

Band 3 Kapitel 6: Transformationspfade

Volume 3 Chapter 6: Transformation Paths

Koordinierende LeitautorInnen

Sigrid Stagl, Niels Schulz

LeitautorInnen

Angela Köppl, Kurt Kratena, Reinhard Mechler, Elke Pirgmaier, Klaus Radunsky, Armon Rezai

Beiträge von

Bano Mehdi

Für den Begutachtungsprozess

Sabine Fuss

Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	1026
SUMMARY	1026
KERNAUSSAGEN	1027
6.1 Einleitung	1028
6.2 Kontextualisierung der Klimadebatte	1030
6.2.1 Der Zusammenfall mehrerer Krisen	1030
6.2.2 Sozio-ökologische Transformation	1030
6.2.3 Sozio-ökonomische Leistung und Wohlergehen messen	1036
6.3 Visionen und Pfade	1037
6.3.1 Sektoren	1037
6.3.2 AkteurInnen	1052
6.4 Übersetzen (globaler) Transformationspfade in nationale und lokale Strategien zur Klimawandelvermeidung	1060
6.4.1 Politikmaßnahmen	1062
6.5 Schlussfolgerungen	1067
6.5.1 Forschungsbedarf	1068
6.6 Literaturverzeichnis	1070

ZUSAMMENFASSUNG

Klimawandel findet statt und mit größter Wahrscheinlichkeit ist er überwiegend anthropogen verursacht (siehe Band 1, Kapitel 1). Dieses Kapitel behandelt die Herausforderung den Klimawandel bei einem Temperaturanstieg von 2°C zu stabilisieren und untersucht, welche Rolle Vermeidung und Anpassung in Österreich bei der Erreichung dieses globalen Ziels spielt. Zudem werden die positiven weiterführenden Auswirkungen einer sozio-ökologischen Transformation analysiert.

In der Vereinbarung von Kopenhagen (UNFCCC Copenhagen Accord) und in den EU-Beschlüssen wird eine Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 2°C im Vergleich zur vorindustriellen Zeit als notwendig erachtet, um gefährliche Auswirkungen des Klimawandels einzuschränken, wenngleich NaturwissenschaftlerInnen 1,5°C vorgeschlagen hatten. Es ist also ein international politisches Ziel, das auf breite Unterstützung stößt, die sowohl Industrienationen, als auch Schwellen- und Entwicklungsländer und nichtstaatliche AkteurInnen umfasst. Ohne Maßnahmen zur Eindämmung der Emissionen ist mit bedeutenden negativen Konsequenzen für die Biosphäre sowie für die sozio-ökonomischen Bedingungen in Österreich zu rechnen. Daraus leiten sich wichtige Verpflichtungen und Maßnahmen ab, an denen sich Österreich zu orientieren hat.

Klimaschutz und -anpassung sind unbedingt erforderliche, für sich allein genommen aber unzureichende, Bedingungen nachhaltiger Entwicklung. Klimaschutz erfordert die gleichzeitige Fokussierung auf klimafreundliche Technologien, Verhaltensweisen und den institutionellen Wandel. Insbesondere betrifft dies die Bereiche Energiebereitstellung und -nachfrage, industrielle Prozesse und Landwirtschaft. Diesen drei Aktivitätsfeldern kommt besondere Bedeutung zu: So verursachte etwa der Energiesektor in Österreich im Jahre 2012 74,6 % der treibhauswirksamen Emissionen, (davon der Straßenverkehr allein mehr als ein Drittel), industrielle Prozesse verursachten 13,6 % und die Landwirtschaft 9,4 % der Emissionen (ohne Effekte der Aufforstung, vgl. Anderl et al., 2014). Die Werte für 2010 betragen bei Energie: 75,9 %, bei industriellen Prozessen 12,7 % und bei der Landwirtschaft 8,8 % (Anderl et al., 2014). Wenn eine Klimastabilisierung bei 2°C globaler Erwärmung erreicht werden soll, müssen Kriterien der Klimawirkung in allen zukünftigen Investitions-, Produktions-, Politik- und Konsumententscheidungen als Selbstverständlichkeit integriert werden, um die Gefahr irreversibler Schäden zu begrenzen. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass weder soziale, noch ökonomische Rahmenbedingungen überfordert werden. Klimafreundlichkeit ist also in die we-

sentlich breiter angelegten Kriterien der Nachhaltigkeit einzubinden.

Die Diskussion klimafreundlicher Maßnahmen ist oftmals auf die zu erwartenden Zusatzkosten und unerwünschten Veränderungen verkürzt. Dabei wird das Potenzial solcher Maßnahmen – nämlich vielfache und unterschiedliche Begleitnutzen zu entfalten – unterschätzt, etwa in den Bereichen Lebensqualität, Gesundheit, Beschäftigung, ländliche Entwicklung, Umweltschutz, Versorgungssicherheit und nicht zuletzt Ausgleich der Handelsbilanzen. Die Internalisierung dieser positiven Begleiteffekte von Klimaschutz kann die ökonomische Beurteilung von Klimaschutzmaßnahmen erheblich verändern.

SUMMARY

There is little doubt that the currently observed patterns of climate change are predominantly caused by human activity (Volume 1, Chapter 1). This chapter addresses the challenge of stabilizing climate change at 2°C and particularly focuses on the questions which mitigation and adaptation measures in Austria can contribute to achieve this goal. Additionally, a number of desirable co-benefits pertaining to socio-ecological transformation leading towards limiting climate change are analysed.

In the Copenhagen Accord (UNFCCC) and in the EU-Ruling, a goal of limiting the rise of global average temperature to +2°C compared to pre-industrial times has been deemed as necessary to limit dangerous anthropogenic climate change impacts, despite calls from scientists to consider a +1.5°C target. It is an internationally accepted target supported by a broad number of supporters, including industrialized and developing countries as well as non-state actors. Without actions towards reducing emissions, significant negative impacts on the socio-economic conditions in Austria can be expected. This derives an important obligation to undertake necessary mitigation measures in Austria.

Mitigation and adaptation measures are necessary, but by themselves provide insufficient conditions for sustainable development. Achievement of the 2°C target requires a focus on climate friendly technologies, as well as behavioural - and institutional change. In particular, the activities of energy provision and consumption, industrial processes and agriculture deserve attention: in 2012, the energy sector activities caused 74.6 % of GHG emissions (with one third originating from road transport), industrial processes caused 13.6 %, and agriculture triggered 9.4 % of emissions, (excluding emission effects of forest cover expansion, cf. Anderl et al., 2014). The

corresponding figures for 2010 are: energy sector 75.9 %, industrial processes: 12.7 %, agriculture: 8.8 % (Anderl et al., 2014). To stabilize the climate, the climate impact criteria have to be integrated in all decisions regarding investment, production, politics and consumption, in order to reduce the risk of irreversible changes. At the same time, the social- and economic framing conditions must be respected. Measures to address climate change have to be integrated into the broader criteria of sustainability.

Discussions of climate protection measures are typically reduced to additional costs and undesirable changes. Thereby the manifold potential co-benefits of such measures, for example with respect to quality of life, health, employment, rural development, environmental protection, security of supply, and international trade balances are mostly ignored. Integrating these criteria and effects into the analysis is required for being able to display the full spectrum of options for addressing climate change.

KERNAUSSAGEN

In Österreich sind bereits gegenwärtig Änderungen in den Wertvorstellungen vieler Menschen festzustellen, die einer sozio-ökologischen Transformation zuträglich sind (mittlere Übereinstimmung, starke Beweislage). Einzelne Pioniere des Wandels sind bereits dabei, diese Vorstellungen praktisch in klimafreundlichen Handlungs- und Geschäftsmodellen umzusetzen (z. B. Energiedienstleistungsgesellschaften im Immobilienbereich, klimafreundliche Mobilität, Nahversorgung, „Sharing Economy“) (hohe Übereinstimmung, starke Beweislage). Um diese Initiativen zu intensivieren, sind begleitende Politikmaßnahmen erforderlich, die eine verlässliche Regulierungslandschaft schaffen (mittlere Übereinstimmung, starke Beweislage).

- Wichtige technologische Lernprozesse für eine Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft sind beobachtbar: Global betragen z. B. die Investitionen in erneuerbare Energien 2013 214,4 Mrd. US\$ und die installierte Kapazität betrug 1,56 TW (bzw. 0,56 TW ohne große Wasserkraftwerke, vgl. REN21 2014). In Österreich ist eine Verstärkung des Regulierungsumfelds erforderlich, um Investitionsrisiken zu reduzieren, technische Lernkurven und Preisreduktionen nachzuvollziehen und einen klimafreundlicheren Energiemix zu erreichen. Damit auch kleinen, kreativen und innovativen AkteurInnen (wie Kommunen, mittelständischen Unternehmen, Bürgerinitiativen, Privatpersonen) eine aktive Teilnahme am

Energiemarkt ermöglicht wird (hohe Übereinstimmung, starke Beweislage).

- Auch für die aus dem Ausland importierten Güter, die in Österreich konsumiert werden, lässt sich eine Klimaverantwortung beschreiben, die oft vernachlässigt wird. So folgen die meisten derzeit verwendeten Energie-/Emissionsmodelle nur den territorialen Systemgrenzen und bilanzieren für produzierende Aktivitäten in den verschiedenen Wirtschaftssektoren, sowie den Handel mit Energieträgern und Emissionszertifikaten (hohe Übereinstimmung, starke Beweislage). Dabei vernachlässigen sie sogenannte indirekte, „graue“ Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), die in den Vorleistungsketten von importierten Gütern und Dienstleistungen im Ausland entstanden. Konsumseitig bilanzierende Modelle erfassen diese besser (mittlere Übereinstimmung, mittlere Beweislage). Die technologischen Parameter in diesen Modellen haben nur beschränkte Optionen bezüglich des Klimaschutzes, dementsprechend könnte die Analyse von Vermeidungskosten ausgebaut werden. Faire und effektive Klimaziele sollten sich an beiden, einander ergänzenden Kriterien der Klimaverantwortung orientieren (produktionsseitig und konsumseitig). Effektiver Klimaschutz erfordert eine Orientierung, welche die Auslagerung von Emission in Märkte die keine klimapolitische Regulierung aufweisen vermeidet („carbon leakage“).
- Es gibt drei zentrale Transformationsthemen. Fehlwirkungen in diesen Bereichen schaffen langfristige emissionsintensive Pfadabhängigkeiten (hohe Übereinstimmung, starke Beweislage), deren Dynamiken und Klimaeinflüsse in Modellanalysen noch schwer abschätzbar sind.
 - Die Transformation des Energiesystems an sich (gleichzeitiges Verfolgen ambitionierter Energiesparpotenziale und rascher Ausbau erneuerbarer Energiequellen), vor allem deren politische Ökonomie und Governance.
 - Integrierte Entwicklungen im Bereich nachhaltiger Konsum- und Produktionssysteme.
 - Synergiepotenziale von Städten und verdichteten Siedlungsräumen.
- In Österreich wurde eine Reihe von Initiativen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energieträger vorgeschlagen und teilweise umgesetzt. So wurde etwa in der 2011 veröffentlichten Energiestrategie vorgeschlagen, den Endenergieverbrauch bis 2020 auf das Niveau von 2005 (1 100 PJ) zu reduzieren (siehe auch Band 3, Kapitel 1). Im Ökostromgesetz werden Ziele der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen von zusätz-

lich 10,5 TWh/Jahr bis 2020 angegeben (ÖSG, 2012), zahlreiche bundes- und länderspezifische Maßnahmen bestehen zur Regulierung von Kleinverbrauch, Raumwärme und Warmwasser. Im Verkehrssektor gelten die Biokraftstoffverordnung und die Gestaltung der Normverbrauchsabgabe als Maßnahmen zum Klimaschutz. Der Industrie- und Energiesektor sind weitgehend im Rahmen des europäischen Emissionshandelssystems reguliert. All diese Zielvorgaben reichen allerdings nicht über das Jahr 2020 hinaus und die anvisierten Ziele der Energiestrategie sind nicht mit bindenden regulatorischen Maßnahmen unterfüttert (hohe Übereinstimmung, starke Beweislage). Auch die Ausbauziele für erneuerbare Energieträger werden nicht am 2°C Ziel gemessen und werden zudem wahrscheinlich deutlich vor 2020 erreicht (mittlere Übereinstimmung, mittlere Beweislage), während es unwahrscheinlich ist, dass im Industriesektor eine tatsächliche Trendwende der Emissionen erreicht wird (siehe auch Band 3, Kapitel 5) (mittlere Übereinstimmung, mittlere Beweislage). Die erwarteten Einsparungen von THG-Emissionen beim Ersatz fossiler Treibstoffe durch Biokraftstoffe werden durch Lebenszyklusstudien in Frage gestellt (siehe auch Band 3, Kapitel 2 und 3). Insgesamt ist es daher unwahrscheinlich, dass diese Maßnahmen ausreichen, um einen ausreichenden Beitrag zur Einhaltung des 2°C Ziels zu leisten (hohe Übereinstimmung, starke Beweislage). Für eine sozio-ökologische Transformation, welche Wirtschaft und Gesellschaft auf einen nachhaltigen Entwicklungspfad umlenken würde, wären grundlegendere Veränderungen der vorherrschenden Produktions- und Konsumsysteme sowie der Regulierungspraktiken nötig.

6.1 Einleitung

6.1 Introduction

Der Weltklimarat der Vereinten Nationen legte kürzlich den fünften Sachstandsbericht vor. Wenn der Klimawandel bei 2°C stabilisiert werden soll, müssen die Emissionen so rasch wie möglich ihr Maximum erreichen und dann bis 2050 um ein bis zwei Drittel sinken (IPCC, 2014a). Eine weitere Verzögerung weltweiter Schutzmaßnahmen gefährde zunehmend das Ziel, die Zunahme der Erderwärmung auf maximal 2°C zu begrenzen. Außerdem reduziere eine Verzögerung die Handlungsmöglichkeiten und steigere die Kosten für den Klimaschutz erheblich (IPCC, 2014b). Das erfordert mehr als inkrementell verbesserte Produktionstechnologien, grünere

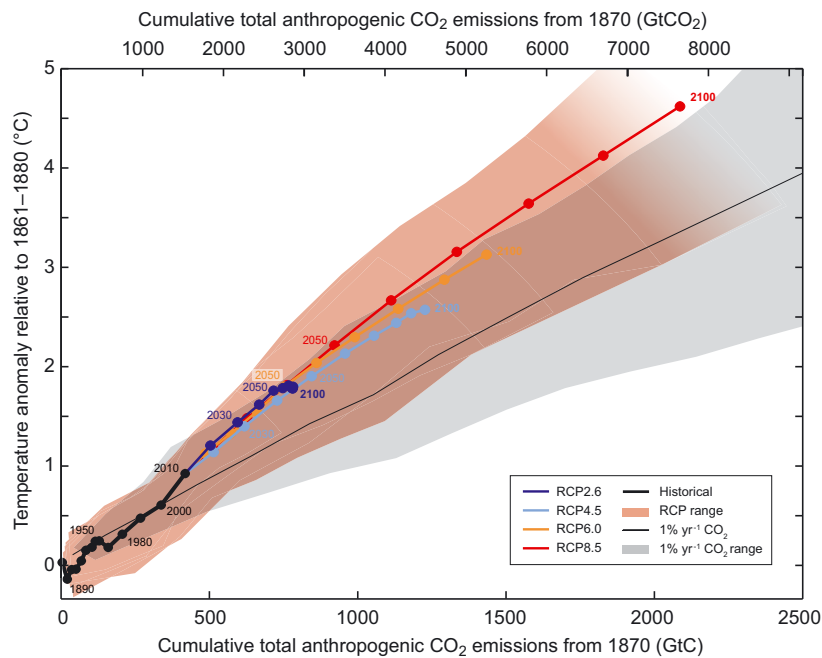
Konsumgüter und eine Politik, die marginale Effizienzsteigerungen anstößt. Es braucht eine Transformation der Interaktion zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. Die Änderungen müssen außerdem rasch umgesetzt werden, ansonsten steigt die Gefahr von irreversiblen Schäden.

Wie die vorhergehenden Kapitel im Detail zeigen, sind weltweit (z. B. Korallenriffe, Permafrostböden der Arktis) und auch in Österreich (z. B. Gletscher) bereits großflächige Veränderungen fragiler Ökosysteme zu beobachten (siehe auch Band 1, Kapitel 3 und Band 2, Kapitel 2). Sollte es nicht gelingen, die Energie- und Landnutzungssysteme rasch so zu transformieren, dass sie wesentlich weniger THG-Emissionen verursachen, droht eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur um 3–5°C. Damit wäre ein Zusammenbruch zahlreicher natürlicher und gesellschaftlicher Systeme verbunden, die dem Anpassungsdruck an den Klimawandel nicht standhalten könnten und deren funktioneller Ausfall komplexe, nicht absehbare Folgen hätte.

Der bis zum Ende des 21. Jahrhunderts und darüber hinaus realisierte Temperaturanstieg hängt maßgeblich von den bis dahin kumulierten CO₂-Emissionen ab. Entscheidende Wirkungen des Klimawandels bleiben für viele Jahrhunderte nach dem Aussetzen der CO₂-Emissionen bestehen. Abbildung 6.1 illustriert diesen Zusammenhang anhand von Ergebnissen zahlreicher Modelle, für jeden der vier „Repräsentativen Konzentrationspfade“ (RCP; Moss et al., 2010; van Vuuren et al., 2011) bis 2100; jeder RCP ist als farbige Linie und mit Punkten für die Durchschnitte pro Jahrzehnt dargestellt. Empirisch belegte Ergebnisse über die historische Periode (1860 bis 2010) werden fettgedruckt in schwarz angezeigt. Die dünne schwarze Linie zeigt Modellergebnisse mit einer jährlichen CO₂ Steigerung von 1 %. Der rosafarbene Bereich zeigt die Spannweite der Ergebnisse des gesamten Szenario-Ensembles für die vier RCPs¹. Diese sind jeweils nach ihrem im Jahr 2100 erreichten Strahlungsantrieb (zwischen 2,6 und 8,5 W/m²) benannt (siehe auch Band 1, Kapitel 1 und Band 3, Kapitel 1).

In Bezug auf realistische und kostenoptimale Transformationspfade zu einer klimaverträglichen Gesellschaft ist es wichtig ein möglichst frühzeitiges Gipfeln der globalen THG-Emissionen zu erreichen: Jede Verzögerung des Scheitelpunkts in die Zukunft reduziert die Wahrscheinlichkeit innerhalb

¹ Die RCP-Szenarien definieren einen Konzentrationsverlauf bis 2100, mit Erweiterungen bis 2300. Um diesen Verlauf einzuhalten, gibt es verschiedene Pfade durch unterschiedliche Klimaschutzmaßnahmen (z. B. Steigerung der Energieeffizienz, Reduktion der fossilen Energieerzeugung, Verlangsamung der Entwaldung). Diese können zu unterschiedlichen Anteilen zur Einhaltung der RCP-Pfade beitragen. Die RCP-Szenarien stellen „wenn-dann“ Optionen der künftigen Entwicklung dar.



IPCC (2013) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Figure SPM.10. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

Abbildung 6.1 Die Wirkung kumulativer anthropogener CO₂-Emissionen und der Temperaturanstieg, historisch von 1870 bis 2010, sowie zukünftig in den vier neuen „Repräsentativen Konzentrationspfaden“ (RCP), welche für den IPCC AR5 (Fünften Sachstand Bericht) entwickelt wurden. Die durchschnittliche globale Oberflächentemperatur steigt als Funktion vom kumulativen gesamten CO₂-Emissionen. Multimodellergenergebnisse von einer Hierarchie von Kohlenstoffkreislaufmodellen für jeden RCP bis 2100 werden in farbigen Linien und dekadischen Durchschnitten (Punkte) gezeigt. Um die Klarheit zu erhöhen sind manche dekadischen Mittelwerte extra ausgewiesen (z. B. 2050 steht für die Dekade 2040 bis 2049). Modellergenergebnisse für die historische Periode (1860 bis 2010) sind in schwarz dargestellt. Die farbige Fahnenanstellung zeigt die Streuung der Multimodellergenergebnisse über die vier RCP-Szenarien und wird mit abnehmender Anzahl von verfügbaren Modellen in RCP8.5 immer geringer. RCP8.5 umreißt eine Entwicklung mit weiter steigenden Emissionen, bei der mit einer Erwärmung um rund vier Grad Celsius bis 2100 zu rechnen ist. Für die drei weiteren Konzentrationspfade werden unterschiedlich strenge Klimaschutzmaßnahmen angenommen, die umfassendsten im RCP2.6 (nur bei diesem Konzentrationspfad ist die Wahrscheinlichkeit höher als 50 %, dass sich die Erde um weniger als zwei Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten erwärmt). Quelle: IPCC AR5 WG1 SPM (2013)

Figure 6.1 The impact of cumulative total anthropogenic CO₂ emissions increase for the historic 1870-2010 period and future for the four new „Representative Concentration Pathways“ (RCP) developed for the IPCC AR5 (Fifth Assessment Report). Global mean surface temperature increases as a function of cumulative total global CO₂ emissions. Multimodel results from a hierarchy of climate-carbon cycle models for each RCP until 2100 are shown with coloured lines and decadal means (dots). For clarity, some decadal means are depicted separately (e.g., 2050 indicating the decade 2040-2049). Model results for the historical period (1860 to 2010) are indicated in black. The coloured plume illustrates the multi-model spread over the four RCPs and fades with the decreasing number of available model runs for the RCP8.5. RCP8.5 portrays future development with continuous emissions increase leading to a global mean temperature warming of about four degrees Celsius by 2100. The other three concentrations pathways assume different climate change mitigation measures, the most stringent are assumed in RCP2.6 (only in the case of this concentrations pathway is the probability higher than 50 % that the temperature increase would be lower than two degrees Celsius compared with the preindustrial levels). Source: IPCC AR5 WG1 SPM (2013).

des 2°C-Emissionskorridors zu bleiben und vervielfacht die Rate der später jährlich erforderlichen Emissionsreduktionen (GEA, 2012; vgl. auch Band 3, Kapitel 1). Reduktionskosten müssen zwar in Bezug zu zukünftigen Einkommen gesetzt werden, doch steigen mit einer Verzögerung die Risiken unerwünschter biophysischer Wirkungen. In den meisten 2°C-kompatiblen Klimastabilisierungsszenarien wird daher der Scheitelpunkt noch vor 2020 erreicht (siehe auch Band 3, Kapitel 1). Daraus leitet sich die Dringlichkeit des Handelns ab.

