

ipcc

ZWISCHENSTAATLICHER AUSSCHUSS FÜR Klimaänderungen

# KLIMAÄNDERUNG 2014

*Minderung des Klimawandels*

## HÄUFIG GESTELLTE FRAGEN UND ANTWORTEN

WGIII

BEITRAG DER ARBEITSGRUPPE III ZUM FÜNFTEN  
SACHSTANDSBERICHT DES ZWISCHENSTAATLICHEN  
AUSSCHUSSES FÜR KLIMAÄNDERUNGEN (IPCC)



WMO



UNEP

# Klimaänderung 2014

## Minderung des Klimawandels

### Häufig gestellte Fragen und Antworten

Aus dem Bericht der Arbeitsgruppe III des IPCC, dem das Plenum zugestimmt – nicht im Detail verabschiedet – hat.

### Beitrag der Arbeitsgruppe III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC)

#### Herausgegeben von

**Ottmar Edenhofer**

Ko-Vorsitzender der Arbeitsgruppe III  
Department of Global Ecology  
Carnegie Institution for Science

**Ramón Pichs-Madruga**

Ko-Vorsitzender der Arbeitsgruppe III  
Centro de Investigaciones de la  
Economía Mundial

**Youba Sokona**

Ko-Vorsitzender der Arbeitsgruppe III  
South Centre

**Jan C. Minx**

Leiter der Geschäftsstelle

**Ellie Farahani**

Organisatorische Leiterin

**Susanne Kadner**

Wissenschaftliche Leiterin

**Kristin Seyboth**

Stellvertretende  
wissenschaftliche Leiterin

**Anna Adler**

Teamassistentin

**Ina Baum**

Projektkoordinatorin

**Steffen Brunner**

Leitender wissenschaftlicher  
Mitarbeiter Ökonomie

**Patrick Eickemeier**

Wissenschaftlicher Redakteur

**Benjamin Kriemann**

IT-Verantwortlicher

**Jussi Savolainen**

Webmanager

**Steffen Schlömer**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Christoph von Stechow**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Timm Zwickel**

Leitender wissenschaftlicher  
Mitarbeiter

Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe III

## Englisches Original

© 2014 Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC, 2014: *Frequently Asked Questions in Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Herausgegeben von: Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, WMO/UNEP)

Die englische Originalversion dieses Dokuments ist in elektronischer Form auf der IPCC-Webseite unter <http://ipcc.ch/report/ar5/> erhältlich. Die Druckversion ist bei Cambridge University Press erschienen und kann über den Buchhandel bezogen werden.

Titelfoto: China, Shanghai, Luftaufnahme © Ocean/Corbis

Die verwendeten Bezeichnungen und die Darstellungen auf Karten implizieren keine wie auch immer geartete Meinung seitens des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen im Hinblick auf den Rechtsstatus irgendeines Landes, eines Gebietes, einer Stadt oder Gegend bzw. dessen/deren Behörden, oder im Hinblick auf deren Grenzen.

## Deutsche Übersetzungen

Die vorliegende Übersetzung ist keine offizielle Übersetzung durch den IPCC. Sie wurde erstellt mit dem Ziel, die im Originaltext verwendete Sprache möglichst angemessen wiederzugeben.

Herausgeber: Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle  
DLR Projektträger, E-Mail: [de-ipcc@dlr.de](mailto:de-ipcc@dlr.de)

Deutsches Klimakonsortium (DKK)  
E-Mail: [info@klima-konsortium.de](mailto:info@klima-konsortium.de)



Übersetzung: A.C.T. Fachübersetzungen GmbH unter Mitarbeit von Carola Best, Thomas Bruckner, Anna Meister, Christiane Textor und Nina von der Thüsen

Layout: CD Werbeagentur GmbH

Druckerei: M & E Druckhaus, Belm

Mitfinanzierung: Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Deutsches Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUB)

Zitiervorschrift: IPCC 2014: *Klimaänderung 2014: Minderung des Klimawandels. Häufig gestellte Fragen und Antworten – Teil des Beitrags der Arbeitsgruppe III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC)* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel und J.C. Minx (Hrsg.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch die Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle und das Deutsche Klimakonsortium, Bonn, 2018.

## Bezugsquellen für Übersetzungen

Deutsche Übersetzungen können von den Webseiten [www.de-ipcc.de](http://www.de-ipcc.de), [www.proclim.ch](http://www.proclim.ch) und [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at) als PDF-Datei heruntergeladen werden. Kostenfreie Druckexemplare sind erhältlich:

- in Deutschland bei der Deutschen IPCC-Koordinierungsstelle, DLR Projektträger „Umwelt, Kultur, Nachhaltigkeit“, Heinrich-Konen-Str. 1, 53227 Bonn, Tel: +49 228 3821 1554, E-Mail: [de-ipcc@dlr.de](mailto:de-ipcc@dlr.de), [www.de-ipcc.de](http://www.de-ipcc.de)
- in Österreich beim Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, 1090 Wien, E-Mail: [publikationen@umweltbundesamt.at](mailto:publikationen@umweltbundesamt.at), [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at)
- in der Schweiz bei ProClim – Forum for Climate and Global Change Swiss Academy of Sciences, Schwarztorstr. 9, 3007 Bern, Tel.: +41 31 328 23 26, E-Mail: [urs.neu@scnat.ch](mailto:urs.neu@scnat.ch), [www.proclim.ch](http://www.proclim.ch)

Als Gremium der Vereinten Nationen veröffentlicht der IPCC seine Berichte in den sechs offiziellen VN-Sprachen (Arabisch, Chinesisch, Englisch, Französisch, Russisch, Spanisch). Versionen in diesen Sprachen stehen auf [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) zum Herunterladen zur Verfügung. Weitere Informationen erteilt das IPCC-Sekretariat (Adresse: 7bis Avenue de la Paix, C.P. 2300, 1211 Geneva 2, Schweiz; E-Mail: [ipcc-sec@wmo.int](mailto:ipcc-sec@wmo.int)).

ISBN 978-3-89100-050-2



# Häufig gestellte Fragen und Antworten (FAQ)



# FAQ

## Häufig gestellte Fragen und Antworten (FAQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Verweise auf „Abschnitte“ beziehen sich auf Kapitel im Beitrag der Arbeitsgruppe III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC), denen diese häufig gestellten Fragen entnommen und hier zusammengestellt wurden. Beim Zitieren einer bestimmten FAQ geben Sie bitte das entsprechende Kapitel im Bericht an, aus dem die FAQ stammt. Abbildungen sind gemäß ihrer Bezeichnung in den Originalkapiteln nummeriert.

# Inhalt

## Kapitel 1: Einführung

- FAQ 1.1 Was bedeutet Minderung des Klimawandels?..... 8
- FAQ 1.2 Wodurch werden Treibhausgasemissionen verursacht?..... 8

## Kapitel 2: Integrierte Risiko- und Unsicherheitsbewertung von politischen Strategien zum Umgang mit dem Klimawandel

- FAQ 2.1 Wann ist Unsicherheit in Bezug auf Klimapolitik und Risikomanagementstrategien ein Grund abzuwarten und dazuzulernen, anstatt sofort zu handeln? [Abschnitt 2.6.3] ..... 8
- FAQ 2.2 Wie können sich Reaktionen im Verhalten und Instrumente zur Verbesserung der Entscheidungsfindung auf die Klimapolitik auswirken? [Abschnitt 2.4] ..... 9
- FAQ 2.3 Wie beeinflusst die Existenz von Unsicherheit die Wahl politischer Instrumente? [Abschnitt 2.6.5] ..... 9
- FAQ 2.4 Welche Unsicherheiten und Risiken sind für die Klimapolitik in Entwicklungsländern von besonderer Bedeutung? [Kasten 2.1] ... 9

## Kapitel 3: Soziale, wirtschaftliche und ethische Konzepte und Methoden

- FAQ 3.1 Der IPCC hat den Auftrag, der Welt ein klares wissenschaftliches Bild des derzeitigen Wissensstands zum Klimawandel zu vermitteln. Warum muss er ethische Aspekte berücksichtigen? ..... 10
- FAQ 3.2 Haben die Begriffe Gerechtigkeit, Fairness und Gleichstellung dieselbe Bedeutung?... 10
- FAQ 3.3 Welche Faktoren spielen eine Rolle, wenn man die Verantwortung für zukünftige Klimaschutzmaßnahmen betrachtet? ..... 10

## Kapitel 4: Nachhaltige Entwicklung und Gleichstellung

- FAQ 4.1 Warum muss der IPCC über nachhaltige Entwicklung nachdenken? ..... 11
- FAQ 4.2 Der IPCC und die UNFCCC legen den Schwerpunkt primär auf Treibhausgasemissionen innerhalb von Ländern. Wie können wir alle konsumbasierten Emissionen korrekt berücksichtigen, selbst wenn diese Emissionen in anderen Ländern erfolgen?..... 11
- FAQ 4.3 Welche Art von Konsum hat die größten Umweltfolgen? ..... 11
- FAQ 4.4 Warum ist Gleichstellung bei Klimaverhandlungen von Bedeutung? ..... 12

## Kapitel 5: Treiber, Trends und Minderung

- FAQ 5.1 Werden die Treibhausgasemissionen basierend auf den Trends der jüngsten Vergangenheit voraussichtlich zukünftig weiter ansteigen und falls ja, wie schnell und warum? ..... 12
- FAQ 5.2 Warum ist es so schwer, den Faktoren und zugrundeliegenden Treibern, die Treibhausgasemissionen beeinflussen, eine Kausalität zuzuordnen? ..... 12
- FAQ 5.3 Welche Optionen, politischen Vorgehensweisen und Maßnahmen ändern den Verlauf von Treibhausgasemissionen?..... 12
- FAQ 5.4 Welche Überlegungen schränken die Anzahl der Wahlmöglichkeiten für die Gesellschaft ein sowie deren Bereitschaft bzw. Fähigkeit, Entscheidungen zu treffen, die zu geringeren Treibhausgasemissionen beitragen würden? ..... 14

## Kapitel 6: Transformationspfade bewerten

- FAQ 6.1 Ist es in Anbetracht dessen, wo wir stehen und welche Optionen uns zur Verfügung stehen, möglich, den Klimawandel in den Griff zu bekommen? Welche Folgen haben verzögerte Minderung oder eine Begrenzung technologischer Möglichkeiten? ..... 14
- FAQ 6.2 Was sind die bedeutendsten Minderungstechnologien? Gibt es eine technologische Wunderwaffe?..... 14
- FAQ 6.3 Was würde es kosten, den Klimawandel in den Griff zu bekommen? ..... 15

## Kapitel 7: Energiesysteme

- FAQ 7.1 Wie viel trägt der Energieversorgungssektor zu den Treibhausgasemissionen bei? ..... 15
- FAQ 7.2 Welche wesentlichen Minderungsoptionen bestehen im Energieversorgungssektor? .. 16
- FAQ 7.3 Welche Hindernisse müssen im Energieversorgungssektor überwunden werden, um eine Transformation hin zu treibhausgasarmen Emissionen zu ermöglichen?..... 16

## Kapitel 8: Verkehr

- FAQ 8.1 Wie viel trägt der Verkehrssektor zu den Treibhausgasmissionen bei, und wie verändert sich dies? ..... 17
- FAQ 8.2 Was sind die wichtigsten Minderungsoptionen und -potenziale zur Verringerung von Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor? ..... 17
- FAQ 8.3 Gibt es im Zusammenhang mit Minderungsmaßnahmen positive Nebeneffekte? ..... 19

## Kapitel 9: Gebäude

- FAQ 9.1 Welche jüngsten Fortschritte in Technologie und Fachkenntnissen der Baubranche seit dem Vierten Sachstandsbericht sind aus Minderungssicht von Bedeutung? ..... 19
- FAQ 9.2 Wie viel könnte die Baubranche zu ambitionierten Klimaschutzziele beitragen, und was würden solche Bemühungen kosten? .... 20
- FAQ 9.3 Welche politischen Instrumente haben sich als besonders wirkungsvoll und/oder kosteneffizient bei der Verringerung von Treibhausgasemissionen aus der Baubranche (bzw. in Entwicklungsländern von deren Anstieg) erwiesen? ..... 20

## Kapitel 10: Industrie

- FAQ 10.1 Wie viel trägt der Industriesektor zu Treibhausgasemissionen bei? ..... 20
- FAQ 10.2 Was sind die wichtigsten Minderungsoptionen im Industriesektor, und welches Potenzial besteht zur Verringerung von Treibhausgasemissionen?..... 21
- FAQ 10.3 Wie werden die Höhe der Produktnachfrage, Wechselwirkungen mit anderen Sektoren und die Zusammenarbeit innerhalb des Industriesektors die Emissionen aus der Industrie beeinflussen? ..... 21
- FAQ 10.4 Welche Hindernisse bestehen für eine Emissionsverringerng im Industriesektor, und wie können diese überwunden werden? Gibt es mit Minderungsmaßnahmen in der Industrie verbundene positive Nebeneffekte? ..... 22

## Kapitel 11: Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung (AFOLU)

- FAQ 11.1 Wie viel tragen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung zu Treibhausgasemissionen bei, und wie verändert sich dies? ..... 22
- FAQ 11.2 Wie werden Minderungsmaßnahmen im AFOLU-Sektor die Treibhausgasemissionen über unterschiedliche Zeitskalen beeinflussen? ..... 22
- FAQ 11.3 Welches Potenzial bieten die wichtigsten Minderungsmöglichkeiten im AFOLU-Sektor zur Verringerung von Treibhausgasemissionen? ..... 23
- FAQ 11.4 Sind mit Minderungsmaßnahmen im AFOLU-Sektor positive Nebeneffekte verbunden? ..... 23
- FAQ 11.5 Welche Hemmnisse stehen einer Verringerung von Emissionen im AFOLU-Sektor im Wege, und wie können diese überwunden werden? ..... 23

## Kapitel 12: Siedlungen, Infrastruktur und Raumplanung

- FAQ 12.1 Warum nimmt der IPCC ein neues Kapitel zu Siedlungen und Raumplanung auf? Wird dies nicht in den einzelnen Sektorkapiteln behandelt? ..... 24
- FAQ 12.2 Welchen Anteil haben Städte an globalem Energieverbrauch und an Treibhausgasemissionen? ..... 24
- FAQ 12.3 Welches Potenzial haben Siedlungen, den Klimawandel zu mindern? ..... 24

## Kapitel 13: Internationale Zusammenarbeit: Abkommen und Instrumente

- FAQ 13.1 Warum ist internationale Zusammenarbeit notwendig, angesichts der Tatsache, dass die Senkung der Treibhausgasemissionen letztendlich durch Privatpersonen und Unternehmen innerhalb der Länder erfolgen muss? ..... 24
- FAQ 13.2 Welche Vor- und Nachteile haben die Einbindung aller Länder in die internationale Zusammenarbeit zum Klimawandel (ein „inklusive“ Ansatz) und die Begrenzung der Teilnahme (ein „exklusiver“ Ansatz) jeweils? ..... 25
- FAQ 13.3 Welche Optionen gibt es zur Gestaltung politischer Maßnahmen, die Fortschritte in der internationalen Zusammenarbeit zum Klimaschutz erzielen sollen? ..... 25

## Kapitel 14: Regionale Entwicklung und Zusammenarbeit

- FAQ 14.1 Wie sind Regionen im AR5 definiert? ..... 25
- FAQ 14.2 Warum ist die regionale Ebene wichtig für die Analyse und das Erreichen von Minderungszielen? ..... 27
- FAQ 14.3 Wie unterscheiden sich Minderungsmöglichkeiten und -hindernisse je nach Region? ... 27
- FAQ 14.4 Welche Rolle kann regionale Zusammenarbeit bei der Minderung des Klimawandels spielen, und welche spielt sie tatsächlich? ..... 28

## **Kapitel 15: Nationale und subnationale politische Strategien und Institutionen**

- FAQ 15.1 Welche Belege und Analysen helfen uns bei der Gestaltung wirksamer politischer Maßnahmen? ..... 28
- FAQ 15.2 Welche ist die beste politische Strategie zur Minderung des Klimawandels? ..... 28

## **Kapitel 16: Querschnittsthemen: Investitionen und Finanzen**

- FAQ 16.1 Was ist Klimafinanzierung? ..... 29
- FAQ 16.2 Wie viel an Investitionen und Finanzierung fließt derzeit in Projekte, die zur Minderung des Klimawandels beitragen, und wie viele zusätzliche Finanzströme werden zukünftig benötigt, um unterhalb der 2 °C-Grenze zu bleiben? ..... 30

## **Anhang**

- Akronyme, chemische Symbole und wissenschaftliche Einheiten..... A2

## Kapitel 1: Einführung

### FAQ 1.1 Was bedeutet Minderung des Klimawandels?

Die Klimarahmenkonvention (UNFCCC) definiert in ihrem Artikel 1 Klimawandel als: „Änderungen des Klimas, die unmittelbar oder mittelbar menschlicher Aktivität zugeordnet sind und die Zusammensetzung der globalen Atmosphäre verändern und die zu der über vergleichbare Zeiträume beobachteten natürlichen Klimavariabilität hinzukommen.“ Die UNFCCC unterscheidet damit zwischen Klimawandel, der Aktivitäten des Menschen zugeordnet werden kann, die die Zusammensetzung der Atmosphäre verändern, und Klimavariabilität aufgrund natürlicher Ursachen. Der IPCC hingegen nimmt keine solche Unterscheidung vor und definiert Klimawandel als „eine Zustandsänderung des Klimas, die aufgrund von Änderungen des Mittelwerts und/oder der Variabilität seiner Eigenschaften nachgewiesen werden kann (z. B. mit Hilfe von statistischen Methoden) und die über einen längeren Zeitraum von typischerweise Jahrzehnten oder länger andauert“.

Minderung des Klimawandels ist das „Eingreifen des Menschen zur Verringerung der Quellen bzw. zur Förderung der Senken von Treibhausgasen“ (siehe WGIII Glossar). Das ultimative Minderungsziel (gemäß Artikel 2 der UNFCCC) ist es, gefährliche anthropogene Eingriffe in das Klimasystem innerhalb eines Zeitraums zu verhindern, der ausreicht, dass sich Ökosysteme anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.

