



# Die klimaresiliente Gesellschaft – Transformation und Systemänderungen

*Jesko Hirschfeld, Gerrit Hansen, Dirk Messner, Michael Opielka und  
Sophie Peter*

## Inhaltsverzeichnis

- 36.1 Kausalzusammenhang zwischen Klimaschutz und Anpassung,  
Anpassungsgrenzen und Transformation – 462**
- 36.2 Globale Veränderungsprozesse und Transformation – 464**
- 36.3 Chancen und Risiken der Anpassung in komplexen  
Systemen – 466**
- 36.4 Kurz gesagt – 469**  
**Literatur – 470**

Der Klimawandel stellt die Gesellschaft vor enorme Herausforderungen, die mehr erfordern werden als kleine Schritte der Anpassung in einzelnen Sektoren oder Regionen. Um langfristig resilient gegen den Klimawandel zu werden, wird eine weitreichende Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft notwendig sein (Walker et al. 2004; Folke et al. 2010; IPCC 2014c). Diese Transformation wird sowohl aus der Perspektive des Klimaschutzes als auch aus der Perspektive der Anpassung an den Klimawandel notwendig werden und neben technologischen und wirtschaftlichen Anpassungen gesellschaftliche, kulturelle und politische Veränderungsprozesse erfordern (WBGU 2011).

In den nachfolgenden Unterkapiteln stehen die Zusammenhänge zwischen Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel, die Chancen, Risiken und Grenzen der Anpassung sowie der nationale und globale Transformationsbedarf im Mittelpunkt. Es wird mit Nachdruck darauf hingewiesen, dass Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel nicht als einfache Substitute zu betrachten sind und die Möglichkeiten von Anpassung nicht überschätzt werden dürfen.

Neben den einzel- und volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels betrachten die Autoren auch die sozialen, politischen und ökologischen Auswirkungen in einem systemischen Zusammenhang und weisen zudem darauf hin, wie wichtig und schwierig räumliche und zeitliche Differenzierung sein kann.

### 36.1 Kausalzusammenhang zwischen Klimaschutz und Anpassung, Anpassungsgrenzen und Transformation

Klimaanpassung und Klimaschutz sind als komplementäre Maßnahmen zur Vermeidung negativer Klimawandelfolgen eng aneinander gekoppelt. Klimaschutzmaßnahmen sind, zeitverzögert, entscheidend für das Ausmaß des Klimawandels und damit auch für die notwendige Anpassung, während Kosten und Potenziale von Anpassung bestimmend für Klimaschutzanstrengungen sein können. Daneben konkurrieren sie um ähnliche Ressourcen und sind durch Synergien und *trade-offs* verbunden (Klein et al. 2007; Moser 2012). Oft werden beide Maßnahmengruppen als Substitute behandelt, was jedoch die Gefahr birgt, wichtige Interaktionen sowie mögliche Grenzen der Anpassung zu ignorieren. Um Kosten und Risiken des Klimawandels zu reduzieren, ist ein aufeinander abgestimmter Mix aus ehrgeizigen Klimaschutzzielen und nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen wichtig (IPCC 2014c). Auch der 6. Assessment Report des IPCC betrachtet u. a. die sogenannten Zusatzkosten und -nutzen (*co-costs, co-benefits*) von Anpassungs- und Mitigationsmaßnahmen,

einschließlich ihrer Interaktionen und *trade-offs* sowie ihr Zusammenwirken mit weiteren Zielen einer nachhaltigen Entwicklung (IPCC 2017, 2021).

Verschiedene Emissionspfade führen zu unterschiedlichen Klimafolgen und Unsicherheitsniveaus hinsichtlich der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen (IPCC 2013; ► Kap. 2). Die langfristige klimatische Entwicklung wird in hohem Maße davon abhängen, welche Klimaschutzanstrengungen unternommen werden. Die Anpassung an die bereits im Klimasystem eingeschriebene Erwärmung von bis zu ca. 2 °C gegenüber vorindustriellen Temperaturen muss hingegen in jedem Falle geleistet werden. Während bei den gemäßigten Emissionsszenarien eine Restabilisierung des Klimas auf höherem Temperaturniveau gegen Ende dieses Jahrhunderts projiziert wird, sind bei Szenarien mit höheren Emissionen auch nach 2100 noch langfristige und fundamentale Veränderungen zu erwarten (IPCC 2013). Entsprechend sind die mit geringeren Klimaschutzanstrengungen verbundenen Szenarien höherer Emissionen nicht nur mit massiveren Auswirkungen, sondern auch mit größeren Unsicherheiten bezüglich der langfristig notwendigen Anpassungsleistungen behaftet.

Kurz- und mittelfristige Anpassungsmaßnahmen zielen oft auf die Verwirklichung sogenannter *Low- und No-regret-Optionen*, die eine Verbesserung der Resilienz bezüglich verschiedener zukünftiger Klimaszenarien zum Ziel haben, oft unter gleichzeitiger Erfüllung anderer relevanter Politikziele (► Kap. 29; Hallegatte 2009). Insbesondere für langfristige Investitionsentscheidungen mit langen Vorlaufzeiten – etwa Küsten- und Hochwasserschutz, Forstwirtschaft, Energieerzeugung sowie Siedlungs- und Infrastrukturplanung – kann die klimawandelbedingte Planungsunsicherheit jedoch zu einem erhöhten Risiko von Fehlinvestitionen und damit mittelbar zu steigenden Kosten führen. Robuste Anpassung in diesem Bereich bedarf daher neuer, schrittweiser Planungsverfahren und muss ein breites Band von möglichen „Klimazukünften“ berücksichtigen (Hallegatte 2009; Dessai und Hulme 2007; Wilby und Dessai 2010). Klimaschutzanstrengungen sind ein entscheidender Faktor für die Breite dieses Bandes und wirken damit auf die Kosten und Realisierbarkeit von Anpassungsmaßnahmen (Hallegatte et al. 2012).

Global sind die zu erwartenden Kosten von Anpassung bisher unzureichend quantifiziert. Existierende Abschätzungen fokussieren auf Entwicklungsländer (World Bank 2010) und einzelne Sektoren wie z. B. Küstenschutz, Wasser- und Energieversorgung sowie Landwirtschaft (Fankhauser 2010). Globale ökonomische Schadenskosten sind unvollständig und aufgrund von zahlreichen Annahmen und hoher Aggregation wenig aussagekräftig beschrieben (IPCC 2014c). Insbesondere für Klimaszenarien jenseits von 3 °C Er-

wärmung existieren zudem kaum aktuelle Studien. Die in der Literatur dagegen ausführlich dokumentierten Kosten für Klimaschutz unter verschiedenen Emissionsszenarien beruhen zum Großteil auf *Integrated-assessment*-Modellen (► Kap. 24). Diese bilden die Veränderungen im Energiesystem und anderen Sektoren sowie die damit einhergehenden Kosten und Veränderungen in der Weltwirtschaft ab. Sie berücksichtigen jedoch meist weder verbleibende Schadenskosten noch Kosten der Anpassung oder Rückkopplungen im Klimasystem explizit (Patt et al. 2010).

Diese Problematik der mangelnden Integration von Anpassung, Schadenskosten und Klimaschutz bestand schon im Vierten Sachstandsbericht (Parry 2009), und es gibt nach wie vor nur wenige globale Studien zu deren integrierter Betrachtung (Bosello et al. 2010; de Bruin et al. 2009; ► Kap. 24). Trotz methodischer Fortschritte – etwa die bessere Repräsentation von Anpassung in *Integrated-assessment*-Modellen durch das Vergleichen entsprechender sozioökonomischer Szenarien (Kriegler et al. 2012; van Vuuren et al. 2011) – ist die integrierte Modellierung von Klimaschutz-, Schadens- und Anpassungskosten derzeit noch in ihren Anfängen (Fisher-Vanden et al. 2013; Patt et al. 2010; Hirschfeld und von Möllendorff 2015; Brown et al. 2017). Kritisch wird dabei die zentrale Rolle der in gewissem Maße beliebig gewählten Diskontrate bei der Bestimmung gesellschaftlich optimaler Transformationspfade diskutiert (Guo et al. 2006; Weitzman 2013). Mit der Diskontrate können Gegenwartswerte zukünftiger Kosten- oder Nutzenströme berechnet werden. Hohe Diskonraten (>3 %) führen zu einer weitgehenden Vernachlässigung der Klimakosten, die mehrere Jahrzehnte in der Zukunft liegen. Darüber hinaus hat die Schwierigkeit, das Risiko von katastrophalen Klimawandelfolgen adäquat zu berücksichtigen (Weitzman 2009), zu grundsätzlicher Kritik an der Eignung solcher Modelle als Grundlage für politische Entscheidungen geführt (Fisher-Vanden et al. 2013; Stern 2013).

