Wissenschaft und in den 1980er-Jahren auch im politischen Raum deutlich wachsende Aufmerksamkeit. Gleichzeitig prägen politische Entwicklungen auch Dynamiken in der Klimawissenschaft. Sowohl auf internationaler wie auch auf nationaler Ebene lassen sich zahlreiche Institutionen und Initiativen identifizieren, die an diesem intensiven wechselseitigen Austausch zwischen Klimawissenschaft und Klimapolitik beteiligt sind. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der Weltklimarat (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC).

Der IPCC als Instanz wissenschaftlicher Politikberatung

Die Gründung des IPCC ist eng verknüpft mit den Anfängen der internationalen Klimadiplomatie. Im Jahr 1988 riefen das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (*UN Environment Programme*, UNEP) und die Weltorganisation für Meteorologie (*World Meteorological Organization*, WMO) den IPCC als Institution der Vereinten Nationen ins Leben. Mittlerweile sind 195 Staaten Mitglied und über 150 Beobachterorganisationen registriert.

Große Aufmerksamkeit bekam der IPCC 2007, als ihm zusammen mit dem amerikanischen Umweltschützer, Unternehmer und ehemaligen US-Vizepräsidenten Al Gore der Friedensnobelpreis verliehen wurde. Das Nobelpreiskomitee würdigte damit die „Bemühungen zum Aufbau und der Verbreitung von mehr Wissen über den von Menschen verursachten Klimawandel und das Legen eines Fundamentes für Maßnahmen, die als Gegengewicht gegen diese Änderungen notwendig sind“. Die Besonderheit des IPCC ist, dass nicht nur Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler an den Berichten mitarbeiten, sondern Regierungen die Gelegenheit bekommen, Stellung zu beziehen und abschließend im Konsens über den Bericht abzustimmen (siehe weiter unten).

Das erklärte Ziel des IPCC ist es, den aktuellen Forschungsstand der Klimawissenschaft zusammenzutragen und zu bewerten, um damit Grundlagen für wissenschaftsbasierte Entscheidungen in der Klimapolitik zu liefern. Dabei gilt die Maxime, dass der IPCC politisch unabhängig ist und die Berichte keine politischen Handlungsempfehlungen formulieren. Im Rahmen dieses Mandats können die Dynamik des Klimawandels sowie die antizipierten Folgen bestimmter Temperaturanstiege detailliert beschrieben werden. In Bezug auf zukünftige Emissionspfade und Minderungsmöglichkeiten, die einen entsprechenden Anstieg verhindern könnten, legt der IPCC in seinen Berichten jeweils eine große Bandbreite an möglichen Optionen und Zukunftsbildern vor, um möglichst keine politischen Entscheidungen vorweg zu nehmen (siehe auch S. 27 ff.).

Die Organisation des IPCC

Die umfassenden Sachstandsberichte des IPCC werden innerhalb eines sogenannten Berichtszyklus von sechs bis sieben Jahren erstellt. Organisiert und koordiniert wird dieser Prozess von dem Sekretariat, dem Exekutivkomitee und dem 34-köpfigen Vorstand des IPCC. Entscheidungen über die Planung wie auch über die finale Annahme der Berichte werden im Plenum getroffen. Hier sitzen Delegationen der zugehörigen 195 Länder, um in jährlichen Treffen über Fragen des Budgets, über die Arbeitsprogramme sowie über die Abstimmung finaler Berichte zu entscheiden.

Drei unterschiedliche Arbeitsgruppen erarbeiten zunächst unabhängig voneinander drei Berichte: Während sich die erste Arbeitsgruppe mit den naturwissenschaftlichen Ursachen des Klimawandels beschäftigt, analysiert die zweite Arbeitsgruppe die Verwundbarkeit von natürlichen und sozioökonomischen Systemen sowie Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Die dritte Arbeitsgruppe trägt den Forschungsstand zu politi-

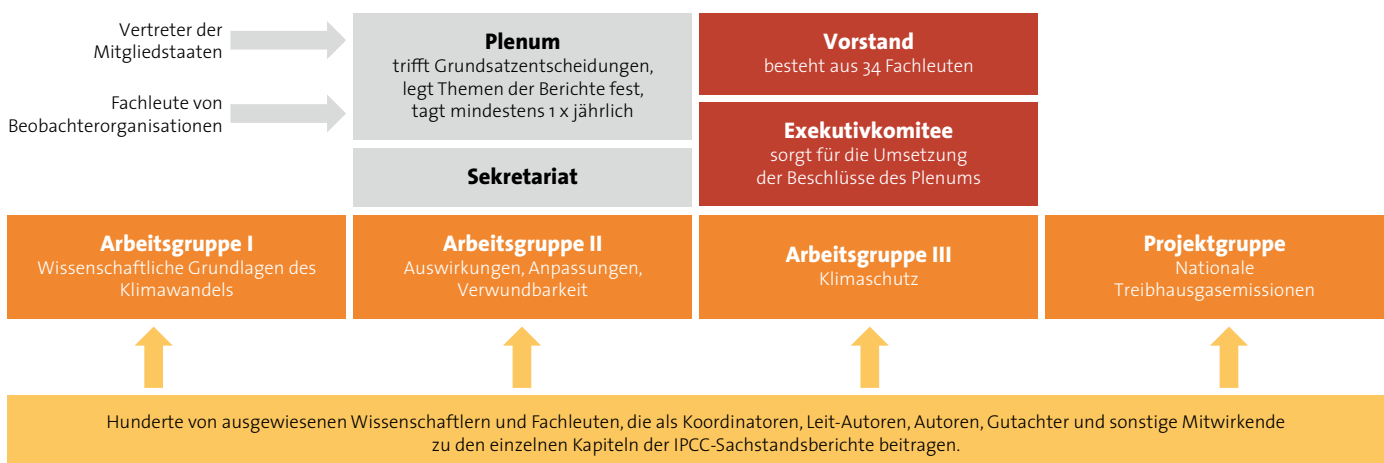
Der IPCC

Intergovernmental Panel on Climate Change

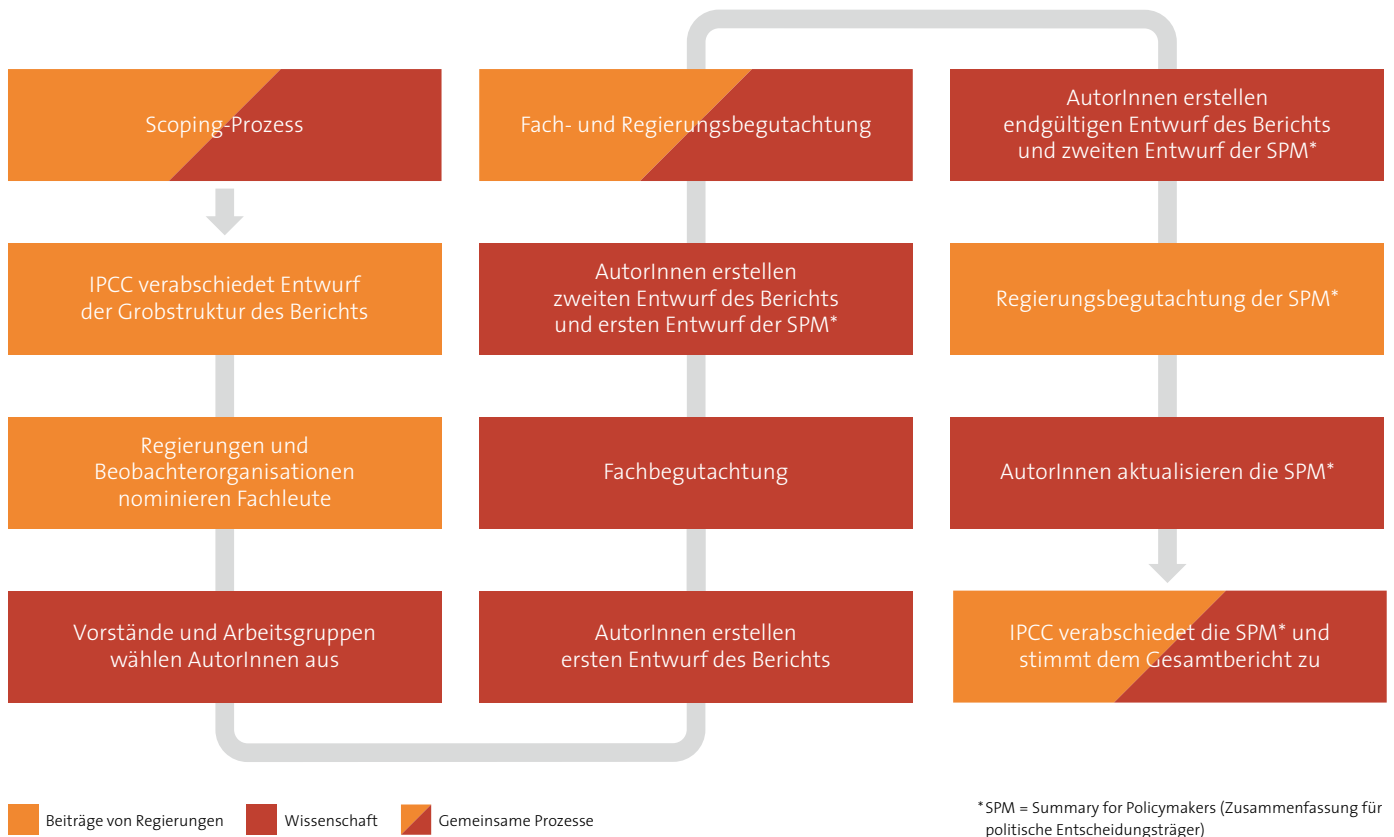
Aufgabe des IPCC ist es, den Stand des Wissens über die Risiken des Klimawandels umfassend, objektiv und transparent zusammenzutragen und die potenziellen Folgen der Klimaveränderungen sowie Möglichkeiten der Anpassung und des Klimaschutzes aufzuzeigen.

Das geschieht etwa alle 6 bis 7 Jahre in einem **Sachstandsbericht**.

Der Bericht kann als Grundlage für politisches Handeln dienen, empfiehlt aber keine bestimmte Politik.



Entstehung von IPCC-Berichten



Deutsche IPCC Koordinierungsstelle; https://www.de-ipcc.de/media/content/De-IPCC_Flyer_Der_Weltklimarat_IPCC_BITV.PDF

schen, wirtschaftlichen und technologischen Optionen zusammen, die zur Minderung des Klimawandels beitragen könnten. Jeder dieser Arbeitsgruppen ist eine Geschäftsstelle zugeordnet, die die Arbeit der Autorinnen und Autoren koordiniert und unterstützt. Nach Veröffentlichung des dritten Berichts erarbeiten die drei Gruppen gemeinsam den sogenannten Synthese-Bericht und eine dazugehörige Zusammenfassung für die politischen Entscheidungsträger.

Die Entstehung der IPCC- Berichte

Sowohl die Sachstandsberichte als auch die Sonderberichte durchlaufen komplexe Prozesse. Diese sollen sicherstellen, dass die Publikationen wissenschaftlich korrekt sind und politische Unabhängigkeit wahren. Die Berichtsentwürfe werden von Autorinnen und Autoren verfasst, die zu Beginn des Prozesses im sogenannten *scoping* – einer ersten Verständigung über relevante Inhalte und über zu deren Darlegung geeignete Fachleute – von Regierungen oder Beobachterorganisationen nominiert werden.

Die anschließende Auswahl trifft der IPCC-Vorstand unter Berücksichtigung von Kriterien unterschiedlicher wissenschaftlicher Expertise, Disziplinen, Weltregionen und Geschlecht. Bei der Auswahl wird unterschieden zwischen koordinierenden Leitautorinnen und -autoren, die für ganze Kapitel verantwortlich zeichnen, und solchen, die jeweils für bestimmte Textteile zuständig sind. Darüber hinaus wird bestimmt, welche Fachexpertinnen und -experten mit der Begutachtung der Entwürfe sowie des breiteren Begutachtungsverfahrens insgesamt beauftragt werden.

In diesem Prozess tragen tausende Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Politik, Zivilgesellschaft und Wirtschaft

freiwillig zur Begutachtung des Berichtes bei. Für den letzten Sonderbericht zu 1,5°C globaler Erwärmung beispielsweise hatten die 90 Autorinnen und Autoren aus 40 Ländern insgesamt über 42 000 Kommentare von mehr als 1100 Gutachterinnen und Gutachtern durchzuarbeiten. Alle Beteiligten arbeiten unentgeltlich an den Berichten mit.

Das größte mediale Interesse findet meist die mehrtägige Plenumsitzung des IPCC, in der die Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger (*Summary for Policymakers*) Zeile für Zeile verhandelt und abschließend gemeinsam mit dem Bericht formell angenommen wird. Den unterschiedlichen Entwürfen wird – zumindest in der breiteren Öffentlichkeit – im Vorlauf weniger Aufmerksamkeit zuteil.

Ein häufiger Kritikpunkt, der in sozialwissenschaftlichen Arbeiten über den IPCC-Prozess geäußert wird, zielt auf die überdurchschnittliche Beteiligung vieler nordamerikanischer und europäischer, zudem meist männlicher Wissenschaftler. Obwohl sich dies zuletzt verbessert hat, ist nach wie vor ein deutliches Ungleichgewicht erkennbar.

Die Rolle des IPCC für Politik und Wissenschaft

Insbesondere die kontinuierliche Einbindung der Regierungsdelegationen in die Vorhänge des IPCC trägt dazu bei, dass er im politischen Prozess eine besondere Legitimität besitzt. Immer wieder haben sich von Regierungen autorisierte Zusammenfassungen und Bewertungen des aktuellen Wissensstandes deutlich auf die internationale und nationale Klimapolitik ausgewirkt. Eine große Rolle spielt dabei auch, dass IPCC-Berichte kurz vor wichtigen internationalen Klimagipfeln der Klimarahmenkonvention veröffentlicht werden und so als gemeinsame Informationsgrundlage für die Verhandlungen dienen können.

Jüngste Beispiele hierfür sind der fünfte Sachstandsbericht, der im Vorlauf der Verhandlungen zum Pariser Abkommen von 2015 veröffentlicht wurde und der Sonderbericht über 1,5°C Globale Erwärmung (SR1.5), der abgestimmt mit den politischen Prozessen zur Implementierung des Pariser Abkommens im Jahr 2018 veröffentlicht wurde.

Gleichzeitig wird dem IPCC auch eine wichtige Wirkung in die Wissenschaft hinein bescheinigt. Neben der Autorenschaft ist auch die Sichtbarkeit der eigenen Forschung in IPCC-Berichten häufig ein wichtiger Baustein für wissenschaftliche Karrieren. Daraus ergibt sich, dass die IPCC-Zyklen ein Taktgeber wissenschaftlicher Forschung sind – sowohl zeitlich als auch in Bezug auf thematische Schwerpunkte.

Diese einflussreiche Stellung wird allerdings nicht nur positiv bewertet. Insbesondere im Zusammenhang des vergleichsweise kurzfristig anberaumten 1,5°C-Sonderberichts wurde die Rolle des IPCC in der Klimawissenschaft auch kritisch diskutiert.

Zukunftsszenarien als Entscheidungshilfe für die Klimapolitik

Während sich die Klimawissenschaft in ihren Anfängen vor allem auf die Zusammenhänge zwischen der Konzentration von Treibhausgasen und dem menschengemachten Klimawandel konzentrierte, rückte der Fokus im Laufe der Zeit immer stärker auf mögliche Zukunftsszenarien. Der IPCC entwickelte sich zur zentralen Auswertungsinstitution der Szenarien und Modelle, die weltweit in aufwändigen Forschungsprojekten erarbeitet werden.

Immer mehr verfügbare Daten sowie ein Anstieg von Rechenkapazitäten führten zu immer komplexeren Erdsystemmodellen, in denen die physikalischen Prozesse im Klimasystem repräsentiert sind. Darüber hinaus erlangten die sogenannten *Integrated Assessment Models* (IAMs) zunehmend an Bedeutung. In diesen Modellen werden vereinfachte naturwissenschaftliche Klimamodelle mit kostenoptimierenden ökonomischen Modellen und Annahmen über gesellschaftliche Entwicklungen verknüpft und so mögliche Zukunftsbilder entworfen.

Die IAMs zielen darauf ab, die wechselseitigen Einflüsse zu verstehen, die zwischen unterschiedlichen klimatischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Entwicklungen bestehen. Ihre Ergebnisse zeigen Pfade auf, wie Klimaziele – wie beispielsweise das 1,5°C-Ziel – mithilfe bestimmter Maßnahmen zur Emissionsreduktion erreicht werden könnten.

Es ist wichtig zu betonen, dass es dabei explizit nicht um Vorhersagen einer mit großer Sicherheit eintreffenden Zukunft im Sinne einer Wettervorhersage geht. Ihre Ergebnisse ermöglichen es vielmehr, basierend auf bestimmten Annahmen, mögliche Szenarien zu identifizieren und zu diskutieren. Sie treffen also Aussagen über mögliche Klimazukünfte, die auf bestimmten Wenn-Dann-Annahmen beruhen.

Die klimawissenschaftliche Forschung führt über die Zeit zu immer neuen Erkenntnissen und damit zu fortlaufender Korrektur und Erweiterung der Klimamodelle. Diese lassen sich an zwei Beispielen illustrieren, die an der Schnittstelle von Politik und Wissenschaft zuletzt viel Aufmerksamkeit erregten: das Konzept des CO₂-Budgets sowie Maßnahmen zur CO₂-Entnahme.

Das Konzept des CO₂-Budgets

Das CO₂-Budget meint die verbleibende Menge an CO₂, die noch ausgestoßen werden kann, bevor bestimmte Klimaziele verfehlt werden. Sie ergibt sich aus den bereits ausgestoßenen Emissionen und den jeweiligen Obergrenzen für einzelne Klimaziele. Das Konzept spielt in der Klimawissenschaft seit den späten 2000er-Jahren eine prominente Rolle und wird seitdem immer häufiger als Ausgangspunkt klimapolitischer Zielvorgaben und Instrumente diskutiert (siehe auch S. 32 ff.).

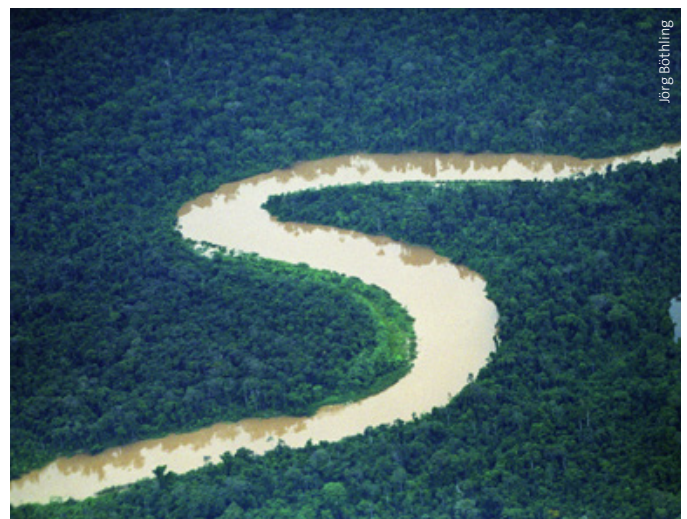
Die wissenschaftliche Debatte über das CO₂-Budget entstand, um zwischen Klimawissenschaft und -politik vermitteln zu können und ist ein anschauliches Beispiel für die vielfältigen Interaktionen zwischen Wissenschaft und Politik. Häufig wird der Budget-Ansatz genutzt, um die Dringlichkeit ambitionierter Klimaschutzmaßnahmen aus der wissenschaftlichen Forschung in politische Debatten und Entscheidungs- und Gesetzgebungsprozesse zu übersetzen.

So erfährt der Budget-Ansatz insbesondere seit dem Abkommen von Paris stetig wachsende Aufmerksamkeit und Beliebtheit, indem etwa immer mehr nationale Klimaschutzgesetze auf ihn zurückgreifen. Doch es gibt auch grundlegende Herausforderungen, die in der Wissenschaft diskutiert werden und auch die Gesetzgebung vor Probleme stellt. Sie liegen unter anderem in der Methodik zur Berechnung des globalen Budgets, aber auch in der gerechten Aufteilung des globalen Budgets auf einzelne Staaten, die auf internationaler, zwischenstaatlicher Ebene umstritten ist.

Diskussion um die Möglichkeiten der CO₂-Entnahme

Seit dem Abkommen von Paris wird in Wissenschaft und Politik außerdem ein spezifischer Baustein der IAM-Modelle viel diskutiert: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehen in ihren Annahmen davon aus, dass zusätzliches CO₂ langfristig aus der Atmosphäre entnommen werden kann und tatsächlich auch in großen Mengen entnommen werden muss, wenn die Klimaziele des Pariser Abkommens eingehalten werden sollen. Schon jetzt entziehen beispielsweise Ozeane oder Wälder der Atmosphäre auf natürliche Weise große Mengen CO₂.

Würde man diese Mechanismen ausweiten und die Menge des absorbierten CO₂ – sei es durch natürliche oder technische Maßnahmen – deutlich erhöhen, könnten nur schwer zu eliminierende Emissionen hiermit ausgeglichen und somit Netto-Null-Emissionen erreicht werden. Viele Modelle gehen zu-



Gigantischer, aber bedrohter CO₂-Speicher: der Regenwald am Amazonas



Mit den „Märschen für die Wissenschaft“ wehren sich Demonstrierende wie hier in München in über 500 Städten weltweit am 22. April 2017 gegen Angriffe auf die Wissenschaft im postfaktischen Zeitalter, gegen Fake-News, Verschwörungsideen und Versuche zur Knebelung der Wissenschaft durch klimawandelskeptische Politik.

sätzlich davon aus, dass in Zukunft Netto-Negativ-Emissionen erreicht werden müssten, das heißt, es müsste der Atmosphäre mehr CO₂ entnommen werden, als in sie ausgestoßen wird.

In welchem Ausmaß CO₂-Entnahmen in Zukunft benötigt werden, ist in der Wissenschaft zurzeit noch umstritten. Klar ist aber, dass die Menge maßgeblich von der Klimapolitik der kommenden Jahre abhängt. Je langsamer CO₂-Emissionen reduziert werden, desto mehr CO₂-muss in der Zukunft aus der Atmosphäre entnommen werden.

Zukunftsbilder im IPCC

Der IPCC wertet in seinen Berichten eine Vielzahl von Modellen und Szenarien aus und bündelt die Ergebnisse in sogenannten illustrativen Modellpfaden. Für den 1,5°C-Sonderbericht des IPCC wurden beispielsweise 90 Szenarien ausgewertet, die mit der Begrenzung der globalen Erwärmung um 1,5°C vereinbar sind. Daraus wurden vier unterschiedliche illustrative Modellpfade erarbeitet, um unterschiedliche Zukunftsbilder auszu-leuchten (siehe auch S. 32 ff.).

Mit der Auffächerung unterschiedlicher Pfade zielt der IPCC darauf ab, eine Bandbreite möglicher Entwicklungen abzubilden und damit seiner politischen Unabhängigkeit gerecht zu werden. Zwar grenzen auch die wissenschaftlichen Modelle den Lösungsraum ein, indem sie bestimmte Entwicklungen als mit dem 1,5°C-Ziel unvereinbar ausschließen und andere als zwingend notwendig erachten. Doch eine konkrete Handlungsanleitung bzw. Empfehlungen für die politische Entscheidungsebene oder für die breite Bevölkerung, die Verbraucherinnen und Verbraucher, formuliert der IPCC damit nicht.

So zeigen die für den 1,5°C Sonderbericht ausgewerteten Modelle beispielsweise klar, dass weltweit bis 2050 Netto-Null-CO₂-Emissionen erreicht werden müssen. Welches Land bis dahin wie schnell Emissionen reduziert oder in welchen Wirtschaftssektoren das vorrangig zu erfolgen hat, sind jedoch politische Aushandlungsprozesse, die diese Modelle nicht vorwegnehmen können.

Die für den IPCC ausgewerteten Modelle bemühen sich zunehmend, gesellschaftliche Dynamiken stärker zu berücksichtigen, indem sie beispielsweise sozialwissenschaftliche Forschungen über Transformationsprozesse mit einbeziehen. So wird versucht, Innovationsdynamiken, Pfadabhängigkeiten, die politische Machbarkeit einzelner Maßnahmen und auch plötzlich auftretende, sprunghafte gesellschaftliche Veränderungen(=disruptive Transformation) stärker zu berücksichtigen. Wichtig bleibt trotz dieser Erweiterung: Die bevorstehenden politischen Konflikte können damit beschrieben und analysiert, die nötigen gesellschaftlichen Aushandlungsprozesse aber nicht in die Modelle verlagert werden.

Der Blick auf die Zukunftsbilder im IPCC veranschaulicht wichtige Dynamiken zwischen Klimawissenschaft und -politik, die zu einem politisch und gesellschaftlich relevanten Schluss führen: Der Übergang hin zu einer Netto-Null-Emissionen-Gesellschaft kommt nicht ohne politische und gesellschaftliche Aushandlungsprozesse und demokratische Entscheidungen aus. Die Berichte des IPCC und die Klimawissenschaft insgesamt begleiten diese Prozesse, doch mehr wissenschaftliches Wissen allein wird die bevorstehenden politischen Konflikte nicht lösen können.

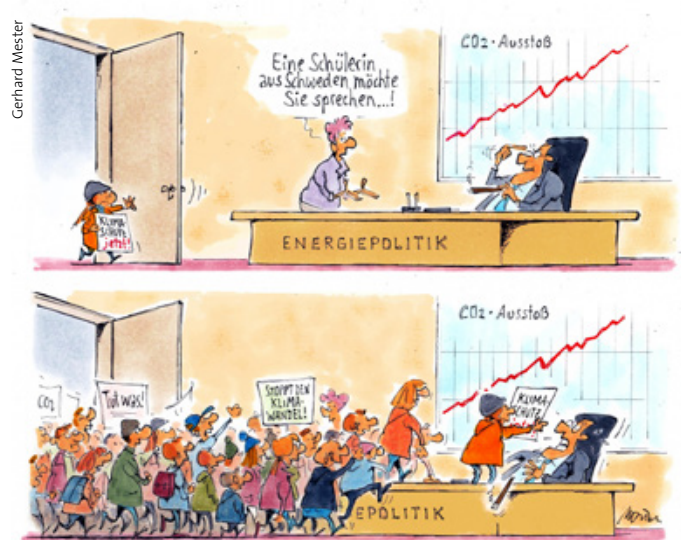
Neue Impulse für das Verhältnis von Wissenschaft und Politik

Das Verhältnis von Wissenschaft und Politik bekommt seit der Verabschiedung des Pariser Klimaabkommens im Jahr 2015 (siehe auch S. 60 ff.) neue Aufmerksamkeit, sowohl durch das Abkommen selbst, das sich mehrmals auf die „besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse“ beruft und den IPCC zu einem Sonderbericht über 1,5°C Globale Erderwärmung mobilisierte, als auch durch die jüngsten politischen Entwicklungen.

In 2017, noch vor den großen Klimaprotesten von *Fridays for Future*, fanden unter anderem in Deutschland und den USA zahlreiche „Märsche für die Wissenschaft“ statt. Sie galten als Reaktion auf sogenannte alternative Fakten, den befürchteten Bedeutungsverlust wissenschaftlicher Expertise sowie auf konkrete politische Entscheidungen, Forschungsgelder zu kürzen. Die Klimawissenschaft war dabei ein zentrales Thema der Proteste.

Ab 2018 mobilisierten Aktivistinnen und Aktivisten von *Fridays for Future* zu wöchentlichen Demonstrationen. Die Bewegung war von den Schulstreiks der schwedischen Schülerin Greta Thunberg inspiriert worden. Sie hatte im August 2018 zunächst alleine begonnen, jeden Freitag für Klimaschutz zu streiken. Weltweit schlossen sich nach und nach immer mehr Schülerinnen und Schüler sowie Studierende an. Ihren Höhepunkt erreichten die Proteste im September 2019 als nach Angaben von *Fridays für Future* über 1,4 Millionen Menschen weltweit demonstrierten. Eine ihrer Kernbotschaften war und ist der Aufruf, sich hinter der Wissenschaft zu versammeln („*unite behind the science*“).

Im deutschsprachigen Raum bekam die Bewegung auch Unterstützung aus der Wissenschaft – über 26 000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Deutschland, Österreich und



der Schweiz unterzeichneten die Stellungnahme der *Scientists for Future*. Dass die Unterzeichnenden damit politische Forderungen erhoben und eng an die *Fridays for Future*-Bewegung heranrückten, wurde vielerorts begrüßt, war aber nicht nur unumstritten. Teilweise wurde kritisiert, dass die Grenzen zwischen unabhängiger Wissenschaft und politischer Positionierung zu verschwimmen schienen.

Die *Scientists for Future* sind damit ein wichtiges Beispiel für die Spannungen, die zum Verhältnis von Wissenschaft und Politik gehören, und veranschaulichen dessen Ambivalenz: Einerseits ist wissenschaftliche Expertise eine wichtige Ressource für politische Forderungen nach ambitionierterer Klimapolitik. Andererseits besteht bei zu enger Verflechtung das Risiko, dass die Wissenschaft sich politisiert und damit Gefahr läuft, langfristig an Glaubwürdigkeit zu verlieren.



Wissenschaft, Politik und Aktivistinnenbewegung in Allianz für die Bekämpfung der Erderwärmung: (v.l.n.r.) Gregor Hagedorn von den „Scientists for Future“, Sandra Scheeres, Bildungssenatorin von Berlin, sowie die Berliner Aktivistinnen der Bewegung „Fridays For Future“, Quang Paasch und Hannah Blitz, stellen bei einer Pressekonferenz am 5. Februar 2020 gemeinsame Projekte vor.

Klimaprotest in Afrika

[...] Herbst [2019] am Rande einer Staubpiste in Bamako: Fous-seny Traoré reckt ein selbstgemaltes Schild in die Höhe. Man muss nahe herangehen, um die dünne Handschrift zu entziffern: „Handelt endlich, sonst nehmen wir Jungen das auf unsere Weise in die Hand!“

Ein paar Dutzend Schüler und Studenten in Warnwesten begleiten ihn, drängen sich zwischen überladenen Kleinbussen, Mofa-Trauben und Lastenträgern. „Unsere Generation. Unser Planet. Unsere Zukunft!“, ruft Traoré in sein Megafon. Und: „Stoppt den Klimawandel jetzt.“ Parolen also, die an diesem Tag auch viele Millionen Menschen so oder so ähnlich in München, Paris oder Sydney skandieren, wo Rundfunk, Fernsehen und Zeitungsreporter breit über den globalen Klimastreik der Aktivisten von „Fridays for Future“ berichten.

Während in westlichen Großstädten allerdings Soundanlage, Bühne und Ordner selbstverständlicher Teil eines solchen Medienereignisses sind, müssen sich Traoré und seine Mitstreiter mühsam gegen das tägliche Hupkonzert, die Konkurrenz der Marktschreier und Wasserverkäufer durchsetzen. Keine Popband greift ihnen unter die Arme. Ja nicht einmal Flyer oder Aufkleber haben sie zu verteilen. Nur der Wille, endlich etwas zu verändern, treibt die jungen Malier an.

Wer allerdings westliche Medien verfolgt, erfährt kaum etwas von den Fousseny Traorés dieser Welt. Die Berichterstattung über die globalen Klimastreiks zeigt fast ausschließlich weiße Gesichter. Fast könnte man glauben, der Klimaschutz sei ein Anliegen des privilegierten Bürgertums im Westen. Wo aber bleibt Afrika? Wo die Sahelzone, deren Länder zwar für nur 0,25 Prozent der weltweiten Treibhausemissionen verantwortlich sind, deren Bewohner aber jetzt schon am meisten unter dem Klimawandel leiden?

Schnell entsteht der Eindruck, der Westen müsse mehr oder weniger im Alleingang die Welt retten – während Afrikanern die „Fridays for Future“-Parolen egal seien. „Viele Leute haben schon Probleme genug, sie sind einfach entnervt“, sagt Traoré in einem Café in Bamakos Stadtteil Hippodrome [...]. Immerhin kennt er den Verdacht mancher Landsleute, er und seine Umweltschützer-Kollegen würden das Geschäft der Westler betreiben: „Sie sagen: Wir haben eine schlechte Gesundheitsversorgung, die Schulen funktionieren nicht, im Norden herrscht Krieg – und dann kommt ihr noch mit der Klimakrise! Überlassen wir das doch den Europäern!“

Traoré ist 26 Jahre alt, hat mal Apotheker gelernt und muss sich wie die meisten Malier seiner Generation mit kleinen Jobs über Wasser halten. Die Umwelt- und Klimaschutzinitiative „Ensemble pour le Climat Bamako“ hat er vor drei Jahren gegründet. Weil er die Menschen leiden sah, aber kaum jemand über die Zusammenhänge Bescheid wusste. „Ich bin bei meinem Onkel, einem Bauern und Lehrer, in einem Dorf in der Nähe der Hauptstadt aufgewachsen. Und ich habe dort gesehen, wie sich die Umwelt verändert, wie es auf den Feldern jedes Jahr trockener wird.“ 2010 hätten sie noch 100 Säcke mit Hirse geerntet. 2012 seien es nicht mal 70 gewesen. „Gleichzeitig sehe ich, wie unsere Landwirtschaft die Böden zerstört. Es fehlt an Informationen über nachhaltige Anbaumethoden.“

[...] Traoré arbeitet von seinem Schlafzimmer aus, sein Laptop ist die einzige Verbindung zur großen Welt da draußen und all den Klimaaktivisten aus Frankreich, Amerika, Deutschland, mit denen er – notfalls per Google Translator – Kontakt auf-



„Jeder Mensch hat das Recht auf eine gesunde Umwelt, der Schutz der Umwelt ist ein Anrecht, aber auch eine Pflicht“, Aktivisten der Gruppe um Fousseny Traoré (2.v.re.), Mali, November 2019

nimmt. Eine französische Umweltgruppe hat ein Interview mit ihm online gestellt. Eine australische Umweltwissenschaftlerin sich auf Facebook für seine Arbeit begeistert. Dauerhaftere Partnerschaften aber haben sich bisher nicht ergeben.

Traoré und seine Mitstreiter sind denn auch hin- und hergerissen: Zwischen dem Wunsch, Teil einer weltweiten Bewegung zu sein, und dem Gefühl, am Rande zu stehen. So wie die ugandische Klimaschutzaktivistin Vanessa Nakate beim Weltwirtschaftsforum in Davos. Ein Fotograf der Agentur Associated Press hatte aus einem Gruppenbild von Greta Thunberg und ihren jugendlichen Mitstreitern aus aller Welt ausgerechnet das einzige schwarze Gesicht herausgeschnitten.

Klimaaktivisten aus Afrika haben es doppelt schwer: Sowohl im Ausland als auch daheim kämpfen sie oft vergeblich um Sichtbarkeit. Umso bewegender ist es zu sehen, mit welcher Unermüdlichkeit und trotziger Hoffnung das Grüppchen Klima-Aktivisten um Traoré agiert. An jedem der weltweiten Klimastreik-Freitage stehen sie an einer Straßenkreuzung in Bamako: „Stoppt die Umweltzerstörung durch die Minenkonzerne“, haben sie mit Filzmarker auf eine der Wellpappen geschrieben. „Fridays for Future Mali“ auf eine andere. Oder auch einfach: „Merci Greta!“

In der afrikanischen Metropole voll von Gerüchen, Farben und Lärm kann man die Demonstranten leicht übersehen. Und dennoch: Traoré und seine Mitstreiter – es sind zur Hälfte Frauen – haben am Ende einige der Umstehenden überzeugt. Im persönlichen Gespräch. Der einzigen Methode, die den mittellosen Aktivisten zur Verfügung steht. „Bei jeder Demonstration“, sagt der „Ensemble pour le Climat“-Präsident, „gewinnen wir in der Regel ein paar Dutzend neue Mitglieder“.

Das ist an sich schon ein Erfolg. Denn nicht einmal die örtlichen Radio- und Fernsehsender berichten über „Ensemble pour le Climat“. Was wohl nicht nur daran liegt, dass die zwei Hundertschaften an „Fridays for Future“-Aktivisten in Bamako rein zahlenmäßig nicht mit ihren westlichen Pendants konkurrieren können. Sondern auch an der Ignoranz der Politik: „Wir können von unserem Umweltministerium keine Unterstützung erwarten. Es bleibt privaten Initiativen überlassen, etwas zu bewegen.“ [...]

Jonathan Fischer, „Klimakampf der Unsichtbaren“, in: Süddeutsche Zeitung vom 12. August 2020

Klimaprotest in China

[...] Fridays for Future, das sind Millionen von Schülerinnen und Studenten in mehr als 120 Ländern. Fridays for Future in China besteht eigentlich nur aus der 18-jährigen Ou Hongyi. Ihr Nachbar und einige Dutzend andere im Land streiken gelegentlich mit, die meisten waren aber nicht öfter als einen Tag lang dabei. [...]

Zum globalen Klimastreiktag am 26. September [2020] kamen in einer Fußgängerzone in Shanghai kürzlich mehr Journalisten als Aktivisten zusammen. Hongyi hatte per Video in den sozialen Medien junge Chinesen aufgerufen, sich ihrem Protest anzuschließen. In dem Video kam auch Luisa Neubauer zu Wort, die Grüße aus Deutschland schickte. Am Ende waren nur etwa zehn Leute da.

Der Protest endete nach einer Stunde auf der Polizeistation: Die Beamten kassierten die Plakate ein, verhörten Hongyi [...] und nach vier Stunden ließ man sie gehen. Auf das in solchen Fällen übliche Strafverfahren wegen „Störung der öffentlichen Ordnung“ wurde verzichtet. Hongyi war zu dem Zeitpunkt noch 17, darum beließen die Beamten es bei einer telefonischen Warnung an die Eltern: ob es nicht „unsicher“ sei, wenn die minderjährige Tochter sich in der Fremde mit Internetbekanntschaften treffe?

[...] [I]m Mai 2019, hatte Hongyi zum ersten Mal fürs Klima den Unterricht geschwänzt. Sieben Tage demonstrierte sie vor den Toren der Provinzregierung. Die Fotos auf ihrem Twitter-Account wurden weltweit geteilt. Greta Thunberg nannte sie „eine Heldin“. Der Direktor ihrer Schule stellte ihr kurz darauf ein Ultimatum: Entweder sie lasse ihren Klimastreik sein, oder sie müsse von der Schule gehen. Hongyi entschied sich für den Streik. In den 81 Wochen seither suchten Polizisten immer wieder ihre Eltern auf. Einmal fiel das Internet zu Hause tagelang aus. Hongyi vermutet dahinter den Staat. Inzwischen ist ihr Konto bei Weibo gesperrt, dem wichtigsten sozialen Netzwerk Chinas.

Man könnte denken, dass Hongyis Kampf für das Klima in China große Zustimmung finden müsste – geriert sich doch selbst die Regierung seit Neuestem als Klimaretter. Staatschef Xi hat angekündigt, die Volksrepublik bis 2060 klimaneutral zu machen. Erreicht China dieses Ziel, bleiben der Erde 0,2 bis 0,3 Grad Erwärmung erspart. Das wäre ein Zehntel der drei Grad, auf die die Welt derzeit zusteuert. So viel Gewicht hätte kein Beitrag eines anderen Landes auf der Welt. Überall treibt China grüne Leuchtturmprojekte voran: Die südliche Insel Hainan will bis 2030 Verbrennungsmotoren verbieten. 60 Prozent aller öffentlichen Busse im Land fahren mit Strom. Bis in die entlegensten Winkel lassen Provinzkader der regierenden KP Solarfarmen, Windparks und Biogasanlagen bauen. China ist heute der weltgrößte Produzent von Wind- und Solarkraftanlagen.

Das ist der eine Teil der Geschichte, den die Partei oft und gerne erzählt.

Über den anderen Teil der Wahrheit, der Ou Hongyi in Panik versetzt, spricht das offizielle China weniger gern: Denn um seine Emissionen bis 2060 auf netto null zu bringen, müsste das Land sofort mit den Einsparungen anfangen. Nicht erst 2030, wie in den Plänen von Staatschef Xi. China müsste den Neubau von Kohlekraftwerken sofort stoppen. Tatsächlich aber schießen sie aus dem Boden. [...]

Ou Hongyi glaubt, dass in China der Wandel nur von unten kommen kann. Diese Haltung teilen wenige im Land. „Das ist

doch bloß wieder eine, die am Ende nur alles für ein Studium an einer Elite-Universität in Amerika tut“, lautet noch einer der freundlicheren Kommentare über sie, die man auf Weibo finden kann. Nach vier Jahrzehnten des Booms haben sich viele Chinesen bequem in ihrer Ohnmacht eingerichtet. Der Fatalismus hat auf Mandarin drei Silben: Méibànfā, sinngemäß: „Man kann eh nichts machen.“ Eine Schülerin wie Hongyi, die das Gegenteil behauptet, muss eine Geisteskranke oder eine Heuchlerin sein.

Hinzu kommt: Verzicht zu predigen ist unpopulär in einem Land, in dem Hunderte Millionen Menschen weiterhin nichts zum Verzicht haben. China ist zwar Emissionsweltmeister, doch ein Viertel seines CO₂-Ausstoßes entfällt auf die Herstellung von Exportprodukten. Nur jede oder jeder Fünfte im Land besitzt ein Auto, genauso wenige Chinesen sind je ins Ausland gereist.

Die Aussicht auf ein Immer-mehr an Wohlstand, bis man eines Tages den Westen eingeholt und überholt hat, versöhnt die Mehrheit der Bürger mit dem autoritären Regime. Eine Schulabbrecherin, die den Bürgern sagt, sie sollen lieber wieder nur Gemüse essen wie zu Zeiten der Kulturrevolution, die predigt, man solle die Audis stehen lassen und die neuen Designer-Flughäfen meiden, kommt nicht gut an. [...]

In der Schule, wird ihre Mutter später erzählen, trieb Hongyi mit ihrer Hartnäckigkeit nicht nur Klassenkameraden, sondern auch die Lehrer in den Wahnsinn. Sie sei immer eine der Klassenbesten gewesen. [...] Als ich mit Hongyi entlang der Flusspromenade Guilins spazieren gehe, [...] hebt sie nebenbei Zigarettenstummel und To-go-Becher vom Boden auf, die sie in einem Jutebeutel sammelt. Nachdem wir das Backpacker-Hotel erreichen, in dem Hongyi regelmäßig Filmabende zum Thema Klima veranstaltet, geht sie die sieben Stockwerke zu Fuß (ich nehme den Aufzug). Eigentlich sei sie gegen touristische Betriebe jeder Art, sagt Hongyi, als sie verschwitzt in der Lobby ankommt. In der Hotellerie werde ständig renoviert, dazu komme der Müll. [...]

Mit Greta Thunberg ist Hongyi über Twitter in Kontakt. Wenn sie über die berühmte Schwedin spricht, wirkt sie allerdings etwas enttäuscht. Hongyi hofft auf Mentoring und Tipps, Greta schicke aber vor allem Motivationsbotschaften.

Die Frage, wie sie Fridays vor Future China aus einer Ich-AG in eine Massenbewegung verwandeln kann, raubt Hongyi jede Nacht den Schlaf. Nicht nur ihr. Bald werde man andere Seiten aufziehen, wenn die Tochter so weitermache, deuteten die Behörden gegenüber den Eltern an. Weil sie so wenig Erfolg hat, zeigte die Staatssicherheit bislang wenig Interesse an ihr. Doch das könnte sich bald ändern.

Ihre Minderjährigkeit schützt sie nicht mehr, [...] [am 11. Dezember 2020] feierte Hongyi ihren 18. Geburtstag. Ob sie keine Angst vor dem Gefängnis habe? Ihre Antwort jagt den Eltern Angst und Schrecken ein. „Festgenommen zu werden ist ehrenvoll“ sagt Hongyi feierlich. „Mit jeder Strafe entblößt das autoritäre System seine ganze Härte.“ Sie fährt fort mit einem Zitat von Martin Luther King: „Ich wäre der Erste, der es befürwortet, gerechten Gesetzen zu gehorchen.“ Ungerechte Gesetze gelte es zu missachten. [...]

Xifan Yang, „Die chinesische Greta“, in: DIE ZEIT Nr. 53 vom 17. Dezember 2020

Minderungspfade

Im Pariser Abkommen von 2015 haben sich die teilnehmenden Staaten gemeinsam verpflichtet, den Anstieg der globalen Temperaturen unter 2 Grad zu halten. Um dies oder sogar nur 1,5 Grad zu erreichen, müssen sie die bis 2050 erreichte Gesamtmenge der ausgestoßenen Treibhausgase begrenzen. Globale, EU-weite und nationale Klimaschutzszenarien bieten dazu verschiedene Möglichkeiten. Exemplarisch werden vier neuere Szenarien für Deutschland miteinander verglichen.