### FAQ 1.2 Wodurch werden Treibhausgasemissionen verursacht?

Anthropogene Treibhausgase entstammen vielen Quellen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Fluor-Gasen (H-FKW, PFC und SF<sub>6</sub>). CO<sub>2</sub> leistet den größten Beitrag zu den globalen Treibhausgasemissionen; Fluor-Gase (F-Gase) machen nur wenige Prozent aus. Die größte CO<sub>2</sub>-Quelle ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe in Energieumwandlungssystemen wie Kesseln in Stromkraftwerken, Flugzeug- und Automobilmotoren sowie beim Kochen und Heizen in Wohnhäusern und Unternehmen. Während die meisten Treibhausgase bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe freigesetzt werden, entstammt etwa ein Drittel anderen Aktivitäten wie der Landwirtschaft (hauptsächlich CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O), der Entwaldung (vorwiegend CO<sub>2</sub>), der Herstellung fossiler Brennstoffe (vorwiegend CH<sub>4</sub>), Industrieprozessen (vorwiegend CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und F-Gase) sowie kommunalen Abfällen und Abwässern (vorwiegend CH<sub>4</sub>). (Siehe 1.3.1)

## Kapitel 2: Integrierte Risiko- und Unsicherheitsbewertung von politischen Strategien zum Umgang mit dem Klimawandel

### FAQ 2.1 Wann ist Unsicherheit in Bezug auf Klimapolitik und Risikomanagementstrategien ein Grund abzuwarten und dazuzulernen, anstatt sofort zu handeln? [Abschnitt 2.6.3]

Angesichts von Unsicherheiten haben politische Entscheidungsträger gegebenenfalls einen Grund abzuwarten und dazuzulernen, bevor sie eine bestimmte Maßnahme ergreifen, anstatt sofort zu handeln. Abwarten und Dazulernen ist wünschenswert, wenn die Wahrscheinlichkeit besteht, dass externe Ereignisse ausreichend wichtige neue Informationen liefern, die erkennen lassen, dass die geplante Maßnahme unklug wäre. Unsicherheit darf kein Grund zum Zögern sein, wenn die Maßnahme selbst neue Informationen und Erkenntnisse hervorbringt.

Unsicherheit kann auch ein Grund sein, Maßnahmen zu vermeiden, die unumkehrbar sind oder Anbindeeffekte haben, wie z. B. die Tötung langfristiger Investitionen in Energiesysteme, die auf fossilen Brennstoffen basieren, wenn die klimatischen Folgen unsicher sind. Ein solches Verhalten würde dem Vorsorgeprinzip hinsichtlich der Unterlassung gewisser Maßnahmen oder Handlungen entsprechen.

Obwohl die obigen Kriterien durchaus leicht verständlich sind, kann ihre Anwendung kompliziert sein, da zahlreiche mit einer bestimmten Entscheidung verbundene Unsicherheiten sich gegenseitig verstärken oder teilweise aufheben können (z. B. können optimistische Schätzungen bezüglich des Technologiewandels pessimistische Schätzungen von Klimaschäden aufwiegen). Parteien mit unterschiedlichen Interessen kommen gegebenenfalls zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen, ob externe Informationen wahrscheinlich von ausreichender Bedeutung sind oder nicht, um die ursprüngliche Handlung/Unterlassung zu bereuen. Eine Vielzahl von Studien untersucht die Frage „Jetzt handeln oder abwarten?“ im Kontext von Klimaschutz. Bisher haben die meisten dieser Analysen integrierte Bewertungsmodelle (*Integrated Assessment Models, IAM*) verwendet. Auf nationaler Ebene untersuchen diese Studien politische Strategien und Instrumente zum Erreichen von Minderungszielen; auf Unternehmens- bzw. Einzelebene prüfen die Studien, ob in eine bestimmte Technologie investiert werden sollte.

Eine wirklich integrierte Analyse der Auswirkungen unterschiedlicher Arten von Unsicherheit auf zusammenhängende politische Entscheidungen steht noch

aus – z. B. in welchem Umfang, mit welchen politischen Instrumenten und unter Förderung welcher Investitionen Emissionsminderungen erfolgen sollen. Die zur Unterstützung einer solchen Analyse benötigten wahrscheinlichkeitstheoretischen Informationen sind derzeit nicht verfügbar.

### **FAQ 2.2** **Wie können sich Reaktionen im Verhalten und Instrumente zur Verbesserung der Entscheidungsfindung auf die Klimapolitik auswirken? [Abschnitt 2.4]**

Die Wahl klimapolitischer Maßnahmen kann davon profitieren, Wahrnehmung und Reaktionen relevanter Interessengruppen zu untersuchen. Empirische Belege zeigen, dass Entscheidungsträger wie Unternehmen und Haushalte dazu neigen, ein unverhältnismäßiges Gewicht auf kurzfristige Ergebnisse zu legen. Aufgrund hoher Vorlaufkosten sind sie bei Investitionen in Minderungs- bzw. Anpassungsmaßnahmen daher zurückhaltend. Im Einklang mit der Theorie der Verlustaversion hat sich gezeigt, dass Investitionskosten und die damit verbundenen Risiken bei der Entscheidung, Projekte zur Minderung des Klimawandels zu finanzieren, von größerer Bedeutung sind, als der Fokus auf die mit der Investition verbundene erwartete Rendite.

Politische Instrumente (z. B. langfristige Darlehen), die diese Verhaltenstendenzen berücksichtigen und Vorlaufkosten über die Zeit verteilen, so dass sie kurzfristig Nettovorteile erbringen, haben sich als durchaus leistungsfähig erwiesen. In diesem Zusammenhang werden politische Maßnahmen, die relativ risikofreie Investitionen erlauben, wie z. B. Einspeisetarife, neue Technologien eher fördern als jene, die darauf gerichtet sind, den erwarteten Preis zu erhöhen, wie z. B. *Cap-and-Trade*-Systeme.

Reaktionen des Menschen auf Risiken und Unsicherheiten des Klimawandels können auch ein Anzeichen dafür sein, dass *Worst-Case*-Szenarien nicht angemessen berücksichtigt werden. Eine Berücksichtigung der vollständigen Bandbreite an verhaltensbezogenen Reaktionen auf Informationen ermöglicht politischen Entscheidungsträgern, Klimawandelrisiken wirkungsvoller gegenüber Interessenvertretern zu kommunizieren und Entscheidungshilfen und Klimaschutzmaßnahmen zu entwickeln, die wahrscheinlich eher angenommen und umgesetzt werden.

### **FAQ 2.3** **Wie beeinflusst die Existenz von Unsicherheit die Wahl politischer Instrumente? [Abschnitt 2.6.5]**

Viele klimapolitische Instrumente sind so gestaltet, dass sie Entscheidungsträgern auf unterschiedlichen Ebenen (z. B. Haushalten, Unternehmen, Industrieverbänden, Innungen) positive Anreize (z. B. Subventionen) bieten oder Strafen (z. B. Bußgelder) auferlegen, um diese zu Minderungsmaßnahmen zu bewegen. Die Folgen dieser Anreize für das Verhalten der relevanten Entscheidungsträger sind abhängig von der Form und dem Zeitpunkt dieser politischen Instrumente.

Instrumente wie CO<sub>2</sub>-Steuern, die dafür konzipiert sind, die Kosten für die Verbrennung fossiler Brennstoffe zu erhöhen, sind darauf angewiesen, dass Entscheidungsträger Erwartungen hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen von Brennstoffpreisen und anderer wirtschaftlicher Bedingungen entwickeln. Mit wachsender Unsicherheit bezüglich dieser Bedingungen sinkt die Reaktionsfreudigkeit von Wirtschaftsvertretern. Andererseits bieten Investitionszuschüsse und Technologiestandards einen unmittelbaren Anreiz für Verhaltensänderungen und sind weniger empfindlich gegenüber langfristigen Marktunsicherheiten. Einspeisetarife erlauben es Investoren, eine vorhandene Kapitalrendite zu sichern und können daher auch bei hoher Marktunsicherheit wirkungsvoll sein.

### **FAQ 2.4** **Welche Unsicherheiten und Risiken sind für die Klimapolitik in Entwicklungsländern von besonderer Bedeutung? [Kasten 2.1]**

Entwicklungsländer sind häufig empfindlicher gegenüber Klimarisiken wie Dürren oder Küstenhochwasser, da sie in stärkerem Maße wirtschaftlich von klimasensitiven Primäraktivitäten abhängig sind und da Infrastruktur, Finanzierung und andere begünstigende Faktoren für eine erfolgreiche Anpassung und Minderung nicht ausreichend vorhanden sind. Seit dem Vierten Sachstandsbericht hat die Forschung zu relevanten Risiken und Unsicherheiten in Entwicklungsländern beträchtliche Fortschritte erzielt und Ergebnisse in zwei Hauptbereichen hervorgebracht.

Studien haben gezeigt, wie Unsicherheiten häufig insbesondere in Entwicklungsländern zu einem wirtschaftlichen Nachteil für kohlenstoffarme Energiequellen führen. Die Leistung und Zuverlässigkeit neuer Technologien kann in Entwicklungsländern weniger sicher als in Industrieländern sein, da sie möglicherweise für den lokalen Kontext und Bedarf ungeeignet sind. Andere Gründe für eine unsichere Leistung und Zuverlässigkeit können in einer mangelhaften Herstellung, dem Fehlen geeigneter Erprobungen

in heißen oder staubigen Umgebungen oder unzureichenden Möglichkeiten zur Wartung und Reparatur der technischen Einrichtungen vor Ort liegen. Darüber hinaus führt eine Reihe von Faktoren im Zusammenhang mit wirtschaftlicher, politischer und behördlicher Unsicherheit zu deutlich höheren Realzinssätzen in Entwicklungs- als in Industrieländern. Dies hält von Investitionen in Technologien mit hohem Vorlauf-, aber geringeren Betriebskosten (wie erneuerbare Energien) im Vergleich zu einer auf fossilen Brennstoffen basierenden Energieinfrastruktur ab.

Angesichts des wirtschaftlichen Nachteils kohlenstoffarmer Energiequellen sind häufig bedeutende Risikoabwägungen zu berücksichtigen. Einerseits können kohlenstoffarme Technologien Risiken für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt verringern, z. B. wenn Menschen die Verbrennung von Biomasse zum Kochen durch moderne und effiziente Kochherde ersetzen. Auf der anderen Seite ist kohlenstoffarme, moderne Energie jedoch oft teurer als ihre kohlenstoffreicheren Alternativen. Es bestehen jedoch einige Möglichkeiten für *Win-Win*-Ergebnisse sowohl in wirtschaftlicher als auch in risikobedingter Hinsicht, wie z. B. bei netzunabhängigem Solarstrom.

## Kapitel 3: Soziale, wirtschaftliche und ethnische Konzepte und Methoden

### FAQ 3.1

#### Der IPCC hat den Auftrag, der Welt ein klares wissenschaftliches Bild des derzeitigen Wissensstands zum Klimawandel zu vermitteln. Warum muss er ethische Aspekte berücksichtigen?

Der IPCC beabsichtigt Informationen bereitzustellen, die von Regierungen und anderen Akteuren genutzt werden können, wenn diese prüfen, was sie bezüglich des Klimawandels tun sollen. Die Frage, was sie tun sollten, ist normativ und hat daher ethische Dimensionen, da sie im Allgemeinen widerstreitende Interessen verschiedener Menschen beinhaltet. Die Antwort stützt sich implizit bzw. explizit auf ethische Beurteilungen. So kann eine Antwort beispielsweise von einer Beurteilung der Verantwortung der heutigen Generation gegenüber den in der Zukunft lebenden Menschen abhängen oder von einer Beurteilung davon, wie diese Verantwortung auf unterschiedliche Gruppen der heutigen Generation aufzuteilen ist. Die Methoden der ethischen Theorie untersuchen die Grundlage und Logik solcher Wertungen.

### FAQ 3.2

#### Haben die Begriffe Gerechtigkeit, Fairness und Gleichstellung dieselbe Bedeutung?

Die Begriffe „Gerechtigkeit“ (englisch: *justice*), „Fairness“ und „Gleichstellung“ (englisch: *equity*) werden in unterschiedlichen Disziplinen und durch unterschiedliche Autoren mit subtil unterschiedlicher Bedeutung verwendet. „Gerechtigkeit“ und „Gleichstellung“ haben gemeinhin dieselbe Bedeutung; „Gerechtigkeit“ wird häufiger in der Philosophie verwendet; „Gleichstellung“ in den Sozialwissenschaften. Viele Autoren verwenden „Fairness“ ebenfalls als Synonym für diese beiden. Der IPCC-Sachstandsbericht führt bei der Auswertung der Literatur keine streng einheitliche Verwendung dieser Begriffe ein. Alle drei werden häufig synonym verwendet. Abschnitt 3.3 beschreibt, worauf sie sich beziehen, wobei im Allgemeinen der Begriff „Gerechtigkeit“ verwendet wird.

Während „Gerechtigkeit“ üblicherweise impliziert, dass eine Person das erhält, was ihr zusteht, wird der Begriff „Fairness“ manchmal in einem engeren Sinne verwandt – dass also eine Person das erhält, was ihr zusteht (bzw. den „fairen Anteil“) im Vergleich zu dem, was andere erhalten. Es ist also unfair, wenn nicht alle Menschen einen angemessenen Anteil an der Belastung durch Emissionsreduzierung akzeptieren, während es bei dieser engen Auslegung nicht unfair – obgleich möglicherweise ungerecht – ist, dass die Emissionen einer Person einer anderen Person Schaden zufügen. Fairness befasst sich mit der Verteilung von Gütern und Nachteilen unter den Menschen. „Verteilungsgerechtigkeit“ – in Abschnitt 3.3 beschrieben – fällt im engeren Sinne unter Fairness.

### FAQ 3.3

#### Welche Faktoren spielen eine Rolle, wenn man die Verantwortung für zukünftige Klimaschutzmaßnahmen betrachtet?

Es ist schwierig, eindeutig festzulegen, wie viel Verantwortung verschiedene Parteien für die Minderung zukünftiger Emissionen übernehmen sollten. Einkommen und Leistungsvermögen spielen ebenso eine Rolle wie die ethische Wahrnehmung von Rechten und Gerechtigkeit. Man könnte auch untersuchen, wie mit vergleichbaren Problemen in der Vergangenheit im nicht-klimatischen Kontext umgegangen wurde. Sowohl nach dem *Common Law* als auch nach dem *Civil Law* können die Verantwortlichen für schädigende Handlungen nur dann haftbar gemacht werden, wenn ihre Handlungen gegen einen rechtlichen Standard verstoßen, also z. B. in Form einer Fahrlässigkeit oder einer Belästigung erfolgen. Fahrlässigkeit basiert auf dem Standard des vernünftigen

Betrachters. Auf der anderen Seite existiert keine Haftung für die Verursachung einer Belästigung, wenn der Handelnde die Wirkung seines Handelns nicht kannte oder hätte kennen können. Sofern festgestellt würde, dass die Emission von Treibhausgasen ein Fehlverhalten im Sinne des Gesetzes begründet, müsste die Art der kausalen Verknüpfung mit der daraus resultierenden Schädigung nachgewiesen werden.

## Kapitel 4: Nachhaltige Entwicklung und Gleichstellung

### FAQ 4.1 Warum muss der IPCC über nachhaltige Entwicklung nachdenken?

Der Klimawandel ist eine von vielen (manchmal seit langem bestehenden) Bedrohungen für die nachhaltige Entwicklung, wie die Erschöpfung natürlicher Ressourcen, Gefahren durch Umweltverschmutzung, Ungleichheiten oder geopolitische Spannungen. Da politische Entscheidungsträger mit den breiteren Aspekten von nachhaltiger Entwicklung befasst sind, ist es wichtig darüber nachzudenken, wie sich Klimarisiken und politische Maßnahmen in den allgemeinen Ausblick einfügen. Dieser Bericht untersucht die gegenseitige Abhängigkeit unterschiedlicher politischer Ziele mittels der Analyse positiver und negativer Nebeneffekte. Allgemein untersucht er, wie Klimapolitik als eine Komponente des Übergangs von Nationen zu nachhaltigen Entwicklungspfaden wahrgenommen werden kann (Abschnitte 4.2, 4.6, 4.8). Der Entwicklungspfad wird von vielen Faktoren bestimmt. Als Hauptfaktoren, die durch politische Entscheidungen beeinflussbar sind, können unter anderem Regierungsführung, Human- und Sozialkapital, Technologie und Finanzen genannt werden. Bevölkerungsgröße, Verhaltensweisen und Werte sind ebenfalls wichtige Faktoren. Um den Übergang zu einer nachhaltigen Entwicklung bewältigen zu können, ist es auch notwendig, die Pfadabhängigkeiten und die potenziell günstigen oder ungünstigen Anbindeeffekte (z. B. durch Infrastrukturen) zu berücksichtigen und die politische Ökonomie, in die alle diese Faktoren eingebunden sind, aufmerksam zu betrachten (Abschnitte 4.3, 4.4, 4.5).

### FAQ 4.2 Der IPCC und die UNFCCC legen den Schwerpunkt primär auf Treibhausgasemissionen innerhalb von Ländern. Wie können wir alle konsumbasierten Emissionen korrekt berücksichtigen, selbst wenn diese Emissionen in anderen Ländern erfolgen?

