

# Band 3 Kapitel 1: Emissionsminderung und Anpassung an den Klimawandel

## Volume 3 Chapter 1: Mitigation and Adaptation to Climate Change

### Koordinierende LeitautorInnen

Birgit Bednar-Friedl, Klaus Radunsky

### LeitautorInnen

Maria Balas, Martin Baumann, Barbara Buchner, Veronika Gaube, Willi Haas, Stefan Kienberger, Martin König, Angela Köppl, Lukas Kranzl, Julian Matzenberger, Reinhard Mechler, Nebojsa Nakicenovic, Ines Omann, Andrea Prutsch, Arno Scharl, Karl Steininger, Reinhard Steurer, Andreas Türk

### Beiträge von

Christoph Campregher, Hermann Knoflacher, Stefan Schleicher, Julia Wesely

### Für den Begutachtungsprozess

Sabine Fuss

### Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	708	1.4	Barrieren gegenüber effektiven Minderungs- und Anpassungsstrategien	749
SUMMARY	708	1.4.1	Institutionelle und Governance-Barrieren	749
KERNAUSSAGEN	708	1.4.2	Wirtschaftliche Barrieren	751
1.1 Erfordernisse und Chancen für Emissionsminderung (Mitigation)	711	1.4.3	Soziale Barrieren	752
1.1.1 Die globale Perspektive bezüglich Emissionsminderung	711	1.4.4	Technologische Barrieren	753
1.1.2 Die europäische Perspektive bezüglich Emissionsminderung	716	1.4.5	Fehlendes Wissen bzw. Unsicherheiten	754
1.1.3 Die österreichische Perspektive bezüglich Emissionsminderung	721	1.4.6	Ansätze zur Überwindung der Barrieren	755
1.2 Anpassung	730	1.5	Forschungsbedarf	758
1.2.1 Anpassung aus europäischer Sicht	734	1.6	Literaturverzeichnis	760
1.2.2 Anpassung aus österreichischer Sicht	739	1.7	Anhang	768
1.3 Abstimmungsbedarf und Synergien zwischen Anpassung und Emissionsminderung	743			
1.3.1 Globale Verantwortung und lokale Notwendigkeit von Anpassung	743			
1.3.2 Abstimmung zwischen Anpassung und Emissionsminderung	744			
1.3.3 Nutzung von Synergien zwischen Anpassung und Emissionsminderung	747			

## ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Kapitel werden sowohl die Erfordernisse und Chancen, als auch die Beschränkungen und Barrieren bezüglich Emissionsminderung und Anpassung an den Klimawandel aus österreichischer Perspektive beschrieben. Im Rahmen dessen werden auch die aus nationaler Perspektive relevanten Informationen für die globale Ebene, bzw. jene der Europäischen Union (EU) dargestellt. Abschnitt 1.1 diskutiert in diesem Sinne zunächst die Emissionsminderungsziele auf globaler Ebene, sowie die Potenziale von bereits verfügbaren oder in Entwicklung befindlichen Technologien, um diese Ziele zu erreichen, sowie die damit einhergehenden Kosten. Insbesondere wird auf die Entwicklungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) und des United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) eingegangen und es werden Instrumente und Maßnahmen auf europäischer und österreichischer Ebene diskutiert. Abschnitt 1.2 über Klimawandelanpassung beschäftigt sich mit den unterschiedlichen Konzepten auf internationaler Ebene, den Strategien auf europäischer und nationaler Ebene und beschreibt die verschiedenen kurz-, mittel- und langfristigen Formen von Anpassung. Ebenso werden die Kosten des Nichthandelns thematisiert. Weiters wird auf die erreichten Fortschritte seitens des IPCC und der UNFCCC sowie der EU (Grün- und Weißbuch) und nationalen Politik (Nationale Anpassungsstrategie) eingegangen, insbesondere auf den Fortschritt bei der Planung, Umsetzung, und Integration in vulnerablen Sektoren. Abschnitt 1.3 identifiziert Synergien und Abwägungen (Trade-offs) zwischen Emissionsminderung und Anpassung und zeigt die Notwendigkeit eines integrativen Ansatzes auf. Es wird auch auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Klimaschutz und Anpassung in anderen Politikfeldern eingegangen. Abschnitt 1.4 identifiziert Barrieren effektiver Emissionsminderung und Anpassung und zwar auf der individuellen, gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Ebene. Weiters wird auf Barrieren hinsichtlich fehlendem Wissen und Unsicherheiten eingegangen. Zum Abschluss werden Ansätze zur Überwindung dieser Barrieren sowie Erfordernisse für zukünftige Forschung dargestellt.

## SUMMARY

This chapter focuses on the needs and opportunities as well as the constraints and barriers with respect to mitigation and adaptation to climate change. While the chapter concentrates mainly on Austria, information is provided on the global and EU level to the extent they are relevant for Austria. Section 1.1

discusses the targets already specified for mitigation at the global level, as well as technologies that are already available or are emerging with the potential to meet the challenges and associated costs. In particular, the progress achieved by IPCC and UNFCCC bodies, as well as EU policies and national scale policies and measures are reviewed. Section 1.2, on adaptation to climate change, addresses the different concepts developed at the international scale, reviews progress on the EU and Austrian national adaptation strategy, and characterizes the different types of adaptation relevant over short, medium and long term timescales. The costs of inaction are also addressed. Again, progress achieved by IPCC and UNFCCC bodies, as well as EU policies (green and white papers, etc.) and national scale policies and measures (national adaptation strategy) will be reviewed. This includes the progress made on adaptation planning, implementation, and integration in vulnerable sectors. Section 1.3 highlights the synergies and trade-offs that may emerge among adaptation and mitigation and hence explains the importance of a holistic approach. This also includes a discussion of mainstreaming of mitigation and adaptation into other policy areas. Section 1.4 identifies the barriers for mitigation and adaptation, including obstacles at the individual, social, political and economic levels. Moreover, barriers of insufficient knowledge and uncertainties are addressed. Finally, approaches for overcoming these barriers are summarized and needs for future research are highlighted.

## KERNAUSSAGEN

- Treibhausgasemissionen führen zu deutlicher globaler Erwärmung.

Die globalen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) steigen weiterhin entlang des „Business As Usual“-Pfads und werden sich, wenn sich dieser Trend fortsetzt, bis zur Mitte des Jahrhunderts verdoppelt haben (GEA, 2012; IEA, 2012) (sehr hohes Vertrauen). Eine Stabilisierung des Anstiegs der globalen Jahresmitteltemperatur unter 2 °C bis zum Ende des Jahrhunderts (im Vergleich zum vorindustriellem Temperaturniveau) erfordert jedoch bis zur Mitte des Jahrhunderts eine Reduktion der globalen THG-Emissionen um zumindest 50 % der derzeitigen Emissionen im globalen Durchschnitt bzw. um bis zu 90 % in industrialisierten Ländern (IPCC, 2007e) (hohes Vertrauen).

- Globale Erwärmung um 4 °C führt zu drastischen Veränderungen.

Die Veränderung der globalen Jahresdurchschnittstemperatur im Bereich von 4 °C und darüber entspräche je-

ner des Übergangs von der Eiszeit zur Zwischeneiszeit (vgl. Band 1; IPCC, 2007f) (hohes Vertrauen). Eine um 4°C erwärmte Erde wäre etwa im Vergleich zu den letzten 10 000 Jahren, die zum Hervorgehen der Zivilisationen führten, eine Welt mit kaum beherrschbaren Folgen für Natur und Gesellschaft (WBGU, 2011) (sehr hohes Vertrauen). Auch eine Erwärmung um 2°C wäre mit signifikanten Veränderungen verbunden (sehr hohes Vertrauen), stellt aber einen Schwellenwert dar, bei dem katastrophalere Folgen vermieden werden könnten (IPCC, 2007d; WBGU, 2011) (mittleres Vertrauen).

- Bemühungen bezüglich Emissionsminderung und Anpassung in Österreich und der EU hinken gegenüber den politischen Zielen (2°C-Ziel, Nachhaltigkeit) hinterher.

Sowohl Maßnahmen zur Emissionsminderung als auch zur Anpassung sind für jegliches Stabilisierungsniveau des globalen Temperaturanstiegs unbedingt erforderlich (sehr hohes Vertrauen). Sollen durch den Klimawandel ausgelöste, drastische Veränderungen vermieden werden, wird das nur gelingen, wenn wohlhabendere Länder wie Österreich, die über größere Möglichkeiten zur Emissionsminderung verfügen, beginnen, entscheidene Schritte zur Emissionsminderung zu setzen (hohes Vertrauen).

- 2°C-Ziel kann wahrscheinlich nur mehr durch den Einsatz von bisher nicht eingesetzter Technologie erreicht werden.

Die Notwendigkeit einer unverzüglichen und weitgehenden Reduktion der THG-Emissionen zur Stabilisierung des Klimas (bei jeglichem Niveau) ist seit Jahrzehnten bekannt (UNFCCC, 1992). Dennoch sind die globalen Emissionen seitdem trotzdem fortlaufend gestiegen. Wenn eine Stabilisierung bei 2°C erreicht werden soll (Meinshausen et al., 2009), dürfen die kumulativen globalen Emissionen etwa 750 Gt CO<sub>2</sub>-Äq. nicht übersteigen (IPCC, 2007e) (hohes Vertrauen). Ein Überschreiten dieses Niveaus impliziert, dass CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernt werden muss, beispielsweise durch Aufforstung oder Biomassennutzung in Verbindung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) (hohes Vertrauen).

- Die Europäische Union hat zahlreiche klima- und energiepolitische Maßnahmen bis 2020 gesetzt, bis 2050 sind hingegen erst Zielvorgaben formuliert.

Die EU ist grundsätzlich bereit, ihre Emissionen in einem Ausmaß zu senken, welches im Einklang mit der Einhaltung des 2°C-Zieles steht (Reduktion der THG-Emissionen um

80-95 % bis 2050). Allerdings wird die Umsetzung an politische Forderungen an andere Staaten geknüpft: Die EU ist bereit, ihr Reduktionsziel bis 2020 von derzeit 20 % auf 30 % zu erhöhen, wenn Staaten außerhalb der EU ebenfalls ambitionierte Reduktionsziele festlegen. Da dies aber bislang nur in unzureichendem Maße erfolgt ist, führt dies dazu, dass die EU möglicherweise bis 2020 keine für das 2050-Ziel ausreichende Emissionsminderung erreichen wird (mittleres Vertrauen). Dennoch haben einige europäische Länder (Großbritannien, Dänemark, Finnland, Portugal und Schweden) bereits konkrete Ziele zur Emissionsminderung für die Zeit bis 2050 vorgelegt, nicht jedoch Österreich.

- Erfüllung der österreichischen Kyoto-Ziele nur durch Zukauf.

Für die österreichische Klimapolitik stellen die energie- und klimapolitischen Vorgaben der EU die wesentliche Leitlinie dar. Im Gegensatz zur Mehrheit der anderen EU-Mitgliedstaaten (darunter Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Schweden) sind die THG-Emissionen in Österreich allerdings deutlich gestiegen. Damit konnte das österreichische Kyoto-Ziel nicht durch heimische Emissionsreduktionen erfüllt werden. Eine formale Erfüllung wurde durch Zertifikatzukäufe im Ausland im Ausmaß von etwa 80 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. mit einem Mittelaufwand von rund 500 Mio. € erreicht werden.

- Zur Erfüllung zukünftiger Klimaschutz-Ziele sind stärkere Anstrengungen erforderlich.

Das im Jahr 2011 verabschiedete österreichische Klimaschutzgesetz ist die einzig ernstzunehmende Initiative des Bundes der letzten Jahre, es schafft allerdings nur einen allgemeinen Rahmen. Wenn nicht eine deutliche Kehrtwende in der österreichischen Klimapolitik erfolgt, welche von allen entscheidenden AkteurInnen, einschließlich der Bundesländer, sowie der Bevölkerung mitgetragen wird, läuft Österreich Gefahr sein 2020-Ziel nur durch Zukäufe erfüllen zu können (mittleres Vertrauen).

- Weltweit werden bereits jetzt erhebliche Auswirkungen durch den Klimawandel festgestellt, die mit steigender Erwärmung auch in Europa zunehmen werden.

Die dem Klimawandel zuzuschreibenden globalen Schäden liegen deutlich jenseits von 100 Milliarden € pro Jahr und könnten sogar jenseits von 1 Billion € pro Jahr liegen (Greenstone et al., 2011) (mittleres Vertrauen). Für Europa wurden die Kosten aus Schäden durch extreme Wetterereignisse im Jahr 2080 auf 20 Mrd. € (bei einer globalen Erwärmung von 2,5°C) bis 65 Mrd. € (bei einer globalen Erwärmung

von 5,4°C und starkem Anstieg des Meeresspiegels) geschätzt (Ciscar et al., 2011) (geringes Vertrauen). Diese Kostenschätzungen sind jedoch mit vielen Unsicherheiten behaftet und nicht-monetarisierbare Schäden (wie z. B. der Verlust einzigartiger Lebensräume) werden nicht berücksichtigt. Wie für viele andere Länder liegen auch für Österreich detaillierte Studien zu den Kosten des Klimawandels bislang nur für ausgewählte Sektoren bzw. Bereiche vor.

- Rasches Handeln erhöht Spielräume und spart künftige Kosten.

Trotz bestehender Unsicherheiten über das konkrete Ausmaß der Klimawandelfolgen für die unterschiedlichen Regionen und Bereiche ist die frühzeitige Planung und Durchführung von konkreten Anpassungsmaßnahmen von großer Wichtigkeit (Smith et al., 2011) (mittleres Vertrauen). Eine Anpassung lediglich an die in der Vergangenheit aufgetretenen Ereignisse ist in vielen Fällen nicht als ausreichend zu bewerten. Dies gilt beispielsweise für Hitzewellen sowie für Hochwasserereignisse gemäß den Aussagen des IPCC (2012a) (hohes Vertrauen). Auch wenn Klimawandelfolgen erst in ein paar Jahrzehnten massiver auftreten werden, verringert ein Zuwarten die Möglichkeit für eine erfolgreiche Anpassung und erhöht gleichzeitig die damit verbundenen Kosten (IPCC, 2007b) (hohes Vertrauen).

- Mehrjähriger partizipativer Prozess zur Erarbeitung der österreichischen Anpassungsstrategie.

Mit dem Ministerratsbeschluss der österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel im Oktober 2012 wurde ein wesentlicher Meilenstein im Anpassungsprozess erreicht. Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist – ebenso wie Emissionsminderung – eine Querschnittsmaterie und erfordert ein kooperatives Vorgehen zwischen unterschiedlichen Bereichen und Entscheidungsebenen (von lokal bis global, von öffentlich bis privat). Beispielgebend wird dies in Deutschland in sieben Regionen im Rahmen der Projektinitiative KLIMZUG durchgeführt.

- Es bestehen Synergien zwischen Maßnahmen zur Emissionsminderung und Anpassung, die genutzt werden können.

Die Handlungsempfehlungen der österreichischen Klimawandelanpassungsstrategie gehen in Richtung emissionsarmer und – wo möglich – synergistischer Anpassungsmaßnahmen (Integration von Klimaschutz und Anpassung). Dieser anvisierte Pfad wird dann erfolgreich beschritten, wenn zum einen die Potenziale für das Mainstreaming von Anpassung in wesent-

lichen Politikbereichen (z. B. Energie-, Verkehrs-, Raumordnungs- oder Landwirtschaftspolitik) optimal genutzt werden können (hohes Vertrauen) und zum anderen die globale Klimaentwicklung nicht in Richtung einer +4°C-Welt geht (mittleres Vertrauen).

- Zahlreiche Barrieren bremsen Fortschritte bezüglich Klimaschutz und Anpassung.

Trotz gut belegter Vorhersagen zu Klimawandelfolgen mangelt es international aber auch in Österreich an entschiedenem Handeln zum Schutz des Klimas und zur Anpassung an den Klimawandel. Die Literatur hat zahlreiche auch für Österreich relevante institutionelle, wirtschaftliche, soziale und Unsicherheits- bzw. Wissensbarrieren identifiziert (hohes Vertrauen).

- Eine Überwindung der Barrieren erfordert einen umfassenden Ansatz, der sowohl institutionelle als auch Verhaltensänderungen beinhaltet.

Beispiele für Ansätze zur Überwindung der Barrieren sind eine umfassende Reform der Verwaltungsstrukturen in Hinblick auf die zu bewältigenden Aufgaben, die korrekte Bepreisung von Produkten und Dienstleistungen entsprechend ihrer Klimawirkung, sowie entsprechende ordnungsrechtliche Rahmenbedingungen, eine stärkere Einbeziehung von VerantwortungsträgerInnen einschließlich der Zivilgesellschaft und der Wissenschaft in Entscheidungsfindungsprozesse, die gezielte Steigerung des klima- und umweltbezogenen Wissens, sowie das Schließen handlungsrelevanter Wissenslücken (hohes Vertrauen).

---

## 1 Emissionsminderung und Anpassung an den Klimawandel

### 1 Climate Change Adaptation and Mitigation

---

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zu Emissionsminderung und Anpassung sowie deren Umsetzung. Da die österreichische Perspektive hierbei von der globalen und europäischen abhängig ist, wird in den Abschnitten 1.1 zu Emissionsminderung und 1.2 zu Anpassung zunächst die globale Ebene gefolgt von der europäischen Ebene betrachtet, um schließlich auf die österreichische Ebene einzugehen. Während Emissionsminderung und Anpassung ursprünglich meist getrennt voneinander betrachtet wurden, reifte in den letzten Jahren die Einsicht, dass es einen erheblichen Abstimmungsbedarf zwischen beiden gibt; dieser wird

in Abschnitt 1.3 behandelt. Abschnitt 1.4 geht schließlich der Frage nach, welche Barrieren bei der Umsetzung von Emissionsminderungs- und Anpassungsmaßnahmen entstehen und welche Überlegungen es zu deren Überwindung gibt (vgl. auch Band 3, Kapitel 6 zu den notwendigen Transformationsprozessen).

## 1.1 Erfordernisse und Chancen für Emissionsminderung (Mitigation)

### 1.1 Mitigation requirements and opportunities

Unter Emissionsminderung (engl.: Mitigation) von THG-Emissionen, werden technologischer Wandel und die Veränderung von Aktivitäten zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Emissionen pro produzierter Einheit verstanden. Es wird darauf abgezielt, Klimaänderungen durch Management der Einflussfaktoren zu verringern (IPCC, 2011).

Im Gegensatz dazu beschreibt Klimawandelanpassung (engl.: Adaptation) Initiativen und Maßnahmen um die Verwundbarkeit gegenüber akuten oder erwarteten Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren oder die Resilienz von Mensch-Umwelt-Systemen gegenüber diesen zu erhöhen, beispielsweise durch Hochwasserschutz oder die Ansiedelung von angepassten Tier- und Pflanzenarten (IPCC, 2011).

Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen können sich sowohl ergänzen, substituieren als auch unabhängig voneinander wirken (IPCC, 2007b).

#### 1.1.1 Die globale Perspektive bezüglich Emissionsminderung

### Zentrale politische Emissionsminderungsziele auf globaler Ebene

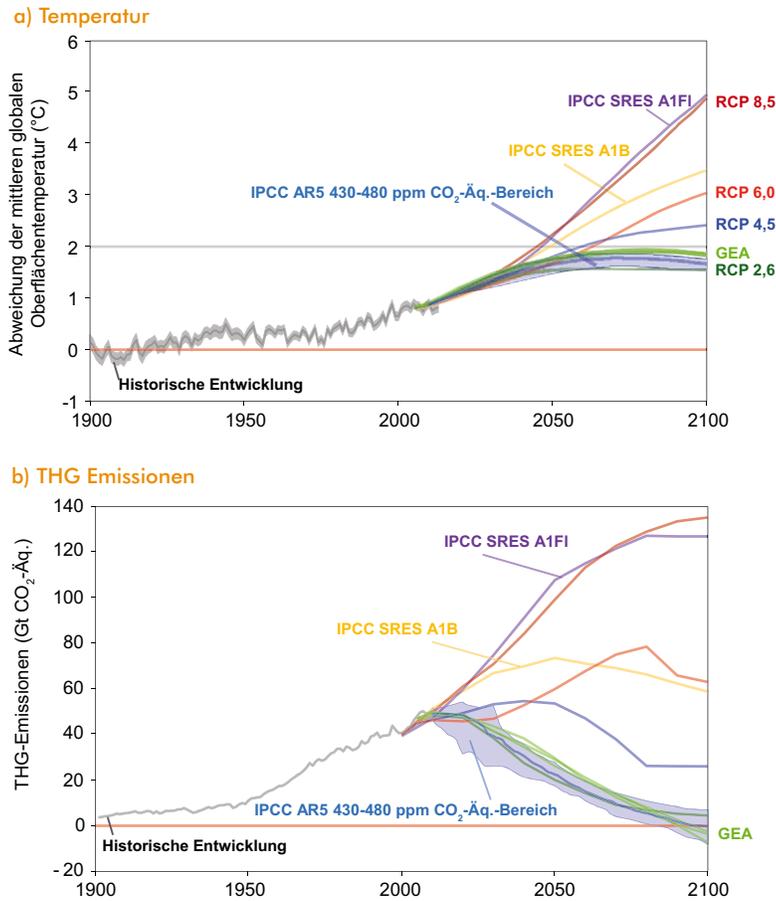
Auf globaler Ebene wurde in der UN-Klimarahmenkonvention (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 1992 das Ziel definiert „die Stabilisierung der THG-Konzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann“ (UNFCCC, 1992, Art. 2).

Verbindliche Emissionsziele wurden durch die UNFCCC erstmals im Kyoto-Protokoll auf der 3. Klimakonferenz (Conference of Parties, COP 3) Ende 1997 beschlossen (UNFCCC, 1997). Darin verpflichteten sich Industriestaaten („Annex I-Länder“), darunter auch die EU, ihre Emissionen bis Ende 2012 durchschnittlich um 5,2 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 zu reduzieren. Einige in Entwicklung befindliche Länder wie China und Indien sind jedoch von den Zielen ausgenommen, andere Länder, wie die USA, haben das Protokoll nicht ratifiziert und Kanada stieg als erstes Land 2011 aus dem Kyoto-Protokoll aus. Weitere Kernstücke des Protokolls sind ein Kontrollmechanismus für die Einhaltung der Emissionsbeschränkungen und die Berücksichtigung von flexiblen Instrumenten bei der Zielerreichung. Diese beinhalten den internationalen Handel mit Emissionsrechten und nachgewiesene Reduktionen aus Projekten in Schwellen- und Entwicklungsländern (Kyoto-Protokoll, UNFCCC, 1997).

Seit 2005 wird über ein Kyoto-Nachfolgeprotokoll verhandelt, da die im Kyoto-Protokoll festgeschriebenen Ziele nur die Periode 2008 bis 2012 umfassen. Auf der Weltklimakonferenz im Dezember 2007 in Bali wurde ein Zwei-Jahres-Prozess in die Wege geleitet, der 2009 zu einem neuen Klimaabkommen hätte führen sollen. Nachdem die Verhandlungen in Kopenhagen im Dezember 2009 keinen Erfolg zeigten, einigte sich eine Kernverhandlungsgruppe mit den USA, China, Indien, Südafrika und Brasilien auf den Copenhagen Accord, der die Basis für eine neue Architektur in der Klimapolitik darstellt. Diese Kopenhagen-Architektur beinhaltet die Ankündigung von freiwilligen Emissionsbeschränkungen durch die einzelnen Staaten ohne einen übergreifenden Berichts- und Kontrollvorgang sowie Absichtserklärungen für den Transfer von Technologien und Finanzhilfen an die am schwersten betroffenen Entwicklungsländer. Der Copenhagen Accord wurde Teil des UN-Verhandlungsprozesses. Vor allem die EU versuchte – in Anlehnung zu Kyoto – der UN eine möglichst starke Rolle zuzuweisen.

Eine Einigung über die Fortführung des Kyoto-Protokolls in einer zweiten Verpflichtungsperiode ab 2013 wurde in der 17. Klimakonferenz (COP 17 in Durban) Ende 2011 erreicht. Gleichzeitig wurde das 2°C-Ziel, die globale Erwärmung bis 2100 mit 1,5–2°C (verglichen mit dem vorindustriellem Temperaturenniveau) zu begrenzen, bestätigt (UNFCCC, 2012a).

Verbindliche Ziele für die Periode 2013 bis Ende 2020 wurden in der COP 18 (in Doha) beschlossen (UNFCCC, 2012b), wobei die teilnehmenden Vertragsstaaten jedoch nur rund 15 % der globalen Emissionen ausmachen. Gleichzeitig wurde beschlossen bis 2015 ein verbindliches Klimaabkommen aller Länder für die Periode nach 2020 zu erarbeiten,



**Abbildung 1.1 a** Mittlere globale Oberflächentemperatur (°C), historische Entwicklung und zwei IPCC SRES Szenarien ohne Emissionsminderung (A1B und A1FI; Nakicenovic et al., 2000) die bei etwa 5°C und knapp über 3°C Temperaturanstieg im Jahr 2100 liegen (im Vergleich zum Durchschnitt der ersten Dekade des 20. Jhd.), vier neue RCP Emissionsminderungsszenarien welche für den Fünften Sachstandsbericht (AR5) des IPCC entwickelt wurden (8,5; 6,0; 4,5 und 2,6; IPCC, 2014), 42 Global Energy Assessment (GEA) Emissionsminderungsszenarien und der Bereich der IPCC AR5 Szenarien die alle die Temperaturveränderung bis 2100 auf 2°C stabilisieren

**Figure 1.1 a** Global mean temperature (°C), historical development and two IPCC SRES scenarios without emissions mitigation (A1B and A1FI; Nakicenovic et al., 2000) leading to about 5°C and just above 3°C temperature increase by 2100 (in comparison to the average of the first decade of the 20<sup>th</sup> century), four new RCP emissions mitigation scenarios developed for the IPCC Fifth Assessment Report (AR5) (8.5, 6.0, 4.5 and 2.6; IPCC, 2014), 42 Global Energy Assessment (GEA) emissions mitigation scenarios and the range of IPCC AR5 scenarios that all stabilize temperature change at 2°C by 2100

**Abbildung 1.1 b** Entwicklung der Primärenergie in einem der GEA-Emissionsminderungspfade (mit dem Auslaufen von Kernenergie), der zu einer Stabilisierung der durchschnittlichen globalen Temperatur von 2°C über vorindustriellem Niveau führt. Quelle: GEA (2012)

**Figure 1.1 b** Development of primary energy in one of the GEA-mitigation pathways (with a nuclear phase-out) that leads to the stabilization of global mean temperature at 2°C mean global temperature increase above the pre-industrial levels. Source: GEA (2012)

um unter einem Temperaturanstieg von 2°C zu bleiben (Weiterführung der Durban-Plattform) (UNFCCC, 2012c).

### Entwicklungspfade der globalen Emissionsminderungsmaßnahmen

Bisher ist die globale Mitteltemperatur, ausgehend vom vorindustriellen Niveau um etwa 0,9°C gestiegen (vgl. Band 1, Kapitel 3). Die Notwendigkeit unverzüglicher und weitgehender Reduktion der THG-Emissionen, um eine Stabilisierung des Klimas (bei jeglichem Niveau) zu erreichen ist seit Jahrzehnten bekannt. Dennoch sind die globalen Emissionen seither fortlaufend gestiegen und folgen einem Business-as-Usual-Pfad der, wenn sich dieser Trend fortsetzt, bis zur Mitte des Jahrhunderts zu einer Verdoppelung der Emissionen führt (GEA, 2012; IEA, 2012).

Die Entwicklung der globalen THG über die letzten zwei Jahrzehnte zeigte eine starke Übereinstimmung mit dem IPCC SRES A1FI Szenario (Nakicenovic et al., 2000; IPCC 2007e,

siehe Abbildung 1.1a, vgl. Box 1.1), was zu einem Temperaturanstieg von 5°C bis Ende des Jahrhunderts führt (verglichen zum Durchschnitt der ersten Dekade des 20. Jhd.). Eine vollständige Umsetzung der in Cancun und im Rahmen des Copenhagen Accords gesetzten freiwilligen Emissionsminderungsziele, korrespondiert mit dem IPCC SRES A1B Szenario, das zu einer globalen Erwärmung von über 4°C bis Ende des Jahrhunderts führt (vgl. IBRD, 2012) und ist somit nicht ausreichend, um den Temperaturanstieg mit 2°C zu limitieren.

Um eine Stabilisierung der globalen Jahresmitteltemperatur auf 2°C (verglichen zum Durchschnitt der ersten Dekade des 20. Jhd.) bis zum Ende des Jahrhunderts zu erreichen, muss bis 2050 eine Reduktion der globalen THG-Emissionen um zumindest rund 30–70 % im Vergleich zu den Emissionen 2010 erreicht werden (IPCC, 2014; siehe Abbildung 1.1b). Der „IPCC Bereich“ in Abbildung 1.1.b umfasst THG-Emissionen aller Szenarien in der Literatur, welche die Konzentrationen zwischen 430 und 480 ppm CO<sub>2</sub>-Äq., und infolge dessen den Temperaturanstieg auf 2°C, stabilisieren, wobei die

**Box 1.1: Die Emissions-Szenarien des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)****Box 1.1: Emission scenarios by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)***Sonderbericht über Emissions-Szenarien – SRES (Nakicenovic et al. 2000 zit. n.: IPCC 2007f)*

A1. Die A1-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine zukünftige Welt mit sehr raschem Wirtschaftswachstum, einer Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung sowie eine rasche Einführung neuer und effizienterer Technologien. Wichtige grundlegende Themen sind Annäherung von Regionen, Entwicklung von Handlungskompetenz sowie zunehmende kulturelle und soziale Interaktion bei gleichzeitiger substantieller Verringerung regionaler Unterschiede des Pro-Kopf-Einkommens. Die A1-Szenarien-Familie teilt sich in drei Gruppen auf, die unterschiedliche Ausrichtungen technologischer Änderungen im Energiesystem beschreiben. Die drei A1-Gruppen unterscheiden sich in ihrer technologischen Hauptstoßrichtung: fossil-intensiv (A1FI), nichtfossile Energiequellen (A1T) oder eine ausgewogene Nutzung aller Quellen (A1B) (wobei ausgewogene Nutzung definiert ist, als eine nicht allzu große Abhängigkeit von einer bestimmten Energiequelle und durch die Annahme eines ähnlichen Verbesserungspotentials für alle Energieversorgungs- und -verbrauchstechnologien).

A2. Die A2-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine sehr heterogene Welt. Das Grundthema ist Autarkie und Bewahrung lokaler Identitäten. Regionale Fruchtbarkeitsmuster konvergieren nur sehr langsam, was eine stetig zunehmende Bevölkerung zur Folge hat. Die wirtschaftliche Entwicklung ist vorwiegend regional orientiert, das Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum und technologische Veränderungen sind sowohl bruchstückhafter als auch langsamer als in anderen Modellgeschichten.

B1. Die B1-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine sich näher kommende Welt, mit der gleichen, Mitte des 21. Jahrhunderts kulminierenden und danach rückläufigen Weltbevölkerung wie in der A1-Modellgeschichte, jedoch mit raschen Änderungen der wirtschaftlichen Strukturen in Richtung einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, bei gleichzeitigem Rückgang des Materialverbrauchs und Einführung von sauberen und Ressourcen-effizienten Technologien. Das Schwergewicht liegt auf globalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit, einschließlich erhöhter sozialer Gerechtigkeit, jedoch ohne zusätzliche Klimainitiativen.

B2. Die B2-Modellgeschichte bzw. -Szenarien-Familie beschreibt eine Welt mit Schwerpunkt auf lokalen Lösungen für eine wirtschaftliche, soziale und umweltgerechte Nachhaltigkeit. Es ist eine Welt mit einer stetig, jedoch langsamer als im A2-Szenario, ansteigenden Weltbevölkerung, wirtschaftlicher Entwicklung auf mittlerem Niveau und weniger raschem, dafür vielfältigerem technologischem Fortschritt als in den B1- und A1-Modellgeschichten. Obwohl das Szenario auch auf Umweltschutz und soziale Gerechtigkeit ausgerichtet ist, liegt der Schwerpunkt auf der lokalen und regionalen Ebene.

*Repräsentative Konzentrationspfade (Moss et al., 2010, Van Vuuren et al., 2011)*

Im Fünften Sachstandsbericht des IPCC wird dazu übergegangen, mögliche zukünftige Emissionspfade durch eine Matrix an Szenarien zu unterlegen, die durch 1) Repräsentative Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways, RCPs), 2) Sozio-ökonomische Entwicklungspfade (Shared Socio-Economic reference Pathways, SSPs) und 3) Klimapolitische Rahmenbedingungen (Shared climate Policy Assumptions, SPAs) gegeben ist (van Vuuren et al., 2011). Dadurch werden der Grad der anthropogenen Beeinflussung des Klimasystems, die Verfasstheit der Zivilisation sowie der politische Handlungsdruck Adaptions- und Mitigationsmaßnahmen umzusetzen, bestimmten Szenarien zugeordnet. Im Unterschied zu den SRES-Szenarien werden in den RCPs selbst somit keine sozio-ökonomischen Entwicklungspfade festgelegt, sondern Projektionen für den Strahlungsantrieb im Jahr 2100 gesetzt (Beispielsweise führt RCP 8.5 zu einer Veränderung von  $+8,5 \text{ W/m}^2$  im Jahr 2100).

Tabelle 1.1 Möglichkeiten zur Emissionsminderung mit großem Potenzial auf globaler Ebene. Quelle: nach IPCC (2007)

Table 1.1 Mitigation options with large potential at the global level. Source: adapted from IPCC (2007)

Sektor	Aktuell auf dem Markt befindliche Schlüsseltechnologien und -praktiken zur Emissionsminderung	Schlüsseltechnologien zur Emissionsminderung, die laut Projektionen bis 2030 auf den Markt kommen
Energieversorgung	Erhöhte Versorgungs- und Verteilungseffizienz; Brennstoffwechsel von Kohle zu Gas; Kernenergie; erneuerbare Energien für Wärme und Strom (Wasserkraft, Solarenergie, Windkraft, Erdwärme und Biomasse); Kraft-Wärme-Kopplung; frühe Anwendung von CO <sub>2</sub> -Abtrennung und -Speicherung (CCS; z. B. Speicherung von aus Erdgas entferntem CO <sub>2</sub> )	CCS für gas-, biomasse- oder kohlebetriebene Kraftwerke; weiterentwickelte Kernenergie; weiterentwickelte erneuerbare Energien, einschl. Gezeiten- und Wellenkraftwerke; solarthermische Energie (CSP – concentrating solar power) und solare Photovoltaik
Verkehr	Treibstoffeffizientere Fahrzeuge; Hybridfahrzeuge; sauberere Dieselfahrzeuge; Biotreibstoffe; Verlagerung vom Straßenverkehr auf die Schiene und öffentliche Verkehrssysteme; Landnutzungs- und Verkehrsplanung; nicht-motorisierter Verkehr (Fahrradfahren, Zufußgehen); schnelle öffentliche Verkehrssysteme	Biotreibstoffe zweiter Generation; effizientere Flugzeuge; durch zuverlässigere Batterien weiterentwickelte Elektro- und Hybridfahrzeuge mit höherer Leistung und Reichweite
Gebäude	Effiziente Beleuchtung und Ausnutzung des Tageslichts; effizientere Elektrogeräte, Heiz- und Kühlvorrichtungen; nicht-fossile Heizsysteme, Wärmerückgewinnung, weiterentwickelte Kochherde; bessere Wärmedämmung; passive und aktive Solararchitektur; alternative Kühlflüssigkeiten, Wiederverwertung von fluorierten Gasen	Integrale Energiekonzepte für Geschäftsgebäude einschließlich Technologien wie z. B. intelligente Zähler, die Rückkopplung und Steuerung ermöglichen; in Gebäude integrierte Photovoltaik
Industrie	Effizientere elektrische Endverbraucherausüstung; Wärme- und Stromrückgewinnung; Materialwiederverwertung und -ersatz; Emissionsminderung von Nicht-CO <sub>2</sub> -Gasen; prozessspezifische Technologien	Weiterentwickelte Energieeffizienz; CCS bei Zement-, Ammoniak- und Eisenherstellung; reaktionsträge Elektroden für die Aluminiumherstellung
Landwirtschaft	Verbessertes Management von Acker- und Weideflächen zur Erhöhung der C-Speicherung; Renaturierung von degradierten Böden; verbesserte Reisanbautechniken sowie Vieh- und Düngemanagement (CH <sub>4</sub> -Emissionen); verbesserte Stickstoffdüngung (N <sub>2</sub> O-Emissionen); Energiepflanzen als Ersatz für fossile Brennstoffe; erhöhte Energieeffizienz	Technologische Verbesserungen zur Steigerung der Ernteerträge und Vermeidung von Ernteausfällen und somit reduzierter Flächenbedarf für Ackerflächen bzw. höheres Potential für Energiepflanzen
Forstwirtschaft	(Wieder-)Aufforstung; Forstwirtschaft; reduzierte Entwaldung; Regulierung von Holzprodukten; Nutzung von Forstprodukten für Bioenergie als Ersatz für fossile Brennstoffe	Weiterentwicklung von Baumarten zur Steigerung der Biomasseproduktivität und Kohlenstoff-Speicherung. Verbesserte Fernerkundung für die Analyse des Potenzials zur CO <sub>2</sub> -Aufnahme durch Vegetation /Boden und für die Kartierung von Landnutzungsänderungen
Abfall	Rückgewinnung von Methan aus Deponien; Müllverbrennung mit Energierückgewinnung; Kompostierung organischer Abfälle; kontrollierte Abwasserbehandlung; Recycling und Abfallminimierung	Methanoxidationsschicht (Biocover) und Biofilter für optimierte CH <sub>4</sub> -Oxidation

Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Figure SPM.3. Cambridge University Press

globalen Emissionen zwischen etwa 2010 und 2030 ein Maximum erreichen (IPCC, 2014). Die Szenarien des Global Energy Assessment (GEA, 2012) gehen von einem Maximum der Emissionen in der Dekade 2010 aus und erfordern teils netto „negative“ Emissionen gegen Ende des Jahrhunderts, um eine Temperaturstabilisierung auf 2 °C zu erreichen. Das bedeutet, die derzeitige Entwicklung läuft in die falsche Richtung und führt zu einer Lücke zwischen vorherrschenden Trends (IPCC SRES A1FI Szenario) und notwendigen Reduktionen in 2 °C Szenarien, wenn nicht sofortige und weitreichende Emissionsminderungsmaßnahmen erfolgen.

Eine Veränderung der globalen Jahresdurchschnittstemperatur im Bereich von 5 °C und darüber, entspräche grob der Temperaturdifferenz während des Übergangs von Eiszeit und Zwischeneiszeit, welcher in geologischen Zeiträumen von statten geht (vgl. Band 1; IPCC, 2007f). Vieles deutet darauf hin, dass eine derartige Veränderung im Zeitraum von einem Jahrhundert kritische Kipp-Punkte des Klimasystems und anderer planetarer Prozesse auslösen kann (GEA, 2012; Rockström et al., 2009; World Bank, 2012). Eine um 5 °C erwärmte Erde wäre ein andersartiger Planet, etwa im Vergleich zu den letzten 11 700 Jahren (Pleistozän und Holozän),

die zum Hervorgehen der Zivilisationen geführt haben (vgl. Band 1, Kapitel 3).

Auch eine Erwärmung um 2°C wäre mit signifikanten Veränderungen verbunden, stellt aber einen Schwellenwert dar, bei dem katastrophalere Folgen vermieden werden könnten (IPCC, WGII, AR4, 2007a; WBGU, 2011). Temperaturveränderungen über dem Festland sind signifikant höher und bedeuten nahezu eine Verdopplung des Anstiegs über polaren (IPCC, 2007f) und alpinen (vgl. Band 1, Kapitel 4) Regionen im Vergleich zur globalen Mitteltemperatur.

### Entwicklungspfade zur Erreichung des 2°C-Zieles

Die Internationale Energieagentur (IEA, 2012) schätzt, dass es aufgrund des Ausbaus an (Kohle-) Kraftwerkskapazitäten und der langen Investitionszyklen bereits im Jahr 2017 zu einem „Infrastruktur Lock-in“ kommt. Die bis dahin geschaffene energieerzeugende oder verbrauchende Infrastruktur würde bereits die Gesamtmenge der zulässigen CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, so dass kein Spielraum für zusätzliche Kraftwerke, Fabriken oder sonstige Infrastruktur mehr bestünde, sofern diese nicht vollkommen CO<sub>2</sub>-frei wären. Im Global Energy Assessment (GEA, 2012) konnte in mehreren Entwicklungspfaden gezeigt werden, dass eine Stabilisierung des durchschnittlichen globalen Temperaturanstiegs auf 2°C möglich (vgl. Abb. 1.1) wäre und zusätzlich eine Reihe an normativen Zielen, von einem Ausbau der Energieversorgungssicherheit bis zur Vermeidung von Luftschadstoffen, erreicht werden könnten. Vermeidungsmaßnahmen schaffen dabei sowohl einen Zusatznutzen zur Erreichung anderer Ziele als auch einen geringeren Anpassungsdruck. Abbildung 1.2 zeigt einen dieser Entwicklungspfade, in diesem Fall mit dem Auslaufen von Kernenergie.

