

## Inhalt

<b>Vorwort</b>	<b>7</b>
<b>1. Das Klimaproblem und die Klimapolitik</b>	<b>10</b>
Welche Risiken birgt der Klimawandel? . . . . .	10
Was ist mit der Vermeidung gefährlichen Klimawandels gemeint? . . . . .	13
Internationale Klimapolitik als Wette. . . . .	15
<b>2. Die Bestandsaufnahme der Klimapolitik</b>	<b>18</b>
Die Entwicklung der Emissionen . . . . .	19
Das Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum . . . . .	25
Die Renaissance der Kohle und das Angebot fossiler Energieträger . . . . .	29
Abholzung und Landnutzung . . . . .	33
Energieeffizienz und erneuerbare Energien . . . . .	35
<b>3. Ziele und Wege der Klimapolitik</b>	<b>37</b>
Das 2 °C-Ziel als langfristige Klimapolitik . . . . .	39
Die Pfade der Transformation . . . . .	42
Dem technischen Fortschritt eine neue Richtung geben .	46
Die Kosten und Risiken des Klimaschutzes . . . . .	51
Wachstumsverzicht und Klimaschutz. . . . .	55
Anpassung – auch bei erfolgreicher Klimapolitik unvermeidlich . . . . .	58
Solar Radiation Management – der letzte Pfeil im Köcher? . . . . .	60
<b>4. Instrumente und Institutionen der Klimapolitik</b>	<b>62</b>
Ein Preis für Emissionen und andere Politikinstrumente.	65
Warum wir internationale Klimapolitik benötigen . . . . .	68
Die internationalen Verhandlungen . . . . .	75

Nach Paris: Vorschläge für die Ausgestaltung der internationalen Klimapolitik . . . . .	81
Die Klimapolitik der Europäischen Union . . . . .	85
Die deutsche Energiewende und der Klimaschutz. . . . .	92
Stadtentwicklung, Verkehr und Klimaschutz . . . . .	101
Klimapolitik, Ungleichheit und Armutsbekämpfung . . .	102
<b>5. Die Rolle der Wissenschaft in der Klimapolitik</b>	<b>105</b>
Der Weltklimarat (IPCC) . . . . .	109
Der IPCC und die Modelle der wissenschaftlichen Politikberatung . . . . .	114
Die künftigen Herausforderungen für den IPCC . . . . .	118
Nochmals ein Rückblick aus der Zukunft . . . . .	121
Weiterführende Literatur . . . . .	124
Quellen für Daten und Grafiken . . . . .	126
Register . . . . .	127

## Vorwort

Dieses Buch bietet eine knappe Übersicht über die Klimapolitik. Es will den Leser in die daraus erwachsenden Konflikte und die Möglichkeiten ihrer Überwindung einführen. Unser Ziel ist es, den aktuellen Stand der Forschung in allgemein verständlicher Sprache darzustellen, ohne dabei die komplexen Zusammenhänge, die es zur Vermeidung des Klimawandels zu berücksichtigen gilt, so zu vereinfachen, dass sie den Eindruck falscher Sicherheit erwecken. Die Kolleginnen und Kollegen am Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) und am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) haben uns durch ihre Forschungen und in vielen produktiven Diskussionen geholfen, das Problem der Klimapolitik besser zu verstehen. Die Arbeit mit vielen Forschern weltweit, vor allem mit den Autorinnen und Autoren des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), haben unsere Argumente geschärft und uns ermöglicht, die Grenzen unserer eigenen Expertise zu überschreiten. Die Fehler des Buches gehen zu unseren Lasten. Die Begegnung mit Menschen, die schon heute an den Folgen des Klimawandels, unter schlechten Regierungen und unter wuchernder Korruption leiden, hat uns motiviert, dieses Buch zu schreiben.

Zur Entstehung dieses Buchs haben zahlreiche Kollegen durch inhaltliche und stilistische Vorschläge beigetragen. Hierfür danken wir Annette und Jacob Edenhofer, Christian Flachsland, Sabine Fuss, Lion Hirth, Brigitte Knopf, Nicolas Koch, Ulrike Kornek, Fabian Löhe, Jan Minx, Michael Pahle und Rike Schweizer. Wir danken Susanne Stundner für gründliches Korrekturlesen und Kay Schröder für die Erstellung der Abbildungen.