Mit dem Übereinkommen von Paris (*Paris Agreement*) wurde auf der 21. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention (COP 21) im Jahr 2015 das völkerrechtlich verbindliche, langfristige Ziel verankert, den globalen Temperaturanstieg deutlich unter 2°C zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, um den Temperaturanstieg auf 1,5°C zu begrenzen (siehe hierzu ausführlich S. 60ff.). Um dieses Ziel zu erreichen, soll in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen den vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen und dem „Abbau“ von Treibhausgasen aus der Atmosphäre durch Senken (CO₂-absorbierende natürliche Ökosysteme) erreicht werden. Dieses Gleichgewicht wird als Treibhausgas- oder Klimaneutralität bezeichnet. International wird auch von „Net-Zero“ (Netto Null) gesprochen.

Globale und nationale Treibhausgasemissionsbudgets

Im Rahmen des Pariser Klimagipfels wurde der *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) beauftragt, ein Sondergutachten über die globale Erwärmung von 1,5 Grad zu erarbeiten. Im Kapitel 2 dieses Sonderberichtes wurden auf der Basis der damaligen Emissionsniveaus und von Annahmen zu der Entwicklung zentraler Größen (z.B. Bevölkerungsentwicklung) globale Minderungspfade erarbeitet, die mit der Begrenzung der Erwärmung auf 1,5°C bzw. deutlich unter 2°C über einer vorindustriellen Basisperiode (1850–1900) vereinbar sind. Diese globalen Minderungspfade wurden auf Grundlage von „Treibhausgasemissionsbudgets“ entwickelt.

Im November 2015 findet in Paris die Weltklimakonferenz der UN, COP21, statt. Gemeinsam mit dem damaligen UN-Generalsekretär Ban Ki-moon (1. Reihe, 8. v.l.) versammeln sich die Regierungschefs und -chefinnen der Teilnehmerstaaten für die Presse zum „Familienfoto“.



Das Pariser Klimaschutz-Abkommen

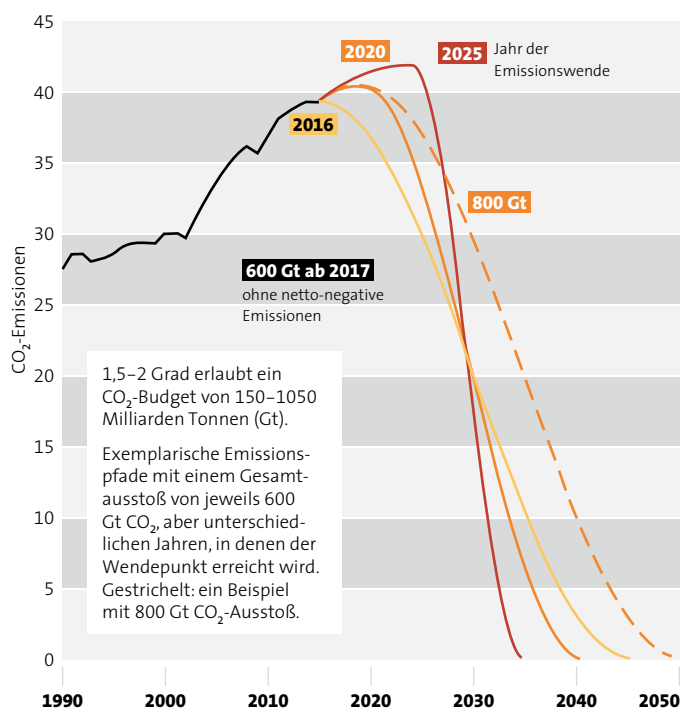
beschlossen am 12.12.2015 von den 195 Teilnehmerstaaten des UN-Klimagipfels

soll 2020 in Kraft treten
Übergeordnete Ziele
– die globale Erwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzen (eine Begrenzung auf 1,5°C ist anzustreben) – den Anstieg der globalen Treibhausgasemissionen „so bald wie möglich“ stoppen – die Fähigkeit zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels stärken
Nationale Klima-Aktionspläne
– Alle Teilnehmerstaaten legen nationale Pläne vor, wie sie die übergeordneten Ziele im Rahmen ihrer Möglichkeiten erreichen wollen. Über ihre Fortschritte müssen sie ab 2020 alle fünf Jahre Bericht erstatten.
Hilfe für Entwicklungsländer
– Die Industriestaaten unterstützen die Entwicklungsländer bei der Senkung von Emissionen, der Anpassung an den Klimawandel und der Minimierung von Verlusten und Schäden. – Zur Finanzierung wollen die Industriestaaten 2020–2025 gemeinsam jährlich 100 Mrd US-\$ bereitstellen. 2025 wird ein neuer Beitrag festgelegt.

© Bergmoser + Höller Verlag AG, Zahlenbild 665055

Exemplarische Emissionspfade

ab dem Jahr 2017



Stefan Rahmstorf, 2017, siehe Literatur

Begriff und Konzept des globalen Treibhausgasemissionsbudgets

Ein Kohlenstoffbudget (*carbon budget*) ist eine Aufstellung der Kohlenstoffflüsse von und zu einem Kohlenstoffspeicher. Dieser Budgetansatz wurde vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) im Jahr 2009 ausführlich beschrieben und ebenfalls vom IPCC in seinem Sondergutachten von 2018 angewandt. In der Atmosphäre werden CO₂-Emissionen gespeichert. Für das Ausmaß der Klimaerwärmung ist nicht die punktuelle absolute Höhe der Emissionen, sondern deren Gesamtmenge im Laufe der Zeit entscheidend. Mathematisch wird dies durch die Fläche unter der Emissionskurve zwischen zwei Zeitpunkten beschrieben.

Je nach Betrachtungszeitpunkten kann ein globales Emissionsbudget zweierlei umfassen:

- die Menge der Emissionen aus anthropogenen Quellen, die seit Beginn der Industrialisierung freigesetzt wurde;
- die Menge, die zukünftig ab einem Zeitpunkt noch freigesetzt werden darf, um mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eine globale Erwärmung über eine definierte Temperaturgrenze hinaus zu vermeiden.

Dieses somit noch verfügbare Emissionsbudget wird ermittelt, indem die kumulativen Treibhausgasemissionen mit dem Anstieg der globalen Mitteltemperatur in Beziehung gesetzt werden: Die Temperaturerhöhung ist proportional zur Gesamtmenge der emittierten Treibhausgase – steigt die Emissionsmenge steigt auch die Temperatur. Daher muss die über die Zeit emittierte (kumulierte) Gesamtmenge der Emissionen begrenzt werden, um ein bestimmtes Klimaziel zu erreichen.

Der Budgetansatz des WBGU definierte bereits im Jahr 2009 ein globales CO₂-Emissionsbudget für den Zeitraum 2010–2050 in Höhe von 600 bis 750 Gigatonnen (Gt) CO₂, um die Erderwärmung unter 2°C zu halten. Dieses globale Budget müsse anschließend als Resultat eines Verhandlungsprozesses in

ationale Emissionsbudgets aufgeteilt werden. Der WBGU konzentriert sich dabei auf die CO₂-Emissionen, da diese weitgehend bestimmen, inwieweit ein Temperaturanstieg von weniger als 2°C zu erreichen ist. Durch die hohe Lebensdauer von CO₂ in der Atmosphäre werde auf lange Sicht dessen Bedeutung im Vergleich zu anderen (kurzlebigen) Treibhausgasen und Aerosolen immer dominanter. Aus diesem Grund ergebe sich die Erwärmung in diesem Jahrhundert hauptsächlich aus der zukünftigen Gesamtmenge an CO₂-Emissionen.

Aus der Bestimmung der Obergrenze für zukünftige CO₂-Emissionen im Rahmen eines Gesamtemissionsbudgets ergibt sich aber auch, dass ein Hinauszögern des Klimaschutzes auf einen späteren Zeitpunkt dann umso tiefer greifende Maßnahmen erforderlich macht. Die Grafik „Exemplarische Emissionspfade“ verdeutlicht dies für ein ab 2017 noch verfügbares globales Gesamtbudget von 600 bzw. 800 Gt CO₂. Je später der Wendepunkt der Emissionsentwicklung erreicht wird, desto schneller muss die Emissionsreduktion erfolgen, um die Gesamtmenge nicht zu überschreiten.

Diese Grafik könnte zunächst einmal eine freie Gestaltbarkeit der Emissionsverläufe und des Zeitpunktes der „Emissionswende“ im Rahmen des Gesamtemissionsbudgets nahelegen. Dies ist aus mehreren Gründen nicht der Fall:

1. Die vom Menschen verursachte Erwärmung kann sogenannte positive Rückkopplungsprozesse auslösen. Diese sind nicht im herkömmlichen Sinn als positiv zu verstehen, sondern in diesem Fall Prozesse, die sich selbst verstärken. Ein Beispiel für einen solchen positiven Rückkopplungsprozess der Klimaerwärmung ist die Verwandlung von Kohlenstoffspeichern in Kohlenstoffquellen: Bereits heute wird eine Erwärmung von Permafrostböden beobachtet. Bei einem zukünftigen Abtauen bzw. der weiteren Wanderung der Permafrostgrenze nach Norden werden durch den Abbau von Biomasse bzw. die Freisetzung von im gefrorenen Boden gebundenen Methan hohe

zusätzliche Treibhausgasemissionen erwartet. Ein weiteres Beispiel ist die Polare Verstärkung. Eis- und Schneeflächen reflektieren circa 90 Prozent der eingestrahnten Energie zurück ins Weltall. Schmelzen die Eis- und Schneeschichten an den Polen, wird aufgrund der dunkleren Farbe der Boden- und Meeresoberfläche mehr Sonnenenergie absorbiert, was zu einer zusätzlichen Erwärmung führt.

Im Zusammenhang mit diesen Rückkopplungseffekten wird auch von Kipppunkten des Klimasystems gesprochen. Aufgrund der Rückkopplung können zusätzliche Emissionen ab einem bestimmten Zeitpunkt plötzliche und schwerwiegende Klimaänderungen auslösen. Auch mit einer deutlichen Emissionsminderung wird das Klima dann nicht unbedingt wieder in den alten Zustand zurückkehren, Änderungen könnten unumkehrbar sein. Sind bestimmte Kipppunkte des Klimasystems überschritten – beispielsweise das Schmelzen des arktischen Meereises –, reicht damit womöglich eine Begrenzung, die sich an dem Zielkorridor des Übereinkommens von Paris orientiert, nicht mehr für diese Obergrenze des Temperaturanstiegs aus. Steigen die Emissionen im Zeitverlauf zunächst noch stark an, so wird das Erreichen der Kipppunkte wahrscheinlicher.

2. Um Klimaneutralität bis zur Mitte des Jahrhunderts zu erreichen, müssen in allen Sektoren umfassende Emissionsminderungen (Dekarbonisierungsstrategien) stattfinden. Die Nutzung des globalen Budgets kann dabei nicht völlig frei erfolgen: Der Umbau emissionsintensiver Infrastrukturen und Produktionsbedingungen sowie die Änderung von Konsummustern

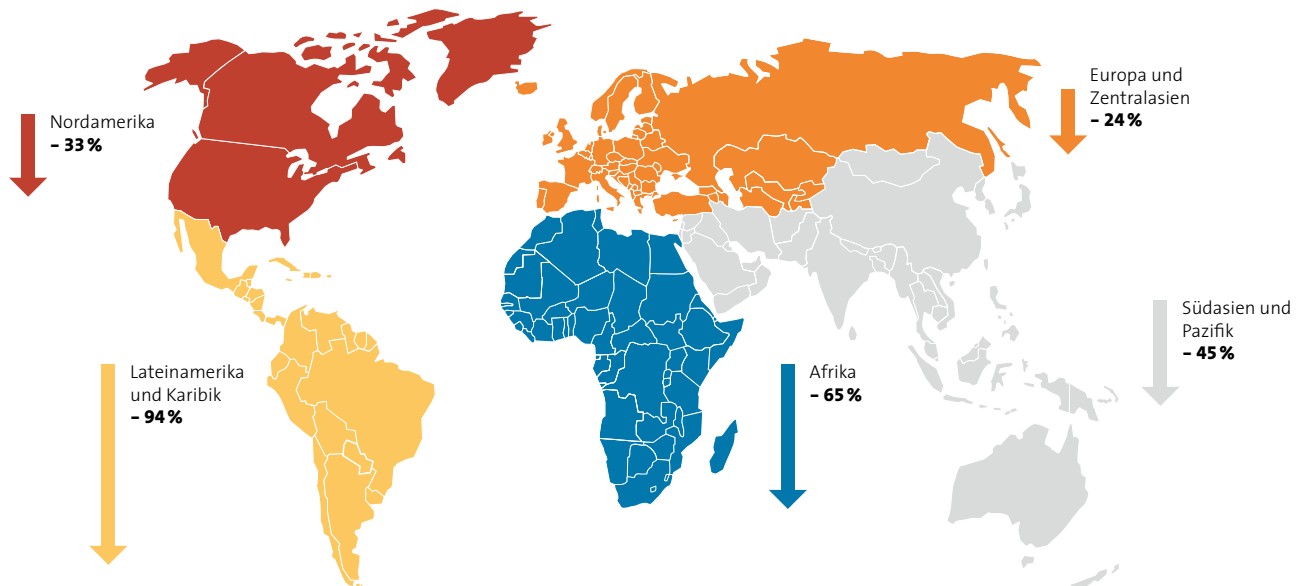
benötigen Zeit. Ein möglichst früher Beginn der Umsetzung von Maßnahmen, Programmen zur Emissionsminderung bzw. eines klimaneutralen Strukturwandels ist anzuraten. Denn je weiter sie in die Zukunft verschoben werden, umso radikaler werden Einschnitte in kurzen Zeiträumen erforderlich sein. Eventuell werden die Maßnahmen sogar gar nicht mehr umsetzbar sein oder die Kosten des Klimaschutzes so stark erhöhen, dass dieser gesellschaftlich in Frage gestellt würde.

Ist das Gesamtbudget einmal ausgeschöpft, ist also die damit verbundene Menge an Treibhausgasen ausgestoßen, bedeutet dies, dass ab diesem Zeitpunkt eine CO₂-emissionsfreie Wirtschaftsweise mit Netto-Null-Emissionen bzw. CO₂-Neutralität erreicht sein müsste. Gleichzeitig müssten bis dahin auch die anderen Treibhausgasemissionen deutlich reduziert werden. Ab diesem Zeitpunkt sind alle noch verursachten CO₂-Emissionen durch „negative Emissionen“ zu kompensieren, um das Gesamtbudget nicht zu überschreiten.

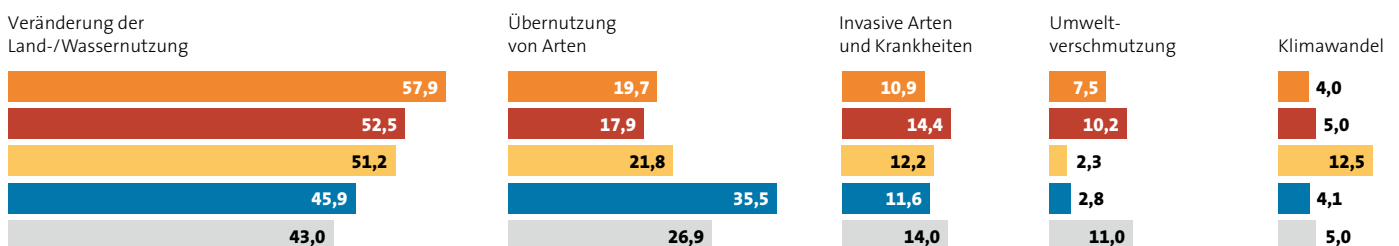
Als negative Emissionen wird eine Kohlenstoffbindung durch die gezielte Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre bezeichnet (*Carbon Dioxide Removal Technologies*, CDR). Diese Bindung kann auf mehrere Arten erreicht werden: durch die Förderung von Senken, das heißt CO₂-absorbierenden natürlichen Ökosystemen zum Beispiel durch Wiederaufforstung, oder durch die Verbindung des Einsatzes von Biomasse mit der CO₂-Abtrennung und Speicherung (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*, BECCS) oder durch *Direct Air Capture* (DAC), das heißt die direkte CO₂-Abscheidung aus der Luft.

Weniger Artenvielfalt

Zwischen 1970 und 2016 ist die Biodiversität* im Durchschnitt um so viel Prozent gesunken



Grund des Rückgangs nach Regionen, in Prozent



picture-alliance / dpa / dpa-infografik GmbH; Quelle: WWF (2020)

*Living Planet Index

Beim BECCS-Verfahren wird der Atmosphäre durch Photosynthese im Wachstum von Bäumen und Pflanzen CO₂ entzogen. Die Biomasse wird anschließend zur Erzeugung von Bioenergie verbrannt. Das dabei wieder freigesetzte CO₂ wird aufgefangen und in geologischen Formationen tief im Boden auf sehr lange Zeit gespeichert. Das Potenzial negativer Emissionen ist derzeit noch unklar und die technischen Verfahren stehen am Anfang. Ihre zukünftigen Kosten und Risiken sind unsicher, sodass auf diesem Gebiet Forschungs- und Erprobungsbedarf besteht, um deren Relevanz und Potenzial für das Erreichen von Netto-Null-Emissionen abzuschätzen.

Werden Negativ-Emissionen ohne genauere Kenntnis ihrer Potenziale in die globalen Emissionsbudgets eingerechnet, könnte dies den möglicherweise trügerischen Eindruck erwecken, dass frühzeitiges ambitioniertes Handeln nicht nötig ist, und damit das Erreichen der Klimaziele gefährden. Der IPCC schätzt, dass bei der gegenwärtigen Emissionsentwicklung die Einhaltung des 1,5°C-Zieles überhaupt nur noch mit globalen Negativemissionen möglich sei. Dies ist gleichbedeutend damit, dass das verbleibende Emissionsbudget zeitweise überschritten wird. Je höher jedoch dieser Mengen-*Overshoot* ausfällt und je länger dieser andauert, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die oben bereits beschriebenen Kippunkte im Klimasystem überschritten werden. Der IPCC weist auch auf die noch „konzeptionelle“ Natur und Unsicherheit der Kosten vieler CDR-Technologien hin und auf die mögliche Konkurrenz um Flächen beispielsweise für die Nahrungsmittelproduktion, für Biodiversität und Naturschutz sowie auf bestehende Rechte zur Landnutzung.

Wie hoch ist das mit dem Übereinkommen von Paris kompatible Treibhausgasemissionsbudget?

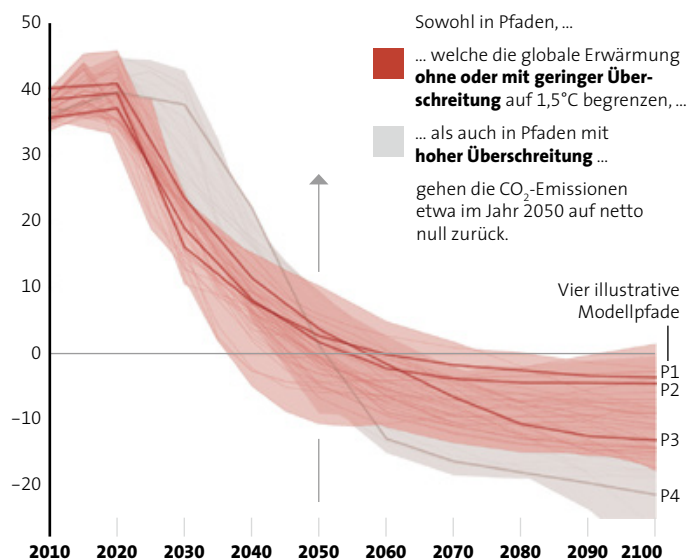
Die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2°C erfordert eine Betrachtung der gesamten globalen anthropogenen CO₂-Emissionen. Das Gesamtbudget der Treibhausgase bemisst sich aus der bereits seit dem vorindustriellen Zeitalter freigesetzten und der zukünftig verbleibenden Menge. Schätzungen des 1,5-Grad-Berichts des IPCC von 2018 zufolge haben anthropogene CO₂-Emissionen seit dem vorindustriellen Zeitalter das CO₂-Gesamtbudget für eine auf 1,5°C begrenzte Erwärmung bis Ende des Jahres 2017 bereits um ungefähr 2200 Milliarden Tonnen (Gigatonnen, Gt) CO₂ verringert. Damit verbunden war eine bereits messbare Erwärmung von circa 1°C.

Der IPCC hat das bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts verbleibende Gesamtbudget hinsichtlich der Temperaturziele von 1,5°C und 2°C Erwärmung berechnet. Um die Erwärmung auf 1,5°C zu begrenzen, steht demnach ab dem Jahr 2018 noch ein Gesamtbudget von 420 Gt CO₂ zur Verfügung. Um die Erwärmung auf 2°C zu begrenzen, beträgt das Gesamtbudget ab dem Jahr 2018 noch 1170 Gt CO₂. Die Berechnungen enthalten aber einige Unsicherheiten, die sich unter anderem aus den oben genannten möglichen Rückkopplungseffekten ergeben. Daher gibt der IPCC Wahrscheinlichkeiten an, mit denen die Einhaltung der Gesamtbudgets zu den Temperaturzielen führt. Mit den genannten Gesamtemissionsbudgets ist es zu 67 Prozent sicher, dass die Temperaturziele erreicht werden. Wird das Gesamtbudget verringert oder können die Unsicherheiten begrenzt werden, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass die jeweiligen Temperaturziele erreicht werden.

Aus den Gesamtemissionsbudgets können verschiedene globale Minderungspfade abgeleitet werden. Es gibt also nicht „den einen“ Minderungspfad, sondern verschiedene Möglichkeiten, wie die verbleibenden globalen Gesamtemissionen sich über die Zeit verteilen könnten. In der Grafik oben rechts

Gesamte globale Netto-CO₂-Emissionen

Milliarden Tonnen CO₂ / Jahr



Zeitpunkt von netto null CO₂ Die Linienbreiten bilden das 5.–95. Perzentil und das 25.–75. Perzentil der Szenarien ab.

— Pfade, welche die globale Erwärmung ohne oder mit geringer Überschreitung auf 1,5°C begrenzen
 — Pfade mit hoher Überschreitung

Pfade, welche die globale Erwärmung auf weniger als 2°C begrenzen, sind nicht dargestellt.

Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle / DLR Projektträger (Hg.): 1,5°C Globale Erwärmung. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, S. 17, siehe Literatur

werden zwei Arten von globalen Minderungspfaden veranschaulicht:

1. Pfade, bei denen die globale Erwärmung ohne oder mit geringem Überschreiten des Gesamtbudgets (*Overshoot*) auf 1,5°C begrenzt werden kann (rote Fläche).
2. Pfade mit einem höheren *Overshooting*, welches durch einen höheren Anteil negativer Emissionen ausgeglichen werden muss (graue Fläche). Mit beiden Arten von globalen Minderungspfaden können um das Jahr 2050 global netto null CO₂-Emissionen erreicht werden.

Ableitung nationaler Budgets, Ziele und Minderungspfade

Die Methoden für die Festlegung nationaler Budgets aus diesem verbleibenden Gesamtbudget sind bisher nicht international vereinbart. Im Übereinkommen von Paris (siehe S. 60 f.) ist die gemeinsame, aber differenzierte Verantwortung als Grundprinzip einer fairen Aufteilung genannt. Dieses Prinzip besagt, dass alle Länder eine gemeinsame Verantwortung für das Klima haben, bei den konkreten Klimaschutzpolitiken und -maßnahmen sowie deren Finanzierung wird aber zwischen den Ländern je nach Wohlstand, Fähigkeiten, aktuellem Emissionsniveau und historischen Emissionen unterschieden. Die nationalen Umstände sollen berücksichtigt werden.

Auf die nationalen Emissionsbudgets bezogen bedeutet dies, dass insbesondere Industrieländer stärker zum Klimaschutz beitragen sollen und ein geringeres nationales Budget bekommen als bei einer gleichmäßigen globalen Verteilung, weil sie den größten Anteil der bisherigen CO₂-Emissionen verursacht haben. Weitere Prinzipien könnten eine Berücksichtigung historischer Treibhausgasemissionen oder aber gleiche Pro-Kopf-Budgets sein. Abhängig davon ergäben sich unterschiedliche nationale Budgets. Aus den Prinzipien der historischen Verant-

wortung bzw. der gemeinsamen, aber differenzierten Verantwortung kann ein besonderer Beitrag der Industrienationen abgeleitet werden, was mit einem geringeren verbleibenden nationalen Emissionsbudget für Deutschland einherginge.

Das Übereinkommen von Paris sieht bisher vor, dass die Vertragsstaaten freiwillige Beiträge zur Emissionsreduktion beschließen und berichten (*Nationally Determined Contributions, NDCs*). Diese spiegeln zwar nationale Zielsetzungen wider, aber keine konkrete Aufteilung eines globalen Budgets auf einzelne Länder. Die NDCs sollen im Zuge eines Mechanismus zur Ambitionssteigerung nach und nach verschärft werden. Eine (faire) Aufteilung verbleibender Emissionsbudgets ist aber bisher nicht vereinbart worden.

Trotz fehlender Vereinbarungen zur Festlegung nationaler Emissionsbudgets gibt es dazu Berechnungen von nicht-staatlicher Seite. So hat der deutsche Klimaforscher Stefan Rahmstorf bereits 2019 den Mittelwert der vom IPCC berechneten Gesamtemissionsbudgets für 1,5°C und 2°C, also circa 800 Gt CO₂ ab 2018, für die Berechnung eines deutschen Emissionsbudgets zugrunde gelegt. Von diesem globalen Budget wurde ein Anteil gemäß dem Verteilungsprinzip der gleichen weltweiten Pro-Kopf-Emissionen berechnet. Das daraus resultierende Emissionsbudget für Deutschland betrüge 7,3 Gt CO₂ für den Zeitraum 2018 bis 2050. Würden die zum Zeitpunkt der Berechnung aktuellen Klimaziele Deutschlands erreicht und auch Netto-Null-Emissionen bis zum Jahr 2050 umgesetzt, würde der kumulierte Gesamtausstoß an CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2050 etwa 13 Gt CO₂ betragen. Dies wäre also fast doppelt so hoch, wie es einem deutschen Anteil auf der Basis gleicher weltweiter Pro-Kopf-Emissionen entspräche.

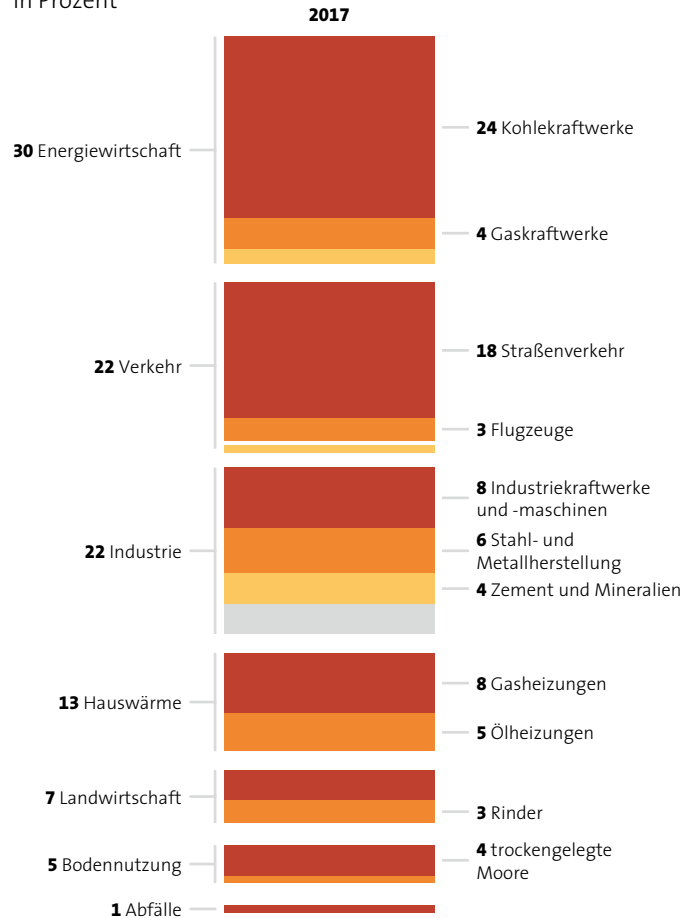
Globale Treibhausgasemissionen und Minderungsoptionen

Die anthropogenen Treibhausgasemissionen von CO₂, CH₄, N₂O, HFCs und SF₆ stammen hauptsächlich aus unserem Energieverbrauch und unseren Energiesystemen, aus der Landwirtschaft sowie aus der Verbrennung und Zerstörung von Wäldern und Mooren. Die Emissionen sind eng mit den wirtschaftlichen Kernaktivitäten, vom Wohnen über industrielle Transportaktivitäten und Abfallbehandlung, verknüpft. Mit wachsender Bevölkerung und wachsendem Wohlstand sind der Energiebedarf sowie die Treibhausgasemissionen in den letzten Jahrzehnten stetig gestiegen – mit nur geringen kurzfristigen Unterbrechungen, zum Beispiel aufgrund der Ölpreiskrise Anfang der 1970er-Jahre, der Finanz- und Wirtschaftskrise der Jahre 2008 bis 2010 und der Corona-Pandemie im Jahr 2020/21.

Da die Bereitstellung von Energie für moderne Gesellschaften hohe Investitionen in langlebige Infrastrukturen wie Stromnetze, Kraftwerke, Windparks, Kohlebergwerke, Öl- und Gasförderung sowie Öl- und Gaspipelines erfordert, gibt es weltweit viele Untersuchungen zur Zukunft des Energiesystems, die oft bis in die Mitte dieses Jahrhunderts reichen. Diese stammen von Unternehmen (zum Beispiel von Shell, BP), von Regierungen (zum Beispiel vom US-Energieministerium), internationalen Agenturen wie der Internationalen Energieagentur (*International Energy Agency, IEA*) und der Internationalen Organisation für erneuerbare Energien (*International Renewable Energy Agency, IRENA*), Nichtregierungsorganisa-

Treibhausgasquellen in Deutschland

in Prozent



Karl-Martin Hentschel / Steffen Kenzer Handbuch Klimaschutz, oekom verlag, München 2020, S. 31

tionen (*Non-governmental organization, NGO*) wie Greenpeace oder aus der akademischen Literatur.

Eine zunehmende Anzahl dieser Energieszenario-Studien befasst sich mit der Analyse und Beschreibung, wie zukünftige Energiesysteme gestaltet werden könnten, um die Treibhausgasemissionen aus dem Einsatz fossiler Brennstoffe drastisch zu reduzieren und andere Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.

Staaten auf der ganzen Welt haben sich in den letzten Jahren im Rahmen des Übereinkommens von Paris dazu verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen in Zukunft erheblich zu reduzieren (siehe oben). Wie der sogenannte *Emissions Gap Report* des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) von 2020 zeigt, reichen diese Verpflichtungen bisher aber nicht aus. Im optimistischsten Fall würden die Staaten damit bis zum Jahr 2030 etwa eine Stabilisierung der Emissionen auf heutigem Niveau erreichen.

Es ist ersichtlich, dass in den wichtigsten Sektoren Verkehr, Industrie und Gebäude zwei Faktoren die Treibhausgasemissionen dominieren: der Energiebedarf und der Anteil kohlenstoffarmer Energieträger. Mit sinkendem Energiebedarf und höheren Anteilen an kohlenstoffarmer Energie (das heißt typischerweise erneuerbare Energien) können die Treibhausgasemissionen reduziert werden, ohne das Niveau an Energiedienstleistungen zu senken.

Die einzelnen Sektoren weisen jedoch signifikant unterschiedliche Minderungspfade auf. In den Bereichen Verkehr und Gebäude sehen die Minderungsszenarien einen starken



Verkehr, Gebäude und Industrie und die Entwicklung ihrer Treibhausgasemissionen sind Interessenschwerpunkte unterschiedlicher Minderungsszenarien. Stau auf der A81 zwischen Stuttgart und Heilbronn 2021, Anlieferung von Frischbeton auf eine Baustelle 2020 und Werksgelände des Chemieparks Marl in Nordrhein-Westfalen 2020

Anstieg der Energieeffizienz vor. Dieser kompensiert einen Anstieg der Nachfrage nach Energiedienstleistungen, sodass der Endenergieverbrauch in diesen Sektoren weltweit in etwa stabil bleibt. In der Industrie wächst der Endenergiebedarf in den Minderungsszenarien jedoch nur geringfügig langsamer als in den Basisszenarien. Im Mittel tragen CO₂-arme Energien in den Minderungsszenarien im Jahr 2050 zu mehr als 50 Prozent des Energiebedarfs in Gebäuden und in der Industrie bei und zu etwas weniger im Verkehr. Der Strombedarf wächst dagegen sowohl in den Basis- als auch in den Minderungsszenarien stark an. Gleichzeitig wird der Strom in den Minderungsszenarien zu fast 100 Prozent aus kohlenstoffarmer Energie, das heißt vornehmlich aus erneuerbaren Energien, hergestellt. Es wird also in der Zukunft immer mehr CO₂-arme Elektrizität in Verkehr, Industrie und Gebäuden eingesetzt, um diese Sektoren indirekt mit CO₂-armer Energie zu versorgen.

Die oben diskutierten Klimaschutzszenarien gehen von einer massiven Veränderung der Investitionen gegenüber der Vergangenheit und auch gegenüber einer „Business-as-usual“-Zukunft aus.

Der IPCC hat in seinem fünften Sachstandsbericht von 2014 dazu für verschiedene Szenarien vergangene mit zukünftigen Investitionen in verschiedenen Segmenten des globalen Energiesystems verglichen. Das zentrale Ergebnis des Vergleichs war, dass die für den Klimaschutz erforderlichen Änderungen im Energiesystem nicht zu wesentlich größeren Investitionsvolumina im globalen Energiesystem führen würden. Die

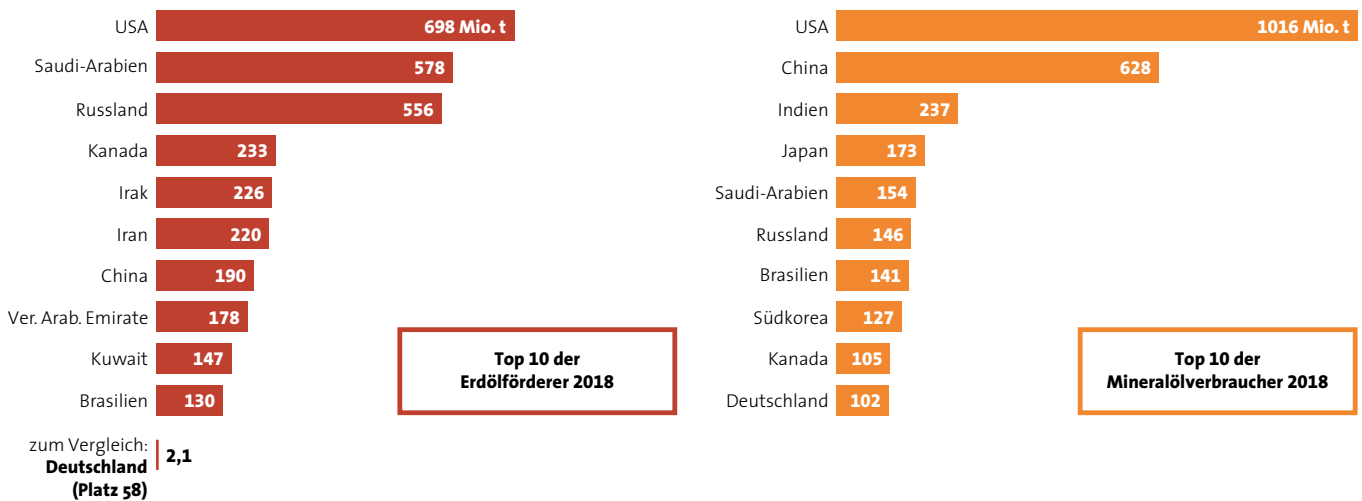
extremsten Szenarien erwarten einen Anstieg der Investitionen um weniger als ein Drittel gegenüber dem historischen Niveau. Allerdings bestehen hier große Unsicherheiten und es ist denkbar, dass der Anstieg auch erheblich kleiner ausfallen könnte.

Allerdings werden sich die Investitionsströme stark verschieben. Die Investitionen in das bislang größte Emissionssegment, die Gewinnung und Umwandlung fossiler Brennstoffe, werden in Klimaschutzszenarien um bis zu zwei Drittel reduziert. Investitionen in die fossile Stromerzeugung ohne nachgeschaltete Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS) werden in allen Klimaschutzszenarien sehr rasch vollständig eingestellt. Stattdessen verdoppeln sich die Investitionen in erneuerbare Energien, Energieeffizienz und andere Optionen zur CO₂-armen Erzeugung gegenüber den Basisszenarien, und die Investitionen in das Elektrizitätssystem werden erheblich erhöht.

Wenn man bedenkt, dass diese Änderungen bereits kurzfristig beginnen müssen, werden die Dimensionen der Herausforderung klar. Der massive Rückgang der Investitionen in fossile Brennstoffe stellt solche Regionen und Unternehmen vor große Herausforderungen, die gegenwärtig noch von der Gewinnung und Umwandlung dieser Brennstoffe leben. Diese reichen von traditionellen Kohleregionen in vielen Staaten weltweit über die großen Öl- und Gasproduktionsländer, deren Volkswirtschaften häufig ganz wesentlich von den Einnahmen des Verkaufs ihrer fossilen Ressourcen abhängen, bis zu den

Ölmarkt weltweit

Angaben in Millionen Tonnen



picture-alliance / dpa / dpa-infografik GmbH; Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2020)

großen Mineralölkonzernen, die zunehmend unter Druck geraten, ihre Geschäftsmodelle komplett umzubauen.

Der internationale Seehandel, Hafen- und Logistikunternehmen sind ebenfalls betroffen, da der Seehandel heute zur Hälfte aus fossilen Brennstoffen wie Öl, Kohle und Erdgas besteht (gemessen in Tonnen Handelsvolumen).

Andererseits stellt der Ausbau der globalen erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz sowie der Investitionen in Elektrizitätssysteme auch Regierungen und Investoren vor große Herausforderungen. Den gegenwärtigen Märkten gelingt es immer noch nicht, angemessene Bedingungen zu schaffen, um diese Investitionen in erforderlichem Ausmaß rentabel zu machen. Dies bedeutet, dass ein großer (aber rückläufiger) Anteil der erforderlichen Investitionen stark von öffentlicher Unterstützung abhängt.

Insbesondere die von der Umstellung des Energiesystems betroffenen Regionen und Sektoren verfügen in der Regel über gut etablierte Akteure. Für sie sind die fossilen Vermögenswerte ein wichtiger Teil ihrer (wirtschaftlichen) Macht, sie werden sich daher solchen Szenarien höchstwahrscheinlich nicht leicht an-

schließen können. Die harten Diskussionen um das Auslaufen der Kohleverstromung in vielen Ländern liefern hierfür aussagekräftige Beispiele, sind jedoch nur die Spitze des Eisbergs, wenn es um die Umsetzung von Klimaschutzszenarien geht. Andererseits ist es äußerst schwierig, die wirtschaftlichen Aktivitäten bei Investitionen in saubere Energie praktisch über Nacht zu verdoppeln. Hier werden die Staaten künftig eine deutlich aktivere Rolle spielen müssen, um gemeinsam mit der Wirtschaft Investitionen zu initiieren, die hoch genug sind, um die Ziele des Pariser Abkommens zu erreichen.

Die möglichen wirtschaftlichen Schäden des Klimawandels sind jedoch viel größer als die oben dargestellten Veränderungen bei den Investitionen in Energiesysteme. Verluste bei landwirtschaftlichen Erträgen, höhere Kosten bei der Wasserversorgung und Schäden durch klimabedingte Wetterereignisse wie stärkere Stürme, Überschwemmungen oder Trockenheit werden vermutlich stark zunehmen. Neuere Studien befürchten, dass diese Schäden bei ungebremstem Klimawandel eine Größenordnung von 20 bis 25 Prozent der globalen Wirtschaftsleistung kosten könnten.



Klimaschutzszenarien für Deutschland

Die Erstellung bzw. Auswertung von Szenarien gilt als wichtige Methode der Zukunftsvorausschau und als nützliches Hilfsmittel der Politikgestaltung. Während Prognosen Auskunft über die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung geben – wie beispielsweise für das Wetter – beschreiben Szenarien die mögliche Veränderung eines Systems unter bestimmten Annahmen für wesentliche Einflussgrößen und deren zukünftigen Verlauf. Nicht zuletzt für energie- und klimapolitische Entscheidungen wird heute auf Szenario-Analysen zurückgegriffen. Solche Energie- und Klimaschutzszenarien haben in Deutschland eine lange Tradition und werden regelmäßig von verschiedenen Bundesministerien, aber auch von anderen Institutionen wie Umweltschutzorganisationen oder Industrieverbänden in Auftrag gegeben. Im Folgenden werden vier seit 2018 erschienene Szenarien für Deutschland miteinander verglichen, die (weitgehende) Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 beschreiben. Ähnlich ambitionierte Klimaschutzszenarien liegen u.a. für die EU (Europäische Kommission 2018) sowie für die gesamte Welt (IEA 2021) vor.

Überblick über die ausgewählten Szenarien

Für die Betrachtung von Klimaschutzszenarien für Deutschland wurden hier aus vier Studien vier Klimaschutzszenarien ausgewählt, die Wege zur Minderung der deutschen Treibhausgasemissionen um mindestens 95 Prozent bis zum Jahr 2050 (gegenüber 1990) beschreiben. Alle vier Szenarien zeigen mögliche Wege auf, wie die Treibhausgasemissionen Deutschlands in Einklang mit den von der Bundesregierung bis zum Frühjahr 2021 verfolgten Klimaschutzzielen bis 2050 weitgehend reduziert werden können. Bei der Entwicklung ihrer Szenarien setzen die vier Studien jedoch teilweise abweichende Schwerpunkte:

- Die Studie „Klimapfade für Deutschland“ im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI) möchte vor allem „volkswirtschaftlich kosteneffiziente Wege“ aufzeigen. Aus dieser Studie wird im Folgenden das Szenario „95 %-Pfad“ betrachtet.
- Die dena-Leitstudie „Integrierte Energiewende“ der Deutschen Energieagentur (dena), die in Zusammenarbeit mit mehreren Unternehmen insbesondere der Energiebranche erarbeitet wurde, zielt darauf ab, „aus heutiger Sicht realistische Transformationspfade“ darzustellen, legt also einen stärkeren Schwerpunkt auf das Kriterium der gesellschaftli-

Übersicht der analysierten Szenarien und deren Treibhausgaseminderungen bis 2030 und 2050

Titel der Studie	Auftraggeber	Jahr	Szenario	Änderung der Treibhausgasemissionen (vs. 1990)	
				2030	2050
Klimapfade für Deutschland	BDI	2018	95 %-Pfad	-57 %	-95 %
dena-Leitstudie Integrierte Energiewende	dena	2018	TM95	-55 %	-95 %
Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität	UBA	2019	Green-Supreme	-69 %	-97 % (-99 % bis 104 %)*
Klimaneutrales Deutschland	Agora Energiewende et al.	2020	KN2050	-65 %	-95 % (-100 %)*

*Die Änderungen in Klammern beziehen sich auf die Netto-Treibhausgasemissionen der Szenarien. In den beiden entsprechenden Szenarien werden explizit technische bzw. natürliche Maßnahmen zur Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre besprochen und quantifiziert, die innerhalb Deutschlands umgesetzt werden könnten, um die bis 2050 noch auftretenden Restemissionen an Treibhausgasen zu kompensieren.