Es ist für jedes beliebige Land möglich, die mit seinem Konsum verbundenen Emissionen zu berechnen oder diejenigen, die in seinem Produktionssektor ausgestoßen werden. Der konsumbasierte Bezugsrahmen für eine Treibhausgasemissionsbilanz ordnet die Emissionen, die während der Produktion und des Vertriebes (d. h. entlang der Lieferkette) von Produkten und Leistungen ausgestoßen werden, dem Endverbraucher und der Nation (bzw. einer anderen territorialen Einheit) zu, in welcher dieser sich befindet, ungeachtet des geographischen Ursprungs dieser Produkte. Der territoriale bzw. produktionsbasierte Bezugsrahmen ordnet die innerhalb der Territorialgrenzen einer Nation tatsächlich produzierten Emissionen dieser Nation zu. Die Differenz zwischen den auf der Grundlage der beiden Bezugsrahmen errechneten Emissionsmengen sind die mit dem Handel verbundenen Emissionen. Konsumbasierte Emissionen sind stärker mit dem BIP verbunden als territoriale Emissionen. Dies ist darin begründet, dass reichere Länder im Vergleich zu ärmeren Ländern einen höheren Anteil ihres Endverbrauchs von Produkten durch Nettoimporte decken. (Abschnitt 4.4)

### FAQ 4.3 Welche Art von Konsum hat die größten Umweltfolgen?

Die Beziehung zwischen Konsumentenverhalten und den damit verbundenen Umweltfolgen ist gut verstanden. Im Allgemeinen haben Lebensstile mit höherem Konsum größere ökologische Folgen, wodurch Aspekte der Verteilungsgerechtigkeit mit der Umwelt verknüpft werden. Darüber hinaus hat die Forschung gezeigt, dass Nahrungsmittel den größten Anteil konsumbasierter Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke) – nahezu 20 % des globalen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks – ausmachen, gefolgt von Wohnungen, Mobilität, Dienstleistungen, Industrieerzeugnissen und Bau. Nahrungsmittel und Dienstleistungen haben in armen Ländern eine höhere Bedeutung, während Mobilität und Industrieerzeugnisse in den reichen Ländern die höchsten CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke aufweisen. (Abschnitt 4.4)

#### FAQ 4.4 Warum ist Gleichstellung bei Klimaverhandlungen von Bedeutung?

Die internationalen Klimaverhandlungen unter der UNFCCC sind auf eine kollektive globale Bekämpfung der gemeinsamen Bedrohung durch den Klimawandel gerichtet. Wie bei jedem kooperativen Unterfangen wird der erforderliche Gesamtaufwand in gewisser Weise unter den Ländern aufgeteilt, dazu zählen sowohl nationale Maßnahmen als auch internationale finanzieller Unterstützung. Mindestens drei Argumentationsstränge wurden vorgebracht, um die Bedeutung von Gleichstellung in der Verteilung dieser Bemühungen zu erläutern: (1) eine moralische Rechtfertigung, die sich auf weithin geltende ethische Grundsätze stützt, (2) eine rechtliche Rechtfertigung, die an bestehende Abkommensverpflichtungen und *Soft-Law*-Vereinbarungen appelliert, auf der Grundlage festgelegter Gleichstellungsgrundsätze zu kooperieren und (3) eine Wirksamkeitsrechtfertigung, die argumentiert, dass ein internationales gemeinschaftliches Abkommen, das als fair wahrgenommen wird, größere Rechtmäßigkeit besitzt und mit höherer Wahrscheinlichkeit international beschlossen und national umgesetzt wird, was die Risiken von Austritten und eines Abbruchs der Zusammenarbeit verringert. (Abschnitte 4.2, 4.6)

### Kapitel 5: Treiber, Trends und Minderung

#### FAQ 5.1 Werden die Treibhausgasemissionen basierend auf den Trends der jüngsten Vergangenheit voraussichtlich zukünftig weiter ansteigen und falls ja, wie schnell und warum?

Vergangene Trends lassen vermuten, dass die Treibhausgasemissionen wahrscheinlich ansteigen werden. Die genaue Anstiegsrate ist nicht bekannt, aber zwischen 1970 und 2010 stiegen die Emissionen um 79 %, von 27 Gt Treibhausgasen auf über 49 Gt (Abbildung 5.2). *Business as usual* würde dazu führen, dass diese Rate weiter anhält. Die Abteilung „Weltbevölkerung“ des Wirtschafts- und Sozialrats der Vereinten Nationen erwartet, dass die Weltbevölkerung mit etwa der Geschwindigkeit der letzten Jahrzehnte ansteigen wird (Abschnitt 5.3.2.1). Die Weltwirtschaft wird voraussichtlich weiterhin wachsen (Abschnitte 5.3.3 und 5.4.1), ebenso der Energieverbrauch pro Person (Abschnitte 5.3.4.1 und 5.5.1). Die letzten beiden Faktoren unterscheiden sich bereits stark je nach Land (Abbildung 5.16), und nationale Maßnahmen können den zukünftigen Verlauf von Treibhausgasemissionen sowohl direkt beeinflussen als

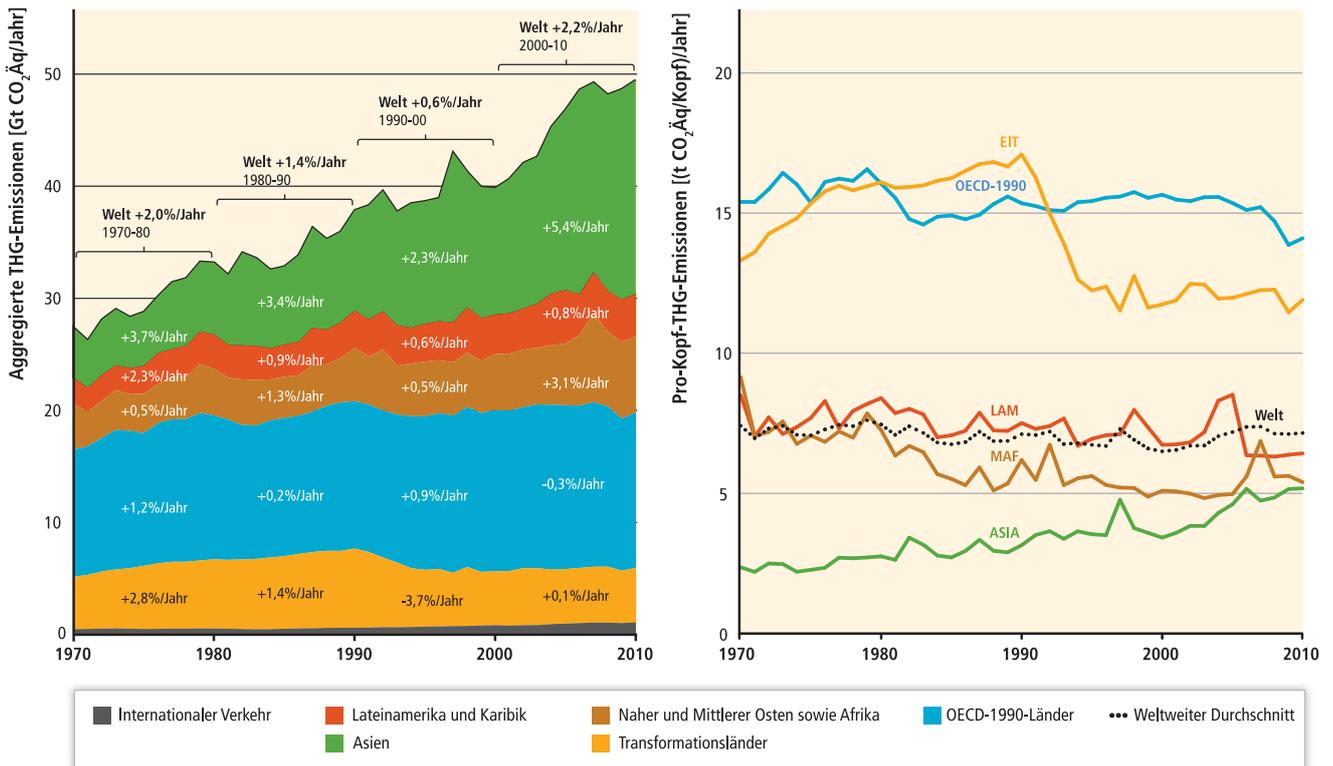
auch indirekt durch Maßnahmen, die das Wirtschaftswachstum und den (Energie-)Verbrauch bestimmen (Abschnitt 5.5). Die bestehenden Schwankungen und die Empfindlichkeit gegenüber zukünftigen politischen Entscheidungen machen es unmöglich, den Anstieg der Treibhausgasemissionen genau vorherzusagen; gesellschaftliche Entscheidungen in der Vergangenheit zeigen jedoch, dass mit dem projizierten Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum die Emissionen weiterhin ansteigen werden (Abschnitt 5.8).

#### FAQ 5.2 Warum ist es so schwer, den Faktoren und zugrundeliegenden Treibern, die die Treibhausgasemissionen beeinflussen, eine Kausalität zuzuordnen?

Faktoren, die Treibhausgasemissionen beeinflussen, interagieren direkt und indirekt miteinander und jeder Faktor hat mehrere Aspekte. Die meisten Dinge, die Menschen produzieren, konsumieren oder in ihrer Freizeit tun, führen zu Treibhausgasemissionen (Abschnitte 5.3 und 5.5). Die Nahrungsmittelkette beinhaltet beispielsweise Landnutzungs-, Infrastruktur-, Transport- und Energieerzeugungssysteme (Abschnitt 5.3). In jedem Stadium können die Emissionen durch verfügbare Landwirtschafts- und Fischereitechnologien (Abschnitt 5.6), durch Zwischenhändler entlang der Lieferkette (Abschnitt 5.4), durch Konsumenten und die Wahl der Technologie (Abschnitt 5.5) beeinflusst werden. Technologie und Wahlmöglichkeit sind nicht unabhängig voneinander: Verfügbare Technologien beeinflussen Preise, Preise beeinflussen Verbraucherpräferenzen und Verbraucherpräferenzen können die Entwicklung und Ausbreitung von Technologien beeinflussen (Abschnitte 5.5). Politik, Kultur, Traditionen und wirtschaftliche Faktoren greifen in jedem Stadium ein. Die Wechselwirkung dieser Faktoren erschwert es, die individuellen Beiträge zu einem Anstieg bzw. einer Minderung von Kohlenstoffemissionen zu isolieren (Abschnitt 5.8). Diese Wechselwirkung ist sowohl ein Grund für Optimismus, da sie bedeutet, dass es viele Pfade zu geringeren Emissionen gibt, als auch eine Herausforderung, da selbst gut durchdachte Minderungspläne viele potenzielle Schwachstellen aufweisen werden.

#### FAQ 5.3 Welche Optionen, politischen Vorgehensweisen und Maßnahmen ändern den Verlauf von Treibhausgasemissionen?

Die grundlegenden Optionen sind, dafür zu sorgen, dass Menschen weniger konsumieren, dass sie Dinge konsumieren, die weniger Energie benötigen, dass sie Energiequellen nutzen, die weniger Kohlenstoff enthalten oder dass die Bevölkerungszahlen

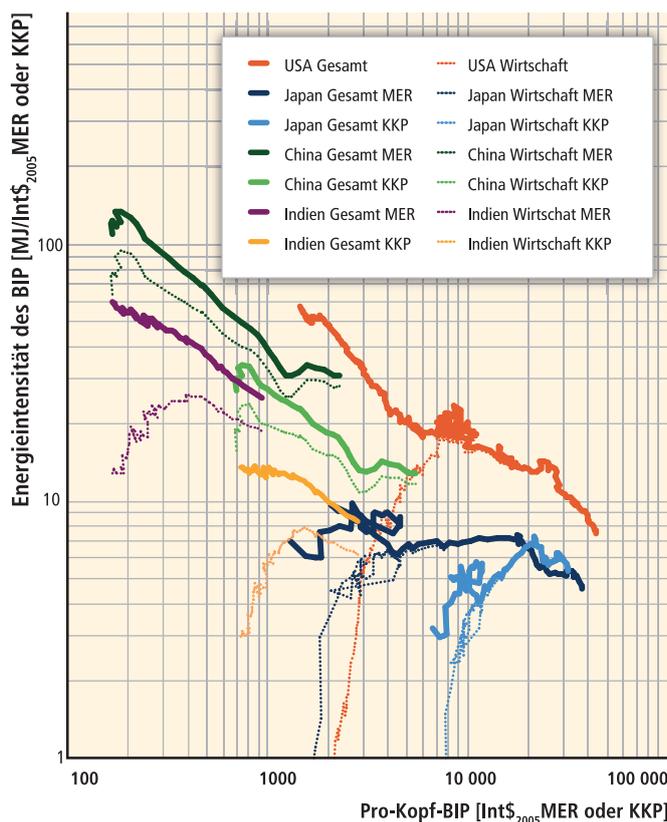


**Abbildung 5.2 |** Linke Tafel: Treibhausgasemissionen nach Region über den Zeitraum 1970–2010. Emissionen umfassen alle Sektoren, Quellen und Gase, sind territorial (siehe Box 5.2) und unter Verwendung des globalen Erwärmungspotenzials bezogen auf 100 Jahre aggregiert. Rechte Tafel: Die gleichen Werte dargestellt als Pro-Kopf-Treibhausgasemissionen. Daten von JRC / PBL (2013) und IEA (2012). Die Regionen werden in Anhang II.2 definiert.

**QUELLEN:**

**IEA (2012).** CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. Beyond 2020 Online Database. Available at: <http://data.iea.org>.

**JRC / PBL (2013).** Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), Release Version 4.2 FT2010. European Commission, Joint Research Centre (JRC) / PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Available at: <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>.



**Abbildung 5.16 |** Verbesserung der Energieintensität und Pro-Kopf-BIP – USA (1800–2008), Japan (1885–2008), Indien (1950–2008) und China (1970–2008). Quelle: Grübler et al., 2012. Anmerkung: Die Energieintensitäten (in MJ pro USD) werden immer für die Gesamtprimärenergie (dicke Linien), die reine Wirtschaftsprimärenergie (dünne Linien) und pro Einheit des BIP ausgedrückt zu Umrechnungskursen (MER in USD 2005) angegeben; für China, Indien und Japan zusätzlich als Kaufkraftparität (KKP in Int\$ 2005). Für die Vereinigten Staaten sind MER und KKP identisch.

sinken. Obwohl die Einwohner der höchstentwickelten Länder die Option haben, weniger zu konsumieren, lebt doch der größte Teil der Weltbevölkerung in Entwicklungs- und Transformationsländern, in denen auch das Bevölkerungswachstum höher ist (Abschnitt 5.3.2). In diesen Ländern wird das Erreichen eines „Mittelklasse-Lebensstils“ eher mit einem steigenden als mit einem sinkenden Konsum verbunden sein (Abschnitt 5.3.3.2). Akzeptiert man, dass die Bevölkerung weiter wächst, werden Entscheidungen Technologieumstellungen und Verhaltensänderungen des Menschen beinhalten, so dass die Produktion und die Produkt- und Dienstleistungsnutzung mit geringeren Treibhausgasemissionsraten verbunden ist (Technologie Abschnitt 5.6) und die Verbraucher sich für Produkte, Dienstleistungen und Tätigkeiten mit geringeren Treibhausgasemissionen entscheiden (Verhalten Abschnitt 5.5).

#### **FAQ 5.4 Welche Überlegungen schränken die Anzahl der Wahlmöglichkeiten für die Gesellschaft ein sowie deren Bereitschaft bzw. Fähigkeit, Entscheidungen zu treffen, die zu geringeren Treibhausgasemissionen beitragen würden?**

Wahlmöglichkeiten werden eingeschränkt durch das, was verfügbar ist, was bezahlbar ist und was bevorzugt wird (Abschnitt 5.3.3). Für ein bestimmtes Produkt bzw. eine Dienstleistung müssen weniger kohlenstoffintensive Beschaffungsmöglichkeiten verfügbar, erschwinglich und für Konsumenten ansprechend sein (Abschnitt 5.3.4.2). Verfügbarkeit wird durch Infrastruktur sowie Technologie beschränkt, und es werden Optionen benötigt, die energieeffizient und weniger abhängig von fossilen Brennstoffen sind (Abschnitt 5.3.5). Sind zugängliche und bezahlbare Optionen verfügbar, wird die Wahl dessen, was konsumiert wird, durch Vorlieben aufgrund von Kultur, Bewusstsein und einem Verständnis der Konsequenzen für die Emissionsverringerung eingeschränkt (Abschnitte 5.5.1, 5.5.2). All diese Einschränkungen können durch die Entwicklung alternativer Energieerzeugungstechnologien und Verteilungssysteme (Abschnitt 5.6) gelockert werden sowie durch Gesellschaften, die über die Folgen ihrer Entscheidungen gut informiert sind und motiviert sind, Produkte, Leistungen und Aktivitäten zu wählen, die Treibhausgasemissionen verringern (Abschnitte 5.5.3, 5.7).

## **Kapitel 6: Transformationspfade bewerten**

### **FAQ 6.1**

#### **Ist es in Anbetracht dessen, wo wir stehen und welche Optionen uns zur Verfügung stehen, möglich, den Klimawandel in den Griff zu bekommen? Welche Folgen haben verzögerte Minderung oder eine Begrenzung technologischer Möglichkeiten?**

Viele der gemeinhin diskutierten Konzentrationsziele, einschließlich des Ziels, 450 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalente bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu erreichen, sind sowohl physikalisch als auch technologisch möglich. Das Erreichen langfristiger Klimaziele wird jedoch umfangreiche gesellschaftliche Transformationen erfordern, die weder mit langfristigen noch mit kurzfristigen Trends vereinbar sind, angefangen von der Art und Weise, wie wir Energie erzeugen und verbrauchen, bis zu der Art und Weise unserer Landnutzung. Um beispielsweise eine CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Konzentration von 450 ppm bis zum Jahr 2100 zu erreichen, müsste die Erzeugung kohlenstoffarmer Energie – Kernenergie, Solarenergie, Windenergie, hydroelektrische Energie, Bioenergie und fossile Ressourcen mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung – um das Fünffache oder mehr in den nächsten 40 Jahren ansteigen. Die Möglichkeit, ein Konzentrationsziel zu erreichen, hängt daher nicht nur von den verfügbaren Technologien und derzeitigen Emissionen und Konzentrationen ab, sondern auch von der Fähigkeit der Gesellschaften, die damit verbundenen wirtschaftlichen Folgen zu tragen, den damit verbundenen raschen und umfangreichen Einsatz von Technologien zu akzeptieren, die notwendigen Institutionen für die Umsetzung der Transformation zu entwickeln und die Transformation mit anderen politischen Prioritäten wie der nachhaltigen Entwicklung in Einklang zu bringen. Kostensenkungen und Leistungssteigerungen von Minderungstechnologien werden die Belastung durch diese Transformation verringern. Wenn die Länder der Welt in den nächsten 20 Jahren keine ausreichend ambitionierte Minderung auf den Weg bringen können, oder wenn Hindernisse den großflächigen Einsatz wichtiger Minderungstechnologien gefährden, sind Ziele wie 450 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalente bis 2100 möglicherweise nicht länger erreichbar.

