

Andreas Marx *Hrsg.*

# Klimaanpassung in Forschung und Politik



Springer Spektrum

## Klimaanpassung in Forschung und Politik

Andreas Marx

*Hrsg.*

# **Klimaanpassung in Forschung und Politik**



**Springer** Spektrum

*Herausgeber*

**Andreas Marx**

Helmholtz-Zentrum

für Umweltforschung GmbH – UFZ

Leipzig

Deutschland

Projektkoordination

Mitteldeutsches Klimabüro

Department Hydrosystemmodellierung

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ



ISBN 978-3-658-05577-6

ISBN 978-3-658-05578-3 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-658-05578-3

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

#### **Springer Spektrum**

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Planung: Merlet Behncke-Braunbeck und Kerstin Hoffmann

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Strasse 46, 65189 Wiesbaden, Germany

## Vorwort

---

Wie man Anpassungsprozesse sinnvoll gestalten kann, wird von Entscheidungsträgern aus verschiedenen Bereichen und politischen Ebenen nachgefragt. Dem Klimawandel regional entgegenzutreten, ist jedoch eine Aufgabe, für die es kein Patentrezept gibt. Die Arbeit im Mitteldeutschen Klimabüro an der Schnittstelle zwischen Gesellschaft und Forschung hat gezeigt, dass die Sichtweise auf Anpassung sehr divers ist. Dies betrifft sowohl Entscheidungsträger und Praxispartner als auch die Forschung selbst. Es hat sich ebenso gezeigt, dass die Anpassung in der studentischen Ausbildung zumeist disziplinspezifisch ist.

Dieses Buch liefert einen Beitrag dazu, das Thema Anpassung aus unterschiedlichen Richtungen zu betrachten. Es werden daher Prozesse von der globalen bis zur lokalen Ebene beleuchtet, unterschiedliche disziplinäre Sichtweisen auf die Anpassung vorgestellt, Grundlagen und Hilfsmittel für den Entscheidungsprozess aufgezeigt sowie Fallbeispiele für den urbanen Bereich und die Biodiversität präsentiert. Das Buch richtet sich vor allem an regionale Entscheidungsträger und Studenten, aber auch an Wissenschaftler.

Eine vollumfängliche Darstellung der Sichtweisen auf die Anpassung ist auch wegen der dynamischen Entwicklung des Themenfeldes schwer möglich. Vielmehr liefern hier Experten Einblicke in ihre Arbeit. Der Ausgangspunkt hierzu war die Vorlesungsreihe „Anpassung an den Klimawandel“, die 2009/10 am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Leipzig stattfand. Es freut mich insbesondere, dass sowohl dazu als auch zu diesem Buchprojekt Sozial- und Naturwissenschaftler aus sehr unterschiedlichen Disziplinen beigetragen haben. Den Autoren dieses Buches gilt mein besonderer Dank: Silke Beck, Augustin Berghöfer, Aletta Bonn, Alexandra Dehnhardt, Ulrich Franck, Oliver Gebhardt, Klaus Grosfeld, Katrin Großmann, Bernd Hansjürgens, Melanie Heyde, Georg Heygster, Clemens Heuson, Wolfgang Hiller, Jochen Kantelhardt, Stefan Klotz, Sonja Knapp, Kerstin Krellenberg, Christian Kuhlicke, Rohini Kumar, Horst Liebersbach, Felix Meier, Volker Meyer, Bernhard Osterburg, Julia Pommerencke, Moritz Reese, Irene Ring, Norbert Röder, Luis Samaniego, Lena Schaller, Uwe Schlink, Mathias Scholz, Christoph Schröter-Schlaack, Nina Schwarz, Reimund Schwarze, Kerstin Stark, Daniela Thrän, Renate Treffeisen, Sabine Weiland, Felix Witing, Henry Wüstemann, Matthias Zink. Darüber hinaus danke ich insbesondere der Lektorin Grit Zacharias, die dieses Buchprojekt von der ersten Stunde an begleitet hat. Mein Dank gilt Julia Pommerencke und Christian Herold am Mitteldeutschen Klimabüro für die technische Unterstützung.

Zahlreiche Praxis- und Forschungspartner haben mir Einblick in ihre Welt gegeben. Dafür und für die freundschaftlichen Verbindungen, die daraus entstanden sind, bin ich besonders dankbar.

**Andreas Marx**

Leipzig, im Mai 2016

# Autorenverzeichnis

---

**Dr. Silke Beck**, Department für Umweltpolitik und Leiterin der interdisziplinären Arbeitsgruppe „Governance“ am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), studierte Politikwissenschaft und Germanistik an der Universität Heidelberg. Sie promovierte 2000 in Soziologie an der Universität Bielefeld. Im Akademischen Jahr 1999/2000 war sie Research Fellow im Global Environmental Assessment Project/ Harvard University. Seit 2000 ist sie im Bereich der Technikfolgenabschätzung und Umweltforschung tätig und hat den Aufbau einer interdisziplinären „Science policy expert group“ (<http://www.ufz.de/index.php?en=31833>) maßgeblich unterstützt und wissenschaftlich begleitet, die sich mit dem Wissenstransfer und dem Aufbau von nationalen Plattformen und Netzwerken, bspw. zur Biodiversitätsforschung und regionalen Klimaanpassungsforschung, befasst hat. Dieser Gruppe ist es inzwischen auch gelungen, im Bereich der Europäischen Forschung zu Biodiversität entscheidende Impulse zur Vernetzung von Forschung zu liefern (<http://www.ufz.de/index.php?de=1767>).

**Augustin Berghöfer**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Sozialwissenschaften am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). Studium der Ökonomie (Tübingen) und Politikwissenschaft (Amsterdam). Schwerpunkte seiner Forschung beziehen sich einerseits auf Naturschutz-Governance in Entwicklungsländern und andererseits auf die praktische Verwendung der Ökosystemleistungsperspektive in verschiedenen Politik-Bereichen. Berghöfer ist Ko-Autor mehrerer Kapitel des TEEB Report for Local and Regional Policy Makers (2010), er verantwortet das Assessment-Methodeninventar [www.AboutValues.net](http://www.AboutValues.net) und betreut Ökosystemleistungsanalysen für die GIZ – Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

**Prof. Dr. Aletta Bonn**, Leiterin des Departments Ökosystemleistungen am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und Professorin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena im Rahmen des Deutschen Zentrums für Integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena- Leipzig. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Ökosystemleistungen, partizipative Prozesse in transdisziplinärer Naturschutzforschung und Citizen Science. Zusammen mit der Klima-Expertengruppe des Network of European Heads of Nature Conservation Agencies (ENCA) arbeitet sie zu naturbasierten Lösungen für Klimaschutz und -anpassung. Mit langjähriger Erfahrung an der Schnittstelle von Politik und Wissenschaft u. a. für die International Union for Nature Conservation (IUCN) in Großbritannien, war sie Autorin und Koordinatorin für mehrere regionale und nationale Ökosystem-Assessments. Sie ist Mitherausgeberin des TEEB-DE-Naturkapital-Deutschland-Berichts „Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte“.

**Dr. Alexandra Dehnhardt**, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Landschaftsökonomie der Technischen Universität Berlin, studierte Agrarwissenschaften mit dem Schwerpunkt Agrarökonomie. Promotion zum Dr. rer. oec. an der Technischen Universität Berlin zum Thema Nutzung und Akzeptanz von Kosten-Nutzen-Analysen für die gewässerpolitische Entscheidungsfindung und Anpassung traditioneller Entscheidungsprozesse für eine verbesserte Integration ökonomischer Umweltbewertung. Schwerpunkte ihrer Forschung sind institutionelle Fragen der Umweltpolitik und der ökonomischen Bewertung natürlicher Ressourcen, z. B. institutionelle Hemmnisse einer verstärkten Integration von Kosten-Nutzen-Analysen, sowie die Anwendung umweltpolitischer Analysen und umweltökonomischer Bewertungen für verschiedene Fragestellungen im Bereich der Naturschutz- und Gewässerpolitik.

**Dr. rer. nat Ulrich Franck**, Senior Researcher in der Arbeitsgruppe „Studien“ am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig. Der studierte Physiker forscht auf dem Gebiet der Umweltepidemiologie im Bereich der urbanen Exposition, der Humanexposition im Innenraum und durch Außenluft, wobei hierbei einer der Schwerpunkte auf der Belastung des Menschen durch luftgetragene Partikel und den sich ergebenden Folgen für die Gesundheit liegt. Einbezogen werden Aspekte der Umweltgerechtigkeit. Er ist außerdem berufenes Mitglied einer Arbeitsgruppe der Kommission Reinhaltung der Luft von VDI und DIN.

**Oliver Gebhardt**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Ökonomie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), studierte Politik-, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften an der Universität Leipzig. Bearbeitung von diversen Landes-, Bundes- und EU-Forschungsprojekten zur ökonomischen Bewertung von Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel auf regionaler, kommunaler und betrieblicher Ebene. Dies beinhaltete neben der eigentlichen Abwägung von Handlungsoptionen auch die Unterstützung der Entscheidungsträger bei der Strukturierung des jeweiligen Entscheidungsproblems, d. h. der Entwicklung von Handlungsalternativen, Auswahl von Entscheidungskriterien und -regeln etc., sowie der Datenerhebung. Ein weiterer Schwerpunkt seiner Forschung liegt auf der Analyse von Treibern und Hindernissen der Entwicklung und Umsetzung von kommunalen Klimaanpassungsstrategien. Derzeit arbeitet er zu diesen Themen im EU-Projekt Bottom-up Climate Adaptation Strategies towards a Sustainable Europe – BASE.