Eigene Darstellung

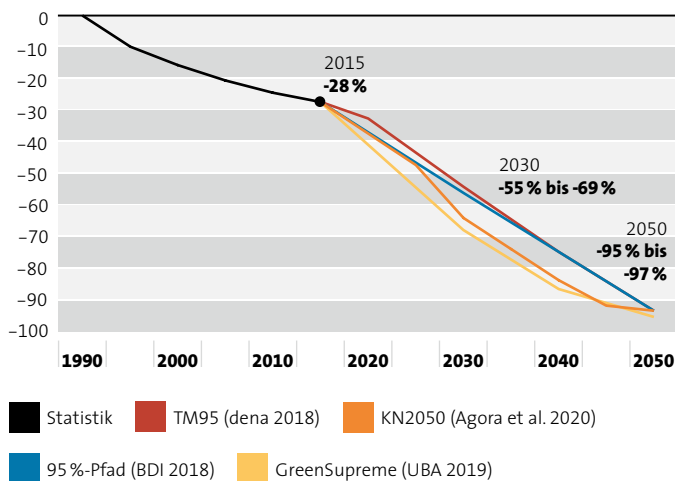
chen und politischen Umsetzbarkeit. Aus dieser Studie wird im Folgenden das Szenario „TM95“ betrachtet.

- Die Studie „Klimaneutrales Deutschland“ im Auftrag der *Think Tanks* Agora Energiewende, Agora Verkehrswende sowie der Stiftung Klimaneutralität nennt sowohl Kosteneffizienz als auch Umsetzbarkeit als zentrale Kriterien. Das im Folgenden betrachtete Szenario „Klimaneutral 2050“ (KN2050) stellt nach Einschätzung der Autorinnen und Autoren einen „aus Kostensicht und unter Berücksichtigung der Umsetzbarkeit optimierten Weg dar“.
- Die Szenarien der Studie „Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität“ des Umweltbundesamtes (UBA) möchten hingegen aufzeigen, wie ambitionierter Klimaschutz mit dem Ziel des Ressourcenschutzes verbunden werden kann. Aus dieser Studie wird im Folgenden das Szenario „GreenSupreme“ betrachtet.

Regionen und Unternehmen, die von Gewinnung, Umwandlung und Transport fossiler Brennstoffe abhängen, geraten durch Kritik und den Rückgang der Nachfrage nach diesen Energieformen unter Druck. Schaufelradbagger im Braunkohle-Tagebau Garzweiler II in Jüchen, NRW, 2021 (li.); Protest von Extinction Rebellion im Mai 2021 in London gegen das Sponsoring einer Klimawandel-Ausstellung durch den Ölproduzenten Shell (Mi.); Umschlagplatz für Rohöl und Ölprodukte im Hafen Taman in der russischen Region Krasnodar 2021



Änderung der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 in Prozent



Eigene Darstellung; Quellen: Umweltbundesamt 2020 und zitierte Szenariostudien, siehe Literatur

Während alle vier betrachteten Szenarien im Jahr 2050 ähnliche Treibhausgasemissionen aufweisen, unterscheiden sich die Szenarien in der Geschwindigkeit des Emissionsrückgangs. So werden bis 2030 in den Szenarien *GreenSupreme* und *KN2050* stärkere Emissionsrückgänge beschrieben als in den Szenarien 95 %-Pfad und *TM95*. Folglich sind auch die gesamten Emissionen im Zeitraum von 2020 bis 2050 (die sogenannten kumulativen Emissionen), die letztlich für die Auswirkungen auf das Klima entscheidend sind, in den beiden erstgenannten Szenarien niedriger als in den beiden letztgenannten Szenarien.

In den Szenarien *GreenSupreme* und *KN2050* wird zudem aufgezeigt, wie die Netto-Emissionen bis 2050 durch sogenannte negative Emissionen auf etwa null reduziert werden könnten. Solche negativen Emissionen können über die Stär-

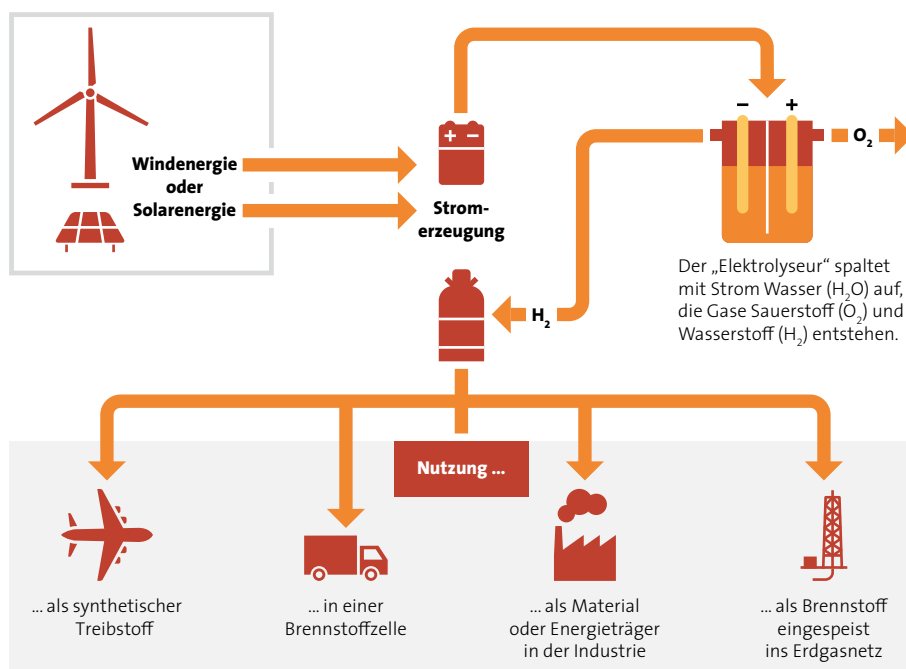
kung natürlicher Senken (u. a. durch eine nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes sowie eine Wiedervernässung von Mooren) oder auch durch technische Maßnahmen (u. a. die Abscheidung und unterirdische Speicherung von CO₂ aus Biomasse) realisiert werden. Durch negative Emissionen können die Szenarien trotz einer gewissen Menge an – als unvermeidbar angesehener – Restemissionen das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 erreichen.

Entwicklungen in den Endenergiesektoren

In allen hier betrachteten Klimaschutzszenarien sinkt die Menge an Endenergie in den kommenden Jahrzehnten deutlich. Als Endenergie wird dabei die Energie bezeichnet, die direkt (zum Beispiel in Form von Strom, Erdgas, Benzin oder Fernwärme) in den Gebäuden, im Verkehr und in der Industrie verwendet wird. In drei der Szenarien liegt der Rückgang des Endenergiebedarfs bis zum Jahr 2050 gegenüber dem tatsächlichen Bedarf des Jahres 2019 bei 37 Prozent, im Szenario *GreenSupreme* sogar bei 58 Prozent. Der wesentliche Grund für den Rückgang in allen Szenarien sind angenommene Steigerungen der Energieeffizienz, die sich gegenüber den in der Vergangenheit realisierten Steigerungen beschleunigen müssten. So werden zum Beispiel in den Szenarien in Zukunft jedes Jahr deutlich mehr bestehende Gebäude energetisch saniert als in der Vergangenheit. Zudem sorgt im Verkehr der in den Szenarien angenommene verstärkte Umstieg auf Elektroautos für bedeutende Energieeinsparungen, da Elektromotoren deutlich effizienter sind als Verbrennungsmotoren.

Lebensstiländerungen: Insbesondere im Szenario *GreenSupreme* werden zudem weitgehende Lebensstiländerungen angenommen, die ebenfalls einen Rückgang des Energiebedarfs zur Folge haben. So wird beispielsweise dort angenommen, dass bis 2050 die in den vergangenen Jahrzehnten zu beobachtenden Trends einer wachsenden Pro-Kopf-Wohnfläche sowie einer steigenden Verkehrsleistung sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr gestoppt und umgekehrt werden kön-

Vom Ökostrom zum Grüngas



© ZEIT-Grafik Neele Jacobi; Quelle: Internationale Energieagentur IEA; *The Future of Hydrogen*-Report (2019)

nen. Durch den Rückgang der Pro-Kopf-Wohnfläche wird der Heizenergiebedarf der Gebäude reduziert, während eine abnehmende Verkehrsleistung den Bedarf an Kraftstoffen bzw. (angesichts zunehmender Elektromobilität) Strom senkt. Infolge solcher Lebensstiländerungen wird es leichter, den dann niedrigeren Energiebedarf vollständig über klimaneutrale Energieträger zu decken.

Elektrifizierung: Die Änderungen in der Zusammensetzung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern ist unter anderem das Ergebnis der sogenannten Elektrifizierungsstrategie. Bei dieser Strategie werden in verschiedenen Bereichen fossile Energieträger durch den Einsatz von Strom ersetzt. Beispiele sind hierfür Elektroautos, elektrisch betriebene Wärmepumpen zum Heizen sowie der Einsatz von Elektrodenkesseln zur Erzeugung von Wärme und Dampf für industrielle Prozesse. Sofern – wie in den Szenarien unterstellt – die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien weiter und in schnellerem Maße gesteigert werden kann, können über eine solche Elektrifizierungsstrategie die CO₂-Emissionen im Energiesystem reduziert werden. Der Anteil von Strom am gesamten Endenergiever-

brauch steigt folglich in den Szenarien deutlich an, von 20 Prozent im Jahr 2019 auf 35 (TM95) bis 55 Prozent (*GreenSupreme*) im Jahr 2050.

Synthetische Energieträger: Allerdings gibt es bestimmte Anwendungen, in denen der Ersatz fossiler Energieträger durch Strom nicht praktikabel oder technisch unmöglich ist. Beispiele hierfür sind die Primärstahlerzeugung sowie Mittel- und Langstreckenflüge. In diesen Fällen kann dennoch indirekt Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommen, indem dieser Strom per Elektrolyse in Wasserstoff und ggf. in einem weiteren Schritt zu kohlenstoffhaltigen synthetischen Energieträgern umgewandelt wird, zum Beispiel in synthetisches Kerosin für Flugzeuge. Diese sogenannten *Power-to-X-Energieträger*, also gasförmige oder flüssige Energieträger, die auf Grundlage von Strom erzeugt wurden und neben Wasserstoff auch kohlenstoffhaltige synthetische Energieträger umfassen, spielen in den hier betrachteten Szenarien ebenfalls eine wichtige Rolle.

Kohlenstoffhaltige synthetische Energieträger ähneln dabei den derzeit eingesetzten fossilen Energieträgern und können diese daher leicht ersetzen. So ist der Transport synthetischer

Wasserstoff als Rettung vor dem Klimawandel?

[...] Wenn weniger Kohlendioxid (CO₂) in die Atmosphäre gelangen soll, müssen weniger Kohle, Erdöl und Erdgas verbrannt werden. Nicht immer kann Strom aus Wind, Sonne oder Biomasse fossile Brennstoffe so direkt ersetzen, wie wenn ein E-Auto mit Strom statt mit Sprit fährt. Hier kommt Wasserstoff ins Spiel. Die technischen Details sind eher etwas für Chemie-Interessierte: Wasserstoff entsteht zum Beispiel durch Elektrolyse von Wasser, das in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird. Dafür braucht es elektrische Spannung, also Strom. Wasserstoff kann Brennstoffzellen betreiben, etwa für Lastwagen. Aus Wasserstoff können gasförmige und flüssige Kraft- und Brennstoffe gemacht werden. Man spricht dabei oft von *Power-to-X*: Aus Strom, Power, entsteht etwas anderes, X. Und er speichert Energie, was wichtig ist, wenn der Strom komplett aus Erneuerbaren kommen soll.

Je nachdem, aus was Wasserstoff gewonnen wird und woher der Strom kommt, gibt es unterschiedliche Namen: Grüner Wasserstoff entsteht mit erneuerbaren Energien aus Wasser und ist der Liebling der Klimaschützer. Grauer Wasserstoff dagegen wird aus fossiler Energie hergestellt, etwa aus Erdgas. Als blau wird Wasserstoff bezeichnet, wenn das CO₂ gespeichert wird, also nicht in die Atmosphäre gelangt. Die Methoden dafür sind umstritten. Türkiser Wasserstoff wird aus Methan gewonnen.

Der Bund hat schon viele Hundert Millionen Euro in die Forschung zum Wasserstoff gesteckt, weitere, milliarden schwere Förderprogramme laufen. Im Corona-Konjunkturpaket sind weitere sieben Milliarden Euro für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien vorgesehen und zwei Milliarden für internationale Partnerschaften. Denn es wird längerfristig so viel Wasserstoff gebraucht, dass Deutschland den nicht alleine produzieren kann. Bis 2030 sollen in Deutschland Erzeugungsanlagen von bis zu fünf Gigawatt Gesamtleistung entstehen. Diese sollen ein Siebtel des erwarteten Bedarfs herstellen. Der Rest muss importiert werden. Die SPD wollte doppelt so viel Kapazität.

Umstritten war auch, welche Rolle nicht-grüner Wasserstoff spielen soll. In der Strategie heißt es nun, dass nur grüner Wasserstoff „auf Dauer nachhaltig“ sei – aber auf dem weltweiten und europäischen Markt auch blauer oder türkiser Wasserstoff gehandelt werde, der daher auch in Deutschland „eine Rolle spielen und, wenn verfügbar, auch übergangsweise genutzt“ werde. Ziel ist es, neben der Förderung von Investitionen auch einen Markt für Wasserstoff zu schaffen, damit Unternehmen überhaupt im großen Stil auf Wasserstoff-Produktion setzen.

Denn bisher ist oft die Rede von einem „Henne-Ei-Problem“: Es ist nicht genug Wasserstoff da, um Anwendungen voranzubringen – und es gibt nicht genug Anwendungen, um in die Produktion einzusteigen. Im Gespräch ist unter anderem eine Quote für Kerosin, also Flugzeug-Treibstoff, in Höhe von mindestens zwei Prozent für das Jahr 2030, oder eine Quote für klimafreundlichen Stahl. Beschlossen ist das aber nicht. Die Produktion von grünem Wasserstoff soll zudem über eine Befreiung von der Ökostrom-Umlage gefördert werden, die Bürger mit der Stromrechnung zahlen.

Klar ist, dass etwa die Stahl-, Chemie- und Zementbranche ihn braucht, um CO₂-Emissionen zu drücken. Auch „Teile des Wärmemarkts“ hat die Regierung „im Blick“, wie es in der Strategie heißt. Und wie sieht es beim „Klimaschutz-Sorgenkind“ Verkehr aus? „Sowohl im Luft- als auch im Seeverkehr sind für die Dekarbonisierung klimaneutrale synthetische Kraftstoffe erforderlich“, heißt es in der Strategie. Das bezweifelt keiner, auch Brennstoffzellen in Bussen, Zügen und Lkw sind ziemlich unstrittig. Der Satz „Auch in bestimmten Bereichen bei PKWs kann der Einsatz von Wasserstoff eine Alternative sein“, kommt dagegen bei Umweltschützern eher schlecht an: Sie werfen der Branche vor, nicht auf batterieelektrische Fahrzeuge umsteigen zu wollen, in denen Strom effizienter genutzt wird als über den Wasserstoff-Umweg.

Teresa Dapp (dpa), „Allzweckwaffe für den Klimaschutz?“ in: Bonner General-Anzeiger vom 11. Juni 2020

Energieträger per Schiff beispielsweise wesentlich einfacher und günstiger als der von Wasserstoff. Durch die verschiedenen notwendigen Umwandlungsschritte ist die Herstellung synthetischer Energieträger jedoch mit erheblichen energetischen Verlusten verbunden. Zudem wird für die Herstellung synthetischer Energieträger CO_2 benötigt, das bei der Verbrennung der Energieträger wieder freigesetzt wird. Folglich sind synthetische Energieträger nur dann CO_2 -neutral, wenn dieses CO_2 nicht aus fossilen Quellen stammt, sondern entweder aus (nachhaltig erzeugter) Biomasse oder über spezielle und energieintensive Anlagen direkt aus der Atmosphäre gewonnen wird (*Direct Air Capture*).

Aufgrund der erheblichen energetischen Umwandlungsverluste bei der Produktion synthetischer Energieträger wird daher vielfach argumentiert, dass eine direkte Elektrifizierung gegenüber dem Einsatz synthetischer Energieträger zu bevorzugen ist. Durch eine Minimierung des Einsatzes synthetischer Energieträger kann der ohnehin erwartete starke Anstieg des Bedarfs an erneuerbar erzeugtem Strom begrenzt werden. Beispielsweise liegt der Strombedarf für die Fahrt einer bestimmten Strecke mit einem Elektroauto um ein Vielfaches niedriger als der (indirekte) Strombedarf, der für die gleiche Strecke mit einem Auto benötigt wird, das über synthetischen Kraftstoff angetrieben wird.

In einigen der betrachteten Szenarien (zum Beispiel in KN2050) wird daher auch soweit wie möglich auf eine direkte Elektrifizierung (z.B. Elektroautos und Wärmepumpen) und – falls dies nicht praktikabel ist – zunächst auf einen Einsatz von Wasserstoff (z.B. Primärstahlerzeugung per Wasserstoff statt per synthetischem Gas) gesetzt. Andere Szenarien (zum Beispiel TM95) nehmen hingegen einen stärkeren Einsatz synthetischer Energieträger an und begründen dies damit, dass sie (gegenüber Wasserstoff) leichter importiert und leichter in bestehenden Anwendungen genutzt werden können.

Biomasse: Der direkte Einsatz erneuerbarer Energien in den Endenergiesektoren steigt in den meisten der betrachteten Szenarien ebenfalls an. Neben dem Einsatz von Biomasse fällt hierunter insbesondere die Nutzung von Umweltwärme (beim Einsatz von Wärmepumpen) sowie von Solarthermie. Das inländisch verfügbare nachhaltige Potenzial für die energetische Nutzung von Biomasse wird dabei unterschiedlich eingeschätzt. Während in den Szenarien 95%-Pfad, TM95 und KN2050 unterstellt wird, dass die energetische Nutzung von Biomasse gegenüber dem gegenwärtigen Niveau noch (moderat) gesteigert werden kann, nimmt der Biomasseinsatz im Szenario *GreenSupreme* ab. Dies liegt daran, dass das Umweltbundesamt den Anbau von Biomasse zur Energiegewinnung sowie die Nutzung von Waldrestholz aus Gründen der Nachhaltigkeit ablehnt. Im Szenario *GreenSupreme* erfolgt bis zum Jahr 2030 folglich ein Ausstieg aus der Anbaubiomasse. Die Verwendung der Biomasse erfolgt in den Szenarien 95%-Pfad sowie KN2050 zukünftig verstärkt in der Industrie, insbesondere zur Wärme- und Dampfbereitstellung. Im Szenario TM95 wird die verfügbare Biomasse hingegen in stärkerem Maße im Verkehr und im Gebäudesektor eingesetzt.

Recycling: Neben der Senkung des Energiebedarfs durch Effizienzsteigerungen und Lebensstiländerungen sowie dem Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger (bzw. auf Energieträger, die auf erneuerbaren Energien basieren) gibt es zwei weitere wichtige Strategien, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Zum einen kann eine deutliche Stärkung der Kreislaufwirtschaft, also insbesondere eine Steigerung der Recyclingraten, die energie- und emissionsintensive Primär-

erzeugung von Grundstoffen wie Stahl oder Grundstoffchemikalien reduzieren. Entsprechende Steigerungen der Recyclingraten werden in allen Szenarien angenommen, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß.

Abscheidung und Lagerung von CO_2 : Zudem wird in drei der vier betrachteten Szenarien (in 95%-Pfad, TM95 und KN2050) eine Abscheidung und Lagerung von CO_2 (*Carbon Capture and Storage*, CCS) aus industriellen Prozessen angenommen. Der Einsatz von CCS wird vielfach vor allem für sogenanntes prozessbedingtes CO_2 als notwendig angesehen. Dieses prozessbedingte CO_2 kann nicht durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermieden werden, sondern fällt bei der chemischen Umwandlung benötigter Ausgangsmaterialien an. In einigen Fällen ist es zwar möglich, die prozessbedingten Emissionen durch den Einsatz neuartiger Prozesse zu vermeiden, wie bei der Umstellung der kohlebasierten Primärstahlproduktion in



Die Anfang 2021 in Betrieb genommene Biogasanlage Gordemitz in Sachsen kann künftig bis zu 4000 Haushalte mit biologisch produziertem Gas versorgen.

Klimaschutz auf dem Teller

Treibhausgasemissionen verschiedener Ernährungsweisen, in Kilogramm Kohlenstoffdioxidäquivalenten* pro Person und Jahr

aktuelle Ernährungsweise in Deutschland



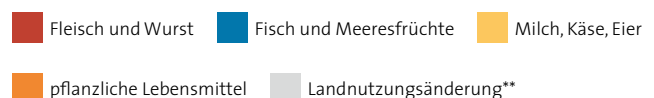
flexitarisch (max. 470 Gramm Fleisch/Woche)



vegetarisch (kein Fleisch)



vegan (rein pflanzenbasiert)



* alle Treibhausgase neben Kohlenstoffdioxid wurden in die entsprechende Menge CO_2 umgerechnet (Abkürzung: CO_2 -eq)

** Emissionen durch die Umwandlung von natürlichen Lebensräumen in landwirtschaftliche Fläche

picture-alliance / dpa / dpa Grafik / dpa-infografik GmbH; Quelle: WWF

Hochöfen auf eine wasserstoffbasierte Herstellung in Direktreduktionsanlagen. Sofern aber solche alternativen Prozesse nicht existieren bzw. nicht in ausreichendem Maße umgesetzt werden können, wird für das „unvermeidbare“ prozessbedingte CO₂ vielfach der Einsatz von CCS vorgeschlagen, um tatsächlich Klimaneutralität erreichen zu können.

Insbesondere für die Vermeidung der CO₂-Emissionen der Zementherstellung könnte CCS zukünftig zum Einsatz kommen. Bei der Herstellung von Zement fällt beim Brennen von Kalkstein – einem wesentlichen Bestandteil von Zement – unvermeidlich CO₂ an. In den Szenarien 95 %-Pfad, TM95 und KN2050 wird bis zum Jahr 2050 ein Großteil dieses CO₂ abgeschieden und zu unterirdischen Speichern (zum Beispiel in leergeförderte Erdgasfelder unter der Nordsee) transportiert. Das Umweltbundesamt sieht CCS aus Gründen der Nachhaltigkeit allerdings kritisch, unter anderem weil es bei der Speicherung von CO₂ Leckagen für möglich hält, die zu Risiken für Grundwasser und Böden führen könnten. Daher wird im Szenario *GreenSupreme* nicht auf diese Strategie zurückgegriffen. Dafür werden in diesem Szenario vergleichsweise optimistische Annahmen zur Reduktion des Zementbedarfs, zur Möglichkeit des Recyclings von Beton sowie zur Entwicklung neuer CO₂-armer Zemente bzw. zementähnlicher Baustoffe getroffen.

Umstellung der Energiebereitstellung auf erneuerbare Energien

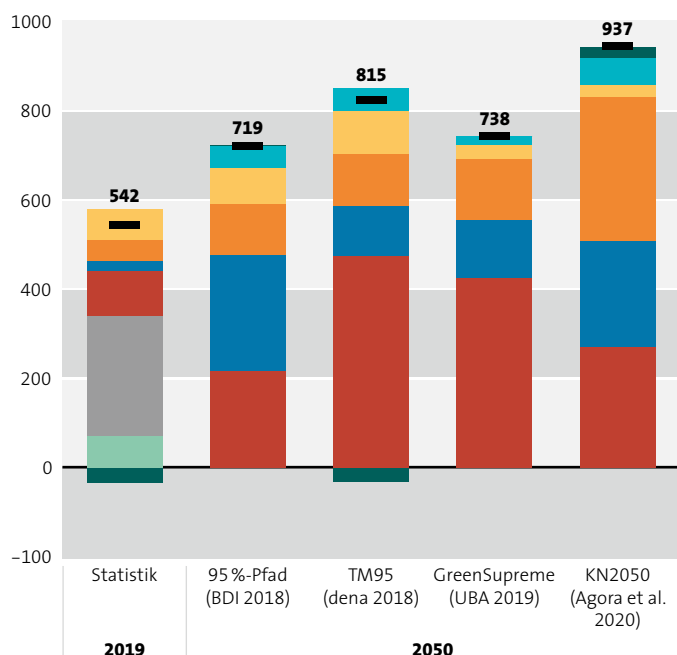
Eine zentrale Voraussetzung für ambitionierten Klimaschutz ist ein beschleunigter Ausbau erneuerbarer Energien in der Strom- und Wärmeerzeugung. Im Jahr 2050 basiert die Stromerzeugung in allen vier betrachteten Klimaschutzszenarien vollständig auf erneuerbaren Energien, gegenüber einem Anteil von rund 45 Prozent im Jahr 2020.

Dabei wird die Stromerzeugung aus Windenergie (an Land und auf dem Meer) und Solarenergie (Photovoltaik) den Szenarien zufolge klar dominieren, rund 85 bis 90 Prozent des 2050 erzeugten Stroms wird den Szenarien zufolge aus diesen Quellen stammen. Geringere Beiträge zur Stromerzeugung liefern zusätzlich Wasserkraft, Biomasse, Geothermie sowie *Power-to-X*-Energieträger. Letztere werden in den Szenarien im Jahr 2050 insbesondere in solchen Stunden eingesetzt, in denen die Erzeugung aus Wind- und Photovoltaik-Anlagen unzureichend ist.

Die starke Fokussierung der Szenarien auf die Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie liegt zum einen daran, dass bei diesen erneuerbaren Energieträgern in Deutschland die größten Potenziale für eine zusätzliche Nutzung gesehen werden. Zum anderen ist infolge deutlicher Kostenrückgänge während der vergangenen rund zwei Jahrzehnte die Stromerzeugung aus diesen Anlagen mittlerweile sehr günstig möglich.

Neben der Dominanz von Wind- und Solarenergie in der zukünftigen Stromerzeugung der betrachteten Szenarien fällt auf, dass alle vier Szenarien einen deutlichen Anstieg des zukünftigen Strombedarfs beschreiben – je nach Szenario um rund 30 bis 70 Prozent zwischen 2019 und 2050 (siehe Grafik *Nettostromerzeugung und -bedarf*). Einen wesentlichen Grund für diesen Anstieg stellt die oben erwähnte Elektrifizierungsstrategie dar, durch die fossile Energieträger in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie verdrängt werden. Gleichzeitig wird zukünftig Strom auch benötigt, um daraus Wasserstoff zu erzeugen, der dann entweder direkt oder nach Umwandlung in kohlenstoffhaltige synthetische Energieträger zum Einsatz kommt. Diese Nutzung von Wasserstoff und synthetischen Energieträgern kann auch als „indirekte Elektrifizierung“ be-

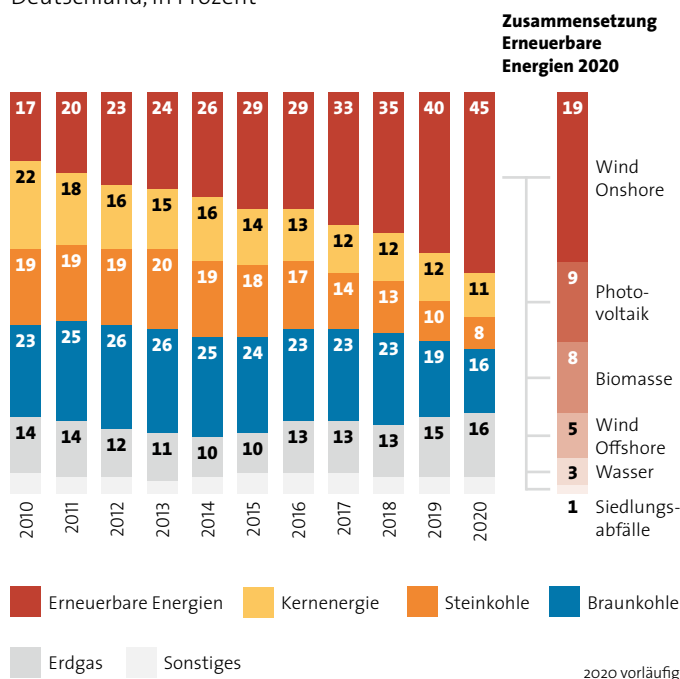
Nettostromerzeugung und -bedarf 2019 sowie 2050 in Terawattstunden (TWh, ohne Speicher)



Eigene Darstellung; Quellen: AG Energiebilanzen und zitierte Szenariostudien, siehe Literatur

Deutschlands Strommix

Anteil der Energieträger an der Bruttostromerzeugung in Deutschland, in Prozent



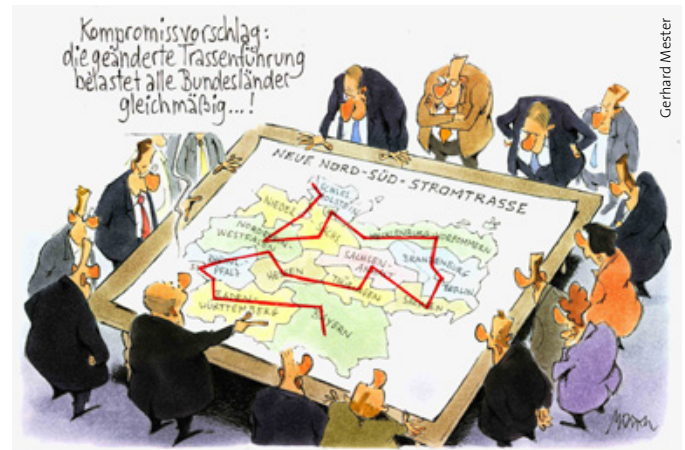
picture-alliance / dpa / dpa Grafik / dpa-infografik GmbH; Quelle: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft

zeichnet werden. Zwar werden in den Szenarien auch weitere Effizienzsteigerungen bei gegenwärtigen Stromanwendungen wie zum Beispiel Haushaltsgeräten und elektrischen Pumpen in der Industrie angenommen, die dadurch ausgelösten Einsparungen beim Strombedarf können den zusätzlichen Strombedarf durch direkte und indirekte Elektrifizierung allerdings nicht kompensieren.

Power-to-X: Die Grafik unten zeigt den Bedarf an *Power-to-X*-Energieträgern in den vier betrachteten Szenarien im Jahr 2050. Wie oben erwähnt, werden diese gasförmigen oder flüssigen Energieträger in erster Linie bei solchen Anwendungen genutzt, bei denen eine direkte Verwendung von Strom nicht möglich bzw. nicht praktikabel ist. In den betrachteten Szenarien findet die Nutzung überwiegend in der Industrie und im Verkehr statt, beispielsweise zur Deckung des industriellen Wärme- und Dampfbedarfs sowie für den Antrieb von Teilen des Güter- und Schiffsverkehrs.

In drei der vier betrachteten Szenarien liegt der *Power-to-X*-Bedarf im Jahr 2050 zwischen knapp 400 und rund 550 TWh. Nur im Szenario TM95 werden mit knapp 910 TWh deutlich mehr *Power-to-X*-Energieträger benötigt. Der hohe Bedarf in diesem Szenario liegt unter anderem an der relativ geringen Nutzung von CO₂-Abscheidung und -Speicherung (im Vergleich zu den Szenarien KN2050 und insbesondere 95%-Pfad) sowie an eher vorsichtigen Annahmen zu Fortschritten im Bereich der Kreislaufwirtschaft und energiesparender Lebensstiländerungen (insbesondere im Vergleich zum Szenario *GreenSupreme*).

Wind- und Solarenergie: Obwohl die zukünftig stark auf Wind- und Solaranlagen basierende Stromerzeugung mit dem Wetter oder der Tages- und Jahreszeit schwankt, wird eine zuverlässige Stromversorgung auch in einem durch Wind- und Solaranlagen dominierten System für möglich gehalten. Voraussetzungen hierfür sind insbesondere ein weiterer Aus- und Umbau des Stromnetzes, eine Flexibilisierung der Stromnachfrage zum Beispiel durch niedrigere Stromtarife in Stunden mit



hohem Ökostromangebot, die Nutzung von Batteriespeichern sowie nicht zuletzt eine ausreichende Kapazität an Gaskraftwerken. Solche „*Power-to-Gas*“-Kraftwerke werden zukünftig in Zeiten geringer Wind- und Solarstromerzeugung betrieben, wobei kein fossiles Erdgas zum Einsatz kommt, sondern Wasserstoff oder vielleicht auch synthetisches Methan, die in Zeiten mit viel Wind- und Solarstrom erzeugt und zwischengespeichert werden.

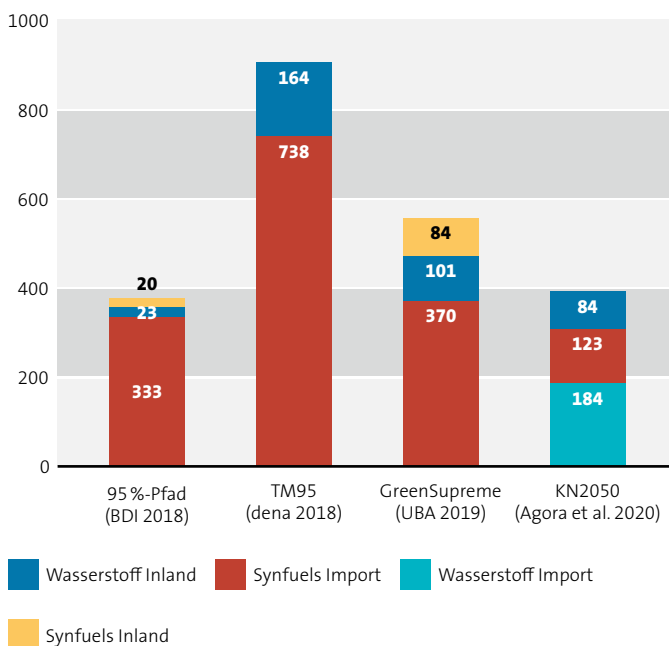
Die zukünftige Zusammensetzung des Strommixes aus Windenergieanlagen an Land (*Wind Onshore*), Windenergieanlagen auf dem Meer (*Wind Offshore*) sowie Photovoltaik-Anlagen unterscheidet sich allerdings von Szenario zu Szenario. Ein wesentlicher Grund für diese Unterschiede sind abweichende Einschätzungen hinsichtlich der zukünftigen Kostenentwicklungen und der Umsetzbarkeit bzw. gesellschaftlichen Akzeptanz für den Zubau einzelner Technologien. So wird in dem aktuellsten der vier betrachteten Szenarien (KN2050) ein relativ starker Zubau von Photovoltaik angenommen, um erwartete Grenzen beim Ausbau der Windenergie an Land kompensieren zu können. Solche Ausbaugrenzen könnten sich infolge einer mangelnden Akzeptanz für Windenergieanlagen ergeben. So liegt seit 2018 der Zubau der *Onshore*-Windenergie in Deutschland auf einem niedrigen Niveau, was unter anderem auf unzureichende Akzeptanz für den Ausbau dieser Anlagen an einigen Standorten sowie Konflikte mit dem Vogelschutz zurückgeführt wird (siehe auch S. 54 ff.).

Allerdings müsste sich den Szenarien zufolge der durchschnittliche jährliche Ausbau von Wind- und Photovoltaik-Anlagen bereits bis zum Jahr 2030 deutlich gegenüber dem in den Jahren 2018 bis 2020 realisierten Ausbau erhöhen, um die in den Szenarien beschriebenen Emissionseinsparungen verwirklichen zu können. In den Szenarien *GreenSupreme* und KN2050 müsste sich der jährliche Zubau dieser Anlagen in Summe sogar mehr als verdoppeln.

Versorgung aus dem Ausland: In allen betrachteten Szenarien wird aufgrund der angenommenen Potenzial- bzw. Akzeptanzgrenzen für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland der Großteil der benötigten *Power-to-X*-Energieträger aus dem Ausland importiert. Diese Importe könnten zukünftig aus Ländern kommen, die sehr gute Bedingungen für erneuerbare Energien haben. Durch hohe Solarstrahlung und/oder gute Windbedingungen ist die auf erneuerbaren Energien basierende Stromerzeugung in diesen Ländern sehr günstig, wodurch dort auch niedrige Erzeugungskosten für strombasierten Wasserstoff realisiert werden können. Häufig verfügen diese Länder auch über ein ausreichend großes

Bedarf an und Herkunft von *Power-to-X*-Energieträgern in den betrachteten Szenarien im Jahr 2050

in TWh



Eigene Darstellung; Quellen: zitierte Szenariostudien, siehe Literatur

Solarenergie auf dem Wasser

Das Luftbild ist auf den ersten Blick irritierend. Es zeigt einen See, dessen Wasserfläche weitgehend mit blauschimmernden rechteckigen Paneelen abgedeckt ist. Es ist ein schwimmender Solarpark nahe der niederländischen Stadt Zwolle. [...]

Der Stromerzeugung auf dem Wasser wird einiges zugetraut. Es gibt gleich mehrere Vorteile: Das kühle Nass reguliert die Temperatur in den Solarzellen. So kann bei der Umwandlung von Sonnenlicht mehr elektrische Energie erzeugt werden als bei einer Anlage an Land.

Das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) macht in einer aktuellen Studie darauf aufmerksam, dass dadurch eine höhere „Flächennutzungseffizienz“ im Vergleich zu Solarparks auf Wiesen und Äckern erzielt werde. Und das ist nach Ansicht von ISE-Chef Andreas Bett enorm wichtig: Zum Gelingen der Energiewende werde ein Photovoltaikausbau mit bis zu 500 Gigawatt benötigt – das wäre fast das Zehnfache der bisher installierten Leistung.

Aber aufgrund der begrenzten landwirtschaftlichen Nutzfläche müssten „landneutrale Lösungen“ entwickelt werden. Dazu zählen Anlagen an und auf Gebäuden sowie auf dem Wasser. Schließlich gibt es laut ISE hierzulande 4474 sogenannte künstliche Standgewässer, die allermeisten sind durch die Gewinnung von Baumaterial (Sand und Kies) entstanden. Hinzu kommen stillgelegte Steinbrüche, Stauseen und vor allem Braunkohle Tagebaue.

Nach dem Abgraben des fossilen Rohstoffs laufen die Gruben von selbst mit Grundwasser voll. 500 Seen sind bisher so entstanden [...]. Die schwimmende Photovoltaik bietet eine nahezu ideale Anschlussverwendung für die Braunkohlereviere. Die früheren Tagebauareale sind bereits gut an die Stromnetze angebunden. Das theoretisch mögliche Sonnenstrompotenzial der Seen liegt bei 56 Gigawatt. Ein weiterer Vorteil: Die Anlagen können zügig errichtet werden. [...]

In den Niederlanden gibt es ein spezielles Förderprogramm für die schwimmenden Anlagen. Hierzulande herrscht harter Wettbewerb. Bei der jüngsten Ausschreibung für Solarparks erhielt die zuständige Bundesnetzagentur 346 Gebote, nur ein Drittel kam zum Zuge. Inzwischen werden Zuschläge vergeben, die den Betreibern eine Vergütung von deutlich weniger als fünf Cent pro Kilowattstunde gewähren. Und die technischen Möglichkeiten sind noch längst nicht ausgeschöpft. Experten erwarten, das sich die Kosten noch einmal halbieren werden, was die Sonne zur mit Abstand billigsten Quelle für die Stromerzeugung machen könnte.

Bisher kann die Floating Photovoltaik (FPV) allerdings gegen die Konkurrenz an Land nur schwer mithalten: Die Stromerzeugungskosten liegen laut ISE zehn bis 15 Prozent höher. Die schwimmenden Module, die robuster als konventionelle konstruiert sind, müssen entweder am Ufer oder auf dem Grund der Seen befestigt werden. Das kostet Geld und schränkt damit auch die Standorte für einen wirtschaftlichen Betrieb ein.

Konkurrierende Nutzungen müssen zudem bedacht werden: Tourismus, Freizeitaktivitäten, Natur- und Landschaftsschutz. Es bleiben in den Braunkohlerevieren laut der ISE-Studie ISE-Studie, die von [Baywa Re, einem „Floating-PV-Entwickler“ aus Braunschweig] in Auftrag gegeben wurde, etwa fünf Prozent der Wasserflächen übrig, die eine Maximalleistung von gut 2,7 Gigawatt bringen können, was aber immer noch etwa zwei Atomkraftwerken entspricht. [...]

[...] ISE-Experte Harry Wirth [schlägt] Ausschreibungen speziell für FBV und andere flächenneutrale Kraftwerke vor, die noch einen Marktanschub benötigen [...]. Es könne auch sinnvoll sein, die schwimmende Photovoltaik von vornherein in die Sauerungspläne der Tagebauegebiete aufzunehmen.

Die ISE-Experten raten aber auch an, eine Bürgerbeteiligung zu organisieren und die Akzeptanz der Anlagen an einem Pilotprojekt zu testen – wohl um den Ärger, den viele Windkraftprojekte gemacht haben, beim Strom vom Baggersee zu gleich zu vermeiden.

Photovoltaik leistet einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz. So rechnen die Experten der Branchenvereinigung Solar Cluster Baden-Württemberg in einer aktuellen Studie vor, dass eine größere Solaranlage auf einem Hausdach pro Jahr den Ausstoß von zehn Tonnen CO₂ verhindert. Das entspricht in etwa der Menge, die ein Bundesbürger jedes Jahr im Schnitt verursacht, und es ist ungefähr genau so viel wie 800 Buchen in derselben Zeit binden können. Dabei wurde von Modulen mit einer Maximalleistung von 16 Kilowatt ausgegangen.

Grundlage der Studie waren neue Zahlen des Umweltbundesamts (UBA), denen zufolge jede erzeugte Kilowattstunde Sonnenstrom in Deutschland derzeit 627 Gramm Kohlendioxid vermeidet. Deutschlandweit hat die Photovoltaik damit 2018 insgesamt die Emissionen von fast 29 Millionen Tonnen verhindert. Bei den Berechnungen des UBA wurde auch die gesamte Energie berücksichtigt, die zur Herstellung der Anlage benötigt wird. Ergebnis: Je nach Zelltechnologie dauert es ein bis drei Jahre bis der Saldo abgetragen ist. Die Anlagen sind aber für eine Lebensdauer von mindestens 20 Jahre ausgelegt. 30 Jahre und mehr halten viele Experten aber für sicher.

Bei der Berechnung des Klimaschutzeffekts ist das UBA davon ausgegangen, dass der Sonnenstrom elektrische Energie verdrängt, die ansonsten zu knapp zwei Drittel aus Kohle- und gut einem Drittel aus Gaskraftwerken gekommen wäre. [...]

Frank-Thomas Wenzel, „Strom vom Baggersee“, in Frankfurter Rundschau vom 18. Februar 2020



In Leimersheim, Rheinland-Pfalz, versorgen ein schwimmendes Solarkraftwerk und Panelfelder von Photovoltaik-Anlagen auf einem Baggersee das dort befindliche Kieswerk.

Marokko als Vorreiter im Klimaschutz

Der Maghreb ist reich an Sonne und Wind. Die Ressourcen sind riesig. Doch nur ein Land beginnt, sie wirklich zu nutzen. Jahrelang musste sich Marokko von Spanien mit Strom beliefern lassen. Aber bald soll dort die Energiewende gelingen und bis 2030 mehr als die Hälfte der verbrauchten Energie aus erneuerbaren Quellen stammen. Marokko ist neben Gambia das einzige afrikanische Land, dessen Politik mit den Zielen des Pariser Abkommens kompatibel ist. Das zeigt ein Blick auf die Weltkarte des „Climate Action Tracker“. Die Internetseite beobachtet, in welchem Maß Staaten ihre Selbstverpflichtungen beim Klimaschutz einhalten.

[...] Vor drei Jahren [2016] war König Mohamed VI. stolzer Gastgeber der ersten UN-Klimakonferenz nach der Unterzeichnung des Vertrags von Paris. Der König, dessen Dynastie beansprucht, vom Propheten Mohammed abzustammen, präsentierte das rohstoffarme Marokko als ein modernes, weltoffenes und „nachhaltiges Königreich“. Besucher lässt er gerne nach Ouarzazate an den Rand der Sahara führen. Dort entsteht mit deutscher Unterstützung eines der größten Solarkraftwerke der Welt – mit einer Million Parabolspiegeln. Insgesamt plant die Regierung in Rabat fünf solcher Anlagen mit einer Kapazi-

tät von zusammen 2000 Megawatt. Hunderte Windparks und Staudämme sind geplant.

Im Nachbarland Algerien kommt die Energiewende dagegen nicht richtig voran. Dabei ist sie auch aus wirtschaftlichen Gründen wichtig: Algerien lebt vom Export seines Erdgases und Erdöls. Aber der inländische Energiekonsum wächst, was die Einnahmen aus dem Export der Ressourcen schmälert, die langsam zur Neige gehen. Die Nutzung von Sonne und Wind soll deshalb dazu beitragen, weniger Rohstoffe zu Hause zu verbrauchen und mehr davon zu exportieren. Bis 2030 werden nach dem Willen der Regierung Photovoltaik und Windkraft für mehr als 20 000 Megawatt Strom sorgen. Damit wäre knapp ein Drittel des algerischen Energiebedarfs gedeckt. Aber ähnlich wie im benachbarten Tunesien blockieren Korruption und politischer Stillstand wichtige Entscheidungen.