Dieses Kapitel präsentiert einen ersten und zwangsläufig noch lückenhaften Überblick über Transformationsforschung mit Bezug zum Klimawandel auf der österreichischen Skalenebene. Es behandelt zuerst die Kontextualisierung von Kli-

mawandel im Rahmen weiterer sozio-ökonomischer Krisen (Abschnitt 6.2.1) und argumentiert die Notwendigkeit der sozio-ökologischen Transformation (Abschnitt 6.2.2). Abschnitt 6.2.3 beschäftigt sich mit dem in der Politik wichtigen Konzept „Green Growth“, gefolgt von einer Diskussion über die Messung sozio-ökonomischer Leistung und des Wohlergehens (Abschnitt 6.2.4). Abschnitt 6.3 beschäftigt sich hauptsächlich mit den Problemlagen und AkteurInnen, während sich Abschnitt 6.4 mit Handlungsempfehlungen zur Übersetzung globaler Transformationspfade in nationale und lokale Strategien zur Klimawandelvermeidung und -Anpassung beschäftigt. Das Kapitel schließt mit Schlussfolgerungen und einer kurzen Diskussion des Forschungsbedarfs.

6.2 Kontextualisierung der Klimadebatte

6.2 Contextualisation of the climate debate

6.2.1 Der Zusammenfall mehrerer Krisen

Trotz des inzwischen deutlich besseren Verständnisses des Klimawandels, der damit verbundenen Umweltprobleme und gesellschaftlichen Risiken, erwiesen sich darauf bezogene Politikmaßnahmen bisher als unzureichend um die gefährlichen Trends umzukehren. Die überwiegende Wirkungsrichtung der bisher vorgeschlagenen Maßnahmen war „top-down“ strukturiert und auf Nationalstaaten bezogen, sowie teilweise in internationalen Verträgen verbrieft. Eine wesentliche Ursache für die Ineffektivität gegenwärtiger Klimapolitik liegt darin begründet, dass sie es vermeidet anzuerkennen, welche große Zahl an AkteurInnen an der Klimaverantwortung teilhaben und dass ein interaktiv organisierter (bottom-up und top-down) sowie rückgekoppelter Politikprozess zu deren effektiver Regulierung notwendig wäre (Sabatier, 1986; Falkner et al., 2010; Leach et al., 2012; Brand und Görg, 2013; Falkner, 2013). Die wiederholte Enttäuschung von Erwartungen bezüglich internationaler Klimaverhandlungen ist eine weitere Ursache für die Klimapolitikverdrossenheit (Goldin, 2013). Ein dritter bedeutender Faktor für das Politikversagen ist in der tatsächlich komplexen Verbindung von Sozial- und Umweltproblematik begründet (Littig und Griessler, 2005).

Um gangbare Pfade in Richtung Nachhaltigkeit entwerfen zu können, ist es erforderlich ein Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Umweltzerstörung, Armut und sozialer Ungleichheit zu entwickeln (Scoones et al., 2007; Brand und Wissen, 2011). Ein umfassender Lösungsansatz muss Wechselwirkungen komplexer dynamischer Systeme auf verschiedenen Skalenebenen berücksichtigen. Beispiele für solche Interaktionen sind das Zusammenwirken von Klimawandel, Mobilitätsverhalten und Landnutzungsänderungen, weitere Bevölkerungsentwicklung, Gesundheitszustand der Bevölkerung und Umweltschädigung, letztlich der technologische Wandel und globale Marktintegration sowie die Tatsache, dass einige Teile der Welt sich rasch verändern, während andere in Stagnation und Armut verharren. Außerdem wird zunehmend erkannt, dass Nachhaltigkeitsprobleme in den Lebensstilen und der damit verbundenen derzeitigen Organisationsform von Produktion und Konsum, begründet sind. In struktureller Hinsicht stehen die Krise des Klimawandels und der übermäßige Ressourcenverbrauch in engem Zusammenhang mit der derzeit vorherrschenden wirtschaftlichen Ordnung.

Die Hauptorientierung liegt dabei auf internationaler Wettbewerbsfähigkeit. Aus dieser Perspektive sind die ressourcenintensiven Lebensweisen und Produktionsverhältnisse, sowie das Herrschen von wenigen über viele und die zunehmende wirtschaftliche Ungleichheit allesamt Bestandteil und Grundursache der Klimakrise (Brand, 2009).

Weil die gegenwärtig vorherrschenden Strukturen und Praktiken für die Nachhaltigkeitskrise ursächlich sind, müssen diese zur Überwindung der Krise verändert werden. Jene derart umfassenden sozioökonomischen Veränderungsprozesse, die auf Nachhaltigkeit abzielen, werden als sozio-ökologische Transformation bezeichnet (Scheffer et al., 2002; Voß et al., 2006).²

6.2.2 Sozio-ökologische Transformation

Transformationen sind Prozesse, die physische oder qualitative Änderungen in Systemen hervorrufen und deren Form, Struktur oder Bedeutung verändern. Es handelt sich dabei um „Änderungen der Grundeigenschaften von Systemen (inklusive des Wertesystems, der regulativen, legislativen oder bürokratischen Regime, der finanziellen Institutionen sowie technologischer oder biologischer Systeme)“ (IPCC, 2012).

Sozio-ökologische Transformationen sind ausgesprochen pfadabhängig. Historische Entwicklungen beeinflussen, ermöglichen oder begrenzen maßgeblich die zukünftig mögliche Ausprägung gesellschaftlicher Strukturen. Darüber hinaus sind sozio-ökologische Systeme durch interne Komplexität und Ungewissheit charakterisiert. Bezüglich sozio-ökologischer Transformationen sind wir mit erheblichen Grenzen der Lenkbarkeit, etwa durch Politikentscheidungen oder administrative Steuerungseingriffe konfrontiert (Voß und Kemp, 2005). Brand und Wissen (2011) argumentieren, dass die aktuellen Strukturen und Regulationsmechanismen im Wesentlichen neoliberal geprägt sind und zu klimatisch unerwünschten Resultaten führen. An deren Stelle sollten Strukturen, Regulationsmechanismen und Praktiken treten, die gleichsam der Gesellschaft und den biophysischen Systemen nützen.

Folke et al. (2010) unterscheiden zwischen eigendynamischen und forcierten Transformationen, je nachdem in welchem Ausmaß das System von sich aus veränderbar ist. Die Transformierbarkeit beschreibt die spezifische Fähigkeit wandelbar zu sein, auf Impulse zu reagieren und sich umzuformen oder in einen fundamental anderen Zustand zu wechseln,

² Siehe auch: „Review, Scoping & Innovation: The State of the Art of Transformation Research, Key Researchers, and Research Gaps and Opportunities“ (Austrian contribution to the JPI CLIMATE – FTA on „Scoping and Reviewing SSH contributions to Climate Change Research“), coordinator: U Brand, October 2012 – June 2013.

sollten ökologische, ökonomische oder soziale Umstände dies erfordern. Forcierte Transformationen sind extern induziert (z. B. durch Versorgungsengpässe oder andere Krisensituationen); sie werden nicht aktiv und freiwillig durch ihre AkteurInnen angestrebt. Die Möglichkeiten, die Richtung von sozio-ökologischen Transformationen zu beeinflussen, sind vielfältig. Solche Impulse können von vielen AkteurInnen ausgehen und erfolgen im Rahmen gesellschaftlicher Diskurse und Verhandlungen. Der Koordination zwischen „PionierInnen“ und heterogenen AgentInnen des Wandels kommt daher eine Schlüsselrolle zu (Voß und Kemp, 2005). Der Wissenschaftliche Beirat der deutschen Bundesregierung zu globalen Umweltveränderungen WBGU (2011) schlägt dementsprechend die Ausarbeitung eines neuen Gesellschaftsvertrags als Basis für die bevorstehende große Transformation vor.

Da die gegenwärtigen ökologischen, ökonomischen oder sozialen Umstände das bestehende System unhaltbar machen, werden für sozio-ökologische Transformationen neue Pfade eröffnet und Praktiken entwickelt (Gunderson und Holling, 2002; Walker et al., 2004; Folke et al., 2010). Darunter fallen etwa transformative Ansätze der Klimawandelvermeidung und -anpassung, die über marginale und inkrementelle Schritte hinausgehen. Solche Maßnahmen können Änderungen in Form und Struktur erfordern und grundsätzlich neue Handlungsstrategien propagieren.

Empirische Analysen gehen zunehmend von einem Transformationsbedarf aus (Krausmann et al. 2008; Steinberger et al., 2010). Insbesondere wichtig sind in diesem Zusammenhang Untersuchungen, die sich mit dem gesellschaftlichen Metabolismus (Ayres, 1977) von landbasierten Ressourcen (Krausmann, 2006; Erb et al., 2008), dem Energiesystem (van Vuuren et al., 2012), sowie der Integrität von Ökosystemen und dem Erhalt von Biodiversität befassen (Chapin et al., 2009; Chapin et al., 2010).

In einigen Politikbereichen wird die Diskussion über sozio-ökologische Transformation auf Konzepte wie „nachhaltiges Wachstum“, „qualitatives Wachstum“ oder die aktuelle Variante „Green Growth“ reduziert. Dabei handelt es sich um das Ansinnen die Produktionsweise vor allem durch neuere Technologie umweltfreundlicher zu machen, die Produktions- und Konsumlogik jedoch unverändert zu lassen. Die „Green Growth“ Agenda wird von Brand (2012) kritisiert, weil sie politische, ökonomische, biophysische und kulturelle Rahmenbedingungen ignoriert. Der kürzlich veröffentlichte European Report on Development (2013) erkennt zwar „Green Growth“ als Politikoption an, fordert aber gleichzeitig eine wesentlich breitere Palette von Zielvorstellungen und strukturellen Änderungen, die eine inklusive und nachhaltige Ent-

wicklung gleichsam auf der lokalen, nationalen, und globalen Ebene ermöglichen.

Da „Green Growth“ als dominante umweltpolitische Ausrichtung eine große Gefolgschaft hat und die grundlegende Frage, ob Wirtschaftswachstum Ursache oder auch Lösung von Umweltproblemen sein kann, in diesem Zusammenhang besonders relevant ist, soll das Konzept im folgenden Kapitel detaillierter präsentiert werden.

Green Growth

Grüne Politik kann so gestaltet werden, dass auch das soziale Wohl gefördert wird. Dazu sind neben der absoluten Reduktion biophysischer Schädigung, soziale Ziele wie soziale Inklusivität und Gerechtigkeit zu berücksichtigen.

„Green Growth“ wurde als Maßnahmenbündel rund um Rio +20 für einen großflächigen Einsatz propagiert. Da „Green Growth“ in der Politikarena derzeit viel Aufmerksamkeit bekommt, seien im Folgenden die Argumente von BefürworterInnen und KritikerInnen gegenübergestellt.

Die BefürworterInnen argumentieren, dass Wirtschaftswachstum weiterhin als Kern der Wirtschaftspolitik aufrechtzuerhalten sei. Außerdem könnten Kosten sogar gesenkt werden, wenn Regulierungen dementsprechend formuliert werden und marktbasierende Politikinstrumente darauf ausgerichtet werden die Umwelt zu schützen (UN DESA und UNDP, 2012). „Green Growth“ wird als Transformationspfad zu nachhaltiger Entwicklung gesehen. Es geht weiterhin um Wachstumsförderung, ergänzt um Inklusivität (z. B. UNU-IHDP und UNEP, 2012) und Reduktion von Umweltauswirkungen. Allerdings bedingt dies eine Auseinandersetzung mit politischen Einschränkungen, einer Überwindung verfestigter Verhaltensmuster wie sozialer Normen und die Entwicklung innovativer Finanzierungsinstrumente, um Anreize zu setzen und Innovationen zu fördern. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund von Markt-, Politik- und institutionellem Versagen, die zum übermäßigen Gebrauch unserer natürlichen Ressourcen führen, wichtig (World Bank, 2012).

Koreas nationale Strategie für „Green Growth“ (2009 bis 2050) und der 5-Jahres Plan (2009 bis 2013) werden generell als beste Beispiele für Maßnahmen im Sinne von „Green Growth“ angesehen. Sie bieten einen umfassenden politischen Rahmen für „Green Growth“ mit kurz- und langfristigen Zielsetzungen. Während es oft Schwierigkeiten gibt, den Erfolg von grünem Wachstum sowohl ex ante zu schätzen als auch ex post zu bewerten, ist Korea eines der Länder, die bereits die OECD „Green Growth“ Indikatoren anwenden (OECD, 2013). Die Strategie soll folgende Zielsetzungen langfristig verfolgen:

1. Förderung neuer umweltfreundlicher Wachstumsmotoren
2. Verbesserung der Lebensqualität der Menschen
3. Beitrag zu den internationalen Anstrengungen zur Bekämpfung des Klimawandels

Um ihre Realisierung zu erleichtern, wurde eine Präsidentenkommission zu „Green Growth“ im Jahr 2009 gegründet und ein „Low Carbon Green Growth“-Gesetz 2010 beschlossen. Der 5-Jahres Plan skizziert Maßnahmen sowie spezifische Budgets der Regierung für die Umsetzung der Strategie sowie detaillierte Aufgaben für Ministerien und lokale Regierungseinheiten. Nach dem Plan wird die Regierung für Programme und Projekte grünen Wachstums etwa 2 % des jährlichen BIPs ausgeben (OECD, 2011a). „Green Growth“ ist somit ein wichtiger Teil der neuen Koreanischen Entwicklung.

Während „Green Growth“ nicht eindeutig definiert ist, kann es als Versuch gesehen werden wachstumsorientierte Politik mit Umweltzielen zu konsolidieren. Generell wird Wirtschaftswachstum weiterhin als bedeutendes Ziel für Länder gesehen, in denen große Teile der Bevölkerung arm sind. Für reiche Länder wird es zunehmend differenzierter diskutiert. Vor diesem Hintergrund wird die globale Annahme Wirtschaftswachstum sei zu fördern, kritisiert.

KritikerInnen bemängeln, dass die dem Begriff innewohnende Widersprüchlichkeit tendenziell zu inkonsistenten und paradoxen Ergebnissen führt. Als politische Strategie wird „Green Growth“ oft als zu wenig ambitioniert beurteilt, insbesondere wenn Maßnahmen, die aus Umweltperspektive problematisch sind als positiv eingestuft werden. Laut KritikerInnen vernachlässigt „Green Growth“ wichtige Nachhaltigkeit Aspekte der Gesellschaft. Sie sehen „Green Growth“ bloß als neuen Begriff für das übliche Wirtschaftswachstum. Dadurch können erforderliche gesellschaftliche Diskurse und Konflikte vermieden oder hinausgezögert werden und eine strukturelle Neuorientierung der Wirtschaft unter Klimaschutzprämissen wird vertagt. Hier zeigen sich Parallelen zum Begriff „Sustainable Development“, der zwar erfolgreich ist, indem er unterschiedlichste Parteien an einen Tisch vereinigt, der aber inhaltlich so weit gespannt ist, dass eine konstruktive Verständigung der versammelten GesprächspartnerInnen ausbleibt. Außerdem wird kritisiert, dass in allen anderen Ländern außer dem Paradebeispiel Korea „Green Growth“ durch nur wenige konkrete Umweltinvestitionen oder –maßnahmen umgesetzt wurde und der Fokus auf der diskursiven Ebene blieb.

Auch die Umsetzung des Ziels der sozialen Inklusivität wird kritisiert. So wird argumentiert, dass „Green Growth“ vor allem auf das Industrie- und Finanzkapital und die Zentralregie-

rung ausgerichtet sei und somit in Widerspruch zum Ziel der nachhaltigen Entwicklung stehe, die auf die Beteiligung und Einbeziehung der lokalen Regierungen, lokaler Unternehmen sowie BürgerInnen abziele (Moon et al., 2010).

Der Begriff „Green Growth“ ist relativ jung, unter anderem weil in früheren Phasen der Industrialisierung, bis in die 60er Jahre, die Umweltwirkungen von Industrieprozessen als räumlich begrenzt und von marginaler Bedeutung wahrgenommen wurden. Mit dem Auftreten von großräumigen Umweltproblemen (wie etwa überregionaler Luftverschmutzung oder des Ozonlochs) entwickelte sich ein Umweltbewusstsein, das zunächst jedoch auf die Umsetzung von „end of pipe“ Technologien (z. B. höhere Schornsteine, längere Abwasserrohre, Filtertechnologien) fokussierte.

Der augenscheinliche Erfolg einige der dringenden Umweltprobleme in den Griff zu bekommen (z. B. globale Substitution halogenierter Kohlenwasserstoffe durch ozonfreundlichere Substanzen, regionale Bekämpfung von kohlebasierendem Smog oder fäkaler Kontamination von Wasser) resultierte wiederum in der Zuversicht Umweltprobleme effektiv adressieren und regulieren zu können. Entsprechend wurde Wirtschaftswachstum eher als Lösungsstrategie, denn als Ursache von Umweltproblemen wahrgenommen. Die Umwelt-Kuznets-Hypothese (vgl. Kuznets, 1955; Grossman und Krueger, 1995; Stern et al., 1996; Torras und Boyce, 1998; Stagl, 1999; Stern und Common, 2001; Stern, 2004) verdeutlicht diese Sichtweise: im Prozess zunehmender Wirtschaftsaktivität leiden Länder in manchen Bereichen zwar zunächst unter zunehmender Umweltschädigung, sind aber bei höherem Einkommensniveau fähig, die negative Umweltwirkung zu reduzieren. Diese, in der Entwicklungspolitik auch unter dem Slogan „grow now, clean up later“ diskutierte, Perspektive ist seit den 1980er Jahren vielfach Ausgangspunkt politischer Argumentation und stellt so ein strukturelles Grundelement des „Green Growth“ Paradigmas dar (vgl. Weizsäcker et al., 2009).

Während die Umwelt-Kuznets-Hypothese empirisch tatsächlich für einige räumlich begrenzt wirksame Umweltprobleme, für die kostengünstige technische Lösungen zur Verfügung stehen, bestätigt wurde, ist dies für globale Umweltprobleme wie z. B. den Klimawandel wie auch Abfall und diverse Emissionen des Verkehrs sehr viel weniger der Fall (Mills und Waite, 2009). Auch für Luftverschmutzung in Städten sind beschränkt Belege für die Stimmigkeit der Umwelt-Kuznets-Kurve zu finden (McGranahan et al., 2001).

Rockström et al. (2009) zeigen, dass eine Reihe von „planetary boundaries“ existieren, also rahmenbestimmender Umweltprozesse der planetaren Tragfähigkeit, deren Über-

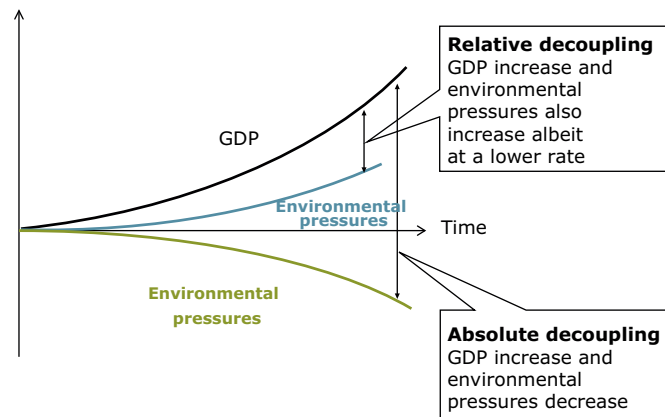


Abbildung 6.2 Das Konzept der relativen und absoluten Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltwirkung. Quelle: EEA (2012a)

Figure 6.2 The concept of relative and total decoupling of economic growth and environmental impact. Source: EEA (2012a)

schreitung jeweils ernsthafte Folgen für die weitere Stabilität der Biosphäre hat. Einige dieser biophysischen Schwellen sind bereits überschritten, wobei der anthropogene Klimawandel ein Schlüsselproblem darstellt. Diese Analyse legt auch nahe, dass das Einhalten von biophysischen Schwellenwerten nicht mit den gegenwärtig vorherrschenden Wirtschaftsstrategien vereinbar ist, die weiterhin im Wesentlichen darauf basieren, den Energieverbrauch und weiteren Ressourcendurchsatz der Gesellschaft zu erhöhen.

Moderne Volkswirtschaften und orthodoxe ökonomische Forschung sind strukturell eng mit dem Paradigma des unbegrenzten wirtschaftlichen Wachstums verbunden (Mishan und Mishan, 1967; Daly, 1977; Jackson, 2009; Seidl und Zahrt, 2010; Coyle, 2011). Nationale und internationale Klimaschutzpolitik konzentriert sich auf wachstumsabhängige Politikmaßnahmen und eine wachsende Zahl von Studien hinterfragen kritisch die Auswirkungen von stringenten Klimaschutzzielen auf die Entwicklungspfade von Volkswirtschaften, sowie die dabei zu erwartenden Rückkopplungen (vgl. Victor, 2008; Jackson, 2009; Jackson und Victor, 2011; Victor, 2012; Rezaei et al., 2013).

Die unkritische Übernahme des Begriffs „Green Growth“ in weitere Politikfelder eröffnet Fragen bezüglich der wissenschaftlichen Grundlagen des Konzepts. Scricciu et al. (2013) untersuchten die Herkunft des Diskurses zu „Green Growth“. Sie beziehen sich auf die folgenden zwei Definitionen um „Green Growth“ zu kategorisieren: „Die OECD definiert Green Growth als ‚Wachstum‘ das es natürlichen Lebensgrundlagen erlaubt, weiterhin die Ressourcen und Umweltdienstleistungen bereitzustellen, auf denen unser Wohlergehen beruht, [...]. Die UNEP definiert es als ‚[e]in Wirtschaften das langfristig zu verbesserten Lebensumständen und der Überwindung von Ungleichheit führt, aber dabei zukünftige Generationen nicht wesentlichen Umweltrisiken oder ökologischen Engpässen aussetzt“ (Scricciu et al., 2013). Beide

Definitionen schreiben der öffentlichen Politikgestaltung eine zentrale Rolle zu, den Märkten bezüglich der oben beschriebenen Nachhaltigkeitsgrenzen Schranken zu setzen. Scricciu et al. (2013) argumentieren, dass zwar die zentrale Bedeutung öffentlicher Politikmaßnahmen weitgehend anerkannt ist und schon bisher in zahlreichen Diskussionen weitreichendere gesellschaftliche Transformationen als nötig erachtet wurden, um dem Ziel der Nachhaltigkeit näherzukommen, dass allerdings diese Fortschritte in Modellierungsansätzen erst in den letzten Jahren nachvollzogen wurden (z. B. WBGU, 2011; GEA, 2012). Edenhofer et al. (2006) fanden, dass Unterschiede in den Kostenabschätzungen für klimapolitische Maßnahmen besser durch die Zugehörigkeit eines Modells zu einer Modellierungsgruppe erklärt werden können, als durch die modellspezifischen Annahmen.