**Dr. Klaus Grosfeld**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Sektion Paläoklimadynamik am Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven. Er studierte Geophysik an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster und promovierte dort zum Thema Massenbilanz und Dynamik von Antarktischen Schelfeisgebieten. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der numerischen Simulation von Eis im Klimasystem mit Fokus auf Wechselwirkungsprozessen zwischen Inlandeis, Schelfeis und Ozean. Klaus Grosfeld war Koordinator eines internationalen Graduiertenkollegs zum Thema Erdsystemwissenschaften und leitet als Geschäftsführer seit 2010 den Forschungsverbund Regionale Klimaänderungen – Ursachen und Folgen (REKLIM), eine Initiative der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF), der neun Forschungszentren des Bereichs Erde und Umwelt sowie neun universitäre Partner angehören. REKLIM nutzt die in der HGF gebündelte Kompetenz für regionale Beobachtungs- und Prozessstudien in Kombination mit Modellsimulationen zur Verbesserung von regionalen und globalen Klimamodellen, um eine solide Basis für klimabezogene Entscheidungshilfen zu schaffen.

**Prof. Dr. Katrin Großmann**, lehrt Stadtsoziologie an der Fachhochschule Erfurt, Fakultät Architektur und Raumplanung, studierte Soziologie an der Philipps-Universität Marburg. Promotion zum Diskurs über schrumpfende Städte am Beispiel Chemnitz. Sie forscht zu unterschiedlichen Teilfragen der nachhaltigen Stadtentwicklung wie den sozialen Dimensionen von Hitzebelastung in Städten, der Sozialverträglichkeit energetischer Sanierung bzw. der Energiearmut, oder der Frage nach gerechter, zukunftsfähiger Entwicklung von Quartieren. Ihre langjährige Beschäftigung mit schrumpfenden Städten verbindet sie mit weiteren Herausforderungen der Stadtentwicklung wie residentieller Segregation, energetischer Ertüchtigung oder der Entwicklungsdynamik von Quartieren.

**Prof. Dr. Bernd Hansjürgens** ist Professor für Volkswirtschaftslehre, insbesondere Umweltökonomik an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Leiter des Departments Öko-

nomie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und Studienleiter des Vorhabens „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“, das sich mit der ökonomischen Bewertung von Natur und Ökosystemleistungen sowie deren Integration in private und öffentliche Entscheidungen („Inwertsetzung“) befasst. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der ökonomischen Bewertung von Umweltveränderungen und den Instrumenten der Umweltpolitik. Dabei greift er auf Ansätze der Neuen Institutionenökonomik und der Finanzwissenschaft zurück.

**Melanie Heyde** arbeitet in der Umweltbildung zu den Themen Globaler Handel, Ressourcenverbrauch, Konsumkompetenz, Energie und Klima. Zuvor war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Helmholtz-Zentrum für Umweltwissenschaften im Department Stadt- und Umweltsoziologie in Leipzig tätig. Ihr wissenschaftlicher Fokus lag dort auf den Themen Hitze in der Stadt, Stadtentwicklung unter besonderen demografischen Bedingungen und Umgang mit Brachflächen im urbanen Raum. Sie ist ausgebildete Diplomsoziologin mit den Wahlpflichtfächern Wirtschafts- und Sozialgeographie und Pädagogische Psychologie an der Technischen Universität Chemnitz.

**Dr. Georg Heygster**, Akademischer Direktor am Institut für Umweltphysik der Universität (IUP) Bremen, studierte Physik an den Universitäten Göttingen und Grenoble/Frankreich. Leiter der Arbeitsgruppe PHAROS (Physical Analysis of Remote Sensing Images) am IUP mit Schwerpunkten Fernerkundung der Oberfläche und der Atmosphäre der Polargebiete mit Satellitensensoren im Mikrowellen- und optischen Bereich. Seine Gruppe stellt die täglichen Eiskarten unter [www.iup.uni-bremen.de:8084/amr2](http://www.iup.uni-bremen.de:8084/amr2) sowie für das Meereisportal bereit. Andere Projekte untersuchen die Fernerkundung der Dicke von dünnem Meereis, die Ausdehnung des mehrjährigen Eises, Dicke und Korngröße von Schnee auf Meereis und Schmelztümpel sowie Wasserdampf, Wolken und Lufttemperatur über Meereis. Diese Daten werden sowohl operationell für die Schifffahrt als auch zur Vorhersage der Eisbedeckung mit Meereismodellen genutzt.

**Dr. Clemens Heuson** schloss sein Studium und seine Promotion der Volkswirtschaftslehre an der Universität Augsburg ab. Im Rahmen seiner Dissertation beschäftigte er sich mit der optimalen umweltpolitischen Instrumentenwahl unter Unsicherheit. In seiner Zeit als Postdoc am Department Ökonomie des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (2011-2014) forschte er zur Ökonomie der Klimaanpassung. Schwerpunktmäßig untersuchte er mit spieltheoretischen Methoden die strategische Bedeutung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sowie von Instrumenten der Klimafinanzierung im Hinblick auf internationale Klimaschutzanstrengungen.

**Prof. Dr. Wolfgang Hiller**, Leiter des Daten- und Rechenzentrums am Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI), studierte Mathematik/Informatik und promovierte an der Christian-Albrechts-Universität (CAU) Kiel, danach arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Meereskunde der CAU-Kiel in der Abt. Theoretische Ozeanographie mit Arbeiten zur statistischen Interpretation und Auswertung der Daten von zahlreichen Messkampagnen des SFB 313 Warmwassersphäre des Atlantiks. Am AWI dann Leitung des Rechenzentrums als Wissenschaftlicher Direktor und seit 2006 als Professor für Wissenschaftliches Rechnen auf Höchstleistungsrechnern. Mitglied des FB3 Mathematik und Informatik der Universität Bremen; Schwerpunkt der Arbeiten im Programm PACES des AWI und HZG neben der Mitarbeit beim Tsunami-Warnsystem für Indonesien im GITEWS Konsortium zahlreiche Informationssysteme und Portale zur Publikation von Daten und Wissenstransfer, seit 2014 Topic Sprecher des dedizierten Topics 4 von AWI und HZG

zum Wissenstransfer und Interaktion der PACES Grundlagenforschung mit der Öffentlichkeit, Stakeholdern und anderen gesellschaftlichen und politischen Akteuren.

**Prof. Dr. Jochen Kantelhardt**, Leiter des Instituts für Agrar- und Forstökonomie (AFO) und Leiter des Zentrums für Agrarwissenschaften (CAS) an der Universität für Bodenkultur, Wien. Studierte Agrarwissenschaften an der TUM. Promotion und Habilitation am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt (WZW) zum Dr. agr. Jochen Kantelhardt hat 17 Jahre Erfahrung in der Analyse und Entwicklung von Agrar- und Agrarumweltmaßnahmen. Seine Forschung befasst sich unter anderem mit Fragestellungen der ökonomischen und ökologischen Effizienz landwirtschaftlicher Betriebe, den Kosten und Nutzen agrarpolitischer Programme, der optimalen Kombination von Steuerungsmechanismen und -instrumenten sowie der politischen Ökonomie des Agrarsektors.

**Dr. Stefan Klotz** ist Leiter des Departments Biozönoseforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, studierte Biologie und Chemie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und promovierte an der gleichen Universität zum Dr. rer. nat. 1984. Seine Forschungsfelder sind Pflanzenökologie, der Einfluss des Globalen Wandels auf Arten und Lebensgemeinschaften und insbesondere Konsequenzen des Klimawandels für die Biodiversität und für Biologische Invasionen. Die Beschäftigung mit der Dynamik von Flora und Vegetation in urbanen Ökosystemen ist ein weiterer Arbeitsschwerpunkt.

**Dr. Sonja Knapp**, Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Department Biozönoseforschung des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung GmbH – UFZ, studierte Geoökologie an der Universität Tübingen und promovierte im Fachbereich Biowissenschaften der Universität Frankfurt am Main. In ihren Forschungen untersucht sie vorwiegend, wie sich die Nutzung unserer Landschaften durch den Menschen auf die biologische Vielfalt auswirkt. Dabei betrachtet Sie verschiedene Facetten der Biodiversität. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die biologische Vielfalt von Städten und ihre Bedeutung für die städtische Lebensqualität.

**Dr. Kerstin Krellenberg**, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Helmholtz-Zentrum für Umweltwissenschaften – UFZ in Leipzig im Department Stadt- und Umweltsoziologie. Diplom-Umweltwissenschaftlerin, promovierte 2007 an der Humboldt-Universität zu Berlin im Fach Geographie. Sie koordiniert große internationale Forschungsprojekte im internationalen Kontext und entwickelt und verfolgt dabei integrative Forschungsansätze, die inter- und transdisziplinäre Forschungselemente enthalten. Sie beschäftigt sich insbesondere mit verschiedenen Risiken in Megastädten und der Verwundbarkeit der lokalen Bevölkerung gegenüber dem Klimawandel. Sie entwickelt geeignete Anpassungsstrategien zur Reduzierung der Verwundbarkeiten. Ihre Forschung weist dabei einen hohen Anwendungsbezug und eine enge Kooperation mit verschiedenen außerwissenschaftlichen Akteuren auf.

**Dr. Christian Kuhlicke** ist stellvertretender Departmentleiter des Departments Stadt- und Umweltsoziologie und Leiter der Arbeitsgruppe Umweltrisiken und Extremereignisse am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Er studierte von 1996 bis 2004 Sozialgeographie an der University of Kentucky und der Universität Potsdam, wo er 2008 auch zum Dr. rer. nat. promoviert wurde. Wie Verwundbarkeiten und Risiken im alltäglichen Handeln, aber auch in institutionellen Entscheidungs- und Steuerungsprozessen konstruiert werden, ist sein wesentliches Forschungsinteresse. Er ist Sprecher des Arbeitskreises Naturgefahren/-risiken der Deutschen Gesellschaft für Geographie und verantwortlich für die Koordination größerer

europäischer interdisziplinärer Forschungsverbände, die sich u. a. mit der Bewertung von Verwundbarkeiten bzw. der Resilienz von Kommunen und Haushalten befassen.

**Dr. Rohini Kumar**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Hydrosystemmodellierung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). Studium des Wasserressourcenmanagements am Indian Institute of Technology, IIT-Kharagpur, Indien. Während seiner Zeit am UFZ promovierte er an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Als Hydrologe arbeitet er in der Entwicklung und Anwendung des mesoskaligen hydrologischen Modells (mHM), an der Übertragbarkeit von Modellparametern über Skalengrenzen hinweg und in der Modellierung von Hochwasser- und Dürreereignissen.