### Wie dieses Buch aufgebaut ist

Hitzetote in Pakistan, Überschwemmungen in Russland, Dürren in Kalifornien, schmelzende Gletscher, Ernteverluste und ein Jahrhundertwein im Rheingau 2015, einem der wärmsten Jahre seit dem Beginn der Klimaaufzeichnungen: Das sind schon heute erste Anzeichen des Klimawandels. Selbst wenn sich kein einzelnes dieser Ereignisse mit Sicherheit auf die globale Klimaveränderung zurückführen lässt, wird doch ihr Auftreten mit dem Anstieg der globalen Mitteltemperatur sehr viel wahrscheinlicher. Die globale Erwärmung ist zu einem großen Teil auf die Verbrennung von Kohle, Öl und Gas zurückzuführen. Das Ziel der Klimapolitik lässt sich daher klar formulieren: Die Nutzung der fossilen Energieträger muss begrenzt werden, um die Folgen des Klimawandels abzumildern. Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) hat in einem dreißigjährigen Indizienprozess nachgewiesen, dass wir durch die Verbrennung der fossilen Energieträger, andere Treibhausgasemissionen und durch die Abholzung der Wälder bereits heute für einen Temperaturanstieg von ungefähr 0,8 °C verantwortlich sind. Die Menschheit muss sich daher Rechenschaft darüber ablegen, in welchem Umfang sie den zukünftigen Klimawandel begrenzen kann und will.

Dieser Frage widmet sich unser Buch. Es bietet eine Übersicht über die Ziele der Klimapolitik, zeigt Konfliktlinien in der wissenschaftlichen Analyse auf und diskutiert Lösungsansätze. Es unterscheidet sich damit von den naturwissenschaftlichen Einführungen in den Klimawandel. Wir zeigen, nach welchen Kriterien man entscheiden kann, wie viel Klimaschutz betrieben wird, welche Techniken dabei zum Zuge kommen und welcher Politiken es bedarf. Daher sprechen wir in diesem Buch nicht nur von Fakten, sondern gleichermaßen von Werten.

In Kapitel 1 wird erklärt, warum es einer ambitionierten Klimapolitik bedarf und wie sie gerechtfertigt werden kann. Was ist unter gefährlichem Klimawandel zu verstehen, und welche Optionen stehen uns zur Verfügung, um diesen abzuwenden? In der Klimapolitik muss das Risiko gefährlichen Klimawandels

abgewogen werden gegen die Risiken der Emissionsvermeidung. Das Konzept der klimapolitischen Wette zeigt, dass Klimapolitik Risikomanagement ist und gerade aus diesen Gründen eine ambitionierte Klimapolitik gerechtfertigt werden kann.

In Kapitel 2 legen wir eine Bestandsaufnahme der Klimapolitik vor. Diesen Status quo vergleichen wir mit den klimapolitischen Zielen, wie sie in Paris vereinbart wurden, um daraus den zukünftigen Handlungsbedarf abzuleiten. Um die Kluft zwischen dem, was ohne Klimaschutzmaßnahmen geschehen würde, und dem, was geschehen müsste, um gefährlichen Klimawandel abzuwenden, zu überbrücken, bedarf es eines grundlegenden Umbaus des Energiesystems und der Landnutzung.

Dieser Umbau kann jedoch nur gelingen, wenn auch die Fundamente von Wirtschaft und Gesellschaft erneuert werden. Damit setzen wir uns in Kapitel 3 auseinander. Dabei geht es vor allem um Techniken, Risiken und Kosten der Emissionsvermeidung. Wir zeigen, dass es nicht die Welt kostet, den Planeten zu retten, und sich daher eine ambitionierte Klimapolitik begründen lässt. Auch wenn die Kosten des Klimaschutzes tragbar sind, sind die politischen Herausforderungen dennoch gewaltig.

In Kapitel 4 skizzieren wir, wie die internationale und die nationale Klimapolitik ausgestaltet werden können. Warum ist es so schwierig, ein internationales Abkommen abzuschließen und welchen klimapolitischen Handlungsspielraum haben Nationalstaaten? Wir zeigen Wege aus der Sackgasse, in die sich die europäische und deutsche Klimapolitik manövriert haben.

Die internationale Klimapolitik hat sich im Weltklimarat ein einzigartiges Gremium geschaffen, das für ihre Agenda von fundamentaler Bedeutung ist. Das ist Grund genug, diese Institution und die Rolle der Wissenschaft in der Politikberatung im letzten Kapitel darzustellen.

Wir verzichten im Text auf Literaturangaben, da die wissenschaftliche Literatur in den letzten Jahren explosionsartig gewachsen ist. Stattdessen findet der Leser im Literaturanhang Angaben zu weiteren Einführungen in die Thematik, zu Überblicksaufsätzen, aber auch zu wichtigen Aufsätzen der Fachliteratur, die eine weitere Orientierung ermöglichen sollen.