Die gesellschaftlich optimale Mischung von Anpassung und Klimaschutz lässt sich demnach nach wie vor nicht aus Ergebnissen ökonomischer Modelle herleiten. Der Umgang mit „Unquantifizierbarkeiten“ kann am ehesten mit einem gekoppelten Ansatz der Risikoanalyse erfolgen, wobei Methoden wie Multikriterienanalysen zur besseren Erfassung der Dimensionen von Risiko und Unsicherheit beitragen können (Vetter und Schauer 2013; van Ierland et al. 2013; ► Kap. 37). Hierbei können neben grundsätzlichen ethischen Überlegungen auch Risiken von Klimaschutzmaßnahmen einfließen, z. B. die Herausforderungen großskaliger Bioenergieverwendung (Chum et al. 2011), negative ökonomische Folgen für arme Länder (Jakob und Steckel 2014) oder die Risiken von *geo engineering* (IPCC 2012). Zentrale Ele-

mente einer solchen Risikoabschätzung sind das Risikominderungspotenzial und die Grenzen der Anpassung. In diesem Zusammenhang wird zunehmend eine enge Integration von umfassendem Risikomanagement und transformativen Klimaanpassungsstrategien (► Abschn. 39.1.1) diskutiert, um eine langfristige Resilienz von Ländern und Gemeinschaften über den Internationalen Warschau-Mechanismus für Verluste und Schäden (WIM), mit dem Entwicklungsländern technische Hilfe zur Bewältigung von Anpassungsbedarfen an den Klimawandel gewährt wird, zu unterstützen und langfristig sicherzustellen (UNFCCC 2016; Mechler et al. 2019).

Harte, d. h. unveränderliche Grenzen stellen insbesondere die sogenannten „Kipppunkte“ dar (Lenton et al. 2008, 2019; Levermann et al. 2012), bei deren Erreichen großskalige, sprunghafte Zustandsänderungen von wichtigen Elementen des Erdsystems eintreten. Neben den Kipppunkten des physikalischen Klimasystems ist hier die erhöhte Gefahr sogenannter *regime shifts*, also dauerhafter Umwälzungen in den komplexen Mustern der global bedeutenden Ökosysteme relevant. So sind in der Arktis bereits Hinweise auf ein Überschreiten von Systemgrenzen und damit die Annäherung an Kipppunkte zu erkennen (Duarte et al. 2012; Lenton 2012; Post et al. 2009; Wassmann und Lenton 2012; Lenton et al. 2019). Auch die negativen Folgen der zunehmenden Ozeanversauerung stellen aufgrund der mangelnden Anpassungsmöglichkeiten eine harte Grenze dar (Pörtner et al. 2014). Die Schädigung von tropischen Korallenriffen ist ebenfalls bereits nachgewiesen (Cramer et al. 2014), und die Gefahr des kompletten Verlustes dieses komplexen Ökosystems besteht selbst bei geringer weiterer Erwärmung (Frieler et al. 2012; Hoegh-Guldberg 2011), verbunden mit erheblichen Risiken für die Nahrungsversorgung, nicht nur von Küstenbewohnenden. Sogenannte weiche Grenzen der Anpassung bezeichnen Bereiche, in denen die Klimawandelfolgen zwar theoretisch als technisch beherrschbar eingeschätzt werden, es aber Ziel- oder Wertkonflikte gibt, die die Umsetzung entsprechender Maßnahmen behindern oder diese auf institutioneller, politischer oder gesellschaftlicher Ebene nicht durchführbar oder nicht durchsetzungsfähig erscheinen lassen (Preston et al. 2013). Ein Beispiel sind Maßnahmen des Hochwasserschutzes, die nicht nur mit den Zielen des Küsten- und Naturschutzes kollidieren können, sondern auch mit den Interessen von Anwohnern und der Tourismusindustrie (Moser et al. 2012). Die Forschung hierzu steht, ähnlich wie diejenige zur Interaktion verschiedener Klimawandelfolgen (Warren 2011), noch am Anfang – insbesondere bezüglich der sozialen Grenzen von Anpassung und der Wechselwirkung zwischen sozialen und natürlichen Systemen (Adger et al. 2009; Preston et al. 2013; Filho und Nalau 2018).

Der Weltklimarat hat im Fünften Sachstandsbericht eine umfassende Bewertung von regionalen und globalen Schlüsselrisiken unter verschiedenen Erwärmungs- und Anpassungsszenarien vorgenommen (IPCC 2014c). Das theoretische Potenzial von Anpassung zur Risikominderung für Europa wird dabei – isoliert betrachtet, also unabhängig von Kosten und politischen Prioritäten – insgesamt auch in einer Vier-Grad-Welt als relativ hoch eingeschätzt. Im Vergleich zu einer Zwei-Grad-Welt ist die Erschließung dieses theoretisch vorhandenen Potenzials jedoch mit entsprechend höherem Aufwand und höherer Unsicherheit verbunden. In anderen Kontinenten und für bestimmte Sektoren, auch für Subregionen in Europa, sind die verbleibenden Restrisiken allerdings selbst bei optimaler Anpassung in einer Vier-Grad-Welt teilweise hoch oder sehr hoch und damit in der Nähe harter Grenzen.

Auch wenn die Gesamtkosten von Klimaschutzanstrengungen, die noch immer zum Erreichen der Begrenzung auf 1,5 bis 2 °C Erwärmung führen könnten, relativ zu den zu erwartenden Schäden gering ausfallen, wenn sie frühzeitig, unter Einbindung sämtlicher technologischen Möglichkeiten und global erfolgen (Luderer et al. 2013; IPCC 2014a), sind die Anforderungen, um zu einer Eineinhalb- bis Zwei-Grad-Welt zu kommen, doch erheblich (► Abschn. 36.2). So kann zumindest temporär ein Überschreiten der Zwei-Grad-Grenze nicht ausgeschlossen werden, ein sogenanntes *Overshoot*-Szenario eintreten (Parry et al. 2009). Zudem droht beim Fortschreiben der derzeitigen Emissionstrends eine Erwärmung von mehr als 4 °C bis Ende des Jahrhunderts (IPCC 2013, 2021). Dort, wo infolge solch starker Erwärmung Maßnahmen zur schrittweisen Anpassung nicht mehr ausreichen, werden transformative Anpassungsstrategien notwendig, die einen weitreichenden Wandel wirtschaftlicher, sozialer und politischer Systeme beinhalten (Smith et al. 2011; ► Kap. 39).

Für eine integrierte Betrachtung der Risiken und Kosten von Klimawandel und Klimaschutz besteht nach wie vor erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere bezüglich der Operationalisierung von Anpassungsstrategien und der Quantifizierung von Schadenskosten. Nach derzeitigem Stand der Forschung ist allerdings klar, dass ambitionierte Klimaschutzanstrengungen unverzichtbar sind, um schwerwiegende und weitreichende globale Klimawandelfolgen abzuwenden (IPCC 2014b).

## 36.2 Globale Veränderungsprozesse und Transformation

Radikale Reduzierungen der Treibhausgasemissionen allein der Länder, die sich in der Organisation wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) zusammengeschlossen haben, werden voraus-

sichtlich nicht mehr ausreichen, um die Zwei-Grad-Leitplanke einzuhalten. Zwischen 1990 und 2010 sind deren jährliche Treibhausgasemissionen (ohne die Emissionen aus Landnutzungsänderungen) von knapp 16 auf knapp 17 Gigatonnen gestiegen, 2019 lagen sie dann bei 16,4 Gigatonnen. Die Emissionen der Nicht-OECD-Länder haben sich im Zeitraum 1990 bis 2010 von 18 auf 30 Gigatonnen erhöht, im Jahr 2019 lagen sie dann bei 36 Gigatonnen – insbesondere infolge des hohen Wachstums in den Schwellenländern. Setzen sich die derzeitigen Trends fort, so dürften sich die OECD-Emissionen pro Jahr zwischen 2010 und 2040 auf einem Niveau von etwa 15 Gigatonnen einpendeln, während die Emissionen der Nicht-OECD-Länder in diesem Zeitraum pro Jahr von 36 auf knapp 50 Gigatonnen ansteigen würden (berechnet auf Grundlage von Crippa et al. 2019; Olivier und Peters 2020). Weil sich die Dynamiken in der Weltwirtschaft in den vergangenen drei Jahrzehnten signifikant in Richtung der Nicht-OECD-Länder verschoben haben (OECD 2010; Kaplinsky und Messner 2008; Spence 2011), ist wirksamer Klimaschutz nur noch möglich, wenn die grundlegenden Wachstumsmuster aller Länder auf einen klimaverträglichen Pfad gebracht werden. Es ist ein gutes Zeichen, dass 2020/21 die EU, die USA und China erklärt haben, bis spätestens Mitte des Jahrhunderts klimaneutral zu wirtschaften – EU/USA bis 2050, China bis 2060.

Globaler Klimaschutz ist also zu einem Synonym für den Aufbau einer *global zero carbon economy* (Edenhofer und Stern 2009; Leggewie und Messner 2012; World Bank 2012; Rockström et al. 2017) geworden. Neben der Frage, wie radikale Dekarbonisierung in OECD-Ländern gelingen kann, besteht die zweite Herausforderung darin, wie zunehmender Wohlstand in den Nicht-OECD-Ländern von Treibhausgasemissionen entkoppelt werden kann (Kharas 2010). Diese sozioökonomischen Dynamiken globalen Wandels werden auch in der internationalen Politik sichtbar, etwa in Diskussionen darüber, wie das „Recht auf Entwicklung“ mit globalem Klimaschutz verbunden werden kann (Pan 2009; WBGU 2009). Globale Gerechtigkeits- und Verteilungsfragen bilden vor diesem Hintergrund eine zentrale Arena der weltweiten Klimapolitik und der Versuche, Übergänge zu klimaverträglichen Ökonomien einzuleiten (Gesang 2011).