**Dr. Horst Liebersbach**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Thünen-Institut für Ländliche Räume, studierte Biologie mit den Schwerpunkten Angewandte Ökologie, Botanik und Mikrobiologie an der Technischen Universität Braunschweig und Agrarwissenschaften (Promotion) mit den Schwerpunkten Agrikulturchemie/Pflanzenernährung, Bodenkunde und Agrarökologie an der Universität Göttingen. Schwerpunkte seiner bisherigen Forschungsarbeiten liegen im Bereich der Klimaforschung und der Agrarwissenschaft sowie in der Moorforschung und in der Bioenergie.

**Dr. Andreas Marx**, Leiter des Mitteldeutschen Klimabüros am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), studierte Angewandte Umweltwissenschaften mit Schwerpunkt auf Meteorologie und Fernerkundung an der Universität Trier. Promotion zum Dr.-Ing. am Institut für Wasserbau (Wetter- und Hochwasservorhersage) der Universität Stuttgart. Er ist regionaler Experte zu Klimafolgen und Anpassung. Er wirkt in der interministeriellen Arbeitsgruppe Klimawandel des Landes Sachsen-Anhalt mit und berät Entscheidungsträger u. a. zu Klimagesetzesvorhaben und Dürren oder Hochwasserereignissen. Er ist Sprecher des Topics „Landoberfläche im Klimasystem“ im Helmholtz-Forschungsverbund Regionale Klimaänderungen – Ursachen und Folgen (REKLIM). Darüber hinaus ist er für die Europäische Umweltagentur im European Topic Center for Climate Change, Impacts and Vulnerability verantwortlich für die Europäischen Klimaindikatoren.

**Felix Meier**, Studium der Volkswirtschaftslehre an der Universität Augsburg und an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Umwelt- und Ressourcenökonomie mit besonderem Interesse an den Herausforderungen des Klimawandels. Derzeit forscht er zu den Kosten und Nutzen der Förderung von Schiefergas und der Frage, ob Fracking als Brückentechnologie einen Beitrag zur Emissionsvermeidung leisten kann.

**Dr. Volker Meyer**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Ökonomie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und Sprecher des Forums Hochwasser und Extremereignisse am UFZ. Promotion an der Abteilung Wirtschaftsgeographie der Universität Hannover. Schwerpunkt seiner bisherigen Forschung ist die ökonomische Bewertung von Hochwasserisiken und Wasserknappheiten, mit einem besonderen Schwerpunkt auf die durch den Klimawandel zu erwartenden Veränderungen. Dies umfasst zum einen die Folgenabschätzung durch quantitative Methoden der Schadens- und Risikoanalyse, zum anderen die Bewertung von Handlungsalternativen und Anpassungsstrategien durch Entscheidungsunterstützungsverfahren wie Kosten-Nutzen- und Multikriterienanalysen. Volker Meyer hat u. a. das EU-Forschungsprojekt „Costs of Natural Hazards“ koordiniert.

**Dipl.-Ing. Bernhard Osterburg** ist Agrarökonom mit Studium an den Universitäten Stuttgart-Hohenheim und Göttingen und arbeitet seit über 15 Jahren am Thünen-Institut im Bereich der Politikfolgenabschätzung, mit einem Schwerpunkt auf Agrarumweltpolitiken. Er hat Projekte zur Agrarumweltpolitik koordiniert oder an ihnen mitgearbeitet, z. B. über Agrarumweltmaßnahmen, Cross Compliance, regionale Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und Minderung von Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft. Seit 2012 vertritt er die Stabsstelle Klimaschutz und koordiniert Forschung und Politikberatung des Thünen-Instituts in diesem Themenfeld.

**M. Sc. Julia Pommerencke**, studierte an der Universität Leipzig Geographie (B.Sc.) und Physische Geographie/Geoökologie (M.Sc.) sowie Geowissenschaften (M.Sc.). Die Schwerpunkte ihres Studiums lagen in Geoinformatik, Klimaforschung und Geophysik. Als wissenschaftliche Hilfskraft am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) des Mitteldeutschen Klimabüros arbeitete sie an Fragestellungen in den durch den Klimawandel beeinflussten Bereichen der Biodiversität, Phänologie und der Untersuchung von landwirtschaftlichen Dürre-Ereignissen mittels eines Bodenfeuchte-Indikators. Am Zentrum für geologische Speicherung des Deutschen Geoforschungszentrums Potsdam (GFZ) entwickelt sie zurzeit Modelle zur Überwachung von CO<sub>2</sub>-Speicherung im Untergrund.

**Dr. Moritz Reese** ist wissenschaftlicher Referent im Department Umwelt- und Planungsrecht am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und leitet dort die Arbeitsgruppe Internationales und Europäisches Umweltrecht. Regelungsfragen der Anpassung an den Klimawandel bilden einen langjährigen Schwerpunkt seiner Arbeit am UFZ. Unter anderem war er im Rahmen des „Partnership for European Environmental Research“ (PEER) an einer Auswertung der nationalen Anpassungsstrategien europäischer Mitgliedstaaten beteiligt (Swart et al., Europe Adapts to Climate Change, 2009), hat eine umfangreiche Studie für das Umweltbundesamt zum Thema „Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (UBA-Berichte 1/2010) geleitet und darüber hinaus vielfältig zum Thema publiziert. Aus langjähriger wissenschaftlicher Tätigkeit im Bereich des Umwelt- und Planungsrechts – u. a. beim Sachverständigenrat für Umweltfragen – verfügt er über einen breiten Erfahrungsbereich und Publikationshintergrund in allen für die Klimaanpassung relevanten Rechtsbereichen. Er ist Mitherausgeber der Zeitschrift für Umweltrecht, Editor in Chief des Journal for European Environmental & Planning Law und Chairman des „European Environmental Law Forum“ ([www.eelf.info](http://www.eelf.info)).

**Prof. Dr. Irene Ring** ist Leiterin des Instituts Ökosystemare Dienstleistungen an der IHI Zittau, die zur TU Dresden gehört. Zuvor war sie stellvertretende Departmentleiterin, Department Ökonomie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und Leiterin der Arbeitsgruppe Naturschutz und Biodiversität am Fachbereich Sozialwissenschaften des UFZ. Studium der Geoökologie und Umweltwissenschaften an der Universität Bayreuth und der University of East Anglia, Norwich, GB. Promotion in Volkswirtschaftslehre an der Universität Bayreuth, Habilitation an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig. Forschungsschwerpunkte liegen u. a. in der Naturschutz- und Biodiversitätsökonomie sowie der Analyse und Entwicklung ökonomischer Instrumente der Umwelt- und Naturschutzpolitik, insbesondere dem Ökologischen Finanzausgleich. Stellvertretende Studienleiterin von „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“, Mitglied in der IPBES-Expertengruppe für Politikunterstützende Instrumente und Präsidentin der Europäischen Gesellschaft für Ökologische Ökonomie (ESEE).

**Dr. Norbert Röder**, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Thünen-Institut für Ländliche Räume studierte Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur an der TU München (Weihenstephan). Promotion zum Dr. agr. am Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus der TU München (Weihenstephan). Im Rahmen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit beschäftigt er sich insbesondere mit der Politikfolgenabschätzung von Maßnahmen der 1. und 2. Säule der EU-Agrarpolitik. Im Fokus ist hier der Einfluss der Agrarpolitik auf Agrarstrukturen, Treibhausgasemissionen und Biodiversität. Der zweite Schwerpunkt seiner Tätigkeit ist die Analyse von Wechselwirkungen zwischen Landbewirtschaftung und Agrarstrukturen einerseits und Treibhausgasemissionen und Biodiversität andererseits. Aktuelle Vorhaben umfassen u. a. die Umsetzung der GAP-Reform auf nationaler und europäischer Ebene und die nachhaltige Nutzung von organischen Böden. Im Rahmen seiner Tätigkeit berät er politische Entscheidungsträger auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene zu diesen Fragen.

**Dr. Luis Samaniego** ist stellvertretender Leiter des Departments Hydrosystemmodellierung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). Promotion zum Dr.-Ing. am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart. Zum Kern seiner Forschungsarbeiten zählen prozessbasierte, räumlich differenzierte sowie konzeptionelle Modelle, die den Wasserhaushalt inklusive der anthropogenen Aktivitäten auf der Mesoskala beschreiben. Er ist der Entwickler des hydrologischen Modellsystems mHM, das die Übertragbarkeit von Modellparametern auf unterschiedliche Skalen beinhaltet. Das Modellsystem wird außer in Deutschland auch für mehr als 580 Einzugsgebiete weltweit eingesetzt, u. a. zur Modellierung von Hochwasser- und Dürreereignissen. Seit 2010 ist Dr. Samaniego Associate Editor der Fachzeitschriften *Water Resources Research*, *Journal of Hydrology* und *Hydrology and Earth System Sciences*.

**Dr. Lena Schaller**, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Agrar- und Forstökonomie (AFO) und Senior Scientist am Zentrum für Agrarwissenschaften (CAS) der Universität für Bodenkultur, Wien. Studierte Agrarwissenschaften am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt (WZW) der Technischen Universität München (TUM) und promovierte am Lehrstuhl für Produktions- und Ressourcenökonomie landwirtschaftlicher Betriebe des WZW über sozio-ökonomische Aspekte klimaschonender Moorbewirtschaftung in Deutschland zum Dr. agr. Ihre Forschungsschwerpunkte umfassen Agrar- und Umweltökonomie, Agrar- und Umweltpolitik sowie Mechanismen der nachhaltigen und multifunktionalen Landwirtschaft.

**Prof. Dr. Uwe Schlink** forscht am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung auf den Gebieten Stadtklima und urbane Luftqualität. Nach dem Studium der Physik an der TU Dresden hat er am Institut für Meteorologie der Universität Leipzig zum Thema Ozonsmog habilitiert. Er ist Autor zahlreicher Publikationen zu personenbezogenen Expositionen gegenüber Hitze und Luftschadstoffen. An der Universität Leipzig lehrt er zu den Themen Stadt- und Bioklimatologie und Nichtlineare Statistische Verfahren.