Hans-Christian Rößler, Madrid

Klimaserie Heißezeit – Das Bewusstsein wächst langsam, in: Frankfurter Allgemeine Woche Nr. 49 vom 29. November 2019, S. 22 ff.

© Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt. Zur Verfügung gestellt vom Frankfurter Allgemeine Archiv

Potenzial an erneuerbaren Energien, um neben der klimaneutralen Deckung ihres eigenen Strom- und Wasserstoffbedarfs zusätzlich Wasserstoff zu exportieren. Hierzu zählen Länder wie Norwegen oder Marokko, aus denen Wasserstoff prinzipiell kostengünstig über eine Pipeline nach Deutschland transportiert werden könnte, aber auch Länder wie Australien oder Chile, aus denen Power-to-X-Energieträger per Schiff importiert werden müssten.

Die in den Szenarien im Jahr 2050 importierten Mengen an Power-to-X-Energieträgern in Höhe von rund 310 TWh (KN2050) bis 740 TWh (TM95) liegen dabei deutlich niedriger als die über 2000 TWh Mineralöl und Erdgas, die im Jahr 2019 nach Deutschland importiert wurden. Für die Realisierung von

Power-to-X-Importen werden allerdings in den Exportländern entsprechende Stromerzeugungsanlagen sowie eine hinreichende Importinfrastruktur aufgebaut werden müssen. Um entsprechende Importe zukünftig tatsächlich realisieren zu können, sollten daher möglichst frühzeitig internationale Partnerschaften auf Augenhöhe etabliert werden.

In drei der vier betrachteten Szenarien wird (nahezu) ausschließlich ein Import von synthetischen (kohlenstoffhaltigen) Energieträgern angenommen, insbesondere da diese im Vergleich zu Wasserstoff niedrigere Transportkosten aufweisen, wenn sie aus anderen Weltregionen importiert werden. Das Szenario KN2050 sieht hingegen einen höheren Import von Wasserstoff gegenüber synthetischen Energieträgern vor. Für



Ende Mai 2021 wurde die NordLink-Stromtrasse zwischen Norwegen und Deutschland offiziell eröffnet. Zukünftig fließt überschüssiger Strom aus deutschen Windenergie-Anlagen nach Norwegen zum Endverbrauch, während Deutschland bei Bedarf mit Strom aus norwegischen Wasserkraftwerken versorgt werden kann. Die Konverterstation in Wilster in Schleswig-Holstein bildet den Abschlusspunkt der Trasse.

eine Fokussierung auf Wasserstoff spricht unter anderem der gegenüber synthetischen Energieträgern geringere Strombedarf für die Erzeugung sowie die Tatsache, dass für Wasserstoff kein Bedarf an (klimaneutralem) CO₂ anfällt.

Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft verursacht derzeit rund 8 Prozent der deutschen Treibhausgasemissionen (UBA 2020). Die CO₂-Emissionen spielen dabei eine untergeordnete Rolle, es dominieren die Emissionen der Treibhausgase Methan und Lachgas. Eine weitgehende Minderung dieser Emissionen gilt als besonders schwierig. Aufgrund unvermeidbarer biologischer Prozesse (z.B. dem Entstehen von Methan durch Verdauungsprozesse in der Tierhaltung) werden sich Restemissionen der Landwirtschaft auch langfristig nicht komplett vermeiden lassen. Die vier hier betrachteten Szenarien halten bis zum Jahr 2050 gegenüber 1990 einen Rückgang der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft um rund 50 bis 70 Prozent für möglich. Die verbleibenden Restemissionen müssten für das Ziel einer Klimaneutralität durch die oben erwähnten Optionen für „negative Emissionen“ ausgeglichen werden.

In der Studie der dena (2018) wird die Landwirtschaft nicht im Detail behandelt, sondern es wird für eine Abschätzung des Treibhausgaseminderungspotenzials dieses Sektors auf eine andere bestehende Studie verwiesen. Die anderen drei Studien diskutieren hingegen auch den Landwirtschaftssektor und nennen konkrete Maßnahmen, mit denen sich die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft, die zwischen 1990 und 2018 um 20 Prozent gesunken sind, weiter reduzieren ließen.

In allen Studien wird beispielsweise auf das Potenzial für eine Ausweitung der Vergärung von Gülle in Biogasanlagen verwiesen und ein effizienterer zukünftiger Einsatz von Düngemitteln unterstellt, aus denen treibhauswirksames Lachgas entsteht. In der Studie für das Umweltbundesamt von 2019 wird zudem ein Abbau der Tierbestände infolge eines angenommenen geringeren Fleischkonsums und rückläufiger Fleischexporte unterstellt. In der Studie für den BDI wird die Reduzierung des Rinderbestandes hingegen nur als eine Option bezeichnet, falls sich der Methanausstoß der Rinder nicht durch noch in Entwicklung befindliche organische Futtermittelzusätze („Methanpille“) in bedeutendem Maße reduzieren lassen sollte. In der Studie für Agora Energiewende von 2020 wird wiederum als Fortschreibung der Entwicklungen der vergangenen Jahre eine Verschiebung des Fleischkonsums hin zu mehr Geflügel und weniger Rind angenommen. Aufgrund der stärkeren Klimawirkung von Rindern führt dieser Trend zu einer gewissen Reduktion des Treibhausgasausstoßes der Landwirtschaft.

Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den betrachteten Szenarien

Die betrachteten Szenarien aus verschiedenen Studien legen nahe, dass Deutschland alleine mit gegenwärtig einsatzbereiten sowie absehbar verfügbaren Technologien bis Mitte des Jahrhunderts seine Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um mindestens 95 bis 97 Prozent reduzieren könnte. Eine solch weitgehende Minderung der Emissionen könnte das von der Bundesregierung und der EU verfolgte Ziel der Klimaneutralität erreichbar machen, sofern es gelingt, die nicht vermiedenen Restemissionen zu kompensieren – entweder über technische Maßnahmen wie die Abscheidung und Speicherung von CO₂ aus der Verbrennung von Biomasse oder über eine gezielte Stärkung natürlicher CO₂-Senken wie Wälder und Moore.

Die Szenarien verdeutlichen jedoch auch, dass das Erreichen solch weitgehender Reduktionen der Treibhausgasemissionen eine gegenüber der Vergangenheit starke Intensivierung von Klimaschutzmaßnahmen in allen Bereichen erfordern wird. So müssten beispielsweise in allen Szenarien pro Jahr deutlich mehr Gebäude als bisher saniert werden, Elektroautos müssten in den nächsten Jahren stark steigende Anteile an den Pkw-Neuzulassungen erreichen und Wind- und Photovoltaik-Anlagen müssten wesentlich stärker ausgebaut werden als in den vergangenen Jahren.

Die betrachteten Szenarien stimmen ebenfalls grundsätzlich darin überein, dass Deutschland auch zukünftig – wenn auch in geringerem Maße als heute – auf Energieimporte angewiesen sein wird. Die importierten Energieträger müssen allerdings im Ausland zunehmend auf Grundlage von erneuerbaren Energien (insbesondere erneuerbarem Strom) erzeugt werden. Zusätzlich sehen die Szenarien die Notwendigkeit und Möglichkeit, einen Teil des zukünftigen Wasserstoffbedarfs aus inländischer elektrolysebasierter Erzeugung zu decken. Unter anderem für diese Strategie stellt ein beschleunigter Ausbau von Wind- und Solaranlagen eine zentrale Voraussetzung dar.

Neben der weitgehenden Senkung der energie- und prozessbedingten Emissionen in den Sektoren der Energiewirtschaft, der Industrie, des Verkehrs und der Gebäude erfordert Klimaneutralität auch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft. Alle betrachteten Szenarien verweisen dabei auf die Potenziale einer ausgeweiteten Vergärung von Gülle in Biogasanlagen sowie eines effizienteren Einsatzes von Düngemitteln.

Es gibt jedoch auch Unterschiede in den Minderungsstrategien der betrachteten Szenarien. Diese Unterschiede verdeutlichen, dass verschiedene Pfade in Richtung Klimaneutralität denkbar sind und dass es derzeit noch abweichende Einschätzungen in Wissenschaft und Gesellschaft in Bezug auf eine wünschenswerte oder am ehesten realisierbare Kombination von Klimaschutzstrategien gibt.

Deutliche Unterschiede gibt es unter anderem bezüglich der Frage, ob die CO₂-Abscheidung und -Speicherung – wie im Szenario 95 %-Pfad des BDI von 2018 – zukünftig eine zentrale Rolle zur Minderung der Emissionen aus Industrie (inkl. industrieller Kraftwerke) und Abfallwirtschaft spielen sollte oder ob diese Option insbesondere in Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz so weit wie möglich begrenzt werden sollte (wie im Szenario TM95) bzw. vielleicht sogar ganz verzichtbar ist (wie im Szenario *GreenSupreme*). Auch hinsichtlich der Frage, ob in den kommenden Jahrzehnten deutliche Verschiebungen in Richtung klimafreundlicher Lebensstile bzw. Konsumgewohnheiten angenommen werden können, unterscheiden sich die Szenarien. Ebenfalls gibt es unterschiedliche Einschätzungen in Bezug auf die Höhe und Zusammensetzung des zukünftigen Energieimports. So wird vielfach ein starker Import kohlenstoffhaltiger synthetischer Energieträger angenommen, während im Szenario KN2050 mehr Wasserstoff als synthetische Energieträger importiert wird.

Schließlich gibt es vor dem Hintergrund der Frage der gesellschaftlichen Akzeptanz neben der grundsätzlichen Einigkeit zur hohen Bedeutung des Ausbaus erneuerbarer Energien in den Szenarien unterschiedliche Einschätzungen, wie viel des grundsätzlich vorhandenen Potenzials bis 2050 genutzt werden kann und wie sich die relative Bedeutung von Photovoltaik, Windenergie an Land und Windenergie im Meer entwickeln wird.

Klimapolitik in der öffentlichen Diskussion

In den vergangenen sechs Jahrzehnten sind Natur, Umwelt und wissenschaftliche Erkenntnisse über den Zusammenhang von Umweltschäden und Klimaveränderungen auf ein wachsendes Interesse der Öffentlichkeit gestoßen. Zivilgesellschaftliche Initiativen, die Umweltbewegung, Umweltverbände und zuletzt *Fridays for Future* mobilisierten mit ihrem Engagement zwar die (internationale) politische Ebene. Doch politische Maßnahmen müssen vielfältigen Interessen gerecht werden und bedürfen möglichst breiter gesellschaftlicher Akzeptanz, um Wirkung zu entfalten.

Isländische Schülerinnen und Schüler sowie Studierende folgen am 15. März 2019 dem Aufruf der Fridays For Future-Bewegung und beteiligen sich in Reykjavik an dem weltweiten Klimastreik für eine nachhaltige Klimapolitik.



snapshot-photography / freeliger / Süddeutsche Zeitung

Klimapolitik im engeren Sinne entstand mit Beginn der 1990er-Jahre. Seitdem ist in der Öffentlichkeit das Bewusstsein für den menschengemachten Klimawandel und seine Risiken etwa in Gestalt der Erderwärmung und der Zunahme extremer Wetterereignisse stark gestiegen. Umweltpolitik hingegen reicht historisch noch weiter zurück und beinhaltet auch Probleme, die nicht direkt mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht wurden und werden, wie zum Beispiel den Erhalt der Artenvielfalt, Lärmschutz oder Kritik an der Gentechnologie.

Klimaschutz als soziale Bewegung

HENRIKE Knappe

1962 beschrieb Rachel Carson in ihrem Buch *Silent Spring* (Stummer Frühling) das massenhafte Vogelsterben durch industriell eingesetzte Pestizide und regte ihre Leserinnen und Leser an, sich vorzustellen, wie nach einem Winter im Frühjahr keine Vogelstimmen mehr erklingen, sondern die Natur einfach stumm bleibt. Diese Vorstellung drohender Naturzerstörung mobilisierte viele Menschen auch in der Bundesrepublik Deutschland dazu, gegen die industrielle Umweltzerstörung zu protestieren. Die moderne Umweltbewegung war geboren. Anfangs informell organisiert und einem bestimmten Ziel gesellschaftlichen Wandels verpflichtet, gehörte sie zu den sogenannten neuen sozialen Bewegungen, die in den 1960er- und

1970er-Jahren entstanden und deren Strukturen sich mit der Zeit verfestigten.

Zur gleichen Zeit beobachteten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Erwärmung der Erde seit der Industrialisierung, forschten und diskutierten über den Treibhauseffekt. Anfang der 1990er-Jahre gab es dann einen gesicherten wissenschaftlichen Konsens darüber, dass es den menschengemachten Klimawandel durch Treibhausgasen, vor allem durch Kohlendioxid (CO₂), gibt. Der Weltklimarat begann seine Berichte zum Klimawandel zu veröffentlichen.

Die Umweltbewegung hatte schon vor den 1990er-Jahren auf umweltschädigende Tatbestände hingewiesen, wie zum Beispiel die Verbrennung fossiler Energie, die Luftverschmutzung, das Waldsterben sowie die industrielle Land- und Viehwirtschaft, die ursächlich mit zum Klimawandel beitrugen. Der Klimawandel an sich war allerdings noch kein herausstechendes Thema. So war es auch in der DDR, wo es ab Anfang der 1980er-Jahre Umweltgruppen gab, die sich meistens unter dem Dach der evangelischen Kirchen organisierten. Die Möglichkeiten zu protestieren waren dort allerdings viel begrenzter als in der alten Bundesrepublik und so konzentrierten sich viele DDR-Umweltaktivistinnen und -aktivisten darauf, praktischen Naturschutz, also beispielsweise den Schutz von Lebensräumen für Tiere oder von Naturlandschaften, zu betreiben und einen ökologischen Lebensstil vorzuleben.

Erste Vorzeichen der heutigen Klimaproteste deuteten sich in der Umweltbewegung der 1970er- und 1980er-Jahren jedoch schon an. So wurde verstärkt die Erde als Ganzes in den Blick genommen. Es ging nicht mehr „nur“ darum, gegen Fabriken an bestimmten Orten oder die Wasserverschmutzung in bestimmten Flüssen zu protestieren: Die moderne Umweltbewegung machte nun vielmehr darauf aufmerksam, dass das Überleben des Planeten als Ganzes durch Umweltzerstörung gefährdet sei.

In den 1990er-Jahren erlebte die Umweltbewegung einen Globalisierungsschub. Es begann die Zeit der globalen Klimakonferenzen. So zog es viele nun bereits fest etablierte Umweltverbände – wie WWF, Greenpeace oder den BUND – auch auf die internationale Ebene, wo sie zunehmend Gehör fanden und sich zu weltweiten Koalitionen zusammenschlossen. Die vormalige Umweltbewegung wurde vielfältiger, anerkannter und internationaler in ihren Themen und Aktionsformen.

Eine richtige „Bewegung“ begann erst wieder im Sommer 2018, als sich Greta Thunberg das erste Mal vor den schwedischen Reichstag setzte und ihren Klimastreik begann. Am 15. März 2019 fand der erste global organisierte Protesttag der nun gegründeten Bewegung *Fridays for Future* (FFF) statt. An ihm nahmen nach Angaben der Organisatorinnen und Organisatoren 300 000 Menschen in Deutschland teil, was in der Einschätzung des Instituts für Protest- und Bewegungsforschung (ipb) als beeindruckender Mobilisierungserfolg der Bewegung gewertet wird.



Interessierte Bürgerinnen und Bürger nehmen am 15. Mai 2017 in Bad Kissingen (Bayern) an einer Antragskonferenz zur geplanten Südlink-Stromtrasse teil, auf der die Betreiberfirmen ihre Pläne vorstellen.

Die Biologin Rachel Carson (1907-1964) wird mit ihrem aufrüttelnden Buch „Der stumme Frühling“ zur Mitbegründerin der modernen Umweltbewegung.



Auch am dritten Tag nach Schuljahrsbeginn am 22. August 2018 sitzt die damals 15-jährige Schwedin Greta Thunberg statt im Klassenzimmer vor dem Parlamentsgebäude in Stockholm, um für eine nachhaltigere Klimapolitik zu demonstrieren ...

Was unterscheidet *Fridays for Future* von vorherigen Umweltprotesten?

Ein grundsätzlicher Unterschied liegt im Charakter ihrer Forderungen: FFF fordert etwas, zu dem sich eigentlich sowieso (fast) alle Staaten der Welt verpflichtet haben, nämlich die Einhaltung des Pariser Klimaabkommens. Allerdings zeichnet sich ab, dass vielfach und gerade auch in Deutschland die Ziele des Abkommens kaum eingehalten werden, auch weil sie mit massiven Einschnitten in Energiewirtschaft, Industrie, Gebäudesektor, industrielle Landwirtschaft und gesellschaftliche Gewohnheiten verbunden sind.

FFF verknüpft ebenso wie die weitaus radikaler auftretende Umweltbewegung *Extinction Rebellion* (dt: Rebellion gegen das Aussterben) ihre Forderungen ganz klar mit den akuten, krisenhaften Erscheinungsformen des Klimawandels. Während *Extinction Rebellion* jedoch vor allem durch spektakuläre Aktionen zivilen Ungehorsams – wie Verkehrsblockaden in europäischen Großstädten im Oktober 2019 – Politik und Gesellschaft auf ihre

Verantwortung für das massenhafte Aussterben von Tieren und Pflanzen und den Klimawandel hinweisen will, tritt FFF gemäßiger auf und fordert einen ökologisch verträglichen Lebensstil von sich selbst, aber auch der Gesamtgesellschaft. Das verbindet sie mit der früheren Umweltbewegung in Westdeutschland und der DDR, geht jedoch darüber hinaus, weil auch FFF eine größere Dringlichkeit und einen umfassenderen Ansatz artikuliert.

Ein weiteres Charakteristikum liegt in der starken Betonung, die FFF auf Klimagerechtigkeit legt. Mit dem Begriff der Klimagerechtigkeit wird kritisiert, dass viele Staaten des Globalen Nordens, also die Industrieländer, die größten Verursacher des anthropogenen Klimawandels sind, wogegen viele Länder des Globalen Südens, die sogenannten Entwicklungs- und Schwellenländer, von seinen Auswirkungen am stärksten betroffen sind. Zwar wurde das Prinzip der gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortung (CBDR-principle) bereits auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (*United Nations Conference on Environment and Development*, UNCED) in Rio de Janeiro 1992 festgeschrieben. In den nachfolgenden UN-Klimaverhandlungen wurde es jedoch immer wieder, gerade von Staaten des Globalen Nordens, in den Hintergrund gedrängt.

Neben dem Charakter ihrer Forderungen unterscheidet sich FFF von früheren Bewegungen durch das Profil der Teilnehmenden. Während die frühere Umweltbewegung von Studierenden und der bürgerlichen Mitte getragen wurde, beteiligen sich an FFF laut ipb-Studie wesentlich jüngere Bevölkerungsgruppen. Ungefähr die Hälfte aller Protestierenden bei der Demonstration in Berlin am 15. März 2019 war zwischen 14 und 19 Jahre alt. Die eigene Betroffenheit durch die absehbaren Folgen des Klimawandels in der nahen Zukunft mobilisiert gerade Jugendliche, denn sie werden die Versäumnisse der Gegenwart vor allem zu tragen haben. Unterstützt sahen sie sich dabei durch einen Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom 24. März 2021, welcher das deutsche Klimaschutzgesetz wegen unzureichender Regelungen für die Zeit bis 2050 für verfassungswidrig erklärte und die Politik zu Nachbesserungen aufforderte.

... und in Bonn blockiert ein Aktivist von *Extinction Rebellion* am 15. Mai 2021 eine innerstädtische Straße, um im Rahmen der Aktion *Rebellion of One* (Ro1) gegen die Zerstörung von Natur und Umwelt zu protestieren.



Thomas Plafmann / Baske Cartoons



Geringverdienende waren 2017 von den Kosten der Energiewende stärker betroffen als Haushalte mit höherem Einkommen, die sich zudem Klimaschutzmaßnahmen, wie etwa eine Solaranlage auf dem Dach, eher leisten können. München, 2021

Gleichzeitig beteiligen sich an den Demonstrationen viel mehr Frauen als sonst bei früheren Protesten, fast 60 Prozent sind weiblich laut ipb-Studie. Auch die führenden Personen der Bewegung, allen voran Greta Thunberg und in Deutschland Luisa Neubauer, sind weiblich. Trotzdem ist auch FFF eine Bewegung, die, ähnlich wie die früheren Umweltproteste, stark der Mittelschicht entstammt und vornehmlich weiß ist.

All diese Merkmale, die die Themen und Aktionsformen von FFF und *Extinction Rebellion* voneinander und von früheren Umweltbewegungen unterscheiden, lassen sich zum Teil mit den spürbaren Folgen des vorangeschrittenen Klimawandels erklären. Auf das Erkennen und die Bekämpfung weltweiter Probleme in der Umweltzerstörung seit den 1970er-Jahren folgte mit der wissenschaftlich gesicherten Erkenntnis der Erderwärmung und ihrer inzwischen (etwas durch Dürresommer) deutlich spürbaren Folgen die Einsicht in ein umfassenderes Problem, das für das Leben auf unserem Planeten existenziell bedrohlich wird. Gleichzeitig zeigten sich Regierungen und Gesellschaften in den vergangenen Jahrzehnten nicht in der Lage, den Klimawandel effektiv aufzuhalten. Aus diesen widersprüchlichen Eindrücken speist sich das Engagement der gegenwärtigen sozialen Klimabewegungen.

Verteilungsfragen

CHRISTINA CAMIER

Die Klimaschutzziele der Bundesregierung führen zu einem Umbau des Energiesystems, der sich weitreichend auf die Gesellschaft auswirkt. Dabei gewinnen Gerechtigkeits- und Verteilungsfragen an Bedeutung: Wie werden die mit dem Umbau des Energiesystems verbundenen Kosten und Nutzen gerecht verteilt? Vor welchen Belastungen und Entlastungen stehen die privaten Haushalte? Wie sieht eine sozial gerechte Nachhaltigkeit aus, die sicherstellt, dass die Belastungen nicht gerade die Gruppen in der Bevölkerung treffen, die sie sich am wenigsten leisten können?

Eine sozialverträgliche Kostenverteilung trägt entscheidend dazu bei, dass auch finanziell schwächere Haushalte ohne allzu große Belastungen Klimaschutzmaßnahmen umsetzen können. Je umfassender die Gesellschaft die Energiewende unterstützt, desto größer wird die Widerstandsfähigkeit des komplexen Energiesystems.

Sozialer Ausgleich als wichtige Zielsetzung

Der zweite Forschungsbericht der Monitoring-Kommission „Energie der Zukunft“, den das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2019 herausgegeben hat, zeigt eine soziale Schieflage zwischen unterschiedlichen Einkommensgruppen auf und empfiehlt der Bundesregierung, einer Energiearmut entgegenzuwirken.

Energiearmut ist in Deutschland nicht eindeutig definiert. Das Sozialgesetzbuch (SGB) berücksichtigt bei der Grundsicherung für Arbeitssuchende (SGB II) und Sozialhilfe (SGB XII), die das Existenzminimum für ein menschenwürdiges Leben garantieren soll, auch den Energiebedarf. In einer Analyse über Energiearmut als soziales Problem hat ein Forscherteam der Universität Siegen vereinfachend als Indikator festgelegt: „Ein Haushalt gilt als energiearm, wenn dessen (OECD-gewichtetes) Haushalts-Nettoeinkommen nach dem Abzug der (OECD-gewichteten) Energiekosten unter der 60-Prozent Armutsgefährdungsschwelle liegt“. Als armutsgefährdet gelten Personen, deren Einkommen weniger als 60 Prozent des mittleren Einkommens beträgt. Nach Maßgabe dieses Indikators waren im Jahr 2008 21,5 Prozent der 39,5 Millionen deutschen Haushalte von Energiearmut bedroht.

Geringverdienende – in schlecht isolierten Mietwohnungen in den Außenbezirken der Städte, weit entfernt von ihren Arbeitsstätten und zum Pendeln gezwungen – waren 2017 stärker von den Kosten der Energiewende betroffen als Haushalte mit höherem Einkommen: Bei niedrigen monatlichen Nettoeinkommen von weniger als 1300 Euro belief sich der Anteil der Energieausgaben auf rund 11 Prozent der gesamten Konsumausgaben. Allein die Ausgaben für Heizung, Kochen und Strom machten bei Geringverdienenden fast 9 Prozent aus. Bei Haushalten mit durchschnittlichem Einkommen betrug der Anteil dieser Ausgaben nur knapp 6 Prozent.

In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Kopernikus-Projekt Energiewende-Navigationssystem (ENavi) hat ein Forscherteam im Jahr 2019 Kriterien aufgestellt, die soziale Nachhaltigkeit von Klimaschutzmaßnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven beschreiben: Effektivität, Kosteneffizienz und Resilienz bewerten die Beiträge zu energie- und klimapolitischen Zielen sowie die Kosten der Zielerreichung. Nebenwirkungen werden unter den Aspekten wirtschaftliche Planungssicherheit und Beitrag zur gesellschaftlichen Wohlfahrt, Schutz der menschlichen Gesundheit, Umwelt- und Ressourcenschonung sowie Förderung des sozialen Zusammenhalts betrachtet. Legitimität, ethische Akzeptabilität und

Legalität zeigen die Vereinbarkeit mit rechtlichen, politischen und ethischen Normen. Das Kriterien-Set hilft, Zielkonflikte aufzuzeigen und konstruktiv anzugehen.

Eine andere Forschergruppe hat 2019 in einem Policy-Brief weitreichende politische Maßnahmen zur Entlastung einkommensschwacher Haushalte empfohlen. Zusätzlich zu den beschriebenen „Abwrackprämien“ für Heizung und Auto sollten der Empfehlung zufolge der Kauf besonders energiesparender Haushalts- und IT-Technologien sowie eine bedarfsgerechte Gebäudesanierung gefördert werden. Die Förderung sollte einkommensschwache Haushalte unterstützen und gleichzeitig die Stromnachfrage senken.

Das Klimaschutzgesetz der Bundesregierung

Im Oktober 2019 hat das Bundeskabinett das Klimaschutzprogramm 2030 beschlossen, das beschreibt, wie Deutschland seine Klimaziele bis 2030 erreichen soll. Im Januar 2020 trat das Klimaschutzgesetz in Kraft, das die Einhaltung der Klimaziele gesetzlich festlegt und Verfahren bei Verfehlung der Ziele regelt. Finanziert werden die Maßnahmen durch den Energie- und Klimafonds, dessen Mittel vor allem aus dem Emissionshandel stammen.

Beim Emissionshandel werden Umweltzertifikate ausgegeben, die zu einer begrenzten Menge von Schadstoffausstoß berechtigen. Einnahmen, die durch das Klimaschutzprogramm entstehen, sollen explizit nicht als zusätzliche Bundesmittel genutzt werden, sondern für Klimaschutzmaßnahmen und zur finanziellen Entlastung der Bürgerinnen und Bürger.

Förderprogramme für energetische Sanierungen und Maßnahmen, die zu emissionsärmerem Verkehrsverhalten anreizen sollen, zeigen die Bemühungen und gleichzeitig die Schwierigkeiten, Klimaschutz sozial gerecht zu gestalten.

Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zum Klimaschutzgesetz berät das Regierungskabinett am 12. Mai 2021 in Berlin über Anpassungsmaßnahmen, während draußen Mitglieder der Klimaschutzbewegung ihre Forderungen nach einer ehrgeizigeren Klimapolitik vertreten.



Staatliche Förderprogramme zielen auch auf ein emissionsärmeres Verkehrsverhalten. Ein konsequenter Ausbau des Ladenetzes soll Elektromobilität langstreckentauglich machen. Ladesäulen an einer Autobahnraststätte auf der A2, 2020

Seit Januar 2021 werden fossile Brennstoffe (wie Benzin, Öl und Gas) für Verkehrsmittel und Heizung mit einer CO₂-Abgabe belegt. Mit den CO₂-Einnahmen soll ein Teil der „EEG-Umlage“ (Umlage zur Förderung erneuerbarer Energien nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz) ersetzt werden, sodass die Strompreise sinken.

Für einkommensschwache Berufspendlerinnen und -pendler, die auf ein eigenes Auto angewiesen sind – weil beispielsweise ihr Zuhause in kostengünstigen Vororten nicht gut an den öffentlichen Nahverkehr angebunden ist –, erhöhen sich durch die CO₂-Bepreisung jedoch deutlich die Fahrtkosten. Als Ausgleich wurde die steuersparende Pendlerpauschale ab dem 21. Kilometer seit Januar 2021 um fünf Cent angehoben und soll ab Januar 2024 um weitere 3 Cent erhöht werden. Geringverdienende, die wegen eines zu geringen Einkommens nicht von der Pauschale profitieren würden, erhalten eine



Höchststrichterliche Mahnung

[...] Der Beschluss des Bundesverfassungsgerichts – kein Urteil, weil nur schriftlich ergangen – könnte sich [...] als „epochal für den Klimaschutz“ erweisen. Erstmals hat das Gericht den Gesetzgeber zu konkreten Maßnahmen im Kampf gegen den Klimawandel verpflichtet. Das Programm, das Bundestag und Bundesregierung bis Ende des nächsten Jahres abzuarbeiten haben, klingt zwar überschaubar. Sie müssen den Fahrplan für die Zeit nach 2030 festlegen, also die weitere Reduktion der Treibhausgas-Emissionen, um die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens zu erfüllen – die Begrenzung des Temperaturanstiegs auf deutlich unter zwei und möglichst auf 1,5 Grad. Das Klimaschutzgesetz hingegen, mit seinem Etappenziel einer Verringerung der Emissionen bis 2030 um 55 Prozent gegenüber 1990, bleibt zumindest formal unangetastet.

Jedoch hat der Beschluss [...] das Potenzial, dem Gesetzgeber in Klimaschutzfragen das Bundesverfassungsgericht als dauerhaften Mahner und gelegentlichen Antreiber zur Seite zu stellen. Erstens ist nun die bisher umstrittene Klagebefugnis geklärt. Bürger und Aktivistinnen können Klimaschutz einklagen, übrigens sogar dann, wenn sie, wie einige der Beschwerdeführer, aus Bangladesch oder Nepal kommen. Dem Gericht wird es in Zukunft nicht an Verfassungsbeschwerden zum Klimaschutz mangeln.

Zweitens, und noch wichtiger: Grundrechte können auch dann heute und aktuell verletzt sein, wenn die spürbaren Einschränkungen erst noch in der Zukunft liegen. Nach den Worten des Gerichts hat der Gesetzgeber hohe Lasten zur Minderung der Emissionen „unumkehrbar auf Zeiträume nach 2030“ verschoben. Will man aber das „Paris-Ziel“ erreichen, dann muss man in den Jahren danach die Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgase immer dringender und kurzfristiger ergreifen. „Von diesen künftigen Emissionsminderungspflichten ist praktisch jegliche Freiheit potenziell betroffen, weil noch nahezu alle Bereiche menschlichen Lebens mit der

Emission von Treibhausgasen verbunden und damit nach 2030 von drastischen Einschränkungen bedroht sind“, heißt es in der Entscheidung. Die Freiheit als Nullsummenspiel: Wenn sie heute zu großzügig und klimaschädlich ausgeschöpft wird, dann wird sie morgen umso erdrückender eingeschränkt werden. Das Gericht spricht von einer „intertemporalen Freiheitsicherung“, ein Begriff, der den Brückenschlag über die Generationen hinweg ins Grundgesetz importiert.

Und schließlich drittens: Sollte jemand in politischer Verantwortung sich nun darüber freuen, dass man den Karlsruher Beschluss heftig loben kann, aber zugleich nicht viel unternehmen muss, dürfte dies ein Fehlschluss sein. Nicht nur, weil das Gericht dem Gesetzgeber eine „besondere Sorgfaltpflicht“ auch zugunsten künftiger Generationen aufgibt, nicht nur, weil es verlangt, den Übergang zu Klimaneutralität rechtzeitig einzuleiten, nicht nur, weil es schreibt, man könne sich nicht hinter anderen Staaten verstecken. Es wird vor allem ein Satz sein, der die Klimapolitik künftig verfassungsrechtlich unter Druck setzen wird.

Der Klimaschutz, den das Gericht auch ohne ausdrückliche Erwähnung in Artikel 20a Grundgesetz verankert sieht, genieße zwar keinen unbedingten Vorrang, sondern müsse in der Abwägung mit anderen Gütern und Prinzipien in Ausgleich gebracht werden. „Dabei nimmt das relative Gewicht des Klimaschutzgebots in der Abwägung bei fortschreitendem Klimawandel weiter zu.“

Das bedeutet: Mit jedem Zehntel Grad Temperaturanstieg, mit jedem verfehlten Klimaziel wächst die Schlagkraft des Grundgesetzes und damit die Rolle des Bundesverfassungsgerichts als Supervisor in Sachen Klimaschutz. [...] Das Bundesverfassungsgericht ist künftig beim Kampf gegen den Klimawandel mit im Spiel. [...]

Wolfgang Janisch, „Zum Klimaschutz gezwungen“, in: Süddeutsche Zeitung vom 30. April / 1.–2. Mai 2021

Mobilitätsprämie von 14 Prozent der erhöhten Pendlerpauerschale.

Durch die CO₂-Bepreisung erhöhen sich auch die Heizkosten. Die erhöhten Kosten, staatliche Prämien und Fördergelder sollen Anreize schaffen, alte Ölheizungen gegen energieeffiziente Heizungsanlagen auszutauschen, energieeffiziente Fenster einzubauen sowie Wände und Dächer zu dämmen. Davon können jedoch nur Eigenheimbesitzer profitieren. Für Haushalte mit geringem Einkommen wurde im Januar 2021 beim Wohngeld eine CO₂-Komponente als Heizkostenzuschuss eingeführt.

Mobilität soll nachhaltiger und gleichzeitig bezahlbarer werden. Rad- und Gehwege sowie der öffentliche Nahverkehr sollen ausgebaut werden. Für den Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs hat die Bundesregierung die Bundesfinanzhilfen des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes sukzessive erhöht, von 332 Millionen Euro im Jahr 2019 auf jährlich eine Milliarde Euro ab 2021 und ab 2025 auf zwei Milliarden Euro. Das Bahnfahren wurde billiger, indem seit Januar 2020 die Mehrwertsteuer für Tickets im Fernverkehr von 19 auf 7 Prozent gesenkt wurde.

Der Aufbau eines integrierten Umweltverbundes aus öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV), Fuß- und Radverkehrs-

netz kommt jedoch nur schleppend voran. In Berlin wurde zum Beispiel im Juli 2018 ein Mobilitätsgesetz verkündet, das die Bausteine für eine umweltfreundliche und gleichzeitig komfortable Berliner Mobilitätswende festlegte. Ein Netzplan für ein integriertes Radverkehrsnetz, das alle im Alltag wichtigen Standorte der Stadt schnell, sicher und bequem verbindet, sollte binnen eines Jahres nach Inkrafttreten des Gesetzes, also bis Juli 2019, erfolgen. Doch erst im Herbst 2020 wurde der Entwurf eines Radverkehrsplans vorgelegt.

Die Ladeinfrastruktur für Elektromobilität soll bis 2030 auf eine Million Ladepunkte in Deutschland ausgebaut werden. Laut Ladesäulenkarte der Bundesnetzagentur waren im März 2021 erst rund 35 000 Normalladepunkte und über 5700 Schnellladepunkte im Betrieb.

Der Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zur teilweisen Verfassungswidrigkeit des Klimaschutzgesetzes verweist auf eine verhältnismäßige, intertemporale Lastenverteilung der Emissionsminderung. Um die in Art. 20a GG verankerten Entfaltungs- und Freiheitsrechte auch für zukünftige Generationen zu schützen, ist Klimaschutz schon heute verpflichtend und die erforderlichen Emissionsminderungen können nicht vertagt werden.

Akzeptanz für Klimapolitik

INGO WOLF

Die weltweiten Maßnahmen und Instrumente zur Bekämpfung des Klimawandels sind vielfältig und reichen von der Besteuerung klimaschädlicher Gase – beispielsweise durch Kohlendioxid-Steuern (CO₂) – über die finanzielle Förderung (Subventionierung) erneuerbarer Technologien wie Solaranlagen bis hin zu Informationskampagnen mit dem Ziel, die Aufmerksamkeit für den Klimaschutz in der Bevölkerung zu erhöhen.

Lokale Proteste beispielsweise beim Bau neuer Windräder verdeutlichen jedoch, dass der Weg der Energiewende nicht ohne Hindernisse verläuft. Der Erfolg dieser Politik wird maßgeblich davon abhängen, ob es gelingt, eine breite gesellschaftliche Akzeptanz und Unterstützung für diese Maßnahmen zu erreichen.

Unter dem Begriff Akzeptanz versteht man im Allgemeinen eine positive Reaktion (einzelner) Personen oder Organisationen etwa auf politische Maßnahmen und Technologien. Diese positiven Reaktionen können entweder rein passive Bekundungen sein, zum Beispiel eine positive Einstellung zum Bau einer Solaranlage, oder mit konkreten Handlungen einhergehen, zum Beispiel mit dem Wechsel zu einem ausgewiesenen Ökostromanbieter. In der Forschung werden vier Ausprägungen der Akzeptanz unterschieden, die sich auf der Einstellungsebene (negativ – positiv) und der Verhaltensebene (passiv – aktiv) von Personen voneinander trennen lassen:

1. **Ablehnung (negativ/passiv):** Darunter fallen Personen, die eine negative Einstellung gegenüber Maßnahmen der Energiewende, etwa gegenüber Windrädern, haben, jedoch nichts dagegen unternehmen.
2. **Widerstand (negativ/aktiv):** Dazu zählen Personen, deren negative Einstellungen zu aktivem Protest gegen den Ausbau von erneuerbaren Energien führen.
3. **Befürwortung (positiv/passiv):** Die Personen haben eine positive Haltung gegenüber der Energiewende, ohne sich jedoch aktiv daran zu beteiligen. Der größte Teil der Bevölkerung ist dieser Gruppe zuzuordnen.
4. **Unterstützung (positiv/aktiv):** Positive Einstellung und aktives Mitmachen wie zum Beispiel das Engagement bei *Fridays for Future*-Demonstrationen kennzeichnen diese Gruppe.

Persönliche Einstellungen und die Unterstützung von Klimaschutzmaßnahmen sind in der Gesellschaft unterschiedlich ausgeprägt und können mitunter widersprüchlich sein. So befürwortet die Mehrheit der Menschen in Deutschland die Energiewende, manche sind jedoch nicht davon begeistert, wenn in der Nähe ihres Hauses ein Windrad aufgestellt wird. Die gesellschaftliche Akzeptanz von Klimaschutzmaßnahmen wird im Wesentlichen durch zwei Faktoren beeinflusst: zum einen durch individuelle Merkmale der Bürgerinnen und Bürger und zum anderen durch die konkrete Ausgestaltung und Umsetzung politischer Maßnahmen.

Individuelle Faktoren

Die Faktoren, die auf die Akzeptanz von Energie- und Klimapolitik Einfluss haben, wurden bereits in zahlreichen wissenschaftlichen Studien untersucht. Die Ergebnisse von Metaanalysen (Zusammenfassungen von Einzelstudien) zeigen, dass soziodemografische Merkmale wie Alter, Geschlecht, Einkommen und Bildung im Vergleich zu anderen Merkmalen nur einen geringen Einfluss auf die Einstellung zur Klima- und Energiepolitik ausüben.

Im Allgemeinen werden klimapolitische Maßnahmen von jüngeren Menschen eher akzeptiert als von älteren. Frauen tendieren in diesem Zusammenhang zu positiveren Haltungen als Männer. Weiterhin kann sich ein höheres Einkommens- und Bildungsniveau positiv auf die Akzeptanz klimapolitischer Maßnahmen auswirken. Die Effekte können jedoch im Einzelnen in verschiedenen Themenbereichen der Energiewende bzw. für bestimmte Politikinstrumente unterschiedlich ausfallen.

Eine bedeutsamere Rolle hinsichtlich der Akzeptanz klimapolitischer Instrumente spielen verschiedene sozialpsychologische Merkmale. Besonders starken Einfluss haben hierbei allgemeine (moralische und ethische) Werte und die politische Orientierung der Menschen. Die Akzeptanz für klimafreundliche Politik ist am größten bei Personen, deren Wertvorstellungen auf den Prinzipien sozialer Gleichheit (Egalitarismus) und Uneigennützigkeit (Altruismus) beruhen und die sich moralisch verpflichtet fühlen, die Umwelt zu schützen.

Menschen, die den Umwelt- und Klimawandel und die damit verbundenen Risiken als drängendes Problem betrachten und ein höheres Umweltbewusstsein haben, stimmen in der Regel klimaschützenden Maßnahmen eher zu. Weltanschauungen und Wertevorstellungen (Ideologien) spiegeln sich auch in der Neigung zu bestimmten politischen Parteien und dem konkreten Wahlverhalten wider. So stehen Wählerinnen und Wähler konservativer Parteien klimaschützenden Maßnahmen tendenziell reservierter gegenüber als diejenigen linksgerichteter Parteien.

Lokale Proteste verdeutlichen, dass der Weg zur Energiewende nicht ohne Hindernisse verläuft. Einspruch gegen Windkraftanlagen im bayerischen Ort Puch



Die Bewertung politischen Handelns entsteht jedoch nicht in einem sozialen Vakuum. Auch die Ansichten und Haltungen des persönlichen Umfeldes, beispielsweise Freunde oder Arbeitskollegen, prägen die eigene Haltung. Ebenso beeinflussen soziale Normen, also von anderen erwartetes und akzeptiertes Verhalten, individuelle Einstellungen. Umweltfreundliche Einstellungen im sozialen Umfeld können folglich dazu beitragen, Klimaschutzmaßnahmen zu akzeptieren und zu unterstützen. Der Grad des sozialen Einflusses wird jedoch auch von der Qualität der Beziehung und dem Vertrauen zwischen den Personen bestimmt. Dies gilt nicht nur für den privaten Bereich. Vertrauen in die Kompetenz und Unbescholtenheit (Integrität) politischer Akteurinnen und Akteure ist eine wichtige Einflussgröße in der Bewertung von (Klima-)Politik.

Ausgestaltung und Umsetzung von Maßnahmen

Trotz der großen Vielfalt politischer Maßnahmen zum Schutz des Klimas sowie ihrer Ausgestaltung – beispielsweise in Form von Verboten oder finanziellen Anreizen – gibt es einige generelle Merkmale, die für ihre gesellschaftliche Akzeptanz von Bedeutung sind.

Ein zentraler Faktor für die Akzeptanz von Energiepolitik ist die wahrgenommene Fairness: Wie sind der Nutzen und das Risiko verteilt, wer ist am politischen Entscheidungsprozess beteiligt? Die Akzeptanz sinkt, wenn bestimmte gesellschaftliche Gruppen (beispielsweise Bürgerinnen und Bürger) den Groß-

teil der Kosten tragen, während andere Akteure (beispielsweise Unternehmen) hauptsächlich die Vorteile genießen. Auch das Gefühl, dass sie nicht ausreichend an dem Entscheidungsprozess beteiligt und ihre Interessen nicht ausreichend berücksichtigt wurden, kann dazu führen, dass Klimaschutzmaßnahmen abgelehnt werden.

Instrumente, die nachweislich zur Erreichung der Klimaschutzziele beitragen und daher als sinnvoll und effektiv wahrgenommen werden, erfahren grundsätzlich eine hohe gesellschaftliche Zustimmung. Insbesondere Maßnahmen, die einen individuellen, gruppenspezifischen oder wirtschaftlichen Nutzen versprechen – beispielsweise für die eigene Gemeinde oder das eigene Unternehmen –, erfahren eine hohe Akzeptanz.

Bei politischen Instrumenten, die die persönliche Freiheit und bestehende Lebensgewohnheiten einschränken, sieht es dagegen anders aus: Je stärker die vermeintliche Einschränkung, desto mehr sinkt die Akzeptanzbereitschaft. Im Allgemeinen werden anreizbasierte Maßnahmen (beispielsweise die Kaufprämie für Elektroautos) im Vergleich zu einschränkenden Maßnahmen (beispielsweise die Innenstadtmaut für PKWs mit Verbrennungsmotoren) bevorzugt. Erstere sind jedoch in der Regel weniger wirksam als letztere. Eine aufeinander abgestimmte Kombination dieser beiden Maßnahmentypen hat sich als die effektivste Form für nachhaltige Verhaltensveränderungen herausgestellt.