### **FAQ 6.2**

#### **Was sind die bedeutendsten Minderungstechnologien? Gibt es eine technologische Wunderwaffe?**

Eine Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Konzentrationen wird ein Portfolio von Optionen erfordern, da keine Option alleine ausreicht, um die CO<sub>2</sub>-Äquivalen-

te-Konzentrationen zu senken und letztendlich Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen zu beseitigen. Ein Portfolioansatz kann auf lokale Umstände zugeschnitten werden, um weitere Prioritäten zu berücksichtigen, wie z. B. solche im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung. Zu den technologischen Optionen gehören eine Reihe von Energieversorgungstechnologien, wie z. B. Kernenergie, Solarenergie, Windenergie und Wasserkraft sowie Bioenergie und fossile Quellen mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung. Darüber hinaus wird eine ganze Bandbreite von Endnutzungstechnologien erforderlich sein, um den Energieverbrauch und damit den Bedarf an kohlenstoffarmer Energie zu verringern und die Verwendung von kohlenstoffarmen Brennstoffen im Verkehr, in Gebäuden und der Industrie zu ermöglichen. Das Stoppen von Entwaldung und die Förderung einer Zunahme bewaldeter Flächen können die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Landnutzungsänderungen stoppen bzw. umkehren. Darüber hinaus bestehen Möglichkeiten, Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Landnutzung und industriellen Quellen zu verringern. Viele dieser Optionen müssen bis zu einem gewissen Grad umgesetzt werden, um die CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Konzentrationen zu stabilisieren. Auch wenn ein Portfolio-Ansatz nötig ist, ist es – wenn Emissionsminderungen über die nächsten zwei Jahrzehnte in einem zu bescheidenen Umfang erfolgen – vielleicht nicht länger möglich, ein Ziel von 450 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalente bis zum Ende des Jahrhunderts ohne den großflächigen Einsatz von Technologien zur Entnahme von Kohlendioxid (*Carbon Dioxide Removal*, CDR) zu erreichen. Daher könnten, auch wenn keine einzelne Technologie ausreichend ist, CDR-Technologien in einem solchen Szenario notwendig werden.

### FAQ 6.3 Was würde es kosten, den Klimawandel in den Griff zu bekommen?

Kennzahlen für gesamtwirtschaftliche Minderungskosten sind ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung von Transformationspfaden und können den mit bestimmten Pfaden verbundenen Schwierigkeitsgrad aufzeigen. Die breiteren sozioökonomischen Auswirkungen von Minderung gehen jedoch über Messungen der gesamtwirtschaftlichen Kosten hinaus, da Transformationspfade eine Reihe von Zielkonflikten mit anderen politischen Prioritäten beinhalten. Schätzungen globaler Minderungskosten unterscheiden sich stark aufgrund methodischer Unterschiede und aufgrund von unterschiedlichen Annahmen über zukünftige Emissionstreiber, Technologien und politische Bedingungen. Die meisten für diesen Bericht erfassten Szenariostudien, die auf den idealisierten Annahmen beruhen, dass alle Länder der Welt sofort mit der Minderung beginnen, ein einziger globaler Kohlenstoffpreis für gut funktionierende Märkte gilt und Schlüsseltechnologien verfügbar sind, kommen

zu dem Schluss, dass das Erreichen eines 430–480 ppm CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Ziels bis zum Ende des Jahrhunderts einen Rückgang der globalen Konsumausgaben um 1–4 % im Jahr 2030, 2–6 % im Jahr 2050 und 3–11 % im Jahr 2100 mit sich bringen könnte, verglichen mit dem, was ohne Minderung geschehen würde. Um diese Verluste einzuordnen: die Studien gehen davon aus, dass die Konsumausgaben ohne Minderung im Laufe des Jahrhunderts um das Vier- bis über das Zehnfache steigen könnten. Weniger ambitionierte Ziele sind mit geringeren Kosten in diesem Jahrhundert verbunden. Studien, die Wechselwirkungen mit bereits bestehenden Störungen, nicht mit dem Klima verbundenen Marktversagen und ergänzenden politischen Maßnahmen berücksichtigen, gelangten zu beträchtlich höheren und niedrigeren Schätzungen. Studien, die ausdrücklich die Folgen weniger idealisierter Maßnahmenansätze und einer begrenzten Technologieleistung bzw. -verfügbarkeit erforschen, haben durchweg höhere Kostenschätzungen ergeben. Minderung zu verzögern würde die kurzfristigen Kosten reduzieren; die Folgekosten würden jedoch schneller auf höhere Niveaus steigen.

## Kapitel 7: Energiesysteme

### FAQ 7.1 Wie viel trägt der Energieversorgungssektor zu den Treibhausgasemissionen bei?

Der Energieversorgungssektor umfasst alle Prozesse der Energiegewinnung, -umwandlung, -speicherung, -übertragung und -verteilung ausgenommen diejenigen, die Endenergie in den Abnehmersektoren (Industrie, Verkehr und Gebäude) nutzen. 2010 war der Energieversorgungssektor für 46 % aller energiebedingten Treibhausgasemissionen (IEA, 2012b) und 35 % der anthropogenen Treibhausgasemissionen gegenüber 22 % im Jahr 1970 verantwortlich (Abschnitt 7.3).

In den letzten 10 Jahren hat der Anstieg der Treibhausgasemissionen aus dem Energieversorgungssektor den Anstieg aller anthropogenen Treibhausgasemissionen um nahezu 1 % pro Jahr übertroffen. Der größte Teil der dem Sektor gelieferten Primärenergie wird in eine vielfältige Bandbreite von Endenergieprodukten umgewandelt, darunter Elektrizität, Wärme, raffinierte Ölprodukte, Koks, angereicherte Kohle und Erdgas. Eine bedeutende Energiemenge wird für die Transformation aufgewendet, wodurch der Sektor zum größten Energiekonsumenten wird. Die Energienutzung in diesem Sektor resultiert aus der Nachfrage der Endnutzer nach qualitativ hochwertigen Energieträgern, wie z. B. Elektrizität, aber auch aus der relativ niedrigen durchschnittlichen Gesamteffizienz der Energieumwandlungs- und Energielieferungsprozesse (Abschnitte 7.2, 7.3).

Die steigende Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Energieträgern durch Endnutzer in vielen Entwicklungsländern hat zu einem bedeutenden Wachstum der Treibhausgasemissionen des Sektors insbesondere dadurch geführt, dass dieses Wachstum zu einem Großteil von der gestiegenen Kohlenutzung in Asien angetrieben wurde, wenn auch in gewissem Umfang gemindert durch eine vermehrte Nutzung von Gas in anderen Regionen und den anhaltenden Ausbau kohlenstoffarmer Technologien. Während die Gesamtproduktion aus kohlenstoffarmen Technologien wie Wasser-, Wind-, Solar-, Biomasse-, Erdwärme- und Kernenergie weiterhin gestiegen ist, blieb ihr Anteil an der globalen Primärenergieversorgung relativ konstant; fossile Brennstoffe haben ihre Dominanz beibehalten, und der Einsatz von Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (*Carbon Capture and Storage, CCS*) bei der Stromerzeugung in großem Maßstab steht noch aus (Abschnitte 7.2, 7.5).

Biomasse und Wasserkraft dominieren die erneuerbaren Energien, insbesondere in Entwicklungsländern, wo Biomasse eine wichtige Energiequelle für das Heizen und Kochen bleibt; die Pro-Kopf-Emissionen aus vielen Entwicklungsländern liegen weiterhin unter dem globalen Durchschnitt. Erneuerbare Energien belaufen sich auf ein Fünftel der globalen Stromerzeugung, wobei Hydroelektrizität den größten Anteil ausmacht. Von Bedeutung ist die wesentliche Zunahme an Wind- und Solarenergie über die letzten 10 Jahre, die zusammengenommen rund ein Zehntel der erneuerbar gewonnenen Elektrizität liefern. Der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung ging von einem Höchstwert von 17 % im Jahr 1993 auf 11 % im Jahr 2012 zurück (Abschnitte 7.2, 7.5).

**QUELLE:**

**IEA (2012b):** *World Energy Outlook 2012*. IEA/OECD, Paris, Frankreich.

### **FAQ 7.2 Welche wesentlichen Minderungsoptionen bestehen im Energieversorgungssektor?**

Die wesentlichen Minderungsoptionen im Energieversorgungssektor sind Energieeffizienzverbesserungen, die Verringerung flüchtiger Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgasemissionen, ein Übergang (sogenannter *Fuel Switch*) von (ungeminderten) fossilen Brennstoffen mit hohen spezifischen Treibhausgasemissionen (z. B. Kohle) hin zu jenen mit niedrigeren Emissionen (z. B. Erdgas), die Nutzung erneuerbarer Energien, die Nutzung von Kernenergie sowie Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (*Carbon Capture and Storage, CCS*) (Abschnitt 7.5).

Keine Minderungsoption im Energieversorgungssektor wird für sich alleine ausreichen, um den Anstieg

der globalen Durchschnittstemperatur auf unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Es bedarf einer Kombination aus mehreren, jedoch nicht notwendigerweise allen Optionen. Signifikante Emissionsminderungen können durch Energieeffizienzsteigerungen und einen *Fuel Switch* im Bereich der fossilen Brennstoffe erreicht werden; diese Maßnahmen sind jedoch für sich genommen nicht ausreichend, um die benötigten weitgehenden Reduktionen zu ermöglichen. Um weitgehende Reduktionen zu erreichen, wird eine intensivere Nutzung treibhausgasarmer Technologien wie erneuerbarer Energien, Kernenergie und CCS erforderlich sein. Die Nutzung von Elektrizität als Ersatz für andere Brennstoffe in Endnutzungssektoren spielt eine entscheidende Rolle für weitgehende Emissionsreduktionen, da die Kosten der Dekarbonisierung der Stromerzeugung voraussichtlich geringer sein werden als die für andere Teile des Energieversorgungssektors (Kapitel 6, Abschnitt 7.11).

Obwohl das kombinierte globale technische Potenzial kohlenstoffarmer Technologien ausreicht, um weitgehende Emissionsreduktionen zu ermöglichen, bestehen lokale und regionale Beschränkungen für einzelne Technologien (Abschnitte 7.4, 7.11). Der Beitrag von Minderungstechnologien hängt von anlagen- und kontextspezifischen Faktoren wie Ressourcenverfügbarkeit, Minderungs- und Integrationskosten, positiven und negativen Nebeneffekten sowie der öffentlichen Wahrnehmung ab (Abschnitte 7.8, 7.9, 7.10). Infrastrukturelle und Integrationsherausforderungen sind je nach Minderungstechnologie und Region unterschiedlich. Obwohl diese Herausforderungen nicht grundsätzlich technisch unüberwindbar sind, müssen sie in der Energieversorgungsplanung und -durchführung sorgfältig bedacht werden, um eine zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung zu gewährleisten (Abschnitt 7.6).

### **FAQ 7.3 Welche Hindernisse müssen im Energieversorgungssektor überwunden werden, um eine Transformation hin zu treibhausgasarmen Emissionen zu ermöglichen?**

Die wesentlichen Hürden bei der Transformation des Energieversorgungssektors sind die Mobilisierung von Kapital für die erforderlichen Investitionen, Anbindeeffekte an langlebige kohlenstoffintensive Systeme, kulturelle, institutionelle und rechtliche Aspekte, Humankapital und die fehlende Klarheit hinsichtlich der Klimapolitik (Abschnitt 7.10).

Obwohl nur ein Bruchteil der verfügbaren Kapitalinvestitionen aus dem Privatsektor benötigt würde, um die Kosten einer zukünftigen treibhausgasarmen Energieversorgung zu decken, muss eine Bandbreite von

Mechanismen – einschließlich Klimainvestitionsfonds, Kohlenstoffpreisfestsetzung, Aufhebung der Subventionen für fossile Brennstoffe und private/öffentliche Initiativen zur Herabsetzung der Hürden für Investoren – eingesetzt werden, um Investitionen in Richtung der Energieversorgung zu lenken (Abschnitt 7.10.2).

Langlebige Investitionen in fossile Energiesysteme stellen einen wirkungsvollen (kohlenstoffintensiven) Anbindeeffekt dar. Der relative Mangel an bereits vorhandenem Energiekapital in vielen Entwicklungsländern bietet daher Gelegenheiten zur Entwicklung eines kohlenstoffarmen Energiesystems (Abschnitt 7.10.5).

Ein ganzheitlicher Ansatz, der kulturelle, institutionelle und rechtliche Aspekte umfasst, ist für die Formulierung und Umsetzung von Energieversorgungsstrategien unerlässlich, insbesondere in Gegenden mit städtischer und ländlicher Armut, wo konventionelle Marktansätze nicht ausreichen. Für die Entwicklung qualifizierter Arbeitskräfte und die Förderung eines weit verbreiteten Einsatzes erneuerbarer, nuklearer, CCS- und anderer treibhausgasarmer Energieversorgungsoptionen müssen Humankapitalkapazitäten aufgebaut werden – mit Technologie- und Projektplanungselementen sowie Elementen des institutionellen und öffentlichen Engagements (Abschnitte 7.10.3, 7.10.4).

Elemente einer wirksamen Politik, die auf das Erreichen weitgehender CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen abzielt, wären unter anderem ein durch technologische Unterstützung ergänztes globales Kohlenstoffpreisfestsetzungssystem, Regulierung und institutionelle Entwicklung, die auf die Bedürfnisse einzelner Länder (vor allem weniger entwickelter Länder) zugeschnitten ist (Abschnitt 7.12, Kapitel 13-15).

## Kapitel 8: Verkehr

### FAQ 8.1

#### Wie viel trägt der Verkehrssektor zu den Treibhausgasmissionen bei, und wie verändert sich dies?

Der Verkehrssektor ist ein wichtiger begünstigender Faktor für Wirtschaftsaktivität und soziale Anbindung. Er unterstützt den nationalen und internationalen Handel, und um ihn herum ist eine beträchtliche globale Industrie entstanden. Seine Treibhausgasemissionen werden durch den stetig steigenden Bedarf an Mobilität und Güterverkehr angetrieben. Zusammengefasst produzieren die Teilspektoren Straßen-, Luft-, Wasser- und Schienenverkehr derzeit fast ein Viertel der gesamten globalen energiebe-

dingten CO<sub>2</sub>-Emissionen [Abschnitt 8.1]. Die Emissionen haben sich seit 1970 auf 7,0 Gt CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr 2010 mehr als verdoppelt, wobei 80 % dieses Anstiegs von Straßenfahrzeugen stammen. Ruß und andere Aerosole, die auch während der Verbrennung von Diesel und marinen Ölbrennstoffen ausgestoßen werden, sind verglichen mit Kohlendioxid relativ kurzlebige Strahlungstreiber und ihre Verringerung entwickelt sich zu einer Schlüsselreduktionsstrategie [8.2].

Der Bedarf an Personen- und Güterverkehr wird voraussichtlich in den nächsten Jahrzehnten weiter steigen [8.9]. Verschärft wird dies durch ein starkes Wachstum des weltweiten Passagierflugverkehrs aufgrund besserer Bezahlbarkeit, den projizierten Bedarf an Mobilitätszugang in Nicht-OECD-Ländern, die von einer sehr niedrigen Ausgangsbasis aus starten, und durch die projizierten Anstiege im Frachtverkehr. Ein stetiger Anstieg des Pro-Kopf-Einkommens in Entwicklungs- und Schwellenländern hat in der letzten Zeit gemeinsam mit der Entwicklung neuer Verkehrsinfrastruktur einschließlich Straßen, Schienen, Flughäfen und Seehäfen bereits zu einem raschen Wachstum von Besitz und Nutzung von Zweirädern, dreirädrigen Fahrzeugen und leichten Nutzfahrzeugen geführt.

Die Verringerung der Verkehrsemissionen wird angesichts der unvermeidlich steigenden Nachfrage eine gewaltige Aufgabe sein. Unter der Annahme, dass die derzeitigen Wachstumsraten bei Passagieren und Fracht anhalten, und sofern keine Minderungsoptionen zur Überwindung der Hürden umgesetzt werden [8.8], könnten die derzeitigen Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors bis zum Jahr 2035 um bis zu 50 % steigen und sich bis 2050 nahezu verdoppeln [8.9]. Ein Anstieg des Anteils des Verkehrssektors an den globalen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen wäre wahrscheinlich die Folge. Trotz bislang mangelnder Fortschritte in vielen Ländern könnten neue Fahrzeug- und Brennstofftechnologien, geeignete Infrastrukturentwicklungen unter anderem auch für den nicht-motorisierten Verkehr in Städten, verkehrspolitische Maßnahmen und Verhaltensänderungen den erforderlichen Wandel einleiten [8.3, 8.4, 8.9].

### FAQ 8.2

#### Was sind die wichtigsten Minderungsoptionen und -potenziale zur Verringerung von Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor?

Eine Abkopplung des Verkehrs vom Wachstum des Bruttoinlandsprodukts ist möglich, erfordert jedoch die Entwicklung und den Einsatz geeigneter Maßnahmen, fortschrittlicher Technologien und verbesserter Infrastruktur. Die Wirtschaftlichkeit dieser Möglichkeiten kann je nach Region und im Verlauf der Zeit unterschiedlich sein [8.6]. Die zeitnahe Umsetzung von Minderungsmaßnahmen wird zukünftige Anbindeeffekte vermeiden, die

sich aus dem langsamen Bestandswechsel (insbesondere bei Flugzeugen, Eisenbahnen und Schiffen) sowie der Langlebigkeit und den gesunkenen Kosten bereits bestehender Infrastruktur ergeben [8.2, 8.4].

Bei der Entwicklung von kohlenstoffarmen Verkehrssystemen spielen Verhaltensänderungen und Investitionen in die Infrastruktur häufig eine ebenso große Rolle wie die Entwicklung effizienterer Fahrzeugtechnologien und die Verwendung kohlenstoffärmerer Brennstoffe [8.1, 8.3].

- **Vermeidung:** Eine Verringerung von Verkehrsaktivitäten kann durch das Vermeiden unnötiger Fahrten erreicht werden (z. B. durch Telearbeit und Internet-Shopping) sowie durch eine Verkürzung von Fahrstrecken z. B. durch die Verdichtung und Förderung von Mischzonen in Städten.
- **Verkehrsmittelwahl:** Eine Verlagerung der Transportmöglichkeiten auf effizientere Verkehrsmittel ist möglich (wie z. B. von Privatfahrzeugen auf öffentliche Verkehrsmittel, zu Fuß gehen und Fahrradfahren) und kann durch Stadtplanung und die Entwicklung einer sicheren und effizienten Infrastruktur gefördert werden.
- **Energieintensität:** Die Verbesserung der Ertragseffizienz von Flugzeugen, Eisenbahnen, Schiffen, Straßenfahrzeugen und Motoren durch die Hersteller wird fortgesetzt, während eine Optimierung von betrieblichen Abläufen und Logistik (insbesondere für den Frachtverkehr) ebenfalls zu einem geringeren Brennstoffbedarf führen kann.
- **Kohlenstoffintensität von Brennstoffen:** Eine Umstellung auf kohlenstoffärmere Brennstoffe und Energieträger ist technisch machbar, z. B. durch Verwendung nachhaltig produzierter Biobrennstoffe oder von Strom und Wasserstoff, die unter Verwendung erneuerbarer Energien bzw. anderer kohlenstoffarmer Technologien erzeugt wurden.