**Mathias Scholz** ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Naturschutzforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und Leiter der Arbeitsgruppe Auenökologie. Er studierte Landschaftsplanung an den Universitäten Hannover und Tours (Frankreich). Schwerpunkte seiner bisherigen Forschung sind Monitoring und die wissenschaftliche Begleitung von Renaturierungsprojekten in Auen (z. B. Deichrückverlegung Roßlau oder im BMU-Projekt Lebendige Luppe). Weitere Forschungsinteressen liegen in der Entwicklung von Bioindikationssystemen in Auen und Veränderungen durch Extremereignisse und Klimawandel auf

Auenlebensräume. Des Weiteren bearbeitet er Fragen zur Quantifizierung und Bewertung von Ökosystemfunktionen und Ökosystemleistungen in nationalem und internationalem Kontext (z. B. BfN F&E Ökosystemfunktion in Flussauen in Deutschland). Im Rahmen des Naturkapital-TEEB-DE-Prozesses ist Mathias Scholz als Leadautor eingebunden.

**Dr. Christoph Schröter-Schlaack**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Ökonomie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ). Studium der Volkswirtschaftslehre an den Universitäten Leipzig und Wien, Promotion in Volkswirtschaftslehre an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Seine Forschungsinteressen liegen auf dem Schnittfeld zwischen Umweltökonomik, Neuer Institutionenökonomik und Ökologischer Ökonomie mit einem Schwerpunkt zu Instrumenten der Umweltpolitik, insb. im Bereich des Naturschutzes und der nachhaltigen Nutzung von Ökosystemleistungen. Mitglied des wissenschaftlichen Koordinationsteams der internationalen TEEB-Studie und des nationalen Nachfolgevorhabens „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“.

**Dr. Nina Schwarz**, Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Department Landschaftsökologie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und Leiterin der Arbeitsgruppe „Urbane Struktur, Dynamik und Funktion“. Studium der Umweltwissenschaften an der Universität Lüneburg, Promotion am Zentrum für Umweltsystemforschung der Universität Kassel. Der Schwerpunkt ihrer Forschung liegt auf der räumlichen Struktur von Städten. Zum einen modelliert sie die Entstehung unterschiedlicher Raumstrukturen basierend auf individuellen Entscheidungen der Stadtbewohner. Zum anderen untersucht sie die Auswirkungen von Raumstrukturen auf ökosystemare Dienstleistungen, unter anderem die lokale Klimaregulation.

**Prof. Dr. Reimund Schwarze** ist Experte für Klimaökonomie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und lehrt als Professor für Internationale Umweltökonomie an der Europa-Universität Viadrina in Frankfurt/Oder. Seine Forschungsschwerpunkte sind ökonomische Untersuchungen zur Klimapolitik und Fragen des Naturgefahrenmanagements. Er hat Volkswirtschaftslehre an der Georg-August Universität in Göttingen sowie an der FU Berlin studiert. Nach Forschungsprojekten für die DFG und die Daimler-Benz-Stiftung hat er mit einer Monographie zum Thema „Law and Economics of International Climate Change Policy“ an der TU Berlin habilitiert. Er hat als Research Fellow an der Stanford University (2001) sowie beim Umwelt-Think tank „Resources for the Future“ in Washington D.C. (2014) zu internationalen Klimaschutzregimen geforscht. Er ist Autor zahlreicher Bücher und Aufsätze und hat als Klimaschutzexperte der Helmholtz-Gemeinschaft von den UN-Klimaverhandlungen der letzten Jahre in Medien und im Wissenschaftsblog „Umweltforsch“ für das „Spektrum der Wissenschaft“ berichtet.

**Kerstin Stark** hat Soziologie, Politikwissenschaften und Philosophie in Dresden, Mainz und Jena studiert. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Umweltsoziologie, Stadt- und Raumentwicklung. Sie hat in mehreren Projekten zur Klimaanpassungsforschung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) mitgearbeitet und ihre Magisterarbeit zum Thema „Soziale Faktoren subjektiver Hitzebelastung in der Arbeitswelt“ verfasst. Aktuell promoviert sie zu „Energieverwundbarkeit im Bereich Mobilität“ an der Universität Kassel und der FH Erfurt mit einem Stipendium der Heinrich-Böll-Stiftung im Forschungscluster „Transformationsforschung“.

**Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän** ist Leiterin des Departments Bioenergie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und des Bereiches Bioenergiesysteme des Deutschen Biomassefor-

schungszentrum (DBFZ) in Leipzig. Sie studierte Technischer Umweltschutz an der Universität Berlin, promovierte an der Bauhaus Universität Weimar und forschte anschließend am IER der Universität Stuttgart. Sie verfügt über langjährige Berufserfahrung in der Leitung von nationalen und internationalen Projekten und Projektverbänden u. a. zu Biomassepotenzialen, Biomasseausbauszenarien und Biomassehandelsströmen. Seit Ende 2011 hält Daniela Thrän den Lehrstuhl Bioenergiesysteme an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig. Sie ist Mitglied im Bioökonomierat der Bundesrepublik Deutschland, dem Energiebeirat Sachsen sowie in den Arbeitskreisen der Internationalen Organisation für Normung (ISO), der Internationalen Energieagentur (IEA) Bioenergie Task 40, dem Deutschen Institut für Normung (DIN) und der Europäischen Technologieplattform für Biokraftstoffe (EBTP).

**Dr. Renate Treffeisen**, Leiterin des Klimabüros für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg am Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI), studierte Technischer Umweltschutz an der Technischen Universität Berlin und promovierte dort zum Thema „Ferntransport von troposphärischem Ozon“. Als Forscherin beschäftigte sie sich danach am AWI acht Jahre mit troposphärischen Aerosolen in beiden Polargebieten und war in dieser Zeit an verschiedenen Messkampagnen beteiligt. Schwerpunkt der Arbeiten im Klimabüro ist es, Forschungsarbeiten des AWI zum Klimawandel verständlich für die Öffentlichkeit aufzubereiten und zu vermitteln. Der Dialog-Prozess zwischen Wissenschaft und Gesellschaft wird durch die Durchführung verschiedener Projekte in Kooperation mit den unterschiedlichsten Partnern gefördert.

**Dr. Sabine Weiland**, Université Catholique de Lille, ist Sozialwissenschaftlerin mit Schwerpunkten in den Bereichen Umwelt- und Nachhaltigkeitsgovernance, reflexive Governance, Nachhaltigkeitstransformation, Politikfolgenabschätzung sowie der Rolle von Wissen in Politikprozessen. Sie arbeitete in zahlreichen nationalen, europäischen und internationalen Forschungsprojekten, u. a. im EU-FP7-Projekt BASE („Bottom-up Climate Adaptation Strategies for a Sustainable Europe“) und dem EU-FP7-Exzellenznetzwerk LIAISE („Linking Impact Assessment Instruments to Sustainability Expertise“). Sabine Weiland war zuvor am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) im Department Umweltpolitik und als Lehrbeauftragte am Otto-Suhr-Institut der FU Berlin beschäftigt. Sie ist Mitglied im Sprecherkreis des AK Umwelt/Global Change der DVPW.

**Felix Witing**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Bioenergie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), studierte Geographie mit den Schwerpunkten Bodenkunde, Meteorologie und Geoinformationssysteme an der Technischen Universität Dresden. Schwerpunkt seiner bisherigen Forschung ist die interdisziplinäre Betrachtung von Wechselwirkungen und Zielkonflikten bei der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen. Dies beinhaltet neben der Analyse landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsoptionen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf unterschiedliche Ökosystemdienstleistungen auf verschiedenen Skalen auch die räumliche Optimierung von Landbewirtschaftungsmustern zur Darstellung von Handlungsoptionen.

**Dr. Henry Wüstemann**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Landschaftsökonomie der TU Berlin. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der ökonomischen Bewertung von Biodiversität und Ökosystemleistungen mittels kosten- und präferenzbasierter Bewertungsmethoden. Henry Wüstemann hat die Erstellung des Klimaberichtes des Naturkapital-TEEB-DE-Projektes koordiniert und ist als nominierter Experte für den Weltbiodiversitätsrat (IP-BES) tätig. Derzeit arbeitet er u. a. im Rahmen eines BfN-Projektes zu ökonomischen Effekten

urbaner Ökosystemleistungen und hat in diesem Zusammenhang die erste deutschlandweite Studie zu den Gesundheitswirkungen städtischer Grünflächen publiziert.

**Matthias Zink**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Hydrosystemmodellierung am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), studierte Hydrologie an der Technischen Universität Dresden. Im Rahmen seiner Dissertation beschäftigte er sich mit der Simulation von Wasserflüssen und Bodenfeuchte und deren Unsicherheiten auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Im Zuge dieser Arbeiten analysierte er Extremereignisse, insbesondere Dürren und Hochwässer, was schließlich zur Implementierung des Deutschen Dürremonitors führte. Neben der Modellanwendung beschäftigt er sich ausgiebig mit der Verbesserung hydrologischer Modelle. Dies wird sowohl durch die Implementierung neuer Modellprozesse als auch durch die Verwendung von Satellitenfernerkundungsdaten erreicht.