Windkraftgegner der „Bürgerinitiative Gegenwind“ und „Aktionsbündnis Pro Natur“ demonstrieren im Mai 2019 in Berlin-Mitte unter dem Motto „Zum Schutz unserer Heimat, Natur- und Kulturlandschaften“. Sie fordern den sofortigen Stopp des Ausbaus von Windenergie sowie eine Neuausrichtung der Energiepolitik.



Nicht in meinem Hinterhof!

[...] Windräder müssen gebaut werden. Doch sobald sie vor der eigenen Haustür entstehen, ist es mit der Zustimmung vorbei. Und die nächste Haustür ist im dichtbesiedelten Deutschland nie weit weg. Was folgt, sind oft genug aufgebrachte Bürger, die Initiativen gründen, Bürgerbegehren anzetteln und am Ende die Pläne von Politik und Wirtschaft durchkreuzen oder wenigstens empfindlich verzögern und verteuern. [...] Der Nimby [abgeleitet von dem englischen Akronym „Not in my backyard“ (Nicht in meinem Hinterhof)], ist zum Prototypen des protestwütigen Bürgers geworden, egoistisch, fortschrittsfeindlich, renitent. Jemand, der sein eigenes Interesse über das Gemeinwohl stellt.

Doch so bequem es wäre, die schleppende Digitalisierung oder Energiewende auf Nimbys zu schieben – so problematisch ist es auch, wie die Politikwissenschaftlerin Julia Zilles sagt. An der Universität Göttingen erforscht sie Bürgerproteste. „Wenn von Nimbys die Rede ist, schwingt oft etwas Diffamierendes mit“, sagt sie. Es unterstellt Egoismus. Dabei ist räumliche Nähe oft nur der erste Auslöser des Protestes. „Es ist beeindruckend, wie viel Expertise da aufgefahren wird“, sagt Zilles. Doch wer jemanden in die Nimby-Schublade stecke, entkräfte damit jedes Argument, weil dem Gegenüber die Kompetenz abgesprochen werde, sich objektiv zu dem Thema zu äußern.

Die Leute selbst sehen sich ohnehin anders, weiß die Politologin aus vielen Gesprächen. „Sie haben ein positives Selbstbild ihres Engagements und ihrer Verantwortung, was aus demokratischer Sicht erst mal positiv ist.“ Die eigentlichen Probleme entstehen auch nicht, weil Bürger bei Projekten mitsprechen wollen, sondern weil sie es zu einem Zeitpunkt einfordern, an dem der politische Prozess längst abgeschlossen ist. Der gewählte Gemeinderat hat in einem Konsensverfahren entschieden, vielleicht sogar mit großer Mehrheit. Bürgerprotest formiert sich aber erst, wenn die Bagger losrollen.

„Wer diese Erfahrung – zu spät dran zu sein – einmal gemacht hat, engagiert sich dann in den Nachbargemeinden“, sagt Zilles. Es geht also nicht nur um den eigenen Hinterhof. So war in den vergangenen Jahren zu beobachten, wie sich Bürgerinitiativen zunehmend professionalisieren. Im Internet, über Facebook oder Whatsapp vernetzen sich Interessierte, stellen „Erste-Hilfe-Pakete“ zusammen oder tauschen sich über kreative Protestformen aus. Auf „anleitungen-buergerproteste.de“ gibt es gleich 50 Vorschläge – von unangekündigten Demonstrationen, die hier „Smart Mob“ heißen, bis zur „Krönung“, der Bürgerinitiative. Unterstützung gibt es zudem von einer großen Mehrheit der Deutschen. Einer Bertelsmann-Studie zufolge zeigten sich 80 Prozent der Befragten pro Bürgerentscheid und Bürgerinitiative. Fast jeder Dritte hat selbst schon aktiv teilgenommen.

Damit Bürgerbeteiligung und Großprojekte sich nicht ausschließen müssen, wenden sich Planer an Menschen wie Ingo Seeligmüller. Der Soziologe und Medienwissenschaftler ist Geschäftsführer der Leipziger PR-Agentur Neulandquartier. Seine Aufgabe ist es nicht mehr nur, Pläne nach außen möglichst verständlich zu vermitteln. Die „One-to-Many-Kommunikation“, wie er das nennt, reiche heute nicht mehr. Es brauche mindestens den Dialog mit Anwohnern und manchmal eben auch eine Kooperation. [...] Damit es funktioniert, schaut er sich für seine Kunden an, welche Ängste und Sorgen Anwohner haben, analysiert alle Interessensgruppen, prüft, ob es Vorgeschichten

gibt und in welchem Umfang Bürger beteiligt werden können. „Der Knackpunkt liegt aber in der Frage, was Beteiligung eigentlich heißt“, sagt Seeligmüller und erklärt erstmal, was es nicht heißt: wirklich entscheiden zu dürfen. „Das obliegt immer noch unseren Behörden und Verwaltungen.“

Trotzdem können Bürger Impulse liefern und frühzeitig signalisieren, wo eine Anlage geduldet werde und wo mit Widerstand zu rechnen sei. „Da wird der Planer auf eine Alternative aufmerksam gemacht, die er zuvor aus irgendeinem Grund ausgeschlossen hat – vielleicht weil er dachte, dass diese Variante bei den Leuten nicht auf Akzeptanz stößt.“

Der Agenturchef beobachtet aber, dass Bürgerinitiativen oft auch dann den Diskurs eines Projekts lenken, wenn sie nur wenige Mitglieder und Unterstützer haben. „Jeder kann inzwischen zum Sender werden“, sagt er. „Was wir im Moment erleben, ist ein verzerrtes Bild, in dem sich öffentliche Meinung und veröffentlichte Meinung nicht decken.“ Empörungswellen können schneller heraufbeschworen werden als jede noch so ausgefeilte Kommunikationsstrategie. Wenn es nicht mehr um das „Wie“, sondern nur noch um das „Ob“ gehe, seien die Fronten endgültig verhärtet. [...]

Bei allem, was mit der Energiewende zusammenhängt, zeigt sich das besonders deutlich. Hier häufen sich Proteste, sagt Politikwissenschaftlerin Zilles, weil es sich um ein dezentrales Projekt handelt. Früher haben sich Großkraftwerke an einem Fleck konzentriert. Heute können Windkraftanlagen überall verstreut werden, vor allem in den ländlichen Regionen. Kleine Protestformen sind die Folge, weil Bewohner schwach besiedelter Regionen normalerweise keine Chance haben, echte Mehrheiten zu bilden. Neunzigprozentige Zustimmung zur Windkraft auf Bundesebene verfange sich letztlich in lokalen Interessen, erklärt die Politikwissenschaftlerin. „Entscheidungen werden als entkoppelt wahrgenommen.“ Berlin diskutiert, plant, weist Bauland aus und fordert Unternehmen auf, sich für Projekte zu bewerben. „Den Protest bekommt aber der Bürgermeister oder Lokalpolitiker ab.“

Erst mal anzuerkennen, dass Windräder oder riesige Neubauprojekte, die insgesamt gewollt und gebraucht werden, auch eine Belastung sein können, sei das Erste. Andere Dinge könnten folgen: Man könnte die Anwohner entschädigen oder ihnen günstigeren Strom anbieten, wenn sie das Windrad schon vor die Nase gesetzt bekommen. Auch über repräsentativere Beteiligungsformate wird nachgedacht, mit Bürgergremien, die nach demographischen Kriterien, aber letztlich zufällig ausgewählt werden. In anderen Staaten oder auf europäischer Ebene ist das schon üblich. [...]

Anna-Lena Niemann, „Schuld war wieder mal der Nimby“, in: Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung vom 26. Januar 2020 © Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt. Zur Verfügung gestellt vom Frankfurter Allgemeine Archiv

Von der Windkraft profitieren

Kleine Ortschaften finden sich im Hunsrück zwischen den riesigen Wäldern, in denen hohe Windräder stehen, nur vereinzelt. Und in drei Vierteln der Orte, die sich finden, wohnen weniger als 500 Menschen. Nur etwas mehr als 100 000 Einwohner zählt der [Hunsrück-]Kreis insgesamt. Wo wenige Menschen leben, ist der Energieverbrauch gering. Und auch der Protest. Das ist Grund Nummer eins, warum ausgerechnet der Hunsrück in Rheinland-Pfalz zu dem Vorzeigebispiel der Energiewende schlechthin geworden ist.

Grund Nummer zwei: Im Hunsrück profitieren die Bürger von der Windkraft. Die mehreren hundert Windkraftanlagen im Kreis stehen beinahe ausschließlich auf Gemeindegebieten. Nicht private Landbesitzer verdienen mit ihnen Geld, sondern die Ortschaften selbst. Während sich die Windkraft bundesweit in einer schweren Krise befindet, der Ausbau zuletzt fast zum Erliegen kam, werden im Hunsrück weiterhin Windräder errichtet. Der Landkreis produziert heute mehr als dreimal so viel Strom, wie er verbraucht. 272 Prozent seines Bedarfs stammen aus der Windkraft. Bundesweit sind es 18 Prozent.

In Neuerkirch, einem kleinen Örtchen mitten im Hunsrück [...] und im Nachbarort Külz kommen auf 800 Einwohner 18 Windräder. Sie produzieren 45 Mal so viel Energie, wie die beiden Dörfer verbrauchen. Und die Pachteinnahmen bleiben in der Gemeinde.

Mit den neuen Einnahmen finanzierte man einen Bürgerbus, der Senioren zu Ärzten und Geschäften fährt, und E-Bikes, die alle nutzen dürfen. Die Gemeinde kauft alte Häuser, saniert sie und unterstützt Bürger, die auf Brachflächen bauen wollen, mit bis zu 25 000 Euro. [...]

Neuerkirch ist wie viele andere Kommunen im Rhein-Hunsrück-Kreis der Vorzeigekommune Schnorbach gefolgt, die ein nach ihr benanntes Modell entwickelt hat: klimafreundliche Leistungen der Bürger werden gefördert, etwa Photovoltaik-Anlagen oder der Austausch „energiefressender“ Kühlschränke durch Energiesparmodelle. Und dann wären da noch „LED-Tauschtag“, an denen Anwohner alte Glühbirnen bringen können und bis zu 15 LED-Lämpchen kostenfrei erhalten.

271 Windkraftanlagen sind im Kreis am Netz oder im Bau. Rund die Hälfte der 137 Städte und Gemeinden erhält dadurch eine Pacht, die andere Hälfte Ausgleichszahlungen durch sogenannte Solidarpakte. Sieben Millionen Euro Pacht kommen jedes Jahr zusammen. Im Gegensatz zu allen anderen Einnahmen wie etwa der Gewerbesteuer können die Städte und Gemeinden das Geld vollständig behalten. Das macht für viele der kleinen Kommunen einen enormen Unterschied. Sie können nun wieder etwas tun, was sie schon lange nicht mehr konnten: investieren. In Straßen, in Schulen, in Vereine, in Spielplätze, in Kindergärten.

[...]. Den Vorwurf, die Windkraftanlagen seien „Schreddermaschinen“ für die Vögel, nennen die Leute im Hunsrück „Kappes“. Quatsch. Viele Rotmilane und Schwarzstörche hätten sich wieder angesiedelt. Vögel also, an denen Windanlagen vielerorts scheitern. [...]

Bundesweit geht der Ausbau neuer Anlagen zurück. Meist sind fehlende Flächen, mangelnde Akzeptanz und langwierige Klagen die Gründe. Mit Unverständnis blickt man im Landkreis auf die Pläne der Bundesregierung, einen Mindestabstand von tausend Metern zu Wohngebieten einzuführen. Nur etwas mehr als 80 Anlagen sind bundesweit in der ersten

Jahreshälfte 2019 errichtet worden. So viele seien einst allein hier im Landkreis binnen eines Halbjahres entstanden, sagt man im Hunsrück.

Mit dem Geld der Windkraft entstehen weitere Projekte. In Neuerkirch etwa wurde eine Nahwärmanlage errichtet, bestehend aus einem Solarthermie-Feld, dem größten im Bundesland, und einer Holz-Hackschnitzel-Verbrennungsanlage. Mit den Nahwärmeleitungen wurden Glasfaseranschlüsse verlegt. Nun qualmt kein Schornstein mehr. Das Projekt wurde von den Bürgern mitgestaltet, der Zusammenhalt im Ort wuchs.

Auch das Thema Sonnenenergie ist im Kreis alles andere als abgeschrieben. Obwohl die Förderung von Solaranlagen sinkt, kommen neue hinzu. Denn gleichzeitig sind die Modulpreise gesunken, auch ist die Energie- und Speichertechnik besser geworden. Im Kreis stehen 4500 Solaranlagen, etwa jeder achte Haushalt besitzt eine, fast 20 Prozent des Strombedarfs werden so gedeckt. [...]

Die Kreisverwaltung will mit Vorzeigeprojekten vorangehen. So können die Bürger etwa ihre Baum- und Strauchschnittabfälle an einem der 125 Sammelplätze abgeben – mit dem gehäckselten Holz wird dann geheizt. Die Wärme geht an Schulen, Kindergärten, ein Schwimmbad und Altenheime. Damit ersetzt der Landkreis nach Angaben des kommunalen Betreibers rund 800 000 Liter Heizöl im Jahr. Viel Geld gespart wird damit nicht, das ist auch nicht das Ziel. Es darf nur nicht mehr kosten als die nichtgrüne Alternative. „Wir müssen uns um den Abfall ja sowieso kümmern“, sagt Thomas Lorenz, Vorstand der Rhein-Hunsrück-Entsorgung. „Das Konzept würde in jeder ländlichen Kommune der Welt funktionieren.“

Der Kreis hat sich schon 2011 ein Klimaschutzkonzept gegeben. Es sieht vor, bis 2050 komplett klimaneutral zu sein. „Früher hat der ländliche Raum nur Lebensmittel an die Ballungsräume gegeben, heute ist es Energie“, sagt [Frank-Michael] Uhle [in der Kreisverwaltung für Klimaschutz zuständig]. Die Energiewende bezeichnet er als „riesengroßes“ Wirtschaftsförderungsprogramm. [...]

Julian Staib, „Die Wende“, in: Frankfurter Allgemeine Woche vom 24. Januar 2020 © Alle Rechte vorbehalten. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH, Frankfurt. Zur Verfügung gestellt vom FrankfurterAllgemeine Archiv



Anreizbasierte Maßnahmen erfahren Akzeptanz: Windräder oberhalb der Gemeinde Bell im Hunsrück, Rheinland-Pfalz, im Mai 2021

Zweifel an der menschengemachten Erderwärmung

CHARLOTTE UNGER / CLARA MEWES / KATHLEEN A. MAR

Inzwischen gibt es mehr wissenschaftliche Erkenntnisse über den Klimawandel als noch vor einigen Jahren, und extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen, Trockenheit und Unwetter machen ihn stärker fühlbar. Trotzdem existieren in einigen Teilen der Bevölkerung – nicht nur in Deutschland, sondern weltweit – Zweifel an der menschengemachten Erderwärmung. Der Personenkreis, der die Erkenntnisse der Wissenschaft und gut belegte Fakten über den Klimawandel nicht anerkennt, wird auch als „Klimawandelskeptiker“ oder „Klimafaktenleugner“ bezeichnet. Es gibt sie in allen Bevölkerungsschichten, unabhängig von Alter, Geschlecht, Einkommen oder politischer Einstellung.

Die Klimawandelskepsis beruht meistens auf einem oder mehreren der folgenden Irrtümer: Einer davon lautet: „Menschen sind nicht schuld an den Veränderungen“. Während sich die Forschung zu 97 Prozent darüber einig ist, dass vor allem menschliches Handeln den Klimawandel verursacht, behaupten Klimafaktenleugner, dass nicht der Mensch, sondern ausschließlich die Sonne an der Erderwärmung schuld sei. Der Einfluss der Sonne und die Intensität ihrer Strahlen werden in wissenschaftlichen Modellen und Berechnungen aber bereits berücksichtigt.

Obwohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler herausgefunden haben, dass sich die Temperaturen in den vergangenen 2000 Jahren auf Grund menschlicher Aktivitäten so schnell und so stark verändert haben wie noch nie zuvor, argumentieren Klimafaktenleugner, dass der Klimawandel ein rein natürlicher Prozess sei und es schon immer Kalt- und Warmzeiten gegeben habe.

Daran schließt sich die Behauptung an, die „beobachteten Veränderungen seien ‚ganz normal‘, ‚nicht so schlimm‘ oder gar ‚positiv‘“; vielfach wird betont, dass Temperaturveränderungen von einigen Graden Celsius „keine großen Auswirkungen auf das Leben auf der Erde hätten, und behauptet, dass die Erde grüner geworden sei, Pflanzen dank des Kohlenstoffs besser wüchsen und mehr Ertrag bringen könnten“. Ignoriert werden dabei die komplexen Zusammenhänge von Wetter und Klima, von Temperatur- und Meeresspiegelanstieg und die Häufung extremer Wetterereignisse in unserem Erdsystem.



Am 2. Juni 2017 bestätigt der Leiter der US-Umweltbehörde EPA, Scott Pruitt, der Presse in Washington D.C. den geplanten Austritt der USA aus dem Pariser Klimaabkommen.

Schließlich beteuern viele Klimawandelleugner: „Menschen können nichts gegen die Veränderungen tun“, um sich so der Handlungsverantwortlichkeit zu entziehen. Auch diese Argumente sprechen auf die vermeintliche Natürlichkeit des Klimawandels an oder aber heben die Machtlosigkeit des Einzelnen oder Deutschlands gegenüber einer globalen Herausforderung hervor.

In den USA ist der Personenkreis, der Falschaussagen zum Klimawandel und Verschwörungsmythen verbreitet, bereits seit dem Ende der 1980er-Jahre sehr aktiv und einflussreich. In Deutschland ist ihr Einfluss auf Öffentlichkeit und Politik jedoch eher gering: Laut *ARD-DeutschlandTrend* vom Mai 2019 sind nur 13 Prozent der Deutschen der Meinung, dass der Mensch keinen Einfluss auf den Klimawandel hat. Dennoch kann auf Grund der Präsenz von Klimawandelleugnern in den Medien leicht der Eindruck entstehen, dass ihre Stimme unverhältnismäßig viel Gewicht hat.

Falschinformationen und Klimawandel-Zweifel werden vor allem von selbsternannten Think Tanks, Instituten und Parteien am rechten Rand des politischen Spektrums verbreitet. Solche Gruppen treten als Sprachrohr der Zweifelnden auf und wenden sich meist an die gesamte Bevölkerung. Hinter der Verbreitung von klimawandelskeptischen Aussagen stehen nicht nur persönliche Zweifel und die Abweichung von eigenen Erfahrungen (z.B. die Beobachtung des alltäglichen Wetters) und den Erkenntnissen der Wissenschaft, sondern häufig auch politische und ökonomische Interessen.

Insbesondere konservative Think Tanks stehen oft in Verbindung mit Energiekonzernen, die ihr Geschäftsmodell auf herkömmliche Energiegewinnung stützen, und anderen die Umwelt belastenden Industrien. In den USA hat eine Reihe von Studien belegt, dass es zwischen Energiekonzernen und Think Tanks viele finanzielle Verflechtungen gibt. Die Finanzierung solcher Organisationen ist jedoch häufig schwer zu verfolgen. Viele der öffentlich auftretenden Klimafaktenleugner sind Personen, die zwar eine gewisse Nähe zu den Naturwissenschaftlern haben, aber keine anerkannten Klimaforscher sind. Und dennoch geben sie sich in der Öffentlichkeit als glaubwürdige Experten mit wissenschaftlicher Autorität auf dem Gebiet aus.

Auch im politischen Raum, vorzugsweise am Rand des rechten politischen Spektrums, gibt es Tendenzen, den Klimawandel zu leugnen, klimawandelskeptische Botschaften zu verbreiten, die menschengemachte Erderwärmung als Märchen und die Klimaschutzdebatte als Hysterie zu bezeichnen.



Fälschlicherweise wird in solchen Kreisen verbreitet, dass die Aussage des Weltklimarates, die Klimaänderungen seien vorwiegend menschengemacht, wissenschaftlich nicht gesichert sei.

Klimafaktenleugner lehnen zudem meist Klimapolitik und Maßnahmen zum Klimaschutz ab. Diese Ablehnung stützt sich unter anderem auf die Angst vor den sozialen Folgen des Klimaschutzes – wie möglichen Jobverlusten und höheren Preisen für Benzin, auf wirtschaftliche Interessen oder sie beruht auf Antipathien wie etwa gegenüber Windrädern in der Landschaft.

Skepsis gegenüber dem Klimawandel wird auch durch verschiedene Medien, Zeitungen, Magazine oder Onlineangebote verbreitet. Zum einen werden dort Artikel mit gegenteiligen vermeintlichen Fakten und Argumenten veröffentlicht oder es wird bekannten Klimawandelskeptikern eine Plattform geboten. Generell erscheinen klimaskeptische Beiträge gehäuft im Zeitraum vor und nach Klimatagen der Vereinten Nationen. Gegenüberstellungen, vermeintliche Streitgespräche und Diskussionen zwischen Wissenschaftlern und Klimaskeptikern gehören aber auch in traditionellen Printmedien zu beliebten journalistischen Formaten. Das ist insofern problematisch, als

hier Behauptungen von Klimawandelskeptikern auf eine Stufe mit wissenschaftlichen Erkenntnissen gestellt werden.

Zum anderen sind auch das Internet und vor allem soziale Medien wie Facebook, Twitter und YouTube beliebte Kanäle für die Verbreitung von Falschmeldungen und skeptischen Botschaften zum Klimawandel. Die schnelle Verbreitung durch solche Medien, aber auch eine überproportionale Vertretung all dieser skeptischen Initiativen, birgt die Gefahr, dass ihre Behauptungen auch ohne Fachwissen geglaubt und weiterverbreitet werden.

Grundsätzlich bedienen sich Wissenschaftsverleugnungen stets derselben Methoden: Sie verdrehen oder verfälschen Studienergebnisse, reißen Zitate oder Fakten aus dem Zusammenhang heraus und bedienen sich nicht zuletzt auch an Verschwörungserzählungen. Die Artikel zitieren häufig Klimastudien aus Fachzeitschriften und wirken somit zunächst wissenschaftlich. Erst auf den zweiten Blick fällt auf, dass sie nur jene Studien zitieren, die passende Ansatzpunkte für ihre Argumentation hergeben und dann deren Kernaussagen verdrehen, diese aus dem Kontext reißen und andere Studien unerwähnt lassen. Zusätzlich setzen solche Artikel auf die Ängste von Menschen. Sie sprechen die emotionale Seite der Menschen an und lassen Rationalität und Vernunft außer Acht.

Populismus und Wissenschaft

[...] Populismus und Wissenschaft – ein Spannungsverhältnis, das vielen Forscherinnen und Forschern schon länger Kopfzerbrechen bereitet. Denn wissenschaftliche Erkenntnisse werden durch populistische Kräfte ohne jeden Gegenbeweis einfach weggewischt. [...]

Auch bei der Klimapolitik äußern sich auffällig oft fachfremde Personen und erklären, die internationale Forschung sei nicht ernst zu nehmen. Ähnliche Diskussionen sind bei den Themen Impfen oder auch Risiken durch Zigarettenrauch zu beobachten. Der Präsident der Deutschen Forschungsgesellschaft, Peter Strohschneider, beklagt bereits 2017 Wissenschaftsfeindlichkeit und populistischen Anti-Intellektualismus. [...]

Aber warum breiten sich populistische Konzepte auch in der Wissenschaft aus? Warum versuchen autoritäre Politiker [...] die Wissenschaft auf Linie zu bringen? Populistische Vereinfachungen und autokratische Durchgriffsideologien verhießen, den Zumutungen der modernen Welt schadlos entkommen zu können, sagt Strohschneider. Deswegen würden die Kräfte dahinter den sachlichen Diskurs verächtlich machen und methodische Wahrheitssuche sowie die Begründungsbedürftigkeit von Geltungsansprüchen negieren. Was dann noch bleibe, seien „alternative Fakten“. In der Öffentlichkeit entstehe der Eindruck, es stünden sich zwei Meinungen gegenüber und man könne sich einfach aussuchen, welche „Wahrheit“ am besten ins eigene Weltbild passe. Allerdings solle niemand dem Irrtum erliegen, Wissenschaft würde „die“ Wahrheit liefern.

Wissenschaft liefere vielmehr verschiedene Anhaltspunkte und methodisch verlässliches Wissen. [...] Das Wissen stehe „unter Revisionsvorbehalt – allein dann ist ja an Erkenntnisfortschritte zu denken“. Außerdem sei eine Haltung offener Ehrlichkeit nötig, ebenso wie die Fähigkeit, von sich selbst Abstand nehmen zu können, „also die eigene Expertise nicht schon für das Ganze von Wissenschaft zu halten, die methodische Verlässlichkeit wissenschaftlichen Wissens nicht mit so

etwas wie absoluter Gewissheit zu verwechseln“. Forschung solle gesellschaftliche und politische Diskurse informieren, könne aber nicht an ihre Stelle treten. [...]

Der Schweizer Historiker Caspar Hirschi hat sich mit dem Einfluss von Expertinnen und Experten auf die Politik beschäftigt. Er betont, die moderne Gesellschaft sei angewiesen auf Sachverständige: „Man kann heute so wenig gegen Experten sein, wie man gegen Verkehr, Geld oder Steuern sein kann. Ohne Experten würden nicht nur die Institutionen des demokratischen Rechtsstaates lahmgelegt, das gesellschaftliche Leben als Ganzes würde über kurz oder lang zusammenbrechen. Das wissen sogar jene Politiker, die Stimmung machen gegen Experten, um sich mit dem sogenannten Volk gegen die sogenannten Eliten zu verbrütern. Sobald eine Entscheidung von gewisser Komplexität ansteht, greifen auch Populisten auf den Rat von Experten zurück. Nur tun sie es diskreter. [...]

Populismus bedeutet nicht, dass die Politik auf Expertinnen und Experten verzichtet, sondern dass sie die Inszenierung mit ihnen vermeidet. Stattdessen werde eine Darbietung der starken souveränen Führungsfigur geboten, verpflichtet allein der Stimme des Volkes, die gewissermaßen aus ihrem Bauch heraus zu den Menschen spreche. Hirschi meint, Fachleute seien in der modernen Wissensgesellschaft zu einer Konkurrenz für die Politik geworden: „Dass Experten eine derart beliebte Zielscheibe von Populisten werden konnten, war nur möglich, weil sie zuvor von Politikern staatstragender Parteien zu Garanten einer neuen, wissenschaftsbasierten Politik hochstilisiert worden waren. [...] Experten haben dadurch ein symbolisches Gewicht erhalten, das zuerst zu einer repräsentativen Last, und dann zu einem Reputationsrisiko geworden ist.“

Patrick Gensing leitet seit 2017 die Abteilung „ARD-faktenfinder“, die er aufgebaut hat. Er lebt in Hamburg.

Patrick Gensing, Fakten gegen Fake News oder Der Kampf um die Demokratie“, © Duden 2019, Bibliographisches Institut Berlin, S. 83–95

Klimaschutz als Aufgabe für Politik und Gesellschaft

Um globale Klimaschutzziele zu erreichen, müssen möglichst alle Staaten aktiv, fair und eigenverantwortlich zusammenarbeiten. Das gilt besonders für Deutschland, die EU und ihre Mitgliedstaaten als dem Interessenausgleich verpflichtete Demokratien.

Globale Klimapolitik

CHARLOTTE UNGER

Der Klimawandel macht als globales Problem vor keiner Region dieser Erde halt. In den 1970er-Jahren begann durch stetig wachsende wissenschaftliche Forschung, das Bewusstsein über die globale Erderwärmung zu wachsen. Viele Länder stimmten nun zu, dass man der Herausforderung, den Klimawandel aufzuhalten, nur mit einem gemeinschaftlichen Ansatz begegnen könne.

Von besonderer Bedeutung war die Einrichtung des Weltklimarats IPCC (siehe S. 24 ff.) im Jahr 1988. Nach den ersten internationalen Klimakonferenzen Ende der 1970er- und der 1980er-

Jahre war der Erdgipfel 1992 in Rio de Janeiro bahnbrechend. Hier wurde die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) beschlossen und die Industrienationen verpflichteten sich zur Verringerung ihrer Treibhausgasemissionen. Sie versprachen (auf freiwilliger Basis), bis zum Jahr 2000 wieder ihre Emissionswerte aus dem Jahr 1990 einzuhalten.

Das Kyoto-Protokoll

Erst einige Jahre später konnten sich die Länder auf ein rechtlich verbindliches Klimaabkommen einigen, das für die praktische Umsetzung der Rahmenkonvention sorgen sollte. Im Jahr 1997 wurde das Kyoto-Protokoll verabschiedet. Es dauerte jedoch noch bis 2005, bis genug Länder das Abkommen ratifiziert hatten, um es in Kraft treten zu lassen.

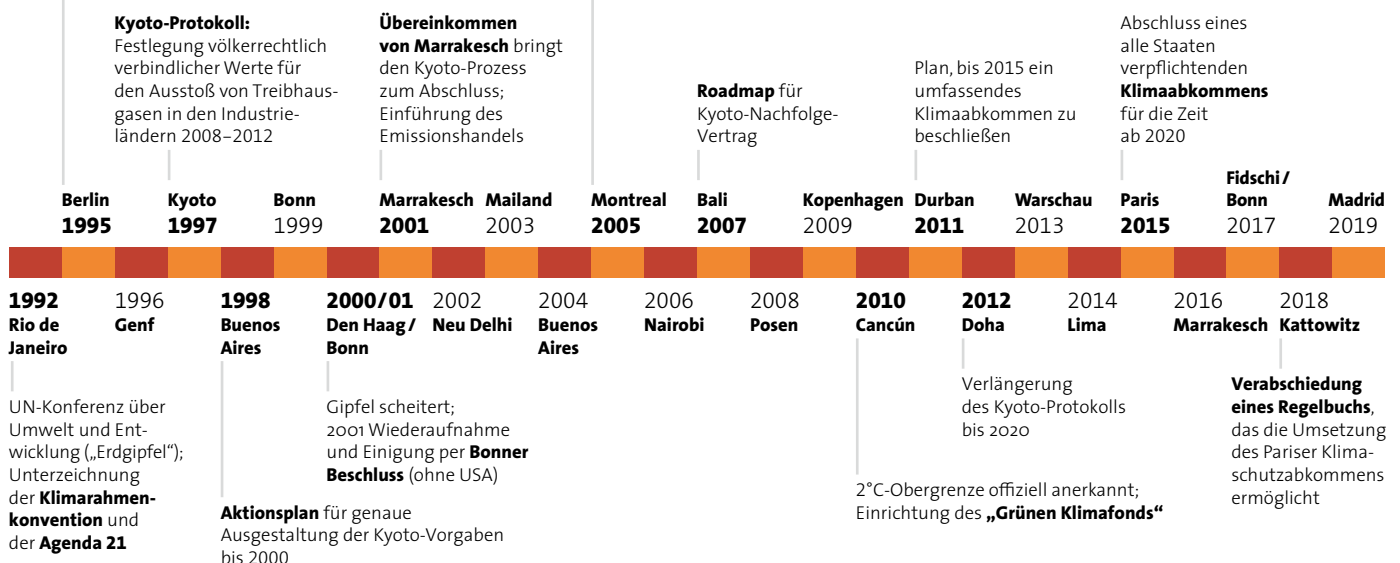
Stationen der Klimadiplomatie: Weltklimagipfel

Berliner Mandat:

Ad-hoc-Gruppe erarbeitet verbindliche Ziele und einen Zeitrahmen zur Reduzierung der Treibhausgase

Kyoto-Protokoll tritt in Kraft;

Beratung über Fortentwicklung des Kyoto-Protokolls nach 2012





Im Dezember 1997 einigen sich die UN-Mitgliedstaaten im japanischen Kyoto auf ein rechtsverbindliches Abkommen zum Schutz des Klimas.

Zunächst für eine Dauer von 2008 bis 2012 regulierte der Vertrag sechs der wichtigsten Treibhausgase: Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid bzw. Lachgas (N_2O), Fluorchlorkohlenwasserstoffe bzw. F-Gase (HFC) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) sowie Schwefelhexafluorid (SF_6). Vorgesehen war, deren Ausstoß um mindestens 5 Prozent unter das Niveau von 1990 zu senken, um „eine gefährliche vom Menschen verursachte Störung des Klimasystems zu verhindern“.

Das Abkommen enthielt auch eine Aufteilung in Industriestaaten und Entwicklungsländer. Heute wird meist von Ländern des Globalen Südens gesprochen, um die wertende Bezeichnung Entwicklungs- und Schwellenländer zu vermeiden. Das Kyoto-Protokoll versuchte der historischen Verantwortung

von Industrieländern für den Klimawandel beizukommen, indem es die Summe der Minderungsverpflichtungen nur unter ihnen aufteilte.

Zudem legte es konkrete Werkzeuge fest, wie die Länder im Klimaschutz aktiv werden können. Wichtiger Bestandteil sind sogenannte Markt- oder auch Kyoto-Mechanismen. Hier werden in Klimaschutzprojekten entstehende Emissionsreduktionen zertifiziert. Diese Zertifikate können verkauft werden. Der Käufer (z.B. Länder oder Unternehmen) kann sie auf seine eigenen Verpflichtungen zur Verringerung von Treibhausgasemissionen anrechnen und muss dann selbst „zu Hause“ etwas weniger tun.

Im „Internationalen Emissionshandel“, einem eigenständigen Instrument unter dem Kyoto-Protokoll, handeln die Industrieländer untereinander mit ihren durch das Kyoto-Protokoll zugeteilten Emissionszertifikaten. Reduziert ein Land mehr als sein festgelegtes Kyoto-Ziel, kann es überschüssige Zertifikate an ein anderes Land verkaufen. In sogenannten *Joint Implementation*-Projekten produzieren Projektbetreiber in Industrieländern Emissionszertifikate, die sie an andere Industrieländer weiterverkaufen.

Am weitesten verbreitet ist der *Clean Development Mechanism* (CDM). Hier erzeugen Klimaschutzprojekte in einem Land des Globalen Südens Emissionszertifikate und veräußern diese an Industrieländer. Mit dem CDM wurde einerseits mehr Flexibilität für Industrieländer geschaffen, andererseits hatten damit auch die Länder des Globalen Südens die Möglichkeit, zum Klimaschutz beizutragen und über den Verkauf von Zertifikaten finanzielle Unterstützung zu erhalten.

Solarbetriebene Heißwasserbereiter auf den Dächern der Siedlung Kuyasa am Rand von Kapstadt sind 2008 Südafrikas erstes Clean Development Mechanism (CDM)-Projekt, unterstützt durch die UN.





Um auf die Bedrohung seines Landes durch den Klimawandel aufmerksam zu machen, beruft der maledivische Präsident Mohamed Nasheed aus Anlass der UN-Klimakonferenz in Kopenhagen 2009 sein Kabinett zu einer öffentlichkeitswirksamen Unterwassersitzung ein.

Obwohl das Kyoto-Protokoll ein Meilenstein der internationalen Klimapolitik war, hatte es auch viele Schwachstellen. Seine Mechanismen wurden als ineffizient kritisiert – beispielsweise stand der CDM in Verruf, viele Schlupflöcher und gar Betrugsgeschäfte zuzulassen. Außerdem waren nicht alle großen Treibhausgasverursacher dabei: Die USA ratifizierten den Vertrag gar nicht erst, Kanada trat im Jahr 2011 aus und andere große Treibhausgasverursacher wie Indien oder China hatten keine Minderungsverpflichtungen.

Zwar wurden die versprochenen Treibhausgasminderungen schließlich formal sogar übertroffen, aber das lag vor allem daran, dass große Treibhausgasverursacher wie die USA oder Kanada nicht mehr dazu gezählt wurden. Ein weiterer großer Anteil der Minderungen resultierte aus der Stilllegung von Industrien nach Auflösung der Sowjetunion und dem Beitritt der DDR zur Bundesrepublik Deutschland und geschah bereits vor Unterzeichnung des Abkommens. Sie können deshalb streng genommen nicht als Erfolg des Abkommens gewertet werden. Auch die Finanzkrise 2008/2009 verringerte die Produktion in den Industrieländern und ließ die Emissionen automatisch schrumpfen. Schließlich erwies sich, dass einige Länder ihre Ziele nur durch den massiven Kauf von Emissionszertifikaten erreichten.

Es gibt daher viele Stimmen, – besonders aus der Wissenschaft –, die das Kyoto-Protokoll nicht als Erfolg werten, weil es dem schnellen weltweiten Emissionsanstieg nicht wirksam Einhalt gebieten konnte.

Streit um die historische Verantwortung

Bereits während der Verhandlungen zum Kyoto-Protokoll schwelte ein Streit zwischen Industriestaaten und Ländern des Globalen Südens. Die Konfliktlinien sind bis heute vorhanden. Es geht darum, wer, wann wie viele Treibhausgase zu senken hätte und wie Treibhausgasminderung sowie Anpassung an den Klimawandel zu bezahlen seien.

Die Länder des Globalen Südens werfen den Industrieländern vor, dass diese die Hauptverantwortung für den Klimawandel trügen. Historisch gesehen hätten sie, seit der Industriellen Revolution die meisten Treibhausgase ausgestoßen und damit die bereits jetzt eingetretene Erwärmung von 1°C ausgelöst.

Der Globale Süden argumentiert, dass auch er ein Recht auf industriellen Fortschritt und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen habe. Daher sollten Industrieländer ihre Treibhausgase (stärker) reduzieren, aber auch für die Kosten des Klimawandels aufkommen. Hierfür wird der Begriff „Verluste und Schäden“ benutzt. Viele Länder des Globalen Südens

fordern einen rechtlichen Anspruch auf einen (finanziellen) Ausgleich der Schäden, die sie durch den Klimawandel erleiden.

Dem halten die Industrieländer entgegen, dass der Klimawandel ohne die Mithilfe der Länder des Globalen Südens nicht zu stoppen sei. Besonders wichtige Schwellenländer wie China oder Indien, deren Wirtschaftswachstum Energieverbrauch und Treibhausgasausstoß ansteigen ließ, sollten einen eigenen Beitrag zu den Minderungen leisten. Vor allem aber gibt es Vorbehalte in der Finanzierungsfrage. Die meisten Industrieländer wollen sich nicht festlegen oder längerfristige finanzielle Zusagen machen.

Diese Streitigkeiten machten es schwierig, sich auf die Klimapolitik ab 2012, die Zeit nach dem Kyoto-Protokoll, zu einigen. Die Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen stritten über Jahre hinweg und viele der jährlichen Verhandlungen endeten ohne nennenswerte Ergebnisse. Erst im Jahr 2012 wurde vereinbart das Kyoto-Protokoll zu verlängern, jedoch mit weniger Erfolg. Große Treibhausgasverursacher wie die USA, Kanada, Japan und Russland oder aber China und Indien waren nicht dabei. Die Staaten, die an der zweiten Periode des Kyoto-Protokolls teilnahmen, waren insgesamt nur noch für knapp 15 Prozent der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich.

Das Pariser Klimaabkommen

Positiv hervorzuheben ist vielleicht, dass in den ersten beiden Jahrzehnten des neuen Jahrtausends langsam das Bewusstsein wuchs, dass Klimaschutz alle Lebensformen und -bereiche unserer Erde betrifft. Die internationale Klimaschutz-Zusammenarbeit erweiterte sich deshalb um viele weitere Themen sowie neue Akteurinnen und Akteure. So wurden nun beispielsweise auch Anpassungsmaßnahmen zusätzlich zur Bekämpfung des Klimawandels verhandelt.

Nach Jahren zäher Verhandlungen stellte das Pariser Klimaabkommen einen Höhepunkt der internationalen Klimapolitik dar. Verabschiedet im Jahr 2015, trat es bereits etwa ein Jahr später in Kraft und betrifft die Zeit nach 2020.

Der Vertrag legt ein übergeordnetes Ziel fest: Die Erderwärmung soll „deutlich unter 2°C“ gehalten werden, und es sollen weitere Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5°C zu begrenzen. Denn der Weltklimarat (IPCC) geht davon aus, dass die schlimmsten Folgen für den Planeten noch abgewendet werden können, wenn die Erderwärmung auf 1,5°C begrenzt wird. Diese Annahme beruht auf einer Berechnung eines Gesamtbudgets an Treibhausgasen, das der Welt theoretisch noch zur Verfügung steht, bevor 1,5°C Erwärmung erreicht werden.

Globale Gerechtigkeit beim Klimaschutz

[...] Was ist Gerechtigkeit in der Klimakrise? Blickt man auf die deutsche Debatte – und die vieler anderer westlicher Länder –, bekommt man zwei Antworten. Für die einen besteht Gerechtigkeit vor allem darin, bei Maßnahmen wie Kohleausstieg, CO₂-Steuer oder Energiewende auf mögliche Verlierer zu achten: Arbeiter in der Kohleindustrie, Pendler, die ihr Auto brauchen, Anwohner, die gegen Windräder protestieren. Verfechter dieser Klima-Gerechtigkeit findet man in fast allen politischen Parteien. Ihr Motto beim Klimaschutz lautet: „Ja, aber“. Ja, Klimaschutz ist wichtig, aber er soll sozialverträglich sein und möglichst keine Wähler verprellen.

Für andere wie die Demonstranten der „Fridays for Future“-Bewegung besteht Klima-Gerechtigkeit vor allem darin, jüngeren und zukünftigen Generationen eine lebenswerte Welt zu hinterlassen, deren Durchschnittstemperatur nicht mehr als 1,5 Grad angestiegen ist. Ihr Motto: „Es ist fünf vor zwölf“.

Beide Antworten sind natürlich richtig. Das Problem ist, dass die größte und dramatischste Gerechtigkeitslücke kaum vorkommt: die globale. Wir wissen zwar, dass die Überhitzung der Erde eine entgrenzte Bedrohung ist, dass sie Dürren in Afrika begünstigt, das Grönlandeis schmelzen und den Meeresspiegel steigen lässt. Aber in unserem Kopfkino taucht bei diesen Meldungen eher der gefährdete Eisbär auf. Nicht die [...] Bewohner von Inseln wie Tuvalu im Pazifik, die bereits ihre Umsiedlung planen müssen.

Die ewige Warnung des „Es ist fünf vor zwölf“ erweist sich also als Illusion. In Mosambik, dessen Küste von immer heftigeren Stürmen verwüstet wird, ist es Viertel nach zwei, in Bangladesch, dessen gigantische Flussdelta-Landschaft untergeht, ist es halb vier. Die Menschen dort fürchten nicht nur um ihre Zukunft, sie erleben gerade die Zerstörung ihrer Gegenwart durch eine Katastrophe, zu der sie selbst kaum beigetragen haben. Dem Global Carbon Atlas zufolge steht Mosambik auf der Liste der CO₂-Verursacher auf Platz 104, Deutschland, das weniger Einwohner hat, auf Rang sechs. [...]

All das kann längst jeder wissen, der es wissen will. Dass diese Krise die armen Staaten am härtesten trifft, betont der Weltklimarat seit Jahren. Gerechtigkeit, Entschädigung und Kompensation sind Dauerthemen auf Klima-Konferenzen. Nur klafft zwischen Wissen und Handeln eine immer größere Lücke. Und damit auch zwischen Arm und Reich.

„Klima-Apartheid“ nennt der australische Völkerrechtler Philip Alston das Szenario, auf das die Welt zusteuert. Alston ist Sonderberichterstatter der UN für extreme Armut und Menschenrechte. Ende Juni [2019] legte er in einem Report dar, wie die Erderwärmung bereits jetzt die Erfolge der vergangenen 50 Jahre bei der Bekämpfung der Armut aufs Spiel setzt.

Fortschritte bei Bildung, Gesundheit oder Ernährung werden gefährdet, weil immer stärkere Fluten und Stürme Häuser, Schulen, Hospitäler zerstören, immer mehr und längere Dürren Bauern ruinieren. Arme Staaten müssen sich wie Mosambik nach den Zyklon-Stürmen im Frühjahr [2019] mit Krediten neu verschulden. Reiche Länder dagegen haben die Ressourcen, ihre Bürger vor den Folgen der Erderwärmung zu schützen. Das ist der Jetztzustand.

Sollte die Erderwärmung auf „nur“ 1,5 Grad begrenzt werden, wären laut Alston rund 500 Millionen Menschen zusätzlich von Wasserknappheit bedroht, 36 Millionen von schlechteren Ernten und rund 4,5 Milliarden von Hitzewellen. Beträgt die

globale Erwärmung zwei Grad, drohen weiteren 100 bis 400 Millionen Menschen Hunger und Unterernährung sowie ein bis zwei Milliarden chronischer Wassermangel.