Der Wandel zu einer klimaverträglichen Wirtschaft wird in der Literatur zunehmend aus der Perspektive von Transitions- bzw. Transformationsprozessen diskutiert, um zu verdeutlichen, dass der Umbruch zu einer *zero carbon economy* über klassische Muster des Strukturwandels (Transition) in einzelnen Marktwirtschaften hinausgeht und umfassende Prozesse des Wandels (Transformation) impliziert (Rotmans et al. 2001; Martens und Rotmans 2002; Grin et al. 2010; World Bank 2012; Brand et al. 2013). Der

Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) hat bereits vor einer Dekade vorgeschlagen, den Übergang zu einer klimaverträglichen und insgesamt nachhaltigen Weltwirtschaft als „große Transformation“ zu beschreiben (WBGU 2011) und verweist auf fünf Argumentationsstränge, die aus der Perspektive dieses Gremiums gute Gründe für diese Benennung liefern:

- Der Übergang zur Klimaverträglichkeit kann nur gelingen, wenn die globalen Wachstumsmuster in Richtung Dekarbonisierung verändert werden – wenn also ein neuer Pfad globaler Entwicklung eingeschlagen wird. Ob diese Weichenstellung gelingt, hängt einerseits davon ab, ob in den Industrieländern der Übergang zur Klimaverträglichkeit eingeleitet wird. Andererseits wird es von großer Bedeutung sein, ob die dynamisch wachsenden Schwellenländer bereit und in der Lage sind, Dekarbonisierung in das Zentrum ihrer Entwicklungsanstrengungen zu rücken (IPCC 2014c, Working Group III). Eine solche Veränderung von Wachstumsmustern setzt eine grundlegende Transformation institutioneller Rahmenbedingungen voraus, um Anreize für klimaverträgliche Investitionen zu schaffen (World Bank 2012; Edenhofer und Stern 2009; Schmitz et al. 2013; Global Commission on the Economy and Climate 2014).
- Die Entwicklung einer klimaverträglichen Weltwirtschaft impliziert einen weitgehenden Umbau der zentralen Infrastrukturen u. a. hin zu ressourcensparenden und klimarobusten Systemen, auf denen menschliche Gesellschaften basieren: in den weltweiten Energiesystemen, die für etwa 75 % der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich sind, in der Landnutzung (Waldnutzung, Landwirtschaft), auf die etwa 25 % der Emissionen entfallen, und in urbanen Räumen, weil ein großer Teil der Emissionen auf die Bedürfnisfelder Wohnen (Gebäude) und Mobilität in Städten zurückzuführen ist (Nakicenovic et al. 2000; WBGU 2011; IPCC 2014a; Sachs et al. 2019). Die Urbanisierung ist von besonderer Bedeutung, weil die Zahl der Menschen, die in urbanen Räumen lebt, von derzeit 3,5 Mrd. auf etwa 7 Mrd. Menschen im Jahr 2050 ansteigen wird. Bei Gebäuden und Mobilitätssystemen handelt es sich um Infrastrukturen, welche die Emissionspfade für viele Jahrzehnte prägen werden (IEA 2010; EWI et al. 2010). Ob also der Urbanisierungsschub, der sich insbesondere auf Nicht-OECD-Länder und hier vor allem auf Asien konzentriert, *Zero-carbon*-Mustern oder den etablierten treibhausgasintensiven Dynamiken der Stadtentwicklung folgt, ist aus der Perspektive des Klimaschutzes von großer Bedeutung (WBGU 2016).
- Dekarbonisierungsstrategien müssen auf technologischen Innovationen basieren. Die Literatur zum

*Rebound*-Effekt (Jackson 2009; Nordhaus 2013) – Effizienzeinsparungen werden häufig durch ein Mehr an Konsum zunichtegemacht – verdeutlicht allerdings auch, dass eine absolute Abkopplung der Wohlstandsentwicklung vom Emissionsausstoß nur gelingen kann, wenn sich zugleich soziale Innovationen durchsetzen: veränderte Lebensstile und Konsummuster; neue Wohlfahrtskonzepte sowie Normen und Wertesysteme, die den Erhalt der globalen Gemeinschaftsgüter zu einem kategorischen Imperativ machen (Skidelsky und Skidelsky 2012; Messner 2015; Purr et al. 2019).

- Treibhausgasemissionen bewirken in der Gegenwart langfristige Dynamiken im Erdsystem, bis hin zum Risiko des Erreichens von Kippunkten. Dabei haben neuere Studien (Lenton et al. 2019) gezeigt, dass diese bereits bei globalen Temperaturerhöhungen um die 2 °C und nicht erst, wie in früheren Arbeiten angenommen, bei Erwärmungen jenseits von 2 bis 4 °C ausgelöst werden könnten (Lenton et al. 2008). Die Transformation muss deshalb in einem sehr engen Zeitfenster stattfinden, wenn die Zwei-Grad-Leitplanke noch eingehalten werden soll (Allen et al. 2009; Meinshausen et al. 2009; WBGU 2009). Bis Mitte des Jahrhunderts müssten die Treibhausgasemissionen, die aus der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen, weltweit auf null reduziert werden (WBGU 2014). So stellt sich die Frage, wie Dynamiken der Transformation beschleunigt werden können (Grin et al. 2010).
- Alles sieht danach aus, als ob Paul Crutzen und andere (Crutzen 2000; Williams et al. 2011) mit ihrem Argument recht behalten, dass die Menschheit zu einer zentralen Veränderungskraft im Erdsystem geworden ist. So impliziert der Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung, dass die Menschen Institutionen sowie Normen und Wertesysteme „erfinden“ müssen, um das Erdsystem im Anthropozän dauerhaft zu stabilisieren und damit die Existenzgrundlagen vieler künftiger Generationen zu erhalten. Diese Herausforderungen eines „Erdsystemmanagements“ (Schellnhuber 1999; Biermann 2008) gehen über die existierenden Weltbilder internationaler Politik deutlich hinaus.

Der Verweis auf Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel im Kontext der Dynamiken globaler Entwicklung sowie die Diskussion über das Klimasystem als Gemeinschaftsgut (*global common*) (Ostrom 2010) führen zu der Frage, wie globale Kooperation gestaltet werden kann, um die Transformation zur Klimaverträglichkeit zu ermöglichen (Keohane und Victor 2010; Oberthuer und Gehring 2005; Ostrom 2009; WBGU 2006; Messner und Weinlich 2016). In der Literatur wird auf vier zentrale Mechanismen verwiesen, die die

Klimaverhandlungen weiterhin schwierig und langwierig machen:

1. auf das aus der Konzeption der *tragedy of the commons* (Hardin 1968), der Gefahr der Übernutzung frei verfügbarer und begrenzter Ressourcen und der Theorie kollektiven Handelns (Olson 1965) bekannte „Trittbrettfahrerproblem“ (Nordhaus 2013). Es bedeutet, dass das Zustandekommen von Kooperationsallianzen (z. B. zum Schutz des Klimasystems) erschwert wird, wenn jemand, der sich nicht an diesen kooperativen Lösungen beteiligt, nicht an der weiteren Übernutzung bzw. Überlastung des Gemeinschaftsgutes gehindert werden kann;
2. auf Verteilungskonflikte zwischen Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern über die Kosten, die durch Treibhausgasreduzierungen entstehen, sowie über Verantwortlichkeiten zur Treibhausgasminimierung, die sich für jeweilige Länder(gruppen) aus historischen, gegenwärtigen und zukünftig zu erwartenden Emissionen ergeben (WBGU 2009; Ott et al. 2008; Depledge 2005; Pan 2009; Caney 2020);
3. auf die Sorge, dass radikale Treibhausgasreduzierungen die Wettbewerbsfähigkeit einzelner Ökonomien schädigen, Beschäftigungseinbußen zur Folge haben oder – so der Diskurs in Schwellen- und Entwicklungsländern – Prozesse nachholender Entwicklung blockieren könnten (Leggewie und Messner 2012; World Bank 2012; OECD 2010; Sinn 2008);
4. auf die spezifische Zeitstruktur des Klimaproblems, die darin besteht, dass schwerwiegende Folgen des Klimawandels erst in einigen Jahrzehnten zu erwarten sind, heute aber bereits bewirkt werden. Politische Systeme und Menschen in Entscheidungsprozessen reagieren jedoch primär auf aktuellen Problemdruck (Giddens 2009; Newton-Smith 1980; Zimmerman 2005; WBGU 2014).

Diese Kooperationshemmnisse sind Gründe dafür, dass die internationale Staatengemeinschaft 21 Verhandlungsrunden benötigte, um im Dezember 2015 in Paris einen alle Staaten in Verpflichtungen einbindenden Weltklimavertrag abzuschließen, obwohl die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels, seiner Ursachen, Treiber und Wirkungen seit geraumer Zeit gut verstanden und sogar von der überwiegenden Zahl der Staaten akzeptiert waren. Dieses Klimaabkommen sieht erstmals in der Geschichte der Klimadiplomatie eine Dekarbonisierung der Weltwirtschaft bis Mitte des 21. Jahrhunderts vor. Der Klimavertrag stellt einen Versuch dar, die Handlungsblockaden, die aus den vier Kooperationshemmnissen resultieren, durch Kompromisse, Selbstverpflichtungen der Staaten, Ausgleichszahlungen, Technologietransfer und Monitoringsysteme für die Umsetzung der Verein-

barungen zu überwinden. Auf Sanktionsmechanismen für Kooperationsverweigerer und Staaten, die ihren Verpflichtungen nicht nachkommen, haben sich die Staaten nicht einigen können. Dass 2020/21 China, die EU und die USA, aber auch viele Unternehmen weltweit angekündigt und spezifiziert haben, in den kommenden Dekaden Klimaneutralität zu erreichen, könnte ein Indiz dafür sein, dass eine Neuorientierung in Richtung Dekarbonisierung in den kommenden Jahren auch tatsächlich durchgesetzt wird. Dafür spricht auch eine Analyse von 130 Reports aus allen Weltregionen, die Optionen für eine Wiederbelebung der Wirtschaft in und nach der Corona-Pandemie ausleuchten. Es zeigt sich, dass nahezu alle Reports Investitionen in Klimaschutz und nachhaltige Infrastrukturen ins Zentrum ihre Überlegungen stellen (Burger et al. 2020).


