

Hans von Storch

Der Mensch-Klima-Komplex

Was wissen wir? Was können wir tun?
Zwischen Dekarbonisierung, Innovation
und Anpassung



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet
diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
unter <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8012-0659-8

Auch als E-Book erhältlich ISBN 978-3-8012-7049-0

© 2023 by

Verlag J. H. W. Dietz Nachf. GmbH
Dreizehnmorgenweg 24, 53175 Bonn

Umschlaggestaltung: Petra Böhner, Köln

Satz:

Kempken DTP-Service | Satztechnik • Druckvorstufe • Mediengestaltung, Marburg

Druck und Verarbeitung: Himmer GmbH Druckerei & Verlag, Augsburg

Alle Rechte vorbehalten
Printed in Germany 2023

Besuchen Sie uns im Internet: www.dietz-verlag.de

Inhalt

| | |
|--|----|
| Geleitwort von Jochem Marotzke | 7 |
| Geleitwort von Carl Friedrich Gethmann | 9 |
| Einleitung | 13 |
| Vorbehalt | 19 |
| 1 Klimawandel | 21 |
| 1.1 Das Klimasystem | 23 |
| 1.1.1 Das globale System: Energiebilanzmodelle | 23 |
| 1.1.2 Das regionale Klima wird vom globalen Klima gesteuert | 25 |
| 1.1.3 Der Paradigmenwechsel des Klaus Hasselmann | 30 |
| 1.2 Väter und Mütter der modernen Klimaforschung | 35 |
| 1.2.1 Die vier Phasen der Klimaforschung | 35 |
| 1.2.2 Der disziplinäre Kontext | 39 |
| 1.3 Vergangene Klimaschwankungen | 43 |
| 1.3.1 Verfügbare Daten | 43 |
| 1.3.2 Bisherige Klimaschwankungen | 44 |
| 1.3.3 Ideengeschichte | 47 |
| 1.4 Kohlendioxidemissionen und -konzentrationen: Falsifizieren die Beobachtungen während des Coronalockdowns den behaupteten Zusammenhang? | 52 |
| 2 Klimawissen | 55 |
| 2.1 Wissen und Wissenschaft | 59 |
| 2.2 Qualität wissenschaftlichen Wissens | 65 |
| 2.2.1 Die CUDOS-Normen | 65 |
| 2.2.2 Homogenität von Daten | 68 |
| 2.3 Wissenschaftliche Ansätze | 73 |
| 2.3.1 Modelle | 73 |
| 2.3.2 Detektion und Attribution | 76 |
| 2.3.3 Szenarien und Projektionen | 79 |
| 2.3.4 Der Budgetansatz | 82 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.4 | Klimamodelle | 83 |
| 2.4.1 | Modellzwecke | 83 |
| 2.4.2 | Konstruktion | 85 |
| 2.4.3 | Klimaänderungsszenarien | 87 |
| 2.4.4 | Die angebliche Unmöglichkeit der Vorhersage in komplexen Systemen | 96 |
| 2.4.5 | Falsifikation möglich? | 97 |
| 2.5 | Der Wissensmarkt | 101 |
| 2.5.1 | Klimadeterminismus | 104 |
| 2.5.2 | Religion | 113 |
| 2.5.3 | Kipppunkte | 114 |
| 3 | Umgang mit dem menschengemachten Klimawandel | 119 |
| 3.1 | Mindern des Klimawandels | 125 |
| 3.1.1 | Dekarbonisierung: Beenden der weltweiten positiven Emissionen | 126 |
| 3.1.2 | Negative Emissionen | 131 |
| 3.1.3 | Geoengineering | 132 |
| 3.2 | Anpassung | 133 |
| 3.2.1 | Der Fall der Nordseesturmfluten | 135 |
| 3.2.2 | Die Sache mit der Instationarität | 139 |
| 3.3 | Die lokale Herausforderung | 145 |
| 4 | Wissenschaft als sozialer Prozess | 153 |
| 4.1 | Postnormale Wissenschaft | 155 |
| 4.2 | Honest Broker | 159 |
| 4.3 | Die Klimafalle | 161 |
| 5 | Klimawissenschaft und Politik | 163 |
| 5.1 | Stand der Klimapolitik | 166 |
| 5.2 | Die unbequeme Demokratie | 168 |
| 5.3 | Konstruktive Rolle der Wissenschaft | 170 |
| 5.4 | Apollo Projekte und der Verzicht auf den Beistand von St. Florian | 173 |
| | Ausblick | 177 |
| | Danksagung | 183 |
| | Literatur | 185 |
| | Eigenplagiate | 191 |

