

Es muss nicht die Welt kosten, die Erde zu retten – ein ökonomischer Blick auf den Klimawandel

Andreas Löschel

Einleitung: Klimawandel und Treibhauseffekt

Der natürliche Treibhauseffekt bewirkt die Erwärmung der Planetenoberfläche und ermöglicht so menschliches Leben auf der Erde. Die Erdatmosphäre ist für die einfallenden kurzwelligigen Sonnenstrahlen weitestgehend durchlässig, die Erdoberfläche absorbiert das Licht und erwärmt sich dadurch. Ein Teil der Sonnenstrahlen wird von der Erd- und Meeresoberfläche als langwellige Wärmestrahlung zurückreflektiert. Treibhausgase, etwa Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid (CO₂), absorbieren einen Teil dieser Strahlung und lenken die Wärmestrahlung in Teilen erneut zur Erde. Es kommt zur Erwärmung. Zu diesem natürlichen Effekt tritt seit der Industrialisierung noch der menschengemachte Treibhauseffekt hinzu.

Die Auswirkungen der Treibhausgase sind schon lange bekannt. So schrieb Svante Arrhenius im Jahr 1896: „Der Anstieg von CO₂ wird es den zukünftigen Menschen ermöglichen, unter einem wärmeren Himmel zu leben.“¹ Er erkannte als Erster die Bedeutung von Kohlenstoffdioxid für das Klima und gewann dem Treibhauseffekt damals eine durchaus positive Seite ab. CO₂ ist nicht das einzige Treibhausgas,

¹ Zitiert nach T.R. Anderson / E. Hawkins / P.D. Jones: CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour* 40.3 (2016), 178–187.

gilt allerdings aufgrund der hohen atmosphärischen Konzentration als wichtigstes Treibhausgas.² CO₂ ist nur in sehr geringen Mengen in der Atmosphäre vorhanden (es ist ein Spurenelement), es hat aber erheblichen Einfluss auf die bodennahe Lufttemperatur. John Tyndall schrieb schon 1863: „Wasserdampf [der weitgehend für den natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich ist] ist eine Decke, die für das pflanzliche Leben Englands notwendiger ist als die Kleidung für den Menschen.“³

Die negativen Auswirkungen des menschengemachten Klimawandels sind auf das starke Wachstum der Bevölkerung und der Wirtschaft in den letzten einhundert Jahren und die damit einhergehende Steigerung der weltweiten Energienachfrage zurückzuführen, die vor allem mit fossilen Energieträgern gedeckt wird. Insbesondere durch den massiven Anstieg der Verbrennung von Kohle, Öl und Erdgas, aber auch durch Änderung in der Landnutzung, steigt die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre an. Die anthropogenen CO₂-Emissionen sind in den letzten Jahrzehnten stetig angestiegen wie Abbildung 1 zeigt. Der Anstieg betrug etwa 1,3 % pro Jahr zwischen 1970 und 2.000 und sogar 2,2 % pro Jahr zwischen 2.000 und 2010. Die Dynamik hat sich danach abgeschwächt. Zwischen 2014 und 2017 sind die globalen CO₂-Emissionen sogar etwa gleichgeblieben, allerdings sind sie im Jahr 2018 wieder um 2,7 % und im Jahr 2019 um 0,6 % gestiegen. Parallel sind die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre von 280 ppmv⁴ vor der Industrialisierung auf knapp 410 ppmv im Jahr 2018 gewachsen. Diese kumulierten Emissionen, nicht die jährlichen Emissionen, sind entscheidend für den Anstieg der Temperatur – es gibt einen fast linearen Zusammenhang. Anders gesagt: Die Emissionen der Vergangenheit vorausgesetzt, verbleibt ein bestimmtes CO₂-Budget, welches noch in die Atmosphäre gelangen darf, ohne ein vorgegebenes Temperaturziel zu überschreiten.

² Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#textpart-1>

³ John Tyndall: On radiation through the earth's atmosphere, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 25 (1863),167.

⁴ 1 ppmv entspricht einem Volumenteil in einer Million Volumenteil. (ppmv = engl.: parts per million relating to volume).

Es muss nicht die Welt kosten, die Erde zu retten

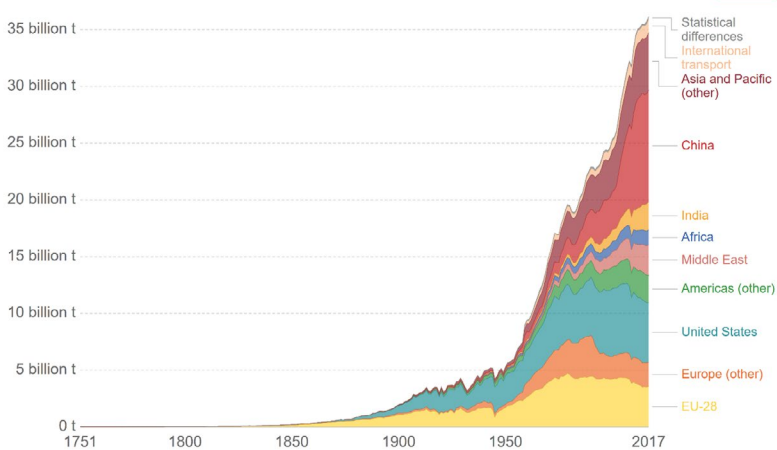


Abb. 1: CO₂-Emissionen 1970–2017 (Gt CO₂/Jahr). Le Quéré et al. (2018). Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Centre CDIAC, <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre

Die Aufnahmekapazität der Atmosphäre bestimmt also die maximal möglichen Emissionen – der Vergleich mit einer Mülldeponie, die irgendwann voll ist, liegt nahe. Der Eimer in Abbildung 2 stellt die Atmosphäre dar und zeigt, dass diese schon weitgehend gefüllt ist. Seit der Industrialisierung um 1850 sind insgesamt etwa 2.200 Gigatonnen CO₂ in die Atmosphäre gelangt. Die globale Durchschnittstemperatur ist so bereits um etwas mehr als 1 Grad angestiegen. Die Hälfte der Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre wurde etwa im Jahr 1995 ausgeschöpft. Danach ging es immer rasanter weiter. Es lässt sich auch abschätzen, wie viel Treibhausgase in etwa noch emittiert werden dürfen, um unter einem bestimmten Temperaturziel zu bleiben. Im Abkommen von Paris haben sich 2015 praktisch alle Staaten der Welt darauf geeinigt, dass die Erderwärmung im globalen Mittel auf deutlich unter 2 °C, möglichst auf 1,5 °C, im Vergleich zum vorindustriellen Niveau begrenzt werden soll. Um das 2 °C-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von zwei Drittel, also hoher Wahrscheinlichkeit, nicht zu überschreiten, dürfen weltweit insgesamt nicht mehr als 1.170 Gigatonnen CO₂ zusätzlich in die Atmosphäre abgegeben werden. Um das 1,5 °C-Ziel nicht zu reißen, dürfen nur