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Einleitung

<b>1 Klimawandel – ein Überblick</b> .....	3
<i>Andreas Marx</i>	
1.1 <b>Klimawandel – ein globales wie regionales Thema</b> .....	4
1.1.1 Beobachtete und zukünftige Veränderungen des Klimas .....	4
1.2 <b>Klimafolgen – Auswirkungen der Klimaänderung</b> .....	6
1.3 <b>Zwei Seiten derselben Medaille: Klimaschutz und Klimaanpassung</b> .....	7
1.3.1 Klimaschutz – der globale Kontext und das 2 °C-Ziel .....	7
1.4 <b>Anpassung an den Klimawandel</b> .....	8
1.4.1 Anpassung – Informationen zu Strategien von kontinentaler bis zur urbanen Skala .....	10
1.5 <b>Anpassungsbarrieren, „erfolgreiche“ Anpassung und die Rolle des Wissenstransfers</b> .....	12
<b>Literatur</b> .....	15
<b>2 Anpassung an den Klimawandel. Herausforderungen an Politikberatung</b> .....	17
<i>Silke Beck</i>	
2.1 <b>Einleitung</b> .....	19
2.2 <b>Beweis erbracht – Mission erfüllt?</b> .....	20
2.2.1 Neue Trends der Verwissenschaftlichung .....	20
2.2.2 Engführung der klimapolitischen Diskussion auf anthropogene Ursachen .....	22
2.2.3 Im Schatten der Vermeidung - Anpassung .....	23
2.3 <b>Stellvertreter-Diskussionen- Paradoxien der Evidenzbasierung der Politik</b> .....	26
2.3.1 Zur List der <i>Krämer</i> .....	26
2.3.2 Paradoxe Folgeprobleme der Stellvertreter-Debatten .....	27
2.3.3 Formen der Politisierung: „Exzess der Objektivität“ .....	28
2.3.4 Entpolitisierung der Klimapolitik .....	29
2.3.5 Symbolische Politik .....	31
2.4 <b>Gesellschaftlicher Anpassungsbedarf und Kapazitäten</b> .....	33
2.4.1 Neue wissenschaftliche Herausforderungen durch Klimafolgen und Anpassung .....	33
2.4.2 Formen der Anpassung .....	36
2.4.3 Trügerische Erwartungen .....	37
2.5 <b>Ausblick – Zur Wiederentdeckung der Anpassungspolitik</b> .....	40
2.5.1 Mission erfüllt .....	40
2.5.2 Organisatorischer Anpassungsbedarf .....	41
2.5.3 Vom Schiedsrichter zum „ <i>ehrenhaften</i> Vermittler“ .....	43
2.5.4 Resonanz und Lernfähigkeit .....	46
<b>Literatur</b> .....	48

## II Anpassung aus disziplinärer Sichtweise

<b>3</b>	<b>Anpassungskonzepte – Anpassung aus ökonomischer Sicht</b> .....	55
	<i>Clemens Heuson und Reimund Schwarze</i>	
3.1	<b>Die Ökonomie der Klimaanpassung – Orientierungshilfe für ein neues Politikfeld</b> .....	57
3.2	<b>Konzeptualisierung der Anpassung als Gegenstand ökonomischer Forschung</b> .....	58
3.2.1	Systembasierte Konzeptualisierung .....	58
3.2.2	Aktionsbasierte Konzeptualisierung .....	58
3.2.3	Der grundlegende Ansatz ökonomischer Anpassungsforschung .....	59
3.3	<b>Ökonomische Einsichten zur Interdependenz von Anpassung und Vermeidung</b> .....	60
3.3.1	Notwendigkeit und Grenzen einer integrierten Analyse von Anpassung und Vermeidung .....	60
3.3.2	Anpassung und Vermeidung als unzertrennliche Komponenten einer umfassenden Klimapolitik .....	60
3.3.3	Die strategische Bedeutung der Anpassung im Kontext internationaler Vermeidungsanstrengungen bzw. -verhandlungen.....	62
3.4	<b>Optimale Anpassung aus statischer und dynamischer Sicht</b> .....	63
3.4.1	Theoretische Betrachtungen .....	63
3.4.2	Empirische Ermittlung des Nutzens und der Kosten der Anpassung .....	65
3.5	<b>Legitimation öffentlicher Anpassung</b> .....	66
3.5.1	Marktversagen .....	66
3.5.2	Verfolgung nicht-effizienzbezogener Ziele.....	67
3.6	<b>Mittel, Instrumente und Barrieren der Anpassungspolitik</b> .....	68
3.6.1	Deskriptive Analyse: Institutionen und Instrumente .....	68
3.6.2	Normative Analyse: Maßnahmen- und Instrumentenwahl.....	68
3.6.3	Positive Analyse: Barrieren effizienter staatlicher Anpassung .....	69
3.7	<b>Zukünftige Forschung</b> .....	70
	<b>Literatur</b> .....	71
<b>4</b>	<b>Rechtliche Aspekte der Klimaanpassung</b> .....	73
	<i>Moritz Reese</i>	
4.1	<b>Klimaanpassung – Vielfältiger Handlungsbedarf und übergreifende Herausforderungen</b> .....	74
4.2	<b>Ermittlung und Darstellung der (möglichen) Klimafolgen</b> .....	76
4.2.1	Klimafolgenprüfung im Zulassungsregime.....	76
4.2.2	Klimafolgenprüfung im Umwelt- und Raumplanungsrecht.....	79
4.2.3	Selbstständige Klimafolgenprüfung .....	81
4.2.4	Integrierte Umweltbeobachtung .....	81
4.3	<b>Einhaltung und Anpassung von Umweltqualitäts- und Erhaltungszielen</b> .....	82
4.4	<b>Aktivierende und koordinierende Planungsregime</b> .....	83
4.4.1	Integrierte Maßnahmenplanung .....	84
4.4.2	Langfristige Orientierung .....	84
4.4.3	Revision .....	85
4.4.4	Schließung anpassungsrelevanter Planungslücken.....	86
4.4.5	Umweltleitplanung als Grundlage effektiver Klimaanpassung.....	86
4.5	<b>Flexibles und reflexives Gestattungsrecht</b> .....	87
4.6	<b>Fazit: Risikoverwaltungsrechtliche Ausrichtung des raumbezogenen Umweltrechts</b> .....	87
	<b>Literatur</b> .....	88

<b>5</b>	<b>Anpassung an den Klimawandel aus Governance-Sicht</b> .....	91
	<i>Sabine Weiland</i>	
5.1	<b>Einleitung</b> .....	92
5.2	<b>Governance von Klimaanpassung</b> .....	93
5.2.1	Vertikale Politikintegration .....	93
5.2.2	Horizontale Politikintegration .....	94
5.2.3	Integration von Wissen .....	94
5.2.4	Beteiligung von gesellschaftlichen Akteuren .....	95
5.3	<b>Stand der Anpassungspolitik an den Klimawandel</b> .....	95
5.3.1	Herausbildung von nationalen Anpassungsstrategien .....	95
5.3.2	Vertikale Politikintegration .....	96
5.3.3	Horizontale Politikintegration .....	97
5.3.4	Integration von Wissen .....	97
5.3.5	Beteiligung von gesellschaftlichen Akteuren .....	98
5.4	<b>Fazit</b> .....	99
	<b>Literatur</b> .....	99

### III Anpassungskriterien und -werkzeuge

<b>6</b>	<b>Soziale Verwundbarkeit und die Folgen des Klimawandels</b> .....	105
	<i>Christian Kuhlicke</i>	
6.1	<b>Einleitung</b> .....	106
6.2	<b>Einige Kerngedanken der Verwundbarkeitsforschung</b> .....	107
6.3	<b>Die Anfänge der Verwundbarkeitsforschung und konzeptionelle Entwicklungen</b> .....	108
6.3.1	Die geographische Hazardforschung .....	108
6.3.2	Verwundbarkeitsforschung – sozial-räumliche Ungleichheiten .....	109
6.3.3	Kausalitäten von Verwundbarkeiten .....	109
6.3.4	Akteurszentrierte Zugänge .....	110
6.3.5	Komplexität und Verwundbarkeit .....	111
6.4	<b>Verwundbarkeit in der Klimafolgenforschung</b> .....	113
	<b>Literatur</b> .....	115
<b>7</b>	<b>Wissenschaftliche Information für die Anwendung</b> .....	119
	<i>Andreas Marx, Renate Treffeisen, Klaus Grosfeld, Wolfgang Hiller, Georg Heygster, Luis Samaniego, Rohini Kumar, Julia Pommerencke, Matthias Zink</i>	
7.1	<b>Einleitung</b> .....	120
7.2	<b>Assessments und Klimastudien</b> .....	120
7.3	<b>Indikatoren</b> .....	123
7.3.1	Kriterien für die Evaluierung von Indikatoren .....	124
7.3.2	Indikatorentypen und Rahmen für die Anwendung .....	126
7.4	<b>Web-basierte Informationsumgebungen</b> .....	128
7.4.1	Meereis als Klimaindikator – die Wissensplattform: meereisportal.de .....	129
7.4.2	Der Weg zu einem regionalen Dürremonitor .....	133
	<b>Literatur</b> .....	139

<b>8</b>	<b>Leitfäden für die Anpassung an den Klimawandel – ein Überblick</b> .....	143
	<i>Oliver Gebhardt, Volker Meyer &amp; Felix Meier</i>	
8.1	<b>Einführung</b> .....	144
8.2	<b>Leitfäden und Tools in den einzelnen Schritten</b> .....	144
8.2.1	Schritt 1 – Problemidentifizierung, Impact-, Risiko- und Vulnerabilitäts-abschätzung .....	144
8.2.2	Schritt 2 – Identifizierung potenzieller Anpassungsmaßnahmen .....	151
8.2.3	Schritt 3 – Maßnahmenbewertung .....	152
8.2.4	Schritt 4 – Implementierung .....	159
8.2.5	Schritt 5 – Monitoring & Evaluierung .....	160
8.3	<b>Auswertung und Zusammenfassung</b> .....	161
	<b>Literatur</b> .....	182
<b>IV</b>	<b>Städte und Biodiversität im Klimawandel</b>	
<b>9</b>	<b>Urbane Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandel</b> .....	189
	<i>Kerstin Krellenberg</i>	
9.1	<b>Komplexität und Parallelität von Prozessen der Urbanisierung und des Klimawandels</b> .....	190
9.2	<b>Megastädte als besondere Herausforderung – Erfassen von komplexen Ursachen und Auswirkungen</b> .....	192
9.3	<b>Anforderungen an eine inter- und transdisziplinäre Forschung zur Anpassung an den Klimawandel</b> .....	194
9.4	<b>Resümee und Forschungsbedarf</b> .....	196
	<b>Literatur</b> .....	197
<b>10</b>	<b>Sozial-räumliche Aspekte der Anpassung an Hitze in Städten</b> .....	199
	<i>Katrin Großmann, Ulrich Franck, Melanie Heyde, Uwe Schlink, Nina Schwarz, Kerstin Stark</i>	
10.1	<b>Hitzebelastung und Klimaanpassung in Städten</b> .....	200
10.2	<b>Methoden und Datenbasis</b> .....	201
10.3	<b>Ergebnisse und Diskussion</b> .....	204
10.3.1	Hitzebelastung und sozio-demografische Merkmale der Befragten.....	204
10.3.2	Zusammenhang zwischen subjektiver Hitzebelastung und Stadtstruktur .....	205
10.3.3	Szenarien subjektiver Hitzebelastung.....	206
10.3.4	Individuelle Anpassungsstrategien .....	207
10.3.5	Gesellschaftliche Einflüsse auf Hitzebelastung und Bewältigung .....	207
10.4	<b>Systematisierung der Ergebnisse und Ausblick</b> .....	209
	<b>Literatur</b> .....	212
<b>11</b>	<b>StadtNatur</b> .....	215
	<i>Sonja Knapp, Stefan Klotz</i>	
11.1	<b>StadtNatur als Anpassung an den Klimawandel?</b> .....	216
11.1.1	Die städtische Umwelt – Ein Überblick .....	216
11.1.2	Umweltgefahren im städtischen Kontext .....	217