Geleitwort von Jochem Marotzke

Nur wenige Menschen können sowohl den naturwissenschaftlichen als auch den sozialwissenschaftlichen Teil des Zusammenspiels von Klima und Gesellschaft fachkundig erörtern. Die beiden Wissenssysteme sind so unterschiedlich in ihrer Denk- und Vorgehensweise, dass der Spagat höchst schwierig ist. Diese Schwierigkeit führt dann regelmäßig dazu, dass das »andere« Fachgebiet unterkomplex abgearbeitet wird. Das führt etwa bei naturwissenschaftlich bewanderten Personen zur nur oberflächlich plausiblen Frage, warum denn das viele Wissen zum menschengemachten Klimawandel nicht endlich zum effektiven Handeln hin zu mehr Klimaschutz führen würde. Oberflächlich ist die Frage deshalb, weil generell gesellschaftliches und politisches Handeln nicht primär – und vielleicht sogar nicht einmal maßgeblich – vom Wissen über den Klimawandel bestimmt wird. Wie also das Umgehen mit dem Klimawandel gesellschaftlich verhandelt wird, ist eine komplizierte und nur unzureichend verstandene Angelegenheit.

Hier setzt Hans von Storchs Buch an. Der Autor war in seiner aktiven Zeit nicht nur Professor für Meteorologie, sondern auch Mitglied der sozialwissenschaftlichen Fakultät. Er gehörte zu den Pionierinnen und Pionieren um Klaus Hasselmann, die als Erste den menschlichen Fingerabdruck in der globalen Erwärmung identifizierten. Er gehörte aber auch zu den Ersten, die auf die unvermeidbare Notwendigkeit hinwiesen, dass wir Menschen uns an einen Klimawandel anpassen müssen, denn ihn *komplett* zu vermeiden ist unmöglich. Anpassung erfordert Wissen über den Klimawandel auf regionaler und lokaler Skala, eine große naturwissenschaftliche Herausforderung. Auf die Notwendigkeit der Anpassung hinzuweisen, riskierte aber auch einen politischen Streit, denn mancherorts wurde dieser Hinweis als Verrat an der guten Sache gesehen. Man habe ja bereits aufgegeben, den Klimawandel zu verhindern.

Hans von Storch war aber auch in einer ganz anderen Richtung Pionier: Er erkannte früher als fast alle anderen, dass der oben genannte Spagat erfolgen muss und dass er nur dann qualitativ hochwertig durchgeführt werden kann, wenn das »andere« Fachgebiet mit fachlicher Autorität vertreten wird. Diese Erkenntnis war der Beginn einer langen und fruchtbaren Zusammenarbeit mit dem Soziologen Nico Stehr und kulminierte vielleicht in Hans von Storchs eigener Berufung in der Soziologie.

Das vorliegende Buch spannt den Bogen von den Anfängen der Klimaforschung in der Antike, mit dem Menschen im Mittelpunkt, erläutert die Dominanz der physikalischen Betrachtungsweise ab der Mitte des 20. Jahrhunderts und führt hin zur gegenwärtigen immensen fachlichen Verbreiterung des Klimadiskurses. Besonders nachdenklich stimmte mich die Analyse, dass die heute teilweise vorzufindende Vorstellung, es sei ja alles vom Klima bestimmt und der Klimawandel mache künftiges Leben nahezu unmöglich, eine modifizierte Form des frühen Klimadeterminismus darstellt. Ich wünsche mir, dass dieses Buch seinen Leserinnen und Lesern hilft, den menschengemachten Klimawandel als zwar gravierendes, aber nicht gesellschaftlich alles andere dominierende Phänomen zu verstehen.