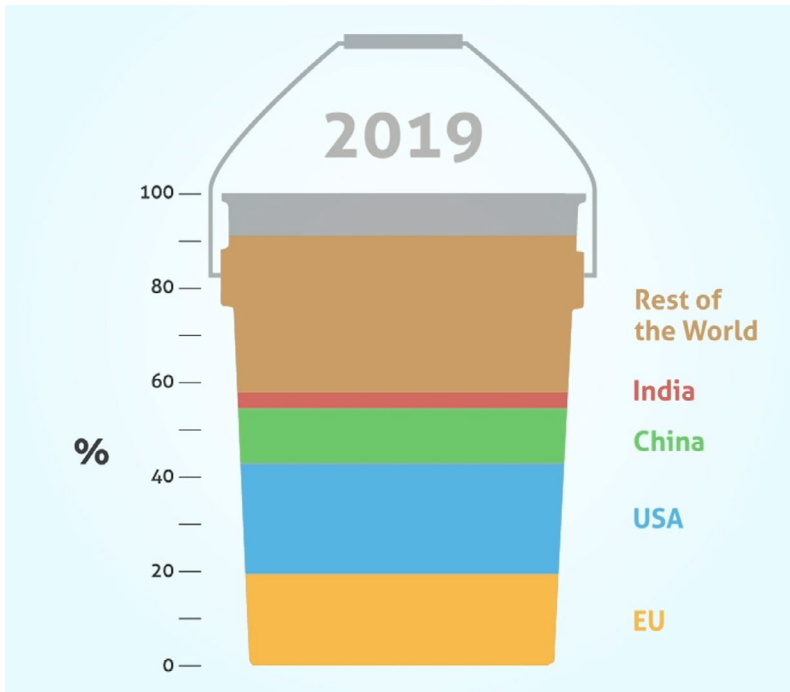


Abb. 2: Atmosphäre als globale Allmende. Quelle: Global Carbon Project (2019) (<https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/19/visualisations.htm>).

noch etwa 420 Gigatonnen CO₂ ausgestoßen werden (in der Abbildung in Grau).⁵ Es lässt sich schnell berechnen, dass bei aktuellen jährlichen Emissionen von etwa 42 Gigatonnen CO₂ aus fossilen Energieträgern und Landnutzungsänderungen die Budgets in etwa 28 Jahren (für das 2°C-Ziel) bzw. etwa 10 Jahren (1,5°C-Ziel) erschöpft sind.

Das Problem: Es lagern noch 15.000 Gigatonnen CO₂ in Form von Ressourcen und Reserven von Kohle, Öl und Gas im Boden. Der

⁵ 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 [V. Masson-Delmotte / P. Zhai / H.O. Pörtner / D. Roberts / J. Skea / P.R. Shukla / A. Pirani / W. Moufouma-Okia / C. Péan / R. Pidcock / S. Connors / J.B.R. Matthews / Y. Chen / X. Zhou / M.I. Gomis / E. Lonnoy / T. Maycock / M. Tignor / T. Waterfield (Hrsg.)]. <https://report.ipcc.ch/sr15>

allergrößte Teil der fossilen Energieträger muss also im Boden bleiben. Eine besondere Rolle nimmt dabei die Kohle ein: Kohle besitzt die größten Ressourcenvorkommen, ist derzeit für etwa 40 % der energiebedingten CO₂-Emissionen verantwortlich und viele ärmere, schnell wachsende Länder in Süd- und Südostasien sowie einige afrikanische Länder investieren massiv in die Kohleverstromung.

Historische Verantwortung der Industrieländer

Wir können auch sehen, wer für den größten Teil der bisherigen Emissionen verantwortlich ist, nämlich Europa, die USA und China. Nach dem Verursacherprinzip sollten die Länder, die das Problem verursacht haben, also am meisten zum CO₂ in unserer Atmosphäre beigetragen haben, eine besondere Verantwortung für die Lösung des Klimaproblems übernehmen. Abbildung 3 zeigt die kumulierten CO₂-Emissionen seit dem Jahr 1750 bis heute für verschieden Länder und Regionen. Der Umfang der Gesamtemissionen entspricht den jeweiligen Rechtecken. Alle Rechtecke zusammen ergeben die Gesamtemissionen bis heute.

Die Vereinigten Staaten haben bis heute so viel CO₂ emittiert wie kein anderes Land der Welt und sind für etwa 25 % der historischen Emissionen verantwortlich. China, das Land mit den heute größten jährlichen CO₂-Emissionen, ist historisch der zweitgrößte Emittent und hat etwa halb so viel Emissionen in der Geschichte verursacht. Auch Europa hat eine starke Verantwortung und hat fast ein Viertel der kumulierten Emissionen beigetragen. Etwas weniger als 6 % der historischen CO₂-Emissionen kommen aus Deutschland. Große CO₂-Emittenten wie Indien oder Brasilien spielen historisch gesehen keine besondere Rolle. Der Beitrag Afrikas ist sehr gering, insbesondere unter Berücksichtigung seiner Einwohnerzahl. Diese Länder sind durch sehr niedrige Emissionen pro Kopf gekennzeichnet. Es wird sehr deutlich: Die reichen Länder haben in der Vergangenheit die Atmosphäre übernutzt. Die armen Länder haben das Problem nicht verursacht, müssen darunter aber besonders leiden, wie im Folgenden dargelegt wird.