Das verbleibende zusätzliche kumulative Volumen zukünftiger Emissionen beläuft sich auf etwa 750 Gt CO<sub>2</sub>-Äq. um eine Stabilisierung bei 2°C zu erreichen (IPCC, 2007e). Für eine Stabilisierung bei 2°C müssten die globalen Emissionen ihren Höchststand in der Dekade 2010 erreichen und danach zwischen 31–71 % bis zur Mitte des Jahrhunderts abnehmen (GEA, 2012). Je später die Emissionen ihren Höchststand erreichen, desto größer ist die Notwendigkeit, Emissionen nach diesem Zeitpunkt verstärkt zu reduzieren, da sich der durchschnittliche globale Temperaturanstieg näherungsweise proportional zu den kumulativen Emissionen verhält.

Ein Überschreiten dieses Niveaus impliziert, dass CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernt werden muss („negative Emissionen“). Dieses sogenannte „Overshooting“ könnte nur durch die Bindung von CO<sub>2</sub> kompensiert werden, beispielsweise durch

Aufforstung oder Biomassenutzung in Verbindung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) bzw. anderen bisher nicht erprobten Technologien.

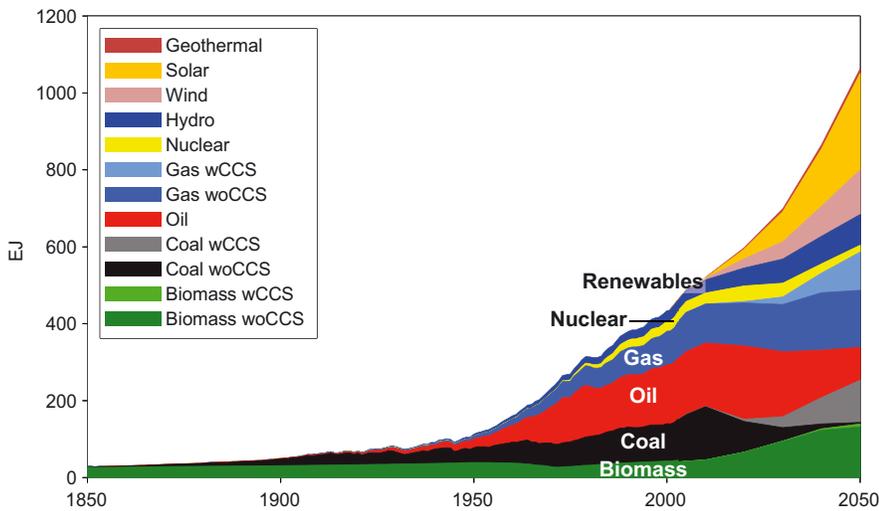
Eine Kombination von Emissionsminderung und Anpassung ist unter jeglichem Szenario des globalen Temperaturanstiegs vonnöten, aber die Gewichtung der Maßnahmenbündel kann sich je nach Szenario verschieben. In jedem Fall ist sofortiges Handeln erforderlich, um einen Lock-in-Effekt bei vorherrschenden Trends zu verhindern und neuen techno-ökonomischen Systemen, institutionellen Gefügen und Verhaltensänderungen Zeit zur Verbreitung und Erprobung zu geben.

### Erfordernisse und Potenziale von Emissionsminderung

Das Ausmaß, das verschiedene Technologien zur Emissionsminderung beitragen können, variiert je nach Region, Stabilisierungsniveau und dem jeweiligen Zeitfaktor. Insbesondere für eine Stabilisierung der THG-Konzentration auf 550 ppm und darunter, legen die Szenarien generell mehr Gewicht auf die Nutzung von kohlendioxidarmen Energiequellen, wie erneuerbaren Energien, Kernkraft oder die Nutzung von CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung. In diesen Szenarien muss eine Verringerung der Kohlendioxidintensität der Energieversorgung und der gesamten Wirtschaft viel schneller von statten gehen als in der Vergangenheit.

Das ökonomische Minderungspotenzial ist preisabhängig und liegt zumeist über jenem des Marktgleichgewichtes (d. h. es kann nur über dem Marktpreis realisiert werden); es kann daher nur durch geeignete politische Maßnahmen, sowie durch den Abbau von Umsetzungsbarrieren erreicht werden (vgl. Abschnitt 1.4). Keine der in Tabelle 1.1 aufgelisteten Technologien wird in der Lage sein, das gesamte Minderungspotenzial in ihrem Sektor auszuschöpfen. Während Tabelle 1.1 entsprechend dem Vierten Sachstandsbericht des IPCC vor allem produktionsseitige und technologische Maßnahmen anführt, sind Maßnahmen zur Veränderung der Nachfrage und damit verbundene Verhaltensänderungen (Lebensstil) von mindestens ebenso großer Bedeutung für Minderungspotenziale, beispielsweise im Bereich Landwirtschaft durch veränderte Ernährungsgewohnheiten oder in der Endenergienachfrage (Smith et al., 2013; GEA, 2012).

Je niedriger die Stabilisierungsszenarien, desto größer wird in den kommenden Jahrzehnten der Bedarf an effizienteren Anstrengungen im Bereich der öffentlichen und privaten Forschung, Entwicklung und Demonstration (FE&D), bzw. an Investitionen in neue Technologien sowie damit einhergehen-



**Abbildung 1.2** Entwicklung der Primärenergie in einem der GEA-Emissionsminderungspfade (mit dem Auslaufen von Kernenergie), der zu einer Stabilisierung der durchschnittlichen globalen Temperatur von 2°C über vorindustriellem Niveau führt. Quelle: GEA (2012)

**Figure 1.2** Development of primary energy in one of the GEA-mitigation pathways (with a nuclear phase-out) that leads to the stabilization of global mean temperature at 2°C mean global temperature increase above the pre-industrial levels. Source: GEA (2012)

den Kostenreduktionen. Dies setzt voraus, dass Hemmnissen bei der Entwicklung, der Anschaffung, dem Einsatz und der Verbreitung von Technologien wirkungsvoll begegnet wird.

### Kosten und Nutzen von Minderung

Die ökonomischen Kosten von niedrigen Stabilisierungsszenarien wurden unter anderem in den Modellvergleichsprojekten ADAM, EMF-22 und RECIPE untersucht. Niedrige Stabilisierungsszenarien sind solche, welche am ehesten geeignet sind, das 2°C-Ziel zu erfüllen. In allen Modellrechnungen sind die Minderungskosten als % des globalen Bruttoinlandsprodukts (BIP) im einstelligen Prozentbereich angesiedelt (bei einer Wahrscheinlichkeit das 2°C-Ziel mit 30 % zu überschreiten, reichen die Kostenschätzungen von 2 % bis –1 % des globalen BIP) (Knopf et al., 2011). Die niedrigen Kosten resultieren aus den in den Modellen getroffenen Annahmen hinsichtlich technologischer Flexibilität und globaler Beteiligung an der Emissionsminderung. Wird Marktversagen etwa in Form beschränkter Verfügbarkeit neuer Technologien oder unzureichender globaler Abdeckung der Klimapolitik berücksichtigt, so erhöhen sich die Kosten erheblich, was die Durchführbarkeit vom ökonomischen Standpunkt aus reduziert (Clarke et al., 2009; Edenhofer et al., 2009). Weiters hängt die Erreichbarkeit niedriger Stabilisierungsziele, neben der technologischen Flexibilität und der globalen Beteiligung, auch von der politischen und gesellschaftlichen Machbarkeit ab (vgl. Abschnitt 1.4). Beispielsweise kann der intensivierete Einsatz von Biotreibstoffen (vor allem jener der ersten Generation) zu Konflikten mit der Nahrungsmittelproduktion führen und erhöhte Anteile von CCS können mit erheblichen Sicherheitsrisiken verbunden sein.

### 1.1.2 Die europäische Perspektive bezüglich Emissionsminderung

#### Zentrale politische Minderungsziele auf europäischer Ebene

Die EU Staats- und RegierungschefInnen beschlossen auf dem Gipfeltreffen im März 2007 eine umfassende Herangehensweise an die Klima- und Energiepolitik, welche den Klimawandel bekämpfen, die Sicherheit der Energieversorgung erhöhen sowie die Konkurrenzfähigkeit Europas verstärken soll. Das Kernelement ist hierbei das Europäische Energie- und Klimapakett, das die drei Kernziele, nämlich: Reduktion der THG-Emissionen um 20 %, Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energiequellen am Endenergieverbrauch auf 20 % sowie Erhöhung der Energieeffizienz um 20 % („20-20-20-Ziel“) definiert (EK, 2009c). Es setzt sich im Wesentlichen aus folgenden Bestandteilen zusammen (vgl. die grau hinterlegten Zeilen in Tabelle 1.2):

- Richtlinie über die Förderung erneuerbarer Energien (Renewable Energy Directive, RED).
- Richtlinie über die Verbesserung des Europäischen Emissionshandelssystems (ETS).
- Entscheidung über die Emissionsreduktion der Mitgliedstaaten betreffend ihre Emissionen in nicht vom ETS erfassten Sektoren (Effort Sharing Decision, ESD).
- Richtlinie zur Abtrennung und geologischen Speicherung von CO<sub>2</sub> (Directive on the Geological Storage of CO<sub>2</sub>, CCS Directive).
- Richtlinie zur Qualität von Kraftstoffen (Fuel Quality Directive).

**Tabelle 1.2** Wesentliche EU-Rechtsmaterien zur THG-Vermeidung; hervorgehoben: das am 23. April 2009 verabschiedete Klima- und Energiepaket

**Table 1.2** Key EU legal documents on GHG mitigation; the climate and energy package (passed on April 23, 2009) is highlighted

Rechtsmaterien	Datum	Beschreibung
2001/77/EG	27. September 2001	Erneuerbaren Strom Richtlinie
2002/91/EG	16. Dezember 2002	Gebäuderichtlinie EPBD (erste Fassung)
2003/30/EG	8. Mai 2003	Biokraftstoff-Richtlinie (erste Fassung)
2003/87/EG	13. Oktober 2003	Emissionshandelsrichtlinie
2004/8/EG	11. Februar 2004	KWK-Richtlinie
2005/32/EG	6. Juli 2005	EcoDesign-Richtlinie (erste Fassung)
2006/32/EG	5. April 2006	Energieeffizienzrichtlinie
EG244/2009	18. März 2009	Beleuchtungsverordnung
2009/28/EG	23. April 2009	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED)
2009/29/EG	23. April 2009	Neufassung der Emissionshandelsrichtlinie
2009/30/EG	23. April 2009	Biokraftstoff-Richtlinie
2009/31/EG	23. April 2009	CCS-Richtlinie
406/2009/EG	23. April 2009	Entscheidung zum Effort sharing (ESD)
EG443/2009	23. April 2009	Fahrzeugemissions-Verordnung
2009/125/EG	21. Oktober 2009	EcoDesign-Richtlinie (zweite Fassung)
2010/31/EU	19. Mai 2010	Gebäuderichtlinie EPBD (zweite Fassung)

- Verordnung zu CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen (Regulation on Vehicle Emission Performance Standards).
- die Schaffung eines rechtlichen Rahmens für die geologische Speicherung von THG (Carbon Capture and Storage, CCS).

Das Klima- und Energiepaket wird darüber hinaus durch weitere, bereits vor dem Paket verabschiedete Maßnahmen (zum Europäischen Emissionshandel im Rahmen des ETS, die Energieeffizienzrichtlinie, die Ecodesign-Richtlinie, die Energy Performance of Buildings Directive – EPBD betreffend die Energieeffizienz von Gebäuden, die Richtlinie zur Kraft-Wärme-Kopplung – KWK) sowie durch Folgedirektiven ergänzt (Tabelle 1.2).

Diese Maßnahmen, die neben weiteren Zielen wie der Unterstützung des Binnenmarktes, die Verringerung der Importabhängigkeit oder die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit auf eine Verringerung der THG-Emissionen abzielen, kombinieren unterschiedliche Politikinstrumente und -strategien. Sie umfassen im Wesentlichen:

- die Einführung des Handels mit Berechtigungen zur THG-Emission (EU-Emissionshandel, EU ETS);
- die Reglementierung von Energietechnologien und fossilen Energieträgern;
- die Verbesserung der Energieeffizienz durch die Vorgabe von Zielen;
- die Förderung von erneuerbaren Energiequellen;

Die Einführung und Umsetzung einiger der genannten Maßnahmen (RED, ESD, EPBD) wird durch spezielle Begleitprogramme (Concerted Actions) unterstützt, die den Erfahrungsaustausch und die Harmonisierung zwischen den Mitgliedsländern unterstützen sollen.

Um gefährliche Klimaveränderungen zu verhindern und den durchschnittlichen Temperaturanstieg unter 2 °C zu halten (verglichen mit vorindustriellen Niveaus), bestätigte der Europarat im Februar 2011 das Vorhaben der EU, die THG-Emission bis 2050 um 80–95 % zu reduzieren (verglichen mit den Werten von 1990). Die Zehn-Jahres-Wachstumsstrategie der EU, auch „Europa 2020 Strategie für ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum“ genannt, unterstützt diese Zielsetzung. So konzentriert sich eines der fünf Hauptziele dieser Strategie auf den Klimawandel, bzw. Energie und bekräftigt somit die Ziele der „20-20-20“-Strategie. Die Europa 2020 Strategie, welche ein Rahmenprogramm zur verstärkten Zusammenarbeit zwischen EU und nationalen Behörden bildet, beinhaltet auch sieben Leitinitiativen von denen sich eine auf Ressourceneffizienz konzentriert und vom „Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa“ (EK, 2011a) unterstützt wird.

Die derzeitigen Maßnahmen und Initiativen der EU beschränken sich im Allgemeinen auf Ziele und Rahmenbedingungen für den Zeitraum bis 2020. Um den Mitgliedstaaten einen Rahmen für die Entwicklung von Maßnahmen bis 2050 zu geben, hat die Europäische Kommission (EK) die Ausarbeitung einer Reihe von Fahrplänen (Roadmaps) in Auftrag gegeben, die unter Verwendung von quantitativen Szenarien erstellt wurden.

Der „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050“ (EK, 2011b) entwirft erste mögliche Entwicklungspfade der europäischen Wirtschaft hin zu einer THG-Reduktion von 80 bis 95 %. Darauf aufbauend skizzieren der „Energiefahrplan 2050“ (EK, 2011c) sowie das „Weißbuch Verkehr“ (EK, 2011d) mögliche Wege zu einem konsistenten Energie- und Transportsektor. Dabei wird auch in diesen Sektoren eine massive Reduktion der THG-Emissionen angestrebt und zwar im Ausmaß zwischen 60 % (Transport) und 95 % (Energie).

### Erfordernisse und Potenziale für Emissionsminderung auf europäischer Ebene

Die im vorigen Abschnitt angeführten Richtliniendokumente betonen, dass vor allem in den Sektoren Verkehr, Energie, Bau, Industrie und Landwirtschaft Potenziale zur Verminderung der Emissionen in Europa bestehen (Tabelle 1.3). Im Energiesektor (vgl. Band 3, Kapitel 3) besteht hierbei das größte Minderungspotential, gefolgt von Verkehr (vgl. Band 3, Kapitel 3) und Industrie (vgl. Band 3, Kapitel 5). Prognosen weisen darauf hin, dass im europäischen Verkehrssektor ein kurzfristiges Emissionsreduktionspotential signifikanten Ausmaßes besteht, welches jedoch über die Zeit aufgrund bereits erfolgter Einsparungsmaßnahmen abnimmt (Clapp et al., 2009). Nach Elektrizität und Verkehr folgt die Industrie als Sektor mit dem drittgrößten Emissionsreduktionspotential in Europa. Es ist jedoch eine Vielzahl an Maßnahmen erforderlich, um die verfügbaren Emissionsreduktionspotential zu realisieren, ohne gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit zu beeinträchtigen. Laut dem Vierten Sachstandsbericht (IPCC, 2007c) bietet der Gebäudesektor (vgl. Band 3, Kapitel 5) das kostengünstigste Einsparungspotential in allen Regionen der Welt und somit auch in Europa. Die Bereiche Landwirtschaft und Bodennutzung (vgl. Band 3, Kapitel 2) spielen eine wichtige Rolle bei einer umfangreichen Minderungsstrategie, da beide Bereiche wesentliche Potenziale zur Senkung der THG-Emissionen aufweisen. Die verfügbaren Dokumente der Richtlinien der EU-Minderungsstrategien weisen jedoch auch auf einige Lücken hin, welche genauer betrachtet werden sollten:

- Stärkerer Fokus auf menschliches Verhalten (nachfrage-seitige Maßnahmen).
- Stärkerer Fokus auf das Abfallmanagement und Recyclings.
- Stärkerer Fokus auf zugeschnittene Maßnahmen zur Einhaltung (Compliance), um Ländern die Umsetzung ihrer Ziele zu erleichtern.

### Umsetzung der Instrumente und Maßnahmen

Im Folgenden wird ausschließlich auf die Umsetzung der klimapolitischen Instrumente und Maßnahmen eingegangen. Bzgl. der energiepolitischen Instrumente und Maßnahmen vgl. Band 3, Kapitel 3.

### Europäischer Emissionshandel

Der Europäische Emissionshandel bzw. das European Emission Trading Scheme (ETS) (Richtlinien 2003/87/EG, 2009/29/EG) sieht vor, dass energieintensive Unternehmen CO<sub>2</sub> nur noch in der durch Emissionsberechtigungen gedeckten Menge ausstoßen dürfen. Die Zertifikate werden entsprechend den nationalen Minderungsverpflichtungen in Stufen verringert. Sie sind innerhalb der EU handelbar. Ziel des Emissionsrechtshandels ist die zielgenaue und zugleich kosteneffiziente Reduzierung der THG-Emissionen (van Asselt, 2010).<sup>1</sup> Die erste Handelsperiode umfasste die Jahre 2005 bis 2008, die zweite die Jahre 2008 bis 2012. EU-weit werden derzeit rund 10 000 Anlagen vom Emissionshandel erfasst, die ca. 46 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der EU verursachen. Für jede dieser Anlagen wird ein in absoluten Mengen (nicht relativ bezogen auf den Produktionsoutput) gemessenes Emissionsminderungsziel festgelegt. Diesem Ziel entsprechend erhielten die AnlagenbetreiberInnen am Anfang jedes Jahres eine bestimmte Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionsrechten (Zertifikaten) überwiegend gratis zugeteilt (Grandfathering).

Gelingt es weniger CO<sub>2</sub> auszustoßen, können die Zertifikate verkauft werden. Im umgekehrten Fall müssen Zertifikate von anderen Unternehmen zugekauft werden. Der Preis für die Zertifikate bildet sich auf einem Zertifikatsmarkt in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage. Würde ein

<sup>1</sup> In der ersten Phase des EU-Emissionshandelssystems waren folgende Sektoren betroffen: Strom- und Wärmeerzeugung mit fossilen Rohstoffen ab 20 Megawatt (MW), Mineralölraffinerien, Kokereien, Eisenmetallerzeugung und -verarbeitung, Anlagen für die Herstellung von Roheisen oder Stahl, Anlagen zur Herstellung von Zementklinker, Kalk, Glas einschließlich Glasfasern, keramischen Erzeugnissen, Zellstoff, Papier und Pappe.

**Tabelle 1.3** Zentrale Emissionsminderungsmöglichkeiten auf europäischer Ebene. Quelle: nach Clapp et al. (2009)

**Table 1.3** Key options for mitigation at the European level. Source: adapted from Clapp et al. (2009)

Sektor	Potenzial
Energie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohlendioxidfreie Elektrizitätserzeugung: Laut Prognosen für 2050 wird der Strombedarf 36 % bis 39 % des ganzen Energiebedarfs in der EU ausmachen, weshalb ein Ausbau der kohlendioxidfreien Elektrizitätserzeugung zur Erreichung der Emissionsminderungsziele erforderlich ist.</li> <li>• Erneuerbare Energie: Prognosen zeigen die Notwendigkeit der Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energie im Energieträgermix auf, was ad-hoc Maßnahmen und neue Investitionen in die Entwicklung der bestehenden Produktions-, Effizienz- und Speichertechnologien erfordert.</li> <li>• Infrastruktur: Um die Steigerung von kohlendioxidarmer Energie zu unterstützen, müssen Netze und Konnektivität verbessert werden. Ein ganzheitliches Netzwerk zur Übertragung, Verteilung und Speicherung von Strom ist erforderlich, um lokale Energieressourcen mit zentralisierten Systemen zu verbinden.</li> <li>• Energieeffizienz: Energieeffizienzverbesserungen seitens der Industrie und Haushalte repräsentieren ein signifikantes Potenzial für Minderung.</li> <li>• Innovation: Der Bedarf an enormer Hochskalierung von kohlendioxidarmen Technologien erfordert größere Investitionen in die Erforschung und Entwicklung von technischen Innovationen (z. B. Technologien wie CCS).</li> <li>• Private Investitionen: Signifikante Investitionen sind wichtig um den EU-Energiesektor auf einen nachhaltigen Weg zu führen. In diesem Zusammenhang ist der private Sektor essenziell. Es besteht der Bedarf an staatlichen Finanzierungen, um das Interesse von privaten InvestorInnen an kohlendioxidarmen Initiativen zu erwecken, sodass mit grünen Technologien verbundene Investmentrisiken reduziert werden.</li> </ul>
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effizienzverbesserungen: Fahrzeugeffizienz benötigt Verbesserungen durch neue Motoren, Material, Design und umweltfreundlichen Energieverbrauch. Des Weiteren ist eine höhere Treibstoffeffizienz nötig.</li> <li>• Integration: Um die europaweite Leistungsfähigkeit zu verbessern, ist ein allgemeines europäisches Transportsystem für Straßengüter-, Bahn-, Luft-, Schiff- und Landverkehr notwendig.</li> <li>• Innovation: Es werden Forschungen im Bereich der europäischen Transport- und Innovationsrichtlinien benötigt.</li> <li>• Fördergelder: Um das Verhalten zu ändern, ist eine korrekte Gebührenverrechnung im Bereich der Infrastruktur, den Netzwerken und Treibstoffen erforderlich, basierend auf dem Prinzip des „Polluter Pays“ und „User Pays“ Prinzips.</li> <li>• Finanzierung: Die Durchführung der europaweiten Strategie verlangt Investitionen. Besonders notwendig ist die Verbesserung des Zugangs zur Finanzierung von großen Infrastrukturprojekten mittels neuer finanzieller Instrumente.</li> </ul>
Industrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressourcen- und Energieeffizienz: Es besteht ein Bedarf an fortschrittlicheren, ressourcen- und energieeffizienteren Prozessen der Industrie und der Ausstattungen, sowie vermehrtes Recycling.</li> <li>• Innovationen: Um die Transition hin zu leistungsfähigeren Prozessen und Technologien, einschließlich Minderungstechnologien für kohlendioxidfreie Emission zu unterstützen, wird mehr Gewichtung auf F&amp;E benötigt.</li> <li>• Investitionen: Um sich in Richtung einer konkurrenzfähigen kohlendioxidarmen Wirtschaft zu bewegen, sind signifikante Investitionen sowohl von öffentlicher als auch von privater Seite notwendig.</li> </ul>
Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Null-Energie Gebäude: Die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden schreibt vor, dass neue Gebäude ab 2021 Null-Energie Gebäude sein müssen. Dies ist eine massive Veränderung der gegenwärtigen Gewohnheiten und verlangt spezifische Fördergelder des öffentlichen Sektors.</li> <li>• Finanzierung: Auf Grund der unterschiedlichen Barrieren bei der Finanzierung der Energieeffizienz ist eine spezifische Unterstützung erforderlich, um die Hindernisse der Investitionskosten zu überwinden.</li> </ul>
Landwirtschaft und Bodennutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressourcenproduktivität: Es besteht Bedarf an nachhaltiger, leistungsfähiger und verbesserter Ertragsfähigkeit von Land und Viehbestand. Dies kann jedoch auch durch effizientere Düngemittel verbessert werden.</li> <li>• Unterstützungsmaßnahmen: Bio-Vergasung von organischem Abfall, besseres Futter und lokale Vermarktung der Produktion kann in Zukunft die Effizienz dieses Sektors weiter verbessern. Die gesetzliche Verankerung der „Gemeinsamen Agrarpolitik“ wird für 2013 erwartet, genauso wie die Mitteilung „Innovation für nachhaltiges Wachstum: eine Bioökonomie für Europa“. Erwartet wird von all diesen Entscheidungen, dass sie die Vorstellungen von LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) widerspiegeln.</li> </ul>

Unternehmen das vorgegebene Limit an Emissionsrechten überschreiten, müsste es bis Ende 2007 pro Tonne CO<sub>2</sub> 40 Euro Strafe zahlen und ab 2008 100 €/t. Zu Strafzahlungen ist es jedoch bislang nicht gekommen, da von Beginn an zu viele Zertifikate am Markt waren, die Finanzkrise durch sinkende Emissionen zu einem weiteren Überschuss an Zertifikaten beitrug und somit der Preis für Zertifikate weit unter jenen der Sätze für Strafzahlungen gefallen ist. Aufgrund des starken Preisverfalls der Zertifikate konnte das Instrument bis-

lang kaum Lenkungswirkung entfalten (Skjærseth und Wettestad, 2008).

Dies könnte sich aufgrund einer weitreichenden Reform des ETS-Systems beginnend mit der dritten Handelsperiode (2008 bis 2013) in den kommenden Jahren ändern (van Asselt, 2010). In den ersten beiden Handelsperioden wurden die Reduktionsziele für die betroffenen Firmen sowie die Zuteilung der Zertifikate von den EU Mitgliedstaaten bestimmt, was zu Überzuteilungen führte. Für die dritte Periode wurde ein EU-

weites Reduktionsziel festgelegt, wobei der Energiesektor alle Zertifikate ersteigern muss, die Industrie je nach Gefahr einer möglichen Abwanderung von Firmen aus der EU (Carbon Leakage) nur einen Teil. Sofern das derzeitige Reduktionsziel für die ETS Sektoren von -21 % bis 2020 jedoch nicht erhöht wird, kann mit keinen steigenden CO<sub>2</sub>-Preisen gerechnet werden, da die überschüssigen Zertifikate aus der zweiten Periode in die dritte Periode übertragen werden können, und die Wirtschaftskrise zu einer spürbaren Minderung der Emissionen führte.

### Wirksamkeit der Maßnahmen

Die Wirksamkeit der Maßnahmen auf EU-Ebene, welche die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zum (Teil-)Ziel haben, ist unterschiedlich und nur zum Teil direkt effektiv.

Nur die Kombination des ETS mit der Effort-Sharing-Entscheidung stellt sicher, dass auf nationaler Ebene die durch den Emissionshandel erzielten Reduktionen von CO<sub>2</sub>-Emissionen in den ETS-Sektoren nicht durch Zunahmen in Nicht-ETS-Sektoren konterkariert werden können. Auf globaler Ebene verbleiben jedoch selbst hier Schlupflöcher in Form der Abwanderung von CO<sub>2</sub>-emittierenden Betriebsstätten (Carbon Leakage, vgl. Abschnitt 1.4) und des Importes von Produkten mit einem großen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck anstelle deren Produktion im EU-Inland („graue Importe“). Aufgrund der internationalen Spezialisierung im Handel sind die Importe der Industrieländer deutlich CO<sub>2</sub>-haltiger als deren Exporte, da diese zu erheblichen Teilen aus Schwellenländern mit geringen Klimaschutzvorgaben stammen. Da jedem Land nur jene Emissionen zugerechnet werden, die bei der Produktion im Inland entstehen, sind die Emissionen die mit der Güternachfrage im Inland verbunden sind, in den meisten Industrieländern deutlich höher als die durch die Produktion entstehenden (vgl. Band 3, Kapitel 5; Jakob und Marschinski, 2012). Die RED betrifft auf der einen Seite nur einen – wenn gleich wichtigen – Sektor des Energiesystems, und wirkt nur solange emissionsreduzierend, solange das gesamte Wachstum der Strom- und Wärmeerzeugung hinter dem Ausbau der erneuerbaren Energieträger zurückbleibt, und im ETS-Sektor die Emissionsreduktionsziele erreicht werden. Ähnliches gilt für die ESD; hier ist die Emissionsreduktion abhängig vom Wirtschaftswachstum sowie von der Entwicklung der Anteile erneuerbarer und fossiler Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch.

Die übrigen Richtlinien und Verordnungen zielen auf die Harmonisierung und Reglementierung von Technologien, wie etwa die CO<sub>2</sub>-Abscheidung, Fahrzeuge oder Gebäude.

### Kosten und Nutzen der Umsetzung der „20-20-20“-Ziele

Die Umsetzung der Ziele durch jene Maßnahmen, welche in den Richtlinien vorgeschlagen werden, benötigt jährlich massive öffentliche und private Investitionen, über die nächsten 40 Jahre<sup>2</sup> hinweg durchschnittlich 270 Mrd. € pro Jahr (EK, 2011e). Diese zusätzlichen Investitionen entsprechen 1,5 % des EU-BIPs, wobei gegenwärtige Investitionen bei 19 % des BIPs (2009) liegen (EK, 2011e).

Investitionen im Energiesektor könnten zwischen 1,5 Billionen € und 2,2 Billionen € für den Zeitraum 2011 bis 2050 liegen. In einem Szenario, in dem die gegenwärtigen Richtlinieninitiativen für die Zukunft unterstellt werden, würden die Kosten für das gesamte Energiesystem weniger als 14,6 % des EU-BIPs im Jahr 2050 betragen, verglichen mit 10,6 % des BIPs im Jahr 2005. Diese Kosten werden jedoch bei weiteren Verzögerungen zunehmen (EK, 2011e).

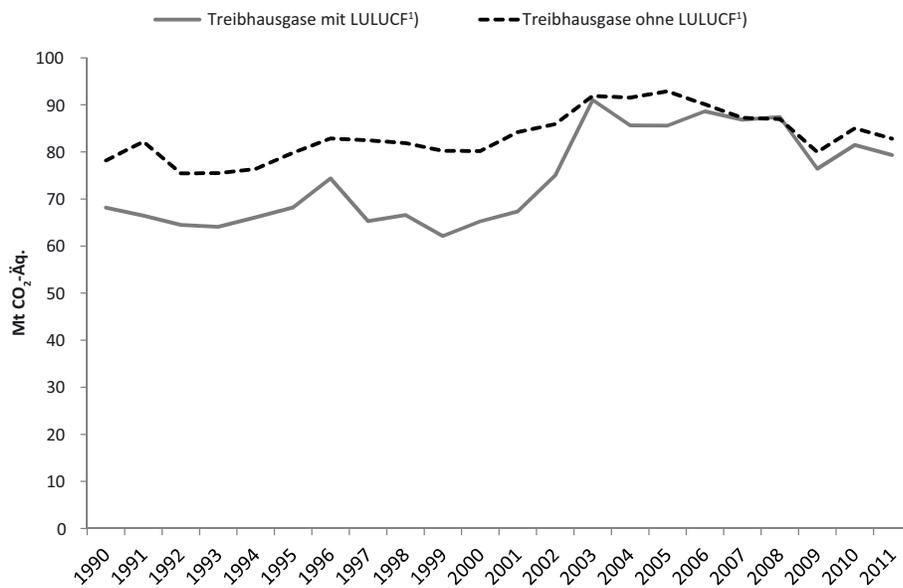
Um die Ziele der Emissionsreduktion erreichen zu können werden die Kosten für die infrastrukturelle Entwicklung des europäischen Transportsektors auf über 1,5 Billionen € im Zeitraum zwischen 2010 und 2030 geschätzt, mit einer zusätzlichen Billion für Investitionen in Fahrzeuge, Ausstattungen und Ladeinfrastruktur (EK, 2011e).

Die Investitionen in energiesparende Komponenten im Gebäudesektor werden im nächsten Jahrzehnt auf 200 Mrd. € erhöht werden müssen (EK, 2011e).

Die Investitionen würden sich jedoch auch in einem höheren Wachstum, steigender Beschäftigung, verbesserter Gesundheit, besserer Luftqualität, größerer Energiesicherheit (selbst wenn die Strompreise bis 2030 erhöht werden) und niedrigeren Treibstoffkosten, niederschlagen. Über einen Zeitraum von 40 Jahren wird erwartet, dass die verbesserte Energieeffizienz verbunden mit in der Union produzierter kohlendioxidarmer Energie den EU-Durchschnitt der Kosten für Treibstoff zwischen 175 Mrd. € und 320 Mrd. € pro Jahr reduziert, vorausgesetzt eines Anstiegs der Kosten von importierten Öl und Gas auf 400 Mrd. € jährlich bis 2050. Darüber hinaus könnten 10 Mrd. € an jährlichen Ausgaben gespart werden, welche momentan für die Kontrolle von Luftverschmutzung verwendet werden und die bis zum Jahr 2050 auf 50 Mrd. €/Jahr steigen würden (EK, 2011e).

Betreffend der „20-20-20“-Ziele scheint die EU am richtigen Weg zu sein, 20 % der THG-Emissionen zu reduzieren und einen Anteil von 20 % erneuerbaren Energien in den

<sup>2</sup> Das Finanzierungsausmaß dieser Projekte würde eine Finanzierung durch die Europa 2020 Project Bond Initiative nahelegen.



**Abbildung 1.3** Entwicklung der österreichischen THG-Emissionen in Mt CO<sub>2</sub>-Äq. mit und ohne Effekt von Landnutzungsänderungen. Quelle: Anderl et al. (2012a). LULUCF: Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

**Figure 1.3** Development of Austrian GHG emissions in Mt CO<sub>2</sub>-eq. with and without effects from land use, land use change and forestry (LULUCF). Source: Anderl et al. (2012a)

Energieträgermix einzubringen, vorausgesetzt die gegenwärtigen Richtlinien werden vollständig umgesetzt. Fortschritte bezüglich der Steigerung der Energieeffizienz um 20 % zeigen sich eher langsam, weshalb verstärkte Bemühungen benötigt werden, um dieses Ziel zu erreichen. Mit Blick auf die anspruchsvollen 2050 Ziele müssen signifikante Veränderungen in der Art und Weise, wie produziert und konsumiert wird, stattfinden. Ebenso werden umfassende Investitionen zur Unterstützung dieses Wandels benötigt. Die Rolle des öffentlichen Sektors ist in diesem Zusammenhang sehr essenziell, um zusätzlich private Investitionen zu mobilisieren.

### 1.1.3 Die österreichische Perspektive bezüglich Emissionsminderung

#### Ausgangssituation und Reduktionsziele

Die Entwicklung der THG-Emissionen in Österreich seit 1990 zeigte bis zum Jahr 2005 eine kontinuierliche Zunahme und erreichte mit 92,9 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. im Jahr 2005 einen Höchstwert (Anderl et al., 2012b). In Abbildung 1.3 ist die Entwicklung der THG-Emissionen seit dem Basisjahr 1990 mit und ohne Landnutzungseffekten dargestellt. Aus Landnutzungsänderungen und Senken ergibt sich ein emissionsreduzierender Effekt auf die österreichische THG-Bilanz.

Die heimische THG-Bilanz ist wesentlich vom Ausstoß an CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt, welche einen Anteil von etwa 85 % an den gesamten österreichischen THG-Emissionen ausmachen. Seit 2005 ist ein abnehmender Trend der THG-Emissionen beobachtbar, mit einer besonders star-

ken Abnahme im Jahr 2009, die im Wesentlichen durch den starken Einbruch der wirtschaftlichen Aktivität infolge der Finanzkrise verursacht wurde. Dass dieser Rückgang der THG-Emissionen nur von transitorischer Natur war und ihr Ausmaß weiterhin stark an die wirtschaftliche Entwicklung gekoppelt ist, zeigt sich in der Folge im neuerlichen Anstieg der THG-Emissionen im Zuge der wirtschaftlichen Erholung im Jahr 2010.

Gliedert man die österreichischen THG-Bilanz 2010 (Anderl et al., 2012b) nach verursachenden Sektoren (Abbildung 1.4) wird die herausragende Bedeutung der Sektoren Industrie und produzierendes Gewerbe, Verkehr, Energieaufbringung sowie Raumwärme und Kleinverbrauch deutlich. Die genannten fünf Sektoren sind für etwa 85 % der österreichischen THG-Emissionen verantwortlich.

Seit 1990 hat es zum Teil gegenläufige Emissionsentwicklungen nach Sektoren gegeben (Abbildung 1.5). Die größten Zuwächse zeigt der Sektor Verkehr, wobei sich hier auch der Treibstoffexport niederschlägt. Das Ausmaß des Treibstoffexports kann zu einem wesentlichen Teil durch Treibstoffpreisdifferenzen zwischen Österreich und seinen Nachbarländern erklärt werden. Über das Ausmaß der Kraftstoffexporte liegen Schätzungen vor, die jedoch mit beträchtlichen Unsicherheiten behaftet sind. Der in den Berichten des Umweltbundesamtes genannte Anteil von bis zu 30 % ist daher unter diesem Aspekt zu interpretieren.

Ebenso wie der Verkehr, weisen auch die Emissionen aus der Industrie und dem produzierenden Gewerbe Zuwächse auf, das gleiche gilt für die Energieaufbringung. In beiden Bereichen spiegeln sich darin vor allem Produktions- und Out-

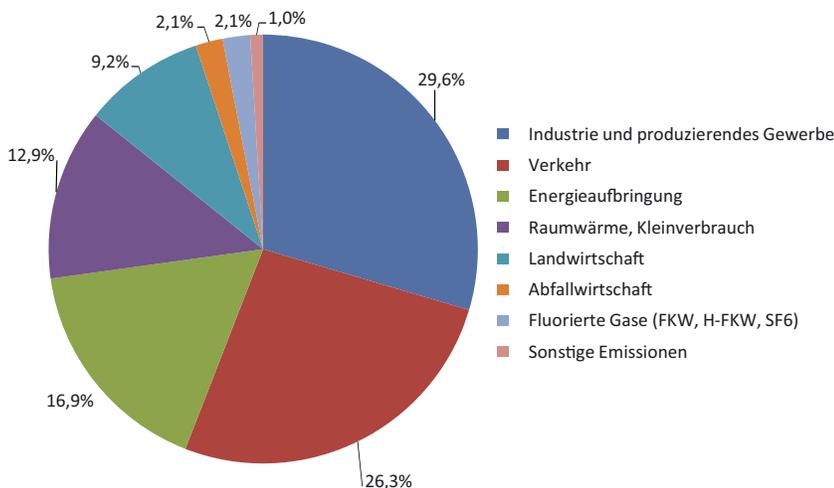


Abbildung 1.4 Sektorale THG-Emissionsanteile Österreich 2010 in Prozent. Quelle: Anderl et al. (2012a)

Figure 1.4 Sectoral share of GHG emissions in Austria 2010 in percent. Source: Anderl et al. (2012a)

put-Zuwächse wider. Emissionen einzelner Jahre im Bereich Raumwärme und Kleinverbrauch werden stark von witterungsbedingten Schwankungen beeinflusst, im Trend zeigen sich jedoch abnehmende Emissionen (Anderl et al., 2012a). Dieser Trend wird einerseits durch Verbesserungen in der thermischen Qualität von Gebäuden sowie den Einsatz emissionsärmerer Brennstoffe für die Bereitstellung von Raumwärme beeinflusst, andererseits gibt es auch durch eine zunehmende Fernwärmeversorgung Verschiebungen zum Sektor Energiebereitstellung.

Die Emissionen aus den Kategorien Sonstige Emissionen und Fluorierte Gase bleiben im Wesentlichen konstant. Die in der Klimastrategie (BMLFUW, 2002, 2007b) festgelegten indikativen Ziele für Emissionsreduktionen werden 2010 nur vom Sektor Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch er-

reicht (Anderl et al., 2012a). Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die in der Klimastrategie genannten sektoralen Emissionsziele keinen rechtlich verbindlichen Charakter aufweisen.

Bis 2012 galten für Österreich die Reduktionsziele der 1. Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls und das im EU „Burden Sharing Agreement“ festgeschriebene österreichische Emissionsziel einer Reduktion der THG-Emissionen um 13 % gegenüber dem Basisjahr 1990. Bereits die Emissionsentwicklung in den ersten drei Jahren der Kyoto-Verpflichtungsperiode zeigte, dass Österreich dieses Ziel nicht durch heimische Emissionsreduktionen erreichen würde (vgl. Abbildung 1.6).