Die meisten herkömmlichen Modelle zu den volkswirtschaftlichen Kosten des Klimaschutzes basieren auf intertemporaler Optimierung und allgemeinen Gleichgewichtsmodellen, in denen auf Grund von Preissignalen ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht wird. In derartigen Modellen wird Klimapolitik als Kostenstruktur (Summe von direkten Kosten, die Ressourcen von Konsum und konventionellen Investitionspfaden, sowie von indirekten Kosten, die etwa Mitnahmeeffekte ineffizienter Politikmaßnahmen beschreiben) abgebildet. Sofern solche Modelle die Nutzen der Klimapolitik nicht ebenso abbilden, weisen sie in der Regel die „Green Growth Hypothese“ zurück. Ein Teil der Modelle, die in Scricciu et al. (2013) vorgestellt werden, gehen allerdings über das Paradigma der automatischen Rückkehr zu Gleichgewichten in allen Märkten hinaus und bringen Argumente für aktive Politikmaßnahmen, die gleichzeitig in höherem Gesamtoutput und besseren Umweltzuständen resultieren (Edenhofer et al., 2006; Scricciu et al., 2013).

Wo steht Österreich in diesem Zusammenhang?

Ein zentrales Element in der „Green Growth“ Debatte ist die Annahme, dass erhöhte Energie- und Materialeffizienz dazu beitragen werden, die an sich widersprüchlichen Ziele von Wirtschaftswachstum und Nachhaltigkeit zu vereinen, also über eine relative Entkopplung von Umweltwirkung und Wirtschaftswachstum hin zu einer absoluten Entkopplung zu kommen (siehe Abbildung 6.2).

Empirische Betrachtungen der jüngeren Vergangenheit lassen allerdings an einem Automatismus dieser Entwicklung zweifeln, wobei das Beispiel der österreichischen Wirtschaft in diesem Zusammenhang aussagekräftig ist. Die weiter unten folgende Abbildung 6.3 bildet für Österreich die Entwicklung der Kohlenstoffintensität (welche eng verbunden mit der Energieintensität ist) ab, sowie die allgemeine Wirtschaftsleistung, ausgedrückt als Bruttoinlandsprodukt (BIP) für die Jahre 1990 bis 2011, basierend auf früheren Berechnungen (Mechler et al., 2010). Ein Wachstum des absoluten BIP wird in Abbildung 6.3 durch Bewegungen der Trajektorie nach oben abgebildet, während eine Zunahme der Kohlenstoffintensität des BIP die Trajektorie nach links lenkt. Das Produkt beider Zahlen repräsentiert die gesamte Emissionsmenge in Österreich (bzw. des Vereinigten Königreichs) für das jeweilige Jahr. ($\text{GDP} [\$] * \text{THG-Intensität} [\text{kg CO}_2\text{-Äq./}\$] = \text{Emissionen} [\text{kg CO}_2\text{-Äq.}]$) Ausgehend von diesen Beziehungen ist es möglich, Kurven gleicher Emissionsmengen (Iso-Emissionskurven) bei unterschiedlicher Wirtschaftsentwicklung zu zeichnen, wobei hier zwei Beispiele dargestellt werden: (i) Die untere Linie an Isoquanten illustriert die Emissionsmengen die unter Berücksichtigung des Kyoto Protokolls zulässig wären (im Fall von Österreich: 68,8 Mt CO₂-Äq.); (ii) die obere Linie illustriert Emissionsmengen des Kyoto Referenzjahrs 1990 (im Fall von Österreich: 78,2 Mt CO₂-Äq.).

Die Kurvenentwicklung für Österreich zeigt, dass zwar Verbesserungen der THG-Intensität in der berücksichtigten Periode beobachtbar sind, diese allerdings überkompensiert werden durch das Wirtschaftswachstum. Entsprechend gelang es Österreich weder in dem in dieser Grafik abgebildeten Zeitraum, noch in weiteren hier nicht dargestellten Jahren, die angestrebten Reduktionen von 13 % zu erreichen oder etwa die THG-Emissionen auch nur konstant zu halten. Tatsächlich nahmen zwischen 1990 und 2011 die Emissionen in Österreich um 6 % zu. Österreich hat die Kyoto-Ziele zwar erreicht, allerdings durch Anwendung der „flexiblen Instrumente“, d. h. durch den Ankauf von Emissionszertifikaten aus dem Ausland im Ausmaß von etwa 500 Mio. € (siehe EEA, 2012b). Zahlreiche Länder in Europa folgten einem ähnlichen Ansatz (ins-

gesamt 10 der 15 Länder die durch das Kyoto Protokoll zu Reduktionen verpflichtet waren, vgl. EEA, 2012b).

Das Vereinigte Königreich (unterer Graph in Abbildung 6.3) wird oft als Paradebeispiel zitiert, weil sie zumindest scheinbar erfolgreich eine Strategie des „Green Growth“ verfolgten. Allerdings ist dieser Erfolg teilweise den speziellen äußeren Umständen zuzuschreiben, wie der Entdeckung von Erdgas in der Nordsee, was einen kostengünstigen Übergang der Stromproduktion von ursprünglich vorwiegend Kohlekraftwerken, hin zu weniger emissionsintensiven Gaskraftwerken ermöglichte, ohne sich dabei von Gasimporten abhängig zu machen. Auch fand in diesem Zeitraum ein wirtschaftlicher Strukturwandel statt, in dem energieintensive Industriesektoren ins Ausland verlagert wurden, während der Banken- und Dienstleistungssektor ausgebaut wurde. Abbildung 6.4 zeigt beispielsweise, dass die Energieintensität des UK in den vergangenen 20 Jahren um jährlich mehr als 2,5 % sank, wobei Struktureffekte und Effizienzverbesserungen etwa im gleichen Ausmaß dazu beitragen. Das Vereinigte Königreich schaffte es so Emissionsersparungen und die Erfüllung der Kyoto Kriterien in erster Linie durch Maßnahmen im Inland zu erreichen und dabei gleichzeitig eine Erhöhung der Wirtschaftsleistung zu erzielen.

Das Vereinigte Königreich hat allerdings auch weit vorausschauende und legal bindende Politikmaßnahmen initiiert. So wurde bereits 2008 im Rahmen des beschlossenen Klimaschutzgesetzes (Climate Change Act) das Ziel formuliert, bis 2050 eine Reduktion von CO₂-Emissionen von 80 % im Vergleich zu 1990 zu erreichen. Die Bündelung entscheidender Kompetenzen in einem „Department of Energy and Climate Change“ war dieser Politikentscheidung sicherlich zuträglich. Dennoch sind die bisher erreichten Emissionsreduktionen noch weit von den signifikanten Reduktionen (global um 33-67 %) entfernt, die bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts vom IPCC global und in höherem Ausmaß für Industrieländern als notwendig angesehen werden, um die globale Erwärmung auf weniger als 2 °C zu begrenzen (IPCC, 2007; GEA, 2012; IPCC, 2014b).

Weitere Details zu technischen Unterschieden zwischen produktions- und konsumseitigen Bilanzen werden später in diesem Kapitel, im Abschnitt 6.3.1 „Sektoren“ dargelegt, siehe zur Illustration der Konzepte auch Abbildung 6.5 sowie zu Politikimplikationen Steininger et al. (2014).

Die Entwicklungstrends in Österreich werfen Fragen auf, inwieweit ambitionierte Emissionsreduktionen mit Wirtschaftswachstum vereinbar sind.

Zahlreiche internationale Organisationen wie etwa die Weltbank, die OECD und die IEA gehen nach wie vor davon aus, dass ein globales Wirtschaftswachstum im Bereich von

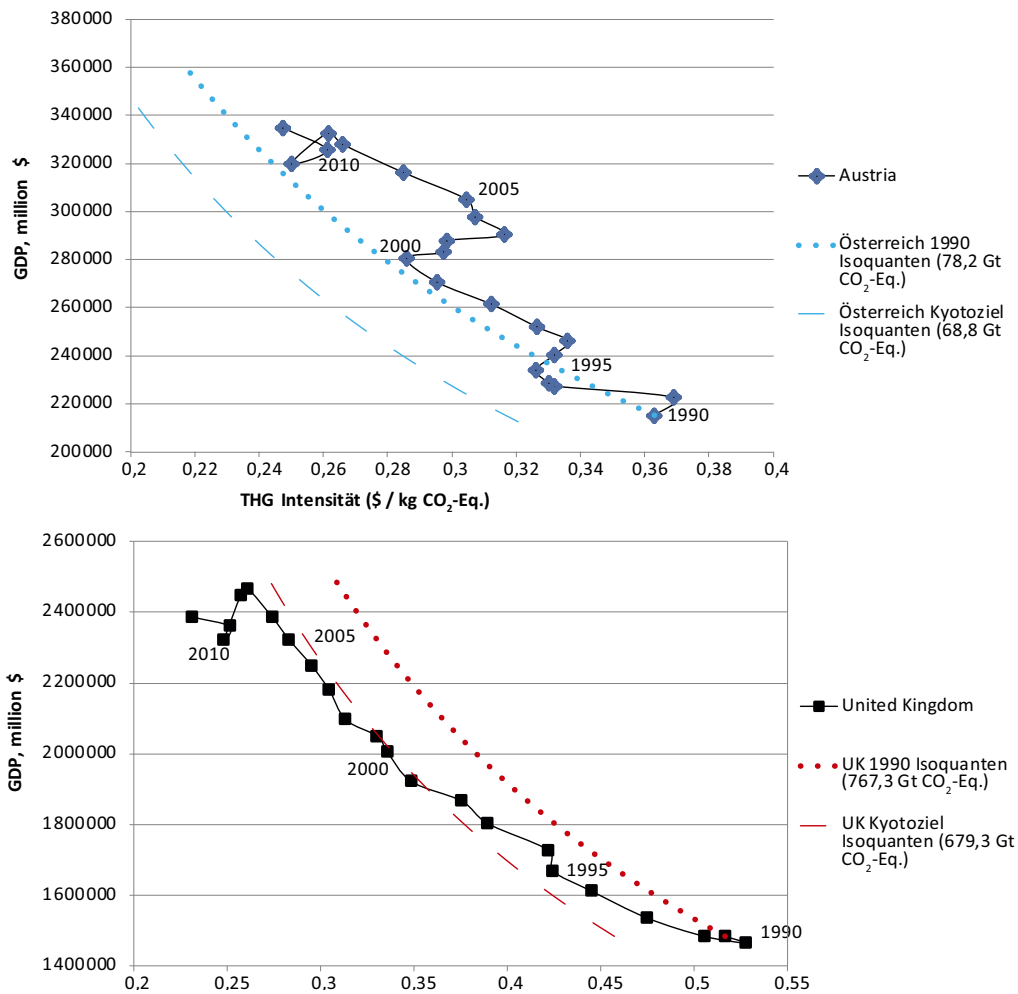
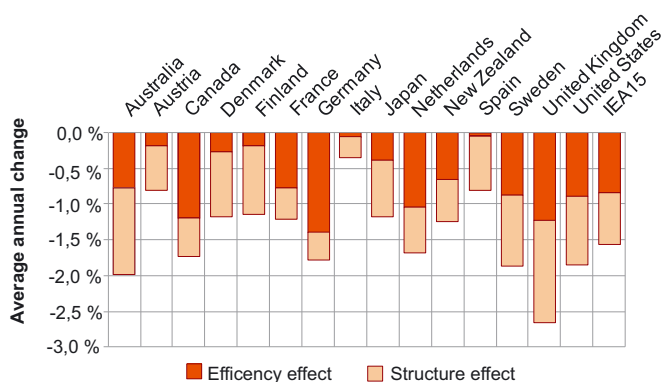


Abbildung 6.3 BIP vs. Kohlenstoffintensität, Pfadverläufe 1990 bis 2011 für Österreich (oben) und das Vereinigte Königreich (unten); Quelle: Verändert nach Mechler et al. (2010)

Figure 6.3 Trajectories of GDP vs. carbon intensity 1990-2011 for Austria (upper panel) and the UK (lower panel); Source: modified from Mechler et al. (2010)

3 %/Jahr mit einer Halbierung der globalen Emissionen von CO₂-Äquivalenten bis 2050 vereinbar sei. Dies würde für Industrieländer erfordern, ihre Gesamtemissionen um 80–95 % im Vergleich zu 1990 zu reduzieren (siehe etwa IPCC, 2007). Um diese Zielvorgaben alleine durch Energieeffizienzmaßnahmen zu erreichen, müsste die Energieeffizienz in Österreich jährlich um mehr als 3 % steigen. Bei stärkerem nationalem Wirtschaftswachstum im Bereich von 2 %/Jahr wären dann Effizienzsteigerungen von mehr als 5 %/Jahr nötig. Alternativ könnte allerdings ein Teil dieses Zieles auch durch die Dekarbonisierung der Primärenergie, etwa durch den Ausbau erneuerbarer Energien, erreicht werden. Insgesamt würden solche Annahmen von einer Verbesserung der Energieeffizienz im Bereich eines Faktors von 10 ausgehen, was selbst OptimistInnen als unrealistisch einschätzen (Hinterberger, 2009).

Insgesamt ist die Energieintensität der Österreichischen Wirtschaft in den vergangenen 20 Jahren um weniger als 1 % jährlich gesunken, wobei der Großteil dieses Rückgangs auf strukturelle Veränderungen zurückzuführen ist (siehe Abbildung 6.4), während das BIP im selben Zeitraum um mehr als die doppelte Rate wuchs. Langfristig sank die CO₂-Intensität der Primärenergie (Tonnen CO₂/Terajoule) im Zeitraum 1990 bis 2011 nur um etwa 0,4 %/Jahr, ebenso wenn nur die Periode 2000 bis 2011 berücksichtigt wird. Erst seit 2004 ist durch den Ausbau der regenerativen Energieträger eine Beschleunigung der Dekarbonisierung (auf –1,2 %/Jahr für den Zeitraum 2004 bis 2011) zu beobachten. Insgesamt resultierte die Entwicklung seit 1990 aber in einem netto Wachstum des Energieverbrauchs und der damit verbundenen THG-Emissionen (Sorrell und Dimitriopolous, 2008; Madlener und Al-



Energy Efficiency Market Report 2013, Executive Summary © OECD/IEA, 2013, Abb. ES.3, S. 19, Quelle: IEA indicators database

Abbildung 6.4 Jährliche Änderung der aggregierten Energieintensität in 15 IEA-Mitgliedsländern von 1990 bis 2010, zerlegt in die Komponenten Effizienzverbesserung und Struktureffekte. Quelle: International Energy Agency (2013)

Figure 6.4 Annual changes of aggregated energy intensity of 15 IEA member countries from 1990 to 2010, contributions of efficiency improvements and structural effects. Source: International Energy Agency (2013)

bott, 2011). Insgesamt betrachtet beschreitet Österreich weder einen entschiedenen Dekarbonisierungspfad, noch einen „Green Growth“ Pfad. Das simple Nachahmen von Politiken anderer Länder, wie z. B. UK wäre auch für den Klimaschutz nicht ausreichend.

6.2.3 Sozio-ökonomische Leistung und Wohlergehen messen

Für planerische und politische Entscheidungen und um sozio-ökologische Systeme in Richtung Nachhaltigkeit steuern zu können, ist es wichtig geeignete Indikatorsysteme zur Verfügung zu haben, die gesellschaftlichen Fortschritt und Wohlergehen messen. Einige Faktoren, die zur Lebensqualität beitragen, wie etwa Wohnbauaktivität, gesunde Ernährung, Gesundheitsversorgung, Bildung und Sicherheit korrelieren positiv mit dem BIP. Andererseits korrelieren auch dem Wohlergehen der Bevölkerung schadende Faktoren und Aktivitäten wie zunehmende Umweltschäden, soziale Auflösungsprozesse, mit BIP Steigerungen. Daher gibt es Bestrebungen internationaler Organisationen das BIP von der Weltbank durch weitere Maßzahlen zu ergänzen, die jene wirtschaftlichen, sozialen und Umweltumstände beschreiben, von denen das Wohlergehen der Bevölkerung eigentlich abhängt (EC, 2009). Der Human Development Index (HDI = Index für menschliche Entwicklung) der Vereinten Nationen ist ein alternativer Wohlstandssindikator für Staaten. Anders als der Ländervergleich der Weltbank berücksichtigt er nicht nur das Bruttonationaleinkommen pro Kopf, sondern ebenso die Lebenserwartung und den Bildungsgrad mit Hilfe der Anzahl an Schuljahren, die ein 25-Jähriger absolviert hat, sowie der voraussichtlichen Dauer der Ausbildung eines Kindes im Einschulungsalter.

Der Happy Planet Index (HPI) wurde im Juli 2006 von der „New Economics Foundation“ in Zusammenarbeit mit „Friends of the Earth“ Großbritannien publiziert und ist ein Index der ein Maß für die ökologische Effizienz der Erzeugung

von Zufriedenheit zu bilden versucht. Dazu werden Werte für Lebenszufriedenheit, Lebenserwartung und ökologischen Fußabdruck kombiniert. Im Gegensatz zu den vorherigen erwähnten zwei volkswirtschaftlichen Indizes bezieht der HPI das Kriterium der Nachhaltigkeit mit ein.

Die OECD entwickelte den Better-Life-Index und brachte ein Kompendium zur Messung von Wohlfahrt heraus (OECD, 2011). Die Stiglitz-Sen-Fitoussi Kommission fasste die akademische Literatur zur Messung sozio-ökonomischer Leistung und Fortschritts zusammen und schlug bedeutungsreichere Indikatoren des sozialen Fortschritts und statistische Informationen dazu vor (Stiglitz et al., 2009).

„Beyond GDP“ (oder später „GDP and Beyond“) heißt die Initiative der Europäischen Kommission. Die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“ des deutschen Bundestags (2011 bis 2013) hinterfragte die Bedeutung von ökonomischem Wachstum für Wirtschaft und Gesellschaft, analysierte die Möglichkeiten und Grenzen einer Entkopplung von Wachstum, Ressourcenverbrauch und wirtschaftlichem Fortschritt und entwickelte einen holistischen Indikator für Wohlergehen und Fortschritt (NWI = Nationaler Wohlfahrtsindex), der jedoch vom BIP ausgehend berechnet wird.

Die nationalen Statistikagenturen spielen in diesem Prozess eine bedeutende Rolle. Das britische ONS begann 2010 ein Arbeitsprogramm mit dem Titel „Measuring National Well-being“. Die Statistik Austria reorganisierte und veröffentlichte relevante Datenreihen unter dem Titel „Wie geht’s Österreich?“. In Österreich wurde eine von einer großen Anzahl von Stakeholdern getragene Initiative „Wachstum im Wandel“ initiiert und sie wird mit Veranstaltungen gepflegt (siehe Box 6.1).

Box 6.1: Die österreichische Initiative „Wachstum im Wandel“**Box 6.1: The Austrian initiative „growth in transition“**

Wachstum im Wandel ist eine Initiative des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft („Lebensministerium“), die 2008 als interaktiver Dialog initiiert wurde. Das Ministerium und ca. 20 politikrelevante Partnerorganisationen bearbeiten diverse Fragen (1) wie etwa tatsächlicher Wohlstand gestaltet sei; (2) wie ein Wirtschafts- und Finanzsystem gestaltet sein könnte, das die ökologischen Rahmenbedingungen berücksichtigt; (3) wie alternative Entwicklungspfade, die sich auf Verbesserung der Lebensqualität konzentrieren, realisiert werden könnten; (4) welches Wachstum wir als Gesellschaft wollen?

2010 brachte eine Konferenz zum Thema „Wachstum im Wandel“ in Wien 600 TeilnehmerInnen aus 15 Ländern zusammen, um Themenbereiche wie das Finanzsystem, Wachstum und Ressourcenverbrauch, soziale Gerechtigkeit und Armut, regionale Aspekte und Konzepte der Lebensqualität, sowie Fragen der Wohlstandsmessung zu diskutieren. Ende 2012 fand die zweite internationale Konferenz zu dem Thema in Wien statt (Growth in Transition, 2012).

Was Wachstum im Wandel einzigartig macht, ist die aktive Beteiligung verschiedener Ministerien an der Gestaltung. Die Frage, welche Art von Wachstum langfristig ökologisch und sozialverträglich ist, hat an Akzeptanz gewonnen. VertreterInnen des Bundeskanzleramts bestätigten den Erfolg des Bestrebens von „Wachstum im Wandel“, Nachhaltigkeitsfragen aus der Umweltecke herauszubringen und zu zeigen, dass Nachhaltigkeit eine Querschnittmaterie ist, das über Wirtschafts- und Finanzsysteme bis hin zu Sozial- und Arbeitsmarktpolitik viele Bereiche berührt (Trattnigg, 2012), siehe auch <http://wachstumimwandel.at/>

6.3 Visionen und Pfade

6.3 Visions and pathways

6.3.1 Sektoren

Wie in Kapitel 3, Band 3 bereits im Detail dargelegt, wurde für Österreich eine Reihe von mittel- und langfristigen Szenarioanalysen durchgeführt, die sich anhand von unterschiedlichen Modellen und Methoden der Transformation in Richtung Klimaverträglichkeit widmen. Solche modellbasierten Studien sind nützlich um die Gesamtwirkung und Interaktion verschiedener Klimaschutzmaßnahmen besser beurteilen zu können und um abschätzen zu können, welche nationalen Emissionsreduktionen Österreich zum Einhalten des 2°C Ziels beitragen könnte. In der Einleitung dieses Kapitels wurde dargelegt, dass um das globale 2°C Ziel mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen, ein deutlicher Schritt in Richtung Dekarbonisierung der Wirtschaft bis Mitte des aktuellen Jahrhunderts nötig ist. Nur relativ wenige der im Folgenden dargestellten Szenarioanalysen erstrecken sich bis 2050. Bisher sind sie vor allem auf das Energiesystem im engeren Sinne beschränkt und modellieren oft nur CO₂ aus fossilen Energieträgern, aber nicht das volle Kyoto-Portfolio an THG, inklusive z. B. der landnutzungsbezogenen Emissionen.

Insbesondere in der ökonomischen Analyse der Transformation der Energiesysteme bestehen in diesen Studien allerdings noch erhebliche Lücken. So bleiben bisher einige wichtige Fragen der Kosten-Nutzen Verteilung offen. Nur indirekt wird beschrieben wer die „GewinnerInnen“ und „VerliererInnen“ der Transformation sind, wo Besitzstände gewisser Interessengruppen gefährdet sind und dementsprechend mit Widerständen zu rechnen ist, bzw. welche Technologiezweige unter ernsthaften Klimaschutzbedingungen obsolet werden, sowie andererseits in welchen Bereichen/Regionen wesentliche Wachstumsbranchen liegen, bzw. welche politischen, sozialen und ökologischen Rahmenbedingungen zum effektiven und fairen Umbau des Wirtschaftssystems erforderlich sein werden.