Im März 2023

Jochem Marotzke

Max-Planck-Institut für Meteorologie
sowie Centrum für Erdsystemforschung
und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg

Geleitwort

von Carl Friedrich Gethmann

Mit diesem Buch fasst der Klimaforscher Hans von Storch Arbeiten zu einer »Summe« zusammen, die seit den 70er-Jahren des vorigen Jahrhunderts über Jahrzehnte entstanden und weiterentwickelt worden sind. Von Storch ist von Haus aus Mathematiker, der seine primäre Kompetenz im Bereich naturwissenschaftlicher Modellierung sieht. Er hat jedoch sehr früh erkannt, dass die sich aus den Ergebnissen der Klimaforschung zu diskutierenden politischen Fragen nur in Zusammenarbeit mit Sozialwissenschaftlern zu formulieren sind. Dabei besteht er darauf, die fachlichen Zuständigkeiten naturwissenschaftlicher Disziplinen mit denen der Sozialwissenschaften und schließlich den Zuständigkeitsbereichen politischen Handelns zwar aufeinander zu beziehen, aber die jeweiligen Kompetenzen nicht miteinander zu vermischen.

Ein großer Teil des Buches widmet sich der Darstellung der Bedingungen und Formen der Wissensbildung im Rahmen der Klimaforschung. Von Storch wendet sich dezidiert gegen ein Erkenntnismodell, gemäß dem es die Aufgabe wissenschaftlicher Wissensbildung sei, letzte Gewissheit und unerschütterliche Sicherheit des Wissens zu erreichen. Von Storch kritisiert, dass manche Klimaforscher gegenüber der Politik den Eindruck erwecken, ihre Forschungsergebnisse seien endgültig, sozusagen ewig. Auf dieser Grundlage könnte man gar nicht erklären, wieso es inzwischen einen 6. ICPP-Bericht gibt und auch in Zukunft weitere Berichte zu erwarten sind. Von Storch kritisiert den in diesem Gestus liegenden Verstoß gegen grundlegende wissenschaftstheoretische Postulate. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Unterscheidung von der statistischen Abgrenzung zwischen natürlichen und anderen Einflüssen (Detection) und der plausiblen Bestimmung der Ursachen (Attribution) von Klimaphänomenen. Feststellungen vom Typ »Der neuliche Taifun war der stärkste, der

in der Region jemals beobachtet wurde« sind wissenschaftlich ohne Pointe, weil extreme Ereignisse immer möglich sind und zudem niemand bestreiten wird, dass die Meteorologen ihre Aufzeichnungen richtig interpretieren und mit ihren Thermometern richtig umgehen. Wichtig dagegen ist die Beantwortung der Frage, ob dieses Ereignis nicht nur selten war, sondern auf eine Ursache zurückzuführen ist. Die Detektionsfrage wird durch eine probabilistische Analyse der Wetterbeobachtungen geprüft, für die Erklärung werden die Beobachtungen mit »Klimamodellen« gedeutet.

Klimamodelle sind komplexe mathematische Realisierungen unserer Konzepte vom Funktionieren und von der gegenseitigen Abhängigkeit der Klimakomponenten. Sie sind Approximationen des wirklichen Klimasystems. Von Storch versucht in einer für den Laien verständlichen Weise Struktur und Funktion der Klimamodelle zu verdeutlichen, dabei aber auch die Komplexität des Verfahrens der wissenschaftlichen Erklärung durch Modellierung zu verdeutlichen.

Sehr viel Raum widmet von Storch der Frage, wie diese Modelle, insbesondere die in ihnen vorausgesetzten Gesetzes(artigen)-Aussagen epistemisch zu kontrollieren und hinsichtlich ihrer »Güte« zu evaluieren sind. Auch diesbezüglich kann es aus systematischen Gründen keine endgültige Wahrheit geben. Von Storch bezieht sich daher ausführlich auf die Frage der Falsifizierbarkeit im Sinne Karl Raimund Poppers. Danach werden Formen wissenschaftlicher Systematisierung (Hypothesen, Theorien, Modelle etc.) nicht durch Erfahrung bewiesen, sondern versuchsweise durch Erfahrung widerlegt. Eine Pluralität bei den Formen wissenschaftlicher Systematisierung diskreditiert nicht nur das Unternehmen »Wissenschaft« nicht, sondern ist in Ansehung einer möglichst großen Reserve von Instrumenten wünschenswert.

Von Storchs Betonung der Falsifizierbarkeit von Erkenntnis gibt dem Philosophen Anlass, auf die Gefahr der Denunzierung des Zweifels durch die unbedachte Verwendung des Ausdrucks »*Klimaskepsis*« aufmerksam zu machen. Wer eine Erkenntnis leugnet, gibt vor, es selbst besser zu wissen; wer dagegen an einer Erkenntnis

zweifelt, fordert sich und andere dazu auf, an der Verbesserung ihrer Begründung zu arbeiten. Dem Philosophen ist es ein Anliegen, auf die Bedeutung des Zweifels für die Konstitution des Wissens hinzuweisen. Seit Descartes ist der Zweifel der Antrieb zur Wissensbildung, die auf Intervention in die Natur etwa durch Experiment in Verbindung mit mathematischen Instrumenten beruht. Der *Zweifel* als Antrieb der Wissensbildung hat zu Beginn der Neuzeit das in Antike und Mittelalter in diese Rolle gerückte *Staunen* abgelöst.