11.2	<b>Ökosystemdienstleistungen in der Stadt</b> .....	219
11.2.1	Die Kühlung der städtischen Wärmeinsel .....	219
11.2.2	Filterung und Abbau von Luftschadstoffen .....	220
11.2.3	Hochwasserschutz und Grundwasserneubildung .....	221
11.2.4	Erholung und Bildung vor der Haustür .....	222
11.2.5	CO <sub>2</sub> -Speicherung .....	222
11.3	<b>StadtNatur als Indikator für klimatische Bedingungen</b> .....	223
11.3.1	Pflanzen und Tiere passen sich ihrer Umwelt an .....	223
11.3.2	Anpassung von Pflanzen und Tieren an städtische Umwelten .....	224
11.3.3	Anpassungen der Pflanzen an steigende Temperaturen am Beispiel der historischen Flora der Stadt Halle a. d. Saale .....	226
11.4	<b>Anpassung: StadtNatur bewahren – StadtNatur entwickeln</b> .....	227
11.4.1	Die Grüne Infrastruktur der Städte gestalten .....	227
11.5	<b>Naturschutz in Städten – StadtNatur klimagerecht entwickeln</b> .....	230
	<b>Literatur</b> .....	232
<b>12</b>	<b>Ökosystembasierte Klimapolitik für Deutschland</b> .....	237
	<i>Bernd Hansjürgens, Christoph Schröter-Schlaack, Augustin Berghöfer, Aletta Bonn, Alexandra Dehnhardt, Jochen Kantelhardt, Horst Liebersbach, Bettina Matzdorf, Bernhard Osterburg, Irene Ring, Norbert Röder, Mathias Scholz, Daniela Thrän, Lena Schaller, Felix Witing, Henry Wüstemann</i>	
12.1	<b>Einführung: Zur Bedeutung ökosystembasierter Klimapolitik</b> .....	239
12.2	<b>Energiewende und Klimaschutzpolitik in Deutschland</b> .....	241
12.2.1	Flächeninanspruchnahme durch erneuerbare Energien .....	241
12.2.2	Konfliktfelder und Synergien durch Bioenergie .....	243
12.3	<b>Klimapolitik und Landwirtschaft: Emissionen und Ansatzpunkte für ihre Reduktion</b> .....	244
12.3.1	Treibhausgasemissionen durch Landwirtschaft und Landnutzungswandel .....	244
12.3.2	Konsequente Erhaltung von Grünland als Klimaschutzstrategie .....	246
12.4	<b>Klimaschutz und Biodiversität auf Moorböden</b> .....	247
12.4.1	Die Bedeutung von Moorböden für Klima- und Biodiversitätsschutz .....	247
12.4.2	Spannungsfelder zwischen Klimaschutz und Biodiversitätsmanagement auf Mooren .....	248
12.4.3	Verknüpfung von Biodiversitäts- und Klimaschutz auf Moorböden .....	249
12.5	<b>Auenschutz als Strategie für Klimaanpassung und zur Erhaltung der Biodiversität</b> .....	250
12.5.1	Zustand der Flussauen .....	250
12.5.2	Auswirkungen des Klimawandels auf Flussauen .....	251
12.5.3	Die Bedeutung der Flussauen für die Anpassung an den Klimawandel .....	252
12.6	<b>Eckpunkte und instrumentelle Ansätze einer ökosystembasierten Klimapolitik</b> .....	255
	<b>Literatur</b> .....	255

# Einleitung

**Kapitel 1**     **Klimawandel – ein Überblick – 3**

*Andreas Marx*

**Kapitel 2**     **Anpassung an den Klimawandel.  
Herausforderungen an Politikberatung – 17**

*Silke Beck*

# Klimawandel – ein Überblick

*Andreas Marx*

- 1.1 Klimawandel – ein globales wie regionales Thema – 4**
- 1.1.1 Beobachtete und zukünftige Veränderungen des Klimas – 4
- 1.2 Klimafolgen – Auswirkungen der Klimaänderung – 6**
- 1.3 Zwei Seiten derselben Medaille: Klimaschutz und Klimaanpassung – 7**
- 1.3.1 Klimaschutz – der globale Kontext und das 2 °C-Ziel – 7
- 1.4 Anpassung an den Klimawandel – 8**
- 1.4.1 Anpassung – Informationen zu Strategien von kontinentaler bis zur urbanen Skala – 10
- 1.5 Anpassungsbarrieren, „erfolgreiche“ Anpassung und die Rolle des Wissenstransfers – 12**
- Literatur – 15**

## Zusammenfassung

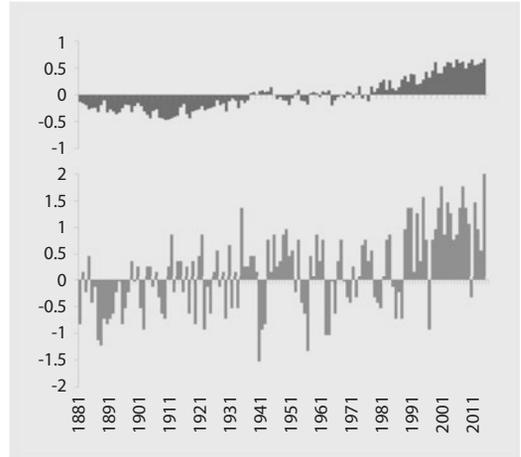
Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die Zusammenhänge von Klimawandel und den daraus resultierenden politischen Reaktionen und ordnet die Beiträge in diesem Buch entsprechend ein.

Der Klimawandel und seine Folgen ist ein in der Wissenschaft seit mehr als 40 Jahren diskutiertes Thema. Spätestens seit dem 4. Sachstandsbericht des IPCC 2007 ist es in der öffentlichen Diskussion angekommen. Während Maßnahmen zur globalen Treibhausgasminderung bereits 1997 im Kyoto-Protokoll beschlossen wurden, ist die Klimaanpassung erst seit ungefähr 10 Jahren in der breiteren politischen Diskussion. In diesem Kapitel wird ein kurzer Überblick zu Klimaänderungen der Vergangenheit, den Szenarien für die Zukunft und Beispielen für biophysikalische Klimafolgen gezeigt. Danach werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Klimaschutz und Anpassung erläutert. Nach Beispielen für den Anpassungsprozess von der kontinentalen bis zur kommunalen Skala in Europa werden Anpassungsbarrieren und die Voraussetzungen für „erfolgreiche“ Anpassung skizziert. Das Kapitel schließt ab mit der Rolle des Klimageschäfts und der Ausgestaltung von Wissenstransfer.

## 1.1 Klimawandel – ein globales wie regionales Thema

### 1.1.1 Beobachtete und zukünftige Veränderungen des Klimas

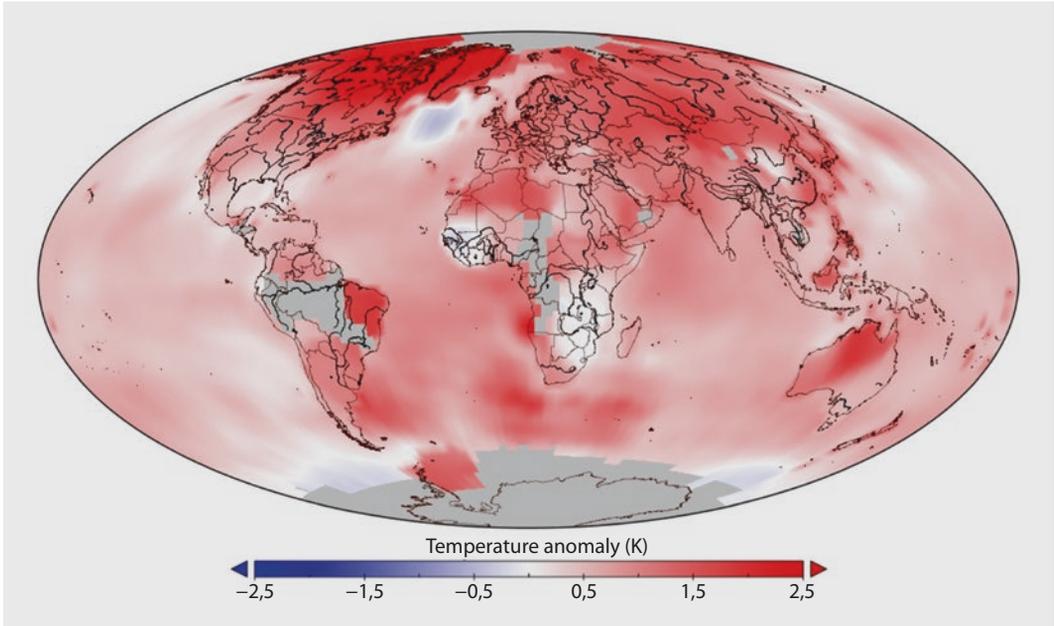
Der Klimawandel und dessen anthropogene Beschleunigung ist seit mehr als einer Dekade in der öffentlichen Diskussion. Dabei wird in der öffentlichen Wahrnehmung damit etwas Abstraktes verbunden. Klima an sich ist ein Konstrukt, das mit den Indikatoren Temperatur und Niederschlag beschrieben werden kann. Unter Klimawandel wird häufig ein Klimazustand in einer fernen Zukunft verbunden. Dabei wird oft ausgeblendet, dass sich das globale Klima bereits messbar verändert hat. Lange Zeitreihen der Lufttemperatur, die relativ einfach zu messen ist, liegen seit über 130 Jahren vor. Daraus können Flächenmittel abgeleitet werden. Im vom Weltklimarat IPCC veröffentlichten Fünften Sachstandsbericht (AR5) in den Jahren