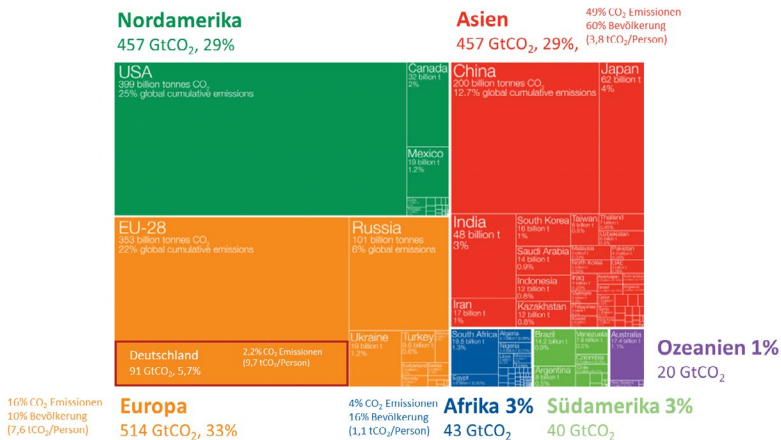


Abb. 3: Kumulierte CO₂-Emissionen seit dem Jahr 1750. OWID basierend auf Le Quéré et al. (2018). Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC), <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Auswirkungen des Klimawandels

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)⁶ hat zuletzt in einem Sonderbericht zum 1,5 °C-Ziel aufgezeigt, welche Auswirkungen die Erderwärmung haben wird. Selbst bei einer maximalen Erwärmung von 2 °C ist nicht garantiert, dass schwerwiegende Folgen für die Ökosysteme und die Gesellschaft verhindert werden. Abbildung 4 zeigt, wie sich die Temperaturänderungen, welche im Übrigen nicht in allen Regionen der Welt einheitlich sind, auf unterschiedliche Bereiche auswirken.⁷ Der bereits eingetretene Temperaturanstieg von etwa 1 °C ist grau eingetragen. Einmalige und bedrohte Ökosysteme (RFC1), wie Korallenriffe, Berggletscher und die Arktis, sind schon jetzt unerwünschten Veränderungen ausgesetzt. Mit steigenden

⁶ Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) wird auch als der *Weltklimarat* bezeichnet und wurde 1988 unter anderem von den Vereinten Nationen als zwischenstaatliche Institution ins Leben gerufen, um den Stand der Wissenschaft zum Klimawandel zusammenzufassen und für politische Entscheidungsträger aufzubereiten.

⁷ IPCC (2018), <https://report.ipcc.ch/sr15>

Es muss nicht die Welt kosten, die Erde zu retten

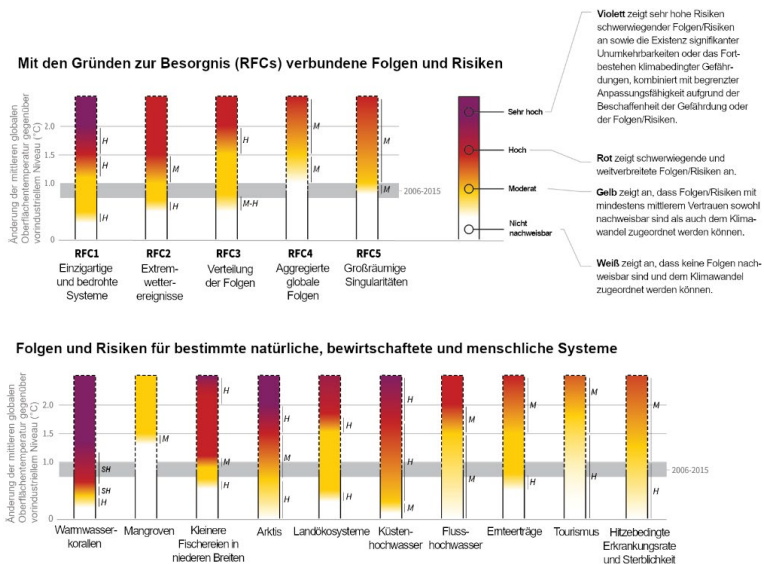


Abb. 4: Auswirkungen und Risiken verschiedener Temperaturanstiege für Gesellschaft, Wirtschaft und Ökosysteme. Quelle: IPCC, SR 1.5.

Temperaturen werden diese Auswirkungen und Risiken sehr groß werden und das Fortbestehen der sensiblen Systeme bedrohen. Auch extreme Wetterereignisse (RFC2), wie Hitzewellen, Starkregen, Dürren und damit einhergehende Lauffeuer, treten spürbar häufiger auf. Der mit dem Klimawandel verbundene Anstieg des Meeresspiegels führt zu häufigeren und schwerwiegenderen Überschwemmungen in Küstennähe. Extremereignisse haben auch Auswirkung auf die Versorgung mit Trinkwasser, und es kommt zu einer Zunahme der Wasserknappheit.

Wird die 2 °C-Marke erreicht, werden diese Extremereignisse einen starken Einfluss auf Gesellschaft, Wirtschaft und Ökosysteme haben. Mit höheren Temperaturen steigen auch die globalen monetären Schäden (RFC4), und großflächige singuläre Ereignisse, also große, abrupte und manchmal irreversible Veränderungen, werden durch die globale Erwärmung bedeutsamer (RFC5). Der IPCC-Bericht macht deutlich: Sobald bestimmte Kippunkte, wie das Auftauen des Permafrostbodens oder die Versauerung der Ozeane, erreicht sind, können klimatische Veränderungen nicht mehr einfach rückgängig gemacht werden. Schließlich sind die Risiken des Klimawandels ungleichmäßig

verteilt (RFC3). Für bestimmte Gruppen besteht eine höhere Vulnerabilität gegenüber dem Klimawandel, eine höhere Verwundbarkeit. Das bedeutet, dass dort Ökosysteme, Wirtschaft und Gesellschaft stärker durch den Klimawandel gefährdet sind. Die Vulnerabilität wird aber nicht nur durch die beobachteten oder potentiellen physischen Klimawirkungen bestimmt, sondern auch durch die Anpassungskapazität. Diese zeigt an, ob sich die Systeme an den Klimawandel durch geeignete Maßnahmen anpassen können, um potentielle Schäden zu mindern und auf negative Wirkungen zu reagieren. Dies wird maßgeblich vom ökonomischen Status, der technischen Leistungsfähigkeit, sozialen Faktoren und den politischen Institutionen bestimmt. Es wird deutlich, dass die ohnehin armen Regionen der Welt besonders durch den Klimawandel betroffen sind.