## I. Das Klimaproblem und die Klimapolitik

### Welche Risiken birgt der Klimawandel?

Die Ozeane, die Atmosphäre, die Böden und die Wälder sind Lagerstätten für Treibhausgase – man nennt sie auch die globalen Senken. Treibhausgase, die in die Atmosphäre abgelagert werden, haben dort eine Verweildauer von Tausenden von Jahren. Daher füllen sich diese Lagerstätten von Jahr zu Jahr, weil der Bestand der Treibhausgase zunimmt. Je höher dieser Lagerbestand ist, desto höher ist auch die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Vor der Industriellen Revolution lag die Treibhausgaskonzentration noch bei etwa 280 ppm. Die Abkürzung «ppm» steht für «parts per million», also die Anzahl an Treibhausgasmolekülen in einer Million Moleküle in der Atmosphäre. Diese Konzentration ist durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe, Entwaldung, Landnutzung und industrielle Prozesse stetig gestiegen, derzeit beträgt sie etwa 400 ppm.

Die erhöhte Konzentration der Treibhausgase verändert den Strahlungshaushalt der Erde. Das von der Erde reflektierte Sonnenlicht verbleibt verstärkt in Form von Wärme in der Atmosphäre, so dass sich die globale Mitteltemperatur erhöht. Auch lokale klimatische Bedingungen sind von diesem Anstieg betroffen, ebenso der Wärmetransport über die Zirkulation von Luft und Wasser.

Der Anstieg der globalen Mitteltemperatur birgt beträchtliche Risiken für die Lebensbedingungen auf der Erde. Da die zukünftigen Folgen des Klimawandels nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden können, hat der Weltklimarat die Klimafolgen in Risikoklassen eingeteilt, genannt «reasons for concern». Abbildung 1 zeigt die mit dem Anstieg der globalen Mitteltemperatur verbundenen Risiken. In die erste Klasse fallen Risiken etwa für Korallenriffe und die Ökosysteme der Arktis, die bereits bei einem Temperaturanstieg von 1,5 °C bedroht sind. Die

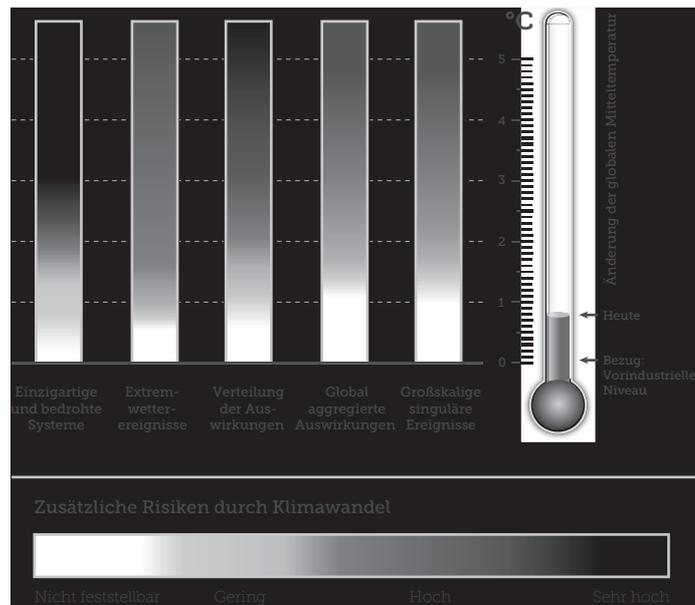


Abb. 1: Anstieg der globalen Mitteltemperatur und die damit verbundenen Risiken. Quelle: IPCC (2014a)

Häufigkeit und Intensität von Hitzewellen und tropischen Stürmen wird in einer zweiten Risikoklasse analysiert. Die Verteilung der Risiken über Regionen und Einkommensklassen werden in der dritten, die ökonomischen Schäden für die Weltwirtschaft in der vierten Klasse zusammengefasst. Großskalige singuläre Ereignisse für den gesamten Planeten sind etwa der Verlust der polaren Eisschilde. Ihre Wahrscheinlichkeit mag vielleicht gering sein, kann aber mit irreversiblen und drastischen Auswirkungen einhergehen. Es ist bislang unklar, bei welchem Temperaturanstieg mit großskaligen, abrupten und irreversiblen Änderungen im Erdsystem zu rechnen ist. Aber bereits ein Temperaturanstieg von nur 1°C könnte zum praktisch vollständigen Abschmelzen des Grönländischen Eisschildes führen. Die Freisetzung von Methan, das im Permafrost gebunden ist, würde den Klimawandel womöglich weiter beschleunigen.

nigen. Korallenriffe in warmen Regionen und das arktische Ökosystem zeigen bereits jetzt erste Symptome irreversibler Zerstörung.