Im Vergleich der EU-Mitgliedsländer weist Österreich in den ersten drei Jahren der Kyoto-Verpflichtungsperiode eine besonders ausgeprägte Zielabweichung auf (vgl. Abil-

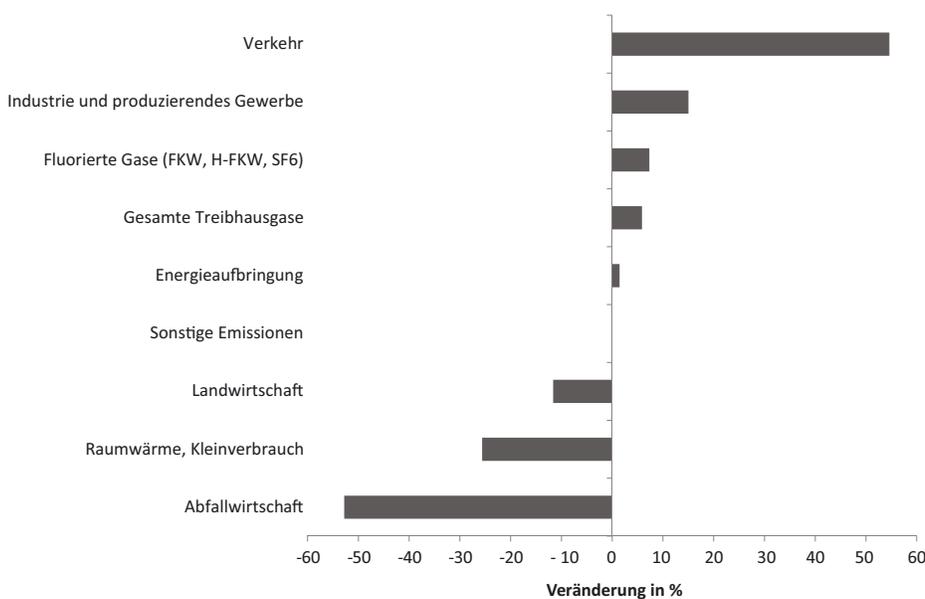


Abbildung 1.5 Veränderung der sektoralen THG-Emissionen 1990–2010 in Prozent. Quelle: Anderl et al. (2012a)

Figure 1.5 Change in sectoral GHG emissions 1990–2010 in percent. Source: Anderl et al. (2012a)

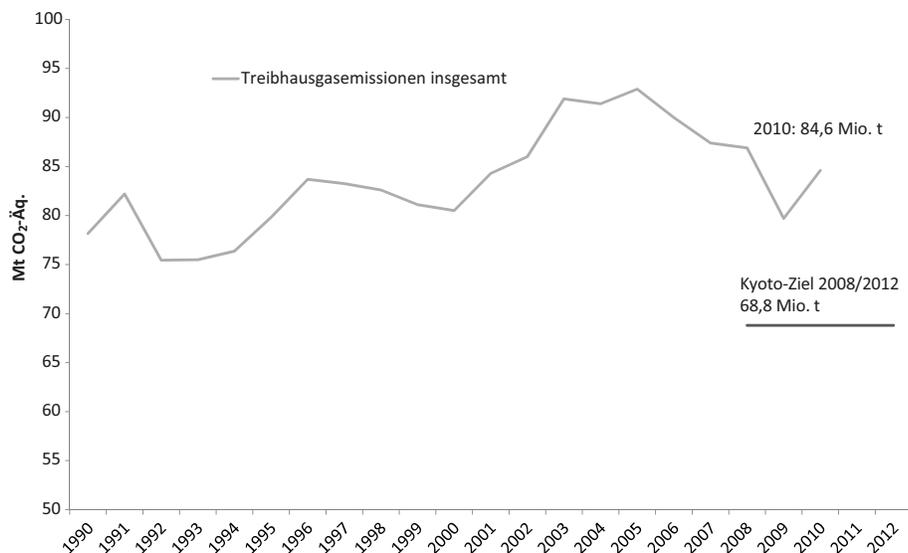


Abbildung 1.6 Entwicklung der THG-Emissionen und Kyoto-Ziel in Mt CO<sub>2</sub>-Äq. Quelle: Anderl et al. (2012a)

Figure 1.6 Development of GHG emissions and Kyoto target in Mt CO<sub>2</sub>-eq. Source: Anderl et al. (2012a)

Abbildung 1.7). Box 1.2 vergleicht die Entwicklung der THG-Emissionen von 1990 bis 2012 für alle EU-Mitgliedsländer (EU-28) mit der Emissionsentwicklung in Österreich. Dieser Vergleich zeigt, welchen Einfluss Energieintensität, Emissionsintensität und wirtschaftliche Intensität auf die Entwicklung der Gesamtemissionen hatten. Während in der EU-28 Verbesserungen in Energie- und Emissionsintensität Zunahmen in der wirtschaftlichen Aktivität überkompensieren konnten sodass die Gesamtemissionen im Zeitraum 1990 bis 2012 sanken, war dies in Österreich nicht der Fall.

Für die mittlere Frist bis 2020 ist das Reduktionsziel aus dem EU-Energie- und Klimapakete (EK, 2008) sowie die Entscheidung über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer THG-Emissionen (Entscheidung 406/2009/EG) für Österreich relevant. Dieses Ziel lautet für die im ETS erfassten Anlagen eine EU-weite THG-Reduktion von 21 % bis zum Jahr 2020 im Vergleich zu den Emissionen dieses Sektors im Jahr 2005. Für die Sektoren, die nicht dem Emissionshandel unterliegen (im Wesentlichen die Sektoren Raumwärme, Verkehr, Landwirtschaft) sieht das EU-Energie- und Klimapakete

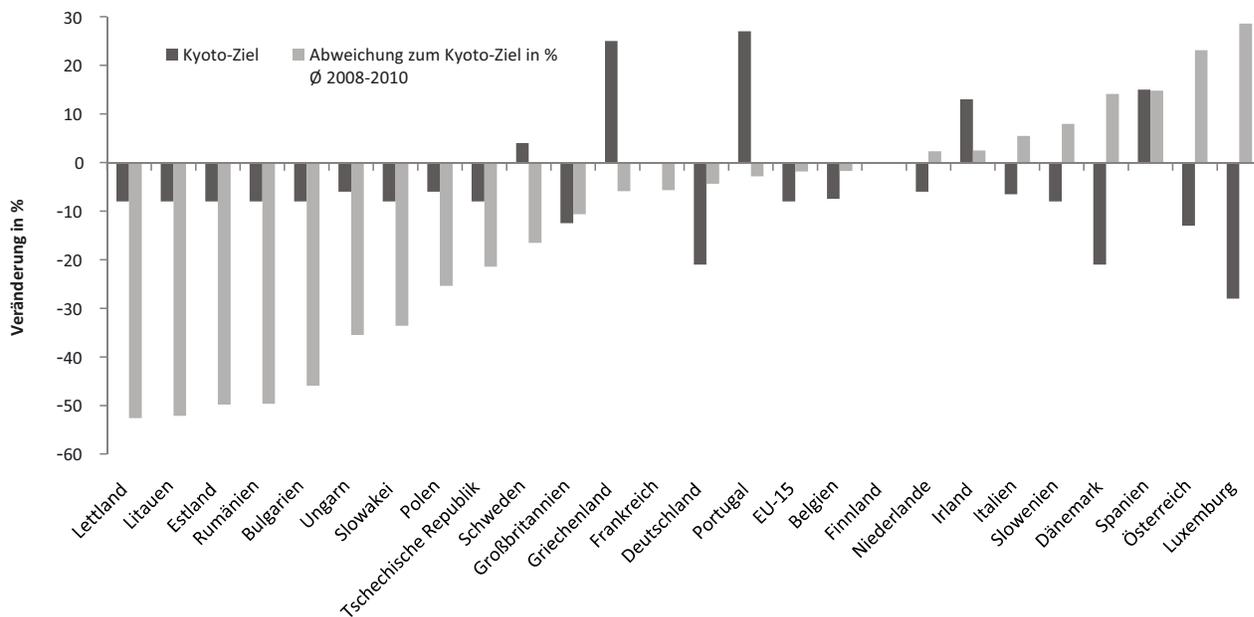


Abbildung 1.7 Kyoto-Zielabweichung in Prozent. WIFO-Berechnungen basierend auf EEA (2012)

Figure 1.7 Deviation from Kyoto target in percentage. Calculations by WIFO based on EEA (2012)

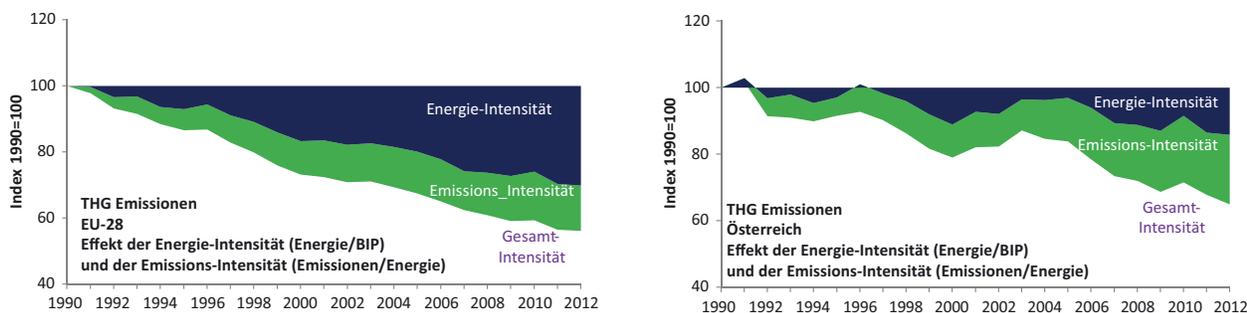
### Box 1.2: Die Entwicklung österreichischer und europäischer THG-Emissionen im Vergleich (Quelle: Schleicher, 2014)

### Box 1.2: Development of greenhouse gas emissions in Austria and Europe: a comparison (Source: Schleicher, 2014)

Die Entwicklung der THG-Emissionen lässt sich in drei Komponenten zerlegen, die fundamentale Eigenschaften des Energiesystems und der Wirtschaft beschreiben:

- Die Energieintensität des BIP erfasst den Energieverbrauch pro Euro des BIPs und ist somit ein Indikator für Energieeffizienz.
- Die Emissionsintensität der Energie macht sichtbar, wieviel THG-Emissionen pro Energieeinheit anfallen und reflektiert somit den Anteil von erneuerbaren Energien im Energiemix.
- Die wirtschaftliche Aktivität, ausgedrückt durch das BIP, generiert zusätzlich THG in Abhängigkeit von der Energie- und Emissionsintensität.

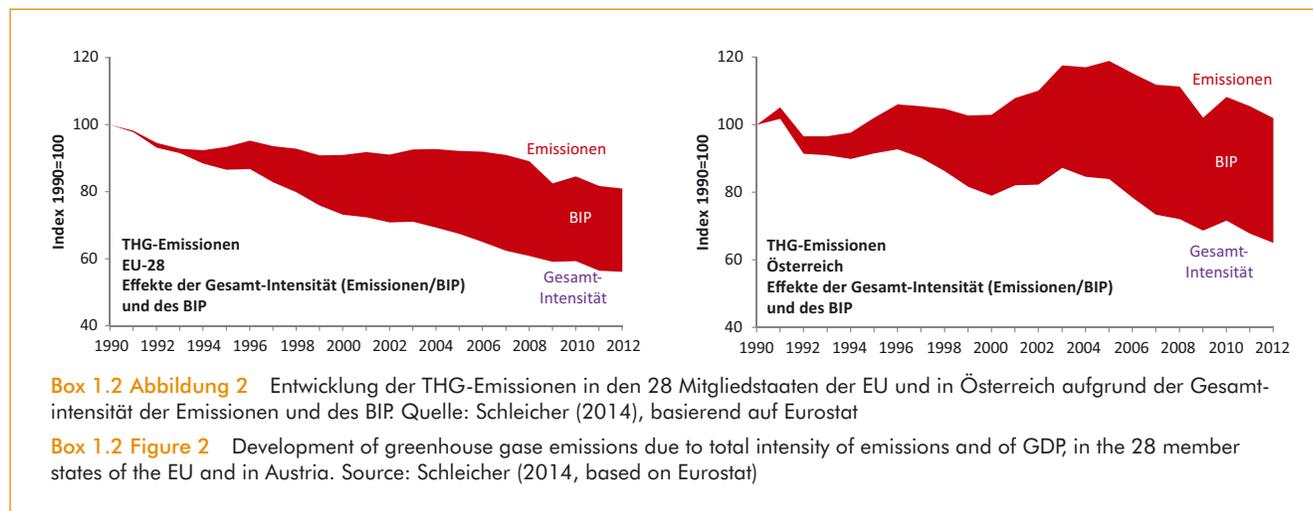
Abbildung 1 zeigt in einem Vergleich von 1990 bis 2012 für die 28 Mitgliedstaaten der EU (EU-28) und für Österreich die reduzierende Wirkung von Energie- und Emissionsintensität auf die THG-Emissionen. Beide Einflüsse ergeben die Gesamtintensität der Emissionen pro Euro BIP. Diese ist für die EU-28 deutlich höher als für Österreich. Auch die Zusammensetzung dieses Gesamteffektes ist aufschlussreich, denn im Gegensatz zur Dynamik bei den EU-28 dominiert in Österreich die Expansion der erneuerbaren Energien gegenüber der Energieeffizienz. Auch wenn bei den EU-28 der Effekt der Integration der neuen Bundesländer in Deutschland und in einzelnen Mitgliedstaaten die Verlagerung von energieintensiven Industrien zu berücksichtigen sind, wird für Österreich doch ein Aufholbedarf bei der Energieeffizienz sichtbar.



**Box 1.2 Abbildung 1** Entwicklung der Energie- und Emissionsintensitäten in den 28 Mitgliedstaaten der EU und in Österreich. Quelle: Schleicher (2014), basierend auf Eurostat

**Box 1.2 Figure 1** Development of energy and emission intensity in the 28 member states of the EU and in Austria. Source: Schleicher (2014), based on Eurostat

Für den tatsächlichen Verlauf der Emissionen sind die reduzierenden Effekte auf die THG-Emissionen noch um die expandierenden Effekte des BIP zu ergänzen. Dies wird in Abbildung 2 sichtbar. Demnach hat sich für die EU-28 von 1990 bis 2012 die Gesamtintensität der THG-Emissionen um 44 % verringert, nämlich um 30 %-Punkte durch die Energieintensität des BIP und um 14 %-Punkte durch die Emissionsintensität der Energie. Durch den expandierenden BIP-Effekt von 25 % ergibt sich eine insgesamt Reduktion der THG-Emissionen bis 2012 um 19 %. Für Österreich beträgt die Verringerung der Gesamtintensität der THG-Emissionen 35 %, wozu mit 14 %-Punkten die Energieintensität und mit 21 %-Punkten die Emissionsintensität beitragen. Der für Österreich besonders hohe BIP-Effekt von 37 % führt zu einem Niveau der THG-Emissionen, das insgesamt 2 % über den Werten von 1990 liegt. In Abbildung 2 wird auch sichtbar, dass die EU-28 das für 2020 vorgesehene Reduktionsziel für THG praktisch schon jetzt erreicht haben. Deutlich ist erkennbar, dass es die nach 2008 einsetzende Wirtschaftskrise ist, die in hohem Ausmaß dafür verantwortlich zu machen ist.



eine Reduktion der österreichischen THG-Emissionen von 16 % bis 2020 gegenüber den Emissionen des Jahres 2005 vor, wobei 2005 durch besonders hohe THG-Emissionen gekennzeichnet war. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes liegt der Zielwert für 2020 für diese Sektoren bei 47,7 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. (Anderl et al., 2012a).<sup>3</sup> Das Reduktionserfordernis für die Periode 2013 bis 2020 in absoluten Größen hängt neben der Effektivität der Klimapolitik und der jeweiligen Reduktionsmaßnahmen zusätzlich – wie bereits in der Vergangenheit – von der wirtschaftlichen Entwicklung in diesem Zeitraum ab.

Für den Zeitraum bis 2050 hat die EU-Kommission ihre Vorstellungen zu einer Reduktion der THG-Emissionen um 80–95 % im EU-Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050 (EK, 2011b) dargelegt. Was dies für Österreich konkret bedeutet, ist aufgrund fehlender länderspezifischer Zielvorgaben noch nicht quantifizierbar.

### Emissionsminderungspotenziale in Österreich

Für Österreich gibt es kaum umfassende wissenschaftliche Studien, die eine Abschätzung der Kosten und des Investitionsbedarfs von gesamtwirtschaftlichen Emissionsminderungsstrategien durchgeführt haben. Technische Potenziale zur Emissionsminderung wurden hingegen etwas ausführlicher analysiert (Müller et al., 2012; WIFO et al., 2012).

<sup>3</sup> Laut Entscheidung 406/2009/EG dürfen die Emissionen der nicht im Emissionshandel erfassten Sektoren im Jahr 2013 nicht höher als der Durchschnitt der Emissionen der Periode 2008–2012 sein. Wie hoch dieser Wert ist, wird nach Überprüfung der Emissionsbilanzen von der Europäischen Kommission festgelegt. Ausgehend von diesem Wert wird der Reduktionspfad bis 2020 durch lineare Interpolation berechnet.

In Österreich sind ca. zwei Drittel der THG-Emissionen durch den Verbrauch fossiler Energieträger bestimmt. Um nachhaltige emissionsarme Strukturen zu schaffen, sind daher grundlegende Veränderungen im Energiesystem erforderlich. Herkömmliche Analysen des Energiesystems fokussieren hauptsächlich auf die Bereitstellung von Primärenergie und die Energieumwandlung. Durch eine solche Perspektive werden jedoch technologische Potenziale auf anderen, vorgelagerten, Ebenen des Energiesystems nicht sichtbar. Ein umfassenderes Verständnis des Energiesystems ist daher unverzichtbar, da nicht die Nachfrage nach Energieflüssen sondern jene nach Energiedienstleistungen (z. B. Raumtemperatur) wohlstandsrelevant sind (vgl. auch Band 3, Kapitel 3, wobei jedoch in der Betrachtung des Energiesystems die Energiedienstleistungen am Ende der Energiekette stehen). Energiedienstleistungen stellen auch den Ausgangspunkt im Projekt EnergyTransition (Köppl et al., 2011) dar. In diesem Projekt werden konkrete technologische Optionen für Emissionsreduktionspotenziale quantifiziert, die für die Realisierung dieser Reduktionspotenziale notwendigen Instrumente werden allerdings nicht dargestellt. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass eine Realisierung der Emissionsminderungseffekte nicht durch ein einzelnes Instrument, sondern nur durch ein Bündel an Instrumenten erreicht werden kann. An Instrumenten stehen dabei Maßnahmen des öffentlichen Sektors (z. B. Steuern, Förderungen, F&E-Ausgaben, oder ordnungsrechtliche Maßnahmen wie Standards) zur Verfügung, die durch strukturelle Innovationen, sowie Beratung, Information oder Monitoring ergänzt werden sollten.

Geht man bei der Analyse des Energiesystems von den Energiedienstleistungen aus, leiten sich drei Fragestellungen für eine Reduktion des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen ab (vgl. Köppl et al., 2011; Köppl et al., 2012):

- Was beeinflusst die Nachfrage nach Energiedienstleistung?
- Wo gibt es Potenziale für Produktivitätssteigerung (Effizienzsteigerung)?
- Wo gibt es Potenziale für Veränderungen im Energieträgermix?

Vom Blickwinkel der Energiedienstleistungen sind drei Bereiche von zentraler Bedeutung: Mobilität, Gebäude und Industrie. Für diese Bereiche können die Energiedienstleistungen mit einer großen Bandbreite an Technologien bereitgestellt werden. EnergyTransition entwickelte und quantifizierte in einem interdisziplinären Bottom-up-Ansatz Storylines für technologische Optionen, die geeignet sind, die österreichischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 deutlich zu reduzieren. Um die Ziele gemäß dem EU Energie- und Klimapaket bis 2020 zu erreichen, wird von einem Reduktionserfordernis von 14 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. gegenüber einer Referenzentwicklung ausgegangen. Die analysierten nachfrageseitigen Technologieoptionen werden um technologische Reduktionsmöglichkeiten im Bereich der Bereitstellung von Elektrizität und Wärme ergänzt. Für die Bereiche Gebäude und Mobilität wird die Rolle von innovativen Werkstoffen berücksichtigt. Der gemeinsame methodologische Zugang bei der Berechnung der Reduktionspotenziale für alle Bereiche resultiert in einem Katalog technologischer Optionen (vgl. Tabelle 1.A1 im Anhang), die miteinander kombiniert werden können. Die umfassende Abbildung des gesamten Energiesystems und des entsprechenden Investitionsbedarfs wurde von Köppl et al. (2011) erstmals für Österreich durchgeführt. Auf regionaler Ebene findet dieser Ansatz Anwendung in Wolking et al. (2012).

Eine Abschätzung des Reduktionserfordernisses für Österreich bis 2020 zeigte, dass ein umfangreiches Maßnahmenbündel und dessen Implementierung notwendig sind, um die nationalen Emissionsziele zu erreichen. Nicht nur eine Fülle an Maßnahmen ist erforderlich, sondern auch ihre unmittelbare Implementierung. Zu den Emissionsminderungsoptionen gehören im Bereich Mobilität effiziente Raumstrukturen oder alternative Antriebe, im Bereich Gebäude zum Beispiel die Umsetzung eines Passivhausstandards, im Bereich Produktion zum Beispiel Prozessintensivierung oder Biomasse für Prozesswärme, schließlich im Bereich Elektrizität und Wärme Windenergie oder Nutzung der Effizienzpotenziale der Energienachfrage. Dabei ist der Einsatz von technologischen Optionen, die auf eine Steigerung der Energieeffizienz ausgerichtet sind, der Option eines Energieträgerwechsels vorzuziehen, da erstere sowohl Energieflüsse als auch Emissionen reduzieren. Bei der Kombination von Maßnahmen ist auf ihre Addierbarkeit zu achten, d. h. dass Emissionsreduktionspotenziale

einander beeinflussen oder (teilweise) ausschließen können. Ein weiterer Aspekt, der im Projekt EnergyTransition bei der Entwicklung von Technologieoptionen beleuchtet wird, ist die teilweise lange Nutzungsdauer von Technologien. Um technologische Lock-in-Effekte<sup>4</sup> zu vermeiden, gilt es daher eine langfristige Perspektive mitzudenken. Eine Restrukturierung des Energiesystems erfordert beträchtliche Investitionsmittel, die dementsprechende Output- und Beschäftigungseffekte bewirken. Die Umsetzung etwa eines Maßnahmenbündels von achtzehn Technologieoptionen mit einem Fokus auf Energieeffizienz würde ein zusätzliches jährliches Investitionsvolumen von 6,3 Mrd. € im Zeitraum 2012 bis 2020 erfordern (Köpl et al., 2011). Demgegenüber steht ein Output-Effekt von ca. 9,5 Mrd. € und etwa 80 000 zusätzlichen Beschäftigungsverhältnissen. Gleichzeitig liegen die Betriebskosteneinsparungen im Jahr 2020 (unter eher konservativen Annahmen bezüglich zukünftiger Energiepreise) bei 4,3 Mrd. € (Köpl et al., 2011).

Die durch dieses Maßnahmenbündel ausgelösten Emissionsminderungen verteilen sich auf die Bereiche Energiebereitstellung, Mobilität und Gebäude. Der Beitrag des Sektors Energiebereitstellung (6 Mt CO<sub>2</sub>-Äq.) im Vergleich zu einem Referenzszenario resultiert dabei aus der geringeren Nachfrage nach Elektrizität und Wärme in den Bereichen Mobilität, Gebäude und Produktion. Aus dem Bereich Mobilität resultieren Einsparungen von 2,8 Mt CO<sub>2</sub>-Äq., der Gebäudebereich trägt 3,2 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. bei und die Einsparungen aus dem Sektor Produktion machen 1,8 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. aus.

Investitionseffekte beziehen sich auf die Transformationsphase, während Betriebseffekte – in der Regel Energiekosteneinsparungen – über die gesamte Nutzungsdauer der Technologie wirken. Für einen Vergleich von Maßnahmen in Hinblick auf die ausgelösten ökonomischen Wirkungen in der Investitions- und Betriebsphase gilt es daher die unterschiedlichen Nutzungsdauern von Technologien zu berücksichtigen.

Für eine Bewertung von Reduktionspotenzialen sind darüber hinaus noch weitere Aspekte von Relevanz. Eine Verbesserung des Gebäudebestands beispielsweise geht über den Aspekt des geringeren Energieverbrauchs hinaus und trägt insgesamt zu einer Verbesserung der Wohnqualität sowie zu einer Wertsicherung oder Wertsteigerung des Gebäudes bei.

<sup>4</sup> Investitionsentscheidungen, die eine lange Nutzungsdauer haben, bestimmen über mehrere Jahrzehnte den Technologiestandard. Investitionen heute in fossile Kraftwerke etwa, haben über mehrere Jahrzehnte einen Einfluss auf die Emissionsintensität der Elektrizitätserzeugung. Ein anderes Beispiel stellt ein schlechter thermischer Sanierungsstandard dar, der den Wärmebedarf eines Gebäudes über mehrere Jahrzehnte Nutzungsdauer bestimmt.

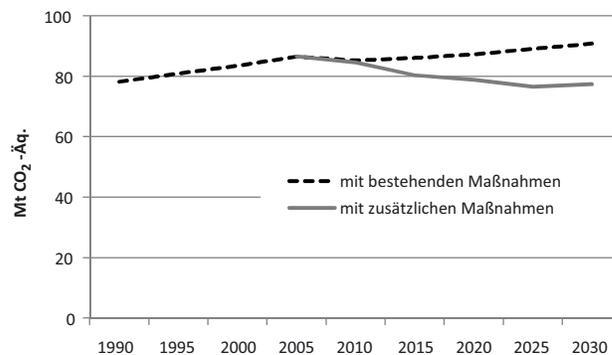
## Umsetzung der Klimaschutzpolitik in Österreich

Die österreichische Klimaschutzpolitik ist von den oben beschriebenen internationalen und europäischen Rahmenbedingungen direkt oder indirekt betroffen. Im Rahmen des Europäischen „Burden Sharing Agreements“ zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls hat sich Österreich verpflichtet, eine THG-Reduktion von 13 % im Zeitraum 2008 bis 2012 gegenüber 1990 zu realisieren (Haug und Jordan, 2010). Da sich schon früh zeigte, dass Österreich sein Kyoto-Ziel mangels wirksamer Klimaschutzpolitik nicht im Inland erreichen wird, wurde im Jahr 2003 das österreichische Ankaufprogramm<sup>5</sup> für Zertifikate aus den flexiblen Mechanismen Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM) ins Leben gerufen. Für den Zeithorizont bis 2020 hat Österreich die EU 20-20-20 Ziele (EK, 2008) zu erfüllen und zwar durch eine THG-Minderung im Nicht-ETS Bereich bis 2020 um 16 % gegenüber 2005 (European Parliament and the Council of the EU, 2009), sowie durch eine Steigerung des Anteils der Erneuerbaren Energieträger am Gesamtenergieverbrauch auf 34 %. Ohne nennenswerte klima- und energiepolitische Maßnahmen werden jedoch auch diese Ziele verfehlt werden. Gemäß den vom Umweltbundesamt alle zwei Jahre veröffentlichten Projektionen der THG-Emissionen Österreichs, ist auf Basis der aktuell in Kraft befindlichen Maßnahmen mit einer Steigerung der aktuellen THG-Emissionen auf über 90 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. bis 2030 zu rechnen. Werden auch die derzeit geplanten politischen Maßnahmen berücksichtigt, geht das Emissionsszenario von einer leichten Senkung der aktuellen THG-Emissionen aus (vgl. Abb. 1.8). Diese werden für eine Erreichung des oben genannten Reduktionsziels jedoch bei weitem nicht ausreichen (vgl. Abb. 1.8).

### Klimaschutzpolitik im Überblick und sektorale Integration

Im Jahr 2002 hat die österreichische Bundesregierung eine erste Klimastrategie beschlossen. Da die Strategie wenig Effekt zeigte und der 2005 eingeführte Emissionshandel eine Überarbeitung erforderlich machte, hat die Bundesregierung 2007 eine aktualisierte Klimaschutzstrategie beschlossen. Ziel der Klimaschutzstrategie ist es Klimaschutzmaßnahmen transparent darzustellen und die Erreichung des Kyoto-Ziels in sämtlichen Sektoren zu koordinieren. Auch die Koordination von

<sup>5</sup> Die Grundlagen für das österreichische JI/CDM-Programm sind in den „Richtlinien für das österreichische JI/CDM-Programm“ des BMLFUW (2007a) festgelegt.



**Abbildung 1.8** Projizierte Entwicklung der THG-Emissionen in Österreich in Mt CO<sub>2</sub>-Äq., mit bestehenden und mit zusätzlichen Maßnahmen. Quelle: Anderl et al. (2011b)

**Figure 1.8** Projected development of greenhouse gas emissions in Austria in Mt CO<sub>2</sub>-eq., with existing and additional measures. Source: Anderl et al. (2011b)

Bundes- und Länderpolitiken (z. B. zu Kleinverbrauch / Raumwärme / Warmwasser) wird in der Strategie thematisiert, allerdings sehr unverbindlich. Wie die oben beschriebene Emissionsentwicklung der vergangenen Jahre unmissverständlich illustriert (vgl. Abbildung 1.6 und Abbildung 1.8), war auch die Klimaschutzstrategie aus dem Jahr 2007 nicht in der Lage, die österreichische Klimaschutzpolitik effektiver zu gestalten und die steigenden Trends bei THG-Emissionen umzudrehen.

Nach mehreren Jahren des klimapolitischen Stillstands wurde im Jahr 2011 im Ministerrat der Bundesregierung die österreichische Energiestrategie (BMLFUW und BMWFJ, 2010) vorgestellt und vom Nationalrat das Klimaschutzgesetz – KSG (BGBl I 106/2011) beschlossen. Die Energiestrategie und das KSG bilden den Rahmen für eine Reduktion des Energieverbrauchs und eine Reduktion der THG-Emissionen in jenen Bereichen, welche nicht dem European Emission Trading Scheme (EU-ETS) unterliegen. Beide sind u. a. politische Reaktionen auf die Tatsache, dass die Klimastrategie 2007 kaum zur Reduktion von THG-Emissionen beigetragen hat und Österreich das Kyoto-Ziel mit eigenen Klimaschutz-Maßnahmen nicht erreichen wird (Warnstorff 2012; vgl. auch BMLFUW, 2007b; Anderl et al., 2012a). Auf Basis dieser einerseits strategischen und andererseits gesetzlichen Rahmenbedingungen sind diverse Maßnahmen und Umsetzungsschritte zu implementieren.

Die Energiestrategie (BMLFUW und BMWFJ, 2010) wurde vom Wirtschaftsministerium in Zusammenarbeit mit dem Lebensministerium erarbeitet. Sie strebt eine Stabilisierung des Energieverbrauchs im Jahr 2020 auf dem Niveau von 2005 an, das sind 1 100 PJ, ohne dass im Rahmen dieses strategischen Dokuments bereits verbindliche Schritte gesetzt werden (vgl.

auch Band 3, Kapitel 3). In einer Studie (WIFO et al., 2009) wird in mehreren Szenarien der Entscheidungsspielraum für die Restrukturierung des österreichischen Energiesystems in Hinblick auf die Erreichung der EU-Ziele aufgezeigt. Ausgehend von Energiedienstleistungen wird das Potenzial für Effizienzsteigerungen und erneuerbare Energien in Relation zu einem Basisszenario evaluiert. Neben der Sensitivität der Annahmen in Bezug auf die Energiemengen zeigen die Szenarien den weiteren Entscheidungsbedarf bezüglich der Aufteilung der Energieflüsse auf die Wirtschaftssektoren und die einzelnen Energieträger auf.

Das KSG sieht sektorspezifische Reduktionen vor. Die wichtigsten spezifisch sektoralen Maßnahmen auf nationaler Ebene betreffen die Strom-, bzw. Wärmeerzeugung und -verteilung sowie den Verkehr. Da die Bundesregierung in einigen Sektoren (v.a. Raumwärme) stark auf entsprechende politische Bemühungen der Bundesländer angewiesen ist, zielt das KSG darauf ab, die Zusammenarbeit mit den Bundesländern zu verbessern (Parlament, 2011; BGBl I 106/2011). Dabei diene der britische Climate Change Act als Modell (Lebensministerium, 2010). Da es ein wesentliches Ziel des Gesetzes ist, die Bundesländer zu den in der Klimaschutzstrategie 2007 formulierten Zielen zu verpflichten und an etwaigen Kosten der Zielverfehlung zu beteiligen, waren die Verhandlungen zwischen Bund und Ländern zäh und lang (das KSG stand bereits 2007 im Regierungsprogramm und ein Inkrafttreten war für 2009 vorgesehen). Die im Jahr 2011 beschlossene Fassung sieht schließlich für die Länder im Fall einer Verfehlung des Kyoto-Zieles bis 2012 weder Sanktionen noch eine finanzielle Beteiligung am Zukauf von Emissionszertifikaten vor. Außerdem fehlt eine Einigung darüber, wie etwaige Kosten für verfehlte Klimaziele zwischen Bund und Ländern nach 2013 aufzuteilen sind. Sollte diese zusätzlich notwendige Vereinbarung nicht zustande kommen, ist eine 50:50 Lastenteilung zwischen Bund und Ländern vorgesehen. Sollten sich die Länder nicht auf einen Teilungsschlüssel einigen, wird die Bevölkerungszahl der Bundesländer herangezogen (Warnstorff, 2012).

In Köppl et al. (2012) werden Effekte von Maßnahmenpaketen bezüglich der Reduktionspotenziale von einzelnen Sektoren bezüglich ihrer Auswirkungen auf Energiedienstleistungen, Energieproduktivität und den Energiemix beurteilt. Dabei wurden drei Umsetzungsstrategien abgeschätzt, die sich in ihrem Ambitionsniveau unterscheiden: Strategie 1 politikfortführend mit zusätzlichen Maßnahmen, Strategie 2 strukturverändernd mit mittelfristigen Perspektiven, Strategie 3 technologieforcierend mit langfristigen Perspektiven. Die quantitative Bewertung der Maßnahmenpakete geht von einer

Laufzeit von rund zehn Jahren und einem sofortigen Umsetzungsbeginn aus.

Das KSG sieht auch die Schaffung von zwei neuen Gremien vor: das Nationale Klimaschutzkomitee, zusammengesetzt aus hochrangigen VertreterInnen der Bundes- und der Landesregierungen sowie der Sozialpartner, soll Grundsatzfragen im Klimaschutz erörtern sowie Klimaschutzstrategien ausarbeiten. Der nationale Klimaschutzbeirat hingegen, zusammengesetzt aus VertreterInnen der Politik, Sozialpartnerschaft, Umweltschutzorganisationen, Wirtschaft und Wissenschaft, soll das nationale Klimaschutzkomitee beraten (BGBl I 106/2011; respACT 2011).

Weiters sind Prozesse festgehalten, wie etwa das Einsetzen von Arbeitsgruppen zur Ermittlung von sektorspezifischen Reduktionspotenzialen sowie die Erarbeitung von Maßnahmen und die Festlegung von Verantwortlichkeiten zur Erreichung dieser Emissionsminderungen. Die in den Arbeitsgruppen erarbeiteten Ergebnisse sollen die Grundlage für Entscheidungen im Nationalen Klimaschutzkomitee darstellen.

Durch das Ökostromgesetz (BGBl. I 149/2002; BGBl. I 2011/75; vgl. dazu auch Band 3, Kapitel 3) werden Ziele beim Ausbau erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung bis 2020 vorgegeben und damit Teile der Vorgaben der RED umgesetzt. Die Ausbauziele führen bei vollständiger Umsetzung zu einer Steigerung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen um insgesamt 10.5 TWh (laut Ökostrombericht 2012, Energie-Control Austria, 2012). Der Schwerpunkt soll dabei sowohl auf dem Ausbau von Wasserkraftanlagen mit einer Engpassleistung unter 20 MW als auch auf Windkraftanlagen liegen; der übrige Ausbau soll gleichermaßen mit Photovoltaik und Biomasse erfolgen. Die Überwachung der Zielerreichung soll durch die Strommarkt-Regulierungsbehörde (ECA) erfolgen.

Das KWK-Gesetz (BGBl. I 2008/111) regelt die Unterstützung von bestehenden KWK-Anlagen zur öffentlichen Fernwärmeversorgung, um deren weiteren Betrieb sicherzustellen und deren Modernisierung zu fördern, wobei die Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen eine der Voraussetzungen für diese Unterstützung ist. In diesem Gesetz wird auch die nationale Umsetzung der KWK-Richtlinie vollzogen. Das Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz (BGBl. I 113/2008) fördert den Ausbau von Wärme- und Kältenetzen auf Basis nicht-erneuerbarer Energieträger mit dem Ziel, die Emission von 3 Mt CO<sub>2</sub> zu vermeiden.

In manchen EU-Mitgliedstaaten werden die Abtrennung und geologische Speicherung von CO<sub>2</sub> (CCS) sowie der Einsatz von Nuklearenergie als möglicher Lösungsweg zur Vermeidung der Freisetzung von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre be-

trachtet. Aufgrund der mit diesen Technologien verbundenen Risiken wurde in Österreich beschlossen, die Nutzung von Nuklearenergie vollständig sowie die von CCS im großtechnischen Maßstab zu verbieten (BGBl. I 149/1999, BGBl. I 144/2011).

Der Verkehrssektor (vgl. dazu auch Band 3, Kapitel 3) – und hier speziell der Straßenverkehr – war 2010 für ca. ein Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der energetischen Nutzung von Energie verantwortlich und lieferte damit den größten Einzelbeitrag. Dieser Anteil ist seit 1970, von damals rund 20 % – was für keinen anderen Sektor zutrifft – beständig und deutlich gestiegen. Gründe sind die weitgehende Nicht-Ausübung einer effektiven überörtlichen Raumordnung welche sich vor allem in der ungebremst zunehmenden Zersiedelung und der weitgehend verkehrstechnisch nicht koordinierten außerörtlichen Einkaufszentren-Entwicklung manifestiert. Dies führt zu einer verstärkten Abhängigkeit vom motorisierten Individualverkehr, da eine vielerorts über lange Zeiträume anhaltende Schwächung, bzw. nur zögerliche Förderung des öffentlichen Verkehrs, der Fußläufigkeit oder der Radinfrastruktur zu beobachten ist. Auch fiskalische Aspekte sind von Bedeutung, wie etwa die seit dem Ende der 1990er Jahre – im Vergleich zum angrenzenden Ausland – niedrigere Mineralölsteuer und damit verbundene geringere Treibstoffpreise, die zu preisinduziertem Kraftstoffexport im Tank (auch oft verkürzt als „Tanktourismus“ bezeichnet) führen (Anderl et al., 2011b).

Für die Abschwächung der THG-Zuwächse aus dem Verkehr gilt die Biokraftstoffverordnung (BGBl. II 168/2009) als bisher effektivste Maßnahme, in der die Beimischung von biogenen Anteilen in den Kraftstoffen geregelt wird. Eine weitere gesetzliche Maßnahme zur CO<sub>2</sub>-Reduktion ist die Gestaltung der Normverbrauchsabgabe (NoVA), aber auch die Verwendung der Mittel aus erhöhter Mineralölsteuer für den Ausbau des öffentlichen Verkehrs (woraus etwa in der Steiermark die Einführung der S-Bahn im Jahr 2007 finanziert wurde). Für weitere, detaillierte Ausführungen – vgl. Band 3, Kapitel 3 zu Energie und Verkehr.

## Bundesländer

In den für den Klimaschutz zentralen Sektoren Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft und Sonstige (wie z. B. Abfallwirtschaft) liegen zentrale Kompetenzen zur Reduktion der THG-Emissionen bei den Bundesländern bzw. den ihnen nachgeordneten Ebenen. Daher wurden zur Umsetzung der entsprechenden europäischen Richtlinien (ESD, EPBD) zwischen dem Bund und den Bundesländern §15a-B-VG-Vereinbarungen (BGBl. II 168/2009; BGBl. II 251/2009) geschlossen.

Wie für die Bundesländer Steiermark (Wolkinger et al., 2012) und Salzburg (Steininger et al., 2012) im Detail dargelegt wurde, sind die EU-Ziele im Nicht-ETS Bereich für den Zeithorizont 2020 auf Ebene der Bundesländer erreichbar, wenn entsprechende Maßnahmen rechtzeitig und zielstrebig gesetzt werden.<sup>6</sup> Dies gilt insbesondere für das Ziel zur Erhöhung des Anteils von Erneuerbaren Energieträgern am Gesamtenergieverbrauch.<sup>7</sup> Obwohl das Gesetz festlegt, dass Verhandlungen zwischen Bund und Ländern zu führen sind, mit welchen Maßnahmen (bzw. mehrjährigen Maßnahmenprogrammen) die EU-Klimaschutzziele zu erreichen sind, konnten bis zum ersten im Gesetz festgehaltenen Terminziel eines Verhandlungsabschlusses (für die Verpflichtungsperiode 2013 bis 2020 war dies der 31. März 2012)

<sup>6</sup> Methodisch gingen diese Studien in einem Fünf-Stufen-Prozess vor, wobei auf jeder Stufe die relevanten StakeholderInnen einbezogen wurden: (1) Definition regionaler Klimaziele, (2) Reduktionspotenziale, (3) Maßnahmenpaket(e), (4) Implementierungsplan, (5) Monitoring. Kernelement darin ist eine regionalisierte Verwendung des Wedge-Konzepts (Pacala und Socolow, 2004), die eine konsistente (d.h. Doppelzählungen vorbeugende) Quantifizierung der Emissionsreduktion nach Bereichen erlaubt, die erst nach zugehöriger Konsenszielung mit allen StakeholderInnen (Stufe 2) durch Maßnahmen unterlegt werden und eine Einigung darauf erzielt wird (Stufe 3). Konkrete Zeitpläne und vor allem die kontinuierliche Feinabstimmung im Zuge des Monitoring (Stufen 4 und 5) sichern die Zielerreichung ab.