■ **Abb. 1.1** Temperaturanomalien global (oben) und für Deutschland (unten). Dargestellt ist jeweils die Abweichung vom langjährigen Mittel 1951–1980 für den Zeitraum 1880–2014. Eigene Darstellung auf Datenbasis von NASA GISS [16] und DWD [9]

2013 und 2014 wurde in der Arbeitsgruppe 1, die sich mit dem Klimasystem beschäftigt, eine globale Erwärmung von  $0.85\text{ °C}^1$  für den Zeitraum 1880–2012 angegeben. Der obere Teil von ■ **Abb. 1.1** zeigt eine der zugrunde liegenden Datenquellen. Die am Goddard Institute for Space Studies erstellte Temperaturanalyse [16, 17] liefert eine einfach interpretierbare, frei verfügbare Datenreihe mit einem deutlich visuell erkennbaren Trend. Für die leichtere Verständlichkeit in der Öffentlichkeit wäre die Darstellung der Erdmitteltemperatur anstelle von Temperaturanomalien zielführend. Für Deutschland wird in der Regel diese Jahresdurchschnittstemperatur angegeben, die im Mittel 1951–1980 bei ca.  $8.1\text{ °C}$  lag. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden diese beim Deutschen Wetterdienst frei verfügbaren Daten [9] in Temperaturanomalien umgerechnet und in ■ **Abb. 1.1** unten dargestellt. Ein Vergleich der beiden Zeitreihen zeigt deutliche Unterschiede. Für Deutschland ist für den Zeitraum 1881 bis in die 1970er Jahre kein Trend erkennbar. Erst danach hat eine sehr schnelle Erwärmung eingesetzt, die mit ungefähr  $1.2\text{ °C}$  über dem globalen

1 Temperaturänderungen werden in Kelvin angegeben, hier werden jedoch die in der Kommunikation mit der Öffentlichkeit gebräuchlichen Grad Celsius verwendet.



■ **Abb. 1.2** Globale Temperaturentwicklung zwischen den je 30-jährigen Zeitscheiben 1880–1909 und 1985–2014. Rote Bereiche zeigen eine Erwärmung, blaue Bereich eine Abkühlung. In grauen Bereichen ist aufgrund der Datenverfügbarkeit kein Vergleich möglich. Datenbasis: NASA GISSTEMP [16]

Mittel liegt. Dies ist ein einfaches Beispiel dafür, dass der globale Klimawandel sich regional unterschiedlich ausprägt.

Dies wird auch in Karten zur beobachteten Temperaturentwicklung der Vergangenheit sichtbar. ■ **Abb. 1.2** zeigt die Temperaturänderung zwischen den jeweils 30-jährigen Mittelwerten 1985–2014 und den ältesten verfügbaren globalen Daten 1880–1909. Die ungewöhnliche Kartendarstellung in der Hammin-Projektion repräsentiert die Flächen bestmöglich – in anderen Projektionen werden die Polregionen oft überproportional groß dargestellt. Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass sich der weitaus größte Bereich der Erde erwärmt hat. In einigen Bereichen über Wasserflächen ist es zu einer Abkühlung gekommen. Zudem wird ersichtlich, dass sich die Landmassen insgesamt stärker erwärmt haben als die Ozeane. Dieser Effekt tritt durch den größeren Verdunstungseffekt auf. Da über Landoberflächen nicht unbegrenzt Wasser zur Verfügung steht, ist die Verdunstung limitiert, sodass mehr Energie in sensible, fühlbare Wärme umgesetzt wird und somit die Erwärmung stärker ausfällt.

Regional unterscheiden sich die Landoberflächen z. B. in Relief oder Landnutzung, sodass allein dadurch über Kontinenten keine homogene Erwärmung erwartet werden kann. Neben der Temperatur können auch andere Indikatoren wie z. B. die Veränderung von Meereis (► [Kap. 7](#)) genutzt werden, um die durch den Klimawandel bereits eingetretenen Veränderungen sichtbar zu machen. In der Zusammenfassung für Entscheidungsträger zum 5. Sachstandsbericht des IPCC heißt es dazu:

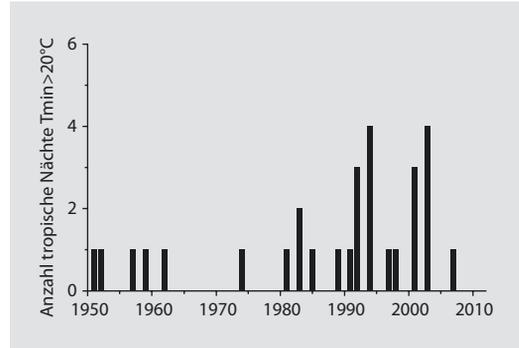
- » Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, und viele dieser seit den 1950er Jahren beobachteten Veränderungen sind seit Jahrzehnten bis Jahrtausenden nie aufgetreten. Die Atmosphäre und der Ozean haben sich erwärmt, die Schnee- und Eismengen sind zurückgegangen, der Meeresspiegel ist angestiegen und die Konzentrationen der Treibhausgase haben zugenommen. [21]

Eine der Kernaufgaben des IPCC war es, den menschlichen Einfluss auf die Atmosphäre und die damit

zusammenhängende Erwärmung zu bewerten. Heute kann festgestellt werden, dass die menschlichen Emissionen der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und von Halogenkohlenwasserstoffen zu einer Aufnahme von Energie im Klimasystem und damit einer globalen Erwärmung geführt hat. Den größten Beitrag dazu liefert CO<sub>2</sub>. Zukünftige Veränderungen des Klimas werden mit Modellen abgeschätzt. Dazu können keine Vorhersagen gemacht werden, da verschiedene globale Entwicklungen denkbar sind, die mit unterschiedlich hohen Treibhausgasemissionen verbunden sind. Treiber von Veränderungen sind z. B. die Entwicklung von Energieproduktion und -verbrauch, von Landwirtschaft und Landnutzung oder der Bevölkerung. Damit sind zukünftig unterschiedliche Treibhausgaskonzentrationen der Atmosphäre verbunden, die in Szenarien (RCP, Representative Concentration Pathways) beschrieben werden. Mit diesen Daten können dann globale Klimamodelle angetrieben und die Veränderungen des zukünftigen Klimas simuliert werden. Dabei wird unter dem optimistischsten Szenario eine weitere globale Erwärmung von einem Grad (Spannbreite der Simulationen +0.3 °C bis +1.7 °C) bis zum Ende des Jahrhunderts (2081–2100 verglichen mit 1986–2005) simuliert. Dazugerechnet werden muss die bereits eingetretene globale Erwärmung, die im Zeitraum 1880–2012 mit 0.85 °C beziffert wird. Unter dem pessimistischsten Szenario mit den höchsten Treibhausgasemissionen beträgt die weitere Erwärmung im Mittel 3.7 °C bei einer Spannbreite von +2.6 °C bis 4.8 °C. [21]

## 1.2 Klimafolgen – Auswirkungen der Klimaänderung

Die Veränderung des Klimas bringt Auswirkungen oder Klimafolgen mit sich. Diese können sowohl neue Chancen als auch Risiken eröffnen. Selbst unter dem optimistischsten globalen Treibhausgasszenario ist, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, der Klimawandel nicht zu stoppen (z. B. [10]). Klimafolgen beschreiben die Auswirkungen der Erwärmung auf sozio-ökonomische oder ökologische Systeme. Darunter finden sich z. B. Auswirkungen auf die Gesundheit, Land- und Forstwirtschaft, auf die Verbreitung von Pflanzen- oder Tierarten oder die Veränderung des Risikos von Extremereignissen.



■ Abb. 1.3 Anzahl der jährlichen Tropennächte, die nicht unter 20 °C abkühlen in Leipzig-Holzhausen

Ein Beispiel für Auswirkungen auf die Gesundheit ist z. B. das Auftreten von Hitzeperioden. Kritisch sind dabei unter anderem Tropennächte. Darunter versteht man Nächte, die nicht unter 20 °C abkühlen. Problematisch ist diese Temperatur, da erholsamer Schlaf für Mitteleuropäer bei zu hohen Temperaturen nicht mehr möglich ist; optimal ist ein Temperaturbereich von 15–18 °C. Bei zu hohen Temperaturen ist der Körper mit Kühlen beschäftigt und muss daher Arbeit verrichten. ■ Abb. 1.3 zeigt die Entwicklung der jährlichen Tropennächte in Leipzig-Holzhausen. Zwischen den Zeiträumen 1951–1980 und 1981–2010 gab es eine Verdreifachung der Tropennächte. Die Zuweisung der Veränderung zum Klimawandel („attribution to climate change“) kann zumindest teilweise erfolgen. Wie bei vielen Klimafolgen kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass andere Treiber zusätzlich eine Rolle gespielt haben, z. B. die Stadtentwicklung und Landnutzung (Grad der Urbanisierung) an einer Messstelle und damit eine veränderte städtische Wärmeinsel. Vor allem im Bereich der Klimafolgen liegen heute zahlreiche Indikatoren vor (► Kap. 7), für die oft wissenschaftliche Beobachtungs- oder Simulationsdaten in vereinfachter Form und auf ein Handlungsfeld zugeschnitten genutzt werden.