Die Risikoeinschätzungen in Abbildung 1 beruhen auf Expertenmeinungen. Sie gründen sowohl auf der Kenntnis der biophysikalischen Folgen des Klimawandels als auch auf der subjektiven Einschätzung der damit einhergehenden Gefahren und Schäden. Diese Übersetzung von biophysikalischen Wirkungen in Schäden ist unvermeidbar, wenn die Klimafolgen für politische Entscheidungssituationen aufbereitet werden sollen. Entscheidungsträger können sich nur dann mit der Abwehr von Gefahren beschäftigen, wenn sie als solche beschrieben und grundsätzlich vermieden werden können.

So illustriert Abbildung 1, welche Risiken der bereits beobachtete Temperaturanstieg von ca.  $0,8^{\circ}\text{C}$  gegenüber dem vorindustriellen Niveau mit sich bringen könnte: Veränderte Niederschläge schmälern in vielen Regionen die landwirtschaftlichen Erträge. Die zunehmende Erwärmung und Versauerung der Ozeane beeinträchtigt Meeresorganismen und bedroht damit die Lebensgrundlage vieler Menschen (z. B. die Fischerei). Die Störung des Wasserkreislaufes vermindert die Qualität und Quantität der verfügbaren Wasserressourcen.

Findet die globale Gemeinschaft keinen Weg in eine weltweite, gemeinsame Klimapolitik, ist ein Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis 2100 um  $3,7^{\circ}\text{C}$  bis  $4,8^{\circ}\text{C}$  wahrscheinlich. Diese Abschätzung beruht auf 300 computergestützten Szenarien internationaler Forschergruppen, die der Weltklimarat zusammengestellt hat. Diese Szenarien gehen davon aus, dass es zu keiner ausreichend ambitionierten Klimapolitik kommt. Sie treffen zugleich unterschiedliche Annahmen über Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Technologieentwicklungen, die es erlauben, eine Zukunft ohne Klimapolitik auszuloten.

Mit welchen Gefahren ist in einer Welt zu rechnen, in der die globale Mitteltemperatur  $4^{\circ}\text{C}$  oder mehr über dem vorindustriellen Niveau liegen wird? Die Zerstörung von Ökosystemen, Artensterben, ein Einbruch der weltweiten Nahrungsmittelproduktion sowie sinkende Arbeitsproduktivität aufgrund hoher

Temperaturen und zunehmender Luftfeuchtigkeit in tropischen Ländern werden wahrscheinlicher. Der Klimawandel dürfte auch unmittelbare Folgen für den Menschen haben. So zeigt eine aktuelle Untersuchung, dass der medizinisch-technische Fortschritt durch den Klimawandel teilweise zunichtegemacht werden könnte. Dieser führt demnach nicht nur zu mehr Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie etwa Herzinfarkten, sondern erschwert den Zugang zu sauberem Wasser, verknappt Nahrungsmittel und fördert die Ausbreitung von Krankheitsüberträgern, die vor allem Menschen in armen Ländern schädigen werden. Die Begrenzung des Klimawandels wird daher von vielen Experten als die größte Herausforderung für die Gesundheitspolitik im 21. Jahrhundert bezeichnet.

#### **Was ist mit der Vermeidung gefährlichen Klimawandels gemeint?**

Welcher Temperaturanstieg für die Menschheit verkraftbar ist, kann nicht allein aufgrund der naturwissenschaftlichen Klimafolgenforschung entschieden werden, denn Menschen und Gesellschaften können sich bis zu einem gewissen Grad an den Klimawandel anpassen. Anpassungsstrategien sind vor allem kurz- und mittelfristig wirksam: Bewässerungssysteme, höhere Deiche, Küstenschutz und eine widerstandsfähigere Infrastruktur sind nur einige Beispiele dafür. Die Wirksamkeit solcher Maßnahmen lässt sich nur schwer voraussagen, da die Folgen des Klimawandels diese Anpassungsleistungen zunichtemachen können. Es ist daher plausibel, dass bei einem ungebremsten Klimawandel in vielen Regionen der Welt zunächst die Kosten der Anpassung steigen und schließlich deren Grenzen erreicht werden.