Diese vier Kategorien von Minderungsoptionen im Verkehrssektor neigen dazu, sich wechselseitig zu beeinflussen, und Emissionsminderungen summieren sich nicht immer auf. So hätte zum Beispiel ein sparsam gefahrenes hybrides Leichtnutzfahrzeug mit vier Insassen, angetrieben mit einem kohlenstoffarmen Biobrennstoff, relativ gesehen weniger Emissionen pro Passagierkilometer als ein einzelner Fahrer, der mit einem konventionellen benzinbetriebenen Leichtnutzfahrzeug unterwegs ist. Würde das Leichtnutzfahrzeug jedoch aufgrund der Verkehrsverlagerung auf öffentlichen und nicht-motorisierten Transport überflüssig, könnten die Gesamtemissionsminderungen nur einmal gezählt werden.

Die meisten Minderungsoptionen gelten sowohl für Fracht- als auch für Passagierverkehr, und viele stehen zeitnah für einen breiten Einsatz für Land-, Luft-, und Wasserverkehrsmittel zur Verfügung, wenn auch nicht in gleichem Maße und zu variablen Kosten [8.6]. Bus-, Schnellverkehr-, Schienen- und Wasserfahrzeuge sind im Vergleich zu Leicht- und Schwerlastfahrzeugen bzw. Flugzeugen eher relativ kohlenstoffeffizient pro Passagier bzw. Tonnenkilometer, aber wie bei allen Verkehrsmitteln schwankt dies mit der Fahrzeugbelegungsrate und den damit verbundenen Lastfaktoren. Eine Verlagerung des Frachttransports von Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen sowie Straßen-LKW auf Hochgeschwindigkeitszüge und Küstenschiffahrt bietet häufig ein beträchtliches Minderungspotenzial [Tabelle 8.3]. Darüber hinaus existieren Möglichkeiten zur Verringerung der indirekten Treibhausgasemissionen, die während der Errichtung von Infrastruktur, der Fahrzeugherstellung sowie dem Abbau, der Verarbeitung und der Lieferung von Brennstoffen entstehen.

Die Potenziale für verschiedene Minderungsoptionen sind je nach Region unterschiedlich und werden vom Stand der wirtschaftlichen Entwicklung, dem Zustand und Alter der vorhandenen Fahrzeugflotte und Infrastruktur sowie den in der Region verfügbaren Brennstoffen beeinflusst. In OECD-Ländern kann eine Verringerung des Verkehrsbedarfs Lebensstiländerungen und die Nutzung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien beinhalten. In Entwicklungs- und Schwellenländern kann eine Verlangsamung der Wachstumsrate der Nutzung konventioneller Verkehrsmittel mit relativ kohlenstoffreichen Emissionen für die Passagier- und Frachtbeförderung durch die Bereitstellung bezahlbarer, kohlenstoffarmer Optionen eine wichtige Rolle bei der Erreichung globaler Minderungsziele spielen. Potenzielle Treibhausgasemissionsminderungen aus Effizienzverbesserungen bei der Entwicklung neuer Fahrzeuge im Jahr 2030 verglichen mit heute reichen von 40–70 % für Leichtnutzfahrzeuge, 30–50 % für Schwerlastfahrzeuge, bis zu 50 % für Flugzeuge sowie für neue Schiffe – bei einer Kombination aus technologischen und operativen Maßnahmen – bis zu 60 % [Tabelle 8.3].

Politische Möglichkeiten zur Förderung der Ausschöpfung solcher Minderungsoptionen beinhalten die Einführung finanzieller Anreize wie Brennstoff- und Fahrzeugsteuern, die Entwicklung von Standards für Fahrzeugeffizienz und -emissionen, die Integration von Stadt- und Verkehrsplanung sowie die Unterstützung von Maßnahmen für Infrastrukturinvestitionen, um eine Verkehrsverlagerung hin zum öffentlichen Transport, zum Zufußgehen und zum Fahrradfahren zu fördern [8.10]. Preisgestaltungsstrategien können die Reisenachfrage von Privatpersonen und Unternehmen verringern, obwohl ein erfolgreicher Wandel in diesem Sektor auch beträchtliche Bildungsmaßnahmen erfordern kann, die dabei helfen, Verhal-

tensänderungen herbeizuführen und gesellschaftliche Akzeptanz zu schaffen. Brennstoff- und Fahrzeugweiterentwicklungen in der nahen bis mittleren Zukunft werden in hohem Maße durch Forschungsinvestitionen der derzeitigen Energie- und Herstellungsindustrien vorangetrieben werden, die danach streben, bestehenden politischen Strategien nachzukommen und gleichzeitig ihre Marktanteile zu erhöhen. Um jedoch dieses *Business-as-usual*-Szenario zu verbessern und die Treibhausgasemissionen dieses Sektors trotz des rasch wachsenden Bedarfs signifikant zu verringern, werden strengere politische Maßnahmen erforderlich sein. Um insgesamt einen Wandel des Sektors zu erreichen, sind der schnelle Einsatz neuer und fortschrittlicher Technologieentwicklungen, die Errichtung neuer Infrastruktur und die Anregung geeigneter Verhaltensänderungen notwendig.

### FAQ 8.3 Gibt es im Zusammenhang mit Minderungsmaßnahmen positive Nebeneffekte?

Klimaschutzstrategien im Verkehrssektor können zu vielen positiven Nebeneffekten führen [8.7]. Eine Realisierung dieser Vorteile durch die Umsetzung solcher Strategien hängt jedoch vom regionalen Kontext im Hinblick auf ihre wirtschaftliche, soziale und politische Machbarkeit sowie vom Zugang zu geeigneten und kosteneffizienten fortschrittlichen Technologien ab. In Entwicklungsländern, in denen das größte zukünftige städtische Wachstum auftreten wird, kann die Mobilität verbessert werden, indem man Ausschöpfung, Komfort und Sicherheit des Nahverkehrs sowie nicht-motorisierter Verkehrsmittel steigert. In den am wenigsten entwickelten Ländern kann dies auch den Marktzugang verbessern und damit die Förderung der wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung unterstützen. Die Möglichkeiten, städtische Infrastrukturen und Verkehrssysteme so zu formen, dass kurz- bis mittelfristig eine größere Nachhaltigkeit erzielt wird, sind wahrscheinlich ebenfalls in Entwicklungs- und Schwellenländern größer als in OECD-Ländern, wo die Verkehrssysteme weitgehend festgelegt sind [8.4].

In mehreren Städten in OECD-Ländern wurde ein Rückgang von Nutzung und Besitz von Leichtnutzfahrzeugen beobachtet, die Nachfrage nach motorisiertem Straßenverkehr, einschließlich zweirädriger und dreirädriger Fahrzeuge, wächst in Nicht-OECD-Ländern jedoch weiterhin, häufig mit der Folge ansteigender lokaler Luftverschmutzung. Gut durchdachte politische Maßnahmenpakete können Möglichkeiten zur Nutzung positiver Nebeneffekte im Hinblick auf Gemeinwohl, Sicherheit und Gesundheit eröffnen. [8.10]. Mit breiteren politischen Konzepten und Programmen verbundene Verkehrsstrategien können üblicherweise auf mehrere politische Ziele gleichzeitig abzielen. Zu den daraus resultierenden Vorteilen

können geringere Reisekosten, verbesserte Mobilität, verbesserte Allgemeingesundheit durch verringerte lokale Luftverschmutzung und körperliche Betätigung im nicht-motorisierten Verkehr, größere Energiesicherheit, mehr Sicherheit sowie Zeitersparnis durch weniger Verkehrsstaus zählen.

Eine Reihe von Studien lässt darauf schließen, dass die direkten und indirekten Vorteile nachhaltiger Verkehrsmaßnahmen häufig größer sind als die Kosten ihrer Umsetzung [8.6, 8.9]. Die Quantifizierung positiver Nebeneffekte und der damit verbundenen Auswirkungen auf das Gemeinwohl bedarf jedoch noch genauer Messungen. In allen Regionen gibt es viele Hürden für Minderungsoptionen [8.8], es steht jedoch eine große Bandbreite an Möglichkeiten zur Verfügung, diese zu überwinden und mittel- bis langfristige erhebliche Kohlenstoffverringerungen zu niedrigen Grenzkosten zu erreichen [8.3, 8.4, 8.6, 8.9]. Eine Dekarbonisierung des Verkehrssektors wird für viele Länder eine Herausforderung darstellen, aber durch die Entwicklung gut durchdachter politischer Strategien, die eine Kombination aus Infrastrukturentwicklung und -modifizierung, technologischen Fortschritten und Verhaltensmaßnahmen einbinden, können positive Nebeneffekte entstehen und zu einer kosteneffizienten Strategie führen.

## Kapitel 9: Gebäude

### FAQ 9.1 Welche jüngsten Fortschritte in Technologie und Fachkenntnissen der Baubranche seit dem Vierten Sachstandsbericht sind aus Minderungsicht von Bedeutung?

Jüngste Weiterentwicklungen in Informationstechnologie, Planung, Bauwesen und Fachwissen haben neue Möglichkeiten für einen transformativen Wandel bezüglich der mit der Baubranche verbundenen Emissionen eröffnet, die dazu beitragen können, ambitionierte Klimaziele zu gesellschaftlich akzeptablen Kosten bzw. häufig zu Nettogewinnen zu erreichen. Die hauptsächlichen Fortschritte liegen nicht in großen technologischen Entwicklungen, sondern eher in deren erweiterter systemischer Anwendung, teilweise infolge von weiterentwickelten politischen Strategien, sowie in Leistungsverbesserungen und Kostensenkungen bei zahlreichen Technologien. Zum Beispiel erfüllen über 57 000 Gebäude den Passivhausstandard, und der „Nahe-Null-Energie“-Neubau wurde in 27 Mitgliedstaaten der Europäischen Union gesetzlich festgeschrieben. Noch höhere Energieeffizienzniveaus werden für neue und bestehende Gebäude einschließlich gewerblicher Gebäude erfolgreich angewandt. Die Kosten sind allmählich gesunken; für

Wohngebäude mit Passivhausstandard machen sie 5–8 % der konventionellen Baukosten aus, und einige Nullenergie- bzw. Nahe-Null-Energie-Gewerbegebäude wurden zu gleichen Kosten wie oder sogar zu geringeren Kosten als konventionelle Gebäude errichtet (siehe 9.3 und 9.7).

### FAQ 9.2

#### Wie viel könnte die Baubranche zu ambitionierten Klimaschutzzielen beitragen, und was würden solche Bemühungen kosten?

Entsprechend dem „Effizienzpfad“ des GEA (*Global Energy Assessment*) könnte bis 2050 die globale Energienutzung für Heizung und Kühlung im Vergleich zu 2005 um bis zu 46 % zurückgehen, wenn die heutigen bestmöglichen Methoden im Bauwesen und Fachkenntnisse in Sanierung auf breiter Basis umgesetzt würden (Ürge-Vorsatz et al., 2012c). Dies geschähe trotz des Grundflächenanstiegs von über 150 % im selben Zeitraum sowie eines signifikanten Anstiegs des Wärmekomforts und der Beseitigung von Energiearmut (Ürge-Vorsatz et al., 2012c). Die Kosten solcher Szenarien sind ebenfalls signifikant, aber laut den meisten Modellen übersteigen die Einsparungen an Energiekosten die Investitionskosten bei weitem. So projiziert das GEA (2012) beispielsweise einen zusätzlichen Gesamtinvestitionsbedarf von ca. 24 Mrd. USD<sub>2010</sub> zur Realisierung dieser weiterentwickelten Szenarien, schätzt jedoch die kumulativen Energiekosteneinsparungen bis 2050 auf über 65 Mrd. USD<sub>2010</sub>.

#### QUELLEN:

Ürge-Vorsatz D., K. Petrichenko, M. Antal, M. Staniec, M. Labelle, E. Ozden, und E. Labzina (2012c): *Best Practice Policies für Low Energy and Carbon Buildings. A Scenario Analysis*. Forschungsbericht, erstellt vom Center for Climate Change and Sustainable Policy (3CSEP) für das Global Best Practice Network for Buildings. Central European University (CEU) und Global Buildings Performance Network.

GEA (2012): *Global Energy Assessment*. Cambridge University Press, Laxenburg, Österreich, 1802 Seiten.

### FAQ 9.3

#### Welche politischen Instrumente haben sich als besonders wirkungsvoll und/oder kosteneffizient bei der Verringerung von Treibhausgasemissionen aus der Baubranche (bzw. in Entwicklungsländern von deren Anstieg) erwiesen?

Seit dem Vierten Sachstandsbericht haben sich politische Instrumente in der Baubranche stark vermehrt. Hierzu zählen neue Instrumente wie Weiße Zertifi-

kate, Vorzugsdarlehen, Zuschüsse, fortschrittliche Bauvorschriften nach den Grundsätzen kostenoptimierter Mindestanforderungen an die Energieeffizienz und der Berechnung des Energieverbrauchs über den Lebenszyklus hinweg, energiesparende Einspeisetarife sowie Verpflichtungen von Versorgungsunternehmen und andere Maßnahmen, die in zahlreichen Ländern eingeführt wurden. Zu den kosteneffizientesten Instrumenten zählen bislang Bauvorschriften und -kennzeichnungen, Gerätestandards und -kennzeichnungen, Verpflichtungen von Versorgungsunternehmen, öffentliche Beschaffung sowie Trainingsprogramme für Führungskräfte. Die meisten davon sind regulatorische Instrumente. Für die meisten Instrumente gibt es jedoch besonders erfolgreiche Einsatzmöglichkeiten, in denen CO<sub>2</sub>-Minderungen zu geringen oder negativen Sozialkosten erreicht wurden, was darauf hinweist, dass den Regierungen ein breites Maßnahmenportfolio zur Verfügung steht, um gebäudebedingte Emissionen kosteneffizient zu begrenzen. Gerätestandards und -kennzeichnungen, Bauvorschriften, die Förderung von Energiedienstleistern, *Clean Development Mechanism* (CDM) und *Joint Implementation* (JI) sowie Finanzierungsinstrumente (Zuschüsse und Subventionen) haben sich bislang als ökologisch wirksamste Instrumente unter den dokumentierten Fällen erwiesen. Die Umweltwirksamkeit unterscheidet sich jedoch je nach Fall beträchtlich. Basierend auf einer detaillierten Analyse von Strategiewertungen können praktisch alle diese Instrumente sehr wirksam sein (ökologisch wie kostenmäßig), wenn sie auf die lokalen Bedingungen und politischen Rahmenbedingungen zugeschnitten sind und gut umgesetzt und durchgesetzt werden (Boza-Kiss et al., 2013). Es ist daher wahrscheinlich, dass die Wahl des Instruments weniger entscheidend ist als dessen durchdachte und folgerichtige Gestaltung, Anwendung, Umsetzung und Durchsetzung.

#### QUELLE:

Boza-Kiss B., S. Moles-Grueso, und D. Ürge-Vorsatz (2013): Evaluating policy instruments to foster energy efficiency for the sustainable transformation of buildings. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5, 163-176. doi: 10.1016/j.cosust.2013.04.002, ISSN: 1877 – 3435.

## Kapitel 10: Industrie

### FAQ 10.1

#### Wie viel trägt der Industriesektor zu Treibhausgasemissionen bei?

Die globalen Treibhausgasemissionen aus der Industrie machten knapp über 30 % der globalen Treibhaus-

gasemissionen im Jahr 2010 aus. Die globalen Treibhausgasemissionen aus Industrie und Abfall/Abwasser stiegen von 10 Gt CO<sub>2</sub>-Äq im Jahr 1990 auf 13 Gt CO<sub>2</sub>-Äq im Jahr 2005 und auf 15 Gt CO<sub>2</sub>-Äq im Jahr 2010. Mehr als die Hälfte (52 %) der globalen direkten Treibhausgasemissionen aus Industrie und Abfall/Abwasser stammt aus der Region ASIA, gefolgt von OECD-1990 (25 %), EIT (9 %), MAF (8 %) und LAM (6 %)<sup>2</sup>. Die Treibhausgasemissionen aus der Industrie stiegen zwischen 2005 und 2010 global durchschnittlich um jährlich 3,5 %. Dies beinhaltet einen durchschnittlichen jährlichen Anstieg um 7 % in der Region ASIA, gefolgt von MAF (4,4 %) sowie LAM (2 %) und EIT (0,1 %), jedoch einen Rückgang in OECD-1990 (-1,1 %). (10.3) Im Jahr 2010 bestanden industrielle Treibhausgasemissionen aus unmittelbar energetisch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 5,3 Gt CO<sub>2</sub>-Äq, indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Strom- und Wärmeerzeugung für die Industrie von 5,2 Gt CO<sub>2</sub>-Äq, prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2,6 Gt CO<sub>2</sub>-Äq, Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgasemissionen von 0,9 Gt CO<sub>2</sub>-Äq und Abfall-/Abwasseremissionen von 1,4 Gt CO<sub>2</sub>-Äq. (10.3)

Im Jahr 2010 wurden die direkten und indirekten Emissionen durch CO<sub>2</sub> dominiert (85,1 %), gefolgt von CH<sub>4</sub> (8,6 %), H-FKW (3,5 %), N<sub>2</sub>O (2,0 %), PFC (0,5 %) und SF<sub>6</sub> (0,4 %). Zwischen 1990 und 2010 gingen die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Adipinsäure- und Salpetersäureproduktion sowie die PFC-Emissionen aus der Aluminiumproduktion zurück, während die H-FKW-23-Emissionen aus der H-FCKW-22-Produktion zunahmen. Im Zeitraum 1990–2005 waren Fluor-Gase (F-Gase) die bedeutendste Nicht-CO<sub>2</sub>-Quelle von Treibhausgasen in der Fertigungsindustrie. (10.3)

### **FAQ 10.2** **Was sind die wichtigsten Minderungsoptionen im Industriesektor, und welches Potenzial besteht zur Verringerung von Treibhausgasemissionen?**

Die meisten Szenarien für den Industriesektor zeigen, dass der Materialbedarf (Stahl, Zement usw.) bis 2050 um 45 % bis 60 % im Vergleich zum Produktionsniveau 2010 ansteigen wird. Um eine absolute Verringerung der Emissionen aus dem Industriesektor zu erreichen, wird eine Vielzahl von Minderungsoptionen erforderlich sein, die über die derzeitigen Praktiken hinausgehen. Die Möglichkeiten zur Minderung von Treibhausgasemissionen aus der Industrie lassen sich in die folgenden Bereiche einteilen: Energieeffizienz, Emissionseffizienz (einschließlich der Umstellung auf andere Brenn- und Ausgangsstoffe, Kohlendioxidabscheidung und -speicherung), Materialeffizienz (z. B. durch reduzierte Ertragsverluste in der Produktion), Materialienwiederverwendung und Produktrecycling,

intensivere und längere Produktnutzung und verringerter Wartungsbedarf. (10.4, 10.10)