### 36.3 Chancen und Risiken der Anpassung in komplexen Systemen

Chancen und Risiken der Anpassung an den Klimawandel sind sowohl auf globaler Ebene als auch im nationalen Maßstab bislang unzureichend quantifiziert und werden auch in Zukunft nur in Grenzen quantifizierbar sein (Watkiss 2009; JPI Climate 2011; Defra et al. 2012; Hirschfeld et al. 2015). Das stellt Fachleute in nationalen, regionalen und lokalen Entscheidungsprozessen vor teilweise erhebliche Probleme bei der Formulierung angemessener Anpassungspolitiken. Die Schwierigkeiten bei der Abbildung der Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen ergeben sich zum einen aus den klima- und ökosystemaren Unsicherheiten und Ungewissheiten, mit denen Klimaszenarien nach wie vor behaftet sind und voraussichtlich auch dauerhaft sein werden. Zum anderen folgen sie aus der Komplexität der angesprochenen wirtschaftlichen, sozialen und politischen Systeme, die durch den Klimawandel zu reaktivem und proaktivem Handeln herausgefordert sind (WBGU 2011; ► Kap. 27).

Mit den im September 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedeten „Zielen nachhaltiger Entwicklung“ (*Sustainable Development Goals* – SDGs) der „Agenda 2030“ wurden erstmals soziale und ökologische Nachhaltigkeitsziele systematisch verknüpft (United Nations 2015). Mehr als die Hälfte der 17 SDGs (► Abb. 31.1) und ihrer 169 Unterziele sind im weiteren Sinn sozialpolitisch. Damit tritt erstmals der Wohlfahrtsstaat als Institution klimapolitischer Steuerung in den Blick (Opielka 2017; Gough 2017; Koch und Mont 2017; Deeming 2021). Die sozialen Nachhaltigkeitsziele schließen ausdrücklich die Industrieländer ein, während die Millenniumsentwicklungsziele der vorherigen „Agenda 2015“ die Entwicklungsländer fokussierten (Vereinte Nationen 2015). Soziale und vor allem sozialpolitische Modernisierungsziele ändern sich

dabei im Kontext der Nachhaltigkeitsperspektive. Das Konzept „Soziale Nachhaltigkeit“ bietet einen analytischen Rahmen, die komplexen Nachhaltigkeitsziele in die Wohlfahrtsstaatsentwicklung einzugliedern (Opielka 2017; Opielka und Renn 2017; McGuinn et al. 2020). Bisher konzentrierten sich die Fragestellungen der „sozialökologischen“ Forschung und Politik auf das Management von Stoffströmen (Neckel et al. 2018), die Politik der SDGs fordert nun eine Einbettung der Klimapolitik in komplexe gesellschaftliche Transformationsmodelle. Die von der Bundesregierung regelmäßig aktualisierte Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie<sup>1</sup> und die Nachhaltigkeitsstrategien der Länder und kommunalen Gebietskörperschaften beziehen sich ausdrücklich auf die SDGs (Teichert und Buchholz 2016). Dies gilt auch für den *Green Deal* der EU-Kommission (European Commission 2020). Auf allen Ebenen des Regierens werden damit *Governance*-Modelle etabliert, die Komplexitätssteuerung ausdrücklich ganzheitlich verstehen.

Zielkonflikte und Synergien zwischen den Nachhaltigkeitszielen sind nicht nur Problem und Aufgabe politischer Steuerung. Vielmehr stellen sich auch methodisch-wissenschaftliche Probleme von Monitoring und Evaluation komplexer Klimaschutz- bzw. Mitigations- und Klimaanpassungsmaßnahmen, die wissenschaftliche Fundierung benötigen. Dabei kann auf zahlreiche interdisziplinäre Projekte zurückgegriffen werden, in denen die Interaktion von sozial- und umweltpolitischen Dimensionen der SDGs untersucht und modelliert wird (ICSU 2017; Collste et al. 2017; Soest et al. 2019). Sie zeigen nachdrücklich die Notwendigkeit der Wissensbasierung von Politik als Interessenausgleich und Legitimationskontext angesichts dieser hochkomplexen Zusammenhänge, für die Methoden der Zukunftsforschung wie Szenarienentwicklung und *forecasting* unverzichtbar werden (De Hoyos Guevara et al. 2019). Die Spannung von sozialer Gerechtigkeit und Klimaanpassung wird global als „Klimagerechtigkeit“ verhandelt (Ekarth 2012; Caney 2020). Die Verschärfung globaler und intergenerationaler Spannungen durch die Klimakrise erweiterte die im 19. Jahrhundert mit der „Großen Transformation“ (so der von Karl Polanyi geprägte Begriff) zum Kapitalismus entstandene „soziale Frage“ seit dem Ende des 20. Jahrhunderts zur „ökosozialen Frage“ (Opielka 1985; Deeming 2021), die durch die SDG-Perspektive nun in das allgemeine Bewusstsein tritt. Auch die 2020 einsetzende Coronapandemie hat deutlich gemacht, dass Klimapolitik und Sozial- bzw. Gesundheitspolitik systematisch verknüpft werden müssen (UN DESA 2020; Wiese und Mayrhofer 2020).

Der IPCC-Sonderbericht zum 1,5-Grad-Ziel hat die SDGs unmittelbar mit Optionen zur Minderung der Treibhausgasemissionen in den Bereichen der Energieversorgung, des Energiebedarfs und der Landnutzung in Beziehung gesetzt und dabei eine Reihe von Zielkonflikten, überwiegend aber Synergien identifiziert (IPCC 2018). Die aus dem Sonderbericht übernommene  Abb. 36.1 gibt einen Überblick über diese Synergien und Zielkonflikte.

Der Bericht weist ausdrücklich darauf hin, dass mit dem Ausweis von Synergien und Zielkonflikten in unterschiedlichem Ausmaß noch keine Aussagen über Nutzen und Kosten im ökonomischen Sinne getroffen werden. Auch die Nebeneffekte von Anpassungsmaßnahmen auf die Klimaschutzziele und die SDGs sind bisher wenig untersucht (IPCC 2018). Zielkonflikte sieht der IPCC Sonderbericht zum 1,5-Grad-Ziel unter anderem beim Anbau von Energiepflanzen zur Substitution fossiler Energieträger, da dieser in Konkurrenz zur Ernährungssicherheit und weiteren Aspekten einer nachhaltigen Entwicklung (wie Biodiversität) stehen kann. Deutliche Synergien sieht der Bericht dagegen zwischen 1,5-Grad-Pfaden und den SDGs Gesundheit, Saubere Energie, Städte und Gemeinden, Nachhaltigem Konsum und Produktion sowie Ozeane – dies jeweils mit „sehr hohem Vertrauen“ (IPCC 2018).

Nach den bisher vorliegenden Analysen zu Kosten und Nutzen der Anpassung an den Klimawandel in Deutschland zeichnen sich die vordringlichsten Anpassungsbedarfe und größten erreichbaren Anpassungsnutzen in den Bereichen Hitze, Hochwasser und Stürme ab (Hübler und Klepper 2007; Robine et al. 2008; Hinkel et al. 2010; Tröltzsch et al. 2011; GDV 2013; Lehr und Nieters 2015; IPCC 2014b; Lehr et al. 2020).

Zur Abwägung zwischen Chancen und Risiken der Anpassung lassen sich Kosten-Nutzen- und Multi-kriterienanalysen heranziehen. Letztere stellen die Effekte von Anpassungsmaßnahmen in der Vielfalt ihrer Dimensionen dar, ohne sie auf eine einheitliche Dimension von Geldwerten umzurechnen und damit unmittelbar vergleichbar zu machen.