Für drei dieser Studien (Steicher et al., 2010; Christian et al., 2011; Bliem et al., 2011; vgl. auch Band 3, Kapitel 3) wurden in einer vergleichenden Übersicht die grundlegenden Eckpunkte, Szenario-Annahmen, sowie in einer tabellarischen Übersicht die zentralen Ergebnisse zusammengefasst. Insgesamt kann zu diesen Studien gesagt werden, dass sie allesamt bedeutende Möglichkeiten zur Reduktion des energetischen Endverbrauchs um etwa 50 % bis 2050 sehen (siehe Abbildung 6.5).

Hohes Reduktionspotenzial wird beim Energiebedarf in Gebäuden gesehen, der derzeit 28 % des energetischen End-

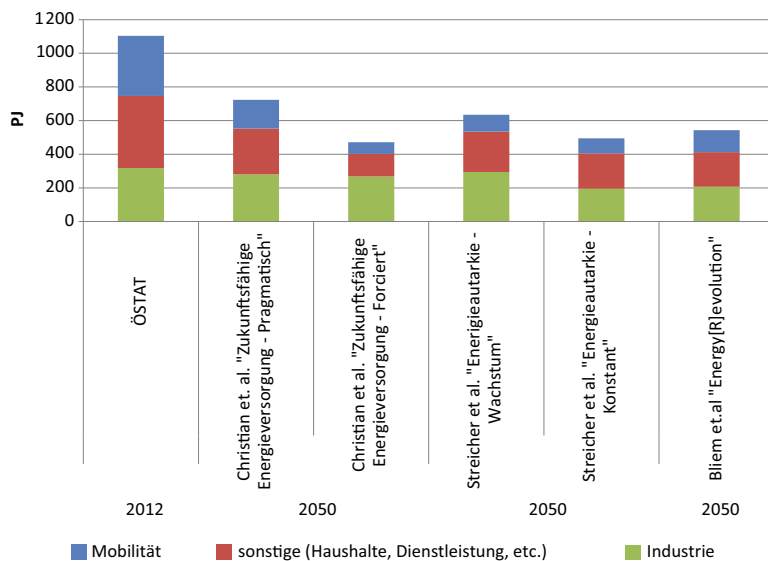


Abbildung 6.5 Vergleich des Energetischen Endverbrauchs nach Sektoren 2012 und 2050 in verschiedenen Szenarien. Quelle: Eigene Darstellung, basiert auf Steicher et al. (2010); Christian et al. (2011); Bliem et al. (2011)

Figure 6.5 Comparison of final energy use across sectors and different scenarios. Source: based on Steicher et al. (2010); Christian et al. (2011); Bliem et al. (2011)

verbrauchs ausmacht (siehe auch Band 3, Kapitel 5). Allerdings ist dieser Verbrauchssektor nicht in allen Studien separat ausgewiesen, sondern wird teils nur aggregiert mit dem Dienstleistungssektor berichtet. Praktisch alle Szenarien gehen von ambitionierten Möglichkeiten zur Verbesserungen des thermischen Gebäudebestands aus (oft mehr als 3 % Sanierungsrate p. a.), sodass dieser bis 2050 praktisch durchwegs Passivhausstandard aufweist.

Die relative Bedeutung von Elektrizität als Energieform nimmt in allen Szenarien weiterhin zu, in den meisten Szenarien (siehe Tabellen 6.3, 6.4 und 6.5), wird sogar mit einem absoluten Wachstum der Stromnachfrage gerechnet. Ein wesentlicher Treiber dieser Entwicklung ist der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen zum Heizen, aber auch der Verkehrssektor, was einen deutlichen Strukturbruch gegenüber der historischen technischen Entwicklung der Antriebstechnik bedeutet. Mit der Elektrifizierung des Verkehrssektors sinkt wegen der höheren Umwandlungseffizienz durchwegs dessen Anteil am Gesamtverbrauch von derzeit über 32 % der Endenergienachfrage auf etwa 15–24 %.

Im Industriesektor wird in den Studien davon ausgegangen, dass die Energieeffizienzpotenziale bereits weitgehend ausgenutzt sind und es wird weniger Spielraum für verbleibende Reduktionsmaßnahmen gesehen, wobei sich die Szenarien hinsichtlich zukünftiger Wachstumsaussichten dieses Sektors unterscheiden. Insgesamt nimmt dessen Bedeutung an der Energienachfrage durchwegs zu (von gegenwärtig 29 % auf 38–57 % der Endenergienachfrage in 2050).

Auch hinsichtlich des Potenzials erneuerbarer Energiequellen sind die meisten Studien optimistisch, auch wenn sie die

zukünftigen Potenziale einzelner Technologien (insbesondere Biomasse) recht unterschiedlich bewerten. Sowohl die Stromerzeugung als auch die Wärmegewinnung aus erneuerbaren Quellen werden gegenwärtig von je einem Energieträger dominiert (Wasserkraft und feste Biomasse), deren Potenziale bereits weitgehend genutzt werden. Im Bereich Wasserkraft werden Ausbaumöglichkeiten vor allem bei Kleinwasserkraftwerken gesehen (siehe Band 3, Kapitel 2 und Band 3, Kapitel 3), wengleich die negativen Auswirkungen auf Ökosystemdienstleistungen seit Jahrzehnten für Widerstand durch Umweltorganisationen sorgen. Bei der Biomassenutzung sind hohe Erwartungen vor allem an Biokraftstoffe der zweiten Generation geknüpft, bei denen nicht die Hauptfeldfrüchte (wie bei Raps oder Mais), sondern Erntenebenprodukte verwendet werden und so potentielle Nutzungskonflikte mit der Nahrungsmittelproduktion und Naturschutzziele abgemildert werden. Darüber hinaus sind jedoch verschiedene alternative erneuerbare Energiequellen verfügbar, die durch rapide fortschreitende Technologieentwicklung zunehmend ökonomisch attraktiv werden. Erhebliche Zuwächse werden im Bereich Photovoltaik erwartet und auch der Windenergie werden rasch erschließbare und kosteneffiziente Potenziale zugeschrieben. Wegen des bereits hohen Anteils an Wasserkraft in Österreich und der Existenz zahlreicher Pumpspeicher ist die Herausforderung der Netzintegration fluktuierender Erzeuger in Österreich einfacher zu bewerkstelligen als in den Netzwerken der Nachbarländer, die auf große thermische Kraftwerke zur Bereitstellung von Grundlast optimiert sind.

Die in Abbildung 6.5 zusammengefassten Ergebnisse der unterschiedlichen Szenarienanalysen sind insgesamt relativ

optimistisch bezüglich der „Machbarkeit“ einer Transformation des Energiesystems zur Klimaverträglichkeit. Im folgenden Abschnitt werden darüber hinaus ergänzende relevante Unterschiede in den Modellierungsansätzen, Annahmen und Resultaten dargestellt, die zu einer differenzierten Betrachtung der Modellergebnisse beitragen sollten.

So beschreibt Tabelle 6.1 vergleichend die Unterschiede in den Eckpunkten und Modellierungszielen der verschiedenen Studien.

Zum Beispiel unterscheiden sich die Modelle etwa in den folgenden Kriterien:

- der möglichen Berücksichtigung von internationalem Transport und/oder „Kraftstoffexport im Tank“
- den Definitionen der Sektoren (z. B. „Gebäude“ oder separat „private Haushalte“ und „Dienstleistungssektor“; „Industrie“ oder separat „Sachgüterproduktion“ und „Landwirtschaft“, sowie ob und wie detailliert der Energieumwandlungssektor dargestellt wurde)
- den zugrundeliegenden Annahmen der Ressourcenpotenziale für erneuerbare Energiequellen in Österreich, (technische-, ökonomische- und nachhaltige Potenziale, sowie wie diese voneinander abgegrenzt wurden, und ob diese statisch oder dynamisch betrachtet werden)
- den Annahmen der technologischen Entwicklung im Energiesektor, (z. B. Entwicklung von Elektromobilität, neuartigen Energiespeichern, flüssigen Kraftstoffen der zweiten Generation)
- den Annahmen zu Fortschritten der Prozesstechnologie und Energieeffizienz in verschiedenen Wirtschaftssektoren (z. B. Stahlerzeugung, Zellstoff und chemische Industrie), sowie der zukünftigen Nachfrage nach deren Produkten; ebenso wie Fortschritt in der Wärmedämmung im Gebäudebestand, etc.
- den Fragen der Kostenentwicklung konventioneller Energieträger (z. B. Öl, Gas), von Umwandlungstechnologien und insbesondere von erneuerbaren Technologien (z. B. Photovoltaik, Windenergie)
- Fragen der Begrenzung auf das Energiesystem im engeren Sinne. Sprich ob nur auf CO₂-Emissionen, oder auch CO₂-Äquivalente Emissionen aus der Landnutzung und Industrieprozessen sowie der Abfallwirtschaft abgezielt wird
- Annahmen zur Dynamik grundlegender Treiber wie Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, Marktintegration mit dem „Rest der Welt“
- Fragen der Szenarien-Philosophie und „Storyline“, z. B. Ausmaß und Ernsthaftigkeit der Politikmaßnahmen, Verhaltensänderung und Wertewandel der Bevölkerung (z. B.

Ernährungspräferenzen, Mobilitätsbedarf), Anstreben von nationaler Unabhängigkeit der Energieversorgung oder Ausweitung von Handel und europäische Netzintegration, Annahmen zu Emissionspreisen, denkbaren Strukturbrüchen

- Unterschieden im zugrundeliegenden Basisjahr
- Unterschieden in der Komplexität des simulierten Energiesystems (z. B. Anzahl an berücksichtigten Prozessen, Energieträgern, Umwandlungstechnologien, räumlichen und zeitlichen Auflösung)

Tabelle 6.2 fasst darüber hinaus vergleichend Unterschiede der Studien in wesentlichen Grundursachen (Treibern) der Energienachfrage zusammen. So geben zum Beispiel, Streicher et al., (2010) keine präzise Angaben über die BIP-Entwicklung, auch in Christian et al. (2011) sind keine detaillierten Angaben vorhanden, und in Bliem et al. (2011) wird nur in einem Szenario („Sharing Scenario“) angegeben, dass das Österreichische BIP um 34 % bis 2050 steigt.

In den weiter unten folgenden Tabellen 6.3, 6.4 und 6.5 werden quantitative Ergebnisse der einzelnen Studien zusammengefasst und kurz kommentiert.

Die Untersuchung von Streicher et al. (2010) unter dem Titel „Energieautarkie für Österreich 2050“ zielt vor allem auf die technische Möglichkeit einer völligen Versorgung mit heimischen Energiequellen bis 2050 ab. Wesentliche Eckpunkte dazu sind in Tabelle 6.1 zusammengefasst, Ergebnisse in Tabelle 6.3. Auf der Angebotsseite konzentriert sich die Studie auf Untersuchungen zu den technischen Potenzialen erneuerbarer Energieträger. Auf der Nachfrageseite, beschreibt sie zwei alternative Szenarien: (1) Wachstum der Nachfrage an Energiedienstleistungen um 40 %, und (2) konstante Nachfrage (allerdings in beiden Fällen unter der Annahme deutlicher Verbesserungen der Endnutzungseffizienz). Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass bis 2050 durch Effizienzsteigerungen die Endenergienachfrage im Gebäudebereich im Vergleich zu 2008 etwa um 50 %, reduziert werden könnte, jene für Mobilität um etwa 70 % und im Bereich der Industrieproduktion um etwa 35 % bis 2050. Diese Effizienzsteigerungen erhöhen allerdings in vielen Bereichen die Nachfrage nach Elektrizität als Energieträger, insbesondere im Verkehrssektor und zum Betrieb von Wärmepumpen in der Gebäudetechnik. Die Endenergienachfrage Österreichs insgesamt kann laut dieser Studie um 39 %, bzw. 53 %, reduziert werden, auf entweder 650 oder 500 PJ in 2050. Die Studie berücksichtigt, dass etwa im Bereich Wasserkraft und Biomasse ein großer Teil der bestehenden erneuerbaren Energiepotenziale bereits genutzt wird. In anderen Bereichen wird davon ausgegangen, dass techni-

Tabelle 6.1 Eckpunkte in Studien von Streicher et al., 2010; Christian et al., 2011; Bliem et al. 2011

Table 6.1 Central assumptions in studies of Streicher et al., 2010; Christian et al., 2011; Bliem et al. 2011

Studie	Fragestellung / Ziel	Sektorenaufteilung	Szenarien: BAU, Referenz, Aktionen: produktions- und konsumseitige Bilanzierung gewählt?	Modellierte Indikatoren
Streicher et al. (2010)	Ob und wie ist in Österreich vor dem Hintergrund des klimapolitischen Zieles einer Absenkung der THG-Emissionen um 80–95 % (2°-Begrenzung) bis 2050 und der zunehmenden Verknappung bei fossilen Energieträgern Energieautarkie technisch machbar? Annahme: Ziele implizieren 100 %ige Versorgung Österreichs mit erneuerbaren Energieträgern.	Mobilität (Privat-/Güterverkehr)	Basisjahr 2008 (Endenergiebedarf: 1 100 PJ)	Energiedienstleistungsbedarf je Sektor, soweit anwendbar (nicht für Produktion)
		Gebäudebereich (Wohn-/Dienstleistungsgebäude)	Konstant Szenario (Bedarf an Energie-DL und gesamte BWS der Industrie 2050 am Niveau des Basisjahres 2008)	Mobilität (Personenverkehr: km/a, Güterverkehr: tkm/a)
		Produktionsbereich (Industrie)	Wachstumsszenario (Wachstum der Energie-DL bzw. BWS der Industrie: bis 2050 +0,8 % p. a.; entspricht +40 % insgesamt) >> Entkopplung zw. Wachstum E-DL und WW.	Gebäude (m ² konditionierter Wohn-, Büro und Gewerbenutzflächen)
			Effizienz-Wachstum (wie Wachstumsszenario mit erhöhter Effizienz) – nur für Verkehr und Gebäude berechnet.	Produktion (Bruttowertschöpfung; Energiebedarfskategorien nach ÖNACE)
		Sowohl aufkommens- als auch verbrauchsseitige Bilanzierung (siehe Ergebnisse)		
Christian et al. (2011)	Inwieweit, wie und unter welchen technischen Rahmenbedingungen kann die Energieversorgung Österreichs langfristig durch die dann ausschließlich verfügbaren erneuerbaren Energieträger gesichert und inwieweit können dabei Einschränkungen vermieden werden, eventuell sogar bei steigender Lebensqualität?	Mobilität (Personenverkehr / Güterverkehr)	Basisjahr 2005	Energiedienstleistungen (nach Energieträgern bzw. Nutzenergiekategorien je nach Anwendbarkeit), unterschiedliche Parameter für die 2 Szenarien (SP, SF) Mobilität, Verkehrsleistung (Wegzahl, -längen), spezifischer Verbrauch, Modal Split
		Private Haushalte	Business as usual: Keine wesentlichen Änderungen der bisherigen Trends (Extrapolation)	Haushaltsgeräte: Ausstattungsgrad, mittlerer Verbrauch, Austauschrate, Heizwärmebedarf (kWh/m ² a) je Sanierungsgrad, Sanierungs-, Abriss-, Neubauraten

Modellierte Technologien: Prozesstechnik in Industrie, Transport und Haushaltstechnik

Berechnungsmethode/ -tool

Konservativ:

nachfrageseitig nur schon 2008 bekannte Technologien einbezogen (angebotsseitig auch sehr wahrscheinliche); neue (verbrauchsärmere) Energietechnologien und Einsparungen durch Effizienzsteigerung ermöglichen höheres Potential der erneuerbaren Energieträger (bzw. niedrigeren Endenergiebedarf). Endenergiebedarf ergibt sich aus Effizienzerhöhung (=Energieeinsparung) und verbrauchsärmeren neuen Technologien.

(Industrie-)Produktion:

Effizienzverbesserung 1 % p. a. (lt. Vorgaben der Energieeffizienzrichtlinie der EU) mit anschließender Substitution fossiler durch erneuerbare Energieträger.

Endenergiebedarfsbereiche: elektrochemische Zwecke, mechanische Anwendungen, thermisch (Nieder-, Mittel-, Hochtemperatur für Prozesse und Beheizung)

Energiekategorien: Fossile Kraftstoffe 2050 nicht mehr eingesetzt

Verkehr:

Beide Szenarien: spezifische Verbrauchswerte sinken (kWh/km), individuelle Mobilität trotzdem teurer.

Flottenmix 2050 mit durchgehender Hybridisierung bei PKW mit VKM; Reduktion der Fahrzeuggröße, VKM-Antriebsleistung und Tempolimits. Elektro-PKW als Kleinwagen.

Weitere Optimierung bei Nutzfahrzeugen, 100 %ige Elektrifizierung der Bahn.

Reduktion der Verkehrsnachfrage um 10 %

Verschiebung des Modal Split.

Gebäude:

Umfassende thermische Sanierung (Rate mind. 3 % p. a.) → Rebound Effekt?

Effizienzsteigerungen bei elektr. Geräten

Veränderung des Nutzerverhaltens

Energieträgermix Heizung/Warmwasser: ca. 50 % Wärmepumpen, max. 10 % Biomasse, keine fossilen Energieträger und kein Strom, 30–40 % Solarthermie

Umwandlungsbereich:

Wärme (aus Biomasse, Wärmepumpen aus oberflächennaher Umweltwärme und Strom, Solarthermie, tiefer Geothermie)

Elektrizität (aus Biomasse über KWK, Wasserkraft, Wind, PV, tiefe Geothermie mit WK-Prozessen)

→ Relativ neue Technologien hervorgehoben:

- Bioethanol aus Biomasse
- 2nd generation fuels
- Kraftstoffe u. CH₄ aus Elektrizität und CO₂

Keine noch nicht bekannten bzw. konkret erwartbaren Techniken berücksichtigt.

SF: 100 % Elektromobilität

Haushaltsgeräte, Klimaanlage, Raumheizung, Beleuchtung

SP: Niedrigenergiehausstandard

SF: Passivhausstandard

Für Kategorie „Zukunftsgerät“ Verbrauch reserviert.

Mögliche Rebound-Effekte abgebildet.

Energiesparlampen 2020, LED 2050 (o. ä.)

Energieflussdiagramm

Fixe Parameter:

Potentiale der Energieträger

Endenergiebedarf der Sektoren

Nutzungsgrad der Technologien

Variable Parameter:

- Ausnutzungsgrad der Potentiale der EET
- Aufteilung der Stromerzeugung aus Wasser, Wind, PV und tiefer Geothermie (in direkte Nutzung bzw. Erzeugung von Gas und längerkeittigen Kohlenwasserstoffen aus elektr. Energie und CO₂ der Atmosphäre oder abgetrenntem CO₂ aus Verbrennungsprozessen von Biomasse)
- Aufteilung der Biomasse in KWK, Nieder- u. Hochtemperaturwärme sowie Biofuels (Kraftstoffe u. Methan)
- Jew. Anteil d. versch. Endenergieträger für Sektoren

Aufkommenseite:

Backcasting (Ableitung notwendiger Schritte aus Vergleich Ist-Situation mit geplanter langfristiger Energiezukunft).

- Literaturrecherche, Experteninterviews, Workshops, Best-Practice Beispiele.
- Abschätzung der Bandbreiten von Potentialen erneuerbarer Energieträger (ökologisch und sozial verträglich).
- Energiedienstleistungen d. Basisjahres

Modell unter Einbeziehung aller Aggregate der Gesamtenergiebilanz

→ Energieflussdiagramme für alle Szenarien

Einteilung der Bilanzaggregate nach:

- Energieträgerklassen
- Sektoren (Verbrauch Sektor Energie, Energie Endverbr.)
- Für EEV 7 Nutzenergiekategorien
- Umwandlung: Art der Anlage

Nachfrageseite:

Bottom-Up-Modellierung, Orientierung an Nutzenergieanalyse, strukturelle Änderungen berücksichtigt

Studie	Fragestellung / Ziel	Sektorenaufteilung	Szenarien: BAU, Referenz, Aktionen: produktions- und konsumseitige Bilanzierung gewählt?	Modellierte Indikatoren
Christian et al. (2011)		Dienstleistungsbereich	Szenario Pragmatisch (SP) 2020, 2050 Bruch mit aktuellen Trends, Bewusstseinswandel Heute verfügbare Effizienzpotentiale nicht in vollem Umfang genutzt. Bevölkerungsvariante 1 (Zuwachs, Annahmen zu Altersverteilung, Siedlungsstruktur gleich wie in BV 2)	Beschäftigtenzahl, Sanierungs-, Neubau- (Heizwärmebedarf) und Abrissrate, Effizienzfaktor, Ausstattungs- und Austauschrate, Ladenöffnungszeiten, Fläche
		Sachgüterproduktion	Szenario Forciert (SF) 2020,2050 Bruch mit aktuellen Trends, weitreichender Bewusstseinswandel (Bevölkerung, Politik, Verwaltung, ...) Heute verfügbare Effizienzpotentiale zu 100 % genutzt. Bevölkerungsvariante 2	Wirkungsgrade, Produktpalette (produktionsbedingter Energieeinsatz)
		Landwirtschaft	Sowohl aufkommens- als auch verbrauchsseitige Bilanzierung (siehe Ergebnisse)	k. A.
Bliem et al. (2011)	Wie muss sich der Energieverbrauch der einzelnen Sektoren ändern, um im Jahr 2050 über 80 % des energetischen Endverbrauchs mittels erneuerbaren Energieträgern zu decken und gleichzeitig mehr als 90 % der CO ₂ -Emissionen im Vergleich zu 2008 einzusparen?		Basisjahr 2010	(Energieträgermix, Nutzenergiekategorien)
		Private Haushalte	Annahmen zu Potentialen der EET basieren überwiegend auf Energy Economics Group (2008), tw. selbst modelliert.	Treiber u.a. Bevölkerungsentwicklung, Anzahl HH, Personen / HH, Ausstattungsgrad, energetischer Standard Gebäudehülle, ... Heizenergiebedarf, Kochen, Warmwasser, Geräte, EDV, Raumkühlung, -wärme, Wärmepumpen, Solaranlagen
		Dienstleistungen	Nachfrage: Übernahme geeigneter Szenarien aus jeweiligen Studien, überwiegend des Steering Szenario aus „Visionen 2050“, EA (2010)	Treiber u.a. wirtschaftl. Aktivität (Bruttowertschöpfung), Beschäftigung, Gebäudenutzung und -ausstattung
		Produzierender Bereich	Sowohl aufkommens- als auch verbrauchsseitige Bilanzierung (siehe Ergebnisse)	Bruttowertschöpfung (Anteil der Sektoren), Energieintensität
		Verkehr		Flottenanteil von reinen Elektro-FZ bzw. Plug-In Hybrid-FZ Attraktivität Infrastruktur Fuß+Rad, Schiene+ÖPNV: Reisegeschwindigkeit, Dichte Linien+Haltestellen, Fahrpreis ÖV, PKW-Geschwindigkeit, Kosten je FZ-km (Treibstoffe), Pkm, Tkm, Energieeffizienz (kWh /Pkm, kWh/Tkm)
	Landwirtschaft		Produktionswert, Biobetriebe, Betriebsgröße, Flächen, Anteil Energiepflanzen, Dünge- und Pflanzenschutzmittel, Treibhausgasemissionen	

Modellierte Technologien: Prozesstechnik in Industrie, Transport und Haushaltstechnik
Berechnungsmethode / -tool

Raumheizung, Warmwasser, Kochen, Klimaanlage, Beleuchtung, EDV/Büroautomati-
on, Dampferzeugung, Industrieöfen, Elektr. Groß-/Kleingeräte, Standmotoren

Raumheizung, Klima, WW, Dampferzeugung, Industrieöfen, Standmotoren, Beleuchtung
& EDV, elektrochem. Zwecke

(Schlechte Datenlage)

Energetischer Endverbrauch konstant, nur Energiemix auf EET umgestellt

Umwandlungsbereich:

2050 Kokerei durch Köhlerei ersetzt

Bioraffinerie (Abschätzung schwierig)

2050 Öl durch EET ersetzt (Holzöl, Biogas, -masse)

Literaturrecherche / Studien (national / international)

Vorwiegend:

Annahmen zu Endenergieverbrauch aus:

„Visionen 2050“, Öst. Energieagentur (2010)

Prognos und Öko-Institut e.V. (2009)

Energy Technology Perspectives (IEA, 2010)

Energy Economics Group (2008)

Ausbau von Fernkältenetzen, Wärmepumpen

Verbesserungen von energetischen Gebäudestandards und Energieeffizienz von Gerä-
ten

Potentiale für Energieeinsparungen: v. a. Gebäude: Fassaden, Dämmung, Kühlung,
Belüftung, Verschattung, ...