<sup>7</sup> Für den Beitrag auf Länderebene zum Ziel Erneuerbare (Anteil der Erneuerbaren in der Raumwärme, landeseigene Elektrizitätsversorger, Förderung von produktionsseitiger Wärme-Kraft-Kopplungen in der Nutzung Erneuerbarer) kann für die Bundesländer Steiermark (Wolkinger et al., 2012) und Salzburg (Steininger et al., 2012) gezeigt werden, dass die vorhandenen Potentiale ausreichen, um mit der Setzung der THG-Maßnahmen im Zeithorizont 2020 gleichzeitig auch das Ziel Erneuerbare zu erreichen. Als Aufteilungsregel des nur auf Bundesebene formulierten Ziels für Erneuerbare wird dabei der aus der Österreichischen Energiestrategie (BMWFJ und BMLFUW, 2010) ableitbare Ausbau der Erneuerbaren bis 2020 (Erhöhung um 69,6 PJ; Jahreswert) anhand des Aufteilungsschlüssels „Anteil des Bundeslandes an Bruttowertschöpfung des Bundes“ verwendet. Für darüber hinausgehende Zeithorizonte (Wolkinger et al., 2012) und Steininger et al., 2012) untersuchen 2030 bzw. 2050 auf Bundeslandebene) lassen sich indikative EU-Ziele für den Nicht-ETS Bereich ableiten. Die Erreichung von THG-Zielen im Nicht-ETS-Bereich ist dann – sofern die Beschränkung „politisch derzeit akkordierbar“ unterlegt wird – nur mehr mit einer Kombination von (doch umfassenden) Maßnahmen mehrerer Verwaltungsebenen (insbesondere des Bundes und der Länder) erreichbar.

Wird für das Ziel Erneuerbare ein Zielpfad hinterlegt, wie etwa im Bundesland Salzburg in Diskussion (von derzeit 40 % Anteil, Steigerung auf 50 % (2020), 65 % (2030), 85 % (2040), 100 % (2050)), so ist dies nur erreichbar, wenn frühzeitig sehr hohe Anstrengungen im Bereich Gesamtbedarfsreduktion (durch Suffizienz wie Energieeffizienz) unternommen werden, da sonst die regional verfügbaren erneuerbaren Potentiale (wie sie derzeit bekannt sind) nicht ausreichen.

keine Maßnahmen bzw. Maßnahmenprogramme akkordiert werden.

Auf der Bundeslandebene selbst sind explizit auf den Klimaschutz ausgerichtete Programme seit Ende der 1990er Jahre in Kraft. Für Wien wurde das Klimaschutzprogramm KliP (nunmehr KliP 1) erstmalig im Jahr 1999 beschlossen, das Niederösterreichische Klimaprogramm trat erstmals 2004 in Kraft. Beide Programme identifizieren und definieren Maßnahmen und Umsetzungsverantwortlichkeiten. Die jüngsten Klimaschutzpläne (für die Bundesländer Steiermark 2010; Salzburg 2011) sind dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich die Zielerreichung quantifizieren (THG-Reduktionen für die einzelnen Bereiche) und damit einerseits einen THG-Reduktions-Zielpfad, andererseits die Basis für ein Zielerreichungs-Monitoring vorgeben. Die anderen Bundesländer betreiben ihre spezifischen Projekte und Förderungen – insbesondere in den Bereichen Raumwärme, Mobilität oder Ernährung (z. B. Oberösterreich, Tirol, Vorarlberg) – ohne Eingliederung in ein zusammenfassendes eigenes Klimaschutzprogramm, bzw. haben die Erstellung eines Klimaschutzprogramms derzeit in Vorbereitung (z. B. das Burgenland).

Die verfügbaren Analysen (Wolkinger et al., 2012; Steininger et al., 2012) zeigen, dass die ambitionierten Ziele betreffend der THG-Reduktion, insbesondere aber betreffend des Anteils erneuerbarer Energieträger, im Wesentlichen im Zeithorizont bis 2030 nur dann erreichbar sind, wenn neben dem Umstieg in der Energieversorgung auf Erneuerbare Energie umgehend auch die Minderung des Gesamtenergieverbrauchs angestrebt und erreicht wird (vgl. Fußnote 7).

## Umsetzung des ETS in Österreich

Für die Umsetzung des ETS in Österreich dürften die Befunde gelten, die in Abschnitt 1.1.2 bereits zur Umsetzung des ETS in Europa allgemein zusammengefasst wurden. Wie andere Mitgliedstaaten war auch Österreich in den ersten beiden Phasen des ETS in erster Linie darum bemüht, nicht das Klima sondern die heimische Industrie vor anspruchsvollen Klimaschutzziele zu schützen. Im bisherigen Verlauf der Kyoto-Verpflichtungsperiode 2008 bis 2012 überstiegen die Emissionen in Österreich 2008 die Allokation, vor allem in der Elektrizitätserzeugung und in der Stahlindustrie (Kettner et al., 2011a, 2013). Im Zuge der Finanzmarkt- und Wirtschaftskrise gingen auch die Emissionen in den Emissionshandelssektoren stark zurück; in fast allen Sektoren ergab sich daher im Jahr 2009 ein Überschuss an Emissionszertifikaten. 2010 fiel der Überschuss an Zertifikaten deutlich geringer aus, vor allem weil die Emissionen in der Elektrizitätserzeugung

stiegen und sich die Industrieproduktion erholte (Kettner et al., 2011a, 2013).

In der Pilotphase 2005 bis 2007 des ETS hatte die EK relativ wenig Einfluss auf die Allokationspläne der Mitgliedstaaten (einschließlich jener Österreichs), weshalb es zu großzügigen nationalen Zuteilungen kam. Für die zweite Phase 2008 bis 2012 wurde dies mit einer Entscheidung der EK abgeändert, wodurch Kürzungen seitens der EK möglich wurden, im Fall von Österreich um ca. 2 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. Mit den Reformen des ETS auf europäischer Ebene für die dritte Phase könnte sich die Wirksamkeit des Instruments auch in Österreich zukünftig erhöhen (Laing et al., 2013).

## Zukauf von internationalen Emissionszertifikaten

Um die Lücke zwischen Emissionen und Ziel zu schließen wurde durch das JI/CDM-Programm – welches von der Kommunalkredit Public Consulting abgewickelt wird – budgetäre Mittel zum Zukauf von zuerst 45 Mt CO<sub>2</sub>-Äq. gesichert (Anderl et al., 2013). Die Zielerreichung wurde durch weitere Zukäufe abgedeckt; so wurden im April 2012 160 Mio. € für sogenannte Green Investment Scheme (GIS) Zukäufe budgetiert und ein Teil davon bereits ausgegeben. Die Kosten, die für Österreich entstehen, um durch den Zukauf von ausländischen Emissionszertifikaten sein Kyoto Ziel abzudecken, wurden im Wesentlichen von den Preisen für diese Zertifikate bestimmt, sowie vom Ausmaß der tatsächlichen Kyoto-Lücke. Österreich konnte dabei von den stark fallenden Zertifikatspreisen profitieren, im Jahr 2012 sanken diese teilweise auf einen Wert von unter 2 bis 3 €/t (Tuerk et al., 2013). Wie der starke Rückgang der THG-Emissionen im Jahr 2009 und danach aufgrund des Wirtschaftseinbruchs zeigt, hing dieser stark von der wirtschaftlichen Aktivität ab.

---

## 1.2 Anpassung

### 1.2 Adaptation

---

Dieses Kapitel fasst den Wissensstand bezüglich der Notwendigkeit zur Anpassung an den Klimawandel zusammen, wobei eine Darstellung auf internationaler, europäischer und österreichischer Ebene erfolgt. Zudem werden der Stand der politischen Umsetzung, damit verbundene Chancen sowie die Integration von Anpassung in andere Politikfelder behandelt.

Unter Anpassung versteht man Initiativen und Maßnahmen, die gesetzt werden, um die Empfindlichkeit natürlicher oder menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen der Klimaänderung zu verringern

(IPCC, 2007c). Anpassungsaktivitäten zielen darauf ab, die Verwundbarkeit (Vulnerabilität) gegenüber der Klimaänderung zu reduzieren bzw. die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) zu erhöhen, sowie mögliche positive Effekte infolge veränderter klimatischer Bedingungen zu nutzen.

Trotz bestehender Unsicherheiten über das konkrete Ausmaß der Klimawandelfolgen für die unterschiedlichen Regionen und Bereiche ist die frühzeitige Planung und Durchführung von konkreten Anpassungsmaßnahmen von großer Wichtigkeit. Ein Zuwarten verringert die Möglichkeit für eine erfolgreiche Anpassung und erhöht die damit verbundenen Kosten (IPCC, 2007b). Für die vorausschauende Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen steht eine breite Auswahl von Möglichkeiten zur Verfügung, die sowohl von betrof-

fenen BürgerInnen als auch von Gemeinden/Regionen oder privaten und öffentlichen Einrichtungen durchgeführt werden können, wie z. B. technologische Maßnahmen, Wissenserweiterung oder Bewirtschaftungsänderungen (vgl. Tabelle 1.4).

### Die globale Perspektive bezüglich Anpassung

Tabelle 1.4 gibt einen Überblick über Meilensteine bezüglich Anpassung an den Klimawandel. Einen Ausgangspunkt stellt dabei die Toronto Konferenz (1988) dar, selbst wenn die Anpassung an den Klimawandel dort noch kein explizites Thema war.

Der Überblick zeigt, dass auf internationaler Ebene beginnend ab 1994 im Rahmen der „United Nations Conven-

**Tabelle 1.4** Meilensteine zur Anpassung auf globaler Ebene. Quellen: UNFCCC (2012d); IPCC (2012b); Bodansky (2001)

**Table 1.4** Milestones to adaptation at the global scale. Sources: UNFCCC (2012d); IPCC (2012b); Bodansky (2001)

Datum	Meilenstein	Beschreibung
April 1988	Toronto Konferenz	WissenschaftlerInnen und RegierungsvertreterInnen diskutieren Möglichkeiten des Klimaschutzes. Industrieländer, darunter Österreich, versprachen, auf freiwilliger Basis, ihren Kohlendioxidausstoß bis 2005 um 20 % zu reduzieren.
Dezember 1988	Gründung des IPCC	3 Arbeitsgruppen (Wissenschaftliche Aspekte des Klimasystems und des Klimawandels; Verletzlichkeit und Anpassung; Minderung der Treibhausgasemissionen)
1990	IPCC	Erster Zustandsbericht; thematisiert auch Anpassung
Juni 1992	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen (UNFCCC)	Die Klimarahmenkonvention anerkennt die Vulnerabilität aller Staaten gegenüber dem Klimawandel und ruft zu besonderen Anstrengungen auf, die Auswirkungen auf jene Entwicklungsländer zu mildern, welchen die notwendigen Ressourcen dies selbst zu tun, fehlen. Anpassung wurde zunächst weniger Aufmerksamkeit geschenkt verglichen mit Mitigation; dies änderte sich jedoch sobald die Verletzlichkeiten gegenüber dem Klimawandel und die Auswirkungen desselben deutlicher wurden.
Juni 1994	Übereinkommen der Vereinten Nationen zur Bekämpfung der Wüstenbildung (UNCCD)	Vorrangiges Ziel der Konvention ist es, in von Dürre und /oder Wüstenbildung schwer betroffenen Ländern, insbesondere in Afrika, durch wirksame Maßnahmen Dürrefolgen auf allen Ebenen zu mildern und zu bekämpfen.
2001	IPCC	Dritter Zustandsbericht; konkretere Hinweise auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels
November 2001	COP 7 – Marrakech Accords	Entscheidung 5/CP.7 der 7. Vertragsstaatenkonferenz (COP) anerkannte die Notwendigkeit der Unterstützung der am wenigsten entwickelten Staaten (Least Developed Countries – LDCs) bezüglich Anpassung an den Klimawandel und beschloss ein LDC-Arbeitsprogramm, welches u. a. NAPAs (National Adaptation Programmes of Action) beinhaltet (UNFCCC, 2002).
Dezember 2005	COP 11 – Nairobi work programme (NWP)	Entscheidung 2/CP.11 – Mandat für das NWP (UNFCCC, 2006)
März 2010	SBSTA 32 Synthesis Report under the NWP on costs & benefits	Synthesebericht zur Erhebung der Kosten und Nutzen von Möglichkeiten zur Anpassung, sowie von Erfahrungen, guter Praxis, Lücken und weiterem Bedarf (UNFCCC, 2010c).
Dezember 2010	COP 16 – Cancun Adaptation Framework (UNFCCC, 2011a)	- Nationale Anpassungs-Pläne (National Adaptation Plans - NAPs) - Arbeitsprogramm zu Verlusten und Schäden (Work programme on loss and damage, UNFCCC, 2011b)
Dezember 2011	COP 17 – Enhanced action on adaptation (UNFCCC, 2012b)	- Anpassungs-Komitee (Adaptation Committee)
März 2012	IPCC Special Report on Extreme Weather Events	Sonderbericht zu extremen Wetterereignissen (IPCC, 2012a)

tion to Combat Desertification“ (UNCCD) und ab 2001 unter der UNFCCC in Form der „National Adaptation Programmes of Action“ (NAPAs) zunächst die Unterstützung der gegenüber dem Klimawandel am meisten verletzlichen Staaten im Vordergrund stand. Die ersten NAPAs konnten 2006 vorgelegt werden. Mittlerweile haben mit Angola (Dezember 2011) 47 der „Least Developed Countries“ (LDCs) und somit alle in dieser Gruppe subsumierten Staaten mit Ausnahme Somalias sogenannte NAPAs erstellt. Mit Stand März 2012 werden infolge dessen bereits mehr als 60 Projekte zur Anpassung an den Klimawandel finanziell unterstützt. Eine eigene Expertengruppe (LDC Expert Group) unterstützt die Erstellung und Implementierung der NAPAs. Neun Jahre nach dem bahnbrechenden Beschluss von 2001 zu NAPAs einigte man sich 2010 in Cancun zusätzlich auf den systematischeren Ansatz von „National Adaption Plans“ (NAPs), deren Inhalte im darauffolgenden Jahr konkretisiert werden konnten. Hinsichtlich der Frage der Finanzierung konnten bei den Vertragsstaatenkonferenzen 2012 und 2013 Fortschritte erzielt werden; inwieweit eine derartige Unterstützung auch für andere Entwicklungsländer gewährt werden kann, wird wohl generell nicht beschlossen werden können, doch ist eine solche Möglichkeit grundsätzlich eröffnet worden.

Es ist bis jetzt noch nicht möglich, eine aussagekräftige Bewertung der im Rahmen von NAPAs eingeleiteten Maßnahmen auf Grundlage tatsächlich feststellbarer Verbesserungen

für die Bevölkerung in den LDCs vorzunehmen. Dies gilt naturgemäß in noch stärkerem Maß bezüglich der NAPs.

Vergleicht man die zur Umsetzung bzw. Unterstützung verfügbaren Mittel (20 Mio. \$ je LDC [UNFCCC, 2012e]) wird deutlich, dass zusätzliche Geldmittel zur Umsetzung aller von den LDCs vorgesehenen Projekte erforderlich sind.

Allen Staaten, einschließlich der Industriestaaten, stehen beginnend ab 2006 Informationen, Ergebnisse und Erfahrungen zur Anpassung zur Verfügung, welche im Rahmen des „Nairobi Work Programme“ (NWP) ausgetauscht werden. Im Rahmen dieses Programms besteht auch die Möglichkeit über sogenannte Call for Actions zweckdienliche Entwicklungen in anderen Organisationen außerhalb der UNFCCC anzustoßen. Die Partizipation an diesen Calls nimmt weiter zu und mit Stand April 2012 hält man bei 251 teilnehmenden Organisationen und 168 sogenannten Action Pledges von 74 der 251 teilnehmenden Organisationen. Für die praktische Gestaltung der Zusammenarbeit bezüglich Anpassung innerhalb und außerhalb der UNFCCC wurde 2011 ein Gremium von 16 Personen, das sogenannte Adaptation Committee, geschaffen.

Ausgehend von der Initiative potentiell besonders vom Klimawandel betroffener Regionen, wie der kleinen Inselstaaten, thematisiert der Sonderbericht des IPCC zum Thema „Klimawandel und Extremereignisse“ (IPCC, 2012a) die wachsende Bedrohung durch die Folgen des Klimawandels für sehr viele Regionen insbesondere im Hinblick auf die Zunahme von Hitzewellen, Dürren und Starkregenereignissen. Der Bericht

**Tabelle 1.5** Unterschiedliche Dimensionen von Klimawandelanpassung. Quelle: Prutsch et al. (unveröffentlicht); basierend auf Smith et al. (2000); Lemmen et al. (2008); Adger et al. (2007); UKCIP (2005); EK (2009d)

**Table 1.5** Different dimensions of adaptation to climate change. Source: Prutsch et al. (unpublished); based on Smit et al. (2000); Lemmen et al. (2008); Adger et al. (2007); UKCIP (2005); EK (2009d)

Dimensionen	Anpassungsbereiche						Wesentliche Fragen
	vergangene Klimaveränderungen		gegenwärtige Klimavariabilitäten		zukünftige Klimaveränderungen		
Klimasignal	Klimaveränderungen		Klimavariabilitäten		Klimaveränderungen		Anpassung an WAS?
Auswirkungen	direkte Klimawandelauswirkungen			indirekte Klimawandelauswirkungen			
AkteurInnen (Auswahl)	Individuen		Betriebe		NGOs		WER oder WAS passt sich an?
Sektoren/Bereiche (Auswahl)	Wasser		Landwirtschaft		Industrie		
Entscheidungsebene (Auswahl)	regional		national		europäisch		
Zeitliche Dimension	kurzfristig		mittelfristig		langfristig		WIE wird angepasst?
Reaktion	autonom/reaktiv			geplant/proaktiv			
Art (Auswahl)	informativ		rechtlich		technologisch		
Ansatz	top-down		top-down und bottom-up kombiniert			Portfolio von verschiedenen Typen	
						bottom-up	

zeigt, dass sich Wetterextreme in ihrer Häufigkeit, Stärke und Dauer infolge des Klimawandels schon heute verändert haben und mit steigenden THG-Emissionen eine weitere Verschlimmerung zu erwarten ist. So könnte sich beispielsweise die Wahrscheinlichkeit von Hitzewellen bis Ende des Jahrhunderts in vielen Regionen verzehnfachen. Der Sonderbericht zu Extremereignissen informiert u. a. über kurzfristig wirksame Anpassungsmaßnahmen und schlägt diesbezüglich eine Vielzahl von Strategien und sonstigen Möglichkeiten zur Erhöhung der Resilienz vor.

Eine Studie des Sekretariats der Klimarahmenkonvention (UNFCCC, 2010b) kommt auf Grundlage mehrerer Studien zum Schluss, dass die durch den Klimawandel bedingten Schäden in Entwicklungsländern im Jahr 2030 grob geschätzt zwischen 30 und 90 Mrd. \$ betragen werden, sofern keine Anpassungsmaßnahmen gesetzt werden (vgl. Box 1.3 zu Abschätzungen der Kosten des Klimawandels). Es ist allerdings sehr wahrscheinlich, dass diese global aufsummierten Zahlen die tatsächlichen Kosten der Schäden um den Faktor 2 bis 3 unterschätzen, da sie viele nicht quantifizierbare Auswirkungen beinhalten (Parry et al., 2007, 2009).

Dem stehen von 1992 bis 2010 kumulierte finanzielle Unterstützungen für Anpassung in Entwicklungsländern durch Industriestaaten unter der UNFCCC im Ausmaß von weniger als einer Mrd. \$ gegenüber. Bei den Mitteln handelt es sich um freiwillige Zahlungen / Leistungen, meist im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit sowie in Form von Transaktionsgebühren aus dem Clean Development Mechanismus. Zum Vergleich: eine Zusammenstellung der im Jahr 2008 vorliegenden 385 Projekte zur Umsetzung der NAPAs wies Finanzierungserfordernisse in Höhe von ca. 1,5 Mrd. \$ aus.

Ausdruck des bestehenden Defizits bezüglich Anpassung auf der internationalen Ebene ist u. a. das Bemühen, im Zuge des Arbeitsprogramms „Loss and Damage“ der Anpassung an den Klimawandel zusätzliche Impulse zu geben. Das Arbeitsprogramm zu Loss and Damage erkennt die Notwendigkeit an, die internationale Zusammenarbeit und Expertisen zu intensivieren um „Verluste und Schäden bedingt durch die nachteiligen Folgen des Klimawandels, einschließlich jener im Zusammenhang mit extremen Wetterereignissen und jener auf Grund langsamer Änderungen“ besser zu verstehen und zu verringern (Entscheidung 7/CP.17, UNFCCC, 2011b). Dieses Arbeitsprogramm trägt dem Umstand Rechnung, dass letztlich trotz Emissionsminderung und Anpassung ökonomische Verluste in besonders verletzlichen Gebieten unvermeidbar sind bzw. sein werden. Als alternativer Ausweg für die betroffene Bevölkerung verbleibt in der Regel nur mehr die Migration in Gebiete mit

besseren Lebensbedingungen.<sup>8</sup> Entsprechende erste Beschlüsse zu diesem Thema werden 2013 erwartet.

### Finanzielle Unterstützung durch Österreich

Gemäß dem Fünften Nationalen Klimaberichts (UNFCCC, 2010a) hat Österreich von 2005 bis 2008 Beiträge in der Höhe von rund 30 Mio. \$ zur Global Environment Facility (GEF) geleistet und auch ein Teil (etwa 10 %) der Entwicklungshilfe (2008: 1.681 Mio. \$) erreichte die LDCs, wobei der Fünfte Nationale Klimabericht keine Auskunft darüber gibt, welcher Anteil zur Finanzierung von Anpassungsmaßnahmen diene. Der Beitrag Österreichs zum sogenannten Fast Start Funding der EU (2010 bis 2012 für die EU: 7,14 Mrd. €) betrug 40 Mio. € pro Jahr (BMLFUW, 2014); davon entfielen auf Anpassung etwa 30 %.

Die Erstellung einer transparenten und nachvollziehbaren sowie für alle Staaten vergleichbaren Statistik der Geldflüsse ist jedoch bis jetzt mangels einer Einigung auf internationaler Ebene bezüglich entsprechender Berichtsformate nicht möglich. Anzustreben wäre ein Berichtsformat welches nicht nur Auskunft über die Finanzflüsse gibt sondern auch über die damit geförderten Projekte. Auf diese Art und Weise können am ehesten Doppelzahlungen vermieden sowie Unterschiede in der Sichtweise zwischen Empfänger- und Geberländern geklärt werden.

Das Bemühen Österreichs, die Klimapolitik in Entwicklungsländern zu unterstützen, kommt im Rahmen des Strategischen Leitfadens Umwelt & Entwicklung (BMEIA, 2009) deutlich zum Ausdruck. Neben dem GEF und bilateraler Entwicklungshilfe nutzt Österreich in zunehmenden Maße auch andere Kanäle, wie den International Fund for Agricultural Development (IFAD), CGIAR-Fonds, IFIs, das Außenwirtschaftsprogramm sowie die Österreichische Entwicklungsbank (OeEB), zur Bereitstellung von Hilfe.

Bis Ende 2012 wurden keine Planungen öffentlich bekannt, in welchem Umfang und auf welche Art und Weise sich Österreich an der Finanzierung der im Rahmen der Cancun-Vereinbarung von den Industriestaaten zugesagten Mittel von 100 Mrd. \$ jährlich ab 2020 zu beteiligen beabsichtigt. Im Gegensatz dazu sagten Staaten wie Deutschland und Großbritannien in Doha zusätzliche finanzielle Mittel für die Zeit zwischen 2012 und 2020 zu.

<sup>8</sup> Vergleiche dazu auch das Side Event auf der COP 18 in Doha, auf dem die International Organization for Migration (IOM) die Berücksichtigung von Migration seitens vulnerabler Länder in NAPs sowie des Loss and Damage Programs anhand konkreter Beispiele thematisierte.

**Box 1.3: Die Schadenskosten des Klimawandels****Box 1.3: The social costs of carbon**

Bei der Implementierung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen spielen Kostenüberlegungen eine große Rolle. Dementsprechend sind die Schadenskosten des Klimawandels, gemessen in Geldeinheiten, ein wichtiger Maßstab bei der Bewertung von THG-Emissionsreduktionen. THG-Schadenskosten (Social Costs of Carbon, SCC) sind der Gegenwartswert der Klimafolgeschäden, den eine heute emittierte Einheit eines THG (Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent) verursacht; sie können also als Kosten des Nichthandelns interpretiert werden. Anhand von Schadenskosten kann auch der Wert von Ökosystemleistungen, wie etwa der Kohlenstoffsequestrierung, abgeschätzt werden.

Aufgrund variierender Annahmen (z. B. Zeithorizont, Diskontrate, regionale Schadensverteilung, zugrunde gelegtes Emissionsszenario mitsamt der unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich der zukünftigen sozioökonomischen Entwicklung) schwanken die Ergebnisse innerhalb einer großen Bandbreite zwischen etwa 14 und 300 €/t CO<sub>2</sub>-Äq. (Downing et al., 2005; Tol, 2005). Die Annahme hoher Diskonraten, die weiter in der Zukunft liegende Schäden finanziell stark abwerten, führen dabei zu niedrigen Kosten, sind aber aus ethischen und aus methodischen Gründen umstritten (Gardiner, 2011). Weiters steigen die Schätzwerte der Schadenskosten über die Zeit, da anzunehmen ist, dass zukünftige Emissionen mit höheren zusätzlichen Schäden verbunden sind (Interagency Working Group on Social Costs of Carbon, US Government, 2010). Die Regierung der Vereinigten Staaten verwendet auf Grundlage einer langjährigen Studie (Greenstone et al., 2011) zur Abschätzung der Auswirkungen von nationalen Gesetzen mittels Kosten/Nutzen Analyse einen zentralen Wert der SCC (bei einer Diskontrate von 3 %) für das Jahr 2010 von 21 \$ je Tonne CO<sub>2</sub>-Emissionen und für Sensitivitätsanalysen werden die Werte von 5 \$, 35 \$ und 65 \$ (jeweils bezogen auf die Kaufkraft des Dollars im Jahr 2007) benutzt. Im Mai 2013 wurde der zentrale Schätzwert für 2013 der SCC um 60 % von 22,8 \$ auf 36 \$ je Tonne CO<sub>2</sub> angehoben (Interagency Working Group on Social Costs of Carbon, US Government, 2010, 2013), was deutliche Auswirkungen auf die Beurteilung von klimapolitischen Regelungen haben dürfte.

Auf Grundlage zahlreicher Studien empfiehlt das deutsche UBA (2007), einen Schätzwert von 70 €/t CO<sub>2</sub>-Äq. als marginale Schadenskosten für die Berechnung öffentlicher Investitionen zu verwenden. Stern (2007) kommt bei seiner Analyse der marginalen Schadenskosten bei einer Business-as-usual-Entwicklung mit 85 €/t CO<sub>2</sub>-Äq. zu ähnlichen Ergebnissen. Die deutlich höheren Werte der THG-Schadenskosten im Vergleich zu Zertifikatspreisen für Verschmutzungsrechte im europäischen Emissionshandel weisen darauf hin, dass die Preisbildung durch den Zertifikathandel bislang die Klimaauswirkungen von THG-Emissionen nur ungenügend abbildet.

**1.2.1 Anpassung aus europäischer Sicht**

Von der Notwendigkeit Anpassungsmaßnahmen zu setzen sind unterschiedlichste politische Ebenen – von der internationalen, über die europäische bis hin zur nationalen und lokalen – betroffen. Seit 2005 ist auf europäischer Ebene das Thema Anpassung an den Klimawandel präsent und wurde in die Fortschreibung des Europäischen Klimaänderungsprogramms (Second European Climate Change Programme, ECCP II) integriert (vgl. Tabelle 1.6).

Die Europäische Kommission (EK) hat mit dem Grün- und dem Weißbuch zur Anpassung (EK 2007, EK 2009a) erste Schritte gesetzt, um die Widerstandskraft der EU gegenüber dem Klimawandel zu erhöhen. Diese beiden Dokumente können als erste Schritte zur Anpassung Europas an den Kli-

mawandel gesehen werden, vor allem für jene Bereiche, in denen die EK rahmengebende und koordinierende Funktionen übernimmt (z. B. Landwirtschaft, Gesundheit). Weiters konzentrieren sich die Aktivitäten auf eine verstärkte Vernetzung der Mitgliedstaaten.

Im Grünbuch zur Anpassung (EK, 2007) legte die EK fest, dass sie sich gemeinsam mit den Mitgliedstaaten und auf globaler Ebene mit den Partnerländern den Anpassungsherausforderungen stellen muss. Ein europäisches Konzept wird als notwendig erachtet, um eine ordnungsgemäße Koordination zu gewährleisten und sicherzustellen, dass die politischen Maßnahmen zur Bekämpfung der Klimawandelauswirkungen wirksam sind. Dabei wird betont, dass Anpassungsmaßnahmen mit den Maßnahmen zum Klimaschutz in Einklang stehen müssen und umgekehrt.

Tabelle 1.6 Politische Meilensteine zur Anpassung auf europäischer Ebene

Table 1.6 Political milestones to adaptation at the European scale

Datum	Meilenstein	Beschreibung
2005	Europäisches Programm zur Klimaänderung (ECCP)	integriert Anpassung und legt fest, dass eine Arbeitsgruppe zur Anpassung (Working Group II „Impacts and Adaptation“) eingerichtet wird
Juni 2007	Grünbuch zur Anpassung (EK, 2007)	legt Basis für Anpassungsinitiativen auf EU-Ebene
April 2009	Weißbuch zur Anpassung (EK, 2009)	gibt einen Aktionsrahmen vor, innerhalb dessen sich die Europäische Union und ihre Mitgliedstaaten auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten sollen
April 2013	EU Anpassungsstrategie (EK, 2013)	zielt auf eine Stärkung der Klimaresilienz in Europa ab

Während das Grünbuch die Notwendigkeit der Anpassung auf Europäischer Ebene argumentiert, präsentiert das Weißbuch zur Anpassung (EK, 2009a) bereits einen Aktionsrahmen, innerhalb dessen sich die EU und ihre Mitgliedstaaten auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten sollen. Weiters stellt das Dokument dar, wie die EU und ihre Mitgliedstaaten vom Klimawandel betroffen sind. Das Weißbuch stellt zudem fest, dass sich die Auswirkungen des Klimawandels schneller und stärker bemerkbar machen, als der Weltklimarat in seinem Bericht von 2007 feststellt.

Grundsätzlich geht das Weißbuch davon aus, dass die Auswirkungen des Klimawandels in verschiedenen Regionen unterschiedlich ausfallen und viele Anpassungsmaßnahmen auf nationaler, regionaler oder gar lokaler Ebene getroffen werden. Die Kommission möchte mit dem Weißbuch die bestehenden Aktivitäten der Mitgliedstaaten stärken und durch koordinierte Maßnahmen auf EU-Ebene unterstützen (z. B. durch Koordinierung und Austausch bewährter Methoden). Die EU sieht ihre Rolle besonders dort, wo die Folgen des Klimawandels die Grenzen einzelner Länder überschreiten – etwa bei Flusseinzugsgebieten oder bei zusammenhängenden Naturräumen wie den Alpen.

Das übergreifende Ziel des EU-Anpassungsrahmens ist es, die Widerstandskraft der EU gegenüber dem Klimawandel zu verbessern. Das Weißbuch präsentiert einige Aktionsschwerpunkte für die erste Phase der Umsetzung in den Jahren 2009 bis 2012:

- Schaffung einer soliden Wissensgrundlage (z. B. Entwicklung von Methoden, Modellen, Indikatoren zur besseren Überwachung der Auswirkungen, Bewertung der Kosten/Nutzen von Anpassungsoptionen);
- Einbeziehung des Aspekts der Anpassung in die verschiedenen Politikbereiche auf EU-Ebene (Gesundheit und Soziales, Land- und Forstwirtschaft, Biodiversität, Küsten und Meere, Produktionssysteme und Infrastruktur);

- Entwicklung von Finanzierungsmechanismen (z. B. Schätzung der Anpassungskosten, Möglichkeiten von Versicherungen), Intensivierung der nationalen (z. B. Einrichtung einer Lenkungsgruppe – Impact and Adaptation Steering Group IASG) und internationalen Zusammenarbeit, sowie vor allem Bereitstellung von Wissen für Entwicklungsländer.

Im Weißbuch legt die Kommission fest, dass jene Anpassungsmaßnahmen Vorrang erhalten sollen, die ungeachtet der Unsicherheit künftiger Prognosen soziale und/oder wirtschaftliche Nettovorteile erbringen (No-regret-Maßnahmen). Priorität soll auch Maßnahmen eingeräumt werden, die sowohl unter Klimaschutz-, als auch unter Anpassungsgesichtspunkten von Vorteil sind.

Mit der Umsetzung des Weißbuchs wurde im März 2012 die Internet-Plattform für Klimawandelanpassung – CLIMATE-ADAPT (European Climate Adaptation Plattform)<sup>9</sup> der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Damit stehen den NutzerInnen Informationen zu folgenden Bereichen zur Verfügung:

- Szenarien für den Klimawandel in Europa;
- Klimawandelbedingte Anfälligkeit der Regionen, Länder und Sektoren;
- Informationen über nationale, regionale und transnationale Anpassungsaktivitäten und -strategien;
- Fallstudien zu Anpassungsmaßnahmen und mögliche weitere Anpassungsoptionen;
- Webtools zur Unterstützung des Anpassungsprozesses;
- Informationen über das Mainstreaming auf europäischer Ebene;
- Steckbriefe zu anpassungsbezogenen Forschungsprojekten, Leitliniendokumente (z. B. zum Umgang mit Unsicherheiten), Berichte, weiterführende Informationsquellen sowie Links und Veranstaltungen.

<sup>9</sup> <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>

Als weiterer Schwerpunkt soll Anpassung in alle betroffenen EU-Politikbereiche einfließen. U.a. wurde dafür ein Leitfaden zur Integration anpassungsrelevanter Aspekte bei der Erstellung der Nationalen Gewässerbewirtschaftungspläne veröffentlicht (EK, 2009b). In der von der Europäischen Kommission beauftragten Studie „Climate Proofing für Schlüsselbereiche der EU-Politik“<sup>10</sup> wurden Vorschläge für die Anpassung bestehender Instrumente in den Bereichen Energie, Verkehr, Landwirtschaft und urbane Räume ausgearbeitet, sowie eine Reihe konkreter Maßnahmen vorgeschlagen. Ferner unterstützt die EU z. B. die Entwicklung regionaler und lokaler Anpassungsstrategien durch Leitlinien<sup>11</sup>, die im Jahr 2009 vorgestellt wurden.

In der 1. Phase wurden über 30 Aktionen gestartet mit dem Ziel, eine Entscheidungsgrundlage über die Risiken und Folgen des Klimawandels zu schaffen, mögliche Adaptionsstrategien zu analysieren sowie Informationen zu Anpassungsmaßnahmen auszutauschen. Dieses Wissen mündete in eine umfassende Anpassungsstrategie der EU, die am 16. April 2013 vorgestellt wurde.

Die EU Strategie zur Anpassung an den Klimawandel schlägt Maßnahmen zur Vorsorge und Stärkung des Reaktionsvermögens gegenüber aktuellen und künftigen Auswirkungen des Klimawandels auf lokaler, regionaler, nationaler und EU-Ebene vor. Dabei legt die Strategie ihren Fokus auf folgende Aspekte:

- Förderung von Anpassungsaktivitäten in den EU-Mitgliedstaaten: Alle EU-Mitgliedstaaten sollen umfassende Nationale Anpassungsstrategien erstellen (15 liegen derzeit vor, darunter auch jene Österreichs). Die Kommission sieht vor, Anpassungsaktivitäten auch finanziell zu unterstützen. Klimawandelanpassung in europäischen Städten wird als weiterer Schwerpunkt von der Kommission in den kommenden Jahren verfolgt.
- Integration von Klimawandelaspekten auf EU-Ebene in den Schlüsselsektoren Landwirtschaft, Fischerei, Kohäsionspolitik und Infrastruktur sowie forcierte Anwendung von Versicherungen in der Risikoversorge.
- Besser fundierte Entscheidungsfindung in der Maßnahmensetzung zur Klimawandelanpassung durch Adressierung von Wissenslücken und Weiterentwicklung der europäischen Wissensplattform Climate-ADAPT.

Ein besserer Zugang zu Finanzmitteln ist für die Umsetzung der Ziele der EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel wesentlich. Im Entwurf des mehrjährigen Finanzierungsrahmens für 2014 bis 2020 wird so vorgeschlagen, die Ausgaben im Zusammenhang mit dem Klimaschutz und der Anpassung auf mindestens 20 % des EU-Haushalts anzuheben. Die Europäischen Struktur- und Investitionsfonds sowie die Programme Horizont 2020 und LIFE werden die Mitgliedstaaten, Regionen und Städte wesentlich bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen unterstützen.

Bis zur Neugründung der Generaldirektion Climate Action (DG CLIMA) im Jahre 2010 wurden die Klimawandelagenden (z. B. Grünbuch, Weißbuch) von der Generaldirektion Umwelt (DG ENV) wahrgenommen. Nun führt die DG CLIMA die internationalen Verhandlungen im Bereich Klimaschutz (rund 150 MitarbeiterInnen) und betreut den Bereich der Anpassung an den Klimawandel (rund 10 MitarbeiterInnen).

Seit 1994 wird die EK (und weitere Organe der Europäischen Union) mit unabhängigen Informationen durch die Europäische Umweltagentur mit Sitz in Kopenhagen unterstützt. Außer den Einrichtungen der EU zählen 32 europäische Länder zu den Hauptkunden der Agentur. Eine Gruppe von sechs Personen arbeitet innerhalb der Agentur zu Vulnerabilität und Anpassung. Bis dato wurden zahlreiche Syntheseberichte zu Auswirkungen, Vulnerabilitäten, Anpassungsoptionen<sup>12</sup> usw. veröffentlicht.

Erste wissenschaftliche Ergebnisse zu Klimawandelauswirkungen auf europäischer Ebene liegen im Rahmen von Projekten, welche durch Mittel der europäischen Forschungsrahmenprogramme (FP) ab dem Jahr 2004 finanziert wurden, vor (z. B. FP5 finanziertes Projekt ATEAM<sup>13</sup>). Im Sechsten Rahmenprogramm 2002 bis 2006 lag einer der Forschungsschwerpunkte auf dem Klimawandel (gemeinsam mit nachhaltiger Entwicklung; dotiert mit 2,12 Mrd. €). Klimawandel ist auch im FP7 (2007 bis 2013) zentrales Thema, da dieses nur in einer europäischen und internationalen Kooperation sinnvoll untersucht werden kann. Eine Publikation der Generaldirektion Forschung und Entwicklung (DG RDT) aus 2010 fasst die Klimawandel-relevanten Forschungsprojekte aus FP6 und FP7 zusammen (EK, 2010). Einige der genannten Projekte haben dabei eine direkte Relevanz für die Europäische Politik im Bereich der Anpassung (z. B. ADAM<sup>14</sup>, CLIMATEWATER<sup>15</sup>).

<sup>10</sup> <http://www.ecologic.eu/de/4827>

<sup>11</sup> [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/docs/ras\\_final\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/docs/ras_final_report_en.pdf)

<sup>12</sup> <http://www.eea.europa.eu/de/themes/climate/eea-activities>

<sup>13</sup> <http://www.pik-potsdam.de/ateam/>

<sup>14</sup> <http://www.tyndall.ac.uk/adamproject/about>

<sup>15</sup> <http://www.climatewater.org/>

Neben den Forschungsrahmenprogrammen werden auch im Rahmen des Europäischen INTERREG Programms Forschungsgelder für Klimawandelbezogene Forschungsfragen ausgeschüttet. So werden z. B. die für den Alpenraum vorliegenden Projektergebnisse nun im laufenden C3-Alps Projekt<sup>16</sup> (finanziert durch das INTERREG Alpine Space Programm) synthetisiert und kommuniziert. Das Ziel ist auch hier, die Forschungsergebnisse so aufzubereiten, dass sie in politische Entscheidungsprozesse integriert werden können.

Europäische Aktivitäten auf politischer Ebene, aber auch neues Wissen aus der Forschung haben eine Vielzahl von europäischen Staaten dazu veranlasst, an der Erstellung von nationalen Strategien zur Anpassung an das veränderte Klima zu arbeiten. Großbritannien hat mit der Einrichtung des UKCIP (United Kingdom Climate Impact Programme) im Jahr 1998 eine europäische Vorreiterrolle in der Anpassung übernommen.