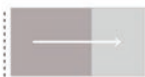
Die verschiedenen Dimensionen komplexer Systeme (wirtschaftliche, soziale, politische, ökologische Dimension) können durch Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in positiver, neutraler oder negativer Weise beeinflusst werden. Zusätzlich und über alle Politikfelder und Systemdimensionen hinweg sind die räumlichen und zeitlichen Skalenebenen zu beachten. Es ist in vielen Fällen von hoher Relevanz für die Entscheidung über die Vorteilhaftigkeit einer Anpassungsmaßnahme, ob die Wirkungen der Maßnahme vor einem kleinräumig-lokalen Betrachtungshintergrund bewertet werden oder auf einer überregionalen, nationalen oder sogar globalen Skalenebene. Ebenso ist es häufig entscheidend, ob Wirkungen kurz-, mittel- oder

1 ► <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/eine-strategie-begleitet-uns>

## Indikative Verknüpfungen zwischen Minderungsoptionen und nachhaltiger Entwicklung unter Verwendung der Sustainable Development Goals (SDGs) (Die Verknüpfungen zeigen keine Kosten und Nutzen)

In jedem Sektor können die angewendeten Minderungsoptionen mit möglichen positiven Auswirkungen (Synergien) oder negativen Auswirkungen (Zielkonflikte) bezüglich der Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) verbunden sein. Inwieweit dieses Potenzial verwirklicht wird, wird von dem gewählten Portfolio an Minderungsoptionen, der Gestaltung der politischen Minderungsstrategie und von lokalen Gegebenheiten und Kontext abhängen. Insbesondere im Energiebedarfssektor ist das Potenzial für Synergien größer als für Zielkonflikte. Die Balken gruppieren einzeln bewertete Optionen nach Vertrauensniveau und berücksichtigen die relative Stärke der bewerteten Verknüpfungen zwischen Minderung und SDG.

Länge zeigt Verbindungsstärke



Die gesamte Größe der farbigen Balken stellt das relative Potenzial für Synergien und Zielkonflikte zwischen den sektoralen Minderungsoptionen und den SDGs dar.

Schattierung zeigt Vertrauensniveau



Die Schattierungen stellen das Vertrauensniveau des bewerteten Potenzials für Zielkonflikte/Synergien dar.

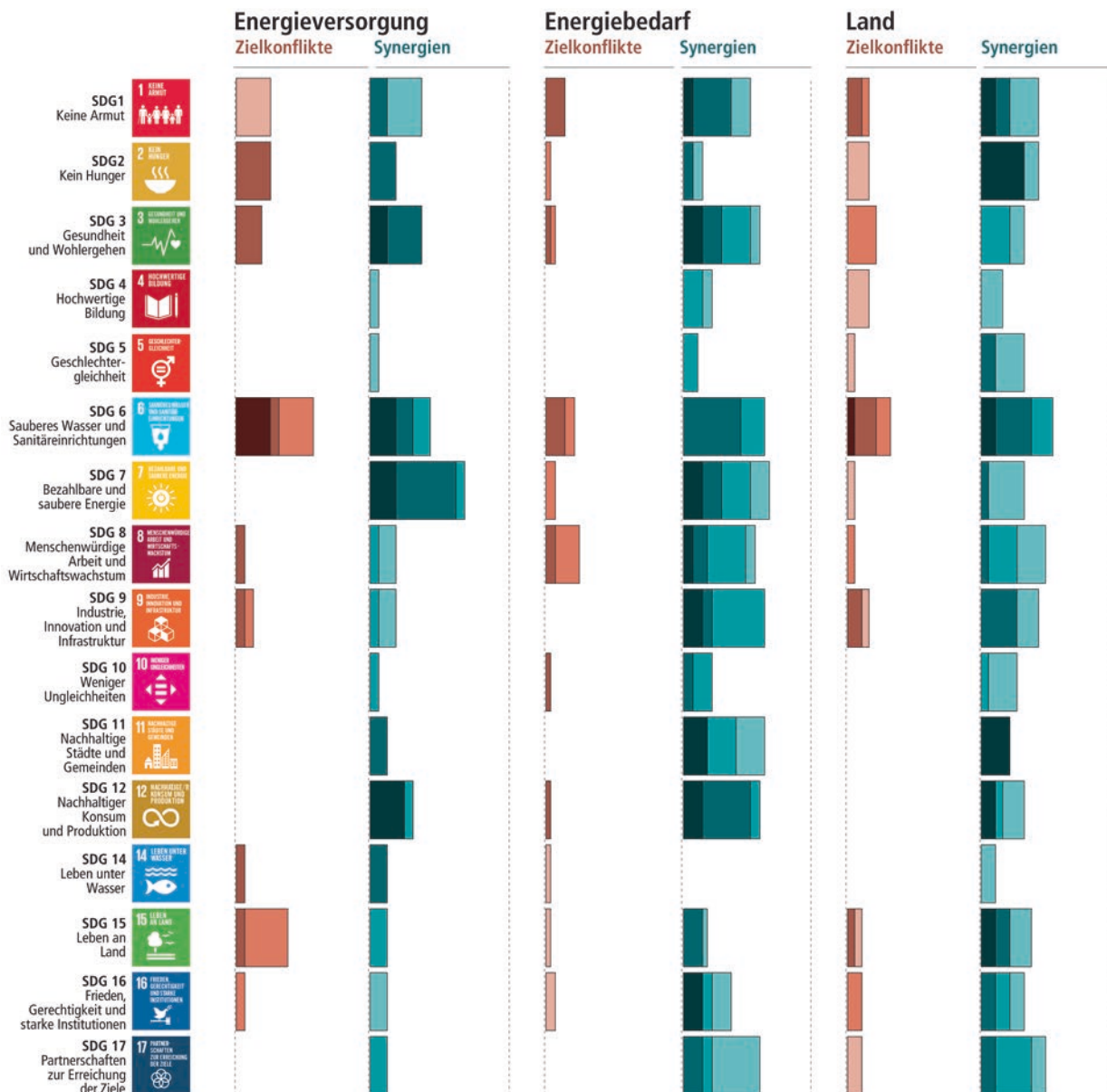


Abb. 36.1 Synergien und Konflikte von Treibhausgasminderungsoptionen mit Zielen für eine nachhaltige Entwicklung. (Abbildung: IPCC 2018)



langfristig betrachtet und in die Entscheidungsprozesse einbezogen werden (Padt und Arts 2014).

Zur Entscheidungsfindung müssen die Systemdimensionen untereinander gewichtet werden. Außerdem sind für die einzelnen Dimensionen kritische Untergrenzen zu beachten, bei deren Unterschreitung die Stabilität der jeweiligen Systeme gefährdet wird (etwa einzelbetriebliche Rentabilität, sozialer Frieden, Resilienz des betroffenen Ökosystems). Sowohl die Gewichtung als auch die Bezugnahme auf bestimmte räumliche und zeitliche Skalenebenen (lokal oder global, kurz- oder langfristig) können nur auf Grundlage von Werturteilen vorgenommen werden und sind damit im politischen Prozess zu treffende Entscheidungen. Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sind also nicht allein aus individueller oder betriebswirtschaftlicher Perspektive zu betrachten, wenn unerwünschte Nebeneffekte oder sogar negative Gesamteffekte vermieden werden sollen (Hirschfeld et al. 2015; Lehr et al. 2020). Gleichzeitig stellen nur wenige Anpassungsmaßnahmen *Win-win-win*-Lösungen für alle gesellschaftlichen Gruppen in allen Systemdimensionen und auf allen Skalenebenen dar. Häufig müssen in mindestens einer der Systemdimensionen Abstriche hingenommen werden, um die in einer anderen Dimension oder auf einer anderen Skalenebene gesetzten Ziele zu erreichen. Bei der Gestaltung von Anpassungspolitik sollten potenzielle Anpassungsmaßnahmen also im Hinblick auf ihre komplexen Auswirkungen in den verschiedenen Systemdimensionen analysiert und ihre Ansatzpunkte auf den verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen berücksichtigt werden. Entsprechend der Vielzahl der angesprochenen Systemdimensionen sind dabei die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen sozial- und naturwissenschaftlichen Forschungsdisziplinen sowie die Einbeziehung der jeweils betroffenen und handlungsrelevanten Gruppen notwendig (Brown et al. 2017; IPCC 2017).

Auf einzelwirtschaftlicher Ebene begrenzen Budgetrestriktionen und teilweise abträgliche Anreizsituationen die Handlungsmöglichkeiten von Unternehmen und Haushalten. In vielen Fällen fehlt bislang auch das Wissen über geeignete Anpassungsoptionen. Hier können durch Informationsbereitstellung sowie geeignete institutionelle Rahmensetzungen Anreizmuster verändert und Möglichkeiten zu autonomen Anpassungsanstrengungen eröffnet werden (► Kap. 39). Staatliche Institutionen haben hierzu in den letzten Jahren eine Vielzahl von Aktivitäten zur Anpassung an den Klimawandel gestartet (► Kap. 37). Damit könnten bei Haushalten und Unternehmen *Win-win*-Potenziale gezielt erzeugt und genutzt werden. Die neuere Nachhaltigkeitsdiskussion zu Vulnerabilität und Resilienz vernachlässigte dabei die Rolle der Sozialpolitik (Stieß et al. 2012; Tappesser et al. 2017). Die COVID-19-Pandemie hat weltweit deutlich ge-

macht, wie wichtig universalistische, an Bürger- und Menschenrechten orientierte Sicherungssysteme sind. Noch ist nicht wirklich allgemein bewusst, wie bedeutungsvoll der Wohlfahrtsstaat auch für die Bewältigung der Klimakrise sein wird, nur mit ihm ist Klimagerechtigkeit institutionell abzusichern (Deeming 2021). Zugleich trägt eine Konstruktion des Wohlfahrtsstaates, die die Wachstumslogik durch Erwerbsarbeitszentrierung verlängert und häufig verstärkt (Opielka 2017), zur Beschleunigung der Klimakrise bei. Eine Neuordnung der Sozialsysteme in Richtung eines Klimaanpassung und Klimaresilienz durch die Absicherung von Vulnerabilität unterstützenden „Grund-einkommens“ oder vergleichbarer Instrumente sozialer Nachhaltigkeit (McGuinn et al. 2020; Wiese und Mayrhofer 2020) erfordert die Einbeziehung aller relevanten Stakeholder und eine innovations- und risikofreundliche Politik, die Modelle wie ein „Zukunftslabor“ fördert (Opielka und Peter 2020). Für Wirtschaftsverbände, Nichtregierungsorganisationen und Vereine gilt es, ihre Mitglieder über Klimafolgen und Anpassungsoptionen zu informieren und sie zu diskutieren. Eine gemeinsame oder auch individuelle Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ist beratend in innovativen Allianzen zu begleiten (Sharp et al. 2020; ► Kap. 37).