Sinkende Energieintensitäten für RW und RK, elektrische Geräte, Beleuchtung, EDV,
Nutzung Umgebungswärme steigt stark

Biomasse zur Wärmebereitstellung in der Industrie

Strom ersetzt tw. durch neue Verfahren und Prozesse andere Energieträger (v. a. wegen
Ölpreis)

Potentiale für Energieeinsparungen: v. a. Wärme, Lüftung, Kühlung, Dampferzeugung,
Beleuchtung, EDV, ...

Elektrifizierung des Verkehrs, biogene Brennstoffe nur als Übergang bzw. im Schwerver-
kehr und für Flugzeuge

Gütertransport: bevorzugt Bahn

Umwandlungsbereich:

KEINE Abscheidung und Speicherung von CO₂

Tabelle 6.2 Annahmen zu Treibern in Studien von Streicher et al. (2010); Christian et al. (2011); Bliem et al. (2011)

Table 6.2 Assumptions regarding drivers in studies from Streicher et al. (2010); Christian et al. (2011); Bliem et al. (2011)

Studie	Demografie	Heizgradtage	Transport
Streicher et al. (2010)	+0,3% p. a. bis 2050	bis 2050 etwa -20% (durch Rebound Effekt wegen gesunkener Heizkosten wieder aufgehoben)	Verlagerung des Modal Split (v. a. Richtung Schiene und Nicht-Motorisierter-Verkehr) Reduktion des Flottenverbrauchs Hohe Anteile an Elektrofahrzeugen im PKW-Verkehr
Christian et al. (2011)	Bevölkerungsvariante 1 (Szenario Pragmatisch): 2020 +5,7%/ 2050 +15,7% Bevölkerungsvariante 2 (Szenario Forciert): 2020 -4%/ 2050 -8,9% Berücksichtigung der Verteilung nach Gemeindegrößenklassen, Altersstruktur und Beschäftigungsarten	Bei HGT-Korrektur Querschnitt der Jahre 2001 bis 2006 herangezogen, weil dieser drei „kalte“ (2001, 2003, und 2005) und drei „warme“ Jahre (2002, 2004, 2006) enthält. Um einen allfälligen allgemeinen Verbrauchsanstieg zu berücksichtigen, wurden additive Korrekturterme eingefügt.	
Bliem et al. (2011)	Bevölkerungsprognose lt. Statistik Austria 2050: 9,5 Mio. Einwohner Stärkere Zunahme der Altersgruppen 60+ als -15		Steigende Verkehrsleistung im Öffentlicher Verkehr, Rückgang des Motorisierter Verkehr + Güterverkehr (v. a. Bahn) Biotreibstoffe im Flugverkehr Effizienzsteigerung konventioneller Antriebe und Umstieg auf neue Konzepte (Elektrifizierung des Verkehrs, Biokraftstoffe, Brennstofftechnologien) Nachhaltige Raumordnung und -entwicklung (auch Siedlungen, kurze Wege) Geändertes Mobilitätsverhalten Hohe Ölpreise, Klimaabgabe auf fossile Treibstoffe

sche Innovationen zu einer Potenzialerweiterung führen, etwa in den Bereichen Solarthermie, tiefe Geothermie, Photovoltaik, Wärmepumpen (oberflächennah), und Windkraft. Insgesamt werden bis 2050 die technischen Potenziale bei über 800 PJ (507 PJ +84 TWh) angesetzt, von denen in den Szenarien über 80 % genutzt werden. Eine systematische Abgrenzung von technischen Potenzialen zu wirtschaftlich erschließbaren oder dann nachhaltig nutzbaren Anteilen erfolgt allerdings

nicht. Während sich die Studie weitgehend auf die „Machbarkeit“ und technische Energiepotenziale konzentriert, weist sie gleichzeitig darauf hin, dass es politischer Willenserklärungen und ökonomischer Steuerungsmaßnahmen bedarf, um eine Transformation zur Klimastabilisierung zu erreichen, inklusive der nötigen Investitionen in Infrastrukturen (besonders im Bereich Mobilität, Netzausbau, Speicherung) und nicht zuletzt bezüglich der öffentlichen Akzeptanz.

Politik	Energiewirtschaft	Landwirtschaftlich genutzte Flächen	Gebäudenutzflächen
<p>Ökonomische Instrumente (Energiepreise) Vorschriften Infrastrukturinvestitionen (Mobilität, Stromnetz, Energiespeicher) Energieforschung Verbot des Einsatzes fossiler Energieträger zur Beheizung Bewusstseinsbildende Maßnahmen</p>	<p>Ausbau Energiespeicherkapazitäten (für Österreich nur im Sommer) Pumpspeicherkraftwerke oder chemische Speicher; Regenerativ erzeugtes Methan; Smart Grids; Erneuerung Übertragungs- und Verteilnetze (dezentrale Stromerzeugung, neue Erzeugungsschwerpunkte) Import-/Exportsaldo über das Jahr Null (Annahme: Netto-Energieimport von grauer Energie in Gütern nimmt nicht weiter zu) Energie Preise: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Anreiz zur Änderung des Nutzerverhaltens ◦ Falls sich Wirtschaftlichkeit von erneuerbaren Energieträgern nicht über Energiepreise reguliert, sollten Anreize geschaffen werden </p>	<p>Für Nahrungsmittelproduktion konstant Für Biomasse nur Überschussflächen genutzt</p>	<p>Konstant Szenario: Wohnungsmangel Wachstumsszenario: Bedarf gedeckt</p>
<p>Bewusstseinsbildung Anreize schaffen (ordnungsrechtliche Vorgaben, finanzielle Attraktivität, Information)</p>	<p>Verbesserte Speichertechnik (Winterloch) Frage der Verwendung von Pumpspeicherkraftwerken (nationaler oder auch internationaler Ausgleich von Schwankungen) Importe/Exporte betrachtet</p>	<p>Konkurrenz zwischen Lebensmittelproduktion und energetischer Nutzung der Biomasse verschärft sich. Lösung dieses Problems stellen integrierte Systeme dar, in denen der Ertrag eines Feldes teils als Lebensmittel, teils auch als Energieträger dient.</p>	<p>Im Bereich der Wohngebäude wurden als maßgebliche Faktoren für den Energieverbrauch die thermische Sanierung, der Abriss und der Neubau betrachtet.</p>
<p>Ökologisierung des Steuersystems (Internalisierung externer Kosten) Verbindliche Ziele für Reduktion der THG, Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger, Steigerung der Energieeffizienz Planungssicherheit für Unternehmen und Investoren schaffen Thermische Wohnraumsanierung European Trading System: Reduktion Emissionsobergrenzen; Aufnahme zusätzl. Sektoren und Emittenten; Vollständige Abschaffung der kostenlosen Zuteilung von Zertifikaten Ausweitung der Energieforschung</p>	<p>Smart Grids/Super Grids Dezentrale Energieerzeugung und Speicher Höhere Preise für fossile Energieträger Optimale Einspeisung von Erneuerbaren Energieträger in Elektrizitätsnetze Deckung des gesamten Bedarfs an Elektrizität und Fernwärme aus Erneuerbaren Energieträger Netzparität für PV-Elektrizität</p>	<p>Rückgang landwirtschaftlich genutzter Flächen Zunahme Energiepflanzenflächen Konkurrierende Nutzung bei Biomasse: Holz und Landflächen</p>	<p>Personen pro Haushalt sinkt auf 2,2 (2050) Wohnnutzfläche steigt auf 420 Mio. m² (2050)</p>

Auch Christian et al. (2011) untersuchten in einer Studie mit dem Titel „Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich“, ob das österreichische Energiesystem ausschließlich auf der Basis erneuerbarer Energiequellen funktionieren könnte. Die Studie untersuchte die Potenziale erneuerbarer Energieträger und führt detaillierte „bottom up“ Modellierungen der Energienachfrage durch. Auf der Nachfrageseite berücksichtigt die Studie auch induzierte Effekte eines Strukturwandels.

Wesentliche Eckpunkte sind in Tabelle 6.1, Ergebnisse in Tabelle 6.4. a und b zusammengefasst. Neben einem Referenzszenario entwarf die Studie zwei Szenarien mit zusätzlichen Maßnahmen: (1) „pragmatisch“ und (2) „forciert“. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass bis zum Jahr 2050 die Endenergienachfrage von Privathaushalten im Vergleich zur Nachfrage 2005 um 46–73 % reduziert werden könnte, die des Dienstleistungssektors um 25–65 %, die aus dem produzierenden

Gewerbe (Industrie) um 10–14 % sowie die für Mobilität um 50–75 %.

Insgesamt kommt die Studie zum Schluss, dass die Energienachfrage bis 2050 um 33 bzw. 56 %, reduziert werden kann. Während deutliche Ähnlichkeiten hinsichtlich der Ausrichtung der Studie von Streicher et al. (2010) bestehen, ist diese Untersuchung optimistischer bezüglich der Frage welchen Beitrag erneuerbare Energieträger leisten könnten. Im pragmatischen Szenario könnte bereits nahezu die gesamte Energienachfrage Österreichs durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden, in dem Szenario „Forciert“ könnte darüber hinaus genug Energie durch erneuerbare Quellen erzeugt werden um sogar Überschüsse für den Export zu produzieren.

Auch Bliem et al. (2011) zeigen in ihrer Studie „Energy [R] evolution 2050 – Der Weg zu einer sauberen Energie-Zukunft für Österreich“ klimafreundliche Entwicklungspfade bis 2050 auf, die zum überwiegenden Teil auf erneuerbaren Quellen beruhen (siehe Tabelle 6.5). Ihre Untersuchung beginnt mit einer detaillierten Beschreibung des aktuellen Energiesystems, basierend auf Voruntersuchungen von Energieangebot und -nachfrage von Haas et al. (2008) und Renner et al. (2010). Die Untersuchung identifiziert – im Vergleich zur Nachfrage 2010 – Einsparungsmöglichkeiten im Haushaltsbereich um 60 %, im Dienstleistungssektor um 28 %, in der Industrieproduktion im Ausmaß von 33 % und bei der Mobilität gar um 65 %. Insgesamt wird eine Reduktion der Endenergienachfrage im Bereich von 50 % bis 2050 (auf 543 PJ) für möglich gehalten, diese zu erreichen erfordert allerdings verbindliche regulatorische Ziele. Die Studie geht, im Gegensatz zu den beiden vorangehenden Arbeiten, auf übergeordnete und sektorspezifische Maßnahmen ein, z. B. Regulierung der Kohlenstoffemissionen, Förderung erneuerbarer Energiequellen, Steigerung der Energieeffizienz, ökologische Steuerreform, Ausweitung des Handels mit Emissionszertifikaten und vor allem geht sie auch auf Bemühungen um eine ressourceneffiziente Raumordnung ein. Außerdem wird in einem Anhang auf positiven Begleitnutzen der Transformation, wie z. B. positive Beschäftigungseffekte durch verstärkte Gebäudesanierung, eingegangen.

Auch diese Studie ist bezüglich der Potenziale für Energie aus erneuerbaren Quellen durchaus optimistisch und sieht Potenziale von insgesamt über 700 PJ bis 2050.

Lokal variiert die Verfügbarkeit erneuerbarer Potenziale allerdings erheblich (Stanzer et al., 2010) und regionalisierte, systematisch vergleichbare Bewertungen dieser Potenziale gehen bisher nicht über das Jahr 2020 hinaus. Szenarien zur Kostenentwicklung dieser Technologien, unter verschiedenen

Förderbedingungen und Tarifstrukturen, würden Planungsaufgaben erleichtern. Solche Studien sollten auch die Anforderung erneuerbarer Technologien an die Netzstruktur, potentielle Nutzungskonflikte und Nachhaltigkeitsgrenzen beachten.

Auch Verbesserungen in der räumlichen und zeitlichen Analyse des aktuellen Energieverbrauchs (quantitative-, qualitative- und zeitliche Nachfragemuster) sind nötig, um Potenziale zur Systemintegration und weiterer Einsparungspotenziale besser identifizieren zu können. Darüber hinaus sind Infrastrukturdaten in besserer räumlicher Auflösung für die Ausarbeitung von langfristigen Szenarien der Klimawandelfolgen in Österreich (Strauss et al., 2010) und zur Planung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel notwendig. Wesentliche Herausforderungen sind dabei im Bereich des Landwirtschaftssektors und des Tourismus zu erwarten (siehe Band 3, Kapitel 4 und Strauss, 2012).

Abschließend kann zu den Energiemodellen, mit denen die hier vorgestellten Szenario-Analysen durchgeführt wurden, gesagt werden, dass sie den Optionen zur Änderung der Energiebereitstellung mehr Aufmerksamkeit widmen, während eine wesentliche Herausforderung bestehen bleibt, nämlich die Analyse der Nachfrage und des Energieverbrauchs. Diese zu untersuchen würde es erfordern, eine ungleich größere Anzahl an Details bezüglich Technologien und AkteurInnen sowie institutionellen Arrangements zu berücksichtigen, sowie die Treiber der steigenden Energienachfrage zu analysieren. Solche Untersuchungen wären nötig, um die wesentlichen AkteurInnen, Maßnahmen, Barrieren, Risiken und Kosten der Transformation zu beschreiben. Weil mit dem Umbau zur Klimaverträglichkeit keineswegs nur Belastungen verbunden sind, sondern dabei auch bedeutende Wachstumsbranchen gegründet werden, besteht öffentliches und volkswirtschaftliches Interesse daran, die neu entstehenden Möglichkeiten und zu erwartenden Umverteilungsprozesse darzustellen. Dies ist auch erforderlich, um effektiv wirkende Märkte gestalten zu können und nicht zuletzt Handlungsspielräume zur internationalen Verhandlung des globalen 2°C Ziels zu identifizieren.

Um innerhalb der oben skizzierten Szenarien alternative Pfade zur Transformation in eine klimafreundliche und nachhaltige Gesellschaft zu erörtern, ist es außerdem erforderlich, die Auswirkung von globalen und regionalen Entwicklungsdynamiken zu berücksichtigen, die den weiteren Kontext für Entwicklungsoptionen in Österreich bilden und die in jenen Modellen nur unvollständig berücksichtigt werden. Bevor Handlungsmöglichkeiten einzelner AkteurInnen angesprochen werden, ist es im Sinne eines holistischen Ansatzes auch nötig, die Implikation der jeweils gewählten Bilanzrahmen der Klimaverantwortung zu spezifizieren, weil diese maßgeblich

definieren, was als Handlungsspielraum und -wirkung der Klimaschutzmaßnahmen sichtbar wird.

Als kleine, diversifizierte und wirtschaftlich offene Volkswirtschaft ist Österreich einer Vielzahl von internen und externen Dynamiken ausgesetzt, die bisher nur unvollständig als treibende Faktoren in Energie- und Emissionsmodellen abgebildet werden. Ein Beispiel dafür ist die rasch fortschreitende europäische und globale Marktintegration und Globalisierung, die bewirken, dass Prozessketten der verarbeitenden Industrien internationalisiert und komplexer werden, sowie die räumlichen Distanzen zwischen den Orten der Produktion und des Konsums von Gütern weiter zunehmen. Muñoz und Steining (2010) zeigen beispielsweise, dass im Fall von Österreich bei der Produktion von Importgütern im Ausland mehr Emissionen anfallen als im Inland zur Produktion von Exporten entstehen (vgl. Band 3, Kapitel 5). Der österreichische Konsum induziert demnach im Ausland („upstream“ im Terminus von Lebenszyklusanalysen) netto etwa 38–44 % mehr Emissionen, als in den territorial und produktionsseitig orientierten UNFCCC-Bilanzrahmen für Österreich ausgewiesen sind, wobei dieser Trend zunimmt. Diese „grauen“ Emissionen werden stattdessen der Klimaverantwortlichkeit der Erzeugerländer zugerechnet, um Doppelzählungen auf der globalen Ebene zu vermeiden. Soweit diese Ursprungsländer der energie- und treibhausgasintensiven Produkte nicht im Rahmen von internationalen Verträgen zur Emissionsreduktion eingebunden sind, wird von „carbon leakage“, also dem „einsickern“ von emissionsintensiven Gütern in einen regulierten Markt gesprochen, was die Effizienz der Klimaschutzvereinbarungen unterwandert. Klimaschutzmaßnahmen müssen solche Zusammenhänge berücksichtigen, weil zu eng definierte Bilanzrahmen eine weitere Auslagerung von Emissionen anregen können und daher ihre Aufgabe, eine globale Reduktion von THG zu erreichen, verfehlen würden. Je räumlich detaillierter THG-Protokolle für offene ökonomische Systeme werden, etwa auf Ebene von Städten oder Gemeinden, desto bedeutender werden die potentiellen Verzerrungen die durch Vernachlässigung der im Güterhandel enthaltenen „grauen“ Emissionen entstehen. Im konkreten sollte die Kohlenstoffbilanzierung nach Produktionslogik durch Kohlenstoffbilanzierung nach Konsumlogik ergänzt (nicht ersetzt) werden; in der Zusammenschau der beiden Ansätze entsteht ein klareres Bild der Hebelpunkte für Klimapolitik (Ahmad and Wyckoff, 2003; Nakano et al., 2009; Steining et al., 2014).

Bei den meisten Energiemodellen (wie etwa MARKAL/TIMES, MESSAGE, oder REMIND, vgl. Kriegler et al., 2014) werden die THG-Emissionen und ihre weiteren Umweltauswirkungen direkt am Entstehungsort bilanziert. Das

heißt, dass Verbrennungs- und Prozessbedingte Emissionen direkt am Ort der Produktion erfasst werden. Konsumorientierte Modelle, die methodisch meist auf mit Energie- und Emissionsbilanzen verknüpften ökonomischen Input-Output-Modellen basieren und oft in Form von angewandten Gleichgewichtsmodellen weiterentwickelt werden (Computable General Equilibrium, CGE), erfassen konzeptionell hingegen Emissionen der Prozesskette, und erlauben somit eine Bilanzierung der Emissionen für unterschiedliche Güter. Dieser Ansatz erlaubt somit auch die Quantifizierung der Emissionsauswirkungen von Handelsströmen inklusive der in den Vorleistungsketten von Konsumgütern anfallenden Emissionen (OECD, 2013). Dieser Ansatz ist näher an der Idee von Lebenszyklusstudien orientiert, die einem holistischen Ansatz folgen und ausgehend von funktionellen Kriterien sowohl „upstream“ als auch „downstream“ „von der Wiege bis zur Bahre“ (bzw. inklusive zwischengeschalteter Recyclingkreisläufe „cradle to cradle“) die gesamte Nutzung von Energie und Ressourcen für ein Produkt oder eine Dienstleistung bilanzieren, egal an welchem Ort dieser Welt sie stattfinden (siehe Abbildung 6.6). Ein Nachteil von CGE-Modellen ist hingegen ihre relative geringe technologische Auflösung, wodurch eine Abbildung des langfristigen Strukturwandels nur begrenzt möglich ist. Im Sinne der zwischen ErzeugerInnen und VerbraucherInnen zu teilenden Emissionsverantwortung sind diese unterschiedlichen Modellansätze komplementäre, einander ergänzende Betrachtungen.

Eng verbunden mit Entwicklungen der Industrieproduktion und der Globalisierung des Handels ist der Transportsektor. Internationale Transportemissionen (z. B. durch Frachtschiffe und internationalen Luftverkehr) sind Bestandteile der oben erwähnten „grauen Emissionen“. Da sie vorwiegend auf internationalem Gebiet (z. B. auf hoher See) anfallen, werden sie keiner Nation direkt zugeordnet. Sie verdoppelten sich auf globaler Ebene zwischen 1990 und 2010 nahezu und umfassten 2010 etwa 1 100 Mt CO₂, was 4 % der CO₂-Emissionen aus fossilen Energiequellen entspricht. In einer Rangfolge nationaler Emissionsmengen wäre das der 6. Platz, etwas weniger als die Emissionen Japans (1 143 Mt CO₂), aber mehr als jene Deutschlands (762 Mt, vgl. International Energy Agency, 2012). Die Emissionen aus internationalen Bunkertreibstoffen werden laut UNFCCC Richtlinien zwar erfasst, sie sind aber bisher keinen Reduktionszielen unterworfen. Die EU befindet sich zwar mit ihren internationalen Haupthandelspartnern in Gesprächen mit dem Ziel diese Emissionen zu regulieren, aber die Diskussionen verlaufen zäh und eine Einigung dazu scheint nicht in Sicht. In Österreich stieg z. B. die Verkehrsleistung der Flughäfen von 7,7 Mio. PassagierInnen und 80 000 t

Tabelle 6.3 Zentrale Ergebnisse in Streicher et al. (2010)

Table 6.3 Key results Streicher et al. (2010)

Beantwortung der Fragestellung	Erneuerbare Energieträger	Basisjahr (2008)	Konstant-szenario (2050)	Wachstums-szenario (2050)	Endenergieträger	Basisjahr (2008)	Konstant-szenario (2050)
Energieautarkie für Ö 2050 ist machbar, wenn unter den Technologieannahmen die Nachfrage nach Energie-DL höchstens im angenommenen Ausmaß wächst. Der Spielraum zur 100 %igen Versorgung aus erneuerbaren Energieträgern ist gering (d.h. Bedarf an Energiedienstleistungen darf max. 0,8 % p.a. steigen, sonst muss Effizienz stärker erhöht werden).	Energiebereitstellung in PJ/a bzw. TWh/a					Mobilität	
	Biomasse	216 PJ	244 PJ	293	Elektrizität	7	30
	Wasserkraft	38 TWh	45 TWh	ca. 50 TWh	für Heizen und WW	.	.
	Windkraft	?	13 TWh (> 5x)	> 14 TWh	für Kühlen u. E-Geräte	.	.
	Photovoltaik	?	16 TWh (> 5x)	ca. 20 TWh	für WP (Wärme)	.	.
	Solarthermie	?	(> 10x)	75 PJ	Umgebungswärme (WP)	.	.
	Wärmepumpen (oberflächenn. Geoth.)	?	(> 8x)	68 PJ	Solarthermie	.	.
	Tiefe Geothermie	?	?	71 PJ	Biomasse und Wärmenetze	.	.
					Wärme HT elektrisch	.	.
					Wärme HT CH ₄ aus CO ₂	.	.
					Wärme HT Biomasse	.	.
					Wärme HT fossil	.	.
					Wärme NT (inkl. Beheizung)	.	.
				Kraftstoffe	288	38	
				Erdöl	.	.	
				(Erd-)Gas	10	17	
				Insgesamt	ca. 300	ca. 90 (-70%)	

Notwendig: Sehr hohe Effizienzsteigerungen, Absenken des derzeitigen Wachstums der Nachfrage nach Energiedienstleistungen, drastische Umstellung der Anwendungstechnologien.