Als erstes europäisches Land hat Finnland 2005 eine „National Adaption Strategy“ (NAS) verabschiedet.<sup>17</sup> Die Strategien schaffen einen – politisch zumeist wenig verbindlichen (Ausnahme: Großbritannien mit dem Climate Change Act, 2008) – Rahmen, der die notwendige Anpassung auf allen Entscheidungsebenen, von national bis lokal, unterstützt. Neben Finnland haben bis 2013 15 weitere europäische Länder eine Anpassungsstrategie verabschiedet (Belgien 2010, Dänemark 2008, Deutschland 2008, Frankreich 2007, Irland 2013, Litauen 2013, Malta 2012, Niederlande 2007, Norwegen 2008, Österreich 2012, Portugal 2010, Schweiz 2012, Spanien 2006, Ungarn 2008, UK 2008/2013).

Auf dem Weg zur NAS werden in vielen Ländern auch weitere StakeholderInnen (wie z. B. Interessenvertretungen und NGOs) mittels Konferenzen und Workshops (z. B. in Portugal, Finnland), Konsultationen (z. B. in Spanien, Dänemark), Partnerschaften (z. B. in Norwegen, Deutschland), mittels Internetbefragungen (z. B. in Ungarn, Deutschland) und dergleichen miteinbezogen (Bauer et al., 2012; Biesbroek et al., 2011). Die Ergebnisse aus der StakeholderInnen-Beteiligung liefern zwar einen erheblichen Beitrag zur Erstellung der Strategie, die finale Entscheidung wird aber in allen Ländern von den jeweils politisch Verantwortlichen getroffen.

Nachdem die vorliegenden Strategien als Rahmenwerk für die Anpassung auf nationaler Ebene mehrheitlich dem Charakter von Leitlinien entsprechen, wurde nach ihrer Veröffentlichung eine Reihe von Aktivitäten zur Umsetzung gestartet.

<sup>16</sup> <http://www.c3alps.eu/index.php/de/>

<sup>17</sup> [http://www.klimawandelanpassung.at/apps/glossar/?tx\\_a21glossary%5Buid%5D=35&tx\\_a21glossary%5Bback%5D=4302&cHash=b279d0e59a](http://www.klimawandelanpassung.at/apps/glossar/?tx_a21glossary%5Buid%5D=35&tx_a21glossary%5Bback%5D=4302&cHash=b279d0e59a)

Für sieben Staaten liegen „Aktionspläne“ (z. B. Frankreich, Deutschland, Österreich) vor, mit dem Ziel, Anpassungsmaßnahmen zu konkretisieren und/oder für die Ebene der Bundesländer und Regionen aufzubereiten.

In Deutschland wird als wesentlicher Teil des Aktionsplans an einem kriterienbasierten System für die Priorisierung der Anpassungsoptionen gearbeitet. Auch in den Niederlanden wurden umfangreiche Arbeiten zur methodischen Entwicklung von Priorisierungssystemen für Anpassungsmaßnahmen durchgeführt (Routeplanner; Klimaat en Ruimte, 2007).

Im Zuge der Umsetzung der Strategien haben einige Staaten umfangreiche Informationsportale (z. B. UKCIP in Großbritannien<sup>18</sup> oder das Adaptation Portal in Dänemark<sup>19</sup>) erstellt. Zusätzlich stellen manche Länder Onlinetools zur Anpassung zur Verfügung (z. B. Deutschland<sup>20</sup>, Großbritannien<sup>21</sup>, Norwegen<sup>22</sup>), welche Organisationen dabei unterstützen sollen, sich systematisch mit den Klimawandelfolgen und der notwendigen Anpassung auseinanderzusetzen.

Monitoring und Erfolgskontrolle sind als Teil des schrittweisen Anpassungsprozesses wesentlich für die Bewertung der Wirksamkeit von Strategien und der darin enthaltenen Maßnahmen. Obwohl viele Strategien die Bedeutung der Erfolgskontrolle hervorheben (z. B. Schweden, Niederlande, Dänemark, Spanien), haben sich bis dato nur einzelne Staaten (z. B. Großbritannien, Finnland, Deutschland, Österreich) mit dieser Frage vertiefend auseinandergesetzt.

In Finnland wurde 2009 – vier Jahre nach der Verabschiedung der Strategie – eine erste Evaluierung veröffentlicht. Darin wurden die Maßnahmen aus der Strategie anhand einer fünfskaligen Tabelle bewertet (von 1 [wenige Aktivitäten] bis zu 5 [Maßnahme umgesetzt]). Um den Fortschritt Deutschlands bei der Anpassung bewerten zu können, wurden erste Vorschläge für Indikatorensysteme erarbeitet. Aktuell wird an der Konkretisierung eines solchen Systems für die Erfolgskontrolle gearbeitet.

Die Strategie Großbritanniens („Climate Change Bill“) legt ein rechtlich verbindliches Monitoring und Reporting zu den Risiken des Klimawandels und zu den Anpassungserfolgen fest. Für diese Aufgabe wurde eine Arbeitsgruppe (Adaptation Sub-Committee) etabliert, die laufend Assessment-Berichte<sup>23</sup>

<sup>18</sup> <http://www.ukcip.org.uk/>

<sup>19</sup> <http://www.klimatilpasning.dk/en-us/Sider/ClimateChangeAdaptation.aspx>

<sup>20</sup> [http://www.klimalotse.anpassung.net/klimalotse/DE/02\\_Intensivdurchlauf/0\\_home/home\\_node.html](http://www.klimalotse.anpassung.net/klimalotse/DE/02_Intensivdurchlauf/0_home/home_node.html)

<sup>21</sup> <http://www.ukcip.org.uk/tools/>

<sup>22</sup> <http://www.regjeringen.no/en/dep/md/kampanjer/engelskforside-for-klimatilpasning/library/guide.html?id=539988>

<sup>23</sup> <http://www.theccc.org.uk/reports/adaptation>

**Tabelle 1.7** Sektorale Abdeckung der Studien zur Ermittlung von Anpassungskosten in Europa. Quelle: Watkiss and Hunt (2010), eigene Übersetzung

**Table 1.7** Sectoral coverage of studies on adaptation cost assessments in Europe. Source: Watkiss and Hunt (2010)

Sektor/Bereich	Abdeckung	Kosten-schätzungen	Nutzen-schätzungen
Küstengebiete	Sehr hohe Abdeckung für Europa insgesamt, einzelne Regionen, einige Mitgliedstaaten sowie Städte/Gemeinden	✓✓✓	✓✓✓
Energie	Mittel. Kühl- und Heizbedarf (autonome Anpassung) für Europa insgesamt, einige Mitgliedstaaten. Geringer für geplante Anpassung und Erzeugung	✓✓	✓✓
Infrastruktur	Mittel. Schätzungen von Anpassungskosten in einigen Ländern für Überflutungen, aber geringere Abdeckung von anderen Risiken für Infrastruktur	✓✓	✓
Landwirtschaft	Hohe Abdeckung von Nutzen aus Anpassung auf der Ebene landwirtschaftlicher Betriebe, aber viel geringere Abdeckung von Kosten sowie geplanter Anpassung	✓	✓✓
Gesundheit	Niedrig bis mittel. Anpassungskosten für Hitzevorwarnsysteme sowie Lebensmittelinfektionen, geringere Abdeckung durch andere Gesundheitsrisiken	✓	
Wasser	Niedrig bis mittel. Begrenzte Anzahl von Studien zu Wasserverfügbarkeit auf nationaler oder regionaler Ebene bzw. für spezifische Flusseinzugsgebiete	✓	
Verkehr	Niedrig bis mittel. Einige nationale Studien sowie Fallstudien für einzelne Sektoren	✓	
Tourismus	Niedrig. Studien für Wintertourismus (Alpen) und einige Studien für autonome Anpassung durch veränderte Tourismusströme im Sommer	✓	✓
Forstwirtschaft und Fischerei	Niedrig. Begrenzte Anzahl quantitativer Studien	✓	
Biodiversität	Niedrig. Begrenzte Anzahl quantitativer Studien	✓	
Industrie und Gewerbe	Sehr niedrig. Keine quantitativen Studien gefunden		
Anpassungskapazität	Niedrig. Einige wenige Studien, die sich auf qualitative Beschreibung des Nutzens beschränken	✓	

veröffentlicht. Ein Indikatorensystem für die Erfolgskontrolle soll 2012 vorliegen.

Aus Sicht Österreichs stellt das europäische Rahmenwerk eine wichtige Grundlage für die Planung und Umsetzung von Klimawandelanpassung in Österreich dar. Zudem können einige Best-Practice-Erfahrungen aus anderen Mitgliedstaaten, allen voran aus Großbritannien, Finnland und Deutschland, auf Österreich übertragen werden: für die Auswahl, Planung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen stellen zielgruppenorientierte Informationsangebote eine hilfreiche Unterstützung dar. Monitoring- und Reportingverpflichtungen erhöhen den Anreiz zur Umsetzung von Klimawandelanpassungsstrategien. Auf den konkreten Stand der Umsetzung der Klimawandelanpassung in Österreich wird in Abschnitt 1.2.2 eingegangen.

### Kosten und Nutzen von Anpassung

Studien zu den Kosten des Klimawandels sowie zu den Kosten von Anpassung liegen für Europa nur vereinzelt vor.

Die Ergebnisse des Peseta-Projekts (Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union

based on bottom-up Analysis)<sup>24</sup> geben einen Einblick in die zu erwartenden Kosten aufgrund des Klimawandels in Europa für das Jahr 2080. Das Ergebnis zeigt, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft, auf Flüsse, Küstenbereiche, Tourismus und Gesundheit – die in Europa ohne Maßnahmen zur Anpassung zu erwarten sind – Kosten zwischen 20 Mrd. € (unter einem Szenario mit einer globalen Erwärmung von 2,5°C) und 65 Mrd. € (unter einem Szenario mit einer globalen Erwärmung von 5,4°C und starkem Anstieg des Meeresspiegels) verursachen werden (Ciscar et al., 2011).

Studien zu den Anpassungskosten in Europa können aufgeteilt werden in paneuropäische, sektorale, und nationale Studien. Es herrscht methodologischer Pluralismus und die empirische Evidenz ist fragmentiert. Wie Tabelle 1.7 für die sektoralen Studien zeigt, ist die Erhebung der Anpassungskosten (und Nutzen) bisher nur unvollständig durchgeführt worden, wobei die Abdeckung je nach Sektor stark variiert. In zunehmendem Maße wird die empirische Evidenz erweitert, wobei hier oft „graue“ Literatur wichtige Beiträge liefert (Watkiss und Hunt, 2010).

<sup>24</sup> <http://peseta.jrc.ec.europa.eu/>

**Tabelle 1.8** Vergleich der Ergebnisse verschiedener Studien zu Anpassungskosten in Europa**Table 1.8** Comparison of different studies on adaptation costs in Europe

Art der Studie und Quelle	Geschätzte Kosten	Zeitraum	Abdeckung
<b>Globale Studien mittels Integrated Assessment Modellen</b>			
UNFCCC (2007b)	3 bis 19 Mrd. \$/Jahr	2030	Infrastruktur und Küstengebiete
Stern (2007)	4 bis 60 Mrd. €/Jahr	2030	Infrastruktur
PAGE (Hope, 2009)	25 bis 60 Mrd. \$/Jahr	2030	EU15
Aaheim et al. (2012)	5 bzw. 35 Mrd. \$	2020 bzw. 2050	Westeuropa
<b>Sektorale Studien</b>			
Ciscar et al., 2011 (PESETA project)	0,25 bis 1 Mrd. €/Jahr	2010–2040	Küstengebiete
	0,3 bis 2,6 Mrd. €/Jahr	2070–2100	Küstengebiete
Ebi (2008); Markandya et al. (2009)	12 bis 260 Mio. \$/Jahr	bis 2030	Gesundheit
<b>Nationale Studien</b>			
Großbritannien (Evans et al., 2004; Hall et al., 2005)	Bis zu 1 Mrd. €/Jahr	bis 2100	Kosten zur Bekämpfung von Überschwemmung an Küsten, Flüssen und innerhalb von Städten
Niederlande (Delta Commission, 2008)	1,2 bis 1,6 Mrd. €/Jahr	bis 2050	Überflutungsschutz und Risikomanagement
	0,9 bis 1,5 Mrd. €/Jahr	2050–2100	Überflutungsschutz und Risikomanagement
Schweden (Swedish Commission on Climate and Vulnerability, 2007)	in Summe bis zu 10 Mrd. €	für die Periode 2010–2100	Multi-sektoral

Die Studien verwenden eine Vielzahl von Methoden und Metriken und beziehen sich auf unterschiedliche Zeitperioden und Sektoren, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert. Tabelle 1.8 fasst Ergebnisse für drei Arten von Studien zusammen.

## 1.2.2 Anpassung aus österreichischer Sicht

### Implikationen internationaler und europäischer Zielsetzungen für Österreich

Für Österreich ergibt sich ein notwendiger Handlungsbedarf, welcher durch internationale aber auch europäische Verträge / Ziele vorgegeben ist wobei die Umsetzung durch extreme Wetterereignisse mit starken Auswirkungen gefördert wird. Die wichtigsten Eckpfeiler der österreichischen Anpassungsstrategie sind in Box 1.4 zusammengefasst.

Auf internationaler Ebene sei hier etwa das von Österreich bereits ratifizierte Klimarahmenübereinkommen der Vereinten Nationen (UNFCCC, 2007a) genannt. Darin ist vorgesehen, dass nationale und gegebenenfalls regionale Programme erarbeitet, umgesetzt und aktualisiert werden, die eine angemessene Anpassung an die Klimaänderungen erleichtern. Bezüglich konkreter Anpassungsmaßnahmen sei auf internationaler

Ebene das Nairobi Work Programme der UNFCCC erwähnt, welches zu einem besseren Verständnis über Auswirkungen der Klimaänderung und Anpassungsmöglichkeiten beiträgt, indem es Wissen und Erfahrungen einzelner Länder mit der Planung und Durchführung von Anpassungsmaßnahmen vereint (BM-LFUW, 2012a).

Aktivitäten auf Europäischer Ebene, wie das Grünbuch und das Weißbuch zur Anpassung, beeinflussten den österreichischen Anpassungsprozess. Ferner war Österreich in verschiedenen Gremien (z. B. Steering Group, Working Group on Knowledge Base on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation) vertreten, die vor allem zur Umsetzung des Weißbuchs und zur Erstellung der EU-Anpassungsstrategie etabliert wurden.

Für den Alpenraum gilt die Alpenkonvention (BGBl. Nr. 477/1995), wobei die Vertragspartner im Jahr 2009 den Aktionsplan zum Klimawandel in den Alpen angenommen haben. Dieser Aktionsplan zum Klimawandel zielt darauf ab, die Alpen zu einer Vorbildregion für die Prävention und die Anpassung an den Klimawandel zu machen. Die Alpenstaaten verpflichten sich, die Umsetzung des Klimaaktionsplans durch konkrete Maßnahmen zum Kampf gegen den Klimawandel zu verfolgen und die erforderlichen Mittel hierfür bereitzustellen.

**Box 1.4: Eckpfeiler der österreichischen Anpassungsstrategie (Quelle: BMLFUW, 2012a)****Box 1.4: Key elements of the Austrian national adaptation strategy (Source: BMLFUW, 2012a)**

Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vermeidung nachteiliger Auswirkungen und Nutzung von Chancen</li> <li>· Stärkung natürlicher, gesellschaftlicher und technischer Anpassungskapazität</li> <li>· Keine sozialen Nachteile</li> <li>· Risikominimierung für Demokratie, Gesundheit, Sicherheit und Soziales</li> <li>· partnerschaftliche Kooperation von AkteurlInnen</li> <li>· Konflikte zwischen Handlungsfeldern vermeiden</li> <li>· Fehlanpassungen vermeiden</li> </ul>
Vorarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Klimaszenarien und erste Vulnerabilitätsabschätzungen</li> </ul>
Leitprinzipien	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Verantwortung wahrnehmen, Information weitergeben, Kooperation fördern</li> <li>· Unsicherheiten mitdenken</li> <li>· Klimafolgen priorisieren</li> <li>· Breites Spektrum an Anpassungsmöglichkeiten nutzen</li> <li>· Anpassungsmaßnahmen priorisieren</li> <li>· In bestehende Instrumente und Strukturen integrieren</li> <li>· Ziel- und Nutzungskonflikte vermeiden</li> <li>· System für Monitoring und Evaluierung schaffen</li> </ul>
Kriterien für die Priorisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bedeutung/ Relevanz</li> <li>· Dringlichkeit</li> <li>· Robustheit</li> <li>· Flexibilität bzw. Reversibilität</li> <li>· Kosten-Nutzen-Relation</li> <li>· Positive Nebeneffekte</li> <li>· Simultane Klimaschutzwirkung</li> <li>· Wechselwirkungen zu anderen Handlungsempfehlungen</li> </ul>
Kategorien von Anpassungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>· „graue“, rein technische Maßnahmen</li> <li>· „grüne“ Maßnahmen, die darauf abzielen, die natürlichen Funktionen von Ökosystemen zu erhalten oder zu verbessern und somit „Resilienzen“ zu schaffen, die Klimafolgen puffern können</li> <li>· „softe oder smarte“ Maßnahmen. Darunter sind Aktivitäten zusammengefasst, die auf eine Bewusstseinssteigerung und auf Wissenszuwachs fokussieren, ökonomische Anreize schaffen und institutionelle Rahmenbedingungen für die Anpassung ermöglichen</li> </ul>
Handlungsfelder	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Tourismus, Energie, Schutz vor Naturgefahren, Bauen und Wohnen, Ökosysteme, Gesundheit, Verkehrsinfrastruktur</li> <li>· Katastrophenmanagement, urbane Frei- und Grünräume</li> <li>· Soziale Fragen, Raumordnung, Wirtschaft</li> </ul>

Der Prozess zur Entwicklung der österreichischen Anpassungsstrategie begann 2007. Die Meilensteine finden sich in Tabelle 1.9.

Das Lebensministerium (BMLFUW) organisierte im Zeitraum September 2007 bis November 2011 sechs Informationsveranstaltungen. Bei diesen informellen Workshops wurde

der aktuelle Stand der inhaltlichen Arbeiten einem breiten Publikum vorgestellt und diskutiert.

Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel liegt seit Frühjahr 2012 vor und wurde im Oktober 2012 im Ministerrat verabschiedet (vgl. Tabelle 1.11 zur Entstehung der Strategie). Die Anpassungsstrategie gliedert

**Tabelle 1.9** Überblick über die Entwicklung der österreichischen Anpassungsstrategie**Table 1.9** Overview on development of the Austrian national adaptation strategy

Datum	Publikationstyp	Inhalt
März 2008	Studie	Ist-Stand-Erhebung zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich
November 2008	Studie Handlungsempfehlungen I	Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Tourismus, Energie
Dezember 2009	Policy Paper I	Auf dem Weg zu einer nationalen Anpassungsstrategie (inkludiert Stellungnahme und Beteiligungsprozess)
Oktober 2010	Handlungsempfehlungen II	Schutz vor Naturgefahren, Bauen und Wohnen
Jänner 2011	Handlungsempfehlungen III	Ökosysteme, Gesundheit, Verkehrsinfrastruktur
Oktober 2011	StartClim Projekte und weitere Studien	Empfehlungen aus StartClim Projekten: Katastrophenmanagement, urbane Frei- und Grünräume Empfehlungen aus anderen Projekten: Soziale Fragen, Raumordnung, Wirtschaft
Dezember 2011	Policy Paper II Rahmenwerk	Anpassungsstrategie im Entwurf – Kontext und Aktionsplan (Teil I und II)
Oktober 2012	Anpassungsstrategie	Annahme der österreichischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel im Ministerrat

dert sich in ein strategisches Rahmenwerk („Kontext“) und in einen Aktionsplan. Der Kontext behandelt strategische Grundfragen und erklärt die Einbettung der Strategie in den Gesamtzusammenhang. Im Aktionsplan sind konkrete Handlungsempfehlungen zur Umsetzung in den 14 Aktivitätsfeldern dargestellt.

Bei der Entwicklung der Anpassungsstrategie für Österreich übernahm die Wissenschaft eine wesentliche Rolle: einerseits lieferten wissenschaftliche Ergebnisse einen wichtigen Beitrag für die Bewusstseinsbildung auf politischer Ebene, andererseits bildeten Forschungsergebnisse die inhaltliche Basis der Strategie. Die Klimaforschung in Österreich zeigte in den letzten Jahren eine rege Entwicklung. Auf Ebene des Bundes liefern der Forschungsschwerpunkt „Klimawandel und Anpassung“, das nationale Klimawandelfolgenforschungsprogramm StartClim<sup>25</sup> und der Klima- und Energiefonds<sup>26</sup> (dabei vor allem das Forschungsprogramm Austrian Climate Research Program – ACRP) wichtige und zukunftsweisende Ergebnisse. Des Weiteren konnten durch das Forschungsprogramm proVision<sup>27</sup> des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung sowie durch das Global Change Programm<sup>28</sup> der Österreichischen Akademie der Wissenschaften weitere wesentliche Erkenntnisse für die Anpassungsstrategie gewonnen werden.

Ziel der österreichischen Anpassungsstrategie ist es, nachteilige Auswirkungen des Klimawandels auf Umwelt, Gesell-

schaft und Wirtschaft zu vermeiden und die sich ergebenden Chancen zu nutzen. Die Strategie soll die natürliche, gesellschaftliche und technische Anpassungskapazität stärken. Trotz umfangreicher wissenschaftlicher Erkenntnisse sind die Auswirkungen des Klimawandels in vielen Bereichen mit Unsicherheiten behaftet. Es stand daher bei der Gestaltung der Strategie im Vordergrund, flexible bzw. robuste Handlungsempfehlungen zu entwickeln, die sich mit geringem Aufwand an unterschiedliche Anforderungen anpassen und einen sekundären Nutzen bringen (BMLFUW, 2012a). Die Strategie hält aber auch fest, dass Anpassung als ein dynamischer Prozess zu sehen ist: die Strategie wird zukünftig immer wieder um neueste Erkenntnisse ergänzt und vertieft werden müssen.

Die österreichische Strategie und vor allem der Aktionsplan stellen – auch im Vergleich mit anderen europäischen Ländern – einen umfangreichen Rahmen für die Anpassung dar. Besonders hervor zu heben ist der hohe Detailgrad der Handlungsempfehlungen im Aktionsplan, die neben der Darstellung der Ziele der Maßnahmen und der notwendigen weiteren Schritte, auch Anknüpfungspunkte zu bestehenden Instrumenten (z. B. Bauordnung, ÖPUL, Forstgesetz, EU-Wasserrahmenrichtlinie), HandlungsträgerInnen (Bund, Bundesländer, Gemeinden, Wirtschaftsbetriebe, Interessensvertretungen etc.) und möglichen Konflikten (zwischen Aktivitätsfeldern und Maßnahmen sowie zu anderen politischen Zielen) herstellt.

Die Umsetzung der Strategie und vor allem der Aktionspläne für die 14 Handlungsfelder soll nun in enger Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern unter Beachtung der entsprechenden Zuständigkeiten erfolgen. Da die wissenschaftlich-ökonomische Evaluierung der Konsequenzen des

<sup>25</sup> <http://www.austroclim.at/index.php?id=45>

<sup>26</sup> <http://www.klimafonds.gv.at/>

<sup>27</sup> <http://www.provision-research.at/>

<sup>28</sup> <http://www.oew.ac.at/deutsch/forschung/programme/change.html>

Klimawandels in Österreich („Kosten des Nichthandelns“ und „Schätzung der Anpassungskosten“) noch aussteht, sollen diese Fragen nun im nächsten Schritt bis Ende 2015 im Rahmen eines Forschungsprojektes beleuchtet werden.

Zusätzlich soll der Fortschritt bei der Anpassung regelmäßig evaluiert werden. Dies wird mittels eines Kriterienkatalogs und durch regelmäßige Berichterstattung über die laufenden Aktivitäten in den jeweiligen Aktivitätsfeldern erfolgen. Der erste Bericht zum Stand der Umsetzung kann Ende 2014 erwartet werden.

Alle neun Bundesländer nehmen Klimawandelanpassung als Teil einer integrierten Klimaschutzpolitik wahr. Die Aktivitäten werden in unterschiedlichem Umfang gesetzt und reichen von der Erarbeitung von Grundlagen bzw. Strategien bis hin zur Integration von Aktivitäten in einzelnen Sektoren. In manchen Bundesländern befinden sich länderspezifische Strategien zur Anpassung momentan in Ausarbeitung. Tabelle 1.10 präsentiert einen Überblick über die Aktivitäten zur

Anpassung in den einzelnen Bundesländern. Eine detaillierte Darstellung kann im Kontext der Strategie nachgelesen werden (BMLFUW 2012a).

Anpassungsaktivitäten auf regionaler und lokaler Ebene, die auch unter der Überschrift „Klimawandelanpassung“ durchgeführt werden, sind nur sehr vereinzelt zu finden. Die meisten Beispiele wurden im Rahmen von Forschungsprojekten initiiert (z. B. im Waldviertel im Rahmen des ACRP-geförderten Projekts FAMOUS). Jedoch werden vor allem Österreichs Regionen und Gemeinden durch die Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein (z. B. Trockenheit, lokale Starkniederschläge, Auftauen des Permafrosts). Daher ergibt sich für diese Ebenen zukünftig auch die Notwendigkeit, in Bereichen wie z. B. Flächenwidmungspläne, Wasserversorgung, Verkehrsinfrastruktur, Katastrophenschutz, für welche diese Ebenen zuständig sind, Klimaschutzaktivitäten regelmäßig an ein sich veränderndes Klima anzupassen.

**Tabelle 1.10** Aktivitäten zur Anpassung auf Ebene der österreichischen Bundesländer, Stand August 2013. Quelle: nach BMLFUW (2012a)

**Table 1.10** Activities to adaptation by Austrian provinces, as of August 2013. Source: adapted from BMLFUW (2012a)

Bundesland	Laufende Aktivitäten zur Anpassung
Burgenland	Keine umfassende Strategie zur Anpassung vorhanden oder in Ausarbeitung. Befassung in unterschiedlichen Sektoren, wie z. B. Tourismus, Wasserwirtschaft, Energie und Landwirtschaft.
Kärnten	Maßnahmen zur Anpassung werden anlassbezogen und laufend ausgearbeitet, aber nicht im Rahmen eines strategischen Dokuments; Arbeitskreis für Anpassung 2009 gegründet; weitere Schritte zur Anpassung geplant. Teilnahme an Forschungsprojekten wie AdaptAlp, ClimChAlp, Alp-Water-Scarce, SILMAS, MANFRED.
Niederösterreich	Maßnahmen zur Anpassung werden in das Klima- und Energieprogramm für die Periode 2013–2020 inkludiert. Auftragsforschung zu Klimawandelfolgen auf regionaler Ebene für Niederösterreich.
Oberösterreich	Umfassende Strategie zur Anpassung im Juli 2013 veröffentlicht. Strategie für das Land Oberösterreich ist im Regierungsprogramm 2009–2015 erhalten. Auftragsforschung zu Klimawandelfolgen für das Land Oberösterreich; Teilnahme an Forschungsprojekten, wie AMICA, CLISP.
Salzburg	Keine umfassende Strategie zur Anpassung vorhanden, aber erste Aktivitäten gestartet. Auftragsforschung zu Klimawandelfolgen und mögliche Anpassungsmaßnahmen. Teilnahme an Forschungsprojekten wie CLISP.
Steiermark	Keine umfassende Strategie zur Anpassung vorhanden, aber erste Aktivitäten zur Strategieerstellung gestartet. Auftragsforschung zu Klimawandelfolgen bis 2050 vorliegend; Teilnahme an Forschungsprojekten, wie CLIP, GRaBS.
Tirol	Prozess zur Erstellung einer Strategie zur Anpassung (und Klimaschutz) 2013 unter Einbezug zahlreicher StakeholderInnen gestartet. Laufende Aktivitäten fokussieren sich auf Hochwasser, Permafrost und Wald. Teilnahme an Forschungsprojekten, wie WINALP.
Vorarlberg	Keine umfassende Strategie zur Anpassung vorhanden oder in Ausarbeitung. Befassung in unterschiedlichen Sektoren, wie z. B. Hochwasser, Katastrophenschutz.
Wien	Maßnahmen zur Anpassung werden laufend umgesetzt; Strategie in Ausarbeitung (im Rahmen des Klimaschutzprogramms II). Auftragsforschung zu Klimawandelfolgen.

### 1.3 Abstimmungsbedarf und Synergien zwischen Anpassung und Emissionsminderung

### 1.3 Synergies and trade-offs between adaptation and mitigation

#### 1.3.1 Globale Verantwortung und lokale Notwendigkeit von Anpassung

Auf globaler Ebene wird rasch deutlich, dass die nachteiligsten Klimawandelfolgen vor allem in den Ländern der Subtropen und Tropen zu erwarten sind. In den meisten Fällen also in Entwicklungs- und Schwellenländern, die selbst bis dato kaum zum anthropogenen Klimawandel beigetragen haben. Dürre, Hitzewellen und Extremniederschläge finden sich unter denjenigen Klimawandelfolgen, die besonders schadensintensiv sind. Somit sind in diesen Ländern auch die Anpassungserfordernisse mit Abstand am höchsten. Dem soll der Grüne Klimafonds Rechnung tragen.

Eine entsprechende Finanzierung des Grünen Klimafonds ist hier wesentlich, da sich die Entwicklungsländer investitionsintensive Anpassungsmaßnahmen ansonsten nicht leisten können. Inwiefern Anpassung in die Entwicklungszusammenarbeit eingebracht werden kann, muss intensiv diskutiert werden. Fakt ist jedoch, dass die Finanzmittel für Anpassung neu aufgestellt werden müssen um die derzeit schon engen Entwicklungshilfebudgets nicht mit zusätzlichen Klimawandelanpassungsportfolios zu belasten. Gleichzeitig sind enge Kooperationen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern zu Klimaschutztechnologien notwendig, um zu vermeiden, dass die Entwicklungsländer emissionsintensive Entwicklungspfade einschlagen.

Neben der globalen Verantwortung für den Klimaschutz und der Unterstützung für Anpassungsprozesse in Entwicklungsländern ergibt sich eine weitere Aufgabe, die auch Industrieländer wie Österreich angehen müssen, um wirtschaftliche Nachteile zu vermeiden: Nämlich die Anpassung unterschiedlicher Regionen und Sektoren an die Folgen des Klimawandels. Neben den intensiven Anstrengungen zum Klimaschutz wurde hier eine zweite Säule der Klimapolitik geschaffen, die nur auf den ersten Blick rein nationale Ziele verfolgt. Sollten die nationalen Volkswirtschaften etwa der EU die signifikanten Kosten des Nichthandelns einfach hinnehmen, kann dies weitreichende Folgen nach sich ziehen.

Es ist daher eine Abstimmung zwischen Minderung und Anpassung notwendig, damit etwa keine emissionsintensiven Anpassungsmaßnahmen implementiert werden, die durch

Minderungsziele konterkariert werden würden. Dieser Abschnitt soll diesen Abstimmungsbedarf für die lokale Ebene und vor allem die Möglichkeiten einer Integration (Mainstreaming) von Anpassung in Klimaschutzpolitiken darstellen.

Die Publikationen<sup>29</sup> und politischen Strategien<sup>30</sup> der letzten Jahre illustrieren jedoch auch, dass erfolgreiche Anpassung ohne Klimaschutz undenkbar ist, da ohne Klimaschutz das Klimaänderungssignal mittel- bis langfristig so stark werden kann, dass Anpassung kaum mehr oder nur zu sehr hohen Kosten machbar wäre. Wenn es um die Minderung klima(wandel) bedingter wirtschaftlicher Schäden geht, wenn die Gesundheit und Lebensqualität von Menschen auf dem Spiel steht und wenn zudem irreversible Schäden an Ökosystemfunktionen drohen, kann kurz- bis mittelfristig nur die Klimawandelanpassung helfen, die größten Schäden zu vermeiden (vgl. Band 2, Kapitel 6).

Wesentlich bleibt allerdings, dass Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden, die eine möglichst breite Spanne potenzieller Klimaänderungen abdecken. Die Spannweite möglicher Temperaturerhöhungen in Österreich liegt bei etwa  $\pm 3^\circ\text{C}$ , daher können kaum Maßnahmen ergriffen werden, die einer präzisen zeitlichen und räumlichen Projektion bedürfen. Während Klimaschutz, aufgrund der Trägheit des Klimasystems, bereits heute strikte Emissionsminderungsziele sowie Emissionsreduktionspfade bis 2050 erfordert, sollten Anpassungsmaßnahmen flexibel an die sich im Zeitverlauf ändernden Erfordernisse in Richtung Resilienzerhöhung adaptiert werden. Dennoch ist auch bei Anpassung eine Definition der Ziele hinsichtlich der zu vermeidenden Kosten bzw. der erzielbaren Gewinne (Schutzziele sowie Opportunitätsziele) erforderlich.

Mittlerweile bestehen mit dem nationalen Klimaschutzgesetz sowie der nationalen Anpassungsstrategie die legislativen Instrumente, um der Parallelherausforderung für Klimaschutz und Anpassung in Österreich gerecht zu werden. Natürlich müssen diese Instrumente nun auch in der Umsetzung gelebt werden.

<sup>29</sup> Insbesondere der Stern-Report (Stern, 2007) sowie der 4. Sachstandsbericht des IPCC (IPCC, 2007a,c) hatten hier einen starken meinungsbildenden Einfluss.

<sup>30</sup> Vgl. etwa die Roadmap der EU bis 2050 sowie deren 20-20-20-Ziele (20 % Reduzierung des Primärenergieverbrauchs durch Effizienzsteigerungen, 20 % Anteil Erneuerbare Energien und 20 % CO<sub>2</sub>-Äq.-Emissionsreduktion im Vergleich zum Jahr 1990)

### 1.3.2 Abstimmung zwischen Anpassung und Emissionsminderung

#### Unterschiedliche Fristigkeit von Emissionsminderung und Anpassung

Der menschliche Einfluss auf das heutige Klima liegt schon mehrere Jahrzehnte zurück. Da die Verweilzeit von THG in der Atmosphäre entsprechend lang ist, bleibt dementsprechend der Strahlungshaushalt lange modifiziert. Gleichzeitig wirkt der dadurch geänderte Wärmeumsatz in Atmosphäre, Geosphäre und Hydrosphäre (hier besonders in den Ozeanen) erst mit Verzögerung. Somit können auch heutige und künftige Klimaschutzmaßnahmen erst mit dieser Verzögerung greifen. Das heißt: Das Klimasignal für die nächsten 30 Jahre ist bereits weitgehend festgelegt – in Form der THG-Emissionen in der Atmosphäre sowie in Form erhöhter Energie (Temperatur) insbesondere in den Ozeanen.

Emissionsminderungsmaßnahmen wirken somit nie unmittelbar, jedoch kann durch gezielte Maßnahmen zur Rückführung von THG in der Atmosphäre eine langfristige Minderung des Klimawandels und seiner Folgen erreicht werden. In Industrieländern bleibt Emissionsminderung somit die zentrale Herausforderung im Sinne einer fairen globalen Lastenverteilung, der Generationengerechtigkeit sowie des sozialen Ausgleichs (reichere Bevölkerungsschichten haben in der Regel einen emissionsintensiveren Lebensstil).

Anpassung und Emissionsminderung sind auch insofern eng miteinander verwoben, als sich emissionsarme Anpassungspfade nur dann verwirklichen lassen, wenn sich eine Temperatursteigerung um +4 bis 5 °C vermeiden lässt. Das ist auch der Grund, weshalb Anpassung und Emissionsminderung als zwei Seiten einer Medaille aufgefasst werden sollten. Klimaschutz ist entscheidend, um die Unsicherheitsbandbreite nach oben zu begrenzen. Unsicherheitsbandbreiten jenseits einer Erhöhung um 2 oder maximal 3 °C würden solche massiven Anpassungen nach sich ziehen, die nicht mehr allein durch „softe“ oder „grüne“ Maßnahmen zu bewältigen sind, sondern auch „graue“ sprich technische und somit gleichzeitig kostenintensive Maßnahmen nach sich ziehen würden.

Dennoch zeigen auch Anpassungsmaßnahmen eine sehr weite zeitliche Streuung hinsichtlich ihrer Wirksamkeit. So sind etwa bautechnische Hochwasserschutzmaßnahmen oder Hangverbauungen sofort wirksam und bringen unmittelbar zusätzlichen Schutz bzw. tragen unmittelbar zur Schadensvermeidung bei. Gleiches gilt für die meisten Maßnahmen im Sektor Landwirtschaft (z. B. Umstellung der Bodenbearbeitung, Anbau neuer angepasster Sorten oder Installation von

Bewässerungsanlagen). Mittelfristig wirksam sind zumeist planerische Maßnahmen wie die Ausweisung von Hochwasserschutzzonen, Retentionsflächen oder auch die Aufforstung von Schutzwäldern. Auch gibt es langfristig wirksame Schutzmaßnahmen gerade im Forstsektor.

#### CO<sub>2</sub>-Intensität von Anpassungsmaßnahmen

Das Impact-Assessment zum Weißbuch zur Klimawandelanpassung (EK, 2009a) in Europa unterscheidet zwischen drei Arten von Anpassung:

- „grüne“ Anpassung: ökosystemorientierte Maßnahmen, die darauf abzielen, die Resilienz der Funktionalität von Ökosystemen zu erhöhen. Beispielsweise Maßnahmen, welche die Erosionsanfälligkeit von Böden reduzieren, die Grundwasserneubildung steigern oder die Biodiversität in Ökosystemen fördern.
- „softe“ bzw. planerische Anpassung: Nutzung der Raumordnung als Instrument für die Anpassung, beispielsweise durch Änderungen in den Bauordnungen, Ausweisung von Risikozonen mit Bebauungsstopp in den Flächenwidmungsplänen und insbesondere auch übergeordnete räumliche Planungsinstrumente, Verbreiterung der Wissensbasis, Know-How Transfer und gesteuerte Verhaltensänderungen.
- „graue“ Anpassung: bautechnische Maßnahmen (z. B. technischer Hochwasserschutz, Hangverbauungen) oder Maßnahmen, die den Einsatz von Energie (z. B. Einsatz von Klimaanlagen oder Bewässerungsanlagen) benötigen.

Zusätzlich als weitere eigenständige Art der Anpassung wäre zu benennen:

- „Anpassung durch fiskalische Instrumente“: Instrumente des Risikotransfers, sog. marktbasierter Instrumente, zu denen z. B. auch innovative Formen wie der konzipierte Adaptation Market Mechanism (Butzengeiger-Geyer et al., 2011) oder Steuerung des Ressourcenverbrauchs (etwa Benzinverbrauch, Wasserverbrauch usw.) durch Preissignale gehören.

Im Gegensatz zu „grauen“ Maßnahmen zur Klimawandelanpassung (Hochwasserschutzdämme, Hangverbauungen, Deicherhöhungen an den Küsten oder umfangreiche bauliche Konzepte wie sie zum Schutz von Städten wie Venedig oder London erarbeitet wurden), können grüne, softe und fiskalische Anpassungsarten folgende komparative Vorteile aufweisen:

- CO<sub>2</sub>-Neutralität und Beitrag zu indirekten Emissionsminderungen (z. B. Schutzwaldaufforstungen).
- Kostengünstigkeit (oftmals sogar kostenfrei bzw. mit ökonomischen Vorteilen verbunden).
- Erhöhte Flexibilität in der Anpassung an sich ändernde Gegebenheiten.
- Geringe Invasivität in Naturräume und Vorteile hinsichtlich Natur- und Umweltschutz.<sup>31</sup>
- Möglichkeit zur Integration in bestehende Politiken und Instrumente (Policy Mainstreaming).

„Grüne“, „softe“ und finanzmarktbasierende Anpassungsarten bedingen somit oft Win-Win-Effekte (auch für den Klimaschutz) und sind aufgrund ihrer geringen Kosten sowie ihrer Reversibilität zumeist No- oder zumindest Low-Regret-Maßnahmen. Ihr Hauptnachteil liegt jedoch in der meist nicht unmittelbaren Wirkung, da sie eine Anlaufzeit benötigen, um ihre Schutzwirkung zu entfalten. Umgekehrt wirken „graue“ Anpassungsmaßnahmen in der Regel unmittelbar. Auch innerhalb der grauen Maßnahmen bestehen erhebliche Unterschiede hinsichtlich ihrer THG-Wirkungen: Während die Inbetriebnahme einer Klimaanlage die THG-Bilanz verschlechtert, kann die nachträgliche Installation von Fensterbeschattungen in einem Bürogebäude klimaneutral sein.

### Notwendigkeit integrativer Ansätze

Oftmals werden Anpassungsprozesse durch Extremereignisse ausgelöst. Auch in Österreich spielten die Augusthochwässer 2002 (in Ostösterreich) und 2005 (in Westösterreich) sowie die Hitzewelle 2003 eine nicht unwesentliche Rolle bei der Initialisierung eines Anpassungsprozesses, neben dem wachsenden politischen Willen sowohl auf nationaler als auch europäischer Ebene Anpassung zu stimulieren. Letztlich mündeten diese Ereignisse und Erkenntnisse in die Erstellung der nationalen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

Dabei ist bemerkenswert, dass in Österreich von Beginn an „grüne“ und „softe/planerische“ Anpassungsmaßnahmen im Vordergrund standen. Der „Aktionsplan zur Klimawandelanpassung in Österreich“ (BMLFUW, 2012b) listet unter den 132 Handlungsempfehlungen fast ausschließlich Maßnah-

men, die in diese beiden Kategorien fallen. Tatsächlich bringen nach einem ersten qualitativen Screening lediglich zwei Maßnahmen zusätzliche Emissionen, während 34 Maßnahmen Emissionen dauerhaft reduzieren. Das Gros der Maßnahmen (96) ist weitgehend emissionsneutral. Tatsächliche quantitative Analysen im Sinne einer umfassenden THG-Bilanz der gesamten Klimawandelanpassungsstrategie stehen allerdings noch aus.