Klimaschutz als soziales Dilemma

Wenn es aber so weitreichende Folgen gibt, warum ist der Schutz des Klimas und der Atmosphäre, der Schutz des gemeinsamen Hauses, dann eigentlich so schwierig? Dies hängt damit zusammen, dass beim Klimaschutz alle einen Anreiz haben, sich nicht so zu verhalten, wie es für die Gemeinschaft am besten wäre. Klimaschutz ist ein globales öffentliches Gut, bzw. Emissionen sind ein öffentliches Übel (*public bad*). CO₂-Emissionen führen nicht nur zu eigenen Schäden, sondern wirken sich auch schädlich auf andere aus. Dies bezeichnet man als Externalität. Der globale Schaden für den Ausstoß einer Tonne CO₂ ist daher weit höher als der (lokale oder) nationale Schaden – der globale Schaden ist die Summe der nationalen Schäden aus der zusätzlichen CO₂-Emission, dem Anstieg der Treibhausgaskonzentration und dem induzierten Klimawandel. Der Schaden durch den Klimawandel trifft zudem insbesondere die zukünftigen Generationen. Wird aber nur auf den eigenen, heutigen Nutzen geschaut, werden diese Wirkungen auf andere und zukünftige Generationen nicht berücksichtigt. Dann wird viel zu wenig Klimaschutz betrieben, und die Emissionen sind zu hoch. Wir befinden uns in einem sogenannten sozialen Dilemma: Individuelle Interessen und gemeinschaftliche Interessen stehen miteinander im Konflikt. Individuell rationales Verhalten führt zu ineffizienten kollektiven Ergebnissen. Dies steht im Gegensatz zu den Interessen an privaten Gütern, bei denen die unsichtbare Hand des Marktes bewirkt,

dass Eigennutz auch die kollektive Wohlfahrt erhöht. Der Markt versagt hier also beim Klimaschutz.

Es besteht zudem das Problem, dass vom Nutzen des Klimaschutzes niemand ausgeschlossen werden kann. Jeder profitiert davon, unabhängig ob er durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen etwas zum Klimaschutz beigetragen hat oder nicht. Bei den uns bekannten privaten Gütern funktioniert diese Ausschließbarkeit über den Kauf und die Zahlung des Kaufpreises. Bei sogenannter Nichtausschließbarkeit hat jedes Individuum und jeder Staat einen Anreiz, als Freifahrer von den Bemühungen anderer zu profitieren, ohne selbst aktiv zu werden. Das fehlende Ausschlussprinzip findet sich auch für Gemeingüter oder Allmenden (englisch: *Commons*), etwa weil es in der Praxis zu teuer wäre, entsprechende Verträge abzuschließen, oder es keine zentrale Institution gibt, welche diese durchsetzen könnte. Bei der Nutzung der Kollektivgüter kommt es wieder zu einer sozialen Dilemmasituation und regelmäßig zur Übernutzung – Beispiele sind natürliche Ressourcen wie Wälder, Ozeane und eben die Atmosphäre.

Ökonomie des Klimaschutzes

Die ökonomische Antwort auf eine solche, nicht durch den Markt erfasste, negative Externalität ist eine Bepreisung der schädlichen Aktivität durch den Staat. Dies hat erstmals der englische Ökonom Arthur Cecil Pigou in seinem Buch *Economics of Welfare* (Wohlfahrtsökonomik) eingefordert, welches in einer überarbeiteten Neuauflage vor einem Jahrhundert, im Jahr 1920, erschienen ist. Mit Bezug auf die Externalität der Umweltausbeutung für zukünftige Generationen schrieb er:

Es ist die klare Pflicht der Regierung, die sowohl für die ungeborenen Generationen als auch für die heutigen Bürger der Treuhänder ist, über die erschöpflichen natürlichen Ressourcen des Landes zu wachen und sie gegebenenfalls durch gesetzgeberische Maßnahmen vor unüberlegten und rücksichtslosen Plünderungen zu schützen.⁸

⁸ „It is the clear duty of Government, which is the trustee for unborn generations as well as for its present citizens, to watch over, and, if need be, by legislative enactment, to defend, the exhaustible natural resources of the country from rash and reckless

Die Staaten sollten also aus globaler Wohlfahrtssicht einen Preis auf CO₂-Emissionen legen, der den globalen Schäden entspricht. Dadurch werden private Kosten der Nutzung der Atmosphäre und soziale Kosten für die heutigen und zukünftigen Generationen in Einklang gebracht, und der entstehende Marktpreis bringt dann diese sozialen Kosten zum Ausdruck.

Eine solche CO₂-Bepreisung kann über eine CO₂-Steuer oder über ein Emissionshandelssystem eingeführt werden. Dabei ist es für die Auswirkungen auf das Klima irrelevant, wo genau die CO₂-Emissionen anfallen. Eine Tonne CO₂ hat dieselbe Klimawirkung, ganz egal in welchem Land, in welchen Sektor oder bei welcher Aktivität sie entstanden ist. Ein Tonne CO₂ aus einem Kohlekraftwerk in China ist genauso gut oder schlecht wie eine Tonne CO₂ aus einem Verbrennungsmotor eines deutschen PKWs. Da die Externalität unabhängig vom Ort der Emission ist, ist der CO₂-Preis auch überall idealerweise gleich hoch. In der Theorie würde das Klimaproblem durch einen einheitlichen globalen CO₂-Preis effizient gelöst. Dies ist in der Realität nicht durchsetzbar.

Es lohnt also, breiter zu denken. Die erste weibliche Ökonomie-Nobelpreisträgerin, Elinor Ostrom, hat untersucht, wie Kooperation auf lokaler und regionaler Ebene funktionieren kann. Sie zeigt, dass hier die „Tragik der Allmende“ nicht zwangsläufig ist. Kooperation kann durchaus jenseits von Markt und Staat organisiert und Gemeinschaftsgüter können im Sinne des Gemeinwohls nachhaltig verwaltet werden. Der Erfolg der Kooperation hängt vom Kontext ab, insbesondere ob legitime Nutzer identifiziert, die Ressourcennutzung überwacht oder Regelverstöße sanktioniert werden können. Ostrom betont auch, wie wichtig die Akteure vor Ort aufgrund ihres entsprechenden lokalen Wissens und ihrer lokalen Verantwortung sind. Für komplexe (überregionale und globale) Ressourcenprobleme sind zudem Governance-Strukturen über mehrere Ebenen zu verschachteln. Sie nennt dies polyzentrische Governance.⁹ Die Atmosphäre als globales Gemeinschaftsgut, als globale Allmende, braucht also die Zivilgesellschaft, aber auch nationalstaatlichen Akteure, die sich international koordinieren und miteinander kooperieren.