Die Klärung des Verhältnisses von Klimawissenschaft und Politik ist ein zentrales Anliegen dieses Buches. Der Autor sieht die Gefahr, dass in der politischen Debatte die Klimawissenschaften instrumentalisiert werden, um durch die Hinweise auf nachteilige Folgen der vom Menschen verursachten Klimaänderungen politische Zwecke zu rechtfertigen, die mit der Minderung der Freisetzung von klimawirksamen Gasen und der Anpassung (»Adaption«) an nicht vermiedene Klimaänderungen nichts zu tun haben. Von Storch tritt einem politischen Determinismus entgegen, der den Eindruck erweckt, durch die Ergebnisse der Klimaforschung seien politische Strategien eindeutig festgelegt. In diesem Zusammenhang spricht er provokativ von der »Klimafalle«, in die die Klimawissenschaft hineingezogen wird. Unter dem Stichwort der »Alternativlosigkeit« wird eine Entwissenschaftlichung von Wissenschaft und eine Entpolitisierung von Politik, die eigentlich ein Aushandlungsprozess widerstreitender gesellschaftlicher Interessen sein soll, bewirkt. Zur Klimafalle gehört auch die von Aktivisten und Politikern unterstellte Überzeugung, dass die Erwärmung der Atmosphäre das einzige politische Problem sei, über das nachzudenken sich lohnt. Demgegenüber ist darauf hinzuweisen, dass gegenwärtig erheblich mehr Tote durch die Welt-hungerkatastrophe zu beklagen sind als durch die Erwärmung. Gegenüber dem Themen-Monismus ist darauf zu bestehen, dass es die Aufgabe der Politik ist, eine größere Zahl von Menschheitsfragen nach sehr unterschiedlichen Kriterien zu bearbeiten. Dazu kann Wissenschaft allenfalls eine unterstützende Rolle spielen.

In diesem Zusammenhang ist auch auf die Gefahr einer nachlässigen Verwendung des Ausdrucks »Klimaschutz« hinzuweisen.

Von Storch betont immer wieder, dass das Klima die Statistik des Wetters ist. Eine Statistik ist kein Schutzgut. Schutzgüter könnten sein: Gesundheit und Überleben der Menschen, wirtschaftlicher Wohlstand, bestimmte soziale Lebensformen, Kulturgüter, Landschaften, Ökosysteme. Da man nicht alles mit gleichem Aufwand schützen kann, sind entsprechende Präferenzen überhaupt erst zu entwickeln – eine politische Aufgabe, die durch den Ausdruck »Klimaschutz« eher vernebelt als herausgearbeitet wird.

Diese Zeilen werden niedergeschrieben, während sogenannte Klimaaktivisten, unterstützt durch manche Wissenschaftler und Politiker, die Anliegen einer wissenschaftlich gestützten Klimapolitik durch Belästigung und Schädigung unbeteiligter Bürger und Sachbeschädigungen bis hin zu Straftaten diskreditieren. Gegenüber ideologisch motiviertem Unfehlbarkeitsgebaren ist die Stimme der Vernunft, die Hans von Storch durch dieses Buch erhebt, eine intellektuelle Wohltat. Deswegen möge dem Buch große Verbreitung und Aufmerksamkeit beschieden sein.