In den vergangenen zwei bis drei Jahrzehnten gab es, angetrieben durch den relativ hohen Energiekostenanteil, in der Industrie deutliche Verbesserungen der Energie- und Prozesseffizienz. Nach wie vor gibt es noch viele Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz, und es besteht immer noch Potenzial zur Verringerung der Diskrepanz zwischen tatsächlicher Energienutzung und der bestmöglichen Praxis in vielen Branchen. Auf der Grundlage eines breiten Einsatzes der besten verfügbaren Technologien könnte die Treibhausgasemissionsintensität des Sektors durch Energieeffizienz um ca. 25 % verringert werden. Durch Innovation könnten potenziell weitere Verringerungen der Energieintensität um ca. 20 % realisiert werden, bevor in einigen energieintensiven Branchen technologische Grenzen erreicht würden. (10.4, 10.7) Zusätzlich zur Energieeffizienz stellt die Materialeffizienz – geringerer Verbrauch neuer Materialien zur Erbringung derselben Leistung – eine wichtige und vielversprechende Möglichkeit zur Treibhausgas-minderung dar, die bis heute nur wenig Beachtung gefunden hat. Langfristige stufenweise Optionen, einschließlich einer Umschaltung auf kohlenstoffarme Elektrizität oder radikaler Produktinnovationen (z. B. Alternativen zu Zement), könnten das Potenzial haben, zu einer signifikanten Minderung in der Zukunft beizutragen. (10.4)

### **FAQ 10.3** **Wie werden die Höhe der Produktnachfrage, Wechselwirkungen mit anderen Sektoren und die Zusammenarbeit innerhalb des Industriesektors die Emissionen aus der Industrie beeinflussen?**

Die Höhe der Nachfrage nach neuen und Austauschprodukten hat signifikante Folgen für den Beschäftigungsgrad und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen im Industriesektor. Eine Verlängerung der Produktlebensdauer und intensivere Produktnutzung könnten zu einer Verringerung der Produktnachfrage ohne eine Reduzierung von Dienstleistungen führen. Die Bewertung solcher Strategien erfordert jedoch eine sorgfältige Nettobilanz (einschließlich der Berechnung des Energiebedarfs im Produktionsprozess und damit verbundener Treibhausgasemissionen). Absolute Emissionsminderungen können auch durch Änderungen des Lebensstils und des entsprechenden Nachfrageniveaus herbeigeführt werden, sei es direkt (z. B. bei Nahrungsmitteln, Textilien) oder indirekt (z. B. bei dem mit Tourismus verbundenen Produkt-/Dienstleistungsbedarf). (10.4)

<sup>2</sup> Anmerkung des Übersetzers: Die hier genannten Regionen entsprechen den RC5-Regionen wie in Annex A.II.2 des Beitrags von Arbeitsgruppe III zum AR5 definiert. OECD-1990: OECD-Länder im Jahre 1990, EIT: Transformationsländer, LAM: Lateinamerika und Karibik, MAF: Naher und Mittlerer Osten sowie Afrika, ASIA: nicht-OECD-Asien

Minderungsstrategien in anderen Sektoren können zu höheren Emissionen in der Industrie führen, wenn sie eine vermehrte Verwendung energieintensiver Materialien erfordern (z. B. höhere Produktion von Solarzellen (PV) und Isoliermaterialien für Gebäude). Darüber hinaus haben Kooperationen innerhalb des Industriesektors und zwischen dem Industriesektor und anderen Wirtschaftssektoren signifikantes Minderungspotenzial (z. B. Nutzung von Abwärme). Ferner kann branchenübergreifende Zusammenarbeit, d. h. Kooperationen zwischen den Branchen in Gewerbeparks oder mit regionalen ökoindustriellen Netzwerken, zur Minderung beitragen. (10.5)

#### **FAQ 10.4** **Welche Hindernisse bestehen für eine Emissionsverringerung im Industriesektor, und wie können diese überwunden werden? Gibt es mit Minderungsmaßnahmen in der Industrie verbundene positive Nebeneffekte?**

Der Umsetzung von Minderungsmaßnahmen in der Industrie steht eine Vielzahl von Hindernissen gegenüber. Typische Beispiele sind unter anderem: die Erwartung einer hohen Rendite (kurze Amortisationszeit), hohe Kapitalkosten und lange Projektentwicklungszeiten einiger Maßnahmen, fehlender Zugang zu Kapital für Energieeffizienzverbesserungen und Umstellungen auf andere Ausgangsmaterialien/Brennstoffe, angemessener Marktpreis für die Einspeisung miterzeugter Elektrizität ins Netz sowie Kosten/mangelndes Bewusstsein für die Notwendigkeit, H-FKW-Leckagen zu begrenzen. Hinzu kommt, dass Unternehmen heute hauptsächlich für steigende Umsätze belohnt werden und Prozessinnovation gegenüber Produktinnovation vorziehen können. Bestehende nationale, auf BIP-Indikatoren basierende Bilanzierungssysteme unterstützen ebenfalls Handlungen und Maßnahmen, die darauf gerichtet sind, die Produktnachfrage zu erhöhen, und stoßen keine Strategien zur Verringerung der Produktnachfrage an. (10.9)

Die Bekämpfung der Ursachen von Investitionsrisiken und eine bessere Deckung des Bedarfs von Verbrauchern bei ihrem Streben nach Wohlbefinden könnten die Verringerung von Industrieemissionen ermöglichen. Technologische Verbesserungen, effiziente sektorspezifische Maßnahmen (z. B. wirtschaftliche Instrumente, regulatorische Ansätze und freiwillige Vereinbarungen) sowie Informations- und Energiemanagementprogramme könnten alle dazu beitragen, technologische, finanzielle, institutionelle, rechtliche und kulturelle Hürden zu überwinden. (10.9, 10.11)

Die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen in Industriezweigen und damit verbundene politische Strategi-

en könnten an Fahrt gewinnen, wenn positive Nebeneffekte (10.8) gemeinsam mit unmittelbaren wirtschaftlichen Kosten und Vorteilen bedacht würden (10.7). Minderungsmaßnahmen können die Wettbewerbsfähigkeit verbessern, neue Marktmöglichkeiten erschließen und das Ansehen von Unternehmen durch indirekte gesellschaftliche und ökologische Vorteile auf lokaler Ebene steigern. Damit verbundene positive Folgen für die Gesundheit können die öffentliche Akzeptanz verbessern. Minderung kann auch zur Schaffung von Arbeitsplätzen und umfassenderen Umweltvorteilen führen, wie z. B. verringerter Luft- und Wasserverschmutzung und verminderten Abbau von Rohstoffen, wodurch wiederum Treibhausgasemissionen verringert werden. (10.8)

### **Kapitel 11: Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung (AFOLU)**

#### **FAQ 11.1** **Wie viel tragen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung zu Treibhausgasemissionen bei, und wie verändert sich dies?**

Landwirtschaft und Landnutzungsänderung, hauptsächlich die Entwaldung tropischer Wälder, tragen in hohem Maße zu anthropogenen Treibhausgasemissionen bei und werden voraussichtlich auch während des 21. Jahrhunderts ihre Bedeutung behalten. Die jährlichen Treibhausgasemissionen (hauptsächlich CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) aus der landwirtschaftlichen Produktion im Zeitraum 2000–2010 wurden auf 5,0–5,8 Gt CO<sub>2</sub>-Äq/Jahr geschätzt, was ca. 10–12 % der globalen anthropogenen Emissionen ausmacht. Der jährliche Treibhausgasfluss aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen belief sich auf ca. 4,3–5,5 Gt CO<sub>2</sub>-Äq/Jahr bzw. ca. 9–11 % der gesamten anthropogenen Treibhausgasemissionen. Der Gesamtbeitrag des AFOLU-Sektors zu den anthropogenen Emissionen beläuft sich daher auf etwa ein Viertel der globalen anthropogenen Gesamtmenge.

#### **FAQ 11.2** **Wie werden Minderungsmaßnahmen im AFOLU-Sektor die Treibhausgasemissionen über unterschiedliche Zeitskalen beeinflussen?**

Im AFOLU-Sektor werden bereits viele Minderungsoptionen umgesetzt, z. B. Aufforstung, Verringerung von Entwaldung, Acker- und Weidelandmanagement, Feuermanagement und verbesserte Viehrassen und

Futtermittel. Diese können jetzt umgesetzt werden. Andere (wie beispielsweise einige Formen der Biotechnologie und Futtermittelzusätze) befinden sich noch in der Entwicklung und stehen möglicherweise erst in einigen Jahren zur Verfügung. Im Hinblick auf die Wirkungsweise der Optionen ist – wie auch in anderen Sektoren – eine Verringerung von Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgasemissionen unmittelbar und dauerhaft. Ein großer Teil des Minderungspotenzials im AFOLU-Sektor entfällt jedoch auf die Kohlenstoffsequestrierung in Böden und Vegetation. Dieses Minderungspotenzial unterscheidet sich dadurch, dass die Optionen zeitlich begrenzt sind (das Potenzial wird gesättigt) und die geschaffenen verbesserten Kohlenstoffspeicher umkehrbar und nicht dauerhaft sind. Daher gibt es eine signifikante Zeitkomponente in der Realisierung und Dauer eines großen Teils des im AFOLU-Sektor verfügbaren Minderungspotenzials.

### **FAQ 11.3 Welches Potenzial bieten die wichtigsten Minderungsmöglichkeiten im AFOLU-Sektor zur Verringerung von Treibhausgasemissionen?**

Grundsätzlich lassen die verfügbaren *Top-down*-Schätzungen der Kosten und Potenziale darauf schließen, dass die AFOLU-Minderung ein wichtiger Teil einer globalen kosteneffizienten Minderungsstrategie ist. Potenziale und Kosten dieser Minderungsoptionen unterscheiden sich jedoch stark je nach Aktivität, Regionen, Systemgrenzen und Zeithorizont. Insbesondere Minderungsoptionen in der Forstwirtschaft – einschließlich verringerter Entwaldung, Forstmanagement, Aufforstung und Agroforstwirtschaft – tragen bei Kohlenstoffpreisen von bis zu 100 USD/t CO<sub>2</sub>-Äq geschätzt 0,2–13,8 Gt CO<sub>2</sub>-Äq/Jahr zu einer wirtschaftlich realisierbaren Senkung im Jahr 2030 bei. Die globalen marktbasieren Minderungspotenziale in der Landwirtschaft im Jahr 2030 werden auf bis zu 0,5–10,6 Gt CO<sub>2</sub>-Äq/Jahr geschätzt. Neben der angebotsorientierten Minderung können nachfrageorientierte Minderungsoptionen signifikante Folgen für die Treibhausgasemissionen aus der Nahrungsmittelproduktion haben. Ernährungsumstellungen auf pflanzenbasierte und daher weniger treibhausgasintensive Nahrungsmittel können zu Treibhausgasemissionsersparungen von 0,7–7,3 Gt CO<sub>2</sub>-Äq/Jahr im Jahr 2050 führen, abhängig davon, welche Treibhausgase und Nahrungsmittel berücksichtigt werden. Eine Verringerung von Nahrungsmittelverlusten und -verschwendung in der Lieferkette von der Ernte bis zum Verbrauch kann die Treibhausgasemissionen um 0,6–6,0 Gt CO<sub>2</sub>-Äq/Jahr reduzieren.

### **FAQ 11.4 Sind mit Minderungsmaßnahmen im AFOLU-Sektor positive Nebeneffekte verbunden?**

In einigen Fällen kann die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen im AFOLU-Sektor zu einer Verbesserung des Landmanagements führen und daher sozioökonomische, gesundheitliche und ökologische Vorteile mit sich bringen: So können beispielsweise die Verringerung von Entwaldung, Wiederaufforstung und Aufforstung die lokalen klimatischen Bedingungen, die Wasserqualität sowie den Erhalt der biologischen Vielfalt verbessern und dabei helfen, geschädigte bzw. aufgegebene Flächen wiederherzustellen. Bodenmanagement zur Erhöhung der Kohlenstoffsequestrierung in Böden kann durch eine Zunahme an Oberflächenbedeckung auch das Ausmaß von Wind- und Wassererosion verringern. Weitere Überlegungen zu wirtschaftlich positiven Nebeneffekten betreffen den Zugang zu Kohlenstoffzahlungen entweder innerhalb oder außerhalb der UNFCCC-Abkommen und neue Einnahmequellen, insbesondere in Entwicklungsländern (speziell für arbeitsintensive Minderungsoptionen wie Aufforstungen).

### **FAQ 11.5 Welche Hemmnisse stehen einer Verringerung von Emissionen im AFOLU-Sektor im Wege, und wie können diese überwunden werden?**

Viele Hemmnisse stehen der Emissionsverringerung entgegen. Erstens könnten Minderungsmaßnahmen aus wirtschaftlichen Gründen (z. B. Marktversagen oder die Notwendigkeit, Kapital zu investieren, um wiederkehrende Einsparungen zu realisieren) oder aufgrund einer Reihe anderer Faktoren einschließlich risikobedingter, politischer/bürokratischer, logistischer sowie bildungsbedingter/gesellschaftlicher Hemmnisse nicht umgesetzt werden. Technologische Hemmnisse können durch Forschung und Entwicklung überwunden werden; logistische und politische/bürokratische Hemmnisse können durch bessere Regierungsführung und Institutionen beseitigt werden; bildungsbedingte Hemmnisse können durch bessere Bildung und landwirtschaftliche Beratungsnetzwerke überwunden werden; risikobezogene Hemmnisse können beispielsweise durch Klärung von Unsicherheiten in Landbesitzverhältnissen überwunden werden.

## Kapitel 12: Siedlungen, Infrastruktur und Raumplanung

### FAQ 12.1 Warum nimmt der IPCC ein neues Kapitel zu Siedlungen und Raumplanung auf? Wird dies nicht in den einzelnen Sektor-kapiteln behandelt?

Verstädterung ist ein globaler Megatrend, der Gesellschaften umformt. Heute leben über 50 % der Weltbevölkerung in städtischen Räumen. Bis 2050 wird die globale städtische Bevölkerung um 2,5 bis 3 Milliarden wachsen, was 64 % bis 69 % der Weltbevölkerung entspricht. Bis zur Jahrhundertmitte werden mehr städtische Räume und Infrastrukturen geschaffen werden, als derzeit existieren. Die Arten von Städten, Großstädten und städtischen Ballungsgebieten, die sich letztlich über die kommenden Jahrzehnte entwickeln, werden entscheidende Folgen für den Energieverbrauch und die Kohlenstoffemissionen haben. Der Vierte Sachstandsbericht (AR4) des IPCC enthielt kein Kapitel zu Siedlungen bzw. städtischen Räumen. Städtische Räume wurden aus Sicht der einzelnen Sektor-kapitel betrachtet. Seit der Veröffentlichung des AR4 wurden der bedeutende Beitrag städtischer Räume zu den Treibhausgasemissionen und ihre potenzielle Rolle bei deren Minderung zunehmend anerkannt, und die entsprechende wissenschaftliche Literatur hat um ein Vielfaches zugenommen.

### FAQ 12.2 Welchen Anteil haben Städte an globalem Energieverbrauch und an Treibhausgasemissionen?

Der genaue Anteil von Städten an Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen schwankt je nach Emissionsbilanzierungsrahmen und -definitionen. Auf städtische Räume entfallen 67–76 % des globalen Energieverbrauchs und 71–76 % der globalen energiebezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Unter Verwendung der Scope1-Berechnung beträgt der Anteil von Städten an den globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen ca. 44 %.

Auf städtische Räume entfallen zwischen 53 % und 87 % (mittlere Schätzung 76 %) der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der globalen Endenergienutzung und zwischen 30 % und 56 % (mittlere Schätzung 43 %) der globalen primärenergiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### FAQ 12.3 Welches Potenzial haben Siedlungen, den Klimawandel zu mindern?

Die Treiber städtischer Treibhausgasemissionen können in vier Hauptgruppen eingeteilt werden: wirtschaftliche Geographie und Einkommen, soziodemographische Faktoren, Technologie sowie Infrastruktur und Stadtform. Hiervon wurden die ersten drei Gruppen am detailliertesten untersucht, und es wird durchweg aufgezeigt, dass das Einkommen einen starken Einfluss auf die städtischen Treibhausgasemissionen ausübt. Soziodemographische Treiber haben mittlere Bedeutung in schnell wachsenden Städten, Technologie ist ein sehr bedeutender Treiber, und Infrastruktur sowie Stadtform haben als Emissionstreiber eine mittlere bis hohe Bedeutung. Wesentliche Treiber von Treibhausgasemissionen in Bezug auf Stadtform sind Dichte, Landnutzungsdurchmischung, Anbindung und Erreichbarkeit. Diese Faktoren stehen in Wechselbeziehung zueinander und sind voneinander abhängig. Daher reicht kein Faktor für sich alleine aus, um Emissionen zu verringern.

## Kapitel 13: Internationale Zusammenarbeit: Abkommen und Instrumente

### FAQ 13.1 Warum ist internationale Zusammenarbeit notwendig, angesichts der Tatsache, dass die Senkung der Treibhausgasemissionen letztendlich durch Privatpersonen und Unternehmen innerhalb der Länder erfolgen muss?

Internationale Zusammenarbeit ist aus vielen Gründen wichtig, um eine signifikante Verringerung von Emissionen zu erreichen. Zunächst ist Klimaschutz ein öffentliches Gut, das kollektives Handeln erfordert, denn Firmen und Einzelpersonen werden andernfalls nicht die privaten Kosten tragen, die notwendig sind, um die globalen Vorteile von Minderung zu erzielen (siehe Abschnitt 13.2.1.1). Zweitens ist der anthropogene Klimawandel ein globales Gemeingutproblem, da sich Treibhausgase global in der Atmosphäre mischen. Drittens eröffnet sich durch internationale Zusammenarbeit für jedes Land die Möglichkeit festzustellen, wie die Verantwortlichkeiten basierend auf den in internationalen Abkommen beschlossenen Grundsätzen unter ihnen aufzuteilen sind (siehe Abschnitt 13.3). Dies ist entscheidend, da einzelne Länder die Einheiten darstellen, die Rechtsbefugnis über Privatpersonen und Unternehmen haben, deren Handlungen letztlich darüber bestimmen, ob Emissionen gesenkt werden.