spoliation.“ A. C. Pigou: *The Economics of Welfare*, 4. Ausgabe, London: Macmillan, 1932. http://files.libertyfund.org/files/1410/Pigou_0316.pdf

⁹ E. Ostrom: *Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems*, Nobelpreisrede vom 8. Dezember 2009, <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2009/ostrom/lecture/>

Nutzung der Atmosphäre einen Preis geben

Um aber die sozialen Kosten für die Benutzung der allgemeinen Umweltressourcen zu bestimmen und Emissionen entsprechend zu bepreisen, müssen die Auswirkungen und Risiken des Klimawandels auch bewertet werden. Dies ist sehr schwierig. Die Bewertung von Klimawirkungen, die im Markt erfasst werden, ist noch recht unproblematisch. Es gibt ja Marktpreise, die Schäden durch Ernteausfälle bezifferbar oder Kosten für den Bau von Deichen zum Schutz vor dem Meeresspiegelanstieg abschätzbar machen. Doch selbst dann gilt, dass der Ernteausfall durch eine klimabedingte Dürre für einen deutschen Landwirt anders zu bewerten wäre als für einen Kleinbauern im globalen Süden. Und wie soll man den Verlust von Ökosystemen, ein Menschenleben oder die Einbuße an Lebensqualität durch Krankheiten bewerten? Dies ist kaum in Geld auszudrücken. Oft bleiben daher wichtige Schäden durch den Klimawandel bei solchen Abschätzungen unberücksichtigt. Kosten-Nutzen-Abschätzungen zum Klimawandel sind entsprechend mit Vorsicht zu genießen.

Der Ökonom und Nobelpreisträger von 2018, William Nordhaus, hat trotzdem versucht, den wirtschaftlichen Schaden (oder Nutzen) durch die Emission einer zusätzlichen Tonne CO₂ zu quantifizieren. Er beziffert diese sogenannte Social Cost of Carbon (SCC) für 1 Tonne CO₂ auf 36 bis 91 US-Dollar¹⁰, je nach zugrunde gelegter Schadensfunktion. Viele Ökonomen schätzen die sozialen Kosten der Emissionen von 1 Tonne CO₂ auf etwa 50 US-Dollar im Jahr 2030. Generell gilt: Mit steigender Temperatur steigen auch diese globalen kumulierten Schadenskosten an. Die Unsicherheiten bezüglich der Schadenskosten sind jedoch immens und reichen von 10 US-Dollar bis 1.000 US-Dollar. So schätzen Katherine Ricke und Kollegen in einem Beitrag in der Zeitschrift *Nature Climate Change* die globalen Schadenskosten je Tonne CO₂ auf mehr als 400 US-Dollar (Abb. 5).¹¹ Die entstehenden Schäden durch den Klimawandel unterscheiden sich dabei auch je nach Region sehr stark. So könnte unter bestimmten Annahmen ein moderater Anstieg der globalen Mitteltemperatur für Länder wie Kanada, Russland oder Nordeuropa sogar kurzfristige Vorteile bringen.

¹⁰ W.D. Nordhaus: *Climate Change: The Ultimate Challenge for Economics*, *Nobel Prize in Economics documents* 2018, 3, Nobel Prize Committee.

¹¹ K. Ricke / L. Drouet / K. Caldeira et al., Country-level social cost of carbon, *Nature Clim Change*, 8, 2018, 895–900, <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0282-y>

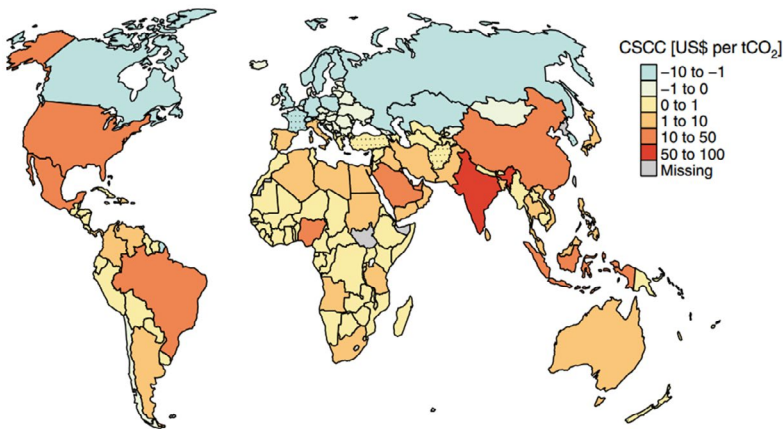


Abb. 5: Länderspezifische Schadenskosten (*country specific social costs of carbon CSCC*). Quelle: Ricke et al. (2018).

Die meisten Länder leiden jedoch unter den zunehmenden negativen Auswirkungen. Insbesondere Indien hat hohe ökonomische Schäden zu erwarten, aber auch China, die USA und Brasilien zählen zu den stark vom Klimawandel betroffenen Regionen. Etwa 90 % der Weltbevölkerung wird unter den Standardannahmen der Autoren durch den Klimawandel Schäden erleiden – natürlich alles behaftet mit großen Unsicherheiten. Die verschiedenen Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die Entwicklungs- und Schwellenländer durch den Klimawandel betroffen werden. Globale Ungleichheiten werden so verschärft.

Wie bereits verdeutlicht: Schaut jedes Land nur auf seine eigenen Schäden, dann wird zwar etwas für den Klimaschutz getan. In der Summe aber viel zu wenig. Der Freifahreranreiz ist einfach zu groß. Warum soll ich, warum soll Deutschland überhaupt etwas tun? Bei jährlichen globalen Emissionen von etwa 37.000 Mio. Tonnen CO₂ aus der Nutzung fossiler Energieträger spielen doch ca. 800 Mio. Tonnen aus Deutschland kaum eine Rolle, das sind doch gerade einmal etwas mehr als 2 % der Emissionen. Oder was hat mein Flug nach Mallorca mit 0,7 Tonnen bzw. 0,000000000189189 % der weltweiten Emissionen für eine Bedeutung?¹² Selbst gegeben der Tatsache, dass einige der Hauptverursacher des Klimawandels wie China oder die USA auch zu den am

¹² Siehe <https://klima-kollekte.de/>

stärksten geschädigten Ländern gehören, würden bei rein nationaler Internalisierung der Klimaschäden, etwa durch eine CO₂-Bepreisung, nur etwa ein Zwanzigstel der globalen Schäden tatsächlich berücksichtigt. Der überwiegende Teil verbleibt als unberücksichtigte Externalität zurück. Eine wirksame Minderung der Treibhausgase kann also nur erreicht werden, wenn alle Akteure auf globaler Ebene kooperieren und die Schäden bei anderen berücksichtigen.