Die Forschung schließlich kann Praxisfragen, Wissensbedarfe und vorhandenes Systemwissen der in diesem Kapitel genannten Handelnden, Beteiligten und Betroffenen aufnehmen und in einem inter- und transdisziplinären Forschungsprozess (Jahn 2008) Wissen über die potenziellen Folgen des Klimawandels und die Chancen und Risiken von Klimaanpassungsmaßnahmen auf den verschiedenen Ebenen komplexer wirtschaftlicher, sozialer, politischer und ökologischer Systeme erarbeiten. Auf dieser Grundlage können wissenschaftliches Wissen mit gesellschaftlichen Visionen und Wertvorstellungen zusammengeführt, Klimateilnahme entwickelt (► Kap. 38) und wissenschaftsbasierte Transformationen (WBGU 2011) in Richtung einer klimaresilienten Gesellschaft ausgehandelt und angestoßen werden.

### 36.4 Kurz gesagt

Mangelnder Klimaschutz kann das Klimasystem in Zustände bringen, in denen Kippunkte erreicht und Anpassungskapazitäten empfindlich überschritten werden. Zur Einhaltung des Eineinhalb- bis Zwei-Grad-Zieles wird ein Ausmaß an Klimaschutz notwendig sein, das über behutsame Strukturanpassungen in kleinen Schritten weit hinausgehen muss: Es bedarf einer „großen Transformation“ nationaler und globaler Wirtschaftsweisen, Rahmenbedingungen und Entwicklungspfade, sodass die Dekarbonisierung in den Mittelpunkt der gesellschaftlichen Entwicklung rü-

cken kann. Unter anderem sind eine konsequente Dekarbonisierung der Energiesysteme, der Landnutzung, des Wohnens und der Mobilität erforderlich. Das Pariser Klimaabkommen von 2015 war ein wichtiger Schritt in diese Richtung, dem bereits einige nationale Politikmaßnahmen und klimafreundliche einzelwirtschaftliche Entscheidungen gefolgt sind, die in ihrer Gesamtdimension aber bislang noch bei Weitem nicht ausreichen, um die Einhaltung des Eineinhalb- bis Zwei-Grad-Zieles zu gewährleisten.

Schon auf nationaler Ebene stehen gesellschaftliche Gruppen und politisch Entscheidungstragende vor komplexen Analyse- und Steuerungsproblemen. Um Klimarisiken zu begegnen und Chancen der Klimaanpassung auszuschöpfen, müssen die verschiedenen Systemdimensionen (wirtschaftliches, soziales, politisches und ökologisches Subsystem), die unterschiedlichen Ziele einer nachhaltigen Entwicklung (SDGs) sowie dabei außerdem räumliche und zeitliche Skalenebenen berücksichtigt und Fachleute aus der Praxis einbezogen werden. Erweiterte Kosten-Nutzen-Analysen, die diese Vielzahl von Systemdimensionen und Skalenebenen einbeziehen oder auch mit Multi-kriterienanalysen gekoppelt werden können, sind geeignet, Politikerinnen und Politiker bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Eine Abkopplung von Wohlstandsentwicklung und Emissionsausstoß und damit eine Vermeidung von *Rebound*-Effekten kann jedoch nur gelingen, wenn sich zugleich veränderte Lebensstile und Konsummuster, neue Wohlfahrtskonzepte sowie Normen und Wertesysteme durchsetzen, die den Erhalt der globalen Gemeinschaftsgüter als unverzichtbar begreifen. Nur so kann eine Transformation in Richtung einer klimaresilienten Gesellschaft angestoßen, umgesetzt und verstetigt werden.

## Literatur

- Adger WN, Dessai S, Goulden M, Hulme M, Lorenzoni I, Nelson DR, Naess LO, Wolf J, Wreford A (2009) Are there social limits to adaptation to climate change? *Clim Chang* 93:335–354
- Allen MR, Frame DJ, Huntingford C, Jones CD, Lowe JA, Meinshausen M, Meinshausen N (2009) Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature* 458:1163–1166
- Biermann F (2008) Earth system governance. A research agenda. In: Young OR, King LA, Schroeder H (Hrsg) *Institutions and environmental change. Principal findings, applications, and research frontiers*. MIT Press, Cambridge, S 277–301
- Bosello F, Carraro C, De Cian E (2010) Climate policy and the optimal balance between mitigation, adaptation and unavoided damage. *Clim Chang Econ* 1:71–92
- Brand U, Brunnengräber A, Andresen S, Driessen P, Haberl H, Hausknost D, Helgenberger S, Hollaender K, Læssøe J, Oberthür S, Omann I, Schneidewind U (2013) Debating transformation in multiple crises. ISSC, UNESCO, (2013) *World social science report 2013: changing global environments*. OECD Publishing and UNESCO Publishing, Paris
- Brown C, Alexander P, Holzhauser S, Rounsevell M (2017) Behavioral models of climate change adaptation and mitigation in land-based sectors. *Wiley Interdiscip Rev Clim Chang* 8(2)
- de Bruin KC, Dellink RB, Tol RS (2009) AD-DICE: an implementation of adaptation in the DICE model. *Clim Chang* 95:63–81
- Burger A, Kristof K, Matthey A (2020) The new green consensus: broad consensus on green recovery programmes and structural reforms. German Environment Agency, Dessau
- Caney S (2020) Climate justice. In: Zalta EA (Hrsg) *The stanford encyclopedia of philosophy*. ► <https://plato.stanford.edu/archives/sum2020/entries/justice-climate>
- Chum H, Faaij A, Moreira J, Berndes G, Dharmija P, Dong H, Gabrielle B, Eng AG, Lucht W, Mapako M, Cerutti OM, McIntyre T, Minowa T, Pingoud K (2011) Bioenergy. In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Seyboth K, Matschoss P, Kadner S, Zwickel T, Eickemeier P, Hansen G, Schlömer S, Stechow C von (Hrsg) *Climate change 2014*. Cambridge University Press, Cambridge
- Collste D, Pedercini M, Cornell, S (2017) Policy coherence to achieve the SDGs – using integrated simulation models to assess effective policies. *Sustain Sci*12(3)
- Cramer W, Yohe GW, Auffhammer M, Huggel C, Molau U, da Silva Dias MAF, Solow A, Stone DA, Tibig L (2014) Detection and attribution of observed impacts. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, S 979–1037
- Crippa M, Oreggioni G, Guizzardi D, Muntean M, Schaaf E, Lo Vullo E, Solazzo E, Monforti-Ferrario F, Olivier JGJ, Vignati E (2019) Fossil CO<sub>2</sub> and GHG emissions of all world countries – 2019 report, EUR 29849 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg
- Crutzen P (2000) The anthropocene. *Glob Chang Newsl* 41:17–18
- De Hoyos Guevara A, Garostidi IZ, Alegria R (2019) Strategic foresight for sustainable development. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 8(3)
- Deeming C (Hrsg) (2021) *The struggle for social sustainability. Moral conflicts in global social policy*. Policy Press, Bristol
- Defra, Scottish Government, Welsh Government, Department of the Environment Northern Ireland (2012) *The UK climate change risk assessment report 2012*. Government report, London
- Depledge J (2005) *The organization of global negotiations: constructing the climate change regime*. Earthscan, London
- Dessai S, Hulme M (2007) Assessing the robustness of adaptation decisions to climate change uncertainties: a case study on water resources management in the East of England. *Glob Environ Chang* 17:59–72
- Duarte CM, Lenton TM, Wadhams P, Wassmann P (2012) Abrupt climate change in the Arctic. *Nat Clim Chang* 2:60–62
- Edenhofer O, Stern N (2009) *Towards a global green recovery – recommendations for immediate G20 action*. A study initiated by the Federal Foreign Office and carried out by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and the London School of Economics. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam
- Ekardt F (Hrsg) (2012) *Klimagerechtigkeit. Ethische, rechtliche, ökonomische und transdisziplinäre Zugänge*. Metropolis, Marburg
- European Commission (2020) *Delivering on the UN's Sustainable Development Goals – a comprehensive approach*. SWD (2020) 400 final. Brussels
- EWI – Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Prognos AG und GWS – Gesellschaft für Wirtschaftliche 393 Strukturforchung (2010) *Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung*. Projekt Nr. 12/10. EWI, Prognos, GWS, Köln
- Fankhauser S (2010) The costs of adaptation. *Wiley Interdiscip Rev Clim Chang* 1:23–30