Viertens ermöglicht internationale Zusammenarbeit Verknüpfungen über politische Strategien auf unterschiedlichen Ebenen hinweg, insbesondere durch die Harmonisierung nationaler und regionaler politischer Strategien, sowie Verknüpfungen über unterschiedliche Belange hinweg, und sie kann durch verstärkte Zusammenarbeit Minderungskosten verringern, Möglichkeiten zur gemeinsamen Nutzung der Anpassungsvorteile schaffen, die Glaubwürdigkeit von Preissignalen erhöhen sowie Marktgröße und Liquidität steigern. Fünftens könnte internationale Zusammenarbeit dabei helfen, internationale Wissenschaft und Erkenntnisse zusammenzubringen, was die Wirksamkeit gemeinschaftlich entwickelter politischer Instrumente verbessern könnte.

### FAQ 13.2 Welche Vor- und Nachteile haben die Einbindung aller Länder in die internationale Zusammenarbeit zum Klimawandel (ein „inklusive“ Ansatz) und die Begrenzung der Teilnahme (ein „exklusiver“ Ansatz) jeweils?

Aus der Literatur lässt sich schließen, dass man zwischen „inklusive“ Ansätzen für Verhandlungen und Vereinbarungen (d. h. Ansätze mit breiter Beteiligung, wie in der UNFCCC) und „exklusiven“ Ansätzen (d. h. begrenzte Beteiligung entsprechend den gewählten Kriterien – z. B. Einbindung nur der größten Emittenten oder von Gruppen mit spezifischen Problemschwerpunkten) abwägen muss. Im Hinblick auf einen „inklusive“ Ansatz ist die universelle Mitgliedschaft in der UNFCCC ein Indikator für den hohen Grad ihrer unter den Staaten anerkannten Rechtmäßigkeit als zentrale Institution zur Entwicklung einer internationalen Klimapolitik. Die wissenschaftliche Literatur bietet unterschiedliche Ansichten dazu, ob die Ergebnisse der jüngsten Verhandlungen das multilaterale Klimaregime stärken oder schwächen (Abschnitt 13.13.1.3). Eine Reihe anderer multilateraler Foren hat sich als potenziell wertvoll für das Vorantreiben des internationalen Prozesses durch einen „exklusiven“ Ansatz erwiesen. Diese kleineren Gruppen können den Gesamtprozess durch informelle Beratungen, technische Analysen und Informationsaustausch sowie die Umsetzung der UNFCCC-Entscheidungen bzw. -Anleitungen (z. B. im Hinblick auf Klimafinanzierung) vorantreiben. Sie könnten möglicherweise auch effektiver eine Einigung unter den größten Emittenten herbeiführen, waren dazu jedoch bislang noch nicht in der Lage. Beispiele sind das MEF (*Major Economies Forum*), die G20 und G8 sowie auf Städteebene die *Climate Leadership Group C40*. Abschnitt 13.5 geht hierauf näher ein, und Abbildung 13.1 stellt die „Landschaft“ der für den Klimawandel relevanten Abkommen und Institutionen dar.

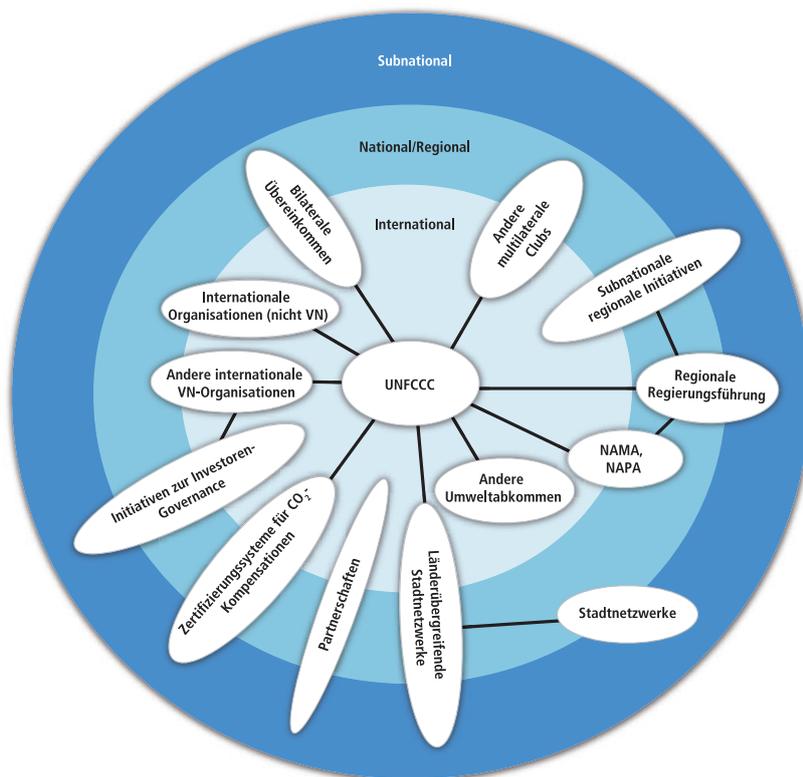
### FAQ 13.3 Welche Optionen gibt es zur Gestaltung politischer Maßnahmen, die Fortschritte in der internationalen Zusammenarbeit zum Klimaschutz erzielen sollen?

Es gibt eine Reihe potenzieller Strukturen für eine formalisierte internationale Zusammenarbeit zum Klimaschutz, im Text als „Architekturen“ politischer Strategien bezeichnet (siehe Abschnitt 13.4). Die Architekturen unterscheiden sich nach dem Grad der Zentralisierung ihrer Autorität und können grob in drei Gruppen unterteilt werden: strenger Multilateralismus, abgestimmte nationale politische Maßnahmen und dezentralisierte Architekturen (siehe Abschnitt 13.4.1). Ein Beispiel für einen strengen Multilateralismus ist ein Ziel und Zeitplanansatz, der aggregierte, quantitative Emissionsminderungsziele über einen festgesetzten Zeitraum festlegt und die Verantwortlichkeiten für diese Minderung unter den Ländern gemäß den gemeinsam beschlossenen Grundsätzen aufteilt. Das Kyoto-Protokoll der UNFCCC ist ein Beispiel eines streng multilateralen Ansatzes. Die zweite Architektur sind abgestimmte nationale politische Strategien. Ein prinzipielles (jedoch nicht in die Praxis umgesetztes) Beispiel könnten multilateral abgestimmte nationale CO<sub>2</sub>-Steuern darstellen. Ein Beispiel für die dritte Architektur – dezentralisierte Ansätze und koordinierte nationale politische Strategien – wäre die Verknüpfung zwischen nationalen *Cap-and-Trade*-Systemen, die nicht durch ein multilaterales Abkommen, sondern weitgehend durch bilaterale Abkommen angetrieben wäre. Die Literatur weist darauf hin, dass jede dieser unterschiedlichen vorgeschlagenen Architekturen politischer Strategien zum globalen Klimawandel im Hinblick auf vier Bewertungskriterien Vor- und Nachteile hat: Umweltwirksamkeit, gesamtwirtschaftliche Leistungsfähigkeit, Verteilungsgerechtigkeit und institutionelle Machbarkeit. Abschnitt 13.4.1.4 geht hierauf näher ein.

## Kapitel 14: Regionale Entwicklung und Zusammenarbeit

### FAQ 14.1 Wie sind Regionen im AR5 definiert?

Kapitel 14 betrachtet supranationale Regionen (d. h. Regionen zwischen der nationalen und der globalen Ebene). Subnationale Regionen werden in Kapitel 15 behandelt. Es gibt mehrere mögliche Wege, Regionen zu klassifizieren, und im Fünften Sachstandsbericht des IPCC (*Fifth Assessment Report, AR5*) werden unterschiedliche Ansätze verwendet. In den meisten Kapiteln wird eine Klassifizierung nach fünf Regio-



**Abbildung 13.1** | Die Landschaft von Vereinbarungen und Institutionen zum Klimawandel. Linien, die verschiedene Arten von Vereinbarungen und Institutionen verbinden, zeigen unterschiedliche Verbindungsarten an. In einigen Fällen stellen Linien eine formale Vereinbarung über eine Arbeitsteilung dar (z. B. zwischen der UNFCCC und der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) bezüglich der Luftfahrtemissionen). In anderen Fällen stellen Linien eine einfachere gegenseitige Anerkennung dar (z. B. die Akkreditierung der C40-Städte durch die UNFCCC). In wiederum anderen Fällen stellen Linien eine funktionale Verknüpfung ohne formale Beziehung dar (z. B. die Beziehung zwischen Mechanismen für umweltverträgliche Entwicklung (CDM) und der Nichtregierungsorganisation (NGO)-Zertifizierung von CO<sub>2</sub>-Kompensationen). Dies ist eine sich schnell ändernde Landschaft, und möglicherweise sind nicht alle Verbindungen erfasst.

UNFCCC	Kyoto-Protokoll, Mechanismen für umweltverträgliche Entwicklung ( <i>Clean Development Mechanism</i> , CDM), Internationaler Handel mit Emissionsrechten
Andere zwischenstaatliche Organisationen der Vereinten Nationen	Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC), Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen (UNDP), Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), <i>UN Global Compact</i> , Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO), Internationale Seeschiffahrtsorganisation (IMO), VN-Fonds für internationale Partnerschaften
Zwischenstaatliche Nicht-VN-Organisationen	Weltbank, Welthandelsorganisation (WTO)
Andere Umweltabkommen	Montreal-Protokoll, Seerechtsübereinkommen der VN, Umweltkriegsübereinkommen (ENMOD-Konvention), Biodiversitätsabkommen
Andere multilaterale „Clubs“	Forum der führenden Wirtschaftsnationen zu Energie und Klima (MEF), G20, REDD+-Partnerschaften
Bilaterale Übereinkommen	z. B. USA-Indien, Norwegen-Indonesien
Partnerschaften	<i>Global Methane Initiative</i> , Partnerschaft für Erneuerbare Energie und Energieeffizienz (REEEP), <i>The Climate Group</i>
Zertifizierungssysteme für CO <sub>2</sub> -Kompensationen	z. B. Goldstandard, <i>Voluntary Carbon Standard</i>
Initiativen zur Investoren-Governance	<i>Carbon Disclosure Project</i> , <i>Investor Network on Climate Risk</i>
Regionale Regierungsführung	z. B. EU-Klimapolitik
Subnationale regionale Initiativen	Regionale Treibhausgasinitiative, kalifornisches Emissionshandelssystem
Stadtnetzwerke	Abkommen der US-Bürgermeister, Transition Towns
Länderübergreifende Stadtnetzwerke	C40, Städte für den Klimaschutz, Klimaallianz, <i>Asian Cities Climate Change Resilience Network</i>
NAMA, NAPA	National angemessene Minderungsmaßnahmen (NAMA) von Entwicklungsländern, Nationale Aktionsprogramme zur Anpassung (NAPA)

nen vorgenommen, die mit den integrierten Modellen konsistent ist: OECD-1990, Naher und Mittlerer Osten sowie Afrika (MAF), Transformationsländer (EIT), Asien (ASIA), Lateinamerika und die Karibik (LAM). Angesichts des Fokus auf politische Strategien in diesem Kapitel und der Notwendigkeit, Regionen anhand ihres Niveaus an wirtschaftlicher Entwicklung zu unterscheiden, nimmt dieses Kapitel regionale Definitionen auf, die auf einer Kombination aus wirtschaftlichen und geographischen Überlegungen beruhen. Im Einzelnen berücksichtigt dieses Kapitel die folgenden 10 Regionen: Ostasien (EAS: China, Korea, Mongolei); Transformationsländer (EIT: Osteuropa und frühere Sowjetunion); Lateinamerika und Karibik (LAM); Naher und Mittlerer Osten sowie Nordafrika (MNA); Nordamerika (NAM: USA, Kanada); Südostasien und Pazifik (PAS); Pazifische OECD-1990-Mitgliedstaaten (POECD: Japan, Australien, Neuseeland); Südasien (SAS), Subsahara-Afrika (SSA); Westeuropa (WEU). Diese Regionen können leicht zu anderen regionalen Klassifizierungen zusammengefasst werden, wie den in Szenarien und integrierten Bewertungsmodellen verwendeten Regionen (z. B. den sogenannten RCP-Regionen), den häufig verwendeten soziogeographischen regionalen Klassifizierungen der Weltbank und den von Arbeitsgruppe WG II verwendeten geographischen Regionen. In einigen Fällen wird der regionenübergreifenden Gruppe der am wenigsten entwickelten Länder (LDC) besondere Aufmerksamkeit gewidmet, zu denen, wie von den Vereinten Nationen definiert, 33 Länder in SSA, 5 in SAS, 8 in PAS und jeweils eines in LAM und MNA gehören und die durch geringe Einkommen, einen niedrigen *Human Assets Index* und hohe wirtschaftliche Verwundbarkeit gekennzeichnet sind.

#### **FAQ 14.2** **Warum ist die regionale Ebene wichtig für die Analyse und das Erreichen von Minderungszielen?**

Die Betrachtung von Minderung auf regionaler Ebene ist aus zwei Gründen von Bedeutung. Erstens weisen Regionen stark unterschiedliche Muster in Höhe, Wachstum und Zusammensetzung ihrer Treibhausgasemissionen auf und unterstreichen damit signifikante Unterschiede in sozioökonomischen Zusammenhängen, Energieversorgung, Verbrauchsmustern, Entwicklungspfaden und anderen zugrundeliegenden Treibern, die Treibhausgasemissionen und damit Minderungsoptionen und -pfade beeinflussen [14.3]. Wir bezeichnen diesen Aspekt als „regionale Heterogenität“.

Zweitens ist die regionale Zusammenarbeit, einschließlich der Schaffung regionaler Institutionen, eine machtvolle Antriebskraft in der Weltwirtschaft und -politik – wie es in zahlreichen Handelsabkom-

men, Verträgen zu technologischer Zusammenarbeit und grenzüberschreitenden Abkommen zu Wasser, Energie, Verkehr usw. deutlich wird. Es ist wichtig zu untersuchen, in welchem Ausmaß diese Formen der Zusammenarbeit bereits Folgen für Minderung gehabt haben und in welchem Umfang sie eine Rolle bei der Erreichung von Minderungszielen spielen können [14.4]. Wir bezeichnen dies als den „regionalen Zusammenarbeits- und Integrationsaspekt.“

Drittens ergänzen Bemühungen auf regionaler Ebene lokale, nationale Bemühungen einerseits und globale Bemühungen andererseits. Sie bieten das Potenzial zur Erreichung einer kritischen Masse hinsichtlich der für eine erfolgreiche Umsetzung von politischen Strategien erforderlichen Größe der Märkte (z. B. im Hinblick auf Grenzsteuerausgleich), indem sie regionale intelligente Stromnetze schaffen, die für die Verteilung und die Ausgewogenheit erneuerbarer Energien nötig sind.

#### **FAQ 14.3** **Wie unterscheiden sich Minderungsmöglichkeiten und -hindernisse je nach Region?**

Minderungsmöglichkeiten und -hindernisse unterscheiden sich stark je nach Region. Durchschnittlich sind Regionen mit den besten Möglichkeiten zur Umgehung kohlenstoffintensiverer Entwicklungspfade und zum direkten Sprung auf eine kohlenstoffarme Entwicklung solche mit geringen Anbindeeffekten im Hinblick auf Energiesysteme, Verstärkung und Verkehrsmuster. Ärmere Entwicklungsregionen wie z. B. Subsahara-Afrika sowie die meisten der am wenigsten entwickelten Länder fallen in diese Kategorie. Auch verfügen viele Länder in diesen Regionen über besonders günstige Bedingungen für erneuerbare Energien (wie z. B. Wasserkraft oder Solarpotenzial). Gleichzeitig sind sie jedoch mit besonders starken institutionellen, technologischen und finanziellen Beschränkungen konfrontiert, um die notwendigen Investitionen vorzunehmen. Häufig fehlt diesen Ländern auch der Zugang zu den notwendigen Technologien oder die Fähigkeit, diese wirksam umzusetzen. Angesichts der dringenden Notwendigkeit, den Energiezugang auszubauen und zu verbessern, werden ihre Möglichkeiten, Minderung zu betreiben, auch von Unterstützung aus der internationalen Gemeinschaft abhängen, um diese Hindernisse, die Minderungsinvestitionen entgegenstehen, zu überwinden. Umgekehrt sehen sich Regionen mit den größten Technologie-, Finanz- und Kapazitätsvorteilen deutlich reduzierten Möglichkeiten für Niedrigkostenstrategien gegenüber, um den Weg hin zu kohlenstoffarmer Entwicklung einzuschlagen, da sie unter Anbindeeffekten im Hinblick auf Energiesysteme, Verstärkung und Verkehrsmuster leiden. Besonders gute Möglichkeiten für kohlenstoffarme Entwicklung existieren in Entwicklungs-

und Schwellenländern, in denen finanzielle und institutionelle Kapazitäten besser entwickelt sind, die Anbindeeffekte jedoch gering sind, auch aufgrund ihrer schnellen geplanten Schaffung neuer Kapazitäten in Energie- und Verkehrssystemen. Für diese Regionen, zu denen insbesondere Lateinamerika, große Teile Asiens und Teile des Nahen und Mittleren Ostens gehören, ist eine Neuorientierung hin zu kohlenstoffarmen Entwicklungspfaden besonders machbar. [14.1, 14.2, 14.3]

#### **FAQ 14.4** **Welche Rolle kann regionale Zusammenarbeit bei der Minderung des Klimawandels spielen, und welche spielt sie tatsächlich?**

Abgesehen von der Europäischen Union (mit ihrem Emissionshandelssystem und bindenden Energie- und Energieeffizienzvorschriften), hat regionale Zusammenarbeit bislang keine entscheidende Rolle bei der Förderung einer Minderungsagenda gespielt. Während manche regionale Gruppierungen Initiativen entwickelt haben, um Minderung unmittelbar auf regionaler Ebene zu fördern – hauptsächlich durch Informationsaustausch, Leistungsvergleich und Zusammenarbeit in der Technologieentwicklung und -verbreitung – sind die Folgen dieser Initiativen bislang sehr gering. Darüber hinaus können regionale Kooperationsabkommen in anderen Bereichen (wie Handel, Energie und Infrastruktur) Minderung indirekt beeinflussen. Der Minderungseffekt dieser Initiativen und politischen Strategien ist derzeit ebenfalls gering, aber es gibt einige Belege dafür, dass von Umweltverträgen begleitete Handelsabkommen die Emissionsminderung innerhalb des Handelsblocks in gewissem Maße beeinflusst haben. Gleichwohl könnte regionale Zusammenarbeit in Zukunft eine größere Rolle bei der Förderung von Minderung spielen, insbesondere dann, wenn sie ausdrücklich Minderungsziele in Handels-, Infrastruktur- und Energiestrategien einbindet und direkte Minderungsmaßnahmen auf regionaler Ebene fördert. Mit diesem Ansatz könnte regionale Zusammenarbeit potenziell eine bedeutende Rolle innerhalb des Rahmens zur Umsetzung eines globalen Minderungsabkommens spielen bzw. möglicherweise regional koordinierte Minderung in Abwesenheit eines solchen Abkommens fördern. [14.4]

## **Kapitel 15: Nationale und subnationale politische Strategien und Institutionen**

### **FAQ 15.1** **Welche Belege und Analysen helfen uns bei der Gestaltung wirksamer politischer Maßnahmen?**

Die Wirtschaftstheorie kann die Maßnahmengestaltung auf konzeptioneller Ebene unterstützen, während Modellierung eine *Ex-ante*-Beurteilung der potenziellen Folgen alternativer Minderungsmaßnahmen liefern kann. Da Theorie und Modellierung jedoch meist auf einfachen Annahmen beruhen, ist es wünschenswert, dass sie durch *Ex-post*-Beurteilungen ergänzt werden, wann immer dies machbar ist. So lassen zum Beispiel Theorie und *Bottom-up*-Modellierung darauf schließen, dass einige energieeffiziente Maßnahmen CO<sub>2</sub>-Emissionsminderungen zu negativen Kosten ermöglichen können, wir benötigen jedoch eine *Ex-post*-Bewertung von Maßnahmen, um feststellen zu können, ob dies tatsächlich der Fall ist und ob die Maßnahmen so wirksam sind, wie in den *Ex-ante*-Beurteilungen vorhergesagt (Abschnitt 15.4).