Endenergiebedarf 2050 reduziert sich um > 50 % (KS) auf knapp 500 PJ bzw. knapp 40 % auf ca 640 PJ (WS).

Frachturnschlag im Jahr 1990 auf 24,5 Mio. PassagierInnen und 246 000 t Fracht im Jahr 2010 (ÖSTAT, 2011). Die sich daraus ergebenden Emissionen sind in nationalen Emissions-szenarien oder Klimaschutzstrategien oft nur teilweise oder gar nicht berücksichtigt. Umfassende Strategien zur Transformation in eine klimafreundliche Gesellschaft müssen allerdings auch diese Herausforderung adressieren.

Auch der wachsende internationale Güterverkehr auf den Straßen stellt nach wie vor erhebliche Herausforderungen an die Bilanzierung der Emissionsverantwortung und an die Diskussion über möglicherweise effektive Regulierungsmechanismen. Wie in Band 3, Kapitel 3 und Band 2, Kapitel 1 berichtet, bestehen erhebliche Diskrepanzen zwischen den im Inland

verkauften Kraftstoffmengen und dem anhand von Verkehrszählungen und Aktivitätsmodellen berechneten Kraftstoffverbrauch des Transports auf Österreichs Straßen. So wurden im Jahr 2003 schätzungsweise 28 % des in Österreich verkauften Kraftstoffs nicht auf inländischen Straßen verfahren (BM-LFUW, 2007), allerdings muss hier angemerkt werden, dass diese Schätzungen beträchtliche Unsicherheiten aufweisen. Die Emissionsverantwortung dieser Fahrten fällt gemäß dem UNFCCC-Bilanzrahmen an dem Ort des Kraftstoffhandels, Österreich an und sie waren damit ein wesentlicher Grund für die Emissionszunahmen im Transportsektor seit 1990.

Vielfach wird für diesen Vorgang der Begriff des „Tanktourismus“ verwendet (richtig wäre „Kraftstoffexport im Tank“),

Wachstums- zenario (2050)	Basisjahr (2008)	Konstant- szenario (2050)	Wachstums- szenario (2050)	Basisjahr (2008)	Konstant- szenario (2050)	Wachstums- szenario (2050)	Basisjahr (2008)	Konstant- szenario (2050)	Wachstums- szenario (2050)	
Mobilität		Gebäude			Industrie			Insgesamt		
Endenergiebedarf in PJ/a (Veränderung 2008–2050 in %)										
43	96	73	89	99	59	89	ca. 200	↓ ca. 190	↑ ca. 250	
.	27	0	0	.	.	.				
.	69	57	66	.	.	.				
.	wenig	16	23	.	.	.				
.	wenig	49	68	.	.	.				
.	wenig	49	69	.	.	.				
.	157	39	13	.	.	.				
.	.	.	.	0	25	25				
.	.	.	.	0	22	46				
.	.	.	.	7	38	58	ca. 120	↓↓ ca. 40	↓↓ ca. 40	
.	.	.	.	123	0	0				
.	.	.	.	65	57	86	ca. 220	↓ ca. 190	→ ca. 220	
40	.	.	.	18	0	0	ca. 380	↓↓↓ ca. 40	↓↓↓ ca. 40	
.	82	0	0							
15	86	0	0				ca. 90	↓↓ ca. 40	↓↓ ca. 50	
(-2/3)	ca. 430	ca. 210	ca. 240	ca. 300	ca. 195 (-35 %)	ca. 295 (-2,3 %)	ca. 1100	ca. 500 (-53 %)	ca. 650 (-38 %)	

der nahelegt dass dieser Effekt weitgehend extern induziert wäre, z. B. hervorgerufen durch die hohe Zahl an TransitfahrerInnen, die in Österreich tanken. Dieses Verhalten würde wegen der in Österreich im EU-Vergleich besonders niedrigen Mineralölsteuer auch naheliegen. Die durch preisinduzierten Kraftstoffimport im Tank jährlich lukrierten Einnahmen an Mineralölsteuern liegen in einer ähnlichen Größenordnung wie die innerhalb der gesamten ersten Kyoto-Periode von Österreich nötigen Zukäufe an international gehandelten Emissionszertifikaten (500–600 Mio. €). Hier bestehen also fiskalpolitische Interessen, die österreichischen Klimaschutzziele entgegenwirken. Die leichten Erhöhungen der Mineralölsteuer 2007 um 0,03 €/l bei Benzin und 0,05 €/l bei

Diesel, sowie im Jänner 2011 von 0,04 €/l für Benzin und 0,05 €/l für Diesel reichten nicht aus, um in diesem Bereich eine wesentliche lenkende Verhaltensänderung herbeizuführen und es bestehen nach wie vor erhebliche Preisdifferenzen (-0,24 €/l Benzin, -0,05 €/l Diesel im Vergleich zu Deutschland, -0,30 €/l Benzin, -0,31 €/l Diesel im Vergleich zu Italien (ARBÖ, 2013).

Darüber hinaus herrscht noch Unklarheit über den genauen Beitrag ausländischer Fahrzeuge an den Mineralölkäufen (BMLFUW, 2004; International Energy Agency and Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008). So nahm insgesamt das Außenhandelsvolumen (Importe und Exporte) Österreichs seit 1990, nicht zuletzt als Folge des EU-

Tabelle 6.4a Zentrale Ergebnisse Christian et al. (2011)

Table 6.4a Key results Christian et al. (2011)

Beantwortung der Fragestellung	Energieträger	Basisjahr (2005)	Szenario Pragmatisch		Szenario Forciert		
			2020	2050**	2050	2050	
			Energiebereitstellung in PJ/a (Bruttoinlandsverbrauch)*				Importe fossil
Im Szenario Forciert 2050 ist Autarkie prinzipiell möglich, es bleibt aber ein „Winterloch“, das mit besserer Speichertechnik u/o Importe ausgeglichen werden muss. Szenario Pragmatisch: evtl. 20 bis 30 Jahre später.	Öl	573	305	0	85	214	0
	Kohle	166	135	0	91	133	0
	Gas	326	305	0	16	259	0
	Biogas	1	90	290	220	90	186
	Biomasse fest	151	161	295	185	146	212
	Biomasse flüssig	2	38	30	10	25	0
	Strom	56	15	-24	-28	6	-50
	Wasserkraft	129	144	152	152	144	152
	Windkraft	5	26	61	61	26	61
	Photovoltaik	0	9	95	95	9	95
	Geothermie	0	0	8	8	0	8
	industrielle Abwärme	0	4	6	6	4	6
	Solarthermie	5	27	32	32	23	18
	Wärmepumpen	5	25	28	28	22	20
Insgesamt	1 419	1 283	973	959	1 100	706	

* Auch Angaben zu Aufbringung, Importen, Exporten

** Importalternative für Biogas und Biomasse (sehr hoch)

Beitritts 1995, um rund 200 % zu (von etwa 100 Mrd. US\$ 1990 auf 352 Mrd. US\$ im Jahr 2011). Heimische Frächter legen in Folge auch deutlich größere Strecken im Ausland zurück, ohne notwendigerweise dort tanken zu müssen, da moderne Lastkraftwagen über eine Autonomie weit über 1 000 km verfügen. Im Ausland zu tanken wäre wegen der deutlich niedrigeren österreichischen Mineralölsteuer auch unökonomisch. Sollten diese Fahrten tatsächlich einen relevanten Anteil am Kraftstoffexport im Tank haben, wäre es unwahrscheinlich dass die damit verbundenen Emissionen sich durch eine Erhöhung der Mineralölsteuer reduzieren lassen. Diese Maßnahme wird in der nationalen Klimaschutzstrategie aber nach wie vor als wesentliche Handlungsoption im Verkehrssektor dargestellt.

Auch das individuelle Mobilitätsverhalten innerhalb von Österreich ändert sich zunehmend in Richtung häufigere und längere Wegstrecken im Alltag. Während aus strukturschwachen Regionen wie dem Waldviertel oder inneralpinen Raum nach wie vor Bevölkerung abwandert, findet insbesondere in Ballungsräumen und im Umland der Großstädte eine unre-

gulierte und kaum an öffentlichen Nahverkehr angebundene Suburbanisierung statt.

Entsprechend wächst im österreichischen Durchschnitt insbesondere der PKW-Verkehr. So nahm die Zahl der PKWs seit 1990 um 53 % zu, auf etwa 4,6 Mio. im Jahr 2012. Potentiell bedeutende Entwicklungen in der Informationstechnologie wie „online shopping“ oder virtueller Behördenzugang via Internet, die das Potenzial hätten, Wege einzusparen, haben diesen Trend zu höherem Mobilitätsbedarf bisher nicht ändern können. Insbesondere im Bereich der Telearbeit, wo Erwerbstätige teilweise vom Wohnort ihre Arbeit verrichten und auf diese Weise Pendlerfahrten vermeiden, scheinen erhebliche institutionelle Barrieren entgegenzustehen, die einer effektiven Nutzung des klimaschonenden Potenzials dieser Technologie entgegenwirken. Mobilitätsvermeidung durch Verbesserungen des Zugangs zu Tätigkeiten und Handlungsmöglichkeiten vor Ort sollte Priorität haben und Angebote hochqualitativen öffentlichen Nahverkehrs, sowie nicht-motorisierte Erreichbarkeit in Ballungsräumen müssen dies ergänzen.

Tabelle 6.4b Zentrale Ergebnisse Christian et al. (2011)

Table 6.4b Key results Christian et al. (2011)

Sektor*															
Nutzenergiekategorie	Mobilität					Private Haushalte					Dienstleistungsbereich				
	Basis-jahr (2005)	Szenario Pragmatisch		Szenario Forciert		Basis-jahr (2005)	Szenario Pragmatisch		Szenario Forciert		Basis-jahr (2005)	Szenario Pragmatisch		Szenario Forciert	
		2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050
Endenergiebedarf in PJ/a															
Traktion	341	287	170	190	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raumwärme	0	0	0	0	0	199	156	88	128	27	84	77	48	66	17
Beleuchtung	0	0	0	0	0	7	6	6	4	2	14	8	6	6	4
Elektrochemische Zwecke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dampferzeugung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	3	3
Industrieöfen (inkl. Warmwasser)	0	0	0	0	0	39	39	32	32	23	22	23	23	19	16
Standmotoren	0	0	0	0	0	28	21	21	14	10	13	16	20	10	8
Insgesamt	341	287	170	190	69	273	222	147	177	62	136	127	102	104	47

Sektor*															
Nutzenergiekategorie	Sachgüterproduktion					Landwirtschaft					Insgesamt				
	Basis-jahr (2005)	Szenario Pragmatisch		Szenario Forciert		Basis-jahr (2005)	Szenario Pragmatisch		Szenario Forciert		Basis-jahr (2005)	Szenario Pragmatisch		Szenario Forciert	
		2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050	2020	2050
Endenergiebedarf in PJ/a															
Traktion	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	351	297	180	200	79
Raumwärme	26	26	26	25	24	9	9	9	9	9	318	268	170	227	77
Beleuchtung	11	4	2	3	2	1	1	1	1	1	33	18	16	13	9
Elektrochemische Zwecke	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1
Dampferzeugung	75	72	71	70	69	0	0	0	0	0	79	76	76	74	72
Industrieöfen (inkl. Warmwasser)	86	82	80	79	74	2	2	2	2	2	149	147	137	132	115
Standmotoren	112	108	100	105	98	3	3	3	3	3	155	147	144	131	118
Insgesamt	311	294	280	284	268	24	24	24	24	24	1085	954	723	779	471

Das Verständnis von Änderungen der Bevölkerungs- und Haushaltsstrukturen, deren mögliche Lenkbarkeit durch Politikmaßnahmen und letztendliche Klimawirkung sind wesentliche Herausforderungen langfristiger Szenarien. So nimmt das Durchschnittsalter der österreichischen Bevölkerung nach wie vor kontinuierlich zu, während die Zahl an Personen pro Haushalt sinkt. Die UN-Projektionen für die Gesamtbevölkerung Österreichs bis 2100, einem Zeitpunkt zu dem viele Komponenten derzeit gebauter Infrastruktur noch existieren werden, zeigen z. B. eine Spannweite von 6,2 bis 14,2 Mio. EinwohnerInnen. In der zugegebener Weise unwahrscheinlichen

UN-Szenarien-Variante „No change, constant fertility and mortality, zero migration“ („kein Wandel, konstante Geburtenhäufigkeit und Sterbewahrscheinlichkeit, keine Migration“) sinkt die Bevölkerung bis 2100 gar auf 3,4 Mio. Für die Rentabilität und Effektivität von potentiell klimafreundlicher Infrastruktur wie Fernwärmenetze, Hochgeschwindigkeitszüge oder öffentlichem Nahverkehr ist die langfristige Auslastung bedeutend und insbesondere das Phänomen „schrumpfender Städte“, die einen Rückbau existierender Infrastruktur in Zeiten sinkender Steuereinnahmen durchführen müssen, verdient daher größere Aufmerksamkeit.

Tabelle 6.5 Zentrale Ergebnisse Bliem et al. (2011)

Table 6.5 Key results Bliem et al. (2011)

Beantwortung der Fragestellung	Erneuerbare Energieträger	Basis-jahr (2010)	2020	2050	Endenergieträger	Sektor		
						Verkehr (exkl. Flug)*		
		Energiebereitstellung in PJ/a (POTENTIALE)			Endenergiebedarf in PJ/a (Veränderung 2008–2050 in %)			
Das vorhandene Potential an erneuerbaren Energieträgern reicht aus, um das Wirtschaftssystem nachhaltig zu gestalten. Drastische Einsparungen und Strukturbrüche sind aber notwendig.	Wasserkraft	ca. 140	ca. 155	ca. 160	Umgebungswärme	.	.	
	Photovoltaik	-	ca. 10	79	Biogene Brennstoffe	.	↑	
	Windenergie	ca. 7	ca. 10	25	Fernwärme	.	.	
	Solarthermie	ca. 5	ca. 10	ca. 50	Elektrische Energie	.	↑↑	
	Wärmepumpen	ca. 5	ca. 20	ca. 40	Abfall	.	.	
	Geothermie	sehr wenig	max. 5	ca. 20	Fossil-gasförmig	.	→	
	Brennholz	ca. 65	ca. 80	ca. 100	Fossil-flüssig	.	↓	
	Biogene Brenn- und Treibstoffe	ca. 140	ca. 150	ca. 200	Fossil-fest	.	.	
	Brennbare Abfälle	ca. 28	ca. 35	ca. 40				
	Insgesamt (Schätzung)		390	475	714	Insgesamt	ca. 330	ca. 295
						Flugverkehr	ca. 28	ca. 32
					davon: Biogene Brennstoffe	0	geringer Anteil	

Ergebnisse für 2050:
 Energieverbrauch wird (entgegen aktueller Trends) sinken
 Effizienterer Einsatz von Energie entlang der gesamten Wertschöpfungskette
 Einführung neuer Technologien (z. B. Elektrifizierung des Verkehrs)
 Optimale Ausschöpfung der Energieeffizienzpotentiale notwendig
 Gesamter Bedarf an Elektrizität und Fernwärme aus EET

Im Bereich der Sozialversicherungs- und Familienpolitik werden vielfältige Maßnahmen diskutiert um den allgemeinen Herausforderungen demografischen Wandels zu begegnen. Deren Implikation auf zukünftigen Energiebedarf und THG-Emissionen wird in bisherigen Modellen allerdings selten hergestellt.

6.3.2 AkteurInnen

Haushalte

In diesem Abschnitt werden drei Studien vorgestellt, die sich wesentlich mit der Bedeutung von Haushalten als mögliche Akteure im Klimaschutz beschäftigen. Darunter sind zwei Studien, bei denen das WIFO maßgeblich beteiligt war, sowie eine Untersuchung, die vom SERI geleitet wurde, die unter

anderem die sozialen Verteilungseffekte von klimapolitischen Maßnahmen adressiert.

Lebensstile können als empirische Umsetzungen der Wertvorstellungen und Präferenzen eines Haushalts beschrieben werden. Neben der rein ökonomischen Wirkung (z. B. die Veränderung der Konsumausgaben, der Rolle des und die Wirkung auf das verfügbare Einkommen und Vermögen) oder ihrer sozialen Wirkung können Lebensstile auch hinsichtlich ihrer Umweltwirkung analysiert werden. Das WIFO untersuchte im Rahmen des vom BMWF geförderten „ProVision“ Programms die von Statistik Austria erhobenen Konsumdaten, um die Auswirkung von Haushaltsentscheidungen auf globale CO₂-Emissionen zu ermitteln. Auf dieser Grundlage wurden außerdem Abschätzungen der möglicherweise durch Verhaltensänderungen erzielbaren Emissionsminderungen getroffen.

Sektor																
Verkehr (exkl. Flug)*	Private Haushalte**			Dienstleistungen**			Produzierender Bereich***			Landwirtschaft			Insgesamt (Schätzung)			
2050	Basisjahr (2010)	2020	2050	Basisjahr (2010)	2020	2050	Basisjahr (2010)	2020	2050	Basisjahr (2010)	2020	2050	Basisjahr (2010)	2020	2050	
Endenergiebedarf in PJ/a (Veränderung 2008–2050 in %)																
.	.	↑↑	↑	.	↑	↑	↑	↑	.	↑	↑	
↓↓	.	↓	↓↓	.	↑	↑	.	↑	↑↑	.	↑	↑	.	↑	→	
.	.	↓	↓↓	.	↓	↓↓	.	↑	↑	.	→	↑	.	↓	↓	
↑↑↑	.	→	→	.	→	↓	.	↓	↓	.	→	↓	.	→	↑	
.	.	?	?	.	→	↑	.	↓	↓	→	→	
→	.	→	→	.	→	↓↓	.	↓↓	↓↓	.	→	0	.	↓	↓	
↓↓	↓	.	↓	0	.	↓	0	.	↓↓	↓↓	.	↓	↓	.	↓	↓↓
.	.	↓	0	.	→	→	.	↓	↓↓	↓	↓	
ca. 105	ca. 260	ca. 240	105	ca. 108	ca. 105	< 80	ca. 309	ca. 254	207	22	ca. 22	21	1 057	947	543	
ca. 25																
23																

Restbestand fossiler ET in Industrie (v. a. Stahl, Aluminium, Zement)

- ab 2020 deutliche Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch
- Endenergieverbrauch Österreichs von 1 060 PJ (2010) auf 540 PJ (2050)

Auch Entwicklung der CO₂-Emissionen bis 2050 dargestellt!!

- mehr als 90 % der CO₂-Emissionen können im Vergleich zu 2008 eingespart werden (auf 6,4 Mio. t)

* lt. Prognose und Öko-Institut e.V.

** lt. Steering Szenario

*** lt. Prognose und Öko-Institut e.V. sowie Prognose, EWI und GWS

Dazu wurde ein erweitertes Input-Output-Modell verwendet, das monetäre Zeitreihendaten über den privaten Konsum nutzt und diese mit Energieverbrauch und THG-Emissionen in Verbindung setzt. Die Summe der vorherrschenden Konsummuster bildet (gemeinsam mit öffentlichem Konsum, Bruttoinvestition und Güterausfuhr) einen wesentlichen Bestandteil der (monetären) Endnachfrage. Sie kann als kausaler Verursacher aller Vorleistungsverflechtungen in der Industrieproduktion und des gesamten Vertriebs und Handels angesehen werden. Die so abgebildete Emissionsverantwortung des Haushaltssektors ist wesentlich umfassender als in den im vorigen Abschnitt diskutierten Energiemodellen (wo als Emission von Haushalten vorwiegend nur der direkte Energieverbrauch in Wohngebäuden abgebildet wurde). Hier werden etwa die Vorleistungen aller Güter und Dienstleistungen berücksichtigt, die Haushalte konsumieren, so z. B. auch die von

Privathaushalten an Tankstellen bezogenen Kraftstoffe oder allgemeine Dienstleistungen wie z. B. heimisch nachgefragter Tourismus. Das Input-Output-Modell ermöglicht außerdem nicht nur die direkten, in Österreich anfallenden CO₂-Emissionen abzuschätzen, sondern auch – soweit die schwierig zu erhaltende Kohlenstoffintensität der Importe nach Herkunftsland bekannt ist – entlang der gesamten Wertschöpfungskette (dem Lebenszyklus der Produkte und Dienstleistungen folgend), jene indirekten „grauen“, durch Konsum von aus dem Ausland importierten Vorleistungen und Produkten induzierten Emissionen annähernd zu quantifizieren. Dabei kann man jedoch eine Einheit „importierter“ Emissionen (also: eingebettet in eingeführte Güter) nicht einfach mit einem Ausstoß einer Einheit von Emissionen in die Atmosphäre gleichsetzen (Peters und Hertwich, 2008; Lindner et al., 2013; Jakob et al., 2014; Steininger et al., 2014).