Das sind die harmloseren Szenarios. Denn die Welt steuert derzeit, wie gesagt, auf eine Erwärmung um drei bis vier Grad zu. Weil der Energiebedarf weltweit wächst – auch in ärmeren Ländern. Weil China zu einem Treibhausgas-Giganten geworden ist. Vor allem aber, weil die reichen, westlichen Industriestaaten die beschlossenen Klimaschutz-Vorgaben viel zu langsam umsetzen.

Dieselben Staaten – Deutschland eingeschlossen – sehen sich weiterhin als die einzig legitimen, weil demokratisch regierten Verteidiger der universalen Menschenrechte. Doch was Alston beschreibt, sind fundamentale Verstöße der Reichen gegen existenzielle Rechte der Armen: gegen ihr Recht auf Leben und Würde, auf Gesundheit, Nahrung, sauberes Wasser. Der Politologe Dirk Messner, Institutsleiter an der Universität der Vereinten Nationen in Bonn, hat skizziert, wie die Klimakrise die klassischen Rollen im Menschenrechtsdiskurs vertauschen könnte: Bremsen die demokratischen, wohlhabenden Staaten weiterhin einen effektiven Klimaschutz, landen sie irgendwann auf der Anklagebank – symbolisch, politisch, juristisch. Völkerrechtler werden dann diskutieren, so Messner, „wie sich die Menschheit und die Staatengemeinschaft gegenüber solchen Ländern schützen können, die sich weigern, klimaverträgliche Transformationsprozesse einzuleiten“.

[...] Ohne umweltfeindlichen Sojaanbau in Lateinamerika kein billiges Fleisch aus (Massen-)Tierhaltung auf europäischen Tischen; ohne Ausbeutung asiatischer Textilarbeiterinnen keine Billigjeans in deutschen Kaufhäusern – und so weiter. Ökologisch bewusster Konsum muss daran noch nichts ändern: Für unsere neue Elektromobilität braucht es Batterien mit Kobalt aus dem Kongo, in dessen Bergbau Tausende Kinder arbeiten. Außerdem Schmelzereien in China, was wiederum dessen CO₂-Ausstoß erhöht.

Das heißt nicht, dass am Ende alles doch vergeblich ist. Es heißt, dass Klimaschutz ohne den Anspruch globaler und sozialer Gerechtigkeit nicht funktioniert. Es heißt auch, dass wir nicht nur für unser Benzin und Heizöl, sondern auch für unser Fleisch und unsere Batterien weit mehr bezahlen müssen. [...]

Andrea Böhm, „Stürme, Fluten, Geld“, in: Die ZEIT Nr. 29 vom 11. Juli 2019



Thomas Plafmann / Baaske Cartoons

Die Frage der historischen Schuld

Streitpunkt: Die „historische Schuld“

Damit das Pariser Klimaabkommen in Kraft treten konnte, musste es nicht nur unterzeichnet, sondern auch ratifiziert werden, was in der Regel durch Staatsoberhaupt, Regierungschef oder Außenminister geschieht. In Demokratien braucht es dazu einen Parlamentsbeschluss. Damit aus den „Accord de Paris“ ein völkerrechtlich verbindlicher Vertrag wurde, mussten mindestens 55 Länder, die **mindestens 55 Prozent der Weltemission verursachen**, ihre Ratifizierungsurkunden hinterlegen. Die Schwelle war **am 5. Oktober 2016** überschritten, als die EU, Kanada und Nepal ratifizierten: 71 Staaten, 57 Prozent der Weltemission.

Acht von 197 Staaten haben noch nicht ratifiziert: Iran (1,7 Prozent der Weltemission, Stand 2015), Türkei (1,04), Irak (0,5), Angola (0,16), Libyen (0,14), Eritrea (0,01), Sudan/Südsudan (0,24), Jemen (0,07). In Summe: 3,86 Prozent der Weltemission. Vier dieser Länder – Angola, Irak, Iran, Libyen – zählen zur Opec, der Organisation erdölexportierender Länder. [Mit Stand 2021 fehlen nur noch sieben Länder, Angola ist beigetreten – Anm. d. Red.]

Der von Donald Trump am 1. Juni 2017 verkündete **Austritt der USA** (13,12 Prozent der Weltemission) aus dem Abkommen wurde am 4. November 2020 rechtswirksam. [Unter der Präsi-

dentenschaft Joe Bidens sind die USA im Februar 2021 dem Abkommen wieder beigetreten – Anm. d. R.]

Die Darstellung der **CO₂-Emissionen nach Ländern** und deren Anteilen sorgt stets für Kritik. Danach führt China (26,61 Prozent) vor den USA (13,12) und Indien (6,81). Es folgen Russland (4,55), Japan (2,77), Brasilien (2,5), Deutschland (1,89) und Indonesien (1,83). Gerechter, so die Kritiker, sei die Darstellung der **Emission pro Kopf**. Hier (Stand 2018) führt Katar mit 58 Tonnen pro Einwohner, gefolgt etwa von Australien (16,8), USA (16,1), Südkorea (13,6), Russland (12,1), Niederlande (9,5), Deutschland (9,2), China (7,95), Großbritannien (5,6) und Indien (1,7). Letzter Platz: Ruanda (null Tonnen).

Ein Ranking nach der „**historischen CO₂-Schuld**“, das 170 Jahre Treibhausgas-Vergangenheit aufarbeitet, ist ein regelmäßiger Streitpunkt bei Klimagipfeln. Eine in den „Environmental Research Letters“ veröffentlichte Studie der Concordia University (Kanada) führt hier auf Pro-Kopf-Basis Großbritannien, wo die industrielle Revolution begann, weit vor den USA. Es folgen Kanada, Russland, Deutschland, die Niederlande und Australien. Fazit der Studie: Nur 20 von 197 Staaten haben 82 Prozent des Temperaturanstiegs verursacht.

Wolfgang Wiedlich, „Viele Ratifizierungsurkunden, aber nur schwache Taten“, in: General-Anzeiger Bonn vom 19. Dezember 2020

Im Pariser Klimaabkommen ist allerdings nur das 2°C-Ziel völkerrechtlich verbindlich. Die Staaten konnten sich in den Verhandlungen nicht auf das anspruchsvollere Ziel von 1,5 Grad einigen, da dies deutlich stärkere Anstrengungen verlangen würde als die Begrenzung auf 2°C. Und so bleibt das 1,5°C-Ziel vage und nur richtungsgebend, aber dennoch Bestandteil des Vertrags.

Außerdem enthält das Pariser Klimaabkommen ein langfristiges Ziel. Es geht darum, den Scheitelpunkt des Treibhausgasausstoßes so schnell wie möglich zu erreichen, um in der zweiten Jahrhunderthälfte möglichst zu Netto Null-Emissionen zu gelangen. Die sogenannte Klimaneutralität bedeutet, dass nicht mehr klimaschädliche Gase ausgestoßen werden als von der Natur durch sogenannte Senken, wie beispielsweise Wälder oder Ozeane, wieder aufgenommen werden können. Es bezeichnet also den Zustand, in dem zwischen dem Ausstoß und der Aufnahme von Klimagasen ein Gleichgewicht herrscht.

Zusätzlich zu den Temperatur-Zielen wurde die Anpassung an den Klimawandel als weiteres Ziel in das Pariser Abkommen aufgenommen. Widerstandsfähigkeit und der Umgang mit den Folgen des Klimawandels sind somit deutlich wichtiger geworden.

Im Herzstück des Abkommens haben sich zum ersten Mal nicht nur die Industrieländer, sondern auch die Länder des Globalen Südens darauf geeinigt, ihre Emissionen zu senken. Sie haben sogenannte nationale Beiträge vorgelegt (*Nationally Determined Contributions*, NDCs), in denen sie angeben, wie viel und auf welche Weise sie ihre Treibhausgase reduzieren wollen. Beispielsweise hat die EU für all ihre Mitgliedstaaten eine gemeinsame NDC vorgelegt. Diese sieht ein Ziel von 40 Prozent (bis 2030, gegenüber 1990) vor, das wiederum auf die EU-Mitgliedstaaten aufgeteilt wird.

Ein Ambitionsmechanismus legt fest, dass die Länder alle fünf Jahre ihre NDCs überprüfen und nachbessern sollen. Nach der ersten NDC-Abgabe zur Verabschiedung des Abkommens 2015 findet die erste *Updating*-Runde demnach bereits 2020/2021 statt. Die EU hat Ende 2020 eine neue NDC vorgelegt, die beispielsweise auch eine Verstärkung ihres Minderungsziels beinhaltet. Alle fünf Jahre findet außerdem eine globale Bestandsaufnahme (*Global Stocktake*) statt, in der geschaut wird, was von den Ländern versprochen und was tatsächlich erreicht wurde. Einen ersten Ansatz dazu machte hier 2018 der „*Talanoa-Dialog*“, eine erste Bestandsaufnahme, um herauszufinden, wo die Länder hinsichtlich ihrer Klimaschutzbemühungen stehen. Das erste richtige *Global Stocktake* wird im Jahr 2023 erwartet.

Transparenz soll hergestellt werden, indem die Länder sich gegenseitig und der Öffentlichkeit gegenüber Bericht über die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen erstatten. Die systematische Transparenz- und Rechenschaftspflicht ist deshalb auch der Kontrollmechanismus des Pariser Abkommens.

Ein neuer wichtiger Punkt wurde besonders von der Gruppe der kleinen Inselstaaten und den am wenigsten entwickelten Ländern vorangebracht: das Thema der Verluste und Schäden, die gerade ihnen durch den Klimawandel jetzt schon bzw. zukünftig entstehen. Hier wollen die Staaten vor allem stärker zusammenarbeiten, ein gemeinsames Risikomanagement und Lösungsvorschläge erarbeiten. Eine Einigung auf Verantwortlichkeiten, die die Industrieländer als Hauptverursacher der Klimaschäden stärker in die Pflicht genommen hätte, konnte jedoch nicht erreicht werden und so gibt es keine Möglichkeit, eine Kompensation oder Haftung für Folgen des Klimawandels unter dem Vertrag zu fordern. Damit bleibt das Abkommen weit hinter dem zurück, was sich viele Länder des Globalen Südens erhofft haben.

Kontroverse um Negativemissionen

CO₂-Neutralität steht in der Kritik, da sie Zustände umschreibt, die mit Hilfe von sogenannten Negativemissionen auch ohne tiefgreifende Treibhausgas-minderungen zu erreichen sind. Negativemissionen entstehen durch Kohlenstoffsinken, die die CO₂-Aufnahmekapazität vergrößern (z.B. die Renaturierung von Mooren oder Wiederaufforstungsprojekte), durch die CO₂-Abscheidung und Speicherung (*Carbon Capture and Storage, CCS*) oder gar durch die aktive Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre (z.B. durch Technologien des Climate-Engineering oder Geoengineering).

In der Tat rechnen die Modelle zur Erreichung der Pariser Klimaziele auch solche Technologien wie CCS oder Kohlenstoffsinken mit ein. Die Verwendung von Negative-Emissionen-Technologien wirft allerdings erhebliche moralische, regulatorische und finanzielle Fragen auf. Kritische Stimmen äußern Bedenken, dass so keine nachhaltigen Verhaltensänderungen entstehen, die notwendig sind, um den globalen Temperaturanstieg deutlich unter 2°C zu halten. Für Kohlenstoffsinken Wälder oder Moore muss Platz geschaffen werden, der für andere Landnutzungsmöglichkeiten nicht mehr zur Verfügung steht. Das kann auch auf Widerstand aus der Landwirtschaft stoßen. Die Lagerung von CO₂ unter der Erde wiederum verlagert das Problem auf spätere Generationen und spezielle Gegenden. Die meisten Negative-Emissionen-Technologien sind außerdem sehr teuer und bisher nicht rentabel. Auch sind viele Sicherheitsrisiken noch nicht geklärt.



Neben Wäldern sind auch Moore sogenannte Senken, die Kohlenstoff aus der Atmosphäre aufnehmen. Renaturierte Moorlandschaft Elinger Filz bei Bad Tölz



Plenarsitzung des Talanoa Dialogs, einer ersten Bestandsaufnahme der bisherigen Klimaschutz-Ergebnisse, während der COP24 im polnischen Kattowitz am 12. Dezember 2018.

noch nicht genug Geldgeber zusammengefunden, um die Versprechen zu halten.

Ökonomische Instrumente, das heißt Mechanismen, die Emissionszertifikate benutzen, spielen weiterhin eine wichtige Rolle. Auch das Pariser Abkommen erlaubt den Transfer oder Austausch von Emissionsminderungsverpflichtungen unter den Staaten. Außerdem soll es wieder einen Mechanismus geben, in dem, ähnlich wie beim CDM unter dem Kyoto-Protokoll, Emissionszertifikate generiert und von den Ländern für ihre nationalen Klimapläne genutzt werden können. Bisher sind die genauen Regeln für diese Werkzeuge jedoch nicht endgültig abgestimmt. Die Staaten streiten auch fünf Jahre nach Vertragsabschluss noch darüber, wie Emissionszertifikate angerechnet und kontrolliert werden müssen, damit sie nicht etwa in zwei Ländern gleichzeitig angerechnet werden können.

Grundsätzlich beruht das Pariser Abkommen auf einem sehr viel breiteren und umfassenderen Ansatz als sein Vorgänger von Kyoto. Das äußert sich auch darin, dass weitere wichtige Akteurinnen und Akteure und Aspekte für den Klimaschutz anerkannt werden; beispielsweise Städte, Regionen, lokale Behörden, die indigene Bevölkerung und Frauen. Auch Genderaspekte werden berücksichtigt.

Das Pariser Abkommen ist eng mit der Agenda 2030 verknüpft, die die globalen Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen festgelegt hat (*Sustainable Development Goals, SDGs*) und ebenfalls im Jahr 2015 beschlossen wurde. An vielen Stellen zeigt das Abkommen, dass Klimaschutz nicht nur in der Minderung von Treibhausgasen besteht, sondern ganzheitlich gedacht werden muss. Er darf nicht auf Kosten sozialer Aspekte, wie zum Beispiel Armut oder Ernährungssicherheit, geschehen und muss faire Chancen auf Entwicklung für Länder des Globalen Südens bieten. Fachleute argumentieren jedoch, dass diese Nachhaltigkeitsaspekte, die SDGs, noch stärker in den nationalen Beiträgen berücksichtigt werden könnten.

Das Abkommen stellt einen Spagat zwischen den vielen unterschiedlichen Bedürfnissen her. Einerseits versucht es den unterschiedlichen Bedürfnissen von Industrieländern und Entwicklungsländern gerecht zu werden, indem jedes Land seinen eigenen Beitrag festlegen darf. Auf diese Weise nimmt es alle in die Pflicht, etwas für den Klimaschutz zu tun, erlaubt aber jedem, das zu tun, was er für angemessen hält. Andererseits legt es von zentraler Stelle ein Mindestziel für alle fest, welches auf wissenschaftlichen Erkenntnissen aufbaut.

Eines der strittigsten Themen, die Finanzierung des Klimaschutzes, nennt das Pariser Abkommen als weiteres Ziel. Finanzströme sollen generell mit Entwicklungspfaden hin zu einer klimafreundlichen und -anpassungsfähigen Welt in Einklang stehen. Konkret werden jedoch vor allem bereits bestehende Zusagen der Industrieländer aus dem Jahr 2009 beibehalten und bis 2025 verlängert. Sie wollen jährlich 100 Milliarden US-Dollar für die Klimafinanzierung geben. Die Gelder werden in einen Klimaschutzfonds eingespeist. Sie sind sowohl für die Bekämpfung des Klimawandels als auch für Anpassungsmaßnahmen bestimmt. Bisher haben sich jedoch

Klimaschutz – ein Fall für die Justiz?

[...] Linus [Steinmetz] ist 16 Jahre alt und Schüler in Göttingen. Yi Yi ist 35, Anwältin und wohnt in Bandarban im Südosten Bangladeschs. Sie sprechen verschiedene Sprachen, haben sehr unterschiedliche Träume, und doch vereint sie seit [Januar 2020] [...] ein gemeinsamer Gegner: die Bundesregierung. Gegen sie haben beide Verfassungsbeschwerden eingereicht, mit dem gleichen Argument: Deutschland tue nicht genug für den Klimaschutz. Dadurch werde ihr Grundrecht auf Leben und körperliche Unversehrtheit verletzt. Und deswegen soll das Gericht einschreiten.

[...] Nicht nur in Deutschland, weltweit bemühen Umweltaktivisten immer häufiger die Gerichte, um Regierungen und Unternehmen zu mehr Klimaschutz zu zwingen. Etwa 1300 solcher Klimaklagen gibt es bereits. Carroll Muffett, Direktor des Washingtoner Center for International Environmental Law, nimmt an, dass 20 bis 30 von ihnen weitreichende Folgen haben könnten. Etwa wenn die verklagten Regierungen oder Unternehmen verlieren und damit gezwungen sein könnten, mehr Rücksicht auf die Umwelt zu nehmen. Oder weil der Fall für öffentliche Diskussionen sorgt und deshalb große politische Wirkung entfalten könnte.

Aber sind Umweltklagen ein legitimes Instrument der politischen Einflussnahme? Oder ein Versuch, durch die Hintertür Maßnahmen zu erzwingen, für die es politisch keine Mehrheiten gibt?

Anschaungsmaterial liefern die Niederlande. Kurz vor Weihnachten verurteilte das oberste niederländische Gericht die dortige Regierung dazu, mehr und schneller Treibhausgase einzusparen als ursprünglich geplant. Der Staat habe „rechtswidrig gehandelt“ und „zu wenig getan, um einen gefährlichen Klimawandel zu verhindern“, befand das Gericht. Schließlich herrsche in der Wissenschaft und in der internationalen Gemeinschaft ein „großer Konsens“, dass die Emissionen von Treibhausgasen in den Industrienationen dringend sinken müssen. Bis Ende 2020 müssen die Niederlande nun den Ausstoß von Treibhausgasen verglichen mit dem Jahr 1990 um 25 Prozent reduzieren. Geplant war ein Minus von 23 Prozent; ein Unterschied von zwei Prozentpunkten, der gering zu sein scheint, aber in Wahrheit bedeutsam ist und dazu führen könnte, dass einige Kohlekraftwerke früher abgeschaltet werden müssen.

Das Urteil ist ein Erfolg der Umweltorganisation Urgenda. Die war bereits im Jahr 2013 mit fast 900 privaten Klägern vor Gericht gezogen und hat nun in letzter Instanz gewonnen.

Überall auf der Welt werden derzeit ähnliche Prozesse angestrengt, und zwar von ganz unterschiedlichen Akteuren. Auf den Philippinen hatte die in der Verfassung verankerte Menschenrechtskommission in monatelangen Anhörungen zahlreiche Gesundheitsexperten, Klimawissenschaftler und Juristen vernommen. Schließlich empfahl sie, dass Gerichte die Klagen von Bürgern gegen 47 große Energieunternehmen zulassen sollten, weil deren Emissionen von Treibhausgasen Menschenrechte verletzen. In der Schweiz hat eine Aktivistengruppe, die sich „KlimaSeniorinnen“ nennt, eine Beschwerde beim dortigen Bundesgericht eingereicht, weil die Erhitzung des Klimas ihre Gesundheit gefährde und der Staat nicht genug dagegen unternehme.

Im amerikanischen Bundesstaat Massachusetts hat die Generalstaatsanwältin Maura Healey Anklage gegen den Ener-

giekonzern Exxon erhoben, weil das Unternehmen die Rechte der Verbraucher und Investoren verletze. Die Konzernführung habe Studien verschwiegen, wonach sich der Klimawandel negativ auf ihr Geschäft auswirken werde. Und vor dem Europäischen Gerichtshof klagen in zweiter Instanz 36 Bürger gegen die EU, weil deren Klimarichtlinien nicht streng genug seien.

[...] Bisher setzten [...] [deutsche Umweltgruppen] eher auf Demonstrationen und Kampagnen. Oder auf die Mitarbeit in der Kohlekommission, in der Wirtschaft, Gewerkschaften und Umweltschützer einvernehmlich nach einem Ausstiegsplan aus der Kohleverbrennung gesucht hatten. Doch inzwischen ist die Hoffnung der Enttäuschung gewichen. [...]

„Wir haben fast nichts erreicht“, sagt Linus Steinmetz. Ein Jahr lang stand er fast jeden Freitag auf der Straße. Er hat Unterricht verpasst, Demonstrationen organisiert und mit Politikern und Unternehmern diskutiert. Inzwischen zweifelt er daran, dass die regierenden Politiker seine Interessen wahren, und setzt seine Hoffnung in die Gerichte: „Meiner Generation und den Menschen aus dem globalen Süden wird das meiste Unrecht angetan. Die Justiz kann für Gerechtigkeit sorgen“, sagt er.

Den Umweltverbänden kommt das gelegen. Sie suchen nach neuen Hebeln, um den Klimaschutz voranzubringen. Und so haben sich für die Beschwerden beim Verfassungsgericht Greenpeace, die Deutsche Umwelthilfe, Germanwatch, der BUND, Luisa Neubauer, Linus und andere Aktivisten der Bewegung Fridays for Future, die Anwältin Yi Yi und neun vom Klimawandel betroffene Bürger von Bangladesch zusammengetan. [...]

Unter Juristen ist das umstritten. „Da werden Erwartungen geweckt, die ein Gericht gar nicht erfüllen kann“, warnt Bernhard Wegener, der an der Universität Erlangen-Nürnberg Öffentliches Recht lehrt. [...] Wenn jemand seine verfassungsmäßig garantierten Grundrechte verletzt sehe, müsse er das schon sehr konkret nachweisen können, sagt Wegener. Das Verfassungsgericht lasse der Politik bewusst einen großen Spielraum, um zu entscheiden, wie diese Rechte zu schützen seien.

[...] Für Juristen wie Wegener geht es also letztlich auch ums Prinzip. Denn selbst wenn die Richter eine Entscheidung treffen würden, die den Klimaaktivisten entgegenkäme, wären damit die Diskussionen ja nicht beendet. Die Bürger könnten sich dann fragen, woher das Gericht die Legitimität nimmt, stärker als die Regierung mit dem Klimaschutz in ihr Leben einzugreifen. [...]

[...] In Deutschland wurde während des Dieselskandals zum ersten Mal in großem Stil erfolgreich strategisch geklagt, vor allem von der Deutschen Umwelthilfe. Sie zog gegen die Luftverschmutzung vor die Gerichte und dagegen, dass der Staat die Gesetze nicht durchsetzt. Das Ergebnis: Die beklagten Städte mussten hier und da Fahrverbote beschließen, schaffen nun saubere Busse an und planen mehr Radwege. Die Umwelthilfe wurde aber zugleich heftig dafür kritisiert, dass sie das vor Gericht erzwang. [...]

Petra Pinzler, „Im Namen des Klimas“, in: DIE ZEIT Nr. 4 vom 16. Januar 2020

Im März 2021 hat das Bundesverfassungsgericht den Klägern teilweise Recht gegeben. Die Bundesregierung wurde aufgefordert, ihr Klimaschutzgesetz nachzubessern, die Klagen der Verbände wurden abgewiesen, da sie nicht klagebefugt seien.

www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html



Der schwerwiegendste Punkt ist jedoch, und das wurde bereits kurz nach Beschluss des Abkommens klar, dass das, was die Länder bisher in ihren NDCs versprechen, nicht ausreicht, um das 2°C-Ziel – und noch viel weniger das 1,5°C-Ziel – zu erreichen. Zwar sind manche neuen Studien etwas positiver, sie rechnen die Ankündigungen einiger Industrieländer zur Klimaneutralität mit ein, aber auch der aktuelle *Emission Gap Report* von UNEP 2020 stellt fest, dass sich die Welt mit den derzeitigen NDCs auf mindestens 3°C wärmere Lebensbedin-

Die Entwicklung der beiden internationalen Klimaabkommen von Kyoto und Paris zeigt, dass wissenschaftliche Erkenntnisse nicht unbedingt mit politischem Handeln einhergehen. Sie zeigt aber auch, dass mit dem Erkenntnisgewinn steigende Komplexität einhergeht, das heißt mehr Themen, Akteure und Bedürfnisse, die es immer schwieriger machen, sich auf eine gemeinsame Sache zu einigen und eine Kompromisslösung zu finden. Klimaschutz geht über „Klima“ hinaus und ist schließlich auch ein Teil des Umweltschutzes, vor allem aber ein Nachhaltigkeitsthema.

CHARLOTTE UNGER

67

Ein erstes festes Klimaziel verkündete Deutschland dann zur Jahrtausendwende 1999/2000 auf der UNFCCC-Konferenz in Bonn: die Senkung des CO₂-Ausstoßes um 25 Prozent gegenüber 1990 bis zum Jahr 2005. Das Ziel wurde in einem Nationalen Klimaschutzprogramm verankert. Die EU trat als Gemeinschaft bei den internationalen Klimaverhandlungen auf und legte sich auf einen gemeinsamen EU-Klimaschutzbeitrag fest. Sie versprach 8 Prozent ihrer Treibhausgase im Zeitraum 2008–2012 (gegenüber 1990) zu reduzieren. Dieses Ziel wurde in der EU unter den Mitgliedstaaten aufgeteilt, und je nach Größe, Wohlstand und Kapazitäten musste jedes EU-Land einen unterschiedlichen Anteil erbringen. Die Minderungen mussten von den EU-Ländern durch eigene Instrumente umgesetzt werden.

Deutschland schrieb beispielsweise sein Nationales Klimaschutzprogramm fort und setzte sich im Jahr 2007 das neue Ziel, seine Treibhausgase bis 2020 um 40 Prozent (im Vergleich zu 1990) zu reduzieren. Aber bereits in dieser Zeit zeigte sich, dass ehrgeizige Zielsetzungen nicht unbedingt ausreichende Emissionsminderungen nach sich zogen. Deutschland verfehlte sein erstes Ziel für 2005 und konnte auch sein Ziel für 2020 nur knapp, nach einem Coronavirus-Pandemie-bedingten Rückgang der Emissionen, erreichen. Nach der wenig erfolgreichen zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls hat sich die EU im Pariser Abkommen 2015 zu neuen Zielen verpflichtet. Ihr „nationaler“ Beitrag (*Nationally Determined*

Contributon, NDC) enthielt unter anderem das Ziel, bis 2030 die Treibhausgase um 40 Prozent (in Vergleich zu 1990) zu senken, die aktualisierte Fassung steigert die Anforderung nun auf 55 Prozent. Auch dieses Ziel teilen sich die Mitgliedstaaten.

Die EU und ihre Klimapolitik – ein starker Akteur

Durch ihr starkes Auftreten in der Klimapolitik wird deutlich, dass die EU in diesem Politikfeld weltweit eine zentrale Rolle einnimmt. Das hat sich über die Jahre noch verstärkt. Zwar spielen auch die einzelnen Rechtsprechungen in den Mitgliedstaaten eine wichtige Rolle, aber die EU hat die Gesetzgebungsinitiative. Sie gibt den klimapolitischen Rahmen vor, indem sie Direktiven, Pläne, *Roadmaps* und andere Instrumente erstellt. Richtungsweisend sind derzeit auf kurze Frist das 2020 beschlossene Klima- und Energiepaket auf mittlere Frist der Klima- und energiepolitische Rahmen bis 2030 und schließlich die 2050-Langfrist-Strategie.

In der EU ist die „Generaldirektion (GD) Klima“ als Teil der EU-Kommission für die Klimapolitik hauptverantwortlich, auch wenn andere Generaldirektionen, wie beispielsweise die GD Energie, die GD Umwelt oder auch die GD Wettbewerb, an vielen politischen Maßnahmen mitwirken. In Deutschland ist vor allem das Bundesumweltministerium (BMU) zuständig, aber auch andere Ministerien, wie beispielsweise das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) oder das Bundesforschungsministerium (BMBF), sind beteiligt. Seit Ende 2019 haben zu-

Der Europäische Emissionshandel

- Seit 2005 ist der europäische Emissionshandel (*European Union Emissions Trading System*, EU ETS) das zentrale Klimaschutzinstrument der EU. Der EU ETS reguliert nicht alle Emissionen, sondern nur solche aus Energieproduktion, Industrie und Luftfahrt und damit rund 45 Prozent der EU-Gesamtemissionen.
- Im EU ETS entsteht ein CO₂-Preis pro Tonne Treibhausgase. Damit soll erreicht werden, dass die Unternehmen für das Verschmutzen der Atmosphäre etwas bezahlen. Sie müssen für die Menge an Treibhausgasen, die sie ausstoßen, Emissionszertifikate kaufen (Unternehmen, die besonderem Wettbewerbsdruck unterliegen, erhalten sie umsonst).
- Das heißt, je weniger ein Unternehmen ausstößt, desto weniger Zertifikate muss es kaufen bzw. kann überschüssige Zertifikate auf dem sogenannten CO₂-Markt weiterhandeln. Wenn jedoch viele Unternehmen einen hohen Bedarf haben und die Zertifikate auf dem Markt knapp werden, steigt ihr Preis.
- Bei einem hohen CO₂-Preis haben die Unternehmen einen stärkeren Anreiz, Treibhausgase in ihren Produktionsprozessen zu senken, und benötigen so weniger Zertifikate. Der Reiz des Ganzen ist jedoch, dass die Regierungen – in Abhängigkeit von ihren Klimaschutzzielen – die Obergrenze an Zertifikaten, die es auf dem Markt geben darf, bestimmen. Sie können also selbst für Zertifikatsknappheit und einen hohen CO₂-Preis sorgen.
- Über lange Zeit waren die Zertifikate in der EU sehr preiswert. Aus diesem Grund gab es für die Unternehmen wenig Anreize, aktiv ihre Treibhausgasbilanz zu verbessern. Es war immer billiger, Zertifikate zu kaufen. Das lag vor allem daran,

dass die Regeln des EU ETS nicht sehr streng waren und es viele Schlupflöcher gab. Diese entstanden, weil sich die EU-Staaten bereits zu Beginn des EU ETS nur schwer einigen konnten, aber auch aus Rücksicht auf die Industrie (z.B. in Deutschland), die sich gegen strengere Regeln und höhere Kosten wehrt. Viele Unternehmen drohen damit, ihre Geschäfte ins Ausland zu verlagern. In diesem Fall würden sich die Emissionen nur an andere Orte weltweit – mit günstigeren Konditionen – verlagern (*Carbon leakage*). Der EU ETS bietet deshalb besonders entgegenkommende Regeln für „Carbon leakage-gefährdete“ Unternehmen.

- Der EU ETS spiegelt die Schwierigkeit wider, ein anspruchsvolles, bereichsübergreifendes Instrument zu erstellen, das gleichzeitig den Wirtschafts- und Klimaschutzinteressen wie auch den völlig unterschiedlichen Strukturen der EU-Mitgliedstaaten, zum Beispiel in der Energiewirtschaft, gerecht wird.
- In den letzten Jahren hat die EU versucht, den EU ETS erheblich zu verbessern und seine Regeln verschärft. Der CO₂-Preis ist inzwischen sehr viel höher und lag im Frühjahr 2021 bei etwa 43 Euro je Tonne Treibhausgas. Von dem höheren Preis wird erhofft, dass die Unternehmen nun beginnen, in kohlenstoffärmere Prozesse zu investieren. Andererseits haben die Erfahrungen mit dem Emissionshandel auch gezeigt, dass ein Politik-Mix wirkungsvoller ist und in vielen Bereichen auf zusätzliche Instrumente gesetzt werden muss. Auch einige EU-Mitgliedstaaten setzen auf Ergänzungen zum EU ETS. Deutschland hat beispielsweise eine extra CO₂-Abgabe für Brennstoffe zum Heizen und für Kraftstoffe im Verkehr beschlossen.

dem alle Ressorts die Aufgabe, Klimaziele in ihren Bereichen umzusetzen.

Klimapolitik ist ein sehr komplexer Prozess, in dem es zum Zusammenspiel, aber auch zu Konflikten zwischen der EU und ihren Mitgliedstaaten kommt. Zwar ist das eigentliche politische Verfahren gesetzlich geregelt. Die EU-Kommission macht Vorschläge, es finden Abstimmungsprozesse mit den anderen EU-Organen und ein gut geregeltes Konsultationsverfahren mit den Mitgliedstaaten statt. Es gibt jedoch auch viele informelle Absprachen, während derer Themen vorabgestimmt und Weichen gestellt werden.

Deutschland hat als großes und finanzstarkes EU-Land eine wichtige Rolle und oft auch eine Veto-Position. Einerseits können Deutschlands Vorstöße – so etwa die Auftritte der Kanzlerin bei den UN-Gipfeln – eine positive Signalwirkung erzielen. Andererseits lassen sich auch viele Beispiele nennen, bei denen Deutschland die EU-Klimapolitik eher gebremst hat; beispielsweise als es darum ging, ob der Emissionshandel freiwillig oder bindend eingeführt werden sollte oder ob CO₂-Grenzwerte für die Automobilindustrie beschlossen werden sollten.

Häufig entstehen die Schwierigkeiten auf innenpolitischer Ebene. In Deutschland kommt es beispielsweise zu Abstimmungskonflikten zwischen den Ministerien für Umwelt, Wirtschaft und Landwirtschaft oder aber zum Widerstand von Interessengruppen aus der Industrie, die damit drohen, bei steigenden Kosten für den Klimaschutz Arbeitsplätze zu streichen.

Der Green Deal

Die Entwicklungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass auch in der EU die Klimapolitik noch erheblichen Verbesserungsbedarf hat. Die EU legte deshalb Ende 2019 eine neue Strategie vor. Der sogenannte *Green Deal* soll vor allem Klimaschutz, aber auch Themen wie Gesundheit, Umwelt und Nachhaltigkeit stärken.

Unter anderem sieht der *Green Deal* vor, ein bindendes Klimagesetz zu verabschieden. Außerdem schlägt die EU-Kommission vor, das Treibhausgasemissionsziel von derzeit 40 auf 55 Prozent anzuheben und die Klimaneutralität bis 2050

Der europäische Green Deal

Von der EU-Kommission vorgeschlagene Maßnahmen für ein klimaneutrales Europa bis 2050

Klimaschutz	Energie
→ Bis 2030: Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 50% gegenüber 1990 → Ein Europäisches Klimagesetz soll das Ziel der Klimaneutralität verbindlich machen → CO₂-Bepreisung von Einfuhren	→ Dekarbonisierung → Strategie für die Offshore-Windenergie → Energieeffizienz von Gebäuden verbessern
Industrie	Mobilität
→ Strategie für eine klimaneutrale und kreislaforientierte Produktion	→ Strategie für nachhaltige und intelligente Mobilität
Biodiversität	Landwirtschaft
→ erhalten und wiederherstellen	→ Strategie „Vom Hof auf den Tisch“ → Einsatz von Pestiziden, Düngemitteln und Antibiotika reduzieren
Null-Schadstoff-Ziel	Gerechter Übergang
→ Schadstoffe in Luft, Wasser und Boden auf Null senken	→ Hilfen für vom Wandel besonders betroffene Wirtschaftsbereiche
Europäischer Klimapakt	EU als Vorreiter
→ Lokale Gemeinschaften, Regionen, Zivilgesellschaft und Unternehmen zusammenbringen	→ mit Vorbildfunktion in der Welt

© Bergmoser + Höller Verlag AG, Zahlenbild 755 001

festzuschreiben. Der *Green Deal* versteht sich als übergreifendes Instrument, das einzelne Wirtschaftssektoren, wie Energie, Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft, betrifft, aber auch bestimmte Themenfelder, wie beispielsweise den Ausstoß des Treibhausgases Methan, in den Schwerpunkt nimmt. Mit einem Mix aus konkreten EU-Instrumenten und von den Mitgliedsländern zu erbringenden Anstrengungen sollen die Herausforderungen gemeistert werden. Seitens der EU gehören dazu finanzielle Förderungen wie etwa der *EU-Just Transition Fund*;



Die Präsidentin der Europäischen Kommission, Ursula von der Leyen stellt dem EU-Parlament in Brüssel am 11. Dezember 2019 den Green Deal vor, einen ersten Entwurf für ein bindendes EU-Klimagesetz.

ein Mechanismus, der sicherstellen soll, dass der Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft fair verläuft.

Mit dem *Green Deal* setzt die EU auf eine Mischung aus Vorgaben und Flexibilität, das heißt auch Eigeninitiativen aus der Wirtschaft. Häufig ist es einfacher, sich unter den vielen Mitgliedstaaten auf solche Pakete zu einigen. Der breite, multidimensionale Ansatz signalisiert außerdem, dass eine Wende hin zu einer kohlenstoffarmen Lebensweise auf allen Ebenen und in allen Bereichen stattfinden muss.

Im Energiesektor liegt beispielsweise der Schwerpunkt auf Energieeffizienz; hier gibt es bereits ein separates Ziel von 32,5 Prozent (des Primärenergieverbrauchs bis 2030). Auch soll die Energieproduktion zukünftig weitgehend auf erneuerbaren Energien basieren. Dazu gehört ein Ausbau des Leitungsnetzes für erneuerbare Energien und eine volle Ausschöpfung der Offshore-Windkraft. Ein anderer Aspekt ist die Verbesserung der Energie- und Ökolabels, beispielsweise zur Anzeige des Energieverbrauchs oder des Recyclinganteils eines Produktes.

Ein weiterer Schlüsselsektor des *Green Deals* ist der Gebäudereich. Er gilt als einer der größten Treibhausgasverursacher in der EU, weil zum Beispiel Heizung und Warmwasser häufig mit fossilen Brennstoffen erzeugt werden. Sein Umbau hat sich jedoch als besonders schwierig herausgestellt. Die EU möchte hier die jährliche Rate an sanierten Gebäuden verdoppeln. Dafür müssen die EU-Mitgliedstaaten eine langfristige Gebäudesanierungsstrategie vorlegen und für die Zeit von 2021 bis 2030 nationale Energie- und Klimapläne vorbereiten. Durch die Summe der Maßnahmen aller Länder soll die EU ihre Ziele erreichen.

Im Verkehr will die EU ihre Treibhausgase um 90 Prozent bis 2050 reduzieren. Hier setzt man vor allem auf alternative Brennstoffe, wie den erneuerbaren Wasserstoff, oder den Ausbau der Ladestationen für Elektroautos und die Stärkung des Schienenverkehrs. Auch diskutiert die Politik die Ausweitung des Emissionshandels und hier über strengere Regeln für die

Luftfahrt. Im Landwirtschaftsbereich will die EU das Ziel erreichen, dass 25 Prozent der Flächen durch Biolandbau betrieben werden.

Gegen Ende des Jahres 2020 ist der *Green Deal* jedoch nur eine Strategie, und seine konkrete Ausgestaltung, zum Beispiel die Höhe der Treibhausgasminderungsziele, muss noch abgestimmt werden. Da sich aber nicht alle EU-Mitgliedstaaten über seinen Inhalt einig sind, ist noch unklar, wann das EU-Klimagesetz verabschiedet wird.

Das erste deutsche Klimaschutzgesetz

Die Bereiche Energie, Wohnen und Verkehr stehen auch in Deutschland im Fokus des Klimaschutzes. Im Dezember 2019 hat Deutschland zum ersten Mal in seiner Geschichte ein Klimaschutzgesetz verabschiedet und hierzu ein neues Klimaschutzprogramm vereinbart. Es verankerte die Treibhausgasneutralität bis 2050 und zunächst ein Minderungsziel von 55 Prozent bis 2030. Dieses wurde jedoch bereits im Jahr 2021 auf 65 Prozent erhöht.

Besonders interessant an dem Gesetz ist, dass nun jedes Politikressort eine eigene Verantwortung mit eigenen Zielen erhält. Nun müssen beispielsweise auch die Ministerien für Verkehr oder Landwirtschaft dafür sorgen, dass sie ihre Klimaziele einhalten, sie sehen sich also stärker in die Pflicht genommen. Eine weitere wichtige Maßnahme ist eine zusätzliche Abgabe auf fossile Brennstoffe wie Heizöl, Gas, Benzin und Diesel. Ab dem Jahr 2021 sind 25 Euro pro Tonne Treibhausgas fällig, mit einer jährlich steigenden Rate. Es wird damit gerechnet, dass etwa durch die Verteuerung des Benzins an der Tankstelle (ca. 7 Cent pro Liter) ein Anreiz geschaffen wird, weniger Auto zu fahren. Dieser Schritt ist auch daher wichtig, weil das Heizen von Gebäuden und der Verkehr vom EU-Emissionshandel ausgenommen sind.

Das Programm versucht außerdem, einen Gerechtigkeitsaspekt mit einzuschließen. Damit Menschen, die nur wenig verdienen, nicht benachteiligt werden, gibt es Maßnahmen,



Im Dezember 2019 verabschiedet Deutschland erstmals ein Klimaschutzgesetz – hier Bundeskanzlerin Angela Merkel (CDU) inmitten der Abgeordneten bei der Abstimmung zum dazugehörigen Klimaschutzprogramm. Im Frühjahr 2021 meldet ein Beschluss des Bundesverfassungsgerichts Nachverbesserungsbedarf an.

die die Kosten sozial ausgleichen: Dazu zählen beispielsweise die Senkung des Strompreises, steuerliche Entlastungen oder die Vergünstigung der Bahntickets. Dieser Politik-Mix enthält Maßnahmen, die auf eine Verhaltensänderung der Verbraucherinnen und Verbraucher abzielen, aber auch Ordnungsrecht, also Standards und Verbote. So sollen verschiedene Ebenen einbezogen werden: von der Privatperson und der Nachfrageseite (z.B. Rückgang des Verbrauchs) bis zur Produktion durch Unternehmen und der Angebotsseite (z.B. Bereitstellung saubereren Benzins). Die gesetzliche Verankerung von Klimaschutz hat den Vorteil, dass Ziele und Regelungen verbindlicher sind und nun auch andere Politikressorts dafür rechtlich in die Pflicht genommen werden.

Es hat sich jedoch schnell gezeigt, dass das Klimaschutzgesetz noch erheblichen Nachbesserungsbedarf hat. Im Frühjahr 2021 gab das Bundesverfassungsgericht neun jungen Klägerinnen und Klägern recht: Es entschied, dass das Gesetz nicht ausreichend sei, um das Grundrecht zukünftiger Generationen auf Freiheit (also z.B. in der Ausübung ihrer Lebensweise) zu gewährleisten. Deshalb müssen nun konkrete Zwischenstufen für die Reduktionsziele und ehrgeizigere Maßnahmen verabschiedet werden. Als ersten Schritt hat die Bundesregierung im Mai 2021 eine Steigerung des 2030-Minderungsziels von 55 auf 65 Prozent, ein Zwischenminderungsziel von 88 Prozent für 2040 und das Vorrücken der Klimaneutralität auf 2045 beschlossen.

Kritik an der deutschen und europäischen Klimapolitik

Die deutsche und die europäische Klimapolitik haben kurvenreiche Strecken durchlebt. In einigen Punkten sind sie durchaus fortschrittlich und anderen Ländern voraus. Aber es gibt noch viele Baustellen, und die Vergangenheit hat gezeigt, dass auch Deutschland nicht alle seine Versprechen eingehalten hat. 2021 muss es durch das Bundesverfassungsgericht zu ehrgeizigeren und konkreteren Zielen aufgefordert werden.

Häufig drehen sich Diskussionen um die Wirksamkeit von Klimaschutzinstrumenten. Fachleute sehen zum Beispiel voraus, dass die neue deutsche CO₂-Abgabe und der entstehende geringe Aufschlag auf die Benzinkosten zu gering sein werden, um Menschen dazu zu bringen, weniger Auto zu fahren. Der größte Kritikpunkt an der Politik ist, dass nicht genug und nicht schnell genug gehandelt wird, um die nahende Klimakatastrophe zu verhindern.