- Filho WL, Nalau J (2018) Limits to climate change adaptation. Springer, Heidelberg
- Fisher-Vanden K, Wing IS, Lanzi E, Popp D (2013) Modeling climate change feedbacks and adaptation responses: recent approaches and shortcomings. *Clim Chang* 117(3):481–495
- Folke C, Carpenter SR, Walker B, Scheffer M, Chapin T, Rockström J (2010) Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecol Soc* 15(4):20
- Frieler K, Meinshausen M, Golly A, Mengel M, Lebek K, Donner SD, Hoegh-Guldberg O (2012) Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs. *Nat Clim Chang* 3:165–170
- GDV Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (2013) Naturgefahrenreport 2013. ► [http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2014/08/GDV\\_Naturgefahrenreport\\_2013n.pdf](http://www.gdv.de/wp-content/uploads/2014/08/GDV_Naturgefahrenreport_2013n.pdf). Zugegriffen: 30. Mai 2016
- Gesang B (2011) Klimaethik. Suhrkamp, Frankfurt
- Giddens A (2009) The politics of climate change. Oxford University Press, Oxford
- Global Commission on the Economy and Climate (2014) The new climate economy. ► [www.newclimateeconomyreport.com](http://www.newclimateeconomyreport.com)
- Gough I (2017) Heat, greed and human need. Climate change, capitalism and sustainable wellbeing. Edward Elgar, Cheltenham
- Grin J, Rotmans J, Schot J (2010) Transitions to sustainable development. New directions in the study of long term transformative change. Routledge, London
- Guo J, Hepburn CJ, Tol RS, Anthoff D (2006) Discounting and the social cost of carbon: a closer look at uncertainty. *Environ Sci Policy* 9:205–216
- Hallegatte S (2009) Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environ Chang* 19:240–247
- Hallegatte S, Shah A, Lempert R, Brown C, Gill S (2012) Investment decision making under deep uncertainty. Background paper prepared for this report. World Bank, Washington DC
- Hardin G (1968) The tragedy of the commons. *Science* 162:1243–1248
- Hinkel J, Nicholls RJ, Vafeidis A, Tol RSJ, Avagianou T (2010) Assessing risk of and adaptation to sea-level rise in the European Union: an application of DIVA. *Mitig Adapt Strat Glob Chang* 15(7):1–17
- Hirschfeld J, von Möllendorff C (2015) Klimaökonomie braucht erweiterte Bewertungsmaßstäbe. *Ökologisches Wirtschaften* 30(1):23–25
- Hirschfeld J, Pissarskoi E, Schulze S, Stöver J (2015) Kosten des Klimawandels und der Anpassung an den Klimawandel aus vier Perspektiven – Impulse der deutschen Klimaökonomie zu Fragen der Kosten und Anpassung. Hintergrundpapier zum 1. Forum Klimaökonomie des BMBF-Förderschwerpunktes „Ökonomie des Klimawandels“, Berlin
- Hoegh-Guldberg O (2011) Coral reef ecosystems and anthropogenic climate change. *Reg Environ Chang* 11:215–227
- Hübler M, Klepper G (2007) Kosten des Klimawandels. Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Aktualisierte Fassung 07/2007. Arbeitspapier im Auftrag des WWF Deutschland, Frankfurt a. M.
- ICSU – International Science Council (2017) Annual Report ► <https://council.science/icsu-annual-report-2017/>
- IEA – International Energy Agency (2010) Energy balances of IEA countries. IEA, Paris
- IPCC (2012) Meeting report of the intergovernmental panel on climate change. Expert meeting on Geoengineering. IPCC, Genf., S 99
- IPCC (2013) Summary for policymakers. In: Stocker TF, Qin D, Plattner G, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (Hrsg) Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, S 33
- IPCC (2014a) Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment. Report of the intergovernmental panel on climate change. In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Farahani E, Kadner S, Seyboth K, Adler A, Baum I, Brunner S, Eickemeier P, Kriemann B, Savolainen J, Schlömer S, von Stechow C, Zwickel T, Minx JC (Hrsg) Cambridge University Press, Cambridge
- IPCC (2014b) Climate change 2014. Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. IPCC, Genf. (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Hrsg))
- IPCC (2014c) Summary for policymakers. In: Field CB et al (Hrsg) Climate change 2014: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge
- IPCC (2017) Chapter outline of the working group II contribution to the IPCC sixth assessment report (AR6) As adopted by the panel at the 46th session of the IPCC. Switzerland, Geneva
- IPCC (2018) Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: 1,5 °C globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (Hrsg)]. World Meteorological Organization, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung auf Basis der Version vom 14.11.2018. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, ProClim/SCNAT, Österreichisches Umweltbundesamt, Bonn/Bern/Wien, November 2018
- IPCC (2021) Climate change 2021. The Physical Science Basis. AR6 WGI. ► <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Jackson T (2009) Prosperity without growth. Routledge, London
- Jahn T (2008) Transdisziplinarität in der Forschungspraxis. In: Bergmann M, Schramm E (Hrsg) Transdisziplinäre Forschung. Integrative Forschungsprozesse verstehen und bewerten. Campus, Frankfurt, S 21–37
- Jakob M, Steckel JC (2014) How climate change mitigation could harm development in poor countries. *WIREs Clim Chang* 5:161–168
- JPI (Joint Programming Initiative) Climate (Hrsg) (2011) Strategic research agenda. Helsinki
- Kaplinsky R, Messner D (2008) The impacts of Asian drivers on the developing world. *World Dev* 36(2):197–209
- Keohane RO, Victor DG (2010) The regime complex for climate change. The Harvard Project on International Climate Agreements. Harvard University, Cambridge
- Kharas H (2010) The emerging middle class in developing countries. OECD Development Centre Working Paper, Bd 285
- Klein RJT, Huq S, Denton F, Downing TE, Richels RG, Robinson JG, Toth FL (2007) Inter-relationships between adaptation and mitigation. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (Hrsg) Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, S 745–777
- Koch M, Mont O (Hrsg) (2017) Sustainability and the political economy of welfare. Routledge, London
- Kriegler E, O'Neill BC, Hallegatte S, Kram T, Lempert RJ, Moss RH, Wilbanks T (2012) The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: a new approach based on