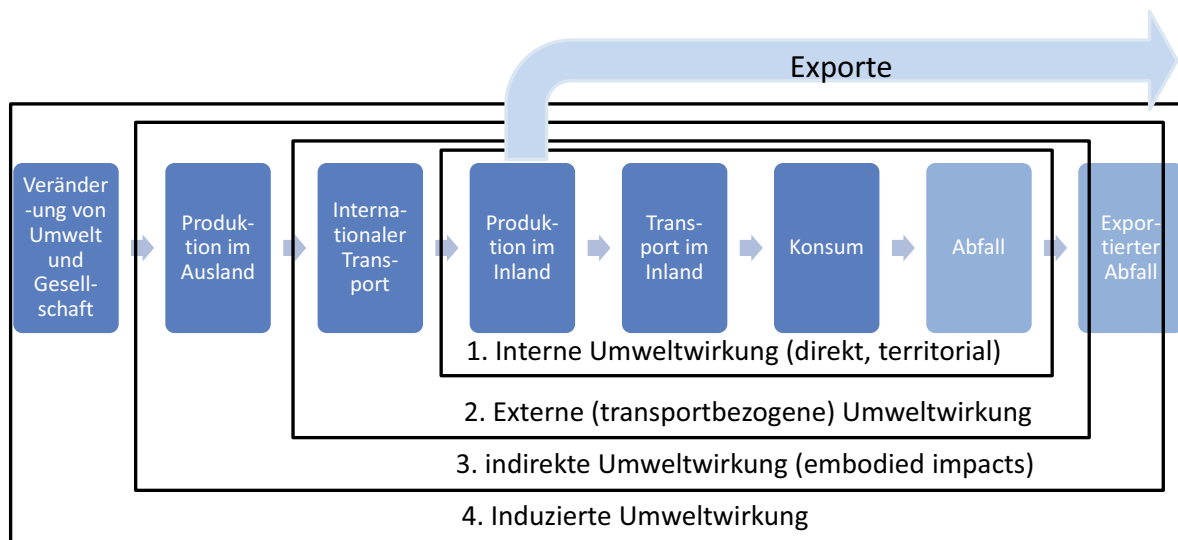


Abbildung 6.6 Einbettung der territorial- und produktionsseitigen Bilanzierung nach UNFCCC (1), die sich auf direkte Emissionsverantwortung konzentriert, bzw. in alternative, anhand von Lebenszyklusanalysen definierte Bilanzrahmen (2–4), die ergänzend auch indirekte, konsumbezogene Emissionsverantwortungen berücksichtigen; Quelle: Modifiziert nach WWF UK (2006)

Figure 6.6 Contextualization of the territorial and production oriented scope definition of UNFCCC (1) which focuses on responsibility for direct emissions, or with alternative definitions (2–4) which include indirect, consumption oriented scope definitions; Source: modified from WWF UK (2006)

Das Haushaltsmodell verwendet als wesentliche Faktoren für die Nachfragestruktur vorherrschende Haushaltsausgaben, Preisinformationen, Einkommen und andere sozioökonomische Komponenten. Lebensstile und Konsumpräferenzen wurden in dem ProVision Projekt mit statistischen Methoden durch den Ausschluss des Beitrags anderer Variablen als Residualwert ermittelt.

Die Analyse zeigt, dass zusätzlich zu den durch den Konsum privater Haushalte im Inland direkt verursachten Emissionen von jährlich 19,6 Mt CO₂ (z.B. Raumwärmebereitstellung, Nutzung von Privatautos) weitere 16,7 Mt durch die private Nachfrage von inländische Industriegütern verursacht wird, sowie 17,4 Mt im Ausland aufgrund der von Privathaushalten nachgefragten Importe. Insgesamt umfasst die Emissionsverantwortung der Haushalte etwa 70 % der in der nationalen THG-Bilanz Österreichs beschriebenen Gesamtemissionen (siehe Tabelle 6.6).

Im Rahmen dieser Studie wurde auch versucht abzuschätzen, in welcher Größenordnung Verhaltensänderungen des Haushaltssektors zu ambitionierten THG-Reduktionen beitragen könnten. Durch statistische Abgleichmethoden wurden die Einflüsse der Haushaltpräferenzen von anderen Faktoren getrennt. Haushalte konnten dann anhand ihres Energieverbrauchs unterschiedlich nachhaltigen Gruppen zugeordnet werden. Diese Gruppen unterschieden sich trotz ähnlicher Haushaltscharakteristik (Größe, Einkommensstruktur, geo-

graphische Lage etc.) im Lebensstil: Sie gaben etwa deutlich weniger Einkommen für Benzin / Diesel, Elektrizität, Heizung, etc. aus. Das Gesamtpotenzial der durch Verhaltensänderungen erzielbaren Emissionsreduktionen könnte durch eine hypothetische komplette Verschiebung der Verhaltensmuster in die Gruppe mit stark ausgeprägtem nachhaltigem Verhalten abgeschätzt werden. Dieses Gedankenexperiment zeigt, dass erhebliche Reduktionen in der Energienachfrage und in den direkten Emissionen durch Haushalte in der Größenordnung von rund 6 Mt CO₂ möglich wären (Band 3, Kapitel 5). Die indirekten (induzierten) Emissionen durch Haushalte in der inländischen Industrieproduktion würden leicht sinken, während die im Ausland durch Haushaltskonsum induzierten Emissionen leicht steigen würden. Das Projekt untersuchte allerdings keine Maßnahmen oder Instrumente, um eine solche Verhaltensänderung tatsächlich umzusetzen, und kombinierte die erzielten Einsichten auch nicht mit einem konkreten Szenario der technischen Klimastabilisierung (siehe Tabelle 6.7).

Auch die Publikation „Energieszenarien 2030“ (Kratena und Meyer, 2011) untersuchte unter anderem die Handlungsmöglichkeiten von Haushalten zum Klimaschutz. Die darin vorgestellten Szenarien bilden die Grundlage für THG-Szenarien des Umweltbundesamtes und werden sowohl im „Monitoring Mechanism 2011“ als auch in Berichten im Zuge des UNFCCC und für die Österreichische Klimastrategie 2020 verwendet.

Tabelle 6.6 Durch Konsum von österreichischen Haushalten induzierte CO₂-Emissionen (1 000 Tonnen); Quelle: Kratena et al. (2009)**Table 6.6** CO₂-emissions induced by consumption of Austrian households (1 000s of tons); Source: Kratena et al. (2009)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
a) Direkte CO ₂ Emissionen, Haushalte	18 479	20 071	19 836	20 536	20 306	19 665
als % der Gesamtemissionen (direkt & indirekt) der Haushalte	38,6 %	47,8 %	48,2 %	46,9 %	46,4 %	36,6 %
b) Indirekte CO ₂ Emissionen der Haushalte aus dem Konsum inländisch produzierter Güter & Dienstleistungen	15 185	16 529	15 780	16 602	16 591	16 683
als % der Gesamtemissionen (direkt & indirekt) der Haushalte	31,7 %	39,4 %	38,4 %	37,9 %	37,9 %	31,0 %
c) Indirekte CO ₂ Emissionen der Haushalte aus dem Konsum importierter Güter & Dienstleistungen	14 272	5 360	5 508	6 676	6 835	17 420
als % der Gesamtemissionen (direkt & indirekt) der Haushalte	29,8 %	12,8 %	13,4 %	15,2 %	15,6 %	32,4 %
Gesamtemissionen der Haushalte (Summe a+b+c)	47 935	41 960	41 124	43 814	43 732	53 768
als % der nationalen, direkten CO ₂ Emissionen (d)	73 %	62 %	60 %	60 %	60 %	71 %
d) Nationale direkte CO ₂ Emissionen total (ohne indirekte Emissionen durch den Konsum von Importen/Exporten)	65 283	67 639	68 635	73 021	73 429	75 981

Die in dieser Studie erstellten Szenarien beinhalten: (i) ein Referenzszenario (mit Maßnahmen, MM), in dem Politikmaßnahmen und Klimaziele, die vor dem 2. Februar 2010 in Kraft traten, Berücksichtigung fanden, sowie (ii) ein Szenario von zusätzlichen klima- und energiepolitischen Maßnahmen (mit zusätzlichen Maßnahmen, MZM), das eine Reihe darüber hinausgehende Maßnahmen zur THG-Vermeidung berücksichtigt.

Relevante Umweltgesetzgebung, die bereits im Szenario (i) berücksichtigt wurde, beinhaltet die zahlreichen EU Direktiven, die bereits in nationalen Gesetzgebungen umgesetzt wurden. Darunter befindet sich: Umweltförderung Inland (UFI), der Klima und Energiefonds (kli:en), weitere nationale Programme (z. B. „klima:aktiv Mobilität“), sowie Programme auf Länderebene (z. B. finanzielle Anreize zur energetischen Biomassennutzung). Details dieser Maßnahmenbündel wurden bereits in früheren Kapiteln aufgelistet. Politikmaßnahmen im Haushaltssektor konzentrieren sich auf Verbesserungen der Energieeffizienz von Investitionsgütern (Gebäude, Heizsysteme, Fahrzeuge, elektrische Geräte). Insbesondere betrifft dies Gebäude, während im Bereich des Transports einige der Maßnahmen bereits Verhaltensänderungen berücksichtigen. Die vorgeschlagenen Politikmaßnahmen wurden dazu in Parameter übersetzt, die in den jeweils von Projektpartnern verwendeten Bottom-Up-Modellen umgesetzt wurden. Die aus

den Modellen resultierenden Indikatoren zur Energieeffizienz wurden dann als Inputdaten in das Top-Down-Modell eingespeist. Dies war etwa der Fall für die parametrische Umsetzung der Energiedienstleistung Raumwärme. Die Bottom-Up- und Top-Down-Modelle wurden auch bezüglich der Investitionen in energieeffiziente Gebäudesanierung harmonisiert, sowie zur Ermittlung der notwendigen Förderungen, um die Energieeffizienz des Gebäudesektors zu verbessern. Die vorgeschlagenen Politikmaßnahmen in diesem Bereich des Energieverbrauchs der Haushalte umfassen:

- Entwicklung neuer Standards zur Beurteilung der Energieeffizienz von Gebäuden
- Wohnbauförderung, die entlang der neuen energetischen Gebäudestandards allokiert wird

Darüber hinaus wurden in den „Energieszenarien 2030“ weitere technische und verhaltensändernde Maßnahmen im Transportsektor wie im Haushaltsbereich berücksichtigt. Technische Maßnahmen, die auf eine Verbesserung der Energieeffizienz der Privatfahrzeuge abzielen, beinhalten:

- Förderung von energieeffizienten Fahrzeugen und neuartiger Antriebstechniken
- Förderung von erneuerbaren Treibstoffen (Biokraftstoffe)

Tabelle 6.7 Änderungen der CO₂-Emissionen durch vollständige Nutzung des Potenzials von Lebensstiländerungen. Quelle: Kratena et al. (2009)

Table 6.7 Potential changes of CO₂-emissions due to life-style changes. Source: Kratena et al. (2009)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
a) Direkte CO ₂ Emissionen, Haushalte	-5897	-6370	-6369	-6514	-6571	-6384
b) Indirekte CO ₂ Emissionen der Haushalte aus dem Konsum inländisch produzierter Güter & Dienstleistungen	-163	-350	-176	-403	-411	-294
c) Indirekte CO ₂ Emissionen der Haushalte aus dem Konsum importierter Güter & Dienstleistungen	332	22	38	-14	-10	241
	-5727	-6698	-6507	-6931	-6992	-6437
als % der nationalen, direkten CO ₂ Emissionen (d)	-8,8 %	-9,9 %	-9,5 %	-9,5 %	-9,5 %	-8,5 %

Maßnahmen, die auf Änderungen im Mobilitätsverhalten abzielen:

- Förderung des öffentlichen Verkehrs
- Mobilitätsmanagement
- Verbesserte Raumplanung mit Berücksichtigung von Optionen der Transportvermeidung
- Ökologisierung von Steuern und Anreizsystemen

Insgesamt ist festzustellen, dass die in den „Energieszenarien 2030“ entwickelten Transformationspfade zu einer Energie- und THG-Effizienten Wirtschaftsform weitgehend auf Änderungen der Investitionsgüter abzielen, soweit diese Maßnahmen mit den verwendeten Modellen abzubilden waren. Lediglich im Bereich privater Transport wurden Änderungen im Verhalten als Teil einer Klimastrategie in Erwägung gezogen, wobei aber nicht explizit beschrieben wurde, mit welchen Steuerungsinstrumenten diese Verhaltensänderung bewirkt werden könnte.

Um die Sensitivität des Energieverbrauchs auf Änderungen im Wirtschaftswachstum analysieren zu können, wurden beide Szenarien (MM und MZM) zusätzlich unter der Annahme eines geringeren Wirtschaftswachstums (1,5 %/Jahr anstelle von 2 %; MMsens und MZMsens) berechnet. Um für diese Sensitivitätsanalyse ein konstantes Szenario des wirtschaftlichen Umfelds von Österreich zu entwerfen wurde davon ausgegangen, dass das geringe BIP-Wachstum Österreichs durch geringeres globales Wachstum hervorgerufen wurde, was auch in geringeren globalen Energiepreisen bis 2030 resultiert.

Während sich die beiden gerade vorgestellten Arbeiten vorwiegend mit dem Beitrag, welchen Haushalte als Akteure zum Klimaschutz leisten können, befassten, untersuchte eine weitere Studie die ökonomischen Auswirkungen verschiedener Klimaschutzmaßnahmen auf die Haushaltseinkommen. Im Projekt KONSENS (KONSumentInnen und ENergie-

Sparmaßnahmen: Modellierung von Auswirkungen energiepolitischer Maßnahmen auf KonsumentInnen, geleitet vom SERI, 2011), untersuchte das SERI gemeinsam mit GWS die Verteilungseffekte von Politikmaßnahmen, die zur Steigerung der Energieeffizienz und zu Klimaschutzmaßnahmen diskutiert werden (Besteuerung von CO₂, Handel von CO₂-Emissionszertifikaten privater Haushalte, Reform der Wohnbauförderung), unter Verwendung des integrierten umweltökonomischen Modells „e3.at“ (Wolter et al., 2011). Um diese Analyse durchführen zu können wurde das Modell erweitert, um Haushaltstypen unterscheiden zu können.

Das Projekt KONSENS zielt darauf ab, Verteilungseffekte spezifischer energie- und klimapolitischer Maßnahmen zu untersuchen. Drei mögliche Politikmaßnahmen wurden zur Modellierung und Analyse ausgewählt: Die Einführung handelbarer CO₂-Emissionszertifikate für alle BürgerInnen (auch unter dem Begriff „Individueller Kohlenstoffhandel“ oder „CO₂-Konto“ diskutiert), die Einführung einer Besteuerung auf CO₂-Emissionen und eine Reform der gegenwärtigen Wohnbauförderung (um eine Änderung der Ausrichtung von der gegenwärtigen vorwiegenden Förderung von Neubauten in Richtung vermehrte Förderung von Renovierung, Erhaltung und energetischer Verbesserung des Gebäudebestands zu erreichen).

Im Projekt KONSENS wurde das Modell e3.at um ein sozioökonomisches Modul erweitert um 25 verschiedene Haushaltstypen, die sich hinsichtlich Haushaltsgröße und Einkommen unterschieden, abbilden zu können. Die Modellergebnisse zeigen, dass Haushalte in unterschiedlichem Ausmaß von den drei Maßnahmen betroffen waren. Das persönliche CO₂-Konto wirkt hauptsächlich auf Haushalte mit hohem Einkommen und mit wenigen Haushaltsmitgliedern. Eine deutlich positive Auswirkung auf CO₂-Emissionen ist nur möglich, wenn alle Haushalte die Möglichkeit haben Verhaltensänderungen durchzuführen, was nur bedingt der Fall ist.

Eine CO₂ Steuer würde große Haushalte mit geringen Einkommen überproportional betreffen; bereits jetzt geben diese große Anteile ihres verfügbaren Einkommens für das Heizen und andere Energieausgaben aus. Kleine Haushalte mit hohem Einkommen wären im Vergleich dazu weniger betroffen. Eine Verringerung der Sozialversicherungsbeiträge oder der Einkommenssteuer hätte keine deutlichen Vorteile für Haushalte geringen Einkommens oder für Haushalte die nicht am Erwerbsleben teilnehmen.

Eine Reform der Wohnbauförderung mit Auflagen zur energetischen Renovierung hätte negative Effekte für kleine Haushalte mit geringem Einkommen und Wohnungseigentum (die etwa durch Erbschaft erworben wurden). Die Zahl solcher Haushalte in Österreich ist allerdings relativ gering. Große Haushalte mit höherem Einkommen sind hier in der Regel auch Eigenheimbesitzer. Im Vergleich zu allen anderen Haushaltstypen (mit oder ohne Wohnungseigentum), wären große Haushalte mit hohem Einkommen von dieser Maßnahme stärker betroffen als kleinere Haushalte mit geringerem Einkommen.

Unternehmen

Wie bereits im Abschnitt 6.4.1 in den Szenarienanalysen gezeigt wurde, stellt der Klimaschutz für Unternehmen, insbesondere im Industriebereich, eine besondere Herausforderung dar. Dabei besteht in diesem Sektor deutliches Potenzial zur Emissionsvermeidung durch Prozessintegration und Zusammenarbeiten zwischen dem produktiven Gewerbe und dem Sektor Energieumwandlung (z. B. Möglichkeiten der Abwärmeauskopplung, Ko-Produktion von Strom, Dampf, Wärme, Kälte, energetische Nutzung von Abfallstoffen). Auch wenn Details von technischen Prozessen und Infrastrukturen im Industriebereich oft als Betriebsgeheimnis unveröffentlicht bleiben, bestehen in diesen Sektoren gemeinsame Interessen, durch die bei Verbesserungen der industriellen Prozesse Möglichkeiten des Klimaschutzes entstehen. Neben inkrementellen Fortschritten der Prozesstechnik durch graduelle Änderungen, bestehen im produzierenden Gewerbe auch erhebliche Möglichkeiten für Emissionseinsparungen durch radikale Innovationen, z. B. dem Umstieg auf nachwachsende Rohstoffe statt petrochemischer Ausgangsmaterialien, Verwendung von „green chemistry“, etwa enzymbasierten, biokatalytischen Verfahren, statt konventionellen Prozessen mit hohen Temperatur- und Druckbereichen, etwa in der Faser- und Textilindustrie. Der Energieverbrauch im Industriebereich insgesamt ist substantiell, die Zahl der Akteure ist hingegen im Vergleich zum Haushaltssektor überschaubar. Investitionsentscheidun-

gen sind oft rationaler und langfristig orientiert und der Zugang zu Finanzmitteln für Verbesserungen der Energieeffizienz ist leichter insbesondere wenn die Industrieprozesse energieintensiv sind und die dabei erzielbaren Kosteneinsparungen substantiell sind. Um diese Veränderungen zu realisieren, sind langfristig antizipierbare Preissignale geeignete Lenkinstrumente. National und EU-weit koordinierte und bindende Effizienzziele haben daher eine zentrale Bedeutung und es bestehen zahlreiche Mechanismen und Strukturen, mit denen mögliche Wettbewerbsnachteile effektiv verhindert werden können. Aus anderen Bereichen der Umweltgesetzgebung (z. B. Ozonschutz, saurer Regen, Gewässerschutz) bestehen umfangreiche institutionelle Erfahrungen, wie solche Vorlagen de-facto umsetzbar sind.

Regionale Energieagenturen, die mit den verschiedenen Akteuren, Ressourcenpotenzialen und der Nachfragestruktur vertraut sind, können eine wichtige Rolle als Vermittler spielen, um etwa lokale Energiemärkte wie Wärmenetzwerke umzusetzen. In vielen der österreichischen Klima- und Energie-Modellregionen werden solche Ansätze bereits verfolgt. Regelmäßig verpflichtende, energiebezogene Zertifizierungen und Audits tragen bei harmonisierte Daten bereitzustellen und Integrationspotenziale zu lokalisieren. Energiedienstleistungsgesellschaften können letztendlich in Zusammenarbeit mit dem Finanzsektor die Umsetzung solcher Maßnahmen planen. Derzeit fehlt allerdings oft noch der politische Wille, effektive Sanktionsschritte bei Nichteinhalten vereinbarter Effizienzfortschritte gegenüber industriellen InteressenvertreterInnen durchzusetzen (etwa bei der Umsetzung der von der EU vorgegebenen Richtlinien zu Fortschritten der industriellen Energieeffizienz).

Im Weiteren wird zunächst auf zwei Energieszenarien mit mittelfristigem Zeithorizont (2030 bzw. 2020) verwiesen, in denen unter anderem auch Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen von Unternehmen analysiert wurden. Nachdem eine Vielzahl von Unternehmen (bzw. deren Verbände und Interessengruppen) bereits eigenständige Initiativen des Klimaschutzes ergriffen haben, werden im Folgenden eine Reihe dieser oft freiwillig unternommenen Ansätze vorgestellt.

Die im vorigen Abschnitt vorgestellte Studie „Energieszenarien 2030“ behandelt im Szenario MZM sowohl den Industriesektor als auch den Energiesektor im Detail. Der überwiegende Teil der Industrie und insbesondere die größten Verbraucher sind allerdings bereits in das europäische System zum Emissionshandel eingebunden, so dass darüber hinausgehende Emissionsreduktionen nur über Verteilungsmechanismen (Versteigerungen bzw. Verteilung anhand von angestammten Rechten) oder durch eine weitere Verschärfung und

Reduktion der Emissionsrechte erreichbar sind Heller et al., 2011). Um Effizienzsteigerungen in der Nutzung von Elektrizität in unterschiedlichen Industriesektoren zu erreichen, wurden zusätzliche Politikmaßnahmen in der Szenarioanalyse implementiert. Im Gütertransportsektor wurden Maßnahmen zur Förderung energieeffizienter Transportmodi berücksichtigt, sowie Möglichkeiten der Reduktion von Transportvolumina durch Verbesserungen der Logistik.

Das Projekt e-co, finanziert vom Österreichischen Klima- und Energiefonds, untersuchte die Auswirkungen stringenter Klimaziele auf die Wirtschaft. Das SERI gemeinsam mit GWS und RWTH-Aachen waren im Projektteam. Vier Szenarien wurden entwickelt:

- Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Quellen: Szenario „Wir nutzen die richtige Energie“
- Verbesserung der Energieeffizienz: Szenario „Wir nutzen Energie effizient“
- Reduktion des Energieverbrauchs durch Verhaltensänderungen: Szenario „Wir nutzen Energie verantwortlich“
- Integrierende Szenario: „Wir nutzen die richtige Energie verantwortlich und effizient“ beinhaltet alle Schwerpunkte der verschiedenen Szenarien in ausgewogener Form
- Um die Wirksamkeit einzelner Szenariomaßnahmen gegenüber dem Status Quo vergleichen zu können, wurde ein Referenzszenario (business-as-usual, BAU) gerechnet

Die Ergebnisse waren ernüchternd. Lediglich eines der Szenarien, erreichte das Ziel von 34 % Anteil erneuerbarer Energien am Verbrauch von Endenergie im Jahr 2020, wobei zur Berechnung des Anteils erneuerbarer Energieträger die von in der Richtlinie EG/2009/28 (EU, 2009) definierten Methoden verwendet wurden. Keines der Szenarien führte zu einer Emissionsreduktion von CO₂ unter den Wert von 1990 (62 Mio. t CO₂). Das Kyoto Ziel von Österreich wäre 13 % unter dem Wert von 1990 gelegen. Die traditionellen Szenarien, die sich entweder auf die Ausweitung erneuerbarer Energieträger konzentrieren oder auf die effiziente Nutzung von Energie, sind hilfreich, um Wege zu Änderungen im Energiemix und Einsparungspotenziale zu identifizieren. In der Klimawirkung war sogar das integrative Szenario „Wir nutzen die richtige Energie verantwortlich und effektiv“, das als einziges das 34 % Erneuerbare-Ziel erreicht hatte, unzureichend für die Erreichung der 2020 CO₂-Ziele. Die Emissionen wurden mit 67 Mt CO₂ errechnet. Auch in diesem Szenario wurden damit die CO₂-Ziele für 2020 nicht erreicht.