Dieser Umstand könnte dem umsichtigen Beteiligungsprozess zu verdanken sein. Dahinter steht die Einsicht, dass sich „grüne“ und „softe/planerische“ Maßnahmen sehr viel besser in bestehende Politiken eingliedern lassen. Damit ist davon auszugehen, dass die Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und Anpassung, die sich aus der nationalen Anpassungsstrategie ergeben, sehr gering sein werden.

Allerdings wird Anpassung nicht allein über die nationale Anpassungsstrategie gesteuert. Diese gibt lediglich einen Handlungsrahmen vor. Anpassung wird primär auf Ebene der Bundesländer, Regionen und Gemeinden sowie autonom in Unternehmen und Haushalten stattfinden. Hier ist sehr wohl darauf zu achten, dass Anpassung und Klimaschutz nicht in Zielkonflikten münden. Daher ist eine Unterstützung für Gemeinden, Regionen, Bundesländer, Unternehmen und BürgerInnen bei der Klimawandelanpassung erforderlich. Wenn Fehlanspassung im Sinne von Zielkonflikten mit dem Klimaschutz vermieden werden sollen, so müssen Instrumente geschaffen werden, die vor Ort eine möglichst rasche Beurteilung von geplanten Maßnahmen hinsichtlich ihrer CO<sub>2</sub>-Intensität, ihrer sozialen und Umweltwirkungen ermöglichen.

Gerade weil konkrete Anpassungsmaßnahmen in den meisten Fällen vor Ort / auf niedriger Skalenebene angegangen werden müssen, ist umso mehr darauf zu verweisen, wie wesentlich integrative Ansätze sind.

### Robuste und emissionsarme Anpassungspfade

Klimamodelle stellen Ergebnisse in Form von Szenarien mit Unsicherheitsbandbreiten zur Verfügung. Die Vulnerabilität einer Gruppe / Region gegenüber dem Klimawandel verändert sich aber nicht nur mit den Klimaänderungen sondern auch durch viele andere sozio-ökonomisch, technologisch oder demografisch bedingte Faktoren. Daher wird der „Marginal Climate Change Impact Abatement“ (MIA) – im Sinne des klassischen Predict-and-Provide-Ansatzes, bei dem man für die durch den Klimawandel bedingten zusätzlichen Klimawandelfolgen „optimale“ Anpassungen schafft – zunehmend durch einen „Adaptation through Climate Resilience“ (ACR)-Ansatz

<sup>31</sup> Trotzdem können auch „grüne“ Maßnahmen unerwünschte Folgen nach sich ziehen: Etwa sind Aufforstungen mit Douglasien oder Grünraumpflanzungen mit Robinien kritisch zu beurteilen und können langfristig zu Nachteilen führen. Gleichzeitig sind manche „graue“ Maßnahmen zwar zunächst mit zusätzlichen Emissionen verbunden, führen in weiterer Folge aber zu Emissionsminderungen (z. B. Gebäudedämmung).

ersetzt. Hierbei stehen dann anstelle von Einzelmaßnahmen vielmehr Anpassungspfade im Vordergrund, die entlang einer Klimagefährdungskette an verschiedenen Stellen robuste – in den seltensten Fällen optimale (mit Unsicherheiten versehene Entwicklungen können kaum „optimal“ bedient werden, Desai et al., 2009) – Maßnahmen setzen und somit immer wieder flexibel reagiert werden kann (Downing, 2012).

Es werden nur in den seltensten Fällen tatsächlich bauliche „graue“ Maßnahmen sein können (Ausnahme Gebäudesanierung und -neubau), sondern vielmehr „grüne“ und „softe“/planerische Maßnahmen, die an vielen Stellen (und mit vielen zu beteiligenden AkteurInnen) immer wieder Resilienzen erhöhen. Damit ist der ACR-Ansatz von der Anlage her sehr viel besser kompatibel mit dem Klimaschutz als der MIA-Ansatz.

Ausgehend von der Erkenntnis, dass Klimawandelanpassung von massiven Unsicherheiten geprägt ist, schlägt der IPCC-Bericht zu Extremereignissen (IPCC, 2012a) als robuste Handlungsstrategie sogenannte Maßnahmen „geringen Bedauerns“ (Low Regret Options) vor. Dies sind Maßnahmen, die über verschiedene Zukunftsszenarien hinweg robuste Vorteile erbringen, wobei sich der Nutzen infolge von gesteigerter Resilienz unmittelbar ergibt, gepaart mit einer zukünftigen Vulnerabilitätsreduktion. Die Maßnahmen reichen von verbesserten Frühwarnsystemen für Überschwemmungen, über hitzeresistentes Saatgut, oder innovative Versicherungslösungen bis zu umfassender Risikokommunikation. Interessant ist an diesem Konzept, dass das ökonomische Optimalitätskriterium (No Regret) nicht völlig eingefordert wird. Obwohl einige Ansätze zur Formalisierung existieren, ist die vorgeschlagene Strategie eher als heuristisches Instrument zu verstehen, welches den Blickwinkel auch darauf richtet, dass Anpassung an Klimavariabilität sinnvoll zur Anpassung an den Klimawandel beiträgt, da diese beiden eng miteinander verknüpft sind.

Emissionsarme oder ggf. sogar emissionsmindernde Anpassungspfade, die Resilienzsteigerungen mit Hilfe „grüner“, „softer“/planerischer oder auch finanzmarktbasierter Anpassungsmaßnahmen und Instrumente erreichen, wären demnach aus Klimaschutzsicht ideal und aus Klimawandelanpassungssicht die flexibelsten, kosteneffizientesten und minimalinvasivsten Pfade. Die Instrumente, um derartige Pfade umzusetzen, stünden prinzipiell zur Verfügung: Im Rahmen der Umweltverträglichkeitserklärung (UVE) sind auch die Klimawirkungen von (Bau-)Projekten im Zuge der Wirkungsfolgenabschätzungen (WFA) kurz darzulegen. Zusätzlich könnte im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) eine umfassende Bewertung von (Bau-)Projekten, auch im Sinne einer Klimaverträglichkeitsprüfung, erfolgen. Tatsächlich bestehen

in Österreich derzeit weder im Rahmen der UVP noch in einem anderen institutionellen Rahmen konkrete Ansätze, um Klimaschutz und -anpassung parallel und sich ergänzend als bindende Kriterien zu etablieren.

### Abstimmungsbedarf zwischen Anpassung und Emissionsminderung

Während also in zunehmendem Maße die möglichen Synergien zwischen Emissionsminderungs- und Klimaanpassungsmaßnahmen diskutiert werden, existiert ein Abstimmungsbedarf bzw. Trade-off bei Maßnahmen, die einen positiven Klimaschutzeffekt aber einen negativen Anpassungseffekt, oder umgekehrt, einen positiven Anpassungs- aber einen negativen Klimaschutzeffekt aufweisen.

Bei der Bewertung von Maßnahmen zu THG-Minderung und Anpassung wäre es aus volkswirtschaftlicher Sicht irreführend, sie nur den damit verbundenen Investitionskosten gegenüber zu stellen. Vielmehr müssen Synergien und Trade-offs soweit als möglich quantitativ aber auch qualitativ berücksichtigt werden, um eine volkswirtschaftlich optimale Reihung von Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen zu ermöglichen. Synergien oder Konflikte können bereits bei der Durchführung einer einzigen Maßnahme auftreten oder bei der Implementierung zweier unabhängiger Maßnahmen zusammenwirken.

Wie Box 1.5 verdeutlicht, münden demnach energie- bzw. ressourcenintensive Anpassungsmaßnahmen in Zielkonflikten zwischen Klimaschutz und Anpassung.

Umgekehrt können einige Klimaschutzmaßnahmen die Resilienz gegenüber Klimaveränderungen reduzieren und somit den Anpassungsbedarf erhöhen. Das gilt insbesondere für Klimaschutzmaßnahmen, die in Ökosysteme eingreifen. Beispiele hierfür sind die Nutzungskonflikte zwischen Windrädern und Landschaftsschutz, Wasserkraft und Fließgewässerverserbau, Geothermie und Grundwasserschutz sowie v. a. auf internationaler Ebene zwischen Biotreibstoffen (insbesondere der ersten Generation) und Nahrungsmittel sowie zwischen Photovoltaik und seltenen Erden. Auch kann sich die Resilienz gegenüber klimatischen Veränderungen im Zeitverlauf verändern: So kann etwa ein Ausbau der Wasserkraft in glazialen Abflussregimen (Flussoberläufe) für einen gewissen Zeitraum als opportun (klimaangepasst) erscheinen, jedoch nach einem weitgehenden (durch den Klimawandel beschleunigten) Rückgang der Gletscher im Einzugsgebiet als komplett unangepasst erweisen.

### Box 1.5: Beispiele für Klimaanpassungsmaßnahmen mit negativer Klimaschutzwirkung (Quelle: Türk et al., 2010)

### Box 1.5: Examples for adaptation measures with negative effect on mitigation (Source: Türk et al., 2010)

#### *Abstimmungsbedarf thermische Anpassung*

Durch die Deckung des zusätzlichen Kühlenergiebedarfs von Gebäuden durch konventionelle Klimaanlage treten entsprechende THG-Emissionen auf. Ferner verursacht die Flucht von Städtern aus überhitzten urbanen Räumen in ländliche bzw. kühlere Regionen zusätzliches Verkehrsaufkommen mit entsprechenden THG-Emissionen. Ein zusätzlicher Einsatz von Klimaanlage in Fahrzeugen führt zu erhöhtem Kraftstoffverbrauch und mehr Emissionen.

#### *Abstimmungsbedarf hygrische Anpassung in der Landwirtschaft*

Ein zusätzlicher Einsatz von energieintensiver Bewässerung zur Kompensation dürre- und hitzebezogener Ernteauffälle führt ebenfalls zu erhöhten Emissionen, insbesondere dann, wenn nicht klimaangepasste Formen der Bewässerung zum Einsatz kommen (z. B. Beregnung um die Mittagszeit).

#### *Abstimmungsbedarf Wintertourismus*

Der durch Klimawandel bedingte zusätzliche Betrieb von Schneekanonen ist ein weiteres Beispiel für eine Anpassungsmaßnahme, die aufgrund des benötigten Energieeinsatzes eine negative Klimaschutzwirkung mit sich bringt und außerdem durch den hohen Wasserbedarf Konflikte mit anderen Aktivitätsfeldern der Anpassung nach sich zieht (hier v. a. Wasser- und Landwirtschaft). Diese Maßnahme könnte somit auch als Maladaptation bezeichnet werden.

### 1.3.3 Nutzung von Synergien zwischen Anpassung und Emissionsminderung

Zunehmend werden neben der Notwendigkeit, sowohl Emissionsminderungs- als auch Adaptionsmaßnahmen umzusetzen, Synergien zwischen diesen Aktivitäten erkannt (zu weiteren Synergien und Konflikten im Energiebereich vgl. Band 3, Kapitel 3). Emissionen aus Energieeinsatz und -umwandlung tragen in Österreich mehr als 80 % zu den THG-Emissionen bei (Anderl et al., 2010). Es liegt damit auf der Hand, dass Energieeinsatz und -aufbringung wesentliche Zielbereiche von Klimaschutzmaßnahmen sind. Gleichzeitig ist der Energiesektor auch wesentlich durch den Klimawandel betroffen (Energienachfrage für Heizen und Kühlen, Stromversorgung durch Wasserkraft und andere Erneuerbare Energien, Kühlwasserproblematik bei thermischen Kraftwerken, vgl. Band 3, Kapitel 3). Emissionsminderungsmaßnahmen im Energiesektor haben ein besonders hohes Potenzial, Anpassung mitzudenken und entsprechend zu integrieren. Bei genauerer Analyse zeigen sich folglich substanzielle Synergien.

Der Schlüssel zur Reduktion der Vulnerabilität liegt in der Sensitivität der Gesellschaft gegenüber dem Energieverbrauch und in der Abhängigkeit von wenig diversifizierten, zentralen

Ressourcen. Es sind daher vor allem die folgenden drei Maßnahmen, die zur Verringerung der Vulnerabilität beitragen können:

- Reduktion des Energieverbrauchs und der Spitzenlast.
- Diversifizierung des Energieträger-Mix, insbesondere durch erneuerbare Energieträger.
- Dezentralisierung des Energiesystems. Damit ergibt sich mit diesen Maßnahmen eine sehr hohe simultane Klimaschutz- und Anpassungswirkung sowie Synergie mit anderen aktuellen Trends und Herausforderungen im Energiesystem.

In Box 1.6 werden Beispiele angeführt, bei denen eine besonders hohe synergetische Wirkung zwischen Klimaschutz und -anpassung vorliegt.

Neben diesen beispielhaften synergetischen Maßnahmen im Bereich Energie ist als wesentliche Komponente zu berücksichtigen, dass sich das Energiesystem derzeit in einem substanziellen Transformationsprozess befindet. Zahlreiche Szenarien und Studien deuten darauf hin, dass sich dieser in den kommenden Jahren und Jahrzehnten voraussichtlich noch deutlich intensivieren wird (Lilliestam et al., 2012a; PwC et al., 2010). Der politisch angestrebte Umbau zu einem Low-Carbon-Energie-

### Box 1.6: Beispiele für synergistische Wirkungen zwischen Emissionsminderung und Klimawandelanpassung im Bereich Energie (Quelle: Kranzl et al., 2010)

#### Box 1.6: Examples for synergistic effects between mitigation and adaptation in the field of energy (Source: Kranzl et al., 2010)

##### *Passive Maßnahmen zur Reduktion von Kühllasten an Gebäuden*

Durch gebäudeseitige, passive Maßnahmen ist es möglich, Kühllasten stark zu reduzieren. Dies beinhaltet beispielsweise Abschattung, zusätzliche Speichermassen, passive Ventilationsmaßnahmen etc. Dies reduziert den Verbrauch von Kühlenergie und die damit verbundenen THG-Emissionen.

##### *Reduktion innerer Lasten*

Neben solaren Einträgen stellen innere Lasten eine wesentliche Ursache für Kühllasten dar. Die Reduktion dieser inneren thermischen Lasten geht im Allgemeinen mit einer Erhöhung der Energieeffizienz von Geräten einher (z. B. Beleuchtung, EDV, Weißware) und daher potenziell mit einer Reduktion entsprechender THG-Emissionen.

##### *Photovoltaik (PV) als Kapazitätsbeitrag im Sommer*

Aufgrund eines steigenden Bedarfes zur Klimatisierung steigt auch die Netzbelastung in Zeiten hohen Kühlbedarfs. Durch Bereitstellung der entsprechenden Kühlenergie vor Ort durch Gebäude- und fassadenintegrierte PV reduziert sich einerseits die Netzbelastung und der notwendige Beitrag von zentralen Großkraftwerkstechnologien, andererseits können die PV Zellen als Beschattungselemente dienen. In diesen Zeiten bietet die PV daher eine Maßnahme mit optimaler Synergie zwischen Klimaschutz und -anpassung. Die Stromerzeugung der PV außerhalb der Zeiten hohen Kühlbedarfs trägt noch zusätzlich zum Klimaschutz bei.

system auf Basis erneuerbarer Energie würde auch bedeuten, dass die Bereitstellung von Energie zunehmend vom Wettergeschehen und damit vom Klima beeinflusst wird (Wind, Sonne, Wasser und Biomasse). Daher kann potenziell auch die Verwundbarkeit gegenüber Klimawandel bedingten Ereignissen steigen. Für eine erfolgreiche Energiewende werden somit die frühzeitige Berücksichtigung von Risiken und entsprechende Anpassungsmaßnahmen von steigender Relevanz sein. Eine detailliertere Betrachtung der Herausforderungen dieses und weiterer Transformationsprozesse hinsichtlich des Klimaschutzes und der Klimaanpassung erfolgt in Band 3, Kapitel 6.

Darüber hinaus existieren auch in anderen Bereichen Maßnahmen, die mit dem Energiesystem indirekt verknüpft sind und Synergien zwischen Klimaschutz und -anpassung aufweisen. Als Beispiel sei hier aus der Forstwirtschaft der Umbau sekundärer Nadelwälder in Laub(Nadel)mischwälder genannt. Sekundäre nicht standortangepasste Nadelwälder in Tieflagen sind gegenüber den möglichen Folgen des Klimawandels besonders anfällig. Hierbei handelt es sich vor allem um von Fichten dominierte und gegenüber Trockenstress und Borkenkäferschäden besonders anfällige Bestände auf Laubmischwaldstandorten. Durch den Umbau/die Überführung

in besser angepasste Laub(Nadel)mischwälder wird das Risiko von negativen Folgen durch den Klimawandel (Kalamitäten) verringert und die autonome Anpassungsfähigkeit der Wälder verbessert. Gleichzeitig stellen Forstprodukte sowohl im Ersatz energieintensiver Rohstoffe (z. B. Holzbau) als auch als biogene Energieträger eine wesentliche Säule von Klimaschutzmaßnahmen dar. Die Steigerung der autonomen Anpassungsfähigkeit der Wälder ist daher auch als Voraussetzung für die entsprechenden Klimaschutzmaßnahmen zu werten.

Weitere Beispiele für synergetische Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen in den Sektoren Verkehr, Landwirtschaft und Stadtplanung sind (nach Tuerk et al., 2010):

- Vergrößerung des Rückstrahleffekts (Albedo-Effekt) auf Außenoberflächen wie Dächern, Straßen, Autos und Parkplätzen, um das Aufheizen von Oberflächen zu verringern. Dies ist eine einfache und erschwingliche Option, die eine Kombination von Anpassung und THG-Minderung bedeutet und mit vergleichsweise niedrigen Kosten eingeführt werden kann.
- Pflanzung schattenspendender Bäume. Diese Option hilft während des Sommers, sich an Hitze anzupassen

und den Energieaufwand durch Kühlung zu verringern. Schattenspendende Bäume reduzieren auch Bodenerosionen und erhöhen die Grundwasserneubildung – insbesondere im urbanen Raum.

- Direktsaat, Mulchen und reduzierte Bodenbearbeitung verringern die Erosionsanfälligkeit durch Steigerung der Wasserspeicherkapazität des Bodens und bessere Bodenstruktur (geringere Bodenverdichtung, mehr Infiltration). Außerdem kann eine Abnahme der durch das Pflügen verursachten Oxidation des organischen Kohlenstoffs im Boden erreicht werden.

#### 1.4 Barrieren gegenüber effektiven Minderungs- und Anpassungsstrategien

#### 1.4 Obstacles to effective adaptation and mitigation

Trotz glaubwürdiger Vorhersagen und Warnungen zu den erwartbaren Konsequenzen des Klimawandels sind auf globaler Ebene nach wie vor steigende THG-Emissionen zu verzeichnen. In Österreich beispielsweise ist der gesamte Bruttoinlandsverbrauch seit 1990 um 29 % gestiegen, der für fossile Energieträger um 14 % (Anderl et al., 2011a). WissenschaftlerInnen prognostizieren drastische Auswirkungen (IPCC, 2007c; Rockström et al., 2009), sollten keine effektiveren Maßnahmen getroffen werden. Angesichts der realen Bedrohung sind die beobachtbaren Aktivitäten zur notwendigen Reduktion von Emissionen ungenügend, sowohl auf institutioneller als auch auf persönlicher Ebene (Grossmann et al., 2009). Obwohl die öffentliche Wahrnehmung und das Problembewusstsein in den vergangenen Jahren stark gestiegen sind, spiegelt sich dies nur bedingt in konkreten Maßnahmen wider (EESI, 2007). Auch der in Deutschland ansässige „Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ (WBGU, 2011) kommt zum Schluss, dass ein Wertewandel in Richtung einer positiveren Einstellung zu Klima und Umweltschutz bereits begonnen hat.

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den Gründen dieser Diskrepanz und möglichen Strategien um Verhaltensänderungen zu bewirken und kollektive Maßnahmen zu fördern, etwa durch verstärkte Einbindung der Privatwirtschaft zur Verringerung oder Vermeidung von THG-Emissionen. Gleichzeitig wird ein Überblick der bislang umgesetzten Emissionsminderungs- und Anpassungsstrategien sowie der verbleibenden Barrieren aus technologischer, ökonomischer und sozialer Sicht gegeben. Während natürliche Systeme Grenzen der

Belastbarkeit (Planetary Boundaries) aufweisen, sind soziale Systeme durch überwindbare Barrieren (Belastbarkeitsgrenzen in ökonomischen Systemen sind verschiebbar) charakterisiert (Rockström et al., 2009; Moser und Ekstrom, 2010). Unsicherheiten und deren Darstellung in den Medien haben einen bedeutsamen Einfluss auf die zugrundeliegenden Allokations- und Entscheidungsfindungsprozesse. Die mangelhafte Integration dieser Prozesse in andere politische Bereiche lässt sich in vielen Fällen durch wahrgenommene oder reale Interessenskonflikte erklären.

#### 1.4.1 Institutionelle und Governance-Barrieren

##### Kurzer Zeithorizont politischer Entscheidungsprozesse

Politische EntscheidungsträgerInnen fokussieren ihre Tätigkeit gewöhnlich auf kurzfristige Kosten und Nutzen und nicht auf langfristige Transitionen (Berrang-Ford et al., 2011). Maßnahmen zur Minderung des Klimawandels führen jedoch zu Anfangsinvestitionen in der Gegenwart und Nutzeffekten in Form verhinderter Klimawandelfolgen in der Zukunft. Dies erschwert die Gestaltung sowie die Umsetzung politischer Maßnahmen (Smith et al., 2009). Aber selbst wenn die zukünftigen Nutzeffekte in die Entscheidung mit einbezogen werden, müssen zukünftige Nutzen und Kosten auf den Entscheidungszeitpunkt diskontiert werden. Die verwendete Diskontrate sollte die Zeitpräferenz der Gesellschaft, die Zunahme des Konsums über die Zeit und den Abtausch zwischen heutigem und zukünftigem Konsum (Nutzenelastizität) abbilden (Watkiss, 2011). Je höher die verwendete Diskontrate, desto geringer fallen vermiedene Schäden in der Zukunft relativ zu heutigen Investitionen ins Gewicht. Während im Stern Report (Stern, 2007) eine Diskontrate nahe Null zu Grunde gelegt wurde, besteht zwischen ÖkonomInnen Unstimmigkeit über eine angemessene Höhe der Diskontrate (siehe z. B. Nordhaus, 2007a). Wenig widersprüchlich ist jedoch, dass Marktzinssätze aufgrund von Marktversagen auf langfristigen Finanzanlagemärkten eine unvollkommene Näherungsgröße darstellen (Arrow et al., 2004).

##### Eigeninteressen & Macht

Während der Industrialisierung haben sich Wirtschaft und Energiesysteme unter wechselseitiger Beeinflussung stark gewandelt (Sieferle 2010; Sieferle et al., 2006). Rezente Wirtschaftsstrukturen der industrialisierten Welt einschließlich der in Österreich sind entsprechend stark auf das fossil energetisch

dominierte Energiesystem ausgerichtet. WirtschaftsakteurInnen, die von diesem Status Quo profitieren, erschweren aufgrund ihrer ausgeprägten Einzelinteressen (Vested Interests) oft durch das Einlegen von öffentlichen aber auch informellen Vetos den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Gesellschaft (WBGU, 2011). Prominentes Beispiel, wie derartige Eigeninteressen sich gegen eine auf das Allgemeinwohl abzielende Klimapolitik stellen, ist die Aufrechterhaltung des auf fossiler Energie basierten Energiesystems durch die Ölindustrie (Moe, 2010). Der für eine Dekarbonisierung notwendige Wandel wird zudem erschwert, da diese Eigeninteressen durch staatliche Institutionen und Subventionen z. B. für die Exploration neuer Reserven und den Konsum gestützt werden (Cheon et al., 2013; G-20 Leaders, 2009; McLure, 2013).

Organisationen mit heterogenen Zielen, Eigentümerstrukturen und Geschäftsmodellen haben sehr spezifische Herangehensweisen in Bezug auf die Entwicklung und Umsetzung von Anpassungs- und Emissionsminderungsstrategien. In der Überwindung von Barrieren spielt die Akquisition und Allokation unternehmerischer Ressourcen eine wichtige Rolle. Die Existenz von Marktversagen und negativen externen Effekten (also die Auswirkungen ökonomischer Entscheidungen auf unbeteiligte MarktteilnehmerInnen) in vielen Branchen zeigen, dass es bislang noch nicht gelungen ist, die Kosten umweltrelevanter Maßnahmen transparent und fair zu verteilen (Held et al., 2007).

## Governance

Zentrale Barrieren politischer Entscheidungsfindung umfassen unter anderem fehlendes politisches Commitment, inadäquate oder unklare Zuständigkeiten, inadäquate Kooperation zwischen politischen AkteurInnen, zu geringe Expertise bei EntscheidungsträgerInnen, keine zufriedenstellenden Lösungen sowie die Komplexität möglicher Wirkungen und Ergebnisse von politischen Entscheidungen (Clar et al., 2012). Ursachen für fehlendes politisches Commitment reichen von kurzen Planungshorizonten, der geringen Bedeutung von Klimawandel relativ zu anderen Politikfeldern, bis zu fehlendem adäquaten Leadership (Moser und Ekstrom, 2010). Zudem können auch Trade-offs zwischen Klimaschutz und Anpassung (vgl. Abschnitt 1.3) bestehen, die in der Vergangenheit oftmals zu Lasten der Anpassung gelöst wurden. Bestehende Aufgabenverteilungen, Kompetenzen und Zuständigkeiten zwischen Ministerien und Ämtern aber auch zwischen öffentlichen und privaten Institutionen bedeuten, dass Klimaschutz und Anpassung häufig Querschnittsmaterien sind (Steurer und Trattning, 2010). Der sich daraus ergebende Koordinati-

onsbedarf ist daher erheblich und erfolgt oft mangelhaft, indem entweder auf Handlungen der übergeordneten Behörde gewartet wird oder Zuständigkeiten aufgrund von Uneinigkeiten über die Kostenaufteilung zurückgewiesen werden (Clar et al., 2012). Ein weiteres Koordinationsproblem betrifft die Abstimmung politischer Zielvorgaben zwischen unterschiedlichen Politikbereichen, die zu einander in Widerspruch stehen können. Inadäquate Koordination besteht hier etwa zwischen der Energiepolitik und anderen Politikfeldern (Verkehr, Landwirtschaft, Tourismus, Raumplanung und Industrie). So steht der Ausbau der transeuropäischen Netze, die den Güter- und Personenverkehr auf der Straße forcieren, im eklatanten Widerspruch zu Klimaschutzziele (Richardson, 1997).

Zur Überwindung von institutionellen und Governance-Barrieren ist daher eine grundlegende Veränderung der Denkweise erforderlich, die eines übergreifenden, systemischen Ansatz zum Ressourcenmanagement bedarf und in einen breiteren wirtschaftspolitischen Rahmen eingebunden ist (Dobbs et al., 2011). Dies erfordert auch, dass die zuständigen Behörden mit den entsprechenden Kompetenzen (Wissen, Personal, Budget) ausgestattet werden (Dobbs et al., 2011).

Die Analyse von Kommunikations- und Austauschbeziehungen erhöht die Transparenz von Informationsflüssen und stellt ein weiteres wichtiges Werkzeug für politische EntscheidungsträgerInnen dar, um die Akzeptanz geplanter Maßnahmen zu beurteilen. Erhöhte Transparenz hilft Interessenskonflikte zu erkennen, fördert die Entwicklung von Strategien mit breiter öffentlicher Unterstützung und reduziert die Wahrscheinlichkeit von Fehlinterpretationen oder bewussten Manipulationen – zum Beispiel Versuche, Einzelmeinungen als repräsentative Aussagen zu positionieren.

## Getting the Prices Right: Internalisierung externer Kosten und Nutzen

Aus ökonomischer Sicht führt die Nutzung fossiler Energieträger zu einem Externalitäten-Problem, wenn die bei Dritten anfallenden Kosten (des Klimawandels) nicht in den Preisen und somit Kosten berücksichtigt werden. Bei fossilen Energieträgern sind zwei Externalitäten-Kanäle bedeutsam: einerseits spiegeln die Preise der Energieträger nicht deren Kohlenstoffbilanz wider; dies setzt sich bei der Bepreisung von Gütern und Dienstleistungen fort, die ebenfalls nicht die THG-relevante Kohlenstoffbilanz im gesamten Kohlenstoffzyklus berücksichtigen (van den Bergh, 2012). Andererseits werden fossile Energieträger und energieintensive Produkte direkt oder indirekt gefördert, indem beispielsweise die Exploration neuer Quellen subventioniert wird oder CO<sub>2</sub>-intensive Anpassungsoptio-

nen (Klimaanlagen, künstliche Beschneigung, etc.) unterstützt werden. Ebenfalls führt eine fehlende Planungssicherheit bei der Unterstützung von erneuerbaren Energieträgern (z. B. in Form mittelfristig gültiger Einspeisetarife) zu einer zu niedrigen Marktdurchdringung von erneuerbaren Energieträgern.

### Finanzierung von Technologietransfer und Anpassung in Entwicklungsländern

Wie in Abschnitt 1.2.1 thematisiert, sind die Folgen des Klimawandels v. a. in Entwicklungsländern spürbar, wo die Anpassungskapazitäten niedrig sind. Die im Copenhagen Accord genannten finanziellen Beiträge der Industrieländer zur Unterstützung der Minderung und Anpassung in Entwicklungsländern sind unzureichend, zumal teilweise Mittel der generellen Entwicklungshilfe umgewidmet wurden. Gleichzeitig übernehmen die Industrieländer aus Sicht vieler Entwicklungsländer zu wenig Verantwortung für ihren Beitrag zu vergangenen THG-Emissionen.

#### 1.4.2 Wirtschaftliche Barrieren

### Finanzielle Herausforderung der Dekarbonisierung eines komplexen Systems

Um die vereinbarten Klimaschutz- und Anpassungsziele erreichen zu können, ist eine Änderung von Konsumgewohnheiten, Produktion sowie der Infrastruktur erforderlich (WBGU, 2011; van den Bergh, 2012). Eine wesentliche Barriere der Umsetzung politischer Maßnahmen stellen fehlende finanzielle Ressourcen dar (Smith et al., 2009). Erschwert wird dies dadurch, dass Klimaschutz und Anpassung mit schrittweisen Vorgehensweisen (z. B. lediglich Forschungsfinanzierung, nicht aber für Umsetzung und Monitoring) häufig nicht realisierbar sind (Moser und Ekstrom, 2010).

Barrieren in technologischen Innovationssystemen, welche die Diffundierung von Innovationen in den Massenmarkt beschränken, bestehen beispielsweise auch in Form mangelnder Flexibilität bezüglich Geschäftsfeldern, sowie fehlendem Vertrauen in zukünftige Märkte oder aus Schwierigkeiten bei der Mobilisierung finanzieller Ressourcen (Bergek et al., 2008). Investitionen zur Energieeinsparung können weiters für EigentümerInnen nicht rentabel sein, wenn diese die Kosten nicht auf die NutzerInnen übertragen können, obwohl diese daraus einen finanziellen Vorteil ziehen (z. B. thermische Althausanierung; Schleich und Gruber, 2008).

### Klimapolitik als internationale Herausforderung und Risiko der Emissionsverlagerung (Carbon Leakage)

Internationaler Klimaschutz ist ein öffentliches Gut, das zu Trittbrettfahrerverhalten führt (vgl. z. B. Nordhaus, 2007b). Studien zum Zustandekommen globaler Umweltabkommen zeigen, dass ein globales Abkommen immer dann schwer zu erreichen ist, wenn ein großer Unterschied zwischen individuell und global optimalen Reduktionszielen besteht, bzw. dass ein globales Abkommen, sollte es zustande kommen, nur sehr schwache Ziele beinhaltet (Barrett, 1994). Umgekehrt wird ein Abkommen dann erleichtert, wenn mehrere regionale Abkommen möglich sind, wenn es Transferzahlungen gibt oder wenn ein Umweltziel mit einem anderen Ziel verknüpft wird (z. B. Schuldenerlass, vgl. Carraro und Siniscalco, 1998; Barrett, 2003; Asheim et al., 2006).

Mit der Vertragsstaatenkonferenz in Kopenhagen 2009 erfolgte ein Übergang von einer Top-Down zu einer Bottom-up-Architektur, in der einzelne Staaten oder Regionen ihre Klimapolitik in Form so genannter Pledges (Zusicherungen) bekannt geben und in nationalem Recht implementieren. Ohne internationale Koordination und Verbindlichkeit dieser Vorhaben sind daher viele Staaten nicht bereit, verbindliche Reduktionsverpflichtungen einzugehen. Durch Emissionsvermeidung beispielsweise innerhalb der EU kann es somit zu Emissionsanstieg im EU-Ausland kommen. Dieses Phänomen wird als Carbon Leakage (also Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen) bezeichnet. Während Carbon Leakage für die erste und zweite Phase des EU Emissionshandels mit einer Größenordnung von 10 bis 30 % nur eine untergeordnete Rolle spielte (Babiker, 2005; Babiker und Rutherford, 2005; Barker et al., 2007; Kuik and Hofkes, 2010; Paltsev, 2001), kann Carbon Leakage bei strengeren Zielen, einer Erstversteigerung der Emissionszertifikate und rasch wachsenden Schwellenländern in Zukunft zu einem größeren Problem werden (Bednar-Friedl et al., 2012). Rund 50 % des Carbon Leakage-Effekts entsteht über Feedbacks (Rückkoppelungen) von internationalen Rohstoffmärkten, da eine reduzierte Nachfrage nach fossilen Energieträgern in den regulierten Regionen zu einer Preisreduktion und somit zu einer Zunahme der Rohstoffnachfrage in nicht-regulierten Ländern führt (Böhringer et al., 2010; Fischer und Fox, 2007).

### Rebound-Effekte und das Grüne Paradoxon

Ein mit dem Carbon-Leakage-Effekt verwandtes Problem ist der Rebound-Effekt, demzufolge Energieeffizienzsteigerungen

aufgrund von auftretenden Output-, Substitutions-, Wettbewerbs- und Einkommenseffekten (Hanley et al., 2009) zu einer erhöhten Energienachfrage führen (Brookes, 1990; Khaszoom, 1980). Die Schätzungen des Rebound-Effekts variieren jedoch stark nach Aktivität (Heizen, Industrieprozesse, Verkehr) und Studie (van den Bergh, 2011).

Ein weiteres Problem ist das Grüne Paradoxon (Sinn, 2008). Darunter versteht man die These, dass die Ankündigung, die Klimapolitik zu verschärfen, wie eine Enteignung der BesitzerInnen fossiler Energieträger wirkt. Dies führe dazu, dass der Abbau fossiler Ressourcen und somit der THG-Ausstoß zunächst beschleunigt würde. Während dieses Paradoxon als Argument gegen die Sinnhaftigkeit einer raschen Energiewende verwendet werden könnte, zeigen Edenhofer und Kalkuhl (2011) jedoch, dass dieses Paradoxon nur unter sehr spezifischen (unrealistischen) Annahmen auftritt.

### 1.4.3 Soziale Barrieren

Die Anpassungsfähigkeit einer Gesellschaft ist unter anderem von vorhandenem Wissen, Risikobereitschaft, Einstellungen und Kultur abhängig (Adger et al., 2007). Anders ausgedrückt hängt sie von der Ausstattung verschiedener Kapitalien ab. Das sind neben Natur-, Finanz- und Infrastrukturkapital vor allem auch Human- und Sozialkapital (vgl. Box 1.7).

#### Diskrepanz zwischen Umweltbewusstsein und umweltbewusstem Handeln

Die Bereitschaft, klimagerecht zu handeln, ist bei einem Großteil der österreichischen Bevölkerung gegeben. Die Verantwortung für klimabewusstes Verhalten schreiben die Befragten mehrheitlich sich selbst zu, übertragen diesen Bereich also nicht ausschließlich auf Unternehmen oder die Politik (Boecker, 2009; WWF und Karmasin, 2010). Wenn jedoch die Einstellungen mit dem tatsächlichen Verhalten verglichen werden, dann schlägt sich ein gesteigertes Klimabewusstsein nicht unbedingt in Verhaltensänderungen nieder – weder in Österreich noch international. In anderen Worten: Es besteht das Wissen darüber, dass etwas getan werden muss, aber es wird trotzdem zu wenig unternommen. Bardi und Schwartz (2003) sind der Auffassung, dass Werte und Einstellungen unser Verhalten beeinflussen, aber dass die Beziehung von Einstellungen und tatsächlichem Verhalten durch gesellschaftliche Normen verdeckt wird. Soziale Beziehungen und soziale Netzwerke wiederum haben bedeutenden Einfluss auf die Ausprägung dieser gesellschaftlichen und individuellen Normen und Werte (Christie et al., 2010).

Bisher wurde das Verhältnis von Klimabewusstsein und tatsächlichem Verhalten jedoch kaum systematisch untersucht (Grothmann und Patt, 2005). Für die Forschung über Klimaschutz-Maßnahmen ist das aber vor allem deshalb wichtig, weil die subjektiven Ansichten der Menschen über ihre Möglichkeiten vielfach vom objektiven Handlungspotenzial abweichen können. Infolge dessen kann die Anpassungsfähigkeit an Klimaveränderungen von den AkteurInnen überschätzt werden (Grothmann und Patt, 2005). Zudem können Anpassungsmaßnahmen die Einstellungen von Individuen oder Gruppen auch negativ beeinflussen, vor allem dann, wenn sie von anderen bestimmt werden und mit Einschränkungen verbunden sind (O'Brien, 2009). Individuen beginnen dann klimabewusst zu handeln, wenn sie sehen, dass diese Strategien positive Auswirkungen auf sie selbst, die Gesellschaft und ihre Umwelt haben und auch eine emotionale Beziehung besteht, also persönliche Betroffenheit betreffend des Klimawandels vorliegt. Zudem reicht es nicht, die Menschen nur über die Auswirkungen des Klimawandels zu informieren, sondern sie müssen auch tatsächlich eingebunden werden und das Gefühl bekommen, sie können an einem gesellschaftlichen Wandel teilhaben (Patchen, 2006). Aber selbst wenn Personen umweltbewusst handeln möchten, kann ein zu geringes Einkommen dazu führen, dass sie sich energiesparende Produkte und Dienstleistungen nicht leisten können (Kopatz et al., 2010).

#### Personal Efficacy & fehlende Bereitschaft, sich von Energieüberfluss zu verabschieden

Bewusstseinsbildung und entsprechende Änderungen im Verbraucherverhalten gehören zu den zentralen Komponenten in den meisten Ansätzen zur Überwindung von Barrieren bei der Umsetzung von Anpassungs- und Emissionsminderungsstrategien (Foti et al., 2008). Auf persönlicher Ebene wird der Klimawandel vielfach als geographisch und zeitlich entferntes Risiko wahrgenommen (Cogoy und Steininger, 2007). Darüber hinaus fehlt das Vertrauen in den persönlichen Wirkungsgrad und die Sinnhaftigkeit von Einzelmaßnahmen, die vielfach nur als sprichwörtlicher Tropfen auf dem heißen Stein wahrgenommen werden. Der wahrgenommene Wirkungsgrad zählt jedoch zu den primären motivationalen Faktoren, wenn es darum geht, konkrete Maßnahmen zu setzen (Bowman, 2008). Neue Formen der Kommunikation und Zusammenarbeit über elektronische Medien steigern diesen Wirkungsgrad, etwa durch die effektive und bei Bedarf auch spontane Koordination von Einzelaktivitäten, Bildung von Interessens- und Aktionsgemeinschaften unabhängig von geographischer

**Box 1.7: Human- und Sozialkapital im Kontext Klimawandel (Quelle: Adger, 2003)****Box 1.7: Human and social capital in the context of climate change (Source: Adger, 2003)**

Humankapital umfasst den Produktionsfaktor Arbeitskraft, die menschliche Gesundheit, relevantes Wissen sowie die Fähigkeit und Motivation, dieses Wissen umzusetzen – zum Beispiel im Rahmen von Klimaschutz-Maßnahmen, wenn Menschen ihre individuellen Fähigkeiten nützen, um frühzeitige Warnsignale zu erkennen oder um andere Menschen in Klimaschutz-Maßnahmen auszubilden.

Sozialkapital sind jene gesellschaftlichen Strukturen, Institutionen, Netzwerke und Beziehungen, die einzelne Personen innerhalb der Gesellschaft miteinander verbinden, und die es einer Person ermöglichen, ihr Humankapital zu erhalten, zu steigern und auszuschöpfen. Sozialkapital ermöglicht es effizienter und schneller zu handeln, vor allem im Umgang mit unvorhergesehenen Ereignissen, die nicht isoliert von der Gesellschaft betrachtet werden können. Sozialkapital hat private (Familie, FreundInnen) und öffentliche Elemente (Vereine, Gewerkschaften etc.), wobei letztere entscheidende Faktoren für die Anpassungsfähigkeit einer Gesellschaft an sich wandelnde Bedingungen und die Handlungsfähigkeit von Institutionen um auf die Risiken und Chancen des Klimawandels zu reagieren sind.