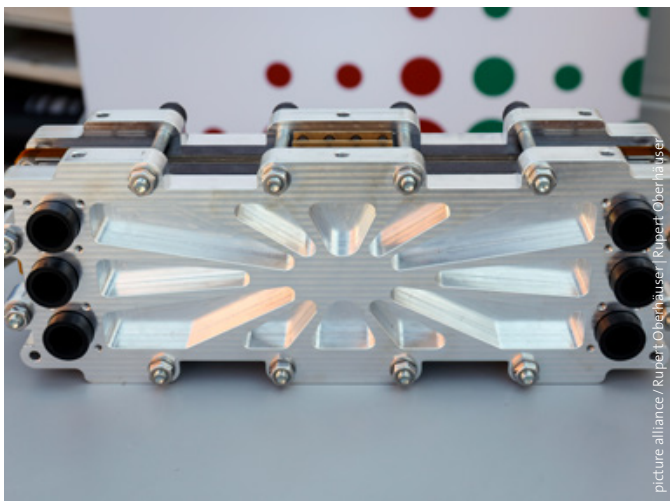
Nach der ersten großen Euphorie um das Pariser Abkommen stand auch schnell der europäische Beitrag in der Kritik. Die europäische NDC wurde vom Think Tank *Climate Action Tracker* als ungenügend beurteilt, um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen. Fachleute argumentieren, dass das Ziel hierfür mindestens einer Minderung um 65 Prozent bis 2030 entsprechen müsse. Mit dem verbesserten Minderungsziel von 55 Prozent und der Ankündigung einer angestrebten Treibhausgasneutralität hat die EU jedoch einen Schritt in die richtige Richtung getan.

Neue Chancen

Andererseits lässt ein Blick auf die vergangenen Jahre doch das Urteil zu, dass die Klimaproteste des Jahres 2019 etwas mehr Druck auf die Politik ausgeübt haben. Auch in der Wirtschaft gibt es immer mehr Unternehmen, die den Klimaschutz als Chance erkennen und beispielsweise in einen klimafreundlichen Umbau ihrer Produktion investieren. Dass überhaupt ein umfassendes deutsches Klimaschutzgesetz verabschiedet wurde und sich die Europäische Kommission unter der Führung der ehemaligen deutschen Ministerin Ursula von der Leyen weiterhin für Klimaschutz als Priorität stark macht, sind wichtige politische Zeichen. Auch der Verfassungsgerichtsbeschluss in Deutschland (in anderen Ländern der EU, wie den Niederlanden oder Frankreich, gab es ähnliche Urteile) für ein stärkeres Klimaschutzgesetz ist von großer Bedeutung, da es eindeutig feststellt, dass das bisherige Tempo und die Maßnahmen erheblich gesteigert werden müssen.

Brennstoffzelle im Zentrum für Brennstoffzellen-Technik (ZBT) Duisburg, einer Forschungseinrichtung für Brennstoffzellen, Wasserstofftechnologien und Energiespeicher, 2021. Brennstoffzellen ermöglichen eine netzunabhängige Energieversorgung.

Brennstoffzellenprüfung im netzgekoppelten Wasserstoff-Kraftwerk Apex, Rostock-Laage, 2020. Es soll aus regenerativen Energiequellen bis zu 300 Tonnen Wasserstoff als Energieträger für Industrie und Gewerbe, Wohnungsgesellschaften, für den öffentlichen Nahverkehr oder zur Zwischenspeicherung von Regenergie liefern.



Zwar hat die Coronavirus-Pandemie im Jahr 2020 erhebliche neue Herausforderungen für die Weltgemeinschaft mit sich gebracht und in Anbetracht dieser Krise werden wieder Stimmen laut, die Klimaschutz nur als zusätzlichen Kostenfaktor sehen. Nichtsdestotrotz birgt dieser Moment jedoch eine Chance für einen tiefgreifenden Umschwung, um eine nachhaltige und klimafreundliche Gesellschaft aufzubauen.

Klimapolitik in der Demokratie

DANIEL OPPOLD

Gelingt es den Ländern der Erde nicht, die menschlich verursachten Klimaveränderungen einzudämmen, sind extreme Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaften zu erwarten. Die vom Weltklimarat IPCC erarbeiteten Szenarien bei einem wenig wirksamen klimapolitischen Handeln zeichnen beunruhigende Bilder der Zukunft: Millionen Menschen in vielen Regionen des Planeten könnten ihre Lebensgrundlage verlieren. Das betrifft alle Nationen, unabhängig von ihrer Staatsform. Denn die tiefgreifenden Umwälzungen der Umwelt haben Auswirkungen auf die Lebensrealität aller Menschen und werden deshalb unmittelbare soziale und politische Konflikte nach sich ziehen.

Der Klimawandel als Herausforderung für die Demokratie

In diesem Kontext taucht die Frage auf, ob die jeweiligen politischen Systeme und Regierungsformen überhaupt in der Lage sind, klimapolitisch angemessen zu entscheiden und zu handeln. Die heutige Klimapolitik bedingt damit also auch die Zukunftsfähigkeit der Demokratie. Demokratische Staaten wie beispielsweise Deutschland, Kanada oder Frankreich, die im Rahmen der internationalen Klimapolitik zu den progressiven Kräften zählen, stehen vor einer fundamentalen Belastungsprobe.

Gelingt es ihnen auf demokratische Weise nicht, rasch klimawirksame Entscheidungen zu treffen, die in ihrer Tragweite der Problematik angemessen sowie zugleich umfassend legitimiert

sind und als gerecht empfunden werden, könnte die Demokratie selbst zur Disposition stehen. Denn autoritäre Regime, wie beispielsweise das chinesische, können in Krisensituationen Vorteile haben: Sie sind in der Lage schnell und kompromisslos zu handeln, sobald sie ein Problem einmal als solches anerkannt haben. Die Klimakrise befeuert also den ohnehin herrschenden Wettstreit zwischen demokratischen und autoritären Systemen. Noch ist es eine offene Frage, ob – und wenn ja, wie – Demokratien und Autokratien fähig sein werden, diesen Herausforderungen angemessen zu begegnen.

In demokratischen Staaten ist der wachsende Druck der Klimakrise auf die Strukturen und Kulturen bereits deutlich spürbar. Er geht zunächst direkt von den physischen Auswirkungen der Klimaveränderungen aus, wie zum Beispiel von Extremwetterereignissen und ihren Folgen. Aber auch der Druck vonseiten der wachsenden zivilgesellschaftlichen Klimabewegung nimmt zu, wie beispielsweise in Form der *Fridays for Future*-Proteste.

Beides kann Anpassungsleistungen wie etwa Reformen auslösen, die über die sachpolitische Ebene hinaus auch die Funktionsweise der Demokratie erweitern und diese im Umgang mit komplexen Herausforderungen leistungsfähiger machen können. Dass Demokratien prinzipiell in der Lage sind, sich selbst zu reformieren und weiterzuentwickeln, ist dabei eine wichtige und vielversprechende Voraussetzung: Die große Vielfalt der demokratischen Strukturen und Kulturen auf der ganzen Welt sowie auf den unterschiedlichen Ebenen innerhalb demokratischer Gesellschaftssysteme zeigt, wie flexibel die Demokratie mit Blick auf lokale, historische oder demografische Besonderheiten ausgeformt wird. Diese Anpassungsfähigkeit ist auch mit Blick auf die Bewältigung komplexer Zukunftsherausforderungen, wie sie (nicht nur) die Klimakrise darstellt, von zentraler Bedeutung.

Eine Weiterentwicklung der Demokratie ist aber keineswegs ein Automatismus. Als über Generationen hinweg gewachsene soziale Systeme sind insbesondere die westlichen Demokratien in ihrer nationalstaatlich organisierten Form eher strukturkonservativ. Dennoch können von Seiten der Politik und Verwaltung oder auch aus der Bürgerschaft bzw. der organisierten Zivilgesellschaft heraus neue demokratische Verfahren in Gang gebracht werden, die das Ziel haben, Zukunftsheraus-

Autoritäre und demokratische Regierungssysteme müssen sich gleichermaßen den Folgen des Klimawandels stellen. Applaus für Präsident Xi Jinping und seinen Premier Li Keqiang auf der Politischen Konsultativkonferenz des chinesischen Volkes (CPPCC) in Peking, März 2021; Bürgerversammlung im Brauhaus „Em Kölsche Boor“ im August 2019. Am Podiumstisch vorne ganz rechts stellt sich der nordrhein-westfälische Innenminister Herbert Reul den Fragen der Bürgerinnen und Bürger.



forderungen durch unkonventionelle Formen der Zusammenarbeit anzugehen.

Ein Beispiel für solche demokratischen Innovationen in jüngerer Zeit sind Prozesse der Bürgerbeteiligung, in deren Rahmen per Los ausgewählte Bürgerinnen und Bürger beratend in die politische Entscheidungsfindung eingebunden werden. Als sogenannte Bürgerräte oder Bürgerversammlungen können sie – bestimmte Bedingungen vorausgesetzt – das bestehende Demokratiegefüge funktional ergänzen.

Nachfolgend sollen die Hintergründe dieser Entwicklung nachvollzogen werden und – illustriert am Beispiel der französischen Klima-Bürgerversammlung *Convention Citoyenne pour le Climat* – die Funktionsweisen und Potenziale solcher demokratischer Neuerungen aufgezeigt werden.

Wirksames Handeln in der Klimakrise

Die klimatischen Veränderungen stellen über Jahrzehnte eingeübte gesellschaftliche Handlungsmuster in Frage und erfordern umfassende Verhaltensänderungen sowohl auf der individuellen als auch auf der kollektiven Ebene. Es gilt nicht nur, das eigene Konsumverhalten bzw. generell den persönlichen Lebensstil selbstkritisch zu betrachten. Vielmehr ist es notwendig, dass aus diesen Überlegungen auch tatsächlich Verhaltensänderungen resultieren.

Das trifft vor allem auf die Menschen in den westlichen Industrie- und Konsumgesellschaften zu, deren Lebensstile in hohem Maße vom Verbrauch fossiler Ressourcen abhängen und dadurch pro Kopf überdurchschnittlich zur Ansammlung von Treibhausgasen in der Atmosphäre beitragen. Allein der

Von den Hindernissen, moderne Gesellschaften auf ein gemeinsames Ziel zu verpflichten

Es ist kein Zufall, dass sich an der Klimafrage die Geister scheiden. Für die einen ist sie die finale Katastrophe, das letzte Gefecht von apokalyptischen Ausmaßen. Für die anderen ist sie geradezu ein Symbol für einen abgehobenen Experten- und Elitendiskurs mit kulturkämpferischen Dimensionen. [...] Sobald Konflikte solche Formen annehmen, haben es tiefenschärfere Formen der Beobachtung schwer, denn beide Seiten kaprizieren sich auf Unbedingtes und finden im Gegenargument erst recht ihre Selbstbestätigung. Dabei gerät freilich die entscheidende Frage unter die Räder: Wie kann sich eine moderne, komplexe, in ihren Strukturen differenzierte Gesellschaft auf eine solche Gesamtherausforderung einstellen? [...]

Man muss es leider sagen: Nicht bloß die natürlichen Kapazitäten der Erde sind knapp und nur begrenzt belastbar. Auch die Kapazitäten der Gesellschaft, ihre Fähigkeit zur Reaktion auf Störungen und Herausforderungen sind es. Wer über ökologische Knappheiten redet, muss auch über die Knappheit sozialer Mechanismen sprechen – [...] die Erfahrung, dass die bloße Aufklärung über Missverhältnisse oder die bloße Erkenntnis dessen, was zu tun sei, sich nicht einfach in Handlungen umsetzen lässt. [...]

Moderne Gesellschaften zeichnen sich nämlich durch eine besondere zivilisatorische Errungenschaft aus, die man vielleicht Dezentralisierung, Arbeitsteilung und Differenzierung nennen kann. [...]

Modernität bedeutet letztlich so etwas wie das, was man im politischen Bereich Gewaltenteilung nennt. Es ist ein evolutionärer Prozess, dessen Gesamtrichtung dahin geht, dass es Instanzen, die alles zusammenführen und in einem Prinzip aufheben, nicht mehr geben kann. Alles ist auf Wechselseitigkeit angewiesen und erfährt an sich selbst, dass sich das Gesamtsystem nicht allein ökonomisch, nicht allein rechtlich, nicht allein wissenschaftlich, nicht einmal allein religiös bestimmen, führen, verändern, gestalten lässt. [...]

Was hat das mit Strategien gegen den Klimawandel zu tun? Fast alles. Sieht man im Klimawandel tatsächlich so etwas wie eine existenzielle Bedrohung, dann lässt sich daran durchdeklinieren, dass die moderne Gesellschaft gerade nicht in der Lage ist, darauf wie aus einem Guss, mit einer Strategie, gewissermaßen in einer konzertierten Aktion zu reagieren. Wie bei allen anderen Themen wirken auch hier jene zivilisatorischen Sicherungen, die das Gesamtsystem an einer einheitlichen, zentralisierten Reaktion hindern.

Das lässt sich an jeder einzelnen Reaktion besichtigen – wer politisch das (vermeintlich) Richtige durchsetzen will, muss es einerseits so appellativ tun, wie es der Klimabewegung mit großem Aplomb gelingt, andererseits so, dass die Betroffenen ihn wiederwählen. Wer ökonomische Veränderungen herbeiführen will, bleibt daran gebunden, dass dies auf den (Welt-) Märkten darstellbar ist, sonst ist jeglicher Gestaltungsspielraum perdu. Und wer rechtliche Regulierungen will, muss zumindest auf die Konsistenz der Rechtsanwendung und der Normenkontrolle achten.

Selbst bei Konsens über Grundziele, wie sie in Resolutionen vereinbart werden, reagieren die unterschiedlichen Instanzen der Gesellschaft nach ihren je eigenen Regeln und Erfolgskriterien. Politik ohne Machtchance ist ebenso unmöglich wie ökonomisches Handeln ohne Markterfolg. Die Funktionsstelle fürs Ganze gibt es nicht, und wo man sie einzurichten sich anschickt, werden die Standards der Moderne unterlaufen.

Man kann daran verzweifeln, weil es so aussieht, als würden die eingebauten Sicherungen sich nun gegen das System selbst kehren. [...] Es liegt fast nahe, die Sicherungen der Moderne außer Kraft setzen zu wollen – denn gerade jetzt wird das Risiko der Gewaltenteilung und der Dezentralisierung sichtbar. Märkte sind zwar grandiose Problemlöser, aber sie produzieren auch Produkte, die nur der Markt braucht. Die Demokratie ist eine geniale Form der Entscheidungsfindung, aber die Leute wählen bisweilen falsche Lösungen. Die Wissenschaft ist unfassbar leistungsfähig, aber die Erwartung nach eindeutigen Lösungen kann sie gerade deswegen nicht stillen.

Exakt aus diesem Grund wirken Forderungen nach einem Herunterfahren der Industriegesellschaft oder nach drastischen Verboten bestimmter Praktiken, selbst wenn sie climatechnisch alles Recht auf ihrer Seite hätten, völlig unrealistisch, ganz abgesehen von den eher symbolpolitischen Diskussionen um das SUV oder der Forderung nach einer Blockwartmentalität zur Durchsetzung angemessenen Verhaltens. Man muss aber diese Diskussion führen, wie sich Verhaltensänderungen und Emissionsvermeidung nicht gegen die, sondern mit den Instanzen, Routinen und Strukturen der Gesellschaft einstellen können. [...]

Armin Nassehi ist Professor für Soziologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München und Herausgeber der Kulturzeitschrift „Kursbuch“.

Armin Nassehi, „Alles, sofort? Das geht nicht“, in: DIE ZEIT Nr. 44 vom 24. Oktober 2019

Blick auf den Mobilitätssektor, auf den CO₂-Ausstoß des alltäglichen, mit fossilen Brennstoffen befeuerten Autoverkehrs, auf die internationalen Lieferketten oder die Tourismusindustrie genügt, um zu erkennen, wie weitreichend gegenwärtige Lebensstile und moderne Gesellschaftsmodelle hinterfragt und verändert werden müssen, um die angestrebte Klimaneutralität zu erreichen.

Doch auch bei Einsicht in diese Notwendigkeiten und obwohl gerade in freiheitlichen Staaten der persönlichen Eigenverantwortung großes Gewicht beigemessen wird, fällt eine effektive Veränderung individuellen Handelns schwer. Denn die Handlungen jeder und jedes Einzelnen sind in die jeweils herrschenden gesellschaftlichen, kulturellen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eingebettet, die derzeit nicht an Nachhaltigkeitszielen ausgerichtet sind.

Industriegesellschaften wie Deutschland sind aufs Engste mit Schlüsseltechnologien wie etwa dem Verbrennungsmotor verweben: Selbst, wenn sie es wollen, können viele Menschen ihren Alltag ohne die Nutzung eines PKWs gar nicht bewältigen. So sind beispielsweise in den ländlichen Räumen Bus- und Bahnnetze wenig bis gar nicht ausgebaut bzw. wurden aus Rentabilitätsgründen eingestellt. Dieses Beispiel lässt sich auf die Nutzung fossiler Ressourcen im Allgemeinen ausweiten: Ohne Erdölprodukte ist die gegenwärtige Welt kaum (mehr) vorstellbar.

Historisch gewachsene Rahmenbedingungen beeinflussen in hohem Maße, welche Entscheidungen Menschen bewusst oder unbewusst im Alltag treffen und wie sich die damit zusammenhängenden Handlungen auf die Umwelt auswirken. Das führt dazu, dass sich trotz eines steigenden Bewusstseins über die klimatischen Konsequenzen individuelle Lebens- und Verhaltensweisen nicht in ausreichendem Umfang ändern.

Aus diesem Grund kommt den sozioökonomischen, strukturellen und rechtlichen Rahmenbedingungen große Bedeutung bei der Bekämpfung des Klimawandels zu. Denn sie bestimmen über die verfügbaren Handlungsmöglichkeiten, zwischen denen die Menschen sich im Alltag entscheiden (können). Die klimapolitisch wirksame Gestaltung dieser Rahmenbedingungen bildet deshalb einen starken Hebel, um klimafreundliche Verhaltensweisen wahrscheinlicher zu machen: Wenn beispielsweise Produkte aus fossilen Quellen, die (un-)mittelbar CO₂ in den Stoffkreislauf der Atmosphäre eintragen, durch Abgaben verteuert werden, hat dies in einer Marktwirtschaft nicht nur Auswirkungen auf individuelle Konsumententscheidungen, sondern setzt im Idealfall Anreize für klimafreundliche Innovationen und die Weiterentwicklung ganzer Wirtschaftszweige.

Potenziale demokratischer Weiterentwicklung

Die Klimakrise kann treffend als *wicked problem* charakterisiert werden. Solche „vertrackten Probleme“ sind definitionsgemäß von einer großen Unübersichtlichkeit geprägt: Die überwältigende Komplexität der Zusammenhänge macht es schwer zu erkennen, wo konkrete Strategien und Handlungsmöglichkeiten wirksam ansetzen können. Die Notwendigkeiten einer effektiven Klimapolitik kollidieren zwangsläufig mit anderen Zielgrößen und Grundwerten, wie etwa dem Streben nach ökonomischem Wohlstand, Gerechtigkeitsfragen und individuellen Freiheitsverständnissen.

Vor diesem Hintergrund geraten demokratische Prozesse, die nach verbreitetem Demokratieverständnis vorrangig auf eine Ausbalancierung unterschiedlicher Interessen abzielen, an ihre Grenzen. Und dies, obwohl die demokratischen Grund-

mechanismen vor keine unmögliche Aufgabe gestellt werden: Denn Demokratien beweisen beispielsweise mit jeder Reform, dass sie in der Lage sind, auch tiefgreifende Veränderungen einzuleiten.

Damit entsprechende Gesetzesänderungen oder -novellen zustande kommen, genügt es in repräsentativen Demokratien – rein oberflächlich betrachtet –, die entsprechenden Mehrheiten zu organisieren. Doch aufgrund der tiefgreifenden und umfassenden Natur des Klimawandels kann Klimapolitik nicht nur als ein weiteres Politikfeld neben anderen behandelt werden, in dem klimapolitische Notwendigkeiten in Zielkonflikten gleichrangig mit beispielsweise Wirtschafts-, Landwirtschafts- oder Verkehrspolitik verhandelt werden. Vielmehr ist Klimapolitik ein Querschnittsthema, das erst dann tatsächlich wirksam sein kann, wenn ihre konkreten Zielsetzungen auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft von allen Sektoren, Institutionen und Individuen unterstützt und zur handlungsleitenden Maxime werden. Obwohl diese Verankerung einer wirksamen Klimapolitik als Grundkonsens mit der Zustimmung zum Pariser Abkommen bereits vollzogen wurde und dies Umfragen zufolge auch eine breite Zustimmung in der Gesellschaft genießt, steht die notwendige Konkretisierung noch aus.

Einigungen auf wirkungsvolle klimapolitische Maßnahmen kommen auf allen Ebenen nur langsam voran. Unter anderem, weil sie immer wieder fundamental mit etablierten lokalen Lebensweisen kollidieren. Die grundsätzliche Zustimmung zur Klimapolitik bedeutet nicht, dass automatisch auch höhere Spritpreise, neue Stromtrassen oder das Windrad in Sichtweite akzeptiert werden. In Deutschland lässt sich dies an der Geschichte des Kohleausstiegs eindrücklich nachvollziehen: Obwohl die Unausweichlichkeit dieses Schrittes in Wissenschaft, Öffentlichkeit und auch Wirtschaft bereits seit Jahrzehnten bekannt ist, wurde diese zentrale klimapolitische Entscheidung erst 2020 verabschiedet.

Eine weitere Ursache für die zögerliche Behandlung der klimapolitischen Agenda scheint darin zu liegen, dass der extrem langfristigen Natur der Klimakrise die kurzfristigen Zyklen und Logiken repräsentativ-demokratischer Prozesse gegenüberstehen: Die Entstehung mehrheitsfähiger politischer Entscheidungen hängt indirekt stark von Faktoren wie beispielsweise anstehenden Wahlterminen oder Entwicklungen in anderen Politikbereichen ab. Langfristig gültige, die Zukunft betreffende Weichenstellungen, die zudem große Zumutungen für die Gesellschaft und die Wirtschaft bedeuten, fallen im Rahmen dieser systemischen Zwänge schwer. Ein gutes Beispiel sind die „Gelbwesten“-Proteste in Frankreich, die durch die Ankündigung einer Erhöhung der Benzinpreise (mit-)ausgelöst wurden (siehe auch unten).

Ein zusätzliches Problem besteht darin, dass – ganz im Gegensatz zum abschließenden, öffentlichen Entscheidungsakt (beispielsweise per Abstimmung oder Wahl) – die Phase, die diesem Entscheidungsakt vorausgeht und in der Entscheidungsalternativen erwogen werden, oft unzugänglich bleibt. Selbst wenn beabsichtigt wird, diese Phase transparenter und partizipativer zu gestalten – wie zum Beispiel in der Debatte um den Kohleausstieg mit der Einrichtung der sogenannten Kohlekommission angestrebt – können auch in dieser Phase macht- und interessenpolitische Einflüsse wirksam werden, die sich unter Umständen der Öffentlichkeit entziehen.

Hier können eine hohe prozedurale Nachvollziehbarkeit und angemessene Partizipationsmöglichkeiten wesentlich zur Steigerung der Legitimation von Entscheidungen bei-

Strukturwandel – auf ein Neues

Bis zum Ende der DDR war die zentrale Funktion der Lausitz der Abbau und die Verstromung der Braunkohle für das halbe Deutschland Ost. Mit zuletzt 80 000 direkt Beschäftigten setzte die Kohle den ökonomischen, sozialen und sogar kulturellen Rahmen über mehrere Generationen hinweg. Als in Folge des Zusammenbrechens der DDR und ihrer Volkswirtschaft über 90 Prozent der Arbeiter*innen in der Kohle entlassen und zahlreiche Kraftwerke und Tagebaue geschlossen wurden, zerbrachen Gewohnheiten und Sicherheiten. [...]

Die verbliebenen Kraftwerke und Tagebaue befeuern den Konflikt um die ökologische Verträglichkeit und die Folgen für Menschen und Landschaft. Unter den zehn emissionsintensivsten Industrieanlagen Europas finden sich alle drei Lausitzer Braunkohlekraftwerke. Die Reste der Kohleindustrie sollen nun stillgelegt werden, damit Deutschland seine Emissionsziele erreicht. Was bedeutet diese Perspektive für den Strukturwandel in der Region? [...]

Während der Kohleausstieg deutschlandweit großen Zuspruch erfährt, sind in der Lausitz weniger Menschen davon überzeugt als im Rest des Landes. Bemerkenswert ist jedoch, dass die Debatten der vergangenen zwei Jahre auch die Einstellungen in der Region verändert haben. Während Lausitzer Kohlebefürworter*innen den Ausstieg noch vor wenigen Jahren grundsätzlich ablehnten oder einen späteren Ausstieg verlangten, fordern sie nun, das verabredete Ausstiegsdatum 2038 einzuhalten. [...]

Sollten die finanziellen Zusagen eingehalten werden, werden in der Lausitz in den kommenden zwei Jahrzehnten etwa 17 Milliarden Euro Strukturwandelförderungen zu investieren sein. Davon fließt ein Drittel direkt an die Bundesländer, die übrigen Gelder werden durch die entsprechenden Bundesministerien in den betroffenen Regionen eingesetzt. Legislativ verankert werden die entsprechenden Bestimmungen im Strukturstärkungsgesetz sowie im Kohleausstiegsgesetz. Für Landesregierungen, Bürgermeister*innen, Strukturwandelorganisator*innen und Engagierte bedeutet das, belastbare

Visionen und leistungsfähige Governancestrukturen zur Umsetzung zukunftsweisender Projekte finden zu müssen, die wirkungsvoll und integrativ sind. [...] Die Problem Diagnosen der verschiedenen Akteur*innen unterscheiden sich daher berechtigterweise sehr voneinander. [...]

Der Strukturwandel in der Lausitz braucht Zeit und sollte nicht mit Erwartungen überfrachtet werden. Die anstehende Transformation ist ein Anlass, damit Lausitzer*innen sich darüber verständigen können, in welcher Zukunft sie leben wollen – in wirtschaftlicher, sozialer, politischer, ökologischer und kultureller Hinsicht. [...]

Der Strukturwandel wird ausgelöst und flankiert von der Bundesebene, umgesetzt und gestaltet werden muss er jedoch lokal. [...] Für die bundes- und landespolitischen Weichenstellungen bedeutet dies, dass Entscheidungen über Projekte und Förderprioritäten auch in der Lausitz selbst getroffen werden müssen. Das verändert jedoch Routinen und verkleinert Entscheidungsspielräume etablierter politischer Akteure*innen. Im besten Fall kann sich aber so ein Mentalitätswandel vollziehen, in dem Erfolge im Strukturwandel auch als die eigenen verstanden werden. [...]

Dieser Ansatz schlägt sich in neuen Formen der Mitbestimmung und strukturierter Beteiligung nieder, die die demokratischen Verfahren ergänzen können. Beteiligung bietet hierbei die Gelegenheit, eine gemischte Gruppe von Bürger*innen zu erreichen, die über Interessengruppen hinausgeht. Beteiligung und Mitbestimmung können daher zu besseren Ergebnissen im Strukturwandel führen, da die lokalen Gegebenheiten stärker berücksichtigt werden. Auch kann sich die Selbstwirksamkeit derjenigen erhöhen, die sich bisher übergangen fühlen. Erste Schritte in diese Richtung wurden in der Lausitz im Rahmen der Zukunftswerkstatt bereits unternommen. [...]

Konrad Gürtler / Victoria Luh / Johannes Staemmler, Strukturwandel als Gelegenheit für die Lausitz, in: APuZ 6–7/2020, S. 32 ff.

Grüne Holzkreuze und Schutzhelme liegen im September 2019 vor dem Haupteingang des Braunkohlekraftwerkes Jämschwalde, Lausitz. Etwa 600 Arbeitsplätze werden nach Abschaltung eines Kraftwerkblockes in Tagebau und Kraftwerk künftig nicht mehr neu besetzt werden.



tragen. Dies umso mehr, wenn absehbar ist, dass politische Entscheidungen und Maßnahmen von solchem Umfang und solcher Tragweite getroffen werden müssen, wie das für eine wirksame Klimapolitik notwendig ist.

Sogenannte demokratische Innovationen, wie beispielsweise Bürgerräte, zielen darauf ab, das repräsentativ-demokratische System funktional zu ergänzen. Sie versuchen neue oder zusätzliche demokratische Räume zu schaffen, die nicht von den beschriebenen Zwängen dominiert sind. So stellt bei Bürgerräten die Zufallsauswahl der Teilnehmenden sicher, dass nicht die üblichen (organisierten) Interessenvertreter am Tisch sitzen, sondern eine möglichst diverse Gruppe von Laien. In Arenen wie Bürgerräten ist es das erklärte Ziel, genau die Einschätzung dieser Laien zum Thema kennenzulernen – und daraus zusätzliche Empfehlungen für die anstehenden Entscheidungen zu gewinnen.

Dazu werden diesen Gruppen relevante (wissenschaftlich gesicherte) Informationen, nicht- oder unterrepräsentierte Sichtweisen sowie diverse Argumente zum Thema als Diskussionsgrundlage bereitgestellt. Fachleute, Betroffene oder Inte-

ressenvertreter unterschiedlicher Positionen werden eingeladen, um von den Bürgerräten angehört zu werden.

In den eigentlichen Debatten der Bürgerräte bleiben diese Stimmen jedoch außen vor, sodass hier Macht- oder Interessenpolitik keine Rolle spielen. So bleibt Zeit und Raum für sachliche Betrachtung und inhaltliche Beratschlagung auf der Suche nach den besten Argumenten und Ideen. Diese werden anschließend den auftraggebenden Gremien, wie etwa einem Parlament, als Empfehlungen zur Verfügung gestellt.

Das Beispiel der Klima-Bürgerversammlung in Frankreich

Zuletzt war von Oktober 2019 bis Juni 2020 in Frankreich zu beobachten, wie klimapolitische Entscheidungsprozesse durch demokratische Innovationen bereichert werden können: Dort hatten klimapolitische Ankündigungen der Regierung, vor allem die Einzelmaßnahme einer Spritpreis-Erhöhung, 2018 zu heftigen Protesten in der Bevölkerung geführt. Um diese Stimmung zu entschärfen und klimapolitische Fortschritte in stärkerem gesellschaftlichem Konsens zu ermöglichen, wurde ein nationaler Klima-Bürgerrat, die *Convention Citoyenne pour le Climat* (CCC), einberufen.

Auf Einladung von Präsident Emmanuel Macron kamen 150 zufällig ausgewählte Französinen und Franzosen an insgesamt sieben Wochenenden zusammen, um sich zur Frage zu beratschlagen, wie Frankreich seine Treibhausgasemissionen sozialverträglich um mindestens 40 Prozent bis zum Jahr 2030 reduzieren könnte. Die Bürgerinnen und Bürger hörten dazu Fachvorträge an, debattierten und erarbeiteten klimapolitische Vorschläge.

Im Ergebnis wurden Präsident Macron 149 Empfehlungen übergeben, welche die Teilnehmenden durch Mehrheitsbeschluss als geeignet befunden hatten. Der Präsident hatte wiederum vorab zugesichert, dass er die legislativen und regulatorischen Empfehlungen der CCC ungefiltert in Gesetzgebungsprozesse, präsidiale Dekrete oder gar nationale Referenden einbringen werde. Wobei die Entscheidung der CCC überlassen wurde, festzulegen, auf welchem dieser drei Pfade ihre Empfehlungen weiterverfolgt werden sollten.

Zwar hielt Präsident Macron sein Versprechen nicht vollumfänglich ein und erteilte drei der 149 Empfehlungen des Klima-Bürgerrates bereits kurz nach Abschluss der CCC eine Absage. Das betraf einmal den Vorschlag zur Erhebung einer Steuer von vier Prozent auf Dividenden, bei dem die Regierung auch die Bremsung von Investitionen befürchtete. Vertagt wurde auch die Anregung, das Tempolimit auf Autobahnen von 130 auf 110 km/h herabzusetzen. Und der Präsident sah keine Möglichkeit, die Präambel der französischen Verfassung um einen Klimaschutz-Passus zu ergänzen, da ein solcher nicht über die bürgerlichen Rechte gestellt werden könne.

Dem verbleibenden umfangreichen Klima-Maßnahmenpaket der CCC hat Macron jedoch zugestimmt. Es wird in Frankreich derzeit vom Parlament debattiert und soll 2021 Bestandteil eines „Multi-Maßnahmen-Gesetzes“ werden. Einige Vorschläge wurden auch direkt an den Rat für Umweltschutz weitergeleitet oder fanden im französischen Corona-Konjunkturpaket ihren Niederschlag. Die CCC ermöglichte auf diese Weise bereits einige klimapolitische Fortschritte in Frankreich – und das angesichts einer spannungsreichen Lage im Land, die wesentlich durch als autoritär und bürgerfern empfundene klimapolitische Ankündigungen der Regierung im Jahr 2018 ausgelöst worden war.

Die Funktionalität einer Bürgerversammlung wie der CCC ergibt sich vor allem aus drei zentralen Merkmalen der Prozessgestaltung:

- die Zufallsauswahl der Teilnehmenden
- ein ergebnisorientiert gestalteter Rahmen, in dem die Teilnehmenden miteinander interagieren
- die solide Einbindung des Verfahrens in das bestehende Demokratiegefüge.

Das Zufallsprinzip bei der Rekrutierung der Teilnehmenden schafft gänzlich andere Voraussetzungen für den Verlauf eines Bürgerbeteiligungsverfahrens als Wahl, Entsendung oder aber Selbstrekrutierung. Ein geeignetes methodisches Vorgehen vorausgesetzt, gelingt es mit einer Zufallsauswahl, eine maximal vielfältige Gruppe von Menschen zusammenzubringen, die explizit keine Repräsentations- oder Vertretungsfunktionen erfüllen. Das ist die Voraussetzung für einen unvoreingenom-



150 zufällig ausgewählte Delegierte des nationalen Klima-Bürgerrates beschäftigen sich von Oktober 2019 bis Juni 2020 an insgesamt sieben Wochenenden mit der Frage, wie Frankreich seine Klimaschutzziele sozialverträglich erreichen könnte. Arbeitssitzung in Paris am 8. Februar 2020



Am 29. Juni 2020 treffen sich Präsident Emmanuel Macron und sein Premierminister Edouard Philippe (links hinter Macron mit blauer Mappe) mit Vertreterinnen und Vertretern des Klima-Bürgerrates, um über dessen Ergebnisse zu sprechen.

menen Umgang der Teilnehmenden mit dem Thema der Bürgerversammlung. Ihre Meinungen und Ansichten sind nicht festgelegt, können sich im Verlauf weiterentwickeln, ausdifferenzieren oder verändern und in einem möglichst machtfreien Zusammenspiel Kreativität freisetzen.

Diese sogenannten deliberativen Qualitäten werden dadurch befördert, dass die Teilnehmenden mithilfe professioneller Prozessbegleitung in unterschiedlichen Interaktionsformaten miteinander in Austausch gebracht werden. Dazu gehörten im Fall der CCC in besonderer Weise Diskussionen in Kleingruppen mit wechselnder Zusammensetzung. Mithilfe der Prozessbegleitung wurde dabei sichergestellt, dass die Teilnehmenden individuell zu Wort kamen und die eigenen Erfahrungen, Gedanken und Ideen darstellen und entwickeln konnten. Aber auch speziell gestaltete Plenums-Runden kamen zum Einsatz, in denen Prozessschritte beraten wurden oder aber Fachleute bzw. Vertreter einschlägiger Positionen angehört und befragt werden konnten.

Wie bei anderen Bürgerversammlungen oder Bürgerräten waren zudem auch bei der französischen CCC die Rahmenbedingungen des Beteiligungsprozesses entscheidend. Bereits vorab wurde klar definiert, auf welche Art und Weise die Bürgerinnen und Bürger partizipieren sollten: Fragestellung, mögliche Ergebnisformen und deren Weiterverwendung in den demokratischen Institutionen wurden eindeutig vom Auftraggeber – Präsident Macron – festgelegt. Damit herrschte bereits vorab Transparenz über den Prozess, seine Anbindung an die demokratischen und administrativen Strukturen und den Spielraum zur Mitwirkung durch die Teilnehmenden.

Demokratische Innovationen, wie die beschriebene CCC, können auf diese Weise die repräsentative Demokratie ergänzen, ohne dabei als Parallel-Parlament oder direktdemokratische Systemalternative zu wirken. Innerhalb von Bürgerversammlungen und Bürgerräten rückt die demokratische Funktion der verständigungsorientierten Beratschlagung – Deliberation – in den Mittelpunkt. Sie ermöglicht es, die besten Ideen und Argu-

mente zu identifizieren und als Impulse an die Gremien und durch Wahlen legitimierte Vertreterinnen und Vertreter der repräsentativen Demokratie weiterzugeben.

Die Klima-Bürgerversammlung in Frankreich ist kein Einzelfall. Vorläufer auf nationaler Ebene, die ebenfalls ein Gremium zufällig ausgewählter Bürgerinnen und Bürger zur Beratung der repräsentativen Demokratie bei unterschiedlichsten Themen eingeschaltet haben, gab es bereits zuvor. Etwa bei den „Citizens' Assemblies“ in Kanada und Irland.

So beriet in Kanada 2012 eine solche Versammlung über eine mögliche Änderung des Wahlrechts – die letztlich in einem Referendum abgelehnt wurde. In Irland erarbeitete eine Bürgerversammlung einen Vorschlag für eine Verfassungsänderung um die gleichgeschlechtliche Ehe zu ermöglichen, der in einem Referendum angenommen wurde.

In Deutschland tagte im Jahr 2019 erstmals ein nationaler Bürgerrat aus 160 zufällig ausgewählten Bürgerinnen und Bürgern zur Frage, wie das politische System in Deutschland um Formen von Bürgerbeteiligung und direkter Demokratie weiterentwickelt werden könnte. Anfang 2021 folgte ein Bürgerrat zur „Rolle Deutschlands in der Welt“, wobei das Thema vom Ältestenrat des Bundestages fraktionsübergreifend beschlossen wurde. Und auch im Rahmen der 2021 von der EU initiierten „Konferenz zur Zukunft der EU“ sollen Gremien mit zufällig ausgewählten Bürgerinnen und Bürgern eine Rolle spielen.

Unterhalb der nationalen Ebene wird bereits seit Jahrzehnten in großer Formenvielfalt auf das Prinzip der Zufallsauswahl gesetzt: Planungszellen, lokale Bürgerräte, unterschiedliche Varianten von Zukunftsräten, Bürgerparlamente und viele weitere Modellvarianten bereichern auf kommunaler, (inter-) regionaler und Länderebene die Demokratie. Zudem werden diese Prozesse zunehmend institutionalisiert, wie etwa im österreichischen Bundesland Vorarlberg, wo im Jahr 2013 eigens die Landesverfassung geändert wurde, um Bürgerräte fortan regelmäßig zu wichtigen Themenbereichen einberufen zu können.

Ausblick

Gegenwärtig verfügen rund 70 Staaten weltweit über ein demokratisches Regierungssystem. Trotz erheblicher Unterschiede in der jeweiligen konkreten Ausgestaltung dieser Staatswesen lebt damit knapp die Hälfte der Menschheit in Demokratien. Unter ihnen finden sich die finanzkräftigsten und innovativsten Staaten des Planeten, denen eine besondere klimapolitische Verantwortung zufällt. Diese Verantwortung muss in praktische Politik umgesetzt werden, wenn wirksame klimapolitische Entscheidungen und Handlungen erzeugt werden sollen.

Dabei können Weiterentwicklungen des demokratischen Systems, wie etwa durch Bürgerräte, hilfreich sein, um der klimapolitischen Komplexität gerecht zu werden. Sie haben das Potenzial, den pluralistischen Streit um die besten Entscheidungsalternativen mit der Perspektive der Bürgerschaft zu bereichern und ermöglichen es damit – zumindest temporär und themenbezogen –, zwischen den Wahlterminen eine Rückkopplung mit der Bürgerschaft als dem Souverän eines demokratischen Staatswesens zu vollziehen.

Zudem sind Nebenwirkungen solcher Prozesse nicht zu unterschätzen, wie beispielsweise die Erfahrungen politischer Selbstwirksamkeit, die sich für die nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Teilnehmenden eines Bürgerrates erwiesenermaßen oft in einer gesteigerten Bereitschaft zu politischem Engagement niederschlagen. Solche Nebeneffekte sind von

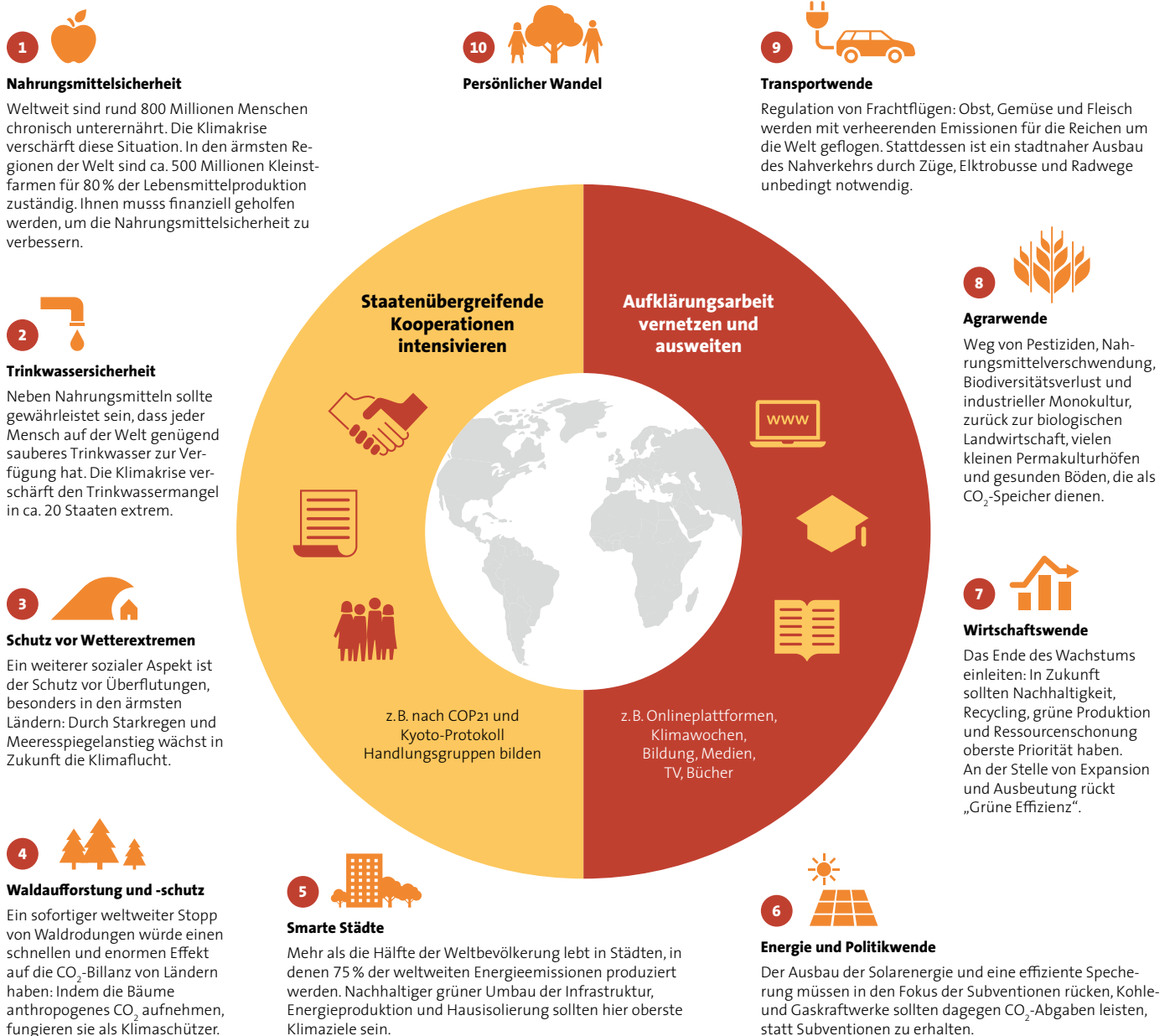
zentraler Bedeutung für die Demokratie, deren Zukunft von der individuellen Bereitschaft aller Bürgerinnen und Bürger abhängt, sich im Gemeinwesen einzubringen. Ganz gleich, ob in Form einer Kandidatur für ein politisches Amt, der Mitarbeit in einer Partei oder etwa durch klimapolitischen Aktivismus und anderweitige kreative Formen des Engagements.