Transformationspfade des Weltklimarates

Was ist nun erforderlich, um den Temperaturanstieg zu begrenzen und die Klimaziele zu erreichen? Im Jahr 2014 wurde der Fünfte Sachstandsbericht des Weltklimarats verabschiedet. Darin habe ich mit Kollegen mehr als 1.000 Modellszenarien ausgewertet, um die Minderung der Treibhausgasemissionen aus politischer, ökonomischer und technologischer Perspektive zu analysieren.¹³ Es wird deutlich, dass eine tiefgreifende und umfassende Transformationen notwendig ist, um nur in die Nähe des 2 °C-Ziels für den Anstieg der globalen mittleren Temperatur zu kommen. Soll am 2 °C-Ziel festgehalten werden, dann ist der unterste (blaue) Pfad zu betrachten. In diesem steigen die Emissionen nicht über das jetzige Niveau und sinken zwischen 2030 und 2050 um jährlich 3 %. Dies erfordert eine Verdoppelung des Anteils CO₂-armer Energieerzeugungsoptionen sowie eine massive Verbesserung der Energieeffizienz. Wie gesehen sind die Emissionen global immer nur angestiegen, mit einer langfristigen globalen Reduktion in diesem Ausmaß fehlt jegliche Erfahrung. In der zweiten Jahrhunderthälfte müssen die Emissionen dann auf Null fallen. Soll das 1,5 °C-Ziel erreicht werden, dann muss bereits Klimaneutralität 2050 erreicht werden. Bei einem Weiter-so-Szenario, das in der Abbildung irgendwo zwischen dem roten und dem braunen Pfad liegt, steigen die Emissionen erst einmal weiter an und erreichen – wenn überhaupt – erst spät ein Maximum. Der Temperaturanstieg liegt dann deutlich höher.

Zur Erreichung der Klimaziele müssen die globalen Emissionen langfristig wohl sogar negativ werden. Das bedeutet, es müssen mehr Treibhausgase gebunden als in die Atmosphäre entlassen werden. CO₂ wird wieder aus der Atmosphäre herausgezogen. Dies könnte insbesondere

¹³ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter6.pdf

durch Energiegewinnung aus CO₂-neutraler Biomasse gelingen, bei der das CO₂ direkt bei der Verbrennung eingefangen und dann in geologischen Lagern gespeichert wird. Dies wird als Carbon Capture and Storage (CCS) bezeichnet. Auch Aufforstung entzieht der Atmosphäre CO₂, denn wachsende Bäume binden CO₂ in Biomasse. Durch Luftfilter könnte der Luft in der Zukunft CO₂ direkt entzogen und so aus dem Kohlestoffkreislauf entfernt werden. Allerdings sind alle diese Optionen mit massiven Zielkonflikten verbunden. In besonderem Maße ist hier die Landnutzungskonkurrenz zu nennen: Massiver Biomasseanbau kann die Ernährungssicherheit gefährden und die Biodiversität vermindern. Kohlenstoffsenken müssen langfristig gesichert sein. Mögliche neue Technologien sind weder in großem Umfang erprobt noch wirtschaftlich darstellbar. In jedem Fall gibt es massive Akzeptanzprobleme, welche sich auch im deutschen CCS-Gesetz widerspiegeln, das diese Technologie faktisch ausschließt, obwohl die unterirdische Kohlendioxid-speicherung zur Zielerreichung notwendig sein wird – und zwar bald, damit trotz eines kleinen Rests von Treibhausgasemissionen, etwa in der Industrie durch biologische und geochemische Senken sowie direktes Air Capture und Storage, Klimaneutralität erreicht werden kann.

Der letzte Bericht des Weltklimarates zeigt auch, dass unter idealen Annahmen ambitionierte Klimapolitik mit geringen finanziellen Belastungen einhergehen kann. Wenn *alle* Länder *sofort* unter Nutzung *aller* Technologieoptionen ihre Emissionen reduzieren und dabei einen global einheitlichen CO₂-Preis nutzen, entsprechen die Minderungskosten für das Erreichen des 2 °C-Ziels einer Verringerung des jährlichen Konsumanstiegs um 0,06 Prozentpunkte. Es muss nicht die Welt kosten, die Erde zu retten. Der Sachstandsbericht zeigt aber auch, dass Technologiebeschränkungen (wie für den Fall von CO₂-Abscheidung und Speicherung beschrieben), unkoordiniertes Vorgehen der Staaten und eine schlechte Implementierung des Klimaschutzes die Kosten drastisch nach oben treiben können.

Kohleausstieg

Die deutsche Energiewende liefert für den letzten Punkt – Kosten durch ineffiziente Implementierung – ausgiebig Beispiele, zuletzt der Kohleausstieg. Bis zum Jahr 2038 soll nach der Empfehlung der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“, kurz

Kohlekommission, spätestens Schluss sein. Es sollen von den aktuell knapp 43 GW Kohlekapazität etwa ein Drittel bis 2022 aus dem Markt gehen, ein weiteres Drittel bis 2030 und der Rest in den 2030er Jahren. Wenn möglich soll sogar schon 2035 das letzte Kraftwerk schließen. Diese Einigung von Energieversorgern, Industrieunternehmen, Gewerkschaften, Umweltverbänden und regionalen Vertretern ist ein historisches Ereignis. Wer hätte sich noch vor 5 Jahren ernsthaft einen Konsens zum Kohleausstieg vorstellen können?