Nähe, Austausch von umweltrelevantem Wissen über elektronische Plattformen, oder Eco-Feedback-Technologien um die aggregierte Wirkung einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen aufzuzeigen und damit zu weiteren Verhaltensänderungen zu motivieren.

### Wahrnehmung von Veränderung und die Bereitschaft zur Anpassung

Die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen wird eher durch die Variabilität des Klimas (jahreszeitliche und unterjährige Schwankungen sowie Extremereignisse) ausgelöst als durch langfristige klimatische Veränderungen (Berrang-Ford et al., 2011). Dramatischere und beobachtbare Veränderungen werden eher als Nachweis des Klimawandels wahrgenommen, denn als Trendveränderungen, was in der sozialwissenschaftlichen Literatur als Availability Heuristic (Tversky und Kahneman, 1974) bezeichnet wird. Werden diese Ereignisse zudem durch die Medien vermittelt, steigt die persönliche Wahrnehmung derselben und die Wahrscheinlichkeit zu Anpassungshandlungen nimmt zu (Lorenzoni und Hulme, 2009; Moser, 2010).

#### 1.4.4 Technologische Barrieren

In der internationalen Literatur finden sich zahlreiche Publikationen, aus denen direkt oder indirekt der Schluss gezogen werden kann, dass das Erreichen von Emissionszielen wie den Kyoto-Zielvorgaben nicht an mangelnden technologischen Lösungen scheitern wird (Akashi and Hanaoka, 2012; Deluc-

chi and Jacobson, 2011; GEA, 2012; Grubb, 2004; Jacobson and Delucchi, 2011; Kettner et al., 2011b; Pacala and Socolow, 2004; WBGU, 2011). Andere Studien hingegen zeigen technische und ökonomische Einschränkungen dieser Lösungen auf, die hier im weiteren Sinn als technologische Barrieren diskutiert werden.

### Erreichbarkeit niedriger Stabilisierungsziele

Politische Vorgaben, wie beispielsweise seitens der Europäischen Kommission oder im Copenhagen Accord festgehalten, formulieren ein 2°C-Ziel bis zum Jahr 2100 gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter (vgl. Abschnitt 1.1.1 und 1.1.2; EK, 2007; UNFCCC, 2009). Minderungsszenarien, welche die THG-Konzentration deutlich unter dem Business-as-Usual-Emissionspfad reduzieren, werden als niedrige Stabilisierungsszenarien (Low Stabilization Scenarios) bezeichnet. Die Erreichbarkeit (Feasibility) solcher Emissionspfade umfasst die technische, ökonomische und politische Machbarkeit (Knopf et al., 2011). Ein Stabilisierungsziel ist technisch unerreichbar, wenn laut Modellsimulationen keine Szenarien existieren, die mit diesem Ziel konsistent sind. Ein Reduktionsziel ist ökonomisch und politisch unerreichbar, wenn ökonomische Kosten oder politische Barrieren die Zielerreichung verhindern.

Die technische Erreichbarkeit erfordert eine Analyse des möglichen technologischen Wandels im Energiesystem, hinsichtlich Kapitalerneuerung, Marktdurchdringung unterschiedlicher Technologien sowie unter Berücksichtigung von Pfadabhängigkeiten im Energiesystem. Übersteigen die globalen Emissionen 2050 10.5 Gt C/Jahr, oder ist der kohlenstoff-

freie Primärenergieanteil unter 50 %, kann das 550 ppm CO<sub>2</sub>-Äq. Ziel mit heute bereits bekannten Technologien nicht mehr erreicht werden (O'Neill et al., 2010).

Andere Studien sehen die technische Erreichbarkeit niedriger Reduktionsziele mittels erneuerbarer Energie, Effizienzverbesserungen und CCS gegeben (–50 % ggü. 1990; Akashi und Hanaoka, 2012). Jacobsen und Delucchi (2011) beurteilen eine Energiebereitstellung mit Wind, Wasser und Solarkraft bis 2030 als technisch und ökonomisch machbar, sie identifizieren primär soziale und politische Barrieren. Im Gutachten des WBGU (2011) wird aufgezeigt, „dass die technologischen Potenziale zur umfassenden Dekarbonisierung vorhanden sind“. Ebenso zeigen Pacala und Socolow (2004), dass das Klimaproblem mit derzeitigen Technologien lösbar ist.

### Einschränkungen der Erreichbarkeit

Einschränkungen, um gesetzte Ziele mit bereits vorhandenen Technologien zu erreichen, finden sich vor allem in der Frage, ob der geforderte Wandel rasch genug von statten gehen kann (O'Neill et al., 2010). Darüber hinaus wird die technische und ökonomische Erreichbarkeit einer weltweiten erneuerbaren Energiebereitstellung durch die zeitliche Variabilität der Verfügbarkeit von Wind und Strahlung in Frage gestellt, wodurch erhebliche Überschusskapazitäten notwendig werden (Trainer, 2012). Als dritte wesentliche Barriere bei der Verfolgung von Klimaschutzziele wird schließlich die Versuchung angeführt, die Hoffnung auf eine sogenannte Silver Bullet zu setzen, eine radikale bahnbrechende Technologie, die die geforderten Probleme ohne tiefgreifender Veränderungsprozesse lösen könnte (Grubb, 2004; Pinkse und Kolk, 2010).

### Inadäquate energiepolitische Signale

Ohne politische Unterstützung der Entwicklung und Implementierung neuer kohlenstofffreier Technologien werden die angestrebten Reduktionsziele bis 2050 nicht erreichbar sein, ferner sollten solche technologiepolitischen Maßnahmen mit Politikinstrumenten zur korrekten Bepreisung fossiler Energieträger ergänzt werden (Azar und Sandén, 2011).

Weitere Barrieren bei der Dekarbonisierung stellt ein niedriger „Energy Return On Investment“ (EROI) von erneuerbaren Energieträgern im Vergleich zu fossilen dar (Murphy und Hall, 2010; Dobbs et al., 2011). Zudem werden Investitionen in erneuerbare Energieoptionen als mit höheren Risiken verbunden wahrgenommen (Dobbs et al., 2011).

Auch bei Atomenergie ist der EROI niedrig und zudem, wie nach dem Reaktorunfall in Fukushima ersichtlich, mit er-

heblichen Risiken verbunden. CCS befindet sich derzeit erst im Entwicklungsstadium und weist Risiken hinsichtlich des plötzlichen Entweichens von CO<sub>2</sub> bei der Lagerung auf (Liljestam et al., 2012b). Beide Technologien erschweren eine entschiedene Umsetzung anderer Dekarbonisierungsstrategien (WBGU, 2011).

Zusammenfassend kann auf Basis der Literatur festgestellt werden, dass mit vorhandenen Technologien massive Emissionsreduktionen realisierbar sind und dass Technologien für die zunächst dringlich erforderlichen Umsetzungsschritte von Klimastrategien derzeit keine Barrieren darstellen. Unbestritten ist dabei, dass eine erhöhte Innovationsrate den Klimaschutz erleichtern würde. Unsicher bleibt hingegen, ob derzeit bekannte Technologien ausreichen, um die Ziele zur Gänze zu erreichen, da dies von einer Vielzahl komplex miteinander verbundener Faktoren und nicht-technischer Entwicklungen abhängt. In der Literatur wird auch darauf hingewiesen, dass sogenannte Lock-in-Situationen bei der Wahl von Technologien und bei der weiteren Entwicklung von Infrastrukturen zu vermeiden sind.

### 1.4.5 Fehlendes Wissen bzw. Unsicherheiten

#### Unsicherheiten bzgl. Vulnerabilitätsabschätzungen

Ein zentrales Konzept in der Klimaschutz-Politik und der Forschung über den Klimawandel ist jenes der Vulnerabilität. Das UNFCCC fordert die entwickelten Länder dazu auf, „die für die nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderungen besonders anfälligen Vertragsparteien, die Entwicklungsländer, außerdem dabei [zu unterstützen], die durch die Anpassung an diese Auswirkungen entstehenden Kosten zu tragen“ (United Nations, 1992, eigene Übersetzung). In der Forschung wird daher versucht Instrumente zu entwickeln, um die Vulnerabilität einzelner Länder, Regionen, Sektoren und Menschengruppen unter den Bedingungen des Klimawandels zu evaluieren. Eine Vielzahl dieser Versuche standardisierte Vulnerability Assessments zu entwickeln, werden jedoch kritisiert (Eriksen and Kelly, 2006; Barnett et al., 2008; Klein, 2009; Hinkel, 2011).

Definitionen, Methoden und konzeptuelle Rahmen sind unter anderem von Adger (2006), Eakin und Luers (2006) sowie von Wolf et al. (2010) diskutiert worden. Die Ungewissheit und Ungenauigkeit bei Vulnerabilitätsabschätzungen lässt sich auf die vage und inkonsistente Definition von Vulnerabilität und damit verbundener Konzepte (Anpassungskapazität, Sensitivität) zurückführen (Adger, 2006; Hinkel, 2008; Ionescu et al., 2009; Wolf et al., 2010). Einige Forschende sind der

Auffassung, dass Vulnerabilität nicht gemessen werden kann (Moss et al., 2001; Patt et al., 2008). Zudem werden die methodischen Schritte bei der Entwicklung von Vulnerabilitätsindikatoren oft nicht transparent dargestellt (Gallopín, 1997; Eriksen und Kelly, 2006, Klein, 2009). Ein weiteres Problem liegt darin, dass bei Vulnerabilitätsabschätzungen Annahmen über zwei eng miteinander verbundene Prozesse getroffen werden müssen: den Klimawandel mit seinen Folgen und sozio-ökonomische Veränderungsprozesse (demographische, soziale, wirtschaftliche und technologische Entwicklungen, die sich wiederum gegenseitig beeinflussen). Letztere Veränderungen werden allerdings meist nicht ausreichend berücksichtigt (Berkhout et al., 2002).

### Unzureichendes Human- und Sozialkapital um mit Änderungen umzugehen

Unsere Gesellschaft verfügt über das Potenzial sich an Veränderungen, wie den aktuellen Klimawandel, anzupassen. Dieses Potenzial kann als die Fähigkeit kollektiv zu handeln verstanden werden (Adger, 2003). Im Kontext der Anpassung an den Klimawandel sind Human- und Sozialkapital Schlüsselfaktoren, die es erlauben, politische Zielsetzungen zu erreichen (Porritt, 2007). Damit die Bedeutung von Human-, bzw. Sozialkapital erkannt wird und es erhöht werden kann, bedarf es ausreichender Information darüber, was unter diesen Kapitalformen zu verstehen ist und ein Bewusstsein darüber, welche Bedeutung ihnen zukommt. Maßnahmen, die diese Kapitalien erhöhen, sind oft niederschwellig und recht günstig (etwa ehrenamtliche HelferInnen bei Hitzeperioden in Städten, welche alte alleinstehende Menschen besuchen; Solidaritätsplan bei Extremereignissen; Stärkung des Vereinslebens in einer ländlichen Gemeinde). Das ACRP Projekt Capitaladapt-Klimanetz beschäftigt sich mit diesen Themen und erprobt die Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung von Human- und Sozialkapital in zwei österreichischen Gemeinden.<sup>32</sup>

### Fehlendes Wissen seitens der Entscheidungstragenden

Selbst wenn wissenschaftliche Ergebnisse vorliegen, gelangen diese aufgrund inadäquater Kommunikationskanäle zwischen Wissenschaft und Politik (sowie zwischen unterschiedlichen Ländern und Regionen) oftmals nicht zur Umsetzung (Clar et al., 2012). Eine wesentliche Barriere bei der Dekarbonisierung stellt etwa das fehlende Wissen über die Kohlenstoffintensität

relevanter Technologien, sowie über den Stand des technologischen Fortschritts dar (van den Bergh, 2011). Weiters sind die komplexen Zusammenhänge des Erdsystems z.B. über sogenannte Tipping Points (Kippunkte) und deren Folgen (Verkleinerung der Polkappen, Reduktion der Flächen mit Permafrost, Verwüstung des Amazonasgebiets, Greening of the Sahara) zu wenig bekannt. Werden aber diese Schwellwerte permanent überschritten, können irreversible Prozesse mit weitreichenden Konsequenzen in Gang gesetzt werden (Rockström et al., 2009).

### 1.4.6 Ansätze zur Überwindung der Barrieren

Tabelle 1.11 stellt die wesentlichen Barrieren sowie möglich Ansätze zur Überwindung derselben dar.

<sup>32</sup> Vbl. [www.klimanetz.at](http://www.klimanetz.at)

Tabelle 1.11 Barrieren von Anpassung und Emissionsminderung und Ansätze zu deren Überwindung

Table 1.11 Barriers to adaptation and mitigation and approaches to overcome them

Barriere	Exemplarische Ansätze zur Überwindung der Barriere
<b>GOVERNANCE</b>	
1.1 Kurze politische Entscheidungshorizonte: sofort wirksame Kosten von Klimaschutz im Widerspruch zu langfristigen Auswirkungen des Klimawandels	Systemischer Ansatz zu Ressourcenmanagement (Dobbs et al., 2011), Transparenz bei Entscheidungssituationen (Held et al., 2007), Veränderung der Diskontierungsraten (Arrow et al., 2004) (siehe 1.2)
1.2 Verwendung hoher Diskontierungsraten für zukünftige Schäden des Klimawandels im Rahmen von Entscheidungsprozessen	Berücksichtigung in den ökonomischen Methoden der Budget-Ansätze (Arrow et al., 2004)
1.3 Politische, institutionelle und ökonomische Pfadabhängigkeiten, Interessensstrukturen sowie VetospielerInnen erschweren den Übergang zu einer nachhaltigen Gesellschaft	Transitionsforschung zur Identifikation von Interessensstrukturen und von „akzeptablen“ Lösungen (WBGU, 2011), erhöhte Transparenz bei Entscheidungen (Held et al., 2007)
1.4 Inadäquate Koordination zwischen Energiepolitik und anderen Politikfeldern hinsichtlich Klimaschutz (Verkehr, Landwirtschaft, Tourismus, Raumplanung, Industrie etc.) – führt beispielsweise zu Raumnutzung ohne Rücksicht auf Energiefolgen	Lernende Herangehensweise bei institutionenübergreifenden Steuerungsgruppen (Nilsson und Swartling, 2009), Forschung zu für den Klimaschutz adäquaten Zuständigkeiten und zu Veränderung der institutionellen Mindsets (Dobbs et al., 2011)
1.5 Inadäquate Koordination zwischen unterschiedlichen EntscheidungsträgerInnen (Bund, Land, Gemeinden, Energieversorger, KleinanbieterInnen etc.)	Lernende Herangehensweise bei institutionenübergreifenden Steuerungsgruppen (Nilsson und Swartling 2009), Forschung zu für den Klimaschutz adäquaten Zuständigkeiten und zu Veränderung der institutionellen Mindsets (Dobbs et al., 2011)
1.6 Direkte und indirekte Förderungen energieintensiver Produkte, Dienstleistungen und Infrastrukturen (z. B. durch Subventionen auf Exploration, Förderung von CO <sub>2</sub> -intensiven Anpassungsmaßnahmen, ungenügende Planungssicherheit für Erneuerbare z. B. hinsichtlich Einspeisetarife)	Überarbeitung des Förderinstrumentariums, Forschung zu einem systemischen Ansatz des Ressourcenmanagements und dessen Nutzung für politische Entscheidungssituationen (Dobbs et al., 2011)
1.7 Preise der Energieträger bzw. von Gütern und Dienstleistungen spiegeln nicht deren treibhausrelevante Kohlenstoffbilanz wider	Ökologische Steuerreform (Verschiebung der Steuerlast von Arbeit auf Energie) (Bosquet, 2000), Förderung erneuerbarer alleine birgt die Gefahr des Green Paradox (Sinn, 2008; van den Bergh, 2012)
1.8 Folgen des Klimawandels sind vor allem in Entwicklungsländern spürbar, wo die Anpassungskapazitäten niedrig sind und die Verantwortung der Industrieländer für ihren Beitrag zu vergangenen THG-Emissionen gering ist.	Verstärkung des österreichischen Engagements z. B. in den Initiativen der Europäischen Union (z. B. Ressourcenstrategie)
1.9 Mangelnde Kompetenzen bei Planungsaufgaben z. B. im Verkehrswesen, unzureichende Kenntnisse der realen Systemwirkungen	Forschung in Systemwirkungen, Emissionsminderung von Lock-in Situationen und Anpassung der Ausbildung
<b>WIRTSCHAFTLICHE BARRIEREN</b>	
2.1 Barrieren bei der Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems, beispielsweise in Form einer mächtigen Bauindustrie, die gemeinsam mit Banken agiert; Netzwerke von Abhängigkeiten, welche nicht nur innerhalb der Wirtschaft bestehen, sondern auch in die staatliche Verwaltung reichen etc.	Schaffung einer besseren Wissensgrundlage über die Dynamik von Innovationsystemen, um deren zentrale AkteurInnen, Netzwerke, und Strukturen, um politische Interventionspunkte identifizieren zu können (Bergek et al., 2008); Verschiebung des Fokus von unternehmerischen Entscheidungen von Arbeits- und Kapitalproduktivität auf Ressourcenproduktivität (Dobbs et al., 2011)
2.2 EigentümerInnen-NutzerInnen-Dilemma: Investitionen zur Energieeinsparung sind z. B. für EigentümerInnen von Büroflächen nicht rentabel, da diese die Kosten oft nicht auf die NutzerInnen übertragen können, obwohl diese daraus einen finanziellen Vorteil ziehen (z. B. thermische Althausanierung)	Verpflichtender Energieausweis für vermietete Objekte, Mietregulierungen in Abhängigkeit vom Energieverbrauch (Schleich und Gruber, 2008)

Barriere	Exemplarische Ansätze zur Überwindung der Barriere
2.3 Carbon Leakage Effekte: Emissionsreduktion in stärker dem Klimaschutz verpflichtenden Ländern/Regionen führt zu Emissionszunahmen in weniger stark verpflichteten Ländern/Regionen	International abgestimmte Vorgehensweise bei der Bepreisung von THG (Dobbs et al., 2011; van den Bergh, 2012) oder internationale Kooperation bei der Reduktion von THG (Dobbs et al., 2011); sollte internationale Abstimmung unmöglich sein, Anti-Leakage Politik in Form von Importsteuern auf THG oder allenfalls auch Exportsubventionen (van Asselt und Brewer, 2010).
2.4 Rebound Effekte: effizientere Technologien führen zu Kosteneinsparungen, dadurch freigewordene finanzielle Ressourcen werden für mehr oder andere energieintensive Produkte oder Dienstleistungen ausgegeben	Koordinierte Herangehensweise der Energiepolitik, z. B. durch gleichzeitige Erhöhung der Energiesteuer oder Einführung einer CO <sub>2</sub> -Steuer (Hanley et al., 2009)
<b>SOZIALE BARRIEREN</b>	
3.1 Diskrepanz zwischen Umweltbewusstsein und umweltbewussten Handeln (Rollendistanz, fundamentale Attributionsfehler, Mechanismen zur Dissonanzreduktion)	Choice-Editing (Verbot von Produkten und Praktiken, die bei kleinem Nutzen hohe Umweltbelastungen nach sich ziehen), Preissignale (Maniates, 2010)
3.2 neue „Energiearmut“: nur Personen mit ausreichendem Einkommen können sich notwendige Produkte und Dienstleistungen leisten	Anpassung der Sozialpolitik (Kopatz et al., 2010)
3.3 Personal efficacy: Keine Bereitschaft, sich von Energieüberfluss zu verabschieden (derzeit wird Energie nicht als kritische Ressource angesehen, Verfügbarkeit ist selbstverständlich)	Bewusstseinsbildung über Peak oil und Endlichkeit von nicht-erneuerbarer Energie sowie Auswirkungen des eigenen Lebensstils auf sich selbst, andere jetzt lebende Personen und zukünftigen Generationen
3.4 Vorstellung von technologischer Machbarkeit steht einer flexibleren Abstimmung von Angebot und Nachfrage im Weg	Smart Grids die Lernen bei ProduzentInnen und KonsumentInnen fördern
3.5 Extremereignisse führen eher zu Verhaltensänderungen (Anpassung) als graduelle Veränderungen	Aufklärung und Information
<b>TECHNOLOGISCHE BARRIEREN</b>	
4.1 Langsame Diffusion vorhandener Technologien	Eine entschiedene Klimapolitik kann die Marktdurchdringung stark beschleunigen (WBGU, 2011)
4.2 Zeitliche Variabilität der Verfügbarkeit von Wind und Strahlung	Konzeptualisierung der Technologieentwicklung als öffentliches Gut-Problem, um hier eine rasche Entwicklung von Systeminnovationen, in denen technologische Lösungen eingebettet sind, zu fördern. Für Wind und Strahlung ist hier eine Flexibilisierung der Nachfrage, Smart Grids wie auch Verbesserung der Speichertechnologien zu nennen.
4.3 Hoffnung auf eine „magic bullet“, eine bahnbrechende Technologie, verleitet die Klimapolitik dazu, Entscheidungen über derzeit machbare aber schwer durchzusetzende Dekarbonisierungsstrategien aufzuschieben (Beispiele dafür sind Carbon Capture and Storage (CCS), Atomenergie sowie 2 <sup>nd</sup> Generation Biofuels)	Bewertung potentieller „magic bullets“ (inkl. Kosten, EROI [Energy Return On Investment] und Risikoabschätzungen). So ist Atomenergie aufgrund des schlechten EROIs (Energy Return On Investment) sowie hoher Kosten und großer Risiken nicht geeignet. CCS ist derzeit im Entwicklungsstadium (noch keine Pilotanlagen), senkt den Wirkungsgrad des Energiesystems, leakage Probleme scheinen ungelöst, riskante Technologie, hohe Kosten. Auch die Forschung zu 2 <sup>nd</sup> Generation Biofuels haben derzeit noch keine signifikanten Fortschritte erzielt. Zudem bleibt die Flächenkonkurrenz für die Lebensmittelproduktion bestehen. Aus heutiger Sicht sind keine „magic bullets“ zu erwarten.
4.4 EROI (Energy Return On Investment) ist für erneuerbare Energien schlechter (aber auch für unkonventionelle fossile Energieträger)	Gezielte Programme für energieeffizientere Lösungen und zur Nachfragesenkung sind erforderlich (z. B. im Verkehr: Urbane Zentren mit Reduktion des motorisierten Individualverkehrs und kompaktere Siedlungsstrukturen – Stopp der Zersiedelung)

Barriere	Exemplarische Ansätze zur Überwindung der Barriere
4.5 Autoindustrie setzt weiter auf billige und leichte Energieverfügbarkeit, Beispiel: E-Mobilität	Integrierte Bewertungsansätze von Entwicklungen, die Wirkungen auf nationaler und globaler Systemebene als Referenz heranziehen
FEHLENDES WISSEN/ UNSICHERHEIT	
5.1 Unsicherheiten bzgl. Vulnerabilitätsabschätzungen	Verbesserung der Frühwarnsysteme; Maßnahmen zur Reduktion von Exposure und Sensitivity (Patt et al., 2009; Birkmann, 2006)
5.2 Unzureichendes Human- und Sozialkapital um mit Änderungen umzugehen	Bewusstseinskampagnen betreffend die Bedeutung von Human- und Sozialkapital sowie Unterstützung der Gemeinden bei der Entwicklung von Maßnahmen, die Human- und Sozialkapital stärken (Fraser, 2009; Adger, 2003).
5.3 Fehlendes Wissen über das Erdsystem z. B. über tipping points und deren Folgen (Verkleinerung der Polkappen, Reduktion der Flächen mit Permafrost, Verwüstung des Amazonasgebietes, Greening of Sahara desert etc.)	Globale Modellierung bleibt unsicher, entschiedener Klimaschutz ist die zuverlässigste Maßnahme; Anpassungsmaßnahmen, die robust sind, d. h. auch bei unterschiedlichen konkreten Entwicklungen vorteilhaft sind
5.4 Fehlendes Wissen über die Karbonintensität relevanter Technologien und des technologischen Fortschrittes	Systematischer Aufbau von Datenbanken auf Basis internationaler Kooperationen, und Entwicklung von effektiven Werkzeugen, um auf das in diesen Datenbanken enthaltene Wissen rasch und kontextspezifisch zugreifen zu können
5.5 Wenig Wissen darüber, welche Infrastruktur notwendig bzw. möglich ist, um Energieziele zu erreichen	Forschung zur Verbindung von Energie- und Materialintensität verschiedener Infrastruktursysteme
5.6 grundlegende Irrtümer auf allen Ebenen über Annahmen und Wirkungszusammenhänge, etwa im Fall technischer Verkehrssysteme („Mobilitätswachstum“ das es nicht gibt)	Maßnahmen, Methoden und Technologien, um die Transparenz öffentlicher Kommunikation zu steigern, um falsche oder irreführende Informationen sowie deren Quelle zu identifizieren

## 1.5 Forschungsbedarf

### 1.5 Research needs

- Integration von Klimapolitik in andere Politikfelder auf nationaler Ebene (Bund, Länder, Gemeinden) und europäischer Ebene: Fortschritt bezüglich der Integration von Klimapolitik in anderen Politikbereichen (v. a. Energie, Verkehr, Land- und Forstwirtschaft). Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Instrumenten und Maßnahmen. Bessere Nutzung von Synergien und Verhinderung von Trade-offs.
- Fragen zur Verankerung klimapolitischer Erfordernisse in politischen Entscheidungsprozessen und der öffentlichen Meinungsbildung: Ermittlung von Faktoren (endogenen und exogenen) für eine bessere Verankerung in Politik und öffentlicher Meinung. Identifizierung der zentralen AkteurInnen, die letztlich dafür entscheidend sind, ob Klimapolitik effektiv oder ineffektiv ist.
- Klimapolitikinnovationen: Identifikation von Barrieren und fördernden Faktoren bzw. der Bedingungen klimapolitischer Innovationen. Diffusions- und Lernprozesse über Ländergrenzen hinweg (von anderen Ländern nach Österreich oder vice versa). Ermittlung von Potenzialen und Grenzen der Diffusion von Klimapolitikinnovationen.
- Mögliche Instrumente und Maßnahmen zur Verringerung von Emissionen entlang der Wertschöpfungskette: Reduzierung der zunehmenden Divergenz zwischen Emissionsminderung im Inland (und somit Absinken der produktionsbasierten Emissionen) und importierten Emissionen aus dem Ausland (Zunahme der konsumbasierten Emissionen). Abschätzung der Wechselwirkungen zwischen „Vorreiterrolle“ und „Unilateralität“.
- Untersuchung der Wirksamkeit von kurz- und langfristigen klimapolitischen Maßnahmen auf nationaler und europäischer Ebene („Europa 2020“-Prozess): Stellenwert des Klimaschutzes im „Europa 2020“-Prozess und Erfolg der europäischen Governance diesbezüglich. Ermittlung der Bereiche, wo Mitigationsmaßnahmen langfristige Verhaltensänderungen schaffen, und wo nur kurzfristige Ausweichreaktionen stattfinden.
- Wirksamkeit von Szenarien und Pathways: Geeignete Instrumente und Maßnahmen, um technologische, öko-

nomische und gesellschaftliche Reduktionspotenziale zu erreichen. Gestaltung von Modellen und Szenarien für kurze, mittlere und lange Zeithorizonte hin zu einer „Post Carbon“-Wirtschaft und -Gesellschaft.

- Integration von Anpassung in diverse Politikbereiche: Entstehung eines neuen querliegenden Politikfeldes „Anpassung“ und Bestimmung der institutionellen, akteursstrategischen und diskursiven Wandlungsprozesse. Identifikation von Öffnungsprozessen hin zu neuen politischen und planerischen Lösungen (auch in anderen von Anpassung betroffenen Politikbereichen).
- Von Anpassungsstrategien zu Maßnahmen: Tatsächlicher Erfolg von Regierungen bei der Umsetzung von Anpassungsstrategien. Bestimmung von förderlichen und behindernden Faktoren bezüglich der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Identifikation von Erfolgsbedingungen für erfolgreiche Anpassung.
- Umgang mit Unsicherheiten und Interaktionen zwischen Wissenschaft und Politik bei Entscheidungen: Stärkung der beidseitigen Interaktion von Wissenschaft und Politik. Verbesserung der Wissensbasis von politischen Entscheidungen. Weiterentwicklung von Modellen und Szenarien, um mit Unsicherheiten und Variabilitäten besser umzugehen.
- Soziale Aspekte der Klimaschutz- und Anpassungspolitik: Rolle von politischen, ökonomischen und/oder ethischen Überlegungen bei der Verteilung von Kosten des Klimawandels zwischen unterschiedlich entwickelten und unterschiedlich betroffenen Regionen, u. a. am Beispiel des Green Climate Fund.
- Grenzen der Anpassung für Österreich: Bestimmung der Stärke klimatischer Veränderung (Temperaturänderung, Verschiebung klimatischer Zonen etc.), die zu den Grenzen der Anpassungsfähigkeit führen. Ermittlung welche Klimawandelfolgen (Art bzw. Ausmaß) durch grüne Anpassungsmaßnahmen abgedeckt werden können, welche graue Maßnahmen erfordern und welche volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen damit verbunden sind.
- Die Relevanz sozioökonomischer Entwicklungen: Beeinflussung von Kosten des Klimawandels sowie der Anpassung an diesen durch sozioökonomische Veränderungen (demographischer Wandel, Strukturwandel etc.). Einfluss dieser im Vergleich zu Veränderungen der klimatischen Exposition.
- Vereinbarkeit von Energie- und Klimazielen unter Berücksichtigung internationaler Energiemärkte: Formen von Wechselwirkungen zwischen Energiewende, internationalen Energiemärkten und Klimapolitik. Verhinderung von Versorgungsunterbrechungen und -engpässen bei zunehmender Nutzung von erneubarem Strom. Qualifizierung einer Risikosteuerung hinsichtlich des Energiemixes aus der Perspektive der Versorgungssicherheit.
- Wechselwirkung zwischen Emissionsminderung (Mitigation) und Klimawandelanpassung (Adaptation): Feststellung des Maßes optimaler Anpassung und deren zeitgerechter Umsetzung. Klärung der Frage, ob ungesteuerte private Anpassung zu signifikanten zusätzlichen Emissionen und Ressourcenverbräuchen führt. Verhinderung von zu viel und zu wenig Anpassung bzw. Vermeidung von Trade-offs zwischen Anpassung und Klimaschutz.
- Finanzpolitische Auswirkungen des Klimaschutzes: Konsequenzen unterschiedlicher Förderinstrumente auf die Volkswirtschaft (sektorale Effekte, Beschäftigung, Einkommensverteilung, Wohlfahrt etc.).
- Sozioökonomische Herausforderungen einer Transformation: Erkenntnisgewinne aus der Übertragung von Best-Practice-Beispielen für die Gestaltung von Rahmenbedingungen, Möglichkeiten sowie Erfolgsfaktoren (Success Factors). Identifikation neuer Grundlagen politischen Handelns und politischer Strukturen, die für eine Transformation ggf. erforderlich sind.
- Innovative Umsetzungsprozesse: Gestaltung von Umsetzungsprozessen für Klimaschutz und Anpassung, so dass alle optimal aus den Fehlern und Erfolgen lernen, und es zu einem Kompetenzaufbau (Capacity Building), Wissenstransfer sowie sozialen Lernprozess kommt. Verwirklichung eines möglichst breiten, integrativen und alle Facetten abdeckenden Anpassungs- und Klimaschutzprozesses. Umgang mit Argumenten der KlimawandelskeptikerInnen.
- Integrative Szenarientwicklung (angelehnt an IPCC): Identifikation entscheidender Rahmenbedingungen für die Entwicklung sozialer Vulnerabilität und letztlich für die sozialen Kosten des Klimawandels in Österreich. Konsistente Ableitung österreichischer sozioökonomischer Szenarien mit Einbeziehung der Betroffenen, aufbauend auf bestehenden Szenarien.
- Transdisziplinäre Zusammenarbeit und politische Steuerung: Gestaltung des Aufbaus und der Unterstützung sozialer Innovationsprozesse (z. B. neuer Netzwerke). Ablauf der Koordination von Klimapolitik vor dem Hintergrund von Medien-, Interessens- und Machtstrukturen. Sicherstellung von wissensbasierten Entscheidungen auf allen Ebenen. Gestaltung von politischen Steuerungsprozessen für öffentliche und private Anpassung.

## 1.6 Literaturverzeichnis

### 1.6 References

- Aaheim, A., Amundsen, H., Dokken, T., Wei, T., 2012. Impacts and adaptation to climate change in European economies. *Global Environmental Change* 22, 959–968. doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.06.005
- Adger, W.N., 2003. Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. *Economic Geography* 79, 387–404.
- Adger, W.N., 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 268–281.
- Adger, W.N., Agrawal, S., Mirza, M.M.W., Conde, C., O'Brien, K.L., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B., Takahashi, K., 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity, in: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Hanson, C.E., van der Linden, P.J. (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 719–743.
- Akashi, O., Hanaoka, T., 2012. Technological feasibility and costs of achieving a 50 % reduction of global GHG emissions by 2050: mid- and long-term perspectives. *Sustain Sci* 7, 139–156. doi:10.1007/s11625-012-0166-4
- Anderl, M., Bednar, W., Böhmer, S., Gössl, M., Gugele, B., Ibesich, N., Jöbstl, R., Kuschel, V., Lampert, C., Muik, B., Pazdernik, K., Poupa, S., Schacher Mayer, E., Schneider, J., Seuss, K., Sporer, M., Stranner, G., Storchmann, A., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zethner, G., Zechmeister, A., Kommunalkredit Public Consulting GmbH, 2010. *Klimaschutzbericht 2010* (No. 0267). Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Bednar, W., Gössl, M., Göttlicher, S., Gugele, B., Ibesich, N., Jöbstl, R., Köther, T., Kuschel, V., Lampert, C., Neubauer, C., Pazdernik, K., Poupa, S., Purzner, M., Riegler, E., Schneider, J., Seuss, K., Sporer, M., Stranner, G., Storch, A., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zechmeister, A., Zethner, G., Kommunalkredit Public Consulting GmbH, 2011a. *Klimaschutzbericht 2011* (No. 0334). Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Braun, M., Böhmer, S., Gössl, M., Köther, T., Krutzler, T., Lampert, C., Pazdernik, K., Purzner, M., Poupa, S., Sporer, M., Storch, A., Stranner, G., Wiesenberger, H., Weiss, P., Zechmeister, A., Zethner, G., 2011b. *GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria. Reporting under Decision 280/2004/EC. 15th March 2011* (No. 0331). Umweltbundesamt Wien, Wien.
- Anderl, M., Bednar, W., Fischer, D., Gössl, M., Heller, C., Jobstmann, H., Ibesich, N., Köther, T., Kuschel, V., Lampert, C., Neubauer, C., Pazdernik, K., Perl, D., Poupa, S., Purzner, M., Riegler, E., Schenk, C., Schieder, W., Schneider, J., Seuss, K., Sporer, M., Schodl, B., Stoiber, H., Storch, A., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zechmeister, A., Zethner, G., Kommunalkredit Public Consulting GmbH, 2012a. *Klimaschutzbericht 2012* (No. 0391). Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Freudenschuß, A., Haider, S., Köther, T., Kriech, M., Lampert, C., Pazdernik, K., Poupa, S., Purzner, M., Schodl, B., Stranner, G., Schwaiger, E., Sporer, M., Weiss, P., Wieser, G., Zechmeister, A., Zethner, G., 2012b. *Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2010, Submissions under Decision 280/2004/EC (0361)*. Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Bednar, W., Gössl, M., Haider, S., Heller, C., Jobstmann, H., Köther, T., Lampert, C., Pazdernik, K., Poupa, S., Rigler, E., Schieder, W., Schindlbacher, S., Schmid, C., Schneider, J., Schmid-Ruzicka, S., Seuss, K., Stranner, G., Storch, A., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zechmeister, A., Zethner, G., Kommunalkredit Public Consulting GmbH, 2013. *Klimaschutzbericht 2013* (No. 0420). Umweltbundesamt, Wien.
- Arrow, K., Dasgupta, P., Goulder, L., Daily, G., Ehrlich, P., Heal, G., Levin, S., Mäler, K.-G., Schneider, S., Starrett, D., Walker, B., 2004. Are We Consuming Too Much? *Journal of Economic Perspectives* 18, 147–172. doi:10.1257/0895330042162377
- Asheim, G.B., Froyen, C.B., Hovi, J., Menz, F.C., 2006. Regional versus global cooperation for climate control. *Journal of Environmental Economics and Management* 51, 93–109. doi:10.1016/j.jeem.2005.04.004
- Azar, C., Sandén, B.A., 2011. The elusive quest for technology-neutral policies. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1, 135–139. doi:10.1016/j.eist.2011.03.003
- Babiker, M.H., 2005. Climate change policy, market structure, and carbon leakage. *Journal of International Economics* 65, 421–445. doi:10.1016/j.jinteco.2004.01.003
- Babiker, M.H., Rutherford, T.F., 2005. The Economic Effects of Border Measures in Subglobal Climate Agreements. *The Energy Journal* Volume 26, 99–126.
- Bardi, A., Schwartz, S.H., 2003. Values and Behavior: Strength and Structure of Relations. *Pers Soc Psychol Bull* 29, 1207–1220. doi:10.1177/0146167203254602
- Barker, T., Junankar, S., Pollitt, H., Summerton, P., 2007. Carbon leakage from unilateral Environmental Tax Reforms in Europe, 1995–2005. *Energy Policy* 35, 6281–6292. doi:10.1016/j.enpol.2007.06.021
- Barnett, J., Lambert, S., Fry, I., 2008. The Hazards of Indicators: Insights from the Environmental Vulnerability Index. *Annals of the Association of American Geographers* 98, 102–119. doi:10.1080/00045600701734315
- Barrett, S., 1994. Self-Enforcing International Environmental Agreements. *Oxford Economic Papers* 46, 878–94.
- Barrett, S., 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford University Press.
- Bauer, A., Feichtinger, J., Steurer, R., 2012. The Governance of Climate Change Adaptation in 10 OECD Countries: Challenges and Approaches. *Journal of Environmental Policy & Planning* 14, 279–304. doi:10.1080/1523908X.2012.707406
- Bednar-Friedl, B., Kulmer, V., Schinko, T., 2012. The effectiveness of anti-leakage policies in the European Union: results for Austria. *Empirica* 39, 233–260. doi:10.1007/s10663-012-9186-7
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., Rickne, A., 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy* 37, 407–429. doi:10.1016/j.respol.2007.12.003
- Berkhout, F., Hertin, J., Jordan, A., 2002. Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as „learning machines“. *Global Environmental Change* 12, 83–95. doi:10.1016/S0959-3780(02)00006-7
- Berrang-Ford, L., Ford, J.D., Paterson, J., 2011. Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change* 21, 25–33. doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.09.012
- BGBI, 1995. 477. Übereinkommen zum Schutz der Alpen (Alpenkonvention) samt Anlage.