Für kleine Inselstaaten oder für die Bewohner der Arktis könnte der Handlungsspielraum schnell erschöpft sein. In heißen Regionen könnte die Arbeit auf dem Bau oder in der Landwirtschaft so unerträglich werden, dass die betroffenen Menschen in die gemäßigteren Zonen überzusiedeln versuchen, um dort eine einträglichere Beschäftigung zu finden. Zwar wird im-

mer wieder behauptet, dass sich beispielsweise Bauern an den Klimawandel auch ohne staatliche Intervention anpassen können, indem sie sich gegen Ernteaufschläge versichern oder auf resistentes Saatgut setzen. Auch mag es noch relativ einfach sein, einen Meeresspiegelanstieg von 20 oder 30 cm zu verkraften. Steigt dieser aber um mehrere Meter, helfen wohl keine Dämme mehr; dann müssten ganze Städte umgesiedelt werden. Gerade für viele Megastädte, die am Meer liegen, besteht diese Option jedoch nicht. Es ist auch unwahrscheinlich, dass Pflanzen wie Reis, Mais oder Weizen, die für die Welternährung entscheidend sind, noch ausreichend Erträge liefern, wenn die globale Mitteltemperatur um mehr als 4 °C steigt. Diese Beispiele zeigen, dass die Grenzen der Anpassung selbst für effiziente Stadtregierungen, findige Bauern und kluge Versicherungsunternehmen schnell erreicht sein können. Es wäre daher fahrlässig, würde die Weltgemeinschaft eine ambitionierte Klimapolitik unterlassen, weil sie glaubte, Anpassung sei einfacher und billiger als Vermeidung. Anpassung wird Vermeidung ergänzen müssen – ein Ersatz kann sie nicht sein.

Da sich die Grenzen konventioneller Anpassungsmaßnahmen nicht eindeutig bestimmen lassen, wird über Alternativen dazu diskutiert. Denkbar wäre etwa bei fortschreitender globaler Erwärmung der Einsatz von Technologien, mit deren Hilfe der Strahlungshaushalt der Erde durch Abschirmung einfallenden Lichts direkt gesteuert und der Planet damit abgekühlt werden kann. Ein Beispiel hierfür ist das Einbringen von Rußpartikeln in obere Schichten der Atmosphäre. Ganz zu schweigen davon, dass sich derartige Technologien bislang noch nicht in großem Maßstab anwenden lassen, sind sie auch mit beträchtlichen Risiken behaftet, die wir in Kapitel 3 ausführlicher diskutieren. Es wäre daher unvernünftig, sich lediglich auf Geo-Engineering zu verlassen und auf die Verminderung von Emissionen zur Reduktion der Erderwärmung zu verzichten.

Selbst eine starke Verminderung der Treibhausgasemissionen kann das Risiko gefährlichen Klimawandels nicht auf null reduzieren – sie kann jedoch die Risiken entscheidend vermin-

dern. Daher hat sich die internationale Gemeinschaft in der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) darauf verständigt, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf maximal 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Das im Dezember 2015 in Paris formulierte UNFCCC-Klimaabkommen geht sogar über dieses Ziel hinaus, indem es die Möglichkeit anstrebt, die Schranke bei 1,5 °C zu schließen.

Allerdings bringt eine ambitionierte Politik der Emissionsvermeidung auch Kosten mit sich, da emissionsarme Energiequellen meist teurer sind als herkömmliche fossile Energieträger. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, ob und wie sich Emissionsminderungen ökonomisch rechtfertigen lassen.

### **Internationale Klimapolitik als Wette**

Wie im vorherigen Abschnitt diskutiert, lassen sich die langfristigen Auswirkungen des Klimawandels nicht genau vorher sagen. Vielmehr spricht man von möglichen Schäden und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens. Eine rationale Klimapolitik wird also die möglichen Auswirkungen des gefährlichen Klimawandels den Kosten der Emissionsreduktion gegenüberstellen müssen. Wie soll diesen in einem vernünftigen Entscheidungskalkül Rechnung getragen werden? Die politischen Entscheidungsträger gehen eine Wette ein, wenn sie sich für eine ambitionierte Klimapolitik entscheiden. Die explizite Formulierung dieser Wette zeigt, was die Befürworter und die Gegner einer Klimapolitik voraussetzen müssen, damit ihre Politik vernünftig ist. Die gegenwärtige Debatte und vor allem die wissenschaftlichen Fakten lassen sich damit besser einschätzen und bewerten.

Wir gehen davon aus, dass die Menschheit zwei Handlungsoptionen hat: entweder eine ambitionierte Klimapolitik zu betreiben oder aber keine Klimapolitik zu betreiben. Die Menschheit ist mit zwei möglichen Zuständen des Klimasystems konfrontiert – entweder würde ungebremster Klimawandel gefährliche Auswirkungen haben, oder aber er wäre harmlos. Die-