Die Zeiten haben sich aber geändert. Das langfristige Geschäftsmodell der Kohlekraftwerke ist durch die dynamische Entwicklung der erneuerbaren Energien und das Pariser Abkommen zerschlagen. Letzteres erfordert bei ernsthafter Umsetzung spätestens in 30 Jahren die Klimaneutralität der Industrieländer. Und auch kurz- und mittelfristig setzen steigende CO₂-Preise im EU-Emissionshandel den Kohlekraftwerken zu. Der Druck zur Einhaltung der deutschen Klimaschutzziele nimmt stetig zu, die freitäglichen Klima-Protteste von Schülerinnen und Schülern sind hierfür nur ein Indikator. Viele Kohlekraftwerke sind zudem alt und zunehmend unwirtschaftlich. So war ein Kompromiss, der ja keinen Konsens darstellt, absehbar.

Er fiel aber umfassender und breiter aus als gedacht. Und das hat seinen Grund: Die Gräben zwischen den Interessenvertretern wurden schlicht mit finanziellen Zusagen zugeschüttet. Entschädigungen für Kraftwerksschließungen, arbeitsmarktpolitische Maßnahmen für Kohlearbeiter, Schutz vor steigenden Strompreisen, umfangreiche Strukturbeihilfen gehören zum verhandelten Kompromiss. Alleine der Strukturwandel soll mit 40 Mrd. Euro über 20 Jahre unterstützt werden. Die zu erwartenden Kosten im oberen zweistelligen Milliardenbereich sind angesichts der Tatsache, dass fast die Hälfte der Kohlekraftwerke bis 2030 das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hätten und viele im aktuellen Marktumfeld sowieso aus dem Markt ausgeschieden wären, schwer zu rechtfertigen. Der Steuerzahler, der nicht mit am Tisch der Kohlekommission saß, dürfte (wieder einmal) der Zahlmeister der Energiewende sein.

Umso wichtiger ist es, noch einmal daran zu erinnern, dass durch eine konsequente Umsetzung der Erneuerbaren-Ziele und insbesondere einen weiter steigenden nationalen Mindestpreis für CO₂ der Kohleausstieg kostengünstiger erreicht werden kann. Dieser würde sofort zu einer umfangreichen Marktberingung führen. Auch aus Sicht der Versorgungssicherheit ist ein marktgetriebener Ausstieg zu empfehlen:

Kommt es zu Engpässen und entsprechend höheren Strompreisen, dann werden Kohlekraftwerke länger am Markt bleiben können – und umgekehrt. Noch besser: Die unsichtbare Hand mit grünem Daumen führt nicht nur zur Schließung der richtigen Kraftwerke, sondern vermeidet auch teure politische Abwägungsprozesse.

Klimaschutz kann sich lohnen

Viele Unternehmen fühlen sich entsprechend durch die Energiewende zusätzlich belastet und sehen höhere Energiekosten als Gefahr für ihre Wettbewerbsfähigkeit. Dieses Argument ist ernst zu nehmen. Die Energiewende wird nur dann funktionieren, wenn Wohlstand und Arbeitsplätze in Deutschland erhalten bleiben. Das bedeutet nicht, keine Klimapolitik, sondern eine marktwirtschaftliche Klimapolitik in internationaler Absprache zu betreiben. In einer globalisierten, sich dynamisch ändernden Welt gilt für die deutschen Unternehmen: „Alles muss sich ändern, damit alles so bleiben kann, wie es ist.“ Unternehmen im internationalen Wettbewerb brauchen besondere Beachtung. Es gilt aber auch: Bei einer marktwirtschaftlichen Umsetzung der Energiewende dürften die zusätzlichen Belastungen für die Unternehmen tragbar bleiben. Der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) erwartet gesamtwirtschaftlich eine schwarze Null durch Energiewende und Klimaschutz. Die deutsche Wirtschaft profitiert von einer umfangreichen Modernisierung und einer verstärkten Innovationstätigkeit in den Bereichen Umwelt und Energie. Es gibt also auch viele Möglichkeiten in der Energiewende. Laut BDI wächst der Weltmarkt für die wichtigsten Klimatechnologien in den nächsten Jahren auf bis zu 2 Bio. Euro an. Deutsche Unternehmen mit ihrem Leistungs- und Wettbewerbsprofil haben hier große Chancen. Die Forderung nach mehr Kosteneffizienz in der Klimapolitik ist also nicht nur das altbekannte Gerede der Ökonomen, sondern tatsächlich entscheidend für den langfristigen Erfolg im Klimaschutz. Eine gute Klimaschutzpolitik wird unseren materiellen Wohlstand nicht antasten. Alle Berechnungen zeigen, dass es uns so in Zukunft nicht schlechter geht, sondern der materielle Wohlstand nur langsamer steigt – vom immateriellen Wohlstand, der auch die Klimaschäden einschließt, nicht zu sprechen. Von zentraler Bedeutung ist dabei aber, dass andere Länder mitziehen und sich an ihre Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaschutzabkommen halten. Unterschiedliche

Stringenz im Klimaschutz zwischen den Industrie- und Entwicklungsländern erfordert später stärkeres Eingreifen, gefährdet die deutsche Wettbewerbsfähigkeit und macht die Klimapolitik insgesamt erheblich teurer.

Pariser Abkommen zum Klimaschutz

Zentral ist im Klimaschutz also die internationale Ebene: Das Klimaabkommen von Paris, das 2015 beschlossen wurde, geht die Herausforderungen in der einzig möglichen Art und Weise an: Es baut – im Gegensatz zum weitgehend erfolglosen Kyoto-Protokoll von 1997 – zunächst einmal auf dem nationalen Eigeninteresse der Staaten auf. Die Länder reichen nationale Selbstverpflichtungen zum Klimaschutz ein, sogenannte Nationally Determined Contributions (NDCs). In denen stellen sie dar, welche Maßnahmen sie im Sinne des Abkommens ergreifen wollen. Durch diesen Ansatz von unten, bottom-up, wurde es geschafft, nun praktisch alle Staaten in ein internationales Abkommen zur Emissionsreduktionen einzubinden – neben der EU eben auch die wichtigsten Treibhausgasemittenten der Welt: die USA, die aber vor Kurzem die schriftliche Austrittserklärung aus dem Klimaabkommen bei den UN eingereicht haben, China, Indien und viele andere Staaten. Sie können ihre Ziele ja erst einmal frei wählen. Nach dem, was ich bisher gesagt habe, dürfte zu erwarten sein, dass die Staaten sich bei ihren Selbstverpflichtungen weitgehend an den nationalen Kosten und Nutzen orientieren. Die USA, China, Indien, die EU und viele andere Staaten werden ihre Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahren trotzdem weiter senken – sie haben handfeste Vorteile davon. Diese müssen zunächst einmal gar nicht direkt mit dem Klimaschutz zu tun haben: Ein Anstieg der erneuerbaren Energien reduziert die Abhängigkeiten von Energieimporten, günstiges Erdgas stellt einen Standortvorteil für die Industrie dar, die Abkehr von der Kohleverstromung mindert die lokale Luftverschmutzung und reduziert dadurch Gesundheitskosten, oder ein Rückgang des Verkehrs mindert Staukosten und Unfallschäden. Diese Zusatznutzen des Klimaschutzes können immens sein.