- BGBI, 1999. 149. Bundesverfassungsgesetz für ein atomfreies Österreich.
- BGBI, 2002. 149. Bundesgesetz: Ökostromgesetz sowie Änderung des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetzes (EIWOG) und das Energieförderungsgesetzes 1979 (EnFG).
- BGBI, 2008a. 113. Bundesgesetz, mit dem das Wärme- und Kälteleitungsausbau geset erlassen und das Energie-Regulierungsbehörden gesetz geändert wird.
- BGBI, 2008b. 111. Bundesgesetz, mit dem Bestimmungen auf dem Gebiet der Kraft-Wärme-Kopplung neu erlassen werden (KWKGesetz).
- BGBI, 2009a. 251. Vereinbarung gemäß Art. 15a. B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen.
- BGBI, 2009b. 168. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Kraftstoffverordnung 1999 geändert wird.
- BGBI, 2011a. 144. Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über das Verbot der geologischen Speicherung von Kohlenstoffdioxid erlassen wird und das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000, das Bundes-Umwelthaftungsgesetz, die Gewerbeordnung 1994 sowie das Mineralrohstoffgesetz geändert werden.
- BGBI, 2011b. 106. Bundesgesetz zur Einhaltung von Höchstmengen von Treibhausgasemissionen und zur Erarbeitung von wirksamen Maßnahmen zum Klimaschutz (Klimaschutzgesetz – KSG).
- BGBI, 2011c. 75. Bundesgesetz über die Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (Ökostromgesetz 2012 – ÖSG 2012).
- Biesbroek, G.R., Swart, R.J., Carter, T.R., Cowan, C., Henrichs, T., Mela, H., Morecroft, M.D., Rey, D., 2010. Europe adapts to climate change: Comparing National Adaptation Strategies. *Global Environmental Change, Governance, Complexity and Resilience* 20, 440–450. doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.03.005
- Birkmann, J., 2006. Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies. United Nations University, Tokyo; New York.
- BMEIA, 2009. Strategischer Leitfaden Umwelt und Entwicklung der österreichischen Entwicklungspolitik. Bundesministerium für europäische und internationale Angelegenheiten Sektion VII – Österreichische Entwicklungs- und Ostzusammenarbeit, Wien.
- BMLFUW, 2007a. Richtlinien für das österreichische JI/CDM-Programm. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2012b. Entwurf. Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 2 – AKTIONSPLAN. Handlungsempfehlungen für die Umsetzung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2012a. Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 1: Kontext. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2007b. Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008-2012. Vorlage zur Annahme im Ministerrat am 21. März 2007. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2002. Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels. Vorlage zur Annahme durch den Ministerrat am 18.06.2002. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW, 2014. Austria's Sixth National Communication. Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Vienna, Austria, Wien.
- BMLFUW, BMWFJ, 2010. Energiestrategie Österreich. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Bodansky, D., 2001. The history of the global climate change regime, in: Luterbacher, U., Sprinz, D.F. (Eds.), *International Relations and Global Climate Change, Global Environmental Accords Series*. MIT Press, Cambridge, Mass.
- Boecker, M.C., 2009. Jugend und die Zukunft der Welt. Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage in Deutschland und Österreich „Jugend und Nachhaltigkeit“. Bertelsmann Stiftung, Bundesministerium für Europäische und internationale Angelegenheiten, tns emnid, Gütersloh/Wien.
- Böhringer, C., Lange, A., Rutherford, T.F., 2010. Optimal Emission Pricing in the Presence of International Spillovers: Decomposing Leakage and Terms-of-Trade Motives (Working Paper No. 15899). National Bureau of Economic Research.
- Bosquet, B., 2000. Environmental tax reform: does it work? A survey of the empirical evidence. *Ecological Economics* 34, 19–32. doi:10.1016/S0921-8009(00)00173-7
- Bowman, T., 2008. Summary Report: A Meeting to Assess Public Attitudes about Climate Change. National Oceanic and Atmospheric Administration, George Mason University Center for Climate Change Communications, Silver Spring, Maryland.
- Brookes, L., 1990. The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution. *Energy Policy* 18, 199–201. doi:10.1016/0301-4215(90)90145-T
- Butzengeiger-Geyer, S., Köhler, M., Michaelowa, A., 2011. Driving meaningful adaptation action through an adaptation market mechanism. (FNI Climate Policy Perspectives 3). Fridtjof Nansen Institute, Lysaker, Norway.
- Carraro, C., Siniscalco, D., 1998. International Institutions and Environmental Policy: International environmental agreements: Incentives and political economy. *European Economic Review* 42, 561–572. doi:10.1016/S0014-2921(97)00118-9
- Cheon, A., Urpelainen, J., Lackner, M., 2013. Why do governments subsidize gasoline consumption? An empirical analysis of global gasoline prices, 2002–2009. *Energy Policy* 56, 382–390. doi:10.1016/j.enpol.2012.12.075
- Christie, I., Jackson, T., Rawies, K., 2010. International Dimensions of Climate Change. Report 1.3: Ethical, Social and Behavioral Impacts of Climate Change. (Commissioned as part of the UK Government's Foresight Project on the International Dimensions of Climate Change). Government Office for Science, UK.
- Ciscar, J.-C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabó, L., Regemorter, D.V., Amelung, B., Nicholls, R., Watkiss, P., Christensen, O.B., Dankers, R., Garrote, L., Goodess, C.M., Hunt, A., Moreno, A., Richards, J., Soria, A., 2011. Physical and economic consequences of climate change in Europe. *PNAS* 108, 2678–2683. doi:10.1073/pnas.1011612108
- Clapp, C., Karousakis, K., Buchner, B., Chateau, J., 2009. National and Sectoral GHG Mitigation Potential (OECD/IEA Climate Change Expert Group Papers). Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- Clar, C., Prutsch, A., Steurer, R., 2012. Barriers and guidelines in adaptation policy making: Taking stock, analyzing congruence and providing guidance. Presented at the International symposium on „The Governance of Adaptation,“ Amsterdam, Netherlands, p. 31.
- Clarke, L., Edmonds, J., Krey, V., Richels, R., Rose, S., Tavoni, M., 2009. International climate policy architectures: Overview of the

- EMF 22 International Scenarios. *Energy Economics* 31, Supplement 2, S64–S81. doi:10.1016/j.eneco.2009.10.013
- Cogoy, M., Steininer, K.W. (Eds.), 2007. *The economics of global environmental change: international cooperation for sustainability*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Delta Comission, 2008. *Working together with water. A living land builds for its future. Findings of the Deltacomissie 2008*. Delta Comission, Netherlands.
- Delucchi, M.A., Jacobson, M.Z., 2011. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies. *Energy Policy* 39, 1170–1190. doi:10.1016/j.enpol.2010.11.045
- Dessai, S., Hulme, M., Lempert, R., Pielke, R., 2009. Do We Need Better Predictions to Adapt to a Changing Climate? *Eos, Transactions American Geophysical Union* 90, 111–112. doi:10.1029/2009EO130003
- Dobbs, R., Oppenheim, J., Thompson, F., Brinkman, M., Zornes, M., 2011. *Resource revolution: meeting the world's energy, materials, food, and water needs*, McKinsey Sustainability & Resource Productivity Practice. McKinsey Global Institute.
- Downing, T.E., 2012. Views of the frontiers in climate change adaptation economics. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 3, 161–170. doi:10.1002/wcc.157
- Downing, T.E., Anthoff, D., Butterfield, R., Ceronosky, M., Grubb, M.J., Guo, J., Hepburn, C.J., Hope, C.W., Hunt, A., Li, A., Markandya, A., Moss, S., Nyong, A., Tol, R.S.J., Warkiss, P., 2005. *Social Cost of Carbon: A Closer Look at Uncertainty*. Department of Environment, Food and Rural Affairs, London.
- Eakin, H., Luers, A.L., 2006. Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources* 31, 365–394. doi:10.1146/annurev.energy.30.050504.144352
- Ebi, K.L., 2008. Adaptation costs for climate change-related cases of diarrhoeal disease, malnutrition, and malaria in 2030. *Global Health* 4, 9. doi:10.1186/1744-8603-4-9
- Edenhofer, O., Carraro, C., Hourcade, J.-C., Neuhoff, K., Luderer, G., Flachsland, C., Jakob, M., Popp, A., Steckel, J., Strohsehein, J., 2009. *The Economics of Decarbonization*. Report of the RECIPE project. Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam.
- Edenhofer, O., Kalkuhl, M., 2011. When do increasing carbon taxes accelerate global warming? A note on the green paradox. *Energy Policy* 39, 2208–2212.
- EEA, 2012. *European Environment Information and Observation Network - Eionet* [WWW Document]. URL <http://www.eionet.europa.eu/> (accessed 11.18.13).
- EESI, 2007. *Recent Polling on Public Perceptions of Climate Change, April 2006-2007*, Climate Change Fact Sheet. Environmental and Energy Study Institute, Washington D.C.
- EK – Europäische Kommission, 2011d. *Weißbuch: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem*. ( No. KOM/2011/144 endg). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2009a. *Weißbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen* ( No. KOM(2009) 147 endgültig). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2009c. *Presseaussendung IP/09/628; Brüssel 23/04/2009: Kommission begrüßt Annahme des Klima- und Energiepakets*.
- EK – Europäische Kommission, 2009d. *Adapting to climate change: towards a European framework for action. Impact Assessment. Commission Staff Working Document accompanying the White paper*. (No. SEC(2009) 387/2), Brussels.
- EK – Europäische Kommission, 2011a. *Mitteilung der Kommission an der Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa* (No. KOM/2011/571 endg). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2011b. *Mitteilung der Kommission an der Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050* ( No. KOM/2011/112 endg). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2011c. *Mitteilung der Kommission an der Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Energiefahrplan 2050* ( No. KOM/2011/885 endg). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2009b. *Guidance document No. 24: River basin management in a changing climate. Common implementation strategy for the water framework directive 2000/60/EC*. ( No. KOM(2009) 040 endgültig). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2011e. *Commission staff working document. Impact Assessment accompanying document to the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. ( No. SEC(2011) 288 final). European Commission – Directory-General for Mobility, Brussels.
- EK – Europäische Kommission, 2007. *Grünbuch der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU* ( No. KOM/2007/345 endg). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2008. *Mitteilung der Kommission an der Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. 20 und 20 bis 2020 Chancen Europas im Klimawandel* ( No. KOM/2008/30 endg). Europäische Kommission, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2010. *European Research Framework Programme – Research on Climate Change. Prepared for the Third World Climate Conference (WCC-3) and the UNFCCC Conference of the Parties (COP-15)*. European Commission Directorate-General for Research, Brüssel.
- EK – Europäische Kommission, 2013. *Mitteilung der Kommission an der Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel* (No. KOM/2013/216 endg). Europäische Kommission, Brüssel.
- Energie-Control Austria, 2012. *Ökostrombericht 2012, Bericht der Energie-Control Austria gemäß §52 Abs 1 Ökostromgesetz*. Energie-Control Austria, Wien.
- Eriksen, S.H., Kelly, P.M., 2006. *Developing Credible Vulnerability Indicators for Climate Adaptation Policy Assessment. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12, 495–524. doi:10.1007/s11027-006-3460-6

- European Parliament, European Council, 2009. Decisions adopted jointly by the European Parliament and the Council. Decision No 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020. Official Journal of the European Union L 140/136, 13.
- Evans, E., Ashley, R., Hall, J., Penning-Rowsell, E., Saul, A., Sayers, P., Thorne, C., Watkinson, A., 2004. Foresight. Future Flooding. Scientific Summary: Volumes I and II. Office of Science and Technology, London.
- Fischer, C., Fox, A.K., 2007. Output-based allocation of emissions permits for mitigating tax and trade interactions. *Land Economics* 83, 575–599.
- Foti, J., de Silva, L., McGray, H., Shaffer, L., Talbot, J., Werksman, J., 2008. Voice and Choice: Opening the Door to Environmental Democracy. World Resource Institute, Washington, DC.
- Fraser, E., 2009. The house is both empty and sad: Social Vulnerability, Environmental Disturbance, Economic Change and the Irish Potato Famine, in: Patt, A.G., Schröter, D., Klein, R.J.T., de la Vega-Leinert, A., Leemans, R. (Eds.), *Assessing Vulnerability to Global Environmental Change: Making Research Useful for Adaptation Decision Making and Policy*. Routledge, Taylor & Francis Group, Abingdon, pp. 27–40.
- G-20 Leaders, 2009. Leaders' statement: The Pittsburgh Summit [WWW Document]. The Pittsburgh Summit 2009. URL <http://www.pittsburghsummit.gov/>
- Gallop, G.C., 1997. Indicators and their use: information for decision-making. SCOPE—Scientific Committee on Problems of the Environment International Council of Scientific Unions 58, 13–27.
- Gardiner, S.M., 2011. A perfect moral storm: the ethical tragedy of climate change. Oxford University Press, New York.
- GEA, 2012. Global Energy Assessment (GEA). Cambridge University Press; International Institute for Applied Systems Analysis, Cambridge; Laxenburg, Austria.
- Greenstone, M., Kopits, E., Wolverton, A., 2011. Estimating the Social Cost of Carbon for Use in U.S. Federal Rulemakings: A Summary and Interpretation (Working Paper No. 16913). National Bureau of Economic Research.
- Grossmann, W.D., Steininger, K., Grossmann, I., Magaard, L., 2009. Indicators on economic risk from global climate change. *Environmental science & technology* 43, 6421–6426.
- Grothmann, T., Patt, A., 2005. Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change* 15, 199–213. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.01.002>
- Grubb, M., 2004. Technology Innovation and Climate Change Policy: an overview of issues and options. *KEIO Economic Studies* 41, 103–132.
- Hall, J.W., Sayers, P.B., Dawson, R.J., 2005. National-scale Assessment of Current and Future Flood Risk in England and Wales. *Nat Hazards* 36, 147–164. doi:[10.1007/s11069-004-4546-7](https://doi.org/10.1007/s11069-004-4546-7)
- Hanley, N., McGregor, P.G., Swales, J.K., Turner, K., 2009. Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability? *Ecological Economics* 68, 692–709.
- Haug, C., Jordan, A., 2010. Burden sharing: distributing burdens or sharing efforts. *Climate Change Policy in the European Union: Confronting the Dilemmas of Mitigation and Adaptation* 83–102.
- Held, S., Lauvergeon, A., Reiten, E., 2007. Policy Directions to 2050: A Business Contribution to the Dialogues on Cooperative Action (Energy & Climate Focus Area). World Business Council for Sustainable Development, Geneva.
- Hinkel, J., 2008. Transdisciplinary knowledge integration: cases from integrated assessment and vulnerability assessment. Wageningen Universiteit.
- Hinkel, J., 2011. „Indicators of vulnerability and adaptive capacity“: Towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change* 21, 198–208. doi:[10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002)
- Hope, C., 2009. The Costs and Benefits of Adaptation, in: Parry, M.L., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Frankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T. (Eds.), *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*. International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change, London.
- IBRD, 2012. Turn down the Heat – Why a 4°C Warmer World Must Be Avoided. A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. World Bank Publications.
- IEA (International Energy Agency), 2012. World Energy Outlook 2012. OECD/IEA, Paris.
- Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2010. Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government.
- Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, 2013. Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government.
- Ionescu, C., Klein, R.J., Hinkel, J., Kumar, K.K., Klein, R., 2009. Towards a formal framework of vulnerability to climate change. *Environmental Modeling & Assessment* 14, 1–16.
- IPCC, 2007a. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, in: Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer (Eds.), *Klimaänderung 2007: Verminderung Des Klimawandels. Beitrag Der Arbeitsgruppe III Zum Vierten Sachstandsbericht Des Zwischenstaatlichen Ausschusses Für Klimaänderung (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007.
- IPCC, 2007b. Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2007c. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2007d. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2007e. *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment*

- Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2007f. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2011. Annex I: Glossary, Acronyms, Chemical Symbols and Prefixes. In: IPCC. 2011, IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2012a. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special Report of Working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- IPCC, 2012b. Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch/>
- IPCC, 2014. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jacobson, M.Z., Delucchi, M.A., 2011. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy Policy* 39, 1154–1169.
- Jakob, M., Marschinski, R., 2012. Interpreting trade-related CO<sub>2</sub> emission transfers. *Nature Climate Change* 3, 19–23. doi:10.1038/nclimate1630
- Ji/CDM-Programm, 2013. Ji/CDM-Programm [WWW Document]. URL <http://www.publicconsulting.at/kpc/de/home/carbonmanagement/jicdmprogramm/>
- Kettner, C., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., 2011a. The EU Emission Trading Scheme. Sectoral Allocation Patterns and the effects of the economic crisis (WIFO Working Papers No. 408/2011). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Kettner, C., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., Schleicher, S., Damm, A., Steininger, K.W., Wolkinger, B., Schnitzer, H., Titz, M., Artner, H., Karner, A., 2011b. Restructuring the Austrian Energy System: An Extended Technology Wedges Approach. (WIFO Working Papers No. 385/2011). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Kettner, C., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., 2013. The EU Emission Trading Scheme. Sectoral Allocation Patterns and Factors Determining Emission Changes (WIFO Working Papers No. 444/2013). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Khazoom, J.D., 1980. Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances. *The Energy Journal* 1, 21–40.
- Klein, R.J.T., 2009. Identifying Countries That Are Particularly Vulnerable to the Adverse Effects of Climate Change: An Academic or Political Challenge. *Carbon & Climate L. Rev.* 2009.
- Klimaat en Ruimte, 2007. Towards a climate-proof Netherlands: Summary routeplanner. Centrum National Research Programme Climate changes Spatial Planning, Living with Water, Habiforum and CURNET.
- Knopf, B., Luderer, G., Edenhofer, O., 2011. Exploring the feasibility of low stabilization targets. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2, 617–626. doi:10.1002/wcc.124
- Kopatz, M., Spitzer, M., Christianell, A., 2010. Energiearmut: Stand der Forschung, nationale Programme und regionale Modellprojekte in Deutschland, Österreich und Großbritannien (No. 184). Wuppertal papers.
- Köppl, A., Kettner, C., Kletzan-Slamanig, D., Schnitzer, H., Titz, M., Damm, A., Steininger, K., Wolkinger, B., Artner, H., Karner, A., 2011. Energy Transition 2012\2020\2050: Strategies for the Transition to Low Energy and Low Emission Structures. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien.
- Köppl, A., Reinsberger, K., Schleicher, S., Ibesich, N., Krutzler, T., Lichtblau, G., Schneider, J., Storch, A., Wiesenberger, H., 2012. Reduktionspotential und Sektoraufteilung der Treibhausgase. Bewertung der Maßnahmen für CRF-Sektoren. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien.
- Kranzl, L., Formayer, H., Haas, R., Kalt, G., Manfred, L., Müller, A., Nachtnebel, H.P., Redl, C., Schörghuber, S., Seidl, R., Stanzel, P., 2010. Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel. (Endbericht im Rahmen der Programmlinie: Energie der Zukunft). Wien.
- Kuik, O., Hofkes, M., 2010. Border adjustment for European emissions trading: Competitiveness and carbon leakage. *Energy Policy* 38, 1741–1748. doi:10.1016/j.enpol.2009.11.048
- Laing, T., Sato, M., Grubb, M., Comberti, C., 2013. Assessing the effectiveness of the EU Emissions Trading System. Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No. 126 (Working Paper No. 126). Grantham Institute on Climate Change and the Environment.
- Lebensministerium, 2010. Klimaschutzgesetz in Großbritannien: Erfahrungen und Erkenntnisse. Lebensministerium, Wien.
- Lemmen, D., Warren, F., Lacroix, J., Bush, E., 2008. From impacts to adaptation: Canada in a changing climate 2007. Government of Canada, Ottawa, Canada.
- Lilliestam, J., Battaglini, A., Finlay, C., Fürstenwerth, D., Patt, A., Schellekens, G., Schmidt, P., 2012a. An alternative to a global climate deal may be unfolding before our eyes. *Climate and Development* 4, 1–4. doi:10.1080/17565529.2012.658273
- Lilliestam, J., Bielicki, J.M., Patt, A.G., 2012b. Comparing carbon capture and storage (CCS) with concentrating solar power (CSP): Potentials, costs, risks, and barriers. *Energy Policy* 47, 447–455. doi:10.1016/j.enpol.2012.05.020
- Lorenzoni, I., Hulme, M., 2009. Believing is seeing: laypeople's views of future socio-economic and climate change in England and in Italy. *Public Understanding of Science* 18, 383–400.
- Maniates, M., 2010. Editing out unsustainable behavior, in: Assadourian, E., Amadeo, M., Starke, L., Worldwatch Institute (Washington, D.C.). (Eds.), *State of the World 2010. Transforming Cultures*. Norton, London, pp. 119–129.
- Markandya, A., Armstrong, B.G., Hales, S., Chiabai, A., Criqui, P., Mima, S., Tonne, C., Wilkinson, P., 2009. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: low-carbon electricity generation. *The Lancet* 374, 2006–2015. doi:10.1016/S0140-6736(09)61715-3
- McLure, C.E.J., 2013. Reforming Subsidies for Fossil Fuel Consumption: Killing Several Birds with One Stone. (International Center for Public Policy Working Paper 13-12). Georgia State University, Atlanta, Atlanta.
- Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S.C.B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D.J., Allen, M.R., 2009. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. *Nature* 458, 1158–1162. doi:10.1038/nature08017
- Moe, E., 2010. Energy, industry and politics: Energy, vested interests, and long-term economic growth and development. *Energy* 35, 1730–1740. doi:10.1016/j.energy.2009.12.026

- Moser, S.C., 2010. Communicating climate change: history, challenges, process and future directions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1, 31–53. doi:10.1002/wcc.11
- Moser, S.C., Ekstrom, J.A., 2010. A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *PNAS* 107, 22026–22031. doi:10.1073/pnas.1007887107
- Moss, R.H., Brenkert, A.L., Malone, E.L., 2001. Vulnerability to climate change: a quantitative approach (Prepared for the U.S. Department of Energy. Under Contract DE - AC06 - 76RLO 1830 No. PNNL - SA - 33642). United States of America.
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P., Wilbanks, T.J., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756. doi:10.1038/nature08823
- Müller, A., Redl, C., Haas, R., Türk, A., Liebmann, L., Steininger, K.W., Brezina, T., Mayerthaler, A., Schopf, J., Werner, A., Kreuzer, D., Steiner, A., Mollay, U., Neugebauer, W., 2012. Strategien für Energie-Technologie-Investitionen und langfristige Anforderung zur Emissionsreduktion (EISERN) (Projektendbericht). klima + energiefonds, Wien.
- Murphy, D.J., Hall, C.A.S., 2010. Year in review – EROI or energy return on (energy) invested. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1185, 102–118. doi:10.1111/j.1749-6632.2009.05282.x
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grubler, A., Jung, T.Y., Kram, T., La Rovere, E.L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H.M., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H.-H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S.J., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N., Dadi, Z., 2000. Special Report on Emissions Scenarios: a special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change ( No. PNNL-SA-39650). Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA (US), Environmental Molecular Sciences Laboratory (US).
- Nilsson, A.E., Gerger Swartling, A., 2009. Social learning about climate adaptation: global and local perspectives, SEI Working Paper. SEI, Stockholm, Sweden.
- Nordhaus, W.D., 2007b. To Tax or Not to Tax: Alternative Approaches to Slowing Global Warming. *Rev Environ Econ Policy* 1, 26–44. doi:10.1093/reep/rem008
- Nordhaus, W.D., 2007a. A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature* 45, 686–702. doi:10.1257/jel.45.3.686
- O'Brien, 2009. Do Values Subjectively Define the Limits to Climate Change Adaptation?, in: Adger, W.N., Lorenzoni, I., O'Brien, K.L. (Eds.), *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*. Cambridge University Press.
- O'Neill, B.C., Riahi, K., Keppo, I., 2010. Mitigation implications of midcentury targets that preserve long-term climate policy options. *PNAS* 107, 1011–1016. doi:10.1073/pnas.0903797106
- Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten., 2007. Umweltbundesamt Dessau, Umweltbundesamt Dessau.
- Pacala, S., Socolow, R., 2004. Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. *Science* 305, 968–972. doi:10.1126/science.1100103
- Paltsev, S.V., 2001. The Kyoto Agreement: Regional and Sectoral Contributions to the Carbon Leakage. *Energy Journal* 22, 53–79.
- Parlament, 2011. Klimaschutzgesetz verbessert Kooperation zwischen Bund und Ländern. Parlamentskorrespondenz Nr. 918/2011 [WWW Document]. Republik Österreich Parlament. URL [http://www.parlament.gv.at/PAKT/PR/JAHR\\_2011/PK0918/index.shtml](http://www.parlament.gv.at/PAKT/PR/JAHR_2011/PK0918/index.shtml) (accessed 11.18.13).
- Parry, M., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Fankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R., Wheeler, T., 2009. Assessing the costs of adaptation to climate change: A review of the UNFCCC and other recent estimates – overview of conclusions. Imperial College London, Graham Institute for Climate Change, London.
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Co-Authors, 2007. Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Patchen, M., 2006. Public attitudes and behavior about climate change: what shapes them and how to influence them.
- Patt, A., Schröter, D., de la Vega-Leinert, A.C., Klein, R.J.T., 2008. Vulnerability research and assessment to support adaptation and mitigation: Common themes from the diversity of approaches, in: Patt, A., Schröter, D., Klein, R.J.T., de la Vega-Leinert, A.C. (Eds.), *Assessing Vulnerability to Global Environmental*. Earthscan, London, UK, pp. 1–26.
- Pinkse, J., Kolk, A., 2009. Challenges and Trade-Offs in Corporate Innovation for Climate Change (SSRN Scholarly Paper No. ID 1507946). Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Porritt, J., 2007. *Capitalism as If the World Matters*. Earthscan.
- Prutsch, A., Grothmann, T., Schauer, I., McCallum, S., unveröffentlicht. Ten guiding principles for good adaptation to climate change – enabling cross-sectoral, inter-regional, multi-level and multi-actor coordination, Umweltbundesamt, Vienna.
- PwC, PIK, IIASA, ECF, 2010. 100% Renewable electricity: a roadmap to 2050 for Europe and North Africa. PriceWaterhouseCoopers.
- respACT, 2011. Österreich beschließt bundesweites Klimaschutzgesetz. Ab 2012 verbindliche CO<sub>2</sub>-Einsparziele [WWW Document]. URL <http://www.trigos.at/site/themen/archiv/article/5494.html> (accessed 4.18.14).
- Richardson, T., 1997. The Trans-European Transport Network Environmental Policy Integration in the European Union. *European Urban and Regional Studies* 4, 333–346. doi:10.1177/096977649700400403
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J.A., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475. doi:10.1038/461472a
- Schleich, J., Gruber, E., 2008. Beyond case studies: Barriers to energy efficiency in commerce and the services sector. *Energy Economics* 30, 449–464.
- Schleicher, S., 2014. Tracing the decline of EU GHG emissions. Impacts of structural changes of the energy system and economic activity. Policy Brief. Schleicher, Stefan P. (2014). Tracing the decline of EU GHG emissions. Impacts of structural changes of the energy system and economic act Wegener Center for Climate and Global Change, Graz., Graz.

- Sieferle, R.P., 2010. Lehren aus der Vergangenheit. Expertise für das WBGU-Hauptgutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“. Berlin.
- Sieferle, R.P., Krausmann, F., Schandl, H., Winiwarter, V., 2006. Das Ende der Fläche. Zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung. Böhlau Verlag, Köln.
- Sinn, H.-W., 2008. Public policies against global warming: a supply side approach. *Int Tax Public Finance* 15, 360–394. doi:10.1007/s10797-008-9082-z
- Skjærseth, J.B., Wettstad, J., 2008. Implementing EU emissions trading: success or failure? *Int Environ Agreements* 8, 275–290. doi:10.1007/s10784-008-9068-4
- Smith, B., Burton, I., Klein, R.J.T., Wandel, J., 2000. An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability. *Climatic Change* 45, 223–251. doi:10.1023/A:1005661622966
- Smith, J.B., Vogel, J.M., Iii, J.E.C., 2009. An architecture for government action on adaptation to climate change. An editorial comment. *Climatic Change* 95, 53–61. doi:10.1007/s10584-009-9623-1
- Smith, M.S., Horrocks, L., Harvey, A., Hamilton, C., 2011. Rethinking adaptation for a 4°C world. *Phil. Trans. R. Soc. A* 369, 196–216. doi:10.1098/rsta.2010.0277
- Smith, P., Haberl, H., Popp, A., Erb, K., Lauk, C., Harper, R., Tubiello, F.N., de Siqueira Pinto, A., Jafari, M., Sohi, S., Masera, O., Böttcher, H., Berndes, G., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsidig, E.A., Mbow, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Robledo Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F., Herrero, M., House, J.I., Rose, S., 2013. How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals? *Glob Change Biol* 19, 2285–2302. doi:10.1111/gcb.12160
- Steininger, K., Amon, B., Damm, A., Grossmann, W., Heimrath, R., Hörtenhuber, S., Kurzmann, R., Lauer, M., Pretenthaler, F., Steiner, D., 2012. *ClimReg – Bundeslandspezifische Technologieszenarien als Entscheidungsgrundlage für eine zukunftsfähige Energienutzung*. Final report, Vienna.
- Stern, N., 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Steurer, R., Trattnigg, R., 2010. *Nachhaltigkeit regieren. Eine Bilanz zu Governance-Prinzipien und -Praktiken*. Oekom, München.
- Swedish Commission on Climate and Vulnerability, 2007. *Sweden facing climate change – threats and opportunities*. (Final report from the Swedish Commission on Climate and Vulnerability, Swedish Government Official Reports No. SOU 2007:60). Stockholm, Sweden.
- Tol, R.S.J., 2005. The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties. *Energy Policy* 33, 2064–2074. doi:10.1016/j.enpol.2004.04.002
- Trainer, T., 2012. A critique of Jacobson and Delucchi's proposals for a world renewable energy supply. *Energy Policy* 44, 476–481. doi:10.1016/j.enpol.2011.09.037
- Tuerk, A., Fazekas, D., Schreiber, H., Frieden, D., Wolf, C., 2013. *Green Investment Schemes: The AAU market between 2008–2012*, Climate Strategies Working Paper.
- Tuerk, A., Wagner, F., Pretenthaler, F., Steiner, D., Frieden, D., 2010. Synergies between adaptation and mitigation. Assessing the potential of mutual co-effects („Syndapt“) (SynAdapt, Endbericht No. GZ: A760675).
- Tversky, A., Kahneman, D., 1974. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science* 185, 1124–1131. doi:10.1126/science.185.4157.1124
- UKCIP, 2005. *Identifying Adaptation Options*. UKCIP, Oxford.
- UNEP, 2010. *The Emissions Gap Report – Are the Copenhagen Pledges Sufficient to Limit Global Warming to 2°C or 1,5°C?* United Nations Environment Programme (UNEP).
- UNFCCC, 1992. *Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*.
- UNFCCC, 1997. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change (Protocol No. UN Doc FCCC/CP/1997/7/Add.1, Dec. 10, 1997; 37 ILM 22 (1998))*.
- UNFCCC, 2002. *Report of the Conference of the Parties on its seventh session, held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001 – Addendum*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2006. *Report of the Conference of the Parties on its eleventh session, held at Montreal from 28 November to 10 December 2005 – Addendum*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2007a. *Report of the Conference of the Parties on its thirteenth session, held in Bali from 3 to 15 December 2007. Part One: Proceedings (No. FCCC/CP/2007/6)*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2007b. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change*. Climate Change Secretariat, Bonn, Germany.
- UNFCCC, 2009. *Report of the Conference of the Parties on its fifteenth session, held in Copenhagen from 7 to 19 December 2009 Addendum Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its fifteenth session (No. FCCC/CP/2009/11/Add.1)*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2010a. *Fifth National Communication of the Austrian Federal Government in Compliance with the Obligations under the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- UNFCCC, 2010b. *Potential costs and benefits of adaptation options: A review of existing literature (Technical Paper No. FCCC/TP/2009/2/Rev.1)*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2010c. *Synthesis report on efforts undertaken to assess the costs and benefits of adaptation options, and views on lessons learned, good practices, gaps and needs (No. FCCC/SBSTA/2010/3)*, UN Framework Convention on Climate Change, Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice.
- UNFCCC, 2011a. *Decision 12/CP.17. Guidance on systems for providing information on how safeguards are addressed and respected and modalities relating to forest reference emission levels and forest reference levels as referred to in decision 1/CP.16 (No. FCCC/CP/2011/9/Add.2)*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2011b. *Decision 7/CP.17. Work programme on loss and damage (No. FCCC/CP/2011/9/Add.2)*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2012a. *Draft decision -/CMP.7. Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol at its sixteenth session (Advance unedited version)*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- UNFCCC, 2012b. *Report of the Conference of the Parties on Its Seventeenth Session, Held in Durban from 28 November to 11 December 2011 – Addendum. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its seventeenth session (No. FCCC/CP/2011/9/Add.1)*. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.

- UNFCCC, 2012c. Press Release. At UN Climate Change Conference in Doha, governments take next essential step in global response to climate change. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Doha.
- UNFCCC, 2012d. Meetings, <http://unfccc.int/meetings/items/6240.php>
- UNFCCC, 2012e. Report on the twenty-second meeting of the Least Developed Countries Expert Group (No. FCCC/SBI/201/27). Held in Doha from 26 November to 1 December. UN Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties.
- United Nations, 1992. The United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Van Asselt, H., 2010. Emissions trading: the enthusiastic adoption of an alien instrument?, in: Jordan, A., Huitema, D., Van Asselt, H., Rayner, T., Berkhout, F. (Eds.), *Climate Change Policy in the European Union*. Cambridge University Press.
- Van Asselt, H., Brewer, T., 2010. Addressing competitiveness and leakage concerns in climate policy: An analysis of border adjustment measures in the US and the EU. *Energy Policy* 38, 42–51. doi:10.1016/j.enpol.2009.08.061
- Van den Bergh, J.C.J.M., 2011. Energy Conservation More Effective With Rebound Policy. *Environ Resource Econ* 48, 43–58. doi:10.1007/s10640-010-9396-z
- Van den Bergh, J.C.J.M., 2012. Effective climate-energy solutions, escape routes and peak oil. *Energy Policy* 46, 530–536. doi:10.1016/j.enpol.2012.04.022
- Van Vuuren, D.P. van, Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J., Rose, S.K., 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109, 5–31. doi:10.1007/s10584-011-0148-z
- Warnstoff, J., 2012. Climate Protection Policy in Federal Countries: Vertical Coordination between Federation and States in Austria, Germany and Switzerland (Diplomarbeit). Universität für Bodenkultur, Institut für Wald-, Umwelt- und Ressourcenpolitik, Wien.
- Watkiss, P., 2011. Aggregate economic measures of climate change damages: explaining the differences and implications. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 2, 356–372. doi:10.1002/wcc.111
- Watkiss, P., Hunt, A., 2010. Review of Adaptation Costs and Benefit estimates in Europe (Report prepared for the EEA).
- WBGU, 2011. Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation Zusammenfassung für Entscheidungsträger. WBGU, Berlin.
- WIFO (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung), Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Energy Economics Group – TU Wien, Institut für Technische Anlagen und Energiewirtschaft, TU Graz, Institut für Prozess- und Partikeltechnik, KWI Consultants GmbH, Montanuniversität Leoben, Institut für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, 2009. Energiestrukturen für 2020. Technisches Basisdokument für die österreichische Energiestrategie, Monographien. WIFO, Wien.
- WIFO (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung), Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Umweltbundesamt, 2012. Reduktionspotential und Sektoraufteilung der Treibhausgase. Bewertung der Maßnahmen für CRF-Sektoren. Wien.
- Wolf, S., Hinkel, J., Ionescu, C., Hofman, M., Bisaro, S., Linke, D., Klein, R.J.T., 2010. Vulnerability: a meta-analysis of definitions and methodologies. A clarification by formalisation. *Global Environmental Change*, under review.
- Wolking, B., Steininger, K.W., Damm, A., Schleicher, S., Tuerk, A., Grossman, W., Tatzber, F., Steiner, D., 2012. Implementing Europe's climate targets at the regional level. *Climate Policy* 12, 667–689. doi:10.1080/14693062.2012.669096
- World Bank, 2012. Turn down the heat: Why a 4° warmer world must be avoided (A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics), World Bank Publications. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- WWF, Karmasin, 2010. Klimafreundliches Konsumverhalten [WWW Document]. Klimafreundliches Konsumverhalten. URL <http://www.wwf.at/de/menu27/subartikel1488/>
- EU-Rechtstexte:
- 2001/77/EG: Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt, ABl 2001 L 283 vom 27/10/2001, S. 33–40.
- 2002/91/EG: Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, ABl L 001 vom 04/01/2003 S. 65–71.
- 2003/30/EG: Richtlinie 2003/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor, ABl L 123 vom 17/05/2003 S. 42–46.
- 2003/87/EG: Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates, ABl L 275 vom 25/10/2003 S. 32–46.
- 2003/87/EG: Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates.
- 2004/8/EG: Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG, ABl L 052 vom 21/02/2004 S. 50–60.
- 2005/32/EG Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, ABl. L 191 vom 22/07/2005, S. 29–58.
- 2006/32/EG: Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG des Rates, ABl. L 114 vom 27/04/2006, S. 64–85.
- 2009/125/EG Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte, ABl. L 285 vom 31/10/2009, S. 10–35.
- 2009/28/EG: Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, ABl. L 140 vom 05/06/2009, S. 16–62.

2009/29/EG: Richtlinie 2009/29/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten, ABl. L 140 vom 05/06/2009, S. 63–87.

2009/30/EG: Richtlinie 2009/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen sowie zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG, ABl. L 140 vom 05/06/2009, S. 88–113.

2009/31/EG: Richtlinie 2009/31/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die geologische Speicherung von Kohlendioxid und zur Änderung der Richtlinie 85/337/EWG des Rates sowie der Richtlinien 2000/60/EG, 2001/80/EG, 2004/35/EG, 2006/12/EG und 2008/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006, ABl. L 140 vom 05/06/2009, S. 114–135.

2010/31/EU: Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, ABl. L 153 vom 18/06/2010, S. 13–35.

406/2009/EG: Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020, ABl. L 140 vom 05/06/2009, S. 136–148.

EG 244/2009: Verordnung (EG) Nr. 244/2009 der Kommission vom 18. März 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltslampen mit ungebündeltem Licht, ABl. L 76 vom 24/3/2009, S. 3-16.

EG 443/2009: Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen, ABl. L 140 vom 05/06/2009, S. 1–15.

1.7 Anhang

1.7 Annex

Tabelle 1.A1 Emissionsminderungsoptionen in Österreich (Köppl et al., 2011)

Table 1.A1 Options for mitigation in Austria (Köppl et al., 2011)

Emissionsminderungsoptionen		Hauptannahmen
<b>Mobilität</b>		
M-1	Effiziente Raumstruktur	Reduzierung der Personenkilometer (pkm) vom motorisierten Individualverkehr durch bessere Raumplanung; Steigerung der pkm im öffentlichen Verkehr
M-2	Ausbau Öffentlicher Verkehr	Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr zu öffentlichen Verkehr; Anteil des öffentlichen Verkehrs steigt von 25 % (2005) auf 28 % (2020)
M-3	Ausbau Nicht-motorisierter Individualverkehr	Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr zu nicht motorisierten Individualverkehr (Fahrrad und Fußwege)
M-4	Alternative Antriebe	Verlagerung von konventionellen Pkws zu Elektroautos und plug-in Hybridfahrzeugen
M-5	Effizienterer Güterverkehr	Reduzierung der Tonnenkilometer durch Verbesserung des intermodalen Verkehrs, Logistik und Telematik
M-6	Leichtbauweise	Steigerung der Energieeffizienz im motorisierten Individualverkehr durch Leichtbauweise
M-7 <sup>1</sup>	Biotreibstoffe erster Generation	Steigerung des Anteils von Biokraftstoffen erster Generation im Treibstoffgemisch für Mobilität
M-8	Verlagerung des Tanktourismus	Angleichen der Treibstoffpreise auf das Niveau der Nachbarländer; Reduktion der Kraftstoffexporte in Fahrzeugtanks
<b>Gebäude</b>		
B-1	Thermische Sanierung	Sanierung des Gebäudebestandes auf Niedrigenergiehausstandard. Steigerung der Sanierungsrate von 1 auf 5 % bis 2020
B-2	Neubau Passivhausstandard	Passivhausstandard (weniger als 15 kWh/m <sup>2</sup> ) für neue Wohnhäuser
B-3a	Heizungsaustausch	Austausch von mit fossilen Energieträgern befeuerten Heizsystemen auf effizientere Heizsysteme mit erneuerbaren Energieträgern

Emissionsminderungsoptionen		Hauptannahmen
B-3b	Solare Wärme	Steigerung der Solarwärme für Heizung und Warmwasseraufbereitung (von 2,7 PJ 2008 auf 29,4 PJ 2020)
B-4	Eigenstrom durch Photovoltaik	Installation von 354 MWp auf Dächer bis 2020 (von 32 MWp in 2008)
B-5	Energieoptimierte Geräte	Substitution von Haushaltsgeräten auf energieoptimierte Geräte
<b>Produktion</b>		
P-1	Energiebedarf der Produktionsgebäude	Thermische Sanierung von Produktionsgebäuden und Substitution alter Beleuchtung auf effizientere Systeme
P-2	Prozessintensivierung	Effizientere Prozesse und Planung der Anlagen; Nutzung von Abwärme
P-3	Energieeffiziente Antriebe	Austausch von stationären Antrieben durch effizientere Anlagen
P-4	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	Austausch von Gasbrennern durch effizientere KWK-Anlagen
P-5	Substitution von fossilen Energieträgern	Substitution von kohle- und ölbasierter Wärmeenergie durch Gasbrenner
P-6	Biomasse für Prozesswärme <sup>2</sup>	Substitution von gasbasierter Wärmeenergie durch Biomasse
P-7	Solare Wärme	Substitution von Gas für Prozesse im Niedertemperaturbereich durch Solarwärme; Nutzung von Solarwärme für Heizung der Produktionsgebäude
<b>Elektrizität und Wärme</b>		
E-1	Windenergie	Substitution von öl- und gasbasierter Stromerzeugung durch Windkraft
E-2	Wasserkraft	Substitution von öl- und gasbasierter Stromerzeugung durch Wasserkraft
E-3	Biomasse- und Biogas KWK	Substitution von öl- und gasbasierter Stromerzeugung durch Biomasse und Biogas KWKs
E-4	Effizienzpotenzial der Energienachfrage	Reduzierung des fossilen Umwandlungseinsatzes durch reduzierte Energienachfrage in den Sektoren Mobilität, Gebäude und Produktion

<sup>1</sup> Kritische Aspekte der Produktion von Biotreibstoffen werden hierbei nicht explizit berücksichtigt, wenngleich die Autoren auf diese Diskussion verweisen. Zum Thema Treibhausgasemissionen von Bioenergieproduktion und Nutzung siehe auch Band 3, Kapitel 2.

<sup>2</sup> Die Emissionswirkungen dieser Maßnahme berücksichtigen potenziell negative Effekte der Biomasseproduktion nicht. Siehe auch Fußnote 28.