Im Zuge ihrer Umsetzung können Klimaschutzmaßnahmen eine empirische Beleggrundlage schaffen, die eine Beurteilung politischer Maßnahmen ermöglicht. Wenn die Beurteilung von Anfang an in die Gestaltung eines Programms bzw. einer Maßnahme eingebunden wird, können Erfolgsgrad und Verbesserungsmöglichkeiten erkannt werden. Politische Maßnahmen, die auf subnationaler Ebene umgesetzt werden, bieten Raum zum Experimentieren mit Klimaschutzmaßnahmen. Lektionen aus diesen Bemühungen können dazu dienen, den Lernprozess bei politischen Strategien zu beschleunigen.

Ein großer Teil der Beleggrundlage besteht aus Fallstudien. Während diese Methode nützlich ist, um kontextspezifische Einblicke in die Wirksamkeit von Klimaschutzmaßnahmen zu erlangen, erlauben statistische Studien, die auf einem breiten Stichprobenumfang basieren, den Analysten, verschiedene Faktoren zu kontrollieren und verallgemeinerbare Ergebnisse zu erhalten. Quantitative Methoden erfassen jedoch keine institutionellen, politischen und administrativen Faktoren und müssen durch qualitative Studien ergänzt werden.

### **FAQ 15.2** **Welche ist die beste politische Strategie zur Minderung des Klimawandels?**

Es steht eine ganze Bandbreite politischer Instrumente zur Verfügung, um den Klimawandel zu mindern, einschließlich CO<sub>2</sub>-Steuern, Emissionshandel, Regulie-

rung, Informationsmaßnahmen, staatlicher Bereitstellung von Waren und Leistungen sowie freiwilliger Vereinbarungen (Abschnitt 15.3). Geeignete Bewertungskriterien dieser Instrumente sind z. B.: Wirtschaftlichkeit, Kostenwirksamkeit, Verteilungseffekte sowie institutionelle, politische und administrative Machbarkeit (Abschnitt 15.5).

Die Gestaltung von Maßnahmen ist abhängig von politischer Praxis, institutioneller Kapazität und anderen nationalen Umständen. Im Ergebnis gibt es kein einzelnes bestes politisches Instrument und kein einzelnes Instrumentenportfolio, das für viele Nationen am besten ist. Die Auffassung dessen, was „am besten“ ist, hängt ab von den für den Vergleich politischer Instrumente herangezogenen Beurteilungskriterien und den mit diesen Kriterien verbundenen relativen Gewichtungen. In der Literatur finden sich für einige politische Strategien und darüber, wie gut sie gegenüber den verschiedenen Kriterien abschneiden, mehr Belege als für andere. So sind zum Beispiel die Verteilungseffekte einer Steuer verglichen mit denen von Regulierung relativ gut bekannt. Weitere Forschung und Maßnahmenbeurteilungen sind erforderlich, um die Beleggrundlage in dieser Hinsicht zu erweitern (Abschnitt 15.12).

Verschiedene Arten von Maßnahmen wurden in unterschiedlichem Umfang in tatsächliche Pläne, Strategien und Gesetzgebungen eingebunden. Während die Wirtschaftstheorie zwar eine starke Basis für die Beurteilung wirtschaftlicher Maßnahmen bietet, die sich auf die gesamte Wirtschaft beziehen, werden viele Minderungsmaßnahmen jedoch auf sektoraler Ebene verfolgt (Kapitel 7–12). Sektorale Maßnahmenpakete reflektieren häufig positive Nebeneffekte und umfangreichere politische Überlegungen. Zum Beispiel gehören Brennstoffsteuern zu einer Reihe sektoraler Maßnahmen, die beträchtliche Folgen für Emissionen haben können, obwohl sie häufig zum Zwecke von anderen Zielen umgesetzt werden.

Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen politischen Maßnahmen müssen berücksichtigt werden. Eine fehlende Koordinierung politischer Maßnahmen kann ökologische und wirtschaftliche Ergebnisse beeinflussen. Wenn politische Maßnahmen an einem deutlichen Marktversagen ansetzen, wie zum Beispiel die mit Treibhausgasemissionen verbundenen externen Effekte oder die Innovationsunterversorgung, verfügt der simultane Einsatz mehrerer politischer Instrumente über ein beträchtliches Kostensenkungspotenzial. Wenn im Gegensatz dazu mehrere Instrumente wie z. B. eine CO<sub>2</sub>-Steuer und ein Leistungsstandard für dasselbe Ziel eingesetzt werden, können Maßnahmen redundant und die Kostenwirksamkeit insgesamt untergraben werden (Abschnitt 15.8.4.2).

## Kapitel 16: Querschnittsthemen: Investitionen und Finanzen

### FAQ 16.1 Was ist Klimafinanzierung?

Es existiert keine einheitliche Definition von Klimafinanzierung. Der Begriff Klimafinanzierung wird sowohl für die finanziellen Ressourcen verwendet, die aufgewendet werden, um den Klimawandel global zu bewältigen, als auch für Finanzströme in Entwicklungsländer, um diese bei der Bewältigung des Klimawandels zu unterstützen. Die Literatur beinhaltet mehrere Konzepte innerhalb dieser beiden breiten Kategorien.

Grundsätzlich gibt es drei Arten von Maßstäben für die **Verwendung finanzieller Ressourcen zur globalen Bewältigung des Klimawandels**. Die *Gesamtklimafinanzierung* beinhaltet alle Finanzströme, deren erwarteter Effekt eine Verringerung der Nettotreibhausgasemissionen und/oder eine Förderung der Resilienz gegenüber den Folgen von Klimavariabilität und des projizierten Klimawandels ist. Sie deckt private und öffentliche Gelder, inländische und internationale Flüsse, Aufwendungen für Minderung und Anpassung sowie Anpassung sowohl an die derzeitige Klimavariabilität wie auch an zukünftigen Klimawandel ab. Sie deckt den vollständigen Wert der Finanzströme, nicht nur den mit dem Klimawandel verbundenen Vorteil ab; z. B. die Gesamtinvestition in eine Windkraftanlage statt den mit den Emissionsminderungen verbundenen Anteil. Die *inkrementelle Investition* ist das für die Anfangsinvestition benötigte zusätzliche Kapital zur Umsetzung einer Minderungs- oder Anpassungsmaßnahme, z. B. die Investition in Windkraftanlagen, abzüglich der Investition, die für das Ersetzen einer Erdgasanlage erforderlich gewesen wäre. Da der Wert von einer hypothetischen Alternative abhängt, ist die inkrementelle Investition unsicher. Die *inkrementellen Kosten* reflektieren die Kapitalkosten der inkrementellen Investition und die Änderung der Betriebs- und Unterhaltskosten für ein Minderungs- oder Anpassungsprojekt im Vergleich zu einem Referenzprojekt. Sie können als Differenz zwischen den vorliegenden Nettowerten der beiden Projekte berechnet werden. Die Werte sind sowohl von der inkrementellen Investition als auch von den projizierten Betriebskosten, einschließlich der Preise für fossile Brennstoffe und des Diskontsatzes, abhängig.

**Finanzströme, die Entwicklungsländern bei der Bewältigung des Klimawandels helfen sollen**, umfassen typischerweise die folgenden drei Konzepte. Die in Entwicklungsländer fließende *Gesamtklimafinanzierung* ist der Betrag der aus den Industrieländern stammenden Gesamtklimafinanzierung, die in Ent-

wicklungsländer investiert wird. Dies umfasst private und öffentliche Gelder für Minderungs- und Anpassung. Die in Entwicklungsländer fließende *öffentliche Klimafinanzierung* ist die von den Regierungen der Industrieländer sowie bilateralen und multilateralen Institutionen bereitgestellte Finanzierung für Minderungs- und Anpassungsaktivitäten in Entwicklungsländern. Die in Entwicklungsländer fließende *private Klimafinanzierung* ist die Finanzierung und Investitionen durch den Privatsektor in/aus Industrieländern für Minderungs- und Anpassungsaktivitäten in Entwicklungsländern. Gemäß UNFCCC ist *Klimafinanzierung* nicht eindeutig definiert. Die Annex II-Länder stellen und mobilisieren Gelder für Klimaschutzmaßnahmen in Entwicklungsländern. Die meisten der zur Verfügung gestellten Gelder sind Vorzugskredite und -darlehen.

#### FAQ 16.2:

#### **Wie viel an Investitionen und Finanzierung fließt derzeit in Projekte, die zur Minderung des Klimawandels beitragen, und wie viele zusätzliche Finanzströme werden zukünftig benötigt, um unterhalb der 2 °C-Grenze zu bleiben?**

Die derzeitige Klimafinanzierung wurde unter Verwendung einer Kombination aus den Daten der Jahre 2011 und 2012 auf rund 359 Mrd. USD pro Jahr geschätzt, von denen 337 Mrd. USD pro Jahr in Minderungsmaßnahmen investiert wurden (2011/2012 USD). Dies umfasst die vollständigen Investitionen in Minderungsmaßnahmen, wie Technologien zur Erzeugung erneuerbarer Energien, die auch andere Güter bzw. Leistungen produzieren. Die in Industrieländern investierte Klimafinanzierung belief sich auf 177 Mrd. USD und die in Entwicklungsländern auf 182 Mrd. USD (2011/2012 USD).

Klimapolitik wird voraussichtlich in allen mit einer 2 °C-Grenze kompatiblen Szenarien eine signifikante Veränderung im Investitionsmuster anstoßen. Basierend auf Daten aus einer begrenzten Anzahl von Szenarien wäre eine bemerkenswerte Neuverteilung von Investitionen im Stromsektor von fossilen Brennstoffen zu Niedrigemissionstechnologien erforderlich (Erzeugung erneuerbarer Energien, Erzeugung von Kernenergie und Strom mit CCS). Während die jährlichen Investitionen in konventionelle Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen ohne CCS in den Jahren 2010–2029 geschätzt um 30 Mrd. USD pro Jahr zurückgehen (d. h. um 20 % gegenüber 2010), wird im selben Zeitraum ein Anstieg der jährlichen Investitionen in *Niedrigemissionstechnologien* um ca. 147 Mrd. USD pro Jahr erwartet (d. h. um 100 % gegenüber 2010).

Die Investitionen in *Energieeffizienz* in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie müssten von 2010–2029 um mehrere hundert Milliarden Dollar pro Jahr steigen. Die Informationen zum Investitionsbedarf in anderen Sektoren, z. B. CO<sub>2</sub>-Senkungsprozesse oder Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen, sind spärlich.

Modellergebnisse lassen darauf schließen, dass die Entwaldung mit einer jährlichen Investition von 21 bis 35 Mrd. USD um 50 % gegenüber den derzeitigen Entwaldungstrends verringert werden könnte.

# Anhang



**ANHANG**

# **Akronyme, chemische Symbole und wissenschaft- liche Einheiten**

## AKRONYME, CHEMISCHE SYMBOLE UND WISSENSCHAFTLICHE EINHEITEN

<b>AFOLU</b>	Landwirtschaft, Forstwirtschaft und andere Landnutzung ( <i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i> )	<b>H-FCKW-22</b>	Teilhalogenierter Fluorchlorkohlenwasserstoff-22, Chlordifluormethan
<b>AR4</b>	Vierter Sachstandsbericht des IPCC ( <i>Fourth Assessment Report</i> )	<b>H-FKW</b>	Teilhalogenierter Fluorkohlenwasserstoff
<b>AR5</b>	Fünfter Sachstandsbericht des IPCC ( <i>Fifth Assessment Report</i> )	<b>H-FKW-23</b>	Teilhalogenierter Fluorkohlenwasserstoff-23, Trifluormethan
<b>ASIA</b>	Asien	<b>IAM</b>	Integriertes Bewertungsmodell ( <i>Integrated Assessment Model</i> )
<b>BIP</b>	Bruttoinlandsprodukt	<b>ICAO</b>	Internationale Zivilluftfahrtorganisation ( <i>International Civil Aviation Organization</i> )
<b>C40</b>	Weltweites Netzwerk von Megastädten	<b>IMO</b>	Internationale Seeschifffahrts-Organisation ( <i>International Maritime Organization</i> )
<b>CCS</b>	Kohlendioxidabscheidung und -speicherung ( <i>Carbon Capture and Storage</i> )	<b>IPCC</b>	Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen ( <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> )
<b>CDM</b>	Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung ( <i>Clean Development Mechanism</i> )	<b>JI</b>	Gemeinsame Umsetzung ( <i>Joint Implementation</i> )
<b>CDR</b>	Entnahme von Kohlendioxid ( <i>Carbon Dioxide Removal</i> )	<b>KKP</b>	Kaufkraftparität
<b>CH<sub>4</sub></b>	Methan	<b>LAM</b>	Lateinamerika und Karibik
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlendioxid	<b>LKW</b>	Lastkraftwagen
<b>CO<sub>2</sub>-Äq</b>	Kohlendioxidäquivalent	<b>MAF</b>	Naher und Mittlerer Osten sowie Afrika
<b>EAS</b>	Ostasien (China, Korea, Mongolei)	<b>MEF</b>	Forum der führenden Wirtschaftsmächte ( <i>Major Economies Forum</i> )
<b>EDGAR</b>	Emissionsdatenbank für die globale Atmosphärenforschung ( <i>Emission Database for Global Atmospheric Research</i> )	<b>MER</b>	Umrechnungskurs ( <i>Market Exchange Rate</i> )
<b>EIT</b>	Transformationsländer ( <i>Economies in Transition: Osteuropa und frühere Sowjetunion</i> )	<b>MNA</b>	Naher und Mittlerer Osten sowie Nordafrika
<b>ENMOD-Konvention</b>	Umweltkriegsübereinkommen ( <i>Convention on the Prohibition of Military or Any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques</i> )	<b>N<sub>2</sub>O</b>	Lachgas
<b>EU</b>	Europäische Union	<b>NAM</b>	Nordamerika (USA, Kanada)
<b>F-Gase</b>	Fluor-Gase	<b>NAMA</b>	National angemessene Minderungsmaßnahmen ( <i>Nationally Appropriate Mitigation Action</i> )
<b>FAQ</b>	häufig gestellte Fragen ( <i>Frequently Asked Questions</i> )	<b>NAPA</b>	Nationale Aktionsprogramme zur Anpassung ( <i>National Adaptation Programmes of Action</i> )
<b>G20</b>	Gruppe der zwanzig wichtigsten Industrie- und Schwellenländer	<b>NGO</b>	Nichtregierungsorganisation ( <i>Non-Governmental Organization</i> )
<b>GEA</b>	Global Energy Assessment	<b>OECD</b>	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung ( <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> )

<b>PAS</b>	Südostasien und Pazifik	<b>%</b>	Prozent
<b>PFC</b>	Perfluorcarbon (perfluorierter Kohlenwasserstoff)	<b>°C</b>	Grad Celsius
<b>POECD</b>	Pazifische OECD-1990-Mitgliedstaaten (Japan, Australien, Neuseeland)	<b>Gt</b>	Gigatonne
<b>PV</b>	Photovoltaik	<b>MJ</b>	Megajoule
<b>RCP</b>	Repräsentativer Konzentrationspfad ( <i>Representative Concentration Pathway</i> )	<b>Mrd.</b>	Milliarde
<b>REDD+</b>	Verringerung von Emissionen aus Entwaldung und Waldschädigung sowie die Rolle des Waldschutzes, der nachhaltigen Waldbewirtschaftung und des Ausbaus des Kohlenstoffspeichers Wald in Entwicklungsländern ( <i>Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries</i> ), ein in der Klimarahmenkonvention diskutiertes Konzept	<b>ppm</b>	Millionstel ( <i>parts per million</i> )
<b>REDD+</b>	Verringerung von Emissionen aus Entwaldung und Waldschädigung sowie die Rolle des Waldschutzes, der nachhaltigen Waldbewirtschaftung und des Ausbaus des Kohlenstoffspeichers Wald in Entwicklungsländern ( <i>Reduction of Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries</i> ), ein in der Klimarahmenkonvention diskutiertes Konzept	<b>USD</b>	US-Dollar
<b>REEEP</b>	Partnerschaft für Erneuerbare Energie und Energieeffizienz ( <i>Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership</i> )		
<b>SAS</b>	Südasien		
<b>SF<sub>6</sub></b>	Schwefelhexafluorid		
<b>SSA</b>	Subsahara-Afrika		
<b>UNDP</b>	Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen ( <i>United Nations Development Programme</i> )		
<b>UNEP</b>	Umweltprogramm der Vereinten Nationen ( <i>United Nations Environment Programme</i> )		
<b>UNFCCC</b>	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen ( <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> )		
<b>VN</b>	Vereinte Nationen		
<b>WEU</b>	Westeuropa		
<b>WG</b>	Arbeitsgruppe des IPCC ( <i>Working Group</i> )		
<b>WTO</b>	Welthandelsorganisation ( <i>World Trade Organization</i> )		