Die so angestoßenen Minderungen reichen aber – wie vermutet – nicht aus. Dies wird deutlich, wenn man sich die Abschätzung der mit den nationalen Selbstverpflichtungen einhergehenden Veränderung der globalen Durchschnittstemperatur bis 2100 anschaut (Abb. 6).

Danach bleibt der Temperaturanstieg bis zum Jahr 2100 wahrscheinlich unter 3,0 °C, aber mit über 90 % Wahrscheinlichkeit über 2 °C. Es gibt eine 50-prozentige Wahrscheinlichkeit, dass die Erwärmung im Jahr 2100 2,8 °C oder mehr beträgt. Auf Basis der aktuellen Politiken würde die Erwärmung etwa 3 °C betragen. Wir sind in einem Szenario „weiter so Plus“. Die Mitgliedsstaaten des Pariser Klimaabkommens sollen regelmäßig und erstmals in diesem Jahr ihre nationalen Klimaschutzziele überprüfen und möglichst erhöhen, um die Ziele dieses Abkommens erreichen zu können. Europa wird hier Voraushen müssen, nur dann werden die Entwicklungs- und Schwellenländer folgen. Die Diskussion über eine Anpassung des europäischen Klimaziels von 40 % Minderung bis zum Jahr 2030 gegenüber 1990 auf 50 bis 55 % wird deshalb für den globalen Klimaschutz entscheidend sein.

Wie gelingt der Klimaschutz?

Wie gelingt es aber, zu einem ökonomisch sinnvollen strikten Abkommen zu gelangen? Ich hatte ja ausgeführt, dass eine kosteneffiziente internationale Klimapolitik, welche die Klimaschutzziele zu möglichst geringen Lasten erreicht, durch einen einheitlichen CO₂-Preis für alle Länder gekennzeichnet ist. Auch müssen alle sofort mit dem Klimaschutz beginnen und alle verfügbaren Technologien nutzen. Allerdings sind dann die Minderungskosten für die Entwicklungs- und Schwellenländer überdurchschnittlich hoch. Dies hängt mit der hohen Emissionsintensität dieser Volkswirtschaften zusammen, also einem ungünstigeren Verhältnis von Treibhausgasemissionen zur Wertschöpfung, aber auch mit den vorhandenen Technologien. Deswegen werden die Entwicklungs- und Schwellenländer keine hohen CO₂-Preise akzeptieren. Für wohlhabendere Länder sind höhere CO₂-Preise schon eher akzeptabel, sie sind ja mit geringeren Kosten verbunden. Eine effiziente globale Klimapolitik wird es vor diesem Hintergrund nur dann geben können, wenn eine erhebliche Umverteilung von den Industrieländern zu den Entwicklungs- und Schwellenländern und damit einhergehendem Technologietransfer in großem Maße stattfindet. Konkret bedeutet das: Ein Großteil der Minderungsanstrengungen müssen in Ländern wie etwa China und Indien geleistet werden. Für diese Anstrengungen muss es wohl einen entsprechenden Ausgleich geben – besonders wenn es um Entwicklungsländer geht. Die notwendige Umverteilung kann

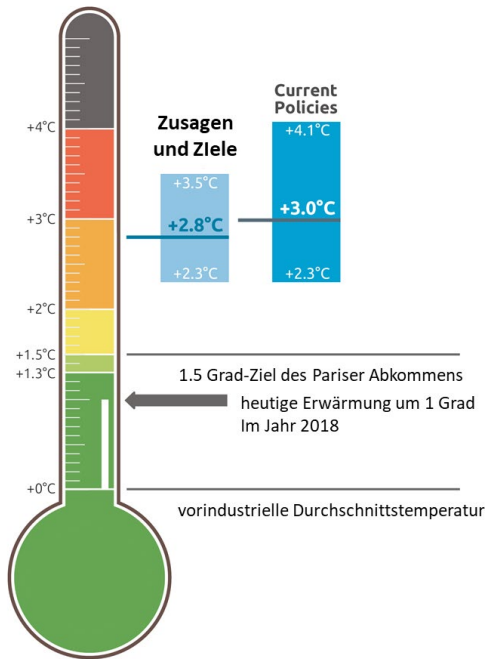


Abb. 6: Abschätzung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur bis 2100 auf Basis der NDCs des Pariser Abkommens. Quelle: Climate Action Tracker (2019), <https://climateactiontracker.org/global/cat-thermometer/>

durch die CO₂-Bepreisung zumindest teilweise finanziert werden, denn eine CO₂-Steuer oder der Verkauf von Zertifikaten in einem Emissionshandelssystem führen zu zusätzlichen Einnahmen, die (gerecht) verteilt werden können. Die Vorreiterrolle der Industrieländer entspricht dabei sowohl dem Verschmutzerprinzip (*polluter pays*) als auch dem Leistungsfähigkeitsprinzip bei der Lastverteilung wie ich oben ausgeführt habe. Diese Fairnessnormen sind allgemein akzeptiert und für die weiteren Klimaverhandlungen besonders wichtig.¹⁴ Doch wir dürfen

¹⁴ M. Kesternich / A. Löschel / A. Ziegler: Negotiating Weights for Burden Sharing Rules Among Heterogeneous Parties: Empirical Evidence from a Survey Among Delegates in International Climate Negotiations, *ZEW Discussion Paper*, Nr. 14-031, Mannheim, 2014.

nicht zu optimistisch sein: Die Frage der gerechten Lastverteilung und die Auslegung des Prinzips der „gemeinsamen, aber differenzierten Verantwortung“ aus der Klimarahmenkonvention wird ein ständiger – konfliktgeladener – Prozess bleiben. Umso mehr ist darauf zu achten, dass die Gesamtlast in der Transformation tragbar bleibt: Es darf nicht die Welt kosten, die Erde zu retten!