Zusammenfassend kann zu dieser Studie gesagt werden, dass in Österreich tiefgreifende Verhaltensänderungen die

deutlichsten Klimaschutzpotenziale beinhalten. Eine Transformation zu einem nachhaltigen Energiesystem bringt darüber hinaus auch positiven Begleitnutzen für die österreichische Wirtschaft mit sich. Angemerkt werden sollte allerdings auch, dass die in den vergangenen Jahren bis 2012 erfolgte Ausweitung der erneuerbaren Energieträger bereits die im Referenz-Szenario bis 2020 zugrundeliegenden Trends deutlich übersteigt.

Neben den regulatorischen Ansätzen des Klimaschutzes sind im privatwirtschaftlichen Bereich insbesondere auch freiwillige Initiativen zum Klimaschutz als Beispiele verantwortlichen Wirtschaftens anzuführen. Das Carbon Disclosure Project (CDP) ist beispielsweise eine wirtschaftsnahe, internationale und gemeinnützige Organisation, die ein internationales System zur Messung und Darstellung von Umweltdaten für Unternehmen und Städte anbietet (CDP, 2013). Es motiviert Firmen, relevante Umweltdaten in vergleichbarer Weise offenzulegen und ermöglicht so Maßnahmen zu erarbeiten um negative Umwelteinflüsse und den Ressourcenverbrauch zu minimieren. Das CDP erstellte auf diese Weise eine umfassende Sammlung von Primärdaten zu Klimawandel sowie zu Risiken im forstwirtschaftlichen Bereich und zur Wassernutzung und kann diese für strategische Entscheidungen im privatwirtschaftlichen Bereich, für Investitionsberatungen oder Politikmaßnahmen zur Verfügung stellen. Es behauptet, die weltweit umfassendste Datensammlung zu Energieverbrauch und THG-Emissionen geschaffen zu haben, die etwa 26 % der anthropogenen CO₂-Emissionen abdeckt, so sind etwa auch die 250 größten Stromproduzenten eingebunden.

Viele der gesammelten Daten wurde vorher in vergleichbarer Weise noch nie zentral erfasst. Diese Information wird insbesondere für InvestorInnen, Firmen und regulierende Instanzen als nützlich angesehen, um wohlüberlegte Entscheidungen treffen zu können, die auch zukünftige Risiken durch sich möglicherweise änderndes Umweltrecht, mögliche zukünftige Haftungsfragen und gerichtliche Klagen, sowie sich ändernde Grundeinstellungen von KonsumentInnen gegenüber Hauptverursachern des Klimawandels berücksichtigen. Eine Abschätzung der Marktgröße von energiebezogenen Investitionsgütern (Kraftwerken, Raffinerien etc.) des CDP in den kommenden 30 Jahren liegt bei etwa 27 Bio. (10¹²) US\$.

Entsprechend der ökologischen Modernisierung hält das CDP es für entscheidend, dass Technologien über marktwirtschaftliche Prozesse ausgewählt und umgesetzt werden. Dem folgend sollte (a) der Energieeffizienz von Investitionsprojekten eine höhere Bedeutung gegeben werden; (b) aktuelle Emissionen sowie geplante Reduktionsziele von Firmen publik gemacht werden; (c) neuartige emissionsparende Ge-

schäftsmodelle entwickelt werden; (d) die Preisentwicklung für Klimagasemissionen in verschiedenen Szenarien ermittelt werden und davon abhängig Veränderung der Wirtschaftlichkeit alternativer Energiequellen analysiert werden.

Für individuelle Berichte von Firmen im Rahmen der privatwirtschaftlichen Umweltverantwortung (CSR) wurden verschiedene Gütesiegel und Berichtssysteme etabliert. Der Kohlenstofffußabdruck spielt dabei eine zunehmende Bedeutung zur Konsumenteninformation. Fußabdruckberechnungen für Firmen können entlang unterschiedlicher und einander ergänzender Bilanzrahmen erstellt werden. Drei Ebenen werden dabei unterschieden: (1) „scope 1 carbon footprint“ umfasst die direkten Emissionen aller Aktivitäten des Unternehmens, inklusive der Gebäude und der Verwaltung, industrieller Prozesse, Fahrzeuge etc.; (2) „scope 2 carbon footprints“ berücksichtigen Emissionen von energiebezogenen Prozessen die außerhalb („up- und downstream“) der unternehmenseigenen Verantwortlichkeit stattfinden (z. B. Elektrizitätserzeugung, Fernwärme, Raffinerieprodukte); (3) werden Inventare für „scope 3“ Emissionen oft produktspezifisch und auf eine Konsumeinheit bezogen berichtet. Sie betrachten Emissionen über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts oder einer Dienstleistung. Dabei werden Emissionen über die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet: bei der Gewinnung der Rohmaterialien (die oft durch Zulieferfirmen erfolgt), bei der eigentlichen Produktherstellung, bei Nutzung des Produkts durch KonsumentInnen, sowie bei der Wiederverwertung oder Entsorgung. Betrachtungen dieser Ebene sind am komplexesten, weil spezifische Abgrenzungen zu treffen sind und vielfache Risiken von Doppelzählungen bestehen. Sie informieren aber, an welcher Stelle des Lebenszyklus Klimaschutzmaßnahmen am effizientesten eingesetzt werden können und ermöglichen KonsumentInnen direkte Vergleiche zwischen Produkten und Dienstleistungen herzustellen und somit den Konsum klimafreundlich auszurichten. Der erste Kohlenstofffußabdruck von Produkten wurde vom „Carbon Trust“ (2006) registriert und die inzwischen abgeschlossene Entwicklung des ISO Standards 14067 hat erheblich zum methodischen Verständnis von Kohlenstofffußabdrücken beigetragen.

Kohlenstofffußabdrucksrechner ermöglichen eine automatisierte Berechnung des ökologischen Fußabdrucks von Klimagasemissionen und funktionieren auf der Ebene von Haushalten oder von Einzelpersonen. Letztere berücksichtigen normalerweise den Aufwand für Wohnraum, Mobilität, Ernährung und Konsum (Schächtele und Hertle, 2007). Einige Rechner beinhalten auch Emissionen durch genutzte Infrastruktur oder durch das soziale Umfeld und weitere Dienstleis-

tungen die im Entscheidungsbereich einer Person stehen. Sie zeigen auf diese Weise, dass individuelle Entscheidungen sehr wohl einen Unterschied machen können, aber ein erheblicher Anteil an Umweltwirkungen auch durch gesellschaftliche Umstände bedingt ist.

Ein Beleg dafür, dass das Problembewusstsein zum Klimaschutz in der Bevölkerung inzwischen sehr wohl wahrgenommen wird und „in der gesellschaftlichen Mitte angekommen ist“, kann daran gesehen werden, dass nahezu alle in Österreich operierenden Einzelhandelsketten inzwischen speziell klimafreundliche Produktlinien eingeführt haben.

Unternehmen haben großes Potenzial als Klimaschutzzakteure, vor allem unter klimaschutzorientierten Rahmenbedingungen. Die Wirkung freiwilliger Initiativen und Vereinbarungen in der Privatwirtschaft blieb bisher aber eher inkrementell denn transformativ.

Staat

Wesentliche Elemente, Strategien und Herausforderungen österreichischer Klimapolitik wurden bereits in Band 3, Kapitel 1 vorgestellt. Als Ergänzung zur ursprünglich 2002 im Ministerrat beschlossenen, und 2007 erneut überarbeiteten Klimastrategie, ist die im März 2010 vorgestellte Österreichische Energiestrategie die umfassendste und detaillierteste Sammlung von Maßnahmen zum Klimaschutz unterschiedlicher Akteure.

In der Klimastrategie finden sich bereits neben einer Bestandsaufnahme wichtiger Klimaschutztechnologien für die Bereiche Energie, Verkehr und Landwirtschaft ein detaillierter Maßnahmenkatalog, der unter anderem ambitionierte Vorschläge wie z. B. eine Steigerung der Sanierungsrate des Gebäudebestands von 1,4 %/Jahr (thermische Sanierung sogar nur 0,8 %) zwischen 1991 und 2001 auf zumindest 3 %/Jahr, mittelfristig bis 5 %/Jahr vorschlägt. Allerdings werden diese Maßnahmen bisher nicht durch bindende gesetzliche Vorgaben verschränkt.

Mehrere Arbeitsgruppen entwickelten eine Energiestrategie und stellten sie 2010 der Bundesregierung vor. Drei Hauptstrategierichtungen wurden darin erarbeitet: Verbesserung der Energieeffizienz, Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energiequellen, sowie Sicherstellung der Energieversorgung. Weiters wurde das Ziel der Stabilisierung des Energieverbrauchs auf dem Wert von 2005 (1 100 PJ) bis 2020 bekräftigt.

Das 2011 verabschiedete Klimaschutzgesetz, das sich mit verwandten Themen befasst, lässt jedoch zentrale Fragen der Lastenverteilung zwischen Bund, Ländern und Gemeinden bei Nichterreichen der Ziele (z. B. Kostenaufteilung für mög-

licherweise nötige Zukäufe von handelbaren Emissionszertifikaten) ungelöst (siehe auch Band 3, Kapitel 1).

Als EU-Mitglied ist Österreich zur Steigerung der Energieeffizienz verpflichtet. Dementsprechend sollen laut dem derzeit als Gesetzesentwurf vorliegenden Energie-Effizienzgesetz EnergieverbraucherInnen zu höherer Effizienz motiviert werden. Der Entwurf ist jedoch noch in Diskussion.

Zivilgesellschaft

An verschiedenen Stellen wird der Ruf nach verstärkter direkter Partizipation der BürgerInnen an Europäischer Klimapolitik geäußert. Eine Reihe von Initiativen eröffnet dazu Möglichkeiten, wenn auch bisher nur in begrenztem Maße. So eröffnet eine Transformation des Energiesystems in Richtung hoher Anteile erneuerbarer Energiequellen, Optionen zur weiteren Demokratisierung der Energiemärkte.

Erneuerbare Energien bergen das Potenzial, einer breiten Zahl an AkteurInnen Teilhabe an diesem Markt zu ermöglichen und regionale Wertschöpfungsketten aufzubauen. Je nach regionaler Ressourcenausstattung und Energiebedarfsprofil bieten sich dabei eine Vielzahl unterschiedlicher energietechnologischer Lösungen an. Im Rahmen des Klima- und Energiefonds wurden in diesem Zusammenhang eine bedeutende Anzahl von Klima- und Energiemodellregionen gefördert. Seit seiner Gründung 2007 hat der Fonds bis 2012 rund 730 Mio. € an Fördermitteln in über 120 Modellregionen³ ausgegeben). Eine räumliche Datenbank mit Vorzeigeprojekten („best practice“) wurde erstellt und die AkteurInnen in der Region besser vernetzt, wodurch neue Wege sozialer Innovation entstanden.

Der Zugang zu Finanzierungsmöglichkeiten für erneuerbare Energiemaßnahmen stellt nach wie vor eines der wesentlichen Hindernisse auf dem Weg zur Transformation des österreichischen Energiesystems dar. Dennoch lassen sich Beispiele zivilgesellschaftlicher Initiativen für die Transformation zur Klimaverträglichkeit im Bereich des „Crowdfundings“, dessen Ausgestaltung derzeit von der Finanzmarktaufsicht geprüft wird, anführen.

6.4 Übersetzen (globaler) Transformationspfade in nationale und lokale Strategien zur Klimawandelvermeidung

6.4 Translating (global) transformation pathways into national- and local strategies of climate change mitigation

Die integrierten Bewertungsmodelle, in denen Szenarien zur wirtschaftlichen Entwicklung mit Ressourcen- und Energiesystemmodellen in Verbindung gesetzt werden und die Rückkopplungen auf Öko- und Klimasysteme untersuchen können, gehen aufgabengemäß von der globalen Skalenebene aus, die normalerweise in etwa 5 bis 25 globale Teilregionen untergliedert wird (Riahi et al., 2012). Nationalstaaten wie etwa Österreich sind im Rahmen dessen typischerweise nur als Komponente z. B. der Region „Westeuropa“ enthalten. Weil Europa als politische Einheit und Akteur in der internationalen Klimapolitik auftritt, befassen sich allerdings eine Reihe von Studien mit koordinierten Klimaschutzstrategien auf der Ebene der EU-27. Abbildung 6.7 zeigt beispielsweise einen möglichen Weg zur Reduktion von Klimagasen im Ausmaß von 80 % bis 2050 im Vergleich zu 1990 der im europäischen „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft 2050“ (Europäische Kommission, 2011) vorgestellt wurde. Bedeutend ist dabei unter anderem, dass zum Beispiel die schwer kontrollierbaren „Nicht-CO₂-Gase“, etwa aus dezentralen Quellen wie der Landnutzung und in sonstigen Sektoren, in der Zukunft einen relativ großen Teil der Gesamtemissionen ausmachen werden, während etwa der Sektor Energieaufbringung sehr viel höhere Reduktionsziele erreichen muss und bis 2050 praktisch CO₂-neutral werden muss. Auch werden in diesen Szenarien wichtige Zwischenziele jenseits von 2020 (etwa 2030) konkretisiert. Ähnlich wie bei den in Österreich empirisch beobachteten sektoralen Emissionstrends wurde auch in diesem Szenario zunächst ein massiver Anstieg der transportbedingten Emissionen (+30 % bis 2005) berücksichtigt (siehe Tabelle 6.8).

Ausgehend von diesen ambitionierten Zielen, sind für die EU-27 eine begrenzte Anzahl von Studien durchgeführt worden, die umfangreiche Energiesystemtransformationen modellieren, also z. B. sowohl eine Transformation der Energieaufbringung (durch massiven Ausbau der regenerativer Energieträger) berücksichtigen, als auch deutliche Ambitionen die wachsende Energienachfrage zu begrenzen und so einen relativ hohen Anteil erneuerbarer Energieträger bis 2050 erreichen. So beschäftigte sich z. B. das vor kurzem an der Stanford

³ <http://www.waermeatlas.at/>

University durchgeführte Energy Modelling Forum Nr. 28 (EMF28) mit einem Vergleich unterschiedlicher Modellresultate zu diesem Thema (Weyant et al., 2013).

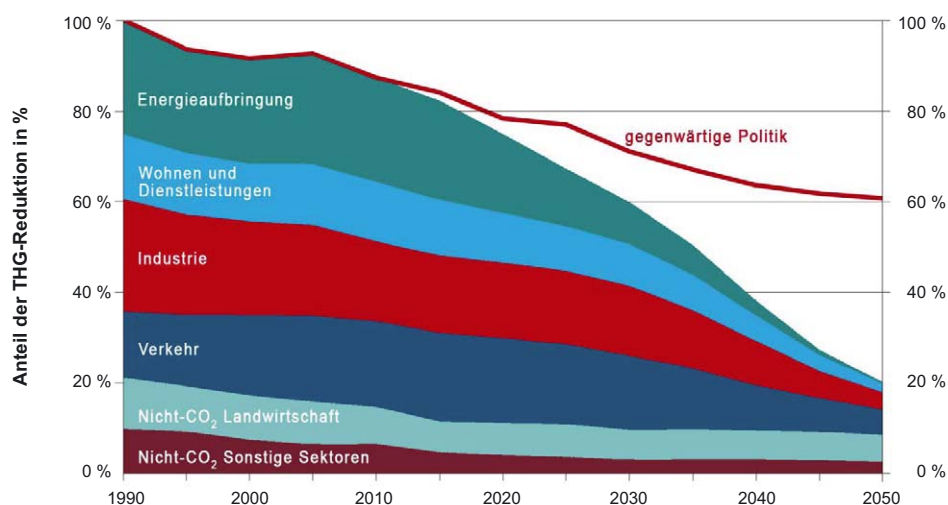
Die im Rahmen des EMF-28 verglichenen Szenarien unterstützen im wesentlichen die früheren, dem Energiefahrplan zugrundeliegenden Modellergebnisse. Fast alle Modelle konnten bis zum Jahr 2050 die THG-Emissionen um 80 % reduzieren mit relativen geringen BIP-Kosten bis 2040; jedoch in einigen Modellen, nahmen diese Kosten ab dem Jahr 2050 stark zu. Ausführliche Modellanalysen deuteten darauf hin, dass Verbesserungen in der Energieeffizienz die Hauptursache der rückläufigen Emissionen waren (Weyant et al., 2013).

Einige Studien erlauben eine kohärente Disaggregation in nationale (und zum Teil subnationale) Einheiten, und können so der Planung von technisch robusten und kosteneffizienten Transformationsstrategien dienen.

Dazu gehört etwa die im Auftrag von Greenpeace (und dem European Renewable Energy Council) am Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) in Auftrag gegebene Studie Energy[R]evolution die auf globaler Ebene (Greenpeace International, 2012), auf EU Ebene (Greenpeace International, 2005), und am IHS auch für die nationale Ebene (Greenpeace Austria, 2011) durchgeführt wurde. Während sich diese Studie auf die technische Machbarkeit und die Auswirkung dezentraler Stromerzeugung konzentriert, führt sie keine detaillierte Kostenanalyse für den Umbau der Stromerzeugung durch, in der auf nationaler Ebene Preiseffekte und makroökonomische Auswirkungen im Detail analysiert werden.

Die European Climate Foundation ist ebenfalls eine NGO, die sich für einen besseren Klimaschutz auf EU-Ebene einsetzt. Sie hat zu diesem Thema eine umfassende und technisch

aufwändige Studie mit dem Titel „Roadmap 2050 – a practical guide to a prosperous low carbon europe“ (European Climate Foundation, 2010) vorgelegt. Ausgehend von einem Backcasting Szenario, das vom 80 % Emissionsziel 2050 ausgeht, zeigt sie darin, dass der oben skizzierte Umbau des europäischen Energiesystems bereits mit existierenden Technologien durchgeführt werden kann und dazu keine weiteren Innovationen erforderlich sind. Selbst unter relativ konservativen Annahmen (etwa der Preistrendprognose für fossile Energieträger der IEA und konservativen Lernkurven für Wind und Photovoltaik) sind nur kurzfristig geringe BIP-Einbußen (weniger als 0,1 %) errechnet, die im späteren Szenarioverlauf durch höhere Wettbewerbsfähigkeit überkompensiert werden würden. Die anfänglich höheren Investitionskosten, die sich auf jährlich etwa 250 € pro Haushalt in Form von höheren Stromkosten belaufen, würden langfristig durch insgesamt geringere allgemeine Energieausgaben (wegen umfangreicher Maßnahmen zur Energieeffizienz) aufgewogen. Ebenso wie bei der von Greenpeace in Auftrag gegebenen Studie (Greenpeace International, 2011) wurde auch bei der ECF Studie in einem Zusatzbericht (European Climate Foundation, 2011) auf die erheblichen Kostenreduktionen und vielfältigen Begleitnutzen hingewiesen, wenn dieser fundamentale Umbau und die Integration höherer Anteile an erneuerbaren Energieträgern in einer europaweit akkordierten Form erfolgt, sowie durch Ausweitungen der Übertragungsnetze und europaweiten Energiemärkte begleitet wird. Die Studie zeigt überdies, dass auch bei einem vorwiegend dezentralen Ausbau der erneuerbaren Quellen (50 % der Photovoltaikerzeugung als Auf-Dach-Anlagen) die Investitionen in den Netzausbau erforderlich wären. Bezüglich zusätzlichem Aufwand an Speichertechnologie wie weiterer



Quelle: nach Ec (2011a)

umweltbundesamt®

Abbildung 6.7 Roadmap zur Klimastabilisierung der EU-27; Quellen: Europäische Kommission (2011); Anderl et al. (2013)

Figure 6.7 Roadmap towards climate stabilisation for the EU-27. Sources: Europäische Kommission (2011); Anderl et al. (2013)

Tabelle 6.8 Emissionssenkungen einzelner Sektoren. Quelle: Europäische Kommission (2011)**Table 6.8** Potential emission reductions of various sectors. Source: Europäische Kommission (2011)

THG-Emissionsverringderung gegenüber 1990	2005	2030	2050
Insgesamt	-7 %	-40 bis -44 %	-79 bis -82 %
Sektoren			
Stromerzeugung (CO ₂)	-7 %	-54 bis -68 %	-93 bis -99 %
Industrie (CO ₂)	-20 %	-34 bis -40 %	-83 bis -87 %
Verkehr (einschl. CO ₂ aus der Luftfahrt, ohne Seeverkehr)	+30 %	+20 bis -9 %	-54 bis -67 %
Wohnen und Dienstleistungen (CO ₂)	-12 %	-37 bis -53 %	-88 bis -91 %
Landwirtschaft (Nicht CO ₂)	-20 %	-36 bis -37 %	-42 bis -49 %
Andere Nicht-CO ₂ -Emissionen	-30 %	-72 bis -73 %	-70 bis -78 %

Pumpspeicher, oder Einbindung der Speicherkapazität von Elektrofahrzeugen kommt die Studie zu dem Schluss, dass diese Speicher nicht notwendigerweise ausgebaut bzw. integriert werden müssten, falls sie jedoch zur Verfügung stünden, diese den Bedarf an „Backup Kapazität“ und rasch verfügbaren Regelenergiequellen verringern würden, also zur weiteren Kostensenkung beitragen würden.

Eine zu enge Bewertung der Szenarien ausschließlich auf Grundlage ihrer Klimawirkung und/oder Kostenstrukturen greift allerdings zu kurz. Volkswirtschaftliche Planungsentscheidungen müssen notwendigerweise eine breitere Palette an Kriterien heranziehen, um zu nachhaltigen Entscheidungsfindungen zu gelangen. Einige Zusatzargumente seien daher hier angeführt:

In Österreich betragen die Nettoausgaben für den Import fossiler Energieträger nach Österreich im Jahr 2011 rund 15,66 Mrd. €, etwa