Ein Faktor, der sowohl die Wahrnehmung als auch die politische Auseinandersetzung mit dem Klimawandel beeinflusst, ist das Auftreten von Extremereignissen. Dabei hat sich in der Vergangenheit gezeigt, dass der mögliche Klimaeinfluss (Attribution to climate change oder Zuweisung der Auswirkungen zu Klimawandel) ausreichend ist, sowohl um Klimawandel als Herausforderung zu verinnerlichen als auch um Entscheidungsprozesse

zu initiieren. Dies hat z. B. eine Befragung der Europäischen Mitgliedsstaaten ergeben [12], bei der 28 der 30 Teilnehmer angaben, Extremereignisse seien ein Auslöser, sich mit Anpassung zu beschäftigen. Auch in der Arbeit des Wissenstransfers zeigt sich bei Extremen ein gehäuftes Interesse von politischen Entscheidungsträgern, Praxispartnern und den Medien am Thema Klimawandel. Beispiele für Extremereignisse mit hoher Medienpräsenz waren in den letzten Jahren die anhaltende Dürre in Kalifornien mit weltweit spürbaren Auswirkungen wie den Mandelpreisen, das Hochwasserereignis in Deutschland im Juni 2013, Hurricane Sandy in New York im Oktober 2012 oder die Hitzewelle in Russland 2010. Die wissenschaftliche Basis zu Extremereignissen und deren Zusammenhang mit dem Klimawandel konnte deutlich verbessert werden. Ein Meilenstein war sicherlich der 2012 erschienene IPCC Special Report zu Extremereignissen. Eine Zusammenfassung findet sich bei [20].

### 1.3 Zwei Seiten derselben Medaille: Klimaschutz und Klimaanpassung

Im Laufe der Zeit hat sich der Schwerpunkt von der reinen Beschreibung des Klimasystems und der resultierenden biophysikalischen Folgen verlagert hin zu den Möglichkeiten gesellschaftlicher Reaktionen auf den Klimawandel. Dabei sind zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Prozesse identifiziert worden. Zum einen ist das der Klimaschutz (*Mitigation*), also der Weg der Treibhausgasvermeidung, und zum anderen die Klimaanpassung (*Adaptation* oder auch *Adaption*). Eine Besonderheit stellen in diesem Zusammenhang ökosystembasierte Ansätze dar, die sowohl Beiträge zum Klimaschutz als auch zur Anpassung liefern können. Ein Überblick für Deutschland findet sich dazu in ► [Kap. 12](#).

#### 1.3.1 Klimaschutz – der globale Kontext und das 2 °C-Ziel

Bereits 1992 wurde der Klimawandel in der *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) politisch manifestiert. Dabei wurde das Ziel definiert, die atmosphärischen

Treibhausgaskonzentrationen auf einem Niveau zu stabilisieren, das eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindern würde. Somit sollte sichergestellt werden, dass sich Ökosysteme natürlich an die klimabedingten Änderungen anpassen können, dass die Nahrungsmittelproduktion nicht bedroht wird und dass wirtschaftliche Entwicklung nachhaltig erreicht werden kann [36]. Weiterführende Informationen zu globalen Politiken finden sich in ► [Kap. 2](#). Die Mitigation stand lange Zeit im Fokus von Wissenschaft und politischen Prozessen. Dies zeigt sich z. B. in den Nachhaltigkeitsindikatoren und deren Entwicklung (siehe auch ► [Kap. 7](#)). Bereits 1993 wurde durch die OECD der Klimawandelindikator „CO<sub>2</sub> emission intensities“ in den Kernindikatorenatz aufgenommen [26]. Zu diesem Zeitpunkt war flächendeckend keine Information zu anderen Treibhausgasen verfügbar, wengleich schon die Festlegung, welche Treibhausgase erfasst werden sollten, getroffen war. Heute ist ein „Index of greenhouse gas emissions“ mit zusätzlichen Informationen zu Methan, Lachgas und halogenierten Kohlenwasserstoffen verfügbar.

1997 wurde das Kyoto-Protokoll verabschiedet, das erstmals rechtlich bindende Emissionsminderungsziele von Treibhausgasen enthielt. Auf der Weltklimakonferenz COP15 in Kopenhagen im Jahr 2009 sollte ein verbindliches Post-Kyoto Klimaschutzabkommen für die Zeit nach 2012 verabschiedet werden. Das Ergebnis der Konferenz war lediglich ein völkerrechtlich nicht bindender „Copenhagen Accord“. Danach sollte die Erderwärmung auf 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Zustand begrenzt werden; ein konkreter Weg zur Erreichung dieses Zieles blieb jedoch offen. Des Weiteren wurde dieser Beschluss formell nicht angenommen, sondern von den Vertragsstaaten lediglich zur Kenntnis genommen. In der öffentlichen Wahrnehmung ist dies als Enttäuschung aufgenommen worden. Im Vorfeld wurde ein großes Zukunftsproblemfeld breit diskutiert und öffentlich und politisch als solches anerkannt. Zumindest in Europa wurde erwartet, dass in Kopenhagen eine richtungsweisende Antwort für das Problemfeld gefunden wird. Das Ausbleiben dieser Antwort hat dazu geführt, dass sich in Teilen der Öffentlichkeit eine Ohnmacht gegenüber dem Thema ausgebildet hat. Trotzdem ergab eine Eurobarometer Umfrage im Jahr 2011, dass zwei Drittel der Europäer den Klimawandel als sehr ernstes Problem

1 betrachten [23]. Danach waren 80 % der befragten Europäer der Ansicht, dass die Bekämpfung des Klimawandels nötig sei. Für 51 % Prozent stellte der Klimawandel die größte globale Bedrohung dar. Nur „Armut, Hunger und fehlender Zugang zu Trinkwasser“ wurden als größeres globales Problem angesehen. Im nationalen Vergleich schwankte die Einschätzung des Klimawandels als größte globale Bedrohung zwischen dem Spitzenreiter Schweden mit 68 % Prozent und Portugal mit lediglich 28 Prozent, was unter anderem durch die wirtschaftliche Situation zu erklären war. Deutschland lag mit 66 % an fünfter Stelle in den EU-27. Eine weltweite Umfrage 2013 [27] in 39 Staaten mit über 37.000 Teilnehmern hat ergeben, dass 54 % aller Befragten sich große Sorgen über den globalen Klimawandel machen. Dies entspricht ebenfalls dem Europäischen Schnitt. Naturgemäß schwankt diese Einschätzung stark zwischen unterschiedlichen Weltregionen. In den USA sorgen sich lediglich 40 %, in Lateinamerika dagegen 65 % der Teilnehmer.

Bei der Pariser Klimakonferenz (COP21) im Dezember 2015 konnte ein rechtsverbindliches, globales Klimaabkommen erreicht werden. Dies kann vor allem nach der COP16 in Kopenhagen als großer psychologischer Erfolg gesehen werden. Trotzdem hinterlässt die Konferenz gemischte Gefühle. Die Vereinbarung legt einen globalen Aktionsplan vor, mit dem Ziel, gefährlichen Klimawandel durch die Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C zu vermeiden. Das Abkommen soll bis 2020 in Kraft treten. Konkret wurde im *Paris Agreement* [33] vereinbart:

- Langfristiges Ziel ist die Begrenzung der globalen Durchschnittstemperaturen auf deutlich unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau.
- Darüber hinaus wird ein 1.5 °C-Ziel angestrebt, um die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels zu minimieren.
- Der Peak der globalen Treibhausgasemissionen muss zeitnah erreicht werden, da der Weg in eine emissionsneutrale globale Gesellschaft mit zunehmender Dauer hoher Emissionen immer schwieriger zu erreichen ist. Dabei wird auf die unterschiedlichen Möglichkeiten der Treibhausgasreduktion in unterschiedlichen Staaten Rücksicht genommen.

- Alle teilnehmenden Vertragsparteien legen für jeweils 5-Jahreszyklen Treibhausgasreduktionsziele vor.

Im Rahmen der Konferenzvorbereitungen haben die teilnehmenden Staaten bereits umfassende nationale Klimaaktionspläne vorgelegt, in denen die Selbstverpflichtungen zu Treibhausgaseinsparungen zukünftig im fünfjährigen Tonus überprüft und aktualisiert werden können. Damit liegen nationale Pläne vor, um ein globales Klimaziel zu erreichen. Die bisher gemachten Zusagen sind jedoch nicht ausreichend, um globale Erwärmung unter 2 °C zu erreichen [35]. Hier liegt eine zentrale Gefahr des Pariser Abkommens: Die Vorlage von zeitlich begrenzten Treibhausgaszielen muss nicht automatisch dazu führen, dass Klimaziele in Staaten ambitionierter werden. Es ist durchaus möglich, dass Staaten zukünftig weniger bereit sein werden, Treibhausgase zu reduzieren oder gar die Emissionen wieder erhöhen.

Im April 2014 hat die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in der Nordhemisphäre der Erde zum ersten Mal durchgehend den Wert von 400 ppm überschritten [37]. Der Ausgangswert der CO<sub>2</sub>-Konzentration vor der Industrialisierung lag um 280 ppm. Als kritischer Schwellenwert für die Einhaltung des globalen 2 °C-Zieles wird vom IPCC eine Konzentration von 450 ppm angenommen. Jeweils aktuelle Informationen zu jährlichen globalen Treibhausgasemissionen sowie der Aufschlüsselung nach Regionen finden sich beim Global Carbon Project [15]. Darüber hinaus schätzt der Climate Action Tracker ab, wie sich die globale Temperatur zukünftig unter den aktuellen Politiken und den gemachten nationalen Zusagen zur Treibhausgasreduktion entwickeln würde. Im April 2016 wurde unter aktuellen Politiken eine globale Erwärmung von 3.6 °C (Spannbreite 2.7 bis 4.9 °C) und unter den gemachten Zusagen eine globale Erwärmung von 2.7 °C (Spannbreite 2.2 bis 3.4 °C) erreicht [7].

## 1.4 Anpassung an den Klimawandel

Die Auswirkungen des Klimawandels sind schon heute spürbar. Selbst bei einer starken Reduktion der Treibhausgasemissionen würde die Erwärmung