Im Februar 2023

Carl Friedrich Gethmann

Einleitung

Das Klima ist weltweit folgenreichen Veränderungen unterworfen. Die vom Menschen verursachten Freisetzungen von Treibhausgasen in der jüngeren Vergangenheit und der absehbaren Zukunft, vor allem die Verbrennung von Kohle, Öl und Gas, führen fast überall zu höheren Temperaturen von Luft und Meer, zu einer Verminderung der Meereisbedeckung, zu einem Rückgang der meisten Gletscher, zu kleineren Schneeflächen, aber auch zu einer erhöhten Neigung von Starkniederschlägen sowie zu einem Anstieg der Meeresspiegel. Allerdings ist die Klimaänderung durchaus nicht nur der Freisetzung von Treibhausgasen geschuldet. Es gibt noch eine Reihe weiterer Faktoren, die vom Menschen ausgehen, insbesondere die Freisetzung von Schwebeteilchen, sogenannten Aerosolen, und deren gasförmigen Vorläufern. Auch Änderungen der Landoberfläche einschließlich der Entwicklung von Städten und Metropolregionen spielen eine beträchtliche Rolle. Daneben gibt es natürliche »Antriebe«, gleichsam klimainterne Vorgänge, wie sie von dem 2021 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichneten Klaus Hasselmann herausgestellt wurden, außerdem kosmische Veränderungen durch die Stellung der Erde zur Sonne und die damit verbundene regelmäßige Folge der Jahreszeiten, die Gegenwart vulkanischer Aerosole in der Atmosphäre oder die veränderliche Aktivität der Sonne. Neben dem *menschgemachten Klimawandel* gibt es also auch *natürlichen Klimawandel*.¹ Es ist Aufgabe der Klimaforschung, aktuelle Veränderungen zwischen menschgemacht und natürlich zu unterscheiden. Dies hat sie getan: Der weit überwiegende Anteil der derzeitigen Klimaänderungen hat mit dem

1 Hier gibt es eine unerfreuliche Inkonsistenz in der politischen Kommunikation: Der »UN-Klimarat« IPCC bezeichnet alle Arten der Änderung des Klimas als *Klimawandel*, während UNFCCC mit diesem Wort nur die menschgemachten Änderungen assoziiert [56].

Treibhauseffekt zu tun, also mit der Freisetzung vor allem von Kohlendioxid und Methan.

Diese immer deutlicher werdenden Änderungen stellen sich in den Wetterstatistiken – dem Klima – dar und werden mit aufwendigen Klimamodellen entschlüsselt. Das sich stetig verbessernde wissenschaftlich erarbeitete Wissen zum anthropogenen Klimawandel wird in den Berichten der Arbeitsgruppe I des Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) mit einer erdrückenden Fülle an belastbaren Fakten analysiert und zusammengefasst.²

Inzwischen geht es nicht mehr darum, ob diese Deutung der Veränderungen und die sich daraus abgeleiteten Erwartungen für die Zukunft zutreffen oder nicht. Sie tun es. Es geht darum, wie wir Menschen mit dieser Perspektive und den prognostizierten Wetter-szenarien der Zukunft umgehen.

In den frühen Jahren der Klimadiskussion – und in gewissen Umfang stehen wir da noch immer – wurde nur die Vermeidung von Faktoren eingefordert, die den Klimawandel befördern, und jeder Hinweis darauf, dass es auch notwendig sein könnte, sich dem Wandel anzupassen, als Defätismus abgelehnt. Dabei war doch schon früh klar, dass nicht jeder Klimawandel vermieden werden kann und dass eine Anpassung an eben diesen unvermeidbaren Klimawandel unumgänglich ist und sein wird. Früher wurde suggeriert, es ginge um Vermeidung *oder* Anpassung. Mir ist sehr wichtig hier klarzustellen: Tatsächlich geht es um Vermeidung *und* Anpassung.

Diese Herausforderung von Vermeidung *und* Anpassung ist ein zentraler Punkt in diesem Buch. Dazu muss man zunächst die Quantitäten benennen *und* begreifen, also die schiere globale Menge an Emissionen, um die es geht, denn die Erderwärmung ist ein globales Problem: Wir müssen die Freisetzung von derzeit jährlich 35 bis 40 Gigatonnen Kohlendioxid – also 35 bis 40 Milliarden Tonnen –

2 Die Berichte des IPCC können hier heruntergeladen werden <<https://www.de-ipcc.de/270.php>>. Besonders empfehlenswert für Fachferne sind die »Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger« (SPM), die die Hauptaussagen der verschiedenen Kapitel wiedergeben.

binnen zwei bis drei Jahrzehnten beenden. (Zum Vergleich: Die gesamte EU setzte 2020 etwa 3,3 Gigatonnen CO₂ frei – wenn man die Emissionen in anderen Ländern zur Ermöglichung unseres Konsums hinzunimmt, so ist das circa ein Zehntel der Gesamtmenge.) Das 1,5-Grad-Ziel der Pariser Klimakonferenz von 2015 erscheint aus heutiger Sicht utopisch. Selbst das 2-Grad-Ziel wird nur mit größter Anstrengung erreichbar. Wirkungsvolle Lösungen lassen sich aber nur finden, wenn wir offen und ohne Scheuklappen miteinander diskutieren und die derzeit eingeschränkten Potenziale freier Diskussion und ergebnisoffener Wissenschaft wieder entfalten und nutzen können.