- shared socio-economic pathways. *Glob Environ Chang* 22:807–822
- Leggiewe C, Messner D (2012) The low-carbon transformation: a social science perspective. *J Renew Sus Energy* 4
- Lehr U, Nieters A (2015) Makroökonomische Bewertung von Extremwetterereignissen in Deutschland. *Ökologisches Wirtschaften* 30(1):18–20
- Lehr U, Flaute M, Ahmann L, Nieters A, Hirschfeld J, Welling M, Wolff C, Gall A, Kersting J, Mahlbacher M, von Möllendorff C (2020) Vertiefte ökonomische Analyse einzelner Politikinstrumente und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel Abschlussbericht. UBA-Reihe Climate Change | 43/2020. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Lenton TM (2012) Arctic climate tipping points. *AMBIO J Hum Environ* 41:10–22
- Lenton TM, Held H, Kriegler E, Hall JW, Lucht W, Rahmstorf S, Schellnhuber HJ (2008) Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS* 105:1786–1793
- Lenton TM, Rocktröm J, Gaffney O, Rahmstorf S, Steffen W, Schellnhuber H (2019) Climate tipping points – too risky to bet against. *Nat Comment*
- Levermann A, Bamber JL, Drijfhout S, Ganopolski A, Hauberli W, Harris NR, Huss M, Krüger K, Lenton TM, Lindsay RW (2012) Potential climatic transitions with profound impact on Europe. *Clim Chang* 110:845–878
- Luderer G, Pietzcker RC, Bertram C, Kriegler E, Meinshausen M, Edenhofer O (2013) Economic mitigation challenges: how further delay closes the door for achieving climate targets. *Environ Res Lett* 8:034033
- Martens P, Rotmans J (2002) Transitions in a globalizing world. Swets & Zeitlinger, Tokio
- McGuinn J, Fries-Tersch E, Jones M, Crepaldi C, Masso M, Kadarik I, Samek Lodovici M, Drufuca S, Gancheva M, Geny B (2020) Social sustainability. Concepts and benchmarks. PE 648.782. European Parliament, Brussels
- Mechler R, Bouwer LM, Schinko T, Surminski S, Linnerooth-Bayer JA (Hrsg) (2019) Loss and damage from climate change. Concepts, methods and policy options. Springer Nature, Switzerland
- Meinshausen M, Meinshausen N, Hare W, Raper SCB, Frieler K, Knutti R, Frame DJ, Allen MR (2009) Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. *Nature* 458:1158–1161
- Messner D (2015) A social contract for low carbon and sustainable development – reflections on non-linear dynamics of social realignments and technological innovations in transformation processes. *Technol Forecast Soc Chang* 98(9):260–270
- Messner D, Weinlich S (2016) The evolution of human cooperation: lessons learned for the future of global governance. In: Messner D, Weinlich S (Hrsg) *Global cooperation and the human factor in international relations*. Routledge, New York, S 3–46
- Moser SC (2012) Adaptation, mitigation, and their disharmonious discontents: an essay. *Clim Chang* 111:165–175
- Moser SC, Jeffress Williams S, Boesch DF (2012) Wicked challenges at land's end: managing coastal vulnerability under climate change. *Annu Rev Environ Resour* 37:51–78
- Nakicenovic N, Alcamo J, Davis G et al (2000) Special report on emissions scenarios. Working group III. Cambridge University Press, Cambridge
- Neckel S, Besedovsky N, Boddenberg M, Hasenfratz M, Pritz SM, Wiegand T (2018) Die Gesellschaft der Nachhaltigkeit. Umrisse eines Forschungsprogramms. Transcript. Bielefeld
- Newton-Smith WH (1980) *The structure of time*. Routledge, London
- Nordhaus WD (2013) *The climate casino*. Yale University Press, New Haven
- Oberthuer S, Gehring T (2005) Reforming international environmental governance: an institutional perspective on proposals for a world environment organization. In: Biermann F, Bauer S (Hrsg) *A world environment organization: solution or threat for effective international environmental governance?* Ashgate, Aldershot, S 205–235
- OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2010) *Perspectives on global development 2010: shifting wealth*. OECD, Paris
- Olivier JGJ, Peters JAHW (2020) Trends in global CO<sub>2</sub> and total greenhouse gas emissions: 2019 report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague
- Olson M (1965) *The logic of collective action: public goods and the theory of groups*. Harvard University Press, Cambridge
- Opielka M (Hrsg) (1985) *Die öko-soziale Frage. Alternativen zum Sozialstaat*. Fischer, Frankfurt
- Opielka M (2017) *Soziale Nachhaltigkeit. Auf dem Weg zur Internationalisierungsgesellschaft*. Oekom, München
- Opielka M, Peter S (2020) *Zukunftslabor Schleswig-Holstein. Zukunftsszenarien und Reformszenarien*. Unter Mitarbeit von Kathrin Ehmman und Timo Hutflesz. ISÖ-Text 2020-1. BoD, Norderstedt
- Opielka M, Renn O (Hg) (2017) *Symposium: Soziale Nachhaltigkeit*. ISÖ-Text 2017-4. BoD, Norderstedt
- Ostrom E (2009) A polycentric approach for coping with climate change. Background paper to the 2010 World Development Report. Policy Research Paper 5095. World Bank, Washington
- Ostrom E (2010) Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. *Glob Environ Chang* 20:550–557
- Ott HE, Sterk W, Watanabe R (2008) The Bali roadmap: new horizons for global climate policy. *Clim Policy* 8:91–95
- Padt F, Arts B, (2014) Concepts of scale. In: Padt F, Opdam P, Polman N, Termeer C (Hrsg) (2014) *Scale-sensitive governance of the environment*. Wiley, Chichester
- Pan J (2009) Carbon budget proposal. Research center for sustainable development. Chinese Academy of Social Sciences, Peking
- Parry M (2009) Closing the loop between mitigation, impacts and adaptation. *Clim Chang* 96:23–27
- Parry M, Lowe J, Hanson C (2009) Overshoot, adapt and recover. *Nature* 458:1102–1103
- Patt AG, van Vuuren DP, Berkhout F, Aaheim A, Hof AF, Isaac M, Mechler R (2010) Adaptation in integrated assessment modeling: where do we stand? *Clim Chang* 99:383–402
- Pörtner H-O, Karl D, Boyd PW et al (Hrsg) (2014) *Climate change: impacts, adaptation and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, S 411–484
- Post E, Forchhammer MC, Bret-Harte MS et al (2009) Ecological dynamics across the Arctic associated with recent climate change. *Science* 325:1355–1358
- Preston BL, Dow K, Berkhout F (2013) The climate adaptation frontier. *Sustainability* 5:1011–1035
- Purr K, Günther J, Lehmann H, Nuss P (2019) Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE – Studie. Umweltbundesamt, Dessau
- Robine JM, Cheung SL, le Roy S, van Oyen H, Griffiths C, Michel JP, Herrmann FR (2008) Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol* 331(2):171–178
- Rockström J, Gaffney O, Rogelj J, Nakicenovic N, Schellnhuber H (2017) A roadmap for rapid decarbonization. *Science* 355(6331):1269–1271
- Rotmans J, Kemp R, van Asselt M (2001) More evolution than revolution: transition management in public policy. *J Futures Stud Strat Think Pol* 3:15–31
- Sachs J, Schmidt-Traub G, Mazzucati M, Messner D, Nakicenovic N, Rockström J (2019) Six transformations to achieve the sustainable development goals. *Nat Sustain* 2:805–814

- Schellnhuber H-J (1999) Earth system analysis and the second Copernican Revolution. Eingeladener Beitrag für das „Supplement to Nature“ 402(6761):C19–C23
- Schmitz H, Johnson O, Altenburg T (2013) Rent management. The heart of green industrial policy. IDS Working Paper, Bd 418. IDS, Brighton
- Sharp H, Petschow U, Arlt HJ, Jacob K, Kalt G, Schipperges M (2020) Neue Allianzen für sozial-ökologische Transformationen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Sinn HW (2008) Public policies against global warming: a supply side approach. *Int Tax Public Financ* 15:360–394
- Skidelsky R, Skidelsky E (2012) How much is enough? Money and the good life. Allen Lane, London (dt. Übers. (2013). Wie viel ist genug? Kunstmann, München
- Smith MS, Horrocks L, Harvey A, Hamilton C (2011) Rethinking adaptation for a 4 C world
- van Soest H, van Vuuren D, Hilaire J, Minx JC, Harmsen MJHM, Krey V, Popp A, Riahi K, Luderer G (2019) Analysing interactions among sustainable development goals with integrated assessment models. *Glob Transit* 1:210–225
- Stern N (2013) The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models. *J Econ Lit* 51:838–859
- Spence M (2011) The next convergence: the future of economic growth in a multispeed world. Farrar, Straus and Giroux, New York
- Stieß I, Götz K, Schultz I, Hammer C, Schietinger E, van der Land V, Rubik F, Kreß M (2012) Analyse bestehender Maßnahmen und Entwurf innovativer Strategien zur verbesserten Nutzung von Synergien zwischen Umwelt- und Sozialpolitik, Texte 46-2012. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Tappesser V, Weiss D, Kahlenborn W (2017) Nachhaltigkeit 2.0 – Modernisierungsansätze zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Diskurs „Vulnerabilität und Resilienz“. Texte 91-2017. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Teichert V, Buchholz R (2016) Die Nachhaltigkeitsstrategien der Bundesländer im Kontext der 2030-Agenda und ihre Relevanz für Kommunen. FEST, Heidelberg
- Tröltzsch J, Görlach B, Lückge H, Peter M, Sartorius C (2011) Ökonomische Aspekte der Anpassung an den Klimawandel. Literaturlauswertung zu Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. *Clim Chang*, Bd 19. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- UN DESA (2020) Impact of COVID-10 on SDG progress – a statistical perspective. Policy Brief No 81, New York
- UNFCCC (2016) Decision 3/CP.22, Warsaw international mechanism for loss and damage associated with climate change impacts, UN Doc FCCC/CP/2016/10/Add.1
- United Nations – General Assembly (2015) Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1
- van Ierland EC, de Bruin K, Watkiss P (2013) Multi-criteria analysis: decision support methods for adaptation. MEDIATION Project. Briefing Note 6, S 1–9
- Vereinte Nationen (2015) Millenniums-Entwicklungsziele. Bericht 2015. Vereinte Nationen, New York
- Vetter A, Schauser I (2013) Adaptation to climate change: prioritizing measures in the German adaptation strategy. *Gaia* 22(4):248–254
- Van Vuuren DP, Isaac M, Kundzewicz ZW, Arnell N, Barker T, Criqui P, Berkhout F, Hilderink H, Hinkel J, Hof A (2011) The use of scenarios as the basis for combined assessment of climate change mitigation and adaptation. *Glob Environ Chang* 21:575–591
- Walker BC, Holling S, Carpenter SR, Kinzig A (2004) Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecol Soc* 9(2):5
- Warren R (2011) The role of interactions in a world implementing adaptation and mitigation solutions to climate change. *Phil Trans R Soc A* 369:217–241
- Wassmann P, Lenton TM (2012) Arctic tipping points in an Earth system perspective. *Ambio* 41:1–9
- Watkiss P (2009) Potential costs and benefits of adaptation options: a review of existing literature. UNFCCC Technical paper 2009/2. Eigenverlag, Bonn
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2006) Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer. Sondergutachten 2006. WBGU, Berlin
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2009) Kassensturz für den Weltklima-vertrag – Der Budgetansatz. WBGU, Berlin
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011) Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. WBGU, Berlin
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2014) Klimaschutz als Weltbürgerbewegungen. WBGU, Berlin
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016) Humanity on the move. Unlocking the transformative power of cities. WBGU, Berlin
- Weitzman ML (2009) On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change. *Rev Econ Stat* 91:1–19
- Weitzman ML (2013) Tail-hedge discounting and the social cost of carbon. *J Econ Lit* 51:873–882
- Wiese K, Mayrhofer J (2020) Escaping the growth and jobs treadmill. A new policy agenda for post-coronavirus Europe. EEB, YFJ, Brussels
- Wilby RL, Dessai S (2010) Robust adaptation to climate change. *Weather* 65:180–185
- Williams M, Zalasiewicz J, Haywood A, Ellis M (2011) Special theme issue: the Anthropocene – a new epoch of geological time. *Philos Trans R Soc* 369:842–867
- World Bank (2010) Economics of adaptation to climate change – synthesis report. World Bank, Washington DC, S 136
- World Bank (2012) Inclusive green growth – the pathway to sustainable development. World Bank, Washington DC
- Zimmerman D (2005) The A-theory of time, the B-theory of time, and taking tense seriously. *Dialectica* 59:401–457

**Open Access** Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