Innovative „deliberative“ Möglichkeiten zum wechselseitigen Gedankenaustausch können zur Vertiefung einer demokratischen Kultur beitragen, in der die gemeinsame Suche nach den besten Argumenten und Ideen im Zentrum steht. Und nicht – wie zum Beispiel bei direktdemokratischen Prozessen oft zu beobachten – allein die Durchsetzung einer Meinung oder Idee gegen eine andere. Damit wirken sie auch der polarisierenden und spaltenden Logik von Demagogie und Populismus entgegen, denn demokratische Innovationen sind darauf ausgerichtet, die repräsentative Demokratie zu ergänzen, und

wollen sie nicht ersetzen. Gerade mit Blick auf die hochkomplexen Wechselwirkungen, die eine wirksame Klimapolitik in der Praxis erschweren, schaffen sie so eine tragfähigere Ausgangslage. Auf der lokalen Ebene werden diese Potenziale offenbar zunehmend erkannt: In vielen Kommunen entstehen derzeit sogenannte Klima-Bürgerräte und verwandte Ansätze, um die Weichen für klimapolitisch relevante Entscheidungen gemeinsam mit der Bürgerschaft zu stellen – ein Zeichen dafür, dass die Demokratie beginnt, ihre Anpassungsfähigkeit auch mit Blick auf die Klimakrise als Stärke einzusetzen.

In diesem Zusammenhang kommt dem grenz- und kulturübergreifenden Austausch eine zentrale Bedeutung zu, damit Demokratien auch in Bezug auf die Herausforderungen des Klimawandels stärker von- und miteinander lernen. Nur in gemeinsamer Anstrengung lässt sich diesen Herausforderungen wirksam und nachhaltig begegnen.

In 10 Punkten zu mehr Klimaschutz



Glossar

Aerosole: Gemisch aus festen oder flüssigen Schwebeteilchen und Gas. Die Schwebeteilchen heißen Aerosolpartikel und haben eine typische Größe zwischen 0,01 und 10 µm (Mikrometer = 1 tausendstel Millimeter/1 millionstel Meter). Aerosole entstehen durch natürliche Vorgänge wie Vulkanausbrüche oder Wüstenstürme, aber auch infolge menschlicher Aktivitäten wie der Verbrennung fossiler Rohstoffe oder durch Winderosion landwirtschaftlich genutzter Flächen. Aerosolpartikel streuen oder absorbieren die kurzweilige Sonneneinstrahlung: Die Streuung der Einstrahlung bewirkt eine Abkühlung, die Aufnahme (Absorption) eine Erwärmung.

AFOLU (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*, Land- und Forstwirtschaft und andere Landnutzung): In diesem Bereich werden Treibhausgase ausgestoßen (z.B. Methanemissionen aus der Viehzucht), hier kann über geeignete Maßnahmen aber auch eine Speicherung von Kohlenstoff erfolgen, z.B. durch Wiederbewaldung oder Änderungen im Landmanagement.

Anpassung (an den Klimawandel) ist – nach Definition des IPCC – der Prozess der Ausrichtung auf das tatsächliche oder erwartete Klima und dessen Auswirkungen. Es gilt Risiken zu senken, Schäden zu vermindern oder zu vermeiden; betroffen sind die Lebensweise des Menschen sowie alle gesellschaftlichen Bereiche.

Anthropogene (menschlich verursachte) Treibhausgasemissionen in Gestalt von CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs und SF₆ stammen hauptsächlich aus unserem Energieverbrauch und unseren Energiesystemen durch Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas, aus der Landwirtschaft sowie aus der Verbrennung und Zerstörung von Wäldern und Mooren. Die Emissionen sind eng mit den wirtschaftlichen Kernaktivitäten, vom Wohnen über den Verkehr und die industrielle Produktion bis hin zur Abfallbehandlung, verknüpft.

BECCS (*Bioenergy with Carbon Capture and Storage*): Abscheidung und Speicherung von CO₂ bei der Verbrennung von Biomasse. Beim BECCS-Verfahren wird der Atmosphäre durch Photosynthese im Wachstum von Bäumen und Pflanzen CO₂ entzogen. Die Biomasse wird anschließend zur Erzeugung von Bioenergie verbrannt. Das dabei wieder freigesetzte CO₂ wird aufgefangen und in geologischen Formationen tief im Boden auf sehr lange Zeit gespeichert.

Biodiversität oder biologische Vielfalt ist in den biologischen Wissenschaften ein Bewertungsmaßstab für die Fülle unterschiedlichen Lebens in einem bestimmten Landschaftsraum oder in einem geografisch begrenzten Gebiet.

Biogas ist ein brennbares Gas, das entsteht, wenn Bioabfälle, Klärschlamm, Gülle, Mist oder nachwachsende Rohstoffe in Biogasanlagen vergoren werden. Das Gas eignet sich zur Erzeugung elektrischer Energie, zum Betanken von Fahrzeugen oder zur Einspeisung in ein Gasversorgungsnetz.

CCS (*Carbon Capture and Storage*): Nachgeschaltete Kohlenstoffabscheidung und -speicherung aus industriellen Prozessen. Der Einsatz von CCS wird vielfach vor allem für sogenanntes prozessbedingtes CO₂ als notwendig angesehen, das in der Grundstoffindustrie (z.B. bei der Zementherstellung) bei der chemischen Umwandlung benötigter Ausgangsmaterialien anfällt. Dieses CO₂ soll mittels CCS-Verfahren abgetrennt und zu unterirdischen Speichern (zum Beispiel in leergeforderten Erdgasfeldern unter der Nordsee) transportiert werden.

CDR (*Carbon Dioxide Removal*): Gezielte Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre mittels unterschiedlicher technischer Verfahren. Wird in vielen Klimaschutzszenarien zur Minderung der atmosphärischen CO₂-Konzentration als notwendig angesehen, ist aber noch in der Konzeptionsphase und unsicher in den Kosten.

CO₂-Budget: Die verbleibende Menge an CO₂, die noch ausgestoßen werden kann, bevor bestimmte Klimaziele verfehlt werden. Sie ergibt sich aus den bereits ausgestoßenen Emissionen und den jeweiligen Obergrenzen für einzelne Klimaziele.

CO₂-Neutralität bedeutet, nicht mehr CO₂ zu emittieren, als durch Senken (CO₂-absorbierende natürliche Ökosysteme wie Wälder und Moore) wieder aus der Atmosphäre entnommen werden kann.

COP (engl.: *Conference of the Parties*; frz.: *Conférence des Parties*, CP): Vertragsstaatenkonferenz oder Vertragsparteienkonferenz, die gemäß Völkerrecht das höchste Gremium einer internationalen Konvention bzw. eines Übereinkommens ist, also etwa solcher unter der Schirmherrschaft der UN, wie z.B. das Rahmenübereinkommen der Vereinten

Nationen über Klimaänderungen. Alle Vertragsstaaten sind jeweils zur Teilnahme eingeladen.

DACCs (*Direct Air Carbon Capture and Storage*) bezeichnet den direkten Entzug von CO₂ aus der Atmosphäre durch entsprechende Technologien und seine Abscheidung und Speicherung.

Elektrifizierung: Durch Elektrifizierung werden in verschiedenen Bereichen fossile Energieträger durch den Einsatz von Strom ersetzt. Über eine solche Elektrifizierungsstrategie sollen die CO₂-Emissionen im Energiesystem reduziert werden. Die Strategie ist von einer ausreichenden Verfügbarkeit von klimafreundlich erzeugtem Strom abhängig.

Elektrolyse: chemischer Prozess, bei dem elektrischer Strom eine Redoxreaktion erzwingt. Dabei werden Elektronen von einem Reaktionspartner auf einen anderen übertragen, ein Stoff nimmt Elektronen auf und gibt bei der Oxidation Elektronen ab. Das Verfahren dient zur Gewinnung von Metallen oder zur Herstellung von Stoffen, die durch rein chemische Prozesse kaum oder wesentlich kostenaufwändiger zu gewinnen wären. Beispiele wichtiger Elektrolysen sind die Gewinnung von Wasserstoff, Aluminium, Chlor und Natronlauge.

Energetische Sanierung bezeichnet üblicherweise die Modernisierung eines Gebäudes, um den Energieverbrauch zu verringern, und betrifft meist die Heizung, das Warmwasser und die Lüftung sowie die Dämmung von Außenwänden, Dach und Keller.

Energieeffizienz bedeutet eine optimale, sparsame Nutzung der vorhandenen Energieressourcen. Verbesserungen der Energieeffizienz können u.a. im Gebäudebereich durch energetische Sanierungen erzielt werden.

Geothermie bezeichnet die ingenieurtechnische Nutzung der Erdwärme, die im zugänglichen Teil der Erdkruste gespeichert ist. Erdwärme kann zum Heizen, zum Kühlen, zur Stromerzeugung oder in der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt werden.

Gletscher sind aus Schnee hervorgegangene Eismassen mit einem klar definierten Einzugsgebiet, die sich aufgrund von Hangneigung, Struktur des Eises, Temperatur und der aus der Masse des Eises und den anderen Faktoren hervorgehenden Schubspannung eigenständig bewegen.

IAMs (*Integrated Assessment Models*) verknüpfen vereinfachte naturwissenschaftliche Klimamodelle mit kostenoptimierenden ökonomischen Modellen und Annahmen über gesellschaftliche Entwicklungen. Auf diese Weise entstehen mögliche Bilder der Zukunft. IAMs zielen darauf ab, die wechselseitigen Einflüsse zu verstehen, die zwischen unterschiedlichen klimatischen und ökonomischen Zukunftsszenarien bestehen.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, „Weltklimarat“) wurde 1988 als zwischenstaatliche Institution mit Sitz in Genf gegründet, um für politische Entscheidungsträger den Stand der wissenschaftlichen Forschung zur globalen Erwärmung, zu deren Risiken sowie zu Minderungs- und Anpassungsstrategien zusammenzutragen und aus wissenschaftlicher Sicht zu bewerten.

Kippunkte sind kritische Schwellenwerte im Klimasystem, deren Überschreiten unkontrollierbare und sich selbstverstärkende Prozesse auslöst, die zum Teil unaufhaltsam und unumkehrbar sind. Zu den **Kippelementen** zählen u.a. das Abschmelzen des arktischen Meereises, das Auftauen der Permafrostböden sowie das Verschwinden von Teilen der (Regen-)Wälder.

Klimarahmenkonvention (UNFCCC = *United Nations Framework Convention on Climate Change*): globales Klimaschutzabkommen, Anfang der 1990er-Jahre verhandelt durch die UN, beschlossen durch die Staatengemeinschaft 1992 in New York. Mit Stand 2021 haben 197 Vertragsparteien inklusive der EU die Klimarahmenkonvention ratifiziert und damit die völkerrechtliche Basis für globalen Klimaschutz geschaffen.

Minderungspfade: Im IPCC-Sonderbericht „1,5 °C Globale Erwärmung“ wurden 2018 auf Basis der damaligen Emissionsniveaus und von Annahmen zur Entwicklung zentraler Größen wie der Bevölkerungsentwicklung globale Minderungspfade zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen erarbeitet. Minderungspfade werden auf Grundlage von Treibhausgasemissionsbudgets (siehe auch CO₂-Budget) entwickelt. Sie zeigen verschiedene Möglichkeiten auf, wie die verbleibenden globalen Gesamtemissionen sich über die Zeit bis 2050 verteilen könnten, und stellen damit eine Grundlage für Handlungsoptionen für die nationalstaatliche Ebene dar.

NDC (*Nationally Determined Contributions*) sind nationale Beiträge der Unterzeichnerstaaten des Pariser Klimaabkommens, in denen sie angeben, wie viel und auf welche Weise sie ihre Treibhausgasemissionen reduzieren wollen. Die EU hat für all ihre Mitgliedstaaten eine gemeinsame NDC vorgelegt. Alle fünf Jahre sollen die Länder ihre NDC überprüfen und nachbessern.

Negative Emissionen bezeichnen die Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre, z. B. durch BECCS oder DACCS (siehe oben).

Nettoemissionen, netto null siehe Treibhausgasneutralität

Overshoot bezeichnet eine vorübergehende Überschreitung eines bestimmten Niveaus der globalen Erwärmung, z. B. 1,5°C. Entsprechende „Overshoot-Szenarien“ skizzieren eine mögliche zukünftige Entwicklung, in der es nach einer solchen Temperaturüberschreitung wieder zu einem Rückgang der globalen Erwärmung kommt, indem der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre über „negative Emissionen“ reduziert wird.

Permafrost oder Dauerfrostboden bildet sich, wenn unter der Erdoberfläche mindestens zwei Jahre lang ununterbrochen Temperaturen unter dem Gefrierpunkt geherrscht haben. Er kann unterschiedliche Mächtigkeit und Tiefe erreichen und ist in großen Teilen Nordkanadas, Alaskas, Grönlands und Ostsibiriens zu finden.

Power-to-X bezeichnet verschiedene Verfahren, die unter Verwendung von Strom gasförmige oder flüssige Energieträger erzeugen. Neben Wasserstoff können auch unterschiedliche kohlenstoffhaltige synthetische Energieträger über Power-to-X-Verfahren hergestellt werden.

ppm (*parts per million*, Anzahl Teilchen pro Millionen Teilchen) ist das Maß für die Treibhausgas-/ CO₂-Konzentration in der Atmosphäre.

RCP (*Representative Concentration Pathways*, Repräsentative Konzentrationspfade) beschreiben bestimmte Entwicklungspfade atmosphärischer Treibhausgaskonzentrationen und zugehöriger Emissionen. Sie bilden damit die Basis für Klimaprojektionen. Eine charakteristische Kennzahl für die RCPs ist der Strahlungsantrieb (siehe unten).

Resilienz ist die Fähigkeit von natürlichen und menschlichen Systemen, Klimaänderungen und extreme Ereignisse zu bewältigen und dabei derart zu reagieren bzw. sich zu reorganisieren, dass die systemische Grundfunktion, Identität und Struktur erhalten bleiben und die Systeme sich gleichzeitig die Fähigkeit zur Anpassung, zum Lernen und zur Transformation bewahren können.

SDG (*Sustainable Development Goals*) sind die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele der UN, die 2015 beschlossen wurden, um weltweit eine nachhaltige Entwicklung auf ökonomischer, sozialer und ökologischer Ebene zu erreichen. Sie traten 2016 mit einer Laufzeit von 15 Jahren (bis 2030) in Kraft und gelten für alle Staaten.

Sektoren, in denen aufgrund hoher Treibhausgasemissionen besondere Maßnahmen zum Klimaschutz gelten, sind Gebäude, Verkehr, Energiewirtschaft, Industrie und Landwirtschaft.

Senken sind CO₂-absorbierende natürliche Ökosysteme wie Ozeane, Wälder und Moore.

SSP (*Shared Socioeconomic Pathways*) wurden in den letzten Jahren durch ein internationales Team von Fachleuten aus den Bereichen Klimawissenschaft, Ökonomie und Energie entwickelt. SSPs beschreiben in verschiedenen Entwicklungspfaden mögliche zukünftige Veränderungen der globalen Gesellschaft.

Solarthermie gehört zu den erneuerbaren Energien. Mit ihr wird die Energie der Sonne in nutzbare thermische Energie umgewandelt. Solarthermische Kraftwerke verwenden die Wärme der Sonne, um damit Dampf zu erzeugen und über eine Turbine Strom zu gewinnen. Damit unterscheiden sich solarthermische Kraftwerke von der Photovoltaik, die die Strahlung der Sonne direkt in elektrischen Strom wandelt.

Strahlungsantrieb: Maß für die Änderung der Energiebilanz der Erde innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Gemessen wird der Strahlungsantrieb in Watt pro Quadratmeter (W/m²).

Synthetische Kraftstoffe werden anders als Benzin und Diesel nicht aus Erdöl, sondern aus erneuerbarem Strom und CO₂ gewonnen. Sie können aber wie Benzin und Diesel in Verbrennungsmotoren eingesetzt oder diesen beigemischt werden. Da diese Verbindungen nahezu rußfrei verbrennen, stoßen sie deutlich weniger CO₂ und fast keinen Feinstaub oder Stickstoffoxid aus.

Szenario ist eine konsistente und schlüssige Beschreibung der Abfolge von möglichen Ereignissen hin zu einem zukünftigen Zustand. Für

energie- und klimapolitische Entscheidungen wird heute meist auf klimawissenschaftliche Szenario-Analysen zurückgegriffen.

Treibhausgase sind Spurengase in der Atmosphäre, die einen Teil der Wärmestrahlung der Erdoberfläche aufnehmen, sich erwärmen und entsprechend ihrer Temperatur wiederum Wärmestrahlung abgeben. Dazu zählen Wasserdampf, Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und Ozon (O₃) sowie ausschließlich vom Menschen produzierte Halogenkohlenwasserstoffe und andere chlor- und bromhaltige Substanzen.

Treibhausgasneutralität wird in der Wissenschaft als Begriff für einen Zustand verwendet, in dem entweder keine Treibhausgase in die Atmosphäre abgegeben werden oder in dem verbleibende Treibhausgasemissionen vollständig durch „negative Emissionen“ kompensiert werden, es also insgesamt zu keinem Konzentrationsanstieg der Gase in der Atmosphäre kommt (Netto-Null-Emission). Um das Ziel, den globalen Temperaturanstieg deutlich unter 2°C zu halten, zu erreichen, soll in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen den vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen und dem „Abbau“ von Treibhausgasen aus der Atmosphäre durch Senken (CO₂-absorbierende natürliche Ökosysteme wie Wälder und Moore) erreicht werden.

Vulnerabilität: Die Verletzbarkeit durch die Folgen des Klimawandels kann sich regional und lokal unterschiedlich ausprägen. Dabei spielt die Anpassungskapazität (siehe auch Anpassung) eine wesentliche Rolle, also die Fähigkeit, potenziellen Schäden vorzubeugen oder mit entsprechenden Auswirkungen umzugehen.

Wärmepumpe nutzt die in der Umwelt (z. B. im Boden) gespeicherte thermische Energie, um im Zusammenspiel mit einem weiteren Energieträger (meist Strom) Gebäude zu erwärmen.

Wasserstoff ist ein farbloses Gas. Je nach Ursprung erhält er allerdings unterschiedliche Farbbezeichnungen. **Grauer Wasserstoff** wird gewonnen, indem Erdgas unter Hitze in Wasserstoff und Kohlendioxid (CO₂) gespalten wird. Das CO₂ wird dabei an die Atmosphäre abgegeben. **Blau** heißt der **Wasserstoff**, wenn das CO₂ bei der Entstehung abgeschieden und gespeichert wird (siehe auch CCS). **Grüner Wasserstoff** wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt, wobei für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien zum Einsatz kommt. Damit ist die Produktion CO₂-frei. **Türkiser Wasserstoff** wird über die thermische Spaltung von Methan hergestellt. Anstelle von CO₂ entsteht dabei fester Kohlenstoff. Wenn die Wärmeversorgung des Hochtemperaturreaktors aus erneuerbaren Energiequellen stammt und der Kohlenstoff dauerhaft gebunden wird, ist das Verfahren CO₂-neutral.

Windkraft (Onshore- und Offshore-Windkraft) wird mit Anlagen gewonnen, die nach dem Prinzip einer Windmühle die natürliche Kraft des Windes nutzen, um elektrische Energie zu erzeugen. Der Wind treibt einen elektrischen Generator an. **Offshore**-Windparks befinden sich auf dem Meer (meist in Küstennähe), **Onshore**-Windkraftanlagen auf dem Festland.

Literatur und Internetadressen

Kapitel 1 – Quellen, Literatur und online-Quellen

Bender, Steffen / Brune, Miriam / Cortekar, Jörg u. a.: Anpassung an die Folgen des Klimawandels in der Stadtplanung und Stadtentwicklung – Der GERICs Stadtbaukasten. Report 31, *Climate Service Center Germany*, Hamburg 2017, 81 S.; PDF unter www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/report31.pdf

Brasseur, Guy P. / Jacob, Daniela / Schuck-Zöllner, Susanne (Hg.): Klimawandel in Deutschland – Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven, Heidelberg 2017, 348 S.; online: DOI 10.1007/978-3-662-50397-3 (Für Ende 2021/Frühjahr 2022 ist eine aktualisierte Neuauflage angekündigt)
Darin: Daniela Jacob u. a.: Regionale Klimamodellierung, S. 27–35

Deutscher Städtetag: Anpassung an den Klimawandel in den Städten – Eine Handreichung mit Forderungen, Hinweisen und Anregungen, 2019
www.staedtetag.de/publikationen/weitere-publikationen/klimafolgenanpassung-staedte-2019, Zugriff am 26.11.2020

EEA Report No 1/2017: *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016; Zugriff am 26.11.2020

Friedlingstein, Pierre u. a.: *Global Carbon Budget 2019 in: Earth System Science Data (ESSD)* 11, 1783–1838, 2019; online: <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>

Fuss, Sabine / Canadell, Josep G. / Peters, Glen P. u. a.: *Betting on negative emissions. in: Nature Climate Change* 4 (2014) S. 850–853; online: www.nature.com/articles/nclimate2392

Giorgi, Filippo / Gutowski, William J.: *Coordinated Experiments for Projections of Regional Climate Change, in: Current Climate Change Reports* 2 (2016), S. 202–210; online: <https://doi.org/10.1007/s40641-016-0046-6>

Global Carbon Project (GCP): Carbon budget and trends 2020; 11.12.2020; www.globalcarbonproject.org/carbonbudget, Zugriff am 9.6.2021

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, 2019, 874 S.; PDF unter www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf

Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle / DLR Projektträger (Hg.): *Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger*, 2019, 38 S.; PDF unter www.de-ipcc.de/media/content/SRCL-SPM_de_barrierefrei.pdf

IPCC: *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, 2019, 765 S.; PDF unter www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf

Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle / DLR Projektträger (Hg.): *Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger*, 2019, 44 S.; PDF unter www.de-ipcc.de/media/content/SROCC-SPM_de_barrierefrei.pdf

IPCC: *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, 2018; online: www.ipcc.ch/sr15/

Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle / DLR Projektträger (Hg.): *1,5°C Globale Erwärmung Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Bonn/Bern/Wien November 2018*, 34 S.; PDF unter www.de-ipcc.de/media/content/SR15-SPM_de_barrierefrei.pdf

IPCC: *Summary for policymakers, in: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2014*, 1–32 S.

IPCC: *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013*, 1535 S.

Jacob, Daniela / Petersen, Juliane u. a.: *EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research, in: Regional Environmental Change*, 14, 563–578 (2018); online: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-013-0499-2>

Kaspar F. / Friedrich K.: *Rückblick auf die Temperatur in Deutschland im Jahr 2019 und die langfristige Entwicklung. DWD, Stand 2.01.2020;* www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/20200102_bericht_jahr2019.pdf?__blob=publicationFile&v=4, Zugriff am 26.11.2020

Keeling, Charles D. / Bacastow, Robert B. / Bainbridge, Arnold E. u. a.: *Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii*, in: *Tellus*, vol. 28, 1976, issue 6, S. 538–551

Klimaausblick für Deutschland und für Bundesländer hier verfügbar: https://gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/klimaausblicke/index.php.de

https://gerics.de/imperia/md/content/csc/projekte/klimasignalkarten/gerics_klimaausblick_germany_version1.2_deutsch.pdf

Lancet Countdown on Health and Climate Change: Policy Brief für Deutschland, 2019 www.bundesaeztztkammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Pressemittelungen/20191114_Klimawandel/3_Lancet_Countdown_Policy_brief_for_Germany_German_vo1b.pdf, Zugriff am 26.11.2020

Minx, Jan C. / Lamb, William F. / Callaghan, Max W. u. a.: *Fast growing research on negative emissions, in: Environmental Research Letters*, 12(3), 2017; online: [doi:10.1088/1748-9326/aa5e5](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5e5)

Moss, Richard H. / Edmonds, Jae A. / Hibbard, Kathy A. u. a.: *The next generation of scenarios for climate change research and assessment, in: Nature* 463, 747–756 (2010); online: <https://doi.org/10.1038/nature08823>

National Centers for Environmental Information (NOAA): Climate at a Glance: Global Time Series; 09 / 2020, www.ncdc.noaa.gov/cag/, Zugriff am 26.11.2020

Riahi, Keywan / Vuuren, Detlef P. van / Kriegler, Elmar u. a.: *The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview, in: Global Environmental Change* 42, Januar 2017, S. 153–168; online: [DOI:10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009)

Rogelj, Joeri / Schaeffer, Michiel / Friedlingstein, Pierre u. a.: *Differences between carbon budget estimates unraveled, in: Nature Climate Change* 6, 245–252 (2016); online: <https://doi.org/10.1038/nclimate2868>

Umweltbundesamt, Treibhausgasemissionen in Deutschland (Stand 12/2019) aus UBA Presse-Mitteilung vom 15.03.2020, www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung-1990-bis-2018, Zugriff am 26.11.2020

Vuuren, Detlef P. van / Edmonds, Jae / Kainuma, Mikiko u. a.: *The representative concentration pathways: an overview, in: Climatic Change* 109, 5 (2011); online: <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>

Kapitel 2 – Quellen und Literatur

Ayikut, Stefan C. / d'Amico, Emilie / Klenke, Jan / Schenuit, Felix: *The Accountant, the Admonisher and the Animator: Global climate governance in transition. Report from the COP25 climate summit in Madrid*, in: *Center for Sustainable Society Research* 2020, 25 S.

Beck, Silke: *Das Klimaexperiment und der IPCC*, Marburg 2009, 227 S.

Dies. / Mahony, Martin: *The IPCC and the new map of science and politics*, in: *WIREs Clim Change* 30 (4), e547 (2018), DOI: [10.1002/wcc.547](https://doi.org/10.1002/wcc.547)

Geden, Oliver: *Policy: Climate advisers must maintain integrity*, in: *Nature* 521 (7550) 2015, S. 27–28, DOI: [10.1038/521027a](https://doi.org/10.1038/521027a)

Hulme, Mike (2014): *Streitfall Klimawandel*, München 2014, S. 384

Ders.: *1.5°C and climate research after the Paris Agreement*, in: *Nature Climate change* 6 (3) 2016, S. 222–224, DOI: [10.1038/nclimate2939](https://doi.org/10.1038/nclimate2939)

Lahn, Bård: *A history of the global carbon budget*, in: *WIREs Clim Change* 9 (6) 2020, DOI: [10.1002/wcc.636](https://doi.org/10.1002/wcc.636)

Schenuit, Felix / Colvin, Rebecca / Fridahl, Mathias u. a.: *Carbon Dioxide Removal policy in the making: Assessing developments in 9 OECD cases*, in: *Front. Clim.* 3, 2021, S. 7, DOI: [10.3389/fclim.2021.638805](https://doi.org/10.3389/fclim.2021.638805)

Stammer, Detlef / Engels, Anita / Marotzke, Jochem u. a.: *Hamburg Climate Futures Outlook 2021: Assessing the plausibility of deep decarbonization by 2050*, online: https://pure.mpg.de/rest/items/item_3325202/component/file_3325208/content

Darin: Wiener, Antje / Schenuit, Felix / Wilkens, Jan: *Knowledge Production*, S. 109–111

Kapitel 3 – Quellen und Literatur

AG Energiebilanzen: *Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland – Daten für die Jahre von 1990 bis 2019, 2020;* https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=awt_2019_d.pdf

Dies.: *Stromerzeugung nach Energieträgern 1990–2019, 2020;* https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_strerz_20200921_a10.pdf

Agora Energiewende / Agora Verkehrswende / Stiftung Klimaneutralität: *Klimaneutrales Deutschland – In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65 % im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals*, 2020, 180 S.; https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_195_KNDE_WEB_V111.pdf

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): *Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland*, 2020; www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-1990-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=26

Das.: *Gesetzentwurf der Bundesregierung – Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und weiterer energierechtlicher Vorschriften*, 2020; www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/gesetz-zur-aenderung-des-eeg-und-weiterer-energierechtlicher-vorschriften.html

Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI): *Klimapfade für Deutschland*, 2018; <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-fuer-deutschland/>

Bundesverband WindEnergie (BWE): *Windenergie in Deutschland – Zahlen und Fakten*, 2020; www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/deutschland/dena – Deutsche Energie-Agentur: *dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050*, 2018, 510 S.; www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf

Europäische Kommission: *A Clean Planet for all – A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*, 2018, 393 S.; https://ec.europa.eu/clima/sites/default/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_o.pdf

Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 – Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand, 2018, 179 S.; www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngeb%C3%A4udebestand-2016.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): 1,5°C Globale Erwärmung. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger (siehe auch Kapitel 1)

IPCC: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn 2016

International Energy Agency (IEA): *Energy Technology Perspectives 2020*, Paris 2020; www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020

pv-magazine: Photovoltaik-Zubau in Deutschland erreicht nach Jahresendrallye knapp drei Gigawatt 2018, 2019; www.pv-magazine.de/2019/01/31/photovoltaik-zubau-in-deutschland-erreicht-nach-jahresendrallye-knapp-drei-gigawatt-2018/

Dass.: Photovoltaik-Zubau in Deutschland schrammt 2019 knapp an Vier-Gigawatt-Marke vorbei, 2020; www.pv-magazine.de/2020/01/31/photovoltaik-zubau-in-deutschland-schrammt-2019-knapp-an-vier-gigawatt-marke-vorbei/

Rahmstorf, Stefan: Können wir die globale Erwärmung rechtzeitig stoppen? In: Spektrum.de, Scilogs, 11.4.2017, <https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/koennen-wir-die-globale-erwaermung-rechtzeitig-stoppen/>

Ders.: Darum schweigt die Bundesregierung zur wichtigsten Zahl beim Klimaschutz, Spiegel Wissenschaft, 20.10.2019, www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/emissionsbudget-zur-wichtigsten-zahl-beim-klimaschutz-schweigt-die-regierung-a-1292033.html

Steffen, Will / Rockström, Johan / Richardson, Katherine u.a.: Trajectories of the Earth System in the Anthropocene, in: PNAS, 115 (33) 2018, S. 8252–8259; <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>

Umweltbundesamt (UBA): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität: Rescue Studie. Dessau-Roßlau 2019; www.umweltbundesamt.de/rescue

Dass.: Trendtabellen Treibhausgase Emissionsentwicklung 1990–2018, 2020; www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2019_01_15_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_thg_vo.6.1_f-gase.xlsx

United Nations Environment Programme (UNEP): Emissions Gap Report 2020, 2020, <https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/34426/EGR20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderung (WBGU): Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz. Sondergutachten, 2009, 69 S.; www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/sondergutachten/s2009/pdf/wbgu_sn2009.pdf

Kapitel 4 – Quellen, Literatur und online-Quellen

ARD: „86 Prozent sagen, der Mensch sei schuld“, 2019, www.tagesschau.de/inland/deutschlandtrend-1645.html

Bergquist, Magnus / Nilsson, Andreas / Harring, Niklas u.a.: Determinants for Accepting Climate Change Mitigation Policies: A Meta-Analysis. 23. März 2021. PREPRINT (Version 1) verfügbar unter Research Square <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-333840/v1>

Bleckmann, Lisa / Luschei, Frank / Schreiner, Nadine u.a.: Energiearmut als neues soziales Risiko? Eine empirische Analyse als Basis für existenzsichernde Sozialpolitik. Abschlussbericht über das von der Hans-Böckler-Stiftung geförderte Projekt Nr. 2013-654-4. Universität Siegen. Siegen 2016, 175 S.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Antworten an Klimaskeptiker; online: www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/klimaskeptiker/

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

Deutsches Klimakonsortium: www.deutsches-klima-konsortium.de/de/basisfakten.html

Fraune, Cornelia / Knodt, Michèle / Gözl, Sebastian u.a.: Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation, 2019, online: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-24760-7>

Gaschnig, Hannes / Quitzw, Rainer / Renn, Ortwin u.a.: Multikriterielle Bewertung der Energiewende: Nachhaltigkeitsprofile zum Kohleausstieg, Potsdam 2020, 86 S.; <https://doi.org/10.2312/iass.2020.011>

Klimafakten.de: Fakten statt Behauptungen; online: www.klimafakten.de/fakten-statt-behauptungen/fakt-ist-und-widerlegen,aber-richtig!

Klimafakten.de: Behauptung: „Es gibt (noch) keinen wissenschaftlichen Konsens zum Klimawandel“.

www.klimafakten.de/behauptungen/behauptung-es-gibt-noch-keinen-wissenschaftlichen-konsens-zum-klimawandel, 2010, zuletzt aufgerufen am 23.10.2020

Ladesäulenkarte der Bundesnetzagentur: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/E-Mobilitaet/Ladesaeulenkarte/start.html, abgerufen am 23.6.2021

Radtke, Jörg / Canzler, Weert: Energiewende. Eine sozialwissenschaftliche Einführung, 2019, online: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26327-0>

Renn, Ortwin / Becker, Sophia / Gaschnig, Hannes u.a.: CO₂-Bepreisung für eine sozial gerechte Energiewende. – IASS Policy Brief, 2019, 6; online: <https://doi.org/10.2312/iass.2019.028>

Schuitema, Geertje / Steg, Linda / Kruining, Monique van: When Are Transport Pricing Policies Fair and Acceptable? Social Justice Research, 24(1), 2011, S. 66–84; online: <https://doi.org/10.1007/s11211-011-0124-9>

ZDF: Frontal 21: Undercover bei Klimawandelleugnern, 04.02.2020; www.zdf.de/politik/frontal-21/undercover-bei-klimawandel-leugnern-100.html

Kapitel 5 – Quellen und Literatur

Blühdorn, Ingolfur (Hg.): Nachhaltige Nicht-Nachhaltigkeit: Warum die ökologische Transformation der Gesellschaft nicht stattfindet, 2., aktual. Auflage, Bielefeld 2020, 350 S.

Nanz, Patricia / Fritsche, Miriam: Handbuch Bürgerbeteiligung, Bonn 2012, 144 S.; als PDF oder EPUB verfügbar unter www.bpb.de/shop/buecher/schriftenreihe/76038/handbuch-buergerbeteiligung

Offe, Claus: Demokratisierung der Demokratie. Diagnosen und Reformvorschläge. Frankfurt a.M. / New York 2003, 304 S.

Weitere Angebote zum Thema Klima/Klimawandel

Angres, Volker / Hutter, Claus-Peter: Das Verstummen der Natur, München 2018, 336 S.

Behringer, Wolfgang: Kulturgeschichte des Klimas, aktual. Aufl., München 2021, 352 S. (für 11.12.2021 angekündigt)

Bundeszentrale für politische Bildung/bpb, Bonn: **Reihe** Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ): Natur- und Artenschutz (11/2020) Wetter (52/2019) 2019; Klima (21–23/2018). Als EPUB und PDF unter www.bpb.de/apuz verfügbar; **Reihe** fluter: Heft 78: Pflanzen, Bonn 2021, 50 S.; www.fluter.de; **weitere-bpb-Angebote siehe Umschlag-Rückseite**

Edenhofer, Ottmar / Jakob, Michael: Klimapolitik. 2., aktual. u. erw. Aufl., München 2019, 144 S.

Gerten, Dieter: Wasser. München 2018, 208 S.

Gonstalla, Esther: Das Klimabuch, München 2019, 128 S.,

Dies.: Das Ozeanbuch. Über die Bedrohung der Meere, München 2017, 125 S.

Götze, Susanne: Land unter im Paradies, München 2018, 206 S.

Hutter, Claus-Peter: Die Erde rechnet ab, 304 S.

Ionesco, Dina u.a.: Atlas der Umweltmigration, München 2017, 173 S.

Latif, Mojib: Heißezeit. Mit Vollgas in die Klimakatastrophe – und wie wir auf die Bremsen treten, Freiburg im Breisgau 2020, 224 S.

McAfee, Andrew: Mehr aus weniger, München 2020, 378 S.

Nelles, David / Serr, Christian: Kleine Gase, große Wirkung. Der Klimawandel, Friedrichshafen 2019, 130 S.

Plöger, Sven: Zieht euch warm an, es wird heiß, Frankfurt a.M. 2020, 320 S.

Ders. / Böttcher, Frank: Klimafakten, vollst. aktual. u. überarb. Neuaufl., Frankfurt a.M. 2015, 184 S.

Rahmstorf, Stefan / Schellnhuber, Hans Joachim: Der Klimawandel, 9. Aufl., München 2019, 144 S.

Die Autorinnen und Autoren

Dr. Diana Rechid leitet die Abteilung „Regionaler und lokaler Klimawandel“ am Climate Service Center Germany (GERICS) des Helmholtz-Zentrums Hereon in Geesthacht und erforscht physikalische Prozesse im Klimasystem. Seit Juli 2014 arbeitet sie an der Weiterentwicklung eines regionalen Erdsystemmodells und koordiniert seit 2016 die internationale WCRP CORDEX Flagship Pilot Study „LUCAS – Land use and climate across scales“.

Felix Schenuit, M.A., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Center for Sustainable Society Research der Universität Hamburg und forscht im Rahmen des DFG-Exzellenzclusters „Climate, Climate Change, and Society“ (CLICCS).

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal:

Christiane Beuermann ist seit 2003 stellvertretende Abteilungsleiterin Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik und seit 2019 Co-Leiterin des Forschungsbereichs Internationale Klimapolitik. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Internationale Klimapolitik; Ökonomische Instrumente der Klimapolitik; Verknüpfung Klima- und Nachhaltigkeitspolitik sowie Evaluation, Monitoring, Reporting.

Prof. Dr. Stefan Lechtenböhmer ist seit 2010 Abteilungsleiter Zukünftige Energie- und Industriesysteme. Seit April 2015 hat er eine Honorar-Professur für Umwelt- und Energiesysteme, Spezialgebiet zukünftige nachhaltige Energiesysteme, an der Universität Lund. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Energie- und Industrietransformation zur Klimaneutralität, Langfristszenarien einer CO₂-armen Gesellschaft, Energie-, Klima- und Industriepolitik.

Dr. Sascha Samadi ist Senior Researcher in der Abteilung Zukünftige Energie- und Industriesysteme, Forschungsbereich Sektoren und Technologien. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Analysen der Optionen für weitgehende Minderungen der CO₂-Emissionen im Industriesektor und deren Interdependenzen mit dem Energiesystem sowie Auswertungen deutscher, europäischer und globaler Energie- und Klimaschutzszenarien.

IASS Potsdam – Institut für transformative Nachhaltigkeitsforschung (Institute for Advanced Sustainability Studies e.V.):

Christina Camier hat von Anfang 2017 bis Ende 2019 beim IASS in Potsdam die Kommunikation zum BMBF-geförderten Kopernikus-Projekt Energiewende-Navigationssystem geleitet. Aktuell unterstützt sie Prof. Dr. Dr. Ortwin Renn, Mitglied des Lenkungskreises der Wissenschaftsplattform Klimaschutz, als Referentin bei diesem Klimaschutzrat.

Dr. Henrike Knappe leitet das Projekt „Politisierung von Zukunft“ am IASS in Potsdam. Ihr Forschungsschwerpunkte sind unter anderem gerechte und demokratische Zukünfte in der globalen Umweltpolitik, politische Repräsentation, die Rolle von Nichtregierungsorganisationen in transnationaler Politik sowie Fragen von Umweltgerechtigkeit in globaler Perspektive.

Kathleen A. Mar, PhD, ist seit 2012 am IASS. Sie leitet die Forschungsgruppe „Klimaschutzmaßnahmen in nationalen und internationalen Prozessen“ (ClimAct), die sich sowohl auf die Mitwirkung in internationalen Klimaschutzgremien als auch auf deren kritische Analyse spezialisiert hat. Im Fokus ihrer Forschung steht die Verknüpfung Luftqualitäts- und Klimaschutz-Politikansätzen sowie die Schnittstelle zu weiteren Nachhaltigkeitsthemen wie z.B. Klimakommunikation.

Clara Mewes ist Masterstudentin an der Hertie School in Berlin und unterstützt das IASS in Potsdam im Bereich Klimaschutz. Ihre Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind unter anderem internationale Klimapolitik, Global Governance, und die politische Anwendung des Co-Benefits Konzepts in der Erstellung von nationalen Klimaschutz-Aktionsplänen.

Daniel Oppold ist Politik- und Verwaltungswissenschaftler und arbeitet seit 2016 am IASS. Sein wissenschaftliches Interesse gilt in besonderer Weise dem Bereich der beteiligungszentrierten Demokratietheorien und der Erforschung dialogorientierter Beteiligungsformen. Der Schwerpunkt seiner Arbeit am IASS umfasst zudem die Beratung und aktive Begleitung von Bürgerbeteiligungsprozessen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene.

Dr. Charlotte Unger ist wissenschaftliche Mitarbeiterin IASS. Ihre Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind unter anderen Prozesse und Instrumente der internationalen Klimapolitik, transnationale und Nicht-Regierungs-Akteure in der globalen Klima-Governance sowie die Verknüpfung von Luftqualitäts- und Klimaschutz-Politikansätzen.

Ingo Wolf ist Senior Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Co-Projektleiter des Kopernikus-Projekts Ariadne am IASS. Seine Forschungsschwerpunkte sind unter anderem Einstellungs-, Verhaltens- und Akzeptanzforschung in den Bereichen erneuerbare Energien und Mobilität, soziale Nachhaltigkeit im Kontext der Energiewende, Dynamiken und Transformationsprozesse sozialer Systeme sowie affektiv-kognitive Prozesse der Informationsverarbeitung.

Die Konzeption des Heftes hat Manuel Berkel übernommen.

Impressum

Herausgeberin:

Bundeszentrale für politische Bildung/bpb,
Adenauerallee 86, 53113 Bonn, Fax-Nr.: 02 28/99 515-309
Internetadresse: www.bpb.de/izpb
E-Mail: info@bpb.de

Redaktion:

Christine Hesse (verantwortlich/bpb), Laura Gerken, Jutta Klaeren

Gutachten:

Manuel Berkel, elf Jahre lang Energiejournalist, seit April 2021 Politik- und Wissenschaftsredakteur Helmholtz-Klima-Initiative, Berlin;
Prof. Dr. Peter Braesicke, Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung (IMK-ASF), Karlsruhe

Titelbild:

© teamwork / FOTOFINDER.COM

Umschlag-Rückseite:

KonzeptQuartier® GmbH, Fürth; unter Verwendung von Unsplash / Ramin Khatibi

Gesamtgestaltung:

KonzeptQuartier® GmbH, Art Direktion: Linda Spokojny, Hirschenstraße 16, 90762 Fürth

Druck:

Druckhaus Ernst Kaufmann GmbH & Co. KG, 77933 Lahr

Vertrieb:

IBRo, Verbindungsstraße 1, 18184 Roggentin

Erscheinungsweise: vierteljährlich

ISSN 0046-9408. Auflage dieser Ausgabe: 420 000

Redaktionsschluss dieser Ausgabe: Juni 2021

Text und Fotos sind urheberrechtlich geschützt. Der Text kann in Schulen zu Unterrichtszwecken vergütungsfrei vervielfältigt werden.

Diese Veröffentlichung stellt keine Meinungsäußerung der Bundeszentrale für politische Bildung dar. Für die inhaltlichen Aussagen tragen die Autorinnen und Autoren die Verantwortung.

Anforderungen

bitte schriftlich an
Publikationsversand der Bundeszentrale für
politische Bildung/bpb, Postfach 501055, 18155 Rostock
Fax.: 03 82 04/66-273 oder www.bpb.de/informationen-zur-politischen-bildung

Absenderanschrift bitte in Druckschrift.

Abonnement-Anmeldungen oder Änderungen der Abonnement-modalitäten bitte melden an informationen@abo.bpb.de

Informationen über das weitere Angebot der Bundeszentrale für politische Bildung/bpb erhalten Sie unter der o.g. bpb-Adresse.

Für telefonische Auskünfte (**bitte keine Bestellungen**) steht das Info-telefon der bpb unter Tel.: 02 28/99 515-0 Montag bis Freitag zwischen 9.00 Uhr und 18.00 Uhr zur Verfügung.



Alles andere als trocken!

Spannender Lese-
und Lernstoff rund
ums Thema Klima.



www.bpb.de

Wasser | **APuZ** | Bestell-Nr. 72112 | kostenlos

Klimadiskurse | **APuZ** | Bestell-Nr. 71947 |
kostenlos

In Zukunft hitzefrei | **Schriftenreihe** |
Bestell-Nr. 10648 | 4,50 Euro

Klimaschutz | **Schriftenreihe** | Bestell-Nr. 10672 |
4,50 Euro (ab August 2021 bestellbar)

Handbuch Klimaschutz | **Schriftenreihe** |
Bestell-Nr. 10678 | 4,50 Euro

Erde und Menschen | **einfach POLITIK** |
Bestell-Nr. 9407 | kostenlos

Klimaschutz und gesellschaftlicher Wandel |
Themenblätter im Unterricht | Bestell-Nr. 5416 |
kostenlos

**Ein Begleitheft für Pädagogen zum Thema
Umwelt** | **Was geht?** | Bestell-Nr. 9604 |
kostenlos

**„Prima Klima?!“ Das Heft zum
Umweltschutz** | **Was geht?** | Bestell-Nr. 9603 |
kostenlos

Klimawandel | **fluter** | Bestell-Nr. 5870 |
kostenlos