In diesem Buch wird die Herausforderung des menschengemachten Klimawandels, seiner Folgen und des Umgangs damit in fünf Kapiteln erörtert. Im *ersten* Kapitel wird das robuste, naturwissenschaftlich konstruierte³ Wissen über den menschengemachten Klimawandel und seine Perspektiven skizziert. Im *zweiten* Kapitel werden die Werkzeuge dargestellt, mit denen die Klimaforschung ihre Erkenntnisse gewinnt und wie dieses Wissen für die Bestimmung der Perspektiven des Klimawandels genutzt wird. Im *dritten* Kapitel geht es um die Frage »Was tun?« in Form von vier einander nicht ausschließenden Optionen für den Umgang mit dem Klimawandel: die Minderung der Freisetzung von klimawirksamen Gasen (»Mitigation/Vermeidung«), die Herausfilterung von früher in die Atmosphäre emittierten Gasen (»negative Emissionen«), die Minderung des Effekts der erhöhten Treibhausgaskonzentrationen (»Geoengineering«), und schließlich die Anpassung (»Adaption«) an nicht vermiedene Klimaänderungen. Im *vierten* Kapitel wird dem Umstand nachgegangen, dass Klimaforschung ein sozialer Prozess ist, und im *fünften* Kapitel

3 Dass wissenschaftliche Aussagen »konstruiert« sind, ist eine fast triviale Aussage, aber es lohnt, daran bisweilen zu erinnern. Es sind nicht irgendwelche verborgenen Wahrheiten, die kluge oder glückliche Menschen entdecken, sondern aus Daten, Theorien und Überlegungen abgeleitete Folgerungen. Bisweilen wird impliziert, dass das Wort »Konstruktion« auf eine Beliebigkeit der Aussage hinwiese, eventuell mit zweifelhaften Methoden erzeugt wurde. Dies ist unzutreffend.

erörtert, wie der Klimawandel in Deutschland in der Öffentlichkeit verhandelt wird. Detaillierter:

Kapitel *Klimawandel*: Hier wird das moderne Konzept des Klimas und seiner Veränderlichkeit skizziert. Wir lernen es zunächst als globale Wärmekraftmaschine kennen, und dann, dass das regionale Klima immer Ausdruck einer globalen Rahmung einerseits und ihres Zusammenspiels mit regionalen geografischen Details andererseits ist (in der Wissenschaft sprechen wir vom Downscaling-Konzept). Das stochastische Klimamodell von Klaus Hasselmann zeigt auf, dass »nicht jeder Rauch auf ein Feuer« hinweist. In einem historischen Abschnitt werden schließlich die verfügbaren Daten, vergangene Klimaschwankungen und deren Deutung angesprochen und erläutert.

Kapitel *Klimawissen*: Jetzt wird es ein wenig anstrengender. Denn es geht um Grundlagen. Klimawissen ist in der Gesellschaft in diverser Art zu finden. Eine Art von *Wissen* ist wissenschaftlich konstruiert. Dabei kommen Beobachtungsdaten und Klimamodelle zum Einsatz, die mithilfe statistischer Methoden bewertet werden. In diesem Kapitel werden zwei grundsätzliche methodische Aspekte diskutiert: zum einen, wie man aus dem Meer der natürlichen Klimavariabilität jene Signale herausfiltert, die auf vermehrte Treibhausgase in der Atmosphäre hinweisen, und zum anderen die Erstellung von Szenarien, wie mögliche Zukünfte aussehen könnten.

Klimamodelle spielen in der Wahrnehmung der Klimaforschung eine besondere Rolle. Doch der Begriff »Modell« wird in Öffentlichkeit und in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen sehr unterschiedlich verwendet. Daher wird das Konzept »Modell« zunächst allgemein vorgestellt, um dann auf die Terminologie in der Klimaforschung einzugehen. Jedes Modell steht unter einem allgegenwärtigen Zweckvorbehalt. Was bedeutet das für die Klimaforschung? Und was ist unter Begriffen wie »quasirealistischen« Klimamodellen und Schlüsselbegriffen wie »Zustandsgrößen«, »Erhaltungsgrößen« und »Parametrisierungen« zu verstehen?

Am Ende dieses Teils wird über die *Ideengeschichte* der Klimaforschung gesprochen. Neben dem wissenschaftlichen Wissen gibt

es ja auch kulturell tradierte Wissensansprüche, die gesellschaftlich wirkmächtig sind. Auf diesem *Wissensmarkt* tummeln sich neben Religionen sogar rassistische Narrative wie der »Klimatische Determinismus«.

Kapitel *Umgang mit dem Klimawandel*: Hier geht es um die Optionen, die wir weltweit haben. Stichworte sind »Anpassung« (an den Klimawandel) und »Mitigation«, also die »Minderung« oder »Abschwächung« des Klimawandels. Von klimaaktivistischer Seite wird bisweilen suggeriert, dass dies Alternativen seien, dass es sich um ein klares »oder« handle. Dies ist unzutreffend. Es muss »und« heißen. Denn erstens ist ein messbarer Klimawandel längst eingetreten, und zweitens wird dieser sich noch verstärken, selbst wenn wir bei seiner Begrenzung überaus erfolgreich sein sollten.

Kapitel *Wissenschaft als sozialer Prozess*: Da Wissenschaft von Menschen gemacht wird, sind die Wissenschaftler und ihre Arbeit Teil einer Gesellschaft und damit eines *sozialen Prozesses*. Es lohnt, sich dies zu vergegenwärtigen. Was ist »Postnormale Wissenschaft« und was bedeutet sie für die Gesellschaft? (☛ Abschnitt 4.1, S. 155 ff.). Welche Rolle spielt der »ehrliche Makler« für die Wissenschaftskommunikation? (☛ Abschnitt 4.2, S. 159 f.). Und was bedeutet es für die Klimaforschung, wenn die Rollen von Wissenschaft und Politik vermischt werden? Wenn Wissenschaft entwissenschaftlicht und Politik entpolitisiert wird? (☛ Abschnitt 4.3, S. 161 f.).

Kapitel *Klimapolitik*: Im traditionellen Sinne besteht die Rolle wissenschaftlichen Wissens im politischen Willensbildungsprozess darin, ein Spektrum von Handlungsoptionen bereitzustellen und sie im Hinblick auf ihre Wirkung und Effizienz zu bewerten, nicht aber darin, Lösungen vorzugeben. Dieses Verständnis entspricht dem Grundsatz »*Listen to the science*«. Heutzutage gibt es aber auch andere Rollenvorstellungen, die lauten »*Follow the science*«: Danach sieht man die Wissenschaft beziehungsweise die dominanten Wissenschaftler als Lenker, die eine etwas zögerliche Gesellschaft zum Richtigen führen. Viele wünschen sich das. Denn derzeit erscheint ihnen die Klimapolitik als stark gebremst, wenn nicht sogar in Lähmung verfallen (☛ Abschnitt 5.1, S. 166 f.). In dieser Situation wer-

den hier und da ungeduldige Rufe laut, den demokratischen Willensbildungsprozess auszusetzen (☛ Abschnitt 5.2, S. 168 f.), obwohl die Erfahrung der letzten Jahrzehnte darauf verweist, dass offene Gesellschaften tatsächlich besser mit großen Krisen umgehen können als autokratische Regime.

Es stellen sich also die Fragen: Können und sollen Wissenschaftler in den Prozess der politischen Willensbildung eingreifen? Gibt es hier eine konstruktive Rolle der Wissenschaft? (☛ Abschnitt 5.3, S. 170 ff.)

Eine für viele Menschen dringende und verständliche Frage ist, was sie selbst tun können, um zur Überwindung der »Klimakrise« beizutragen. Hier steht oft der Verzicht auf Tätigkeiten und Verhaltensweisen im Raum, die grundsätzlich klimaschädlich sind, aber für sich genommen nur eine geringe Wirkung haben. Dabei werden viele Menschen von der Hoffnung geleitet, dass aus diesen kleinen Aktionen ein nennenswerter Hebel mit einer Wirkung auf globaler Ebene werden könnte und somit ein Vorbild für die eigene Gesellschaft sei. Vermutlich ist das leider eine Illusion. Aber es gibt eine Alternative, die im letzten Abschnitt 5.4 (☛ S. 173 ff.) unter dem Stichwort »Apollo-Projekte« erörtert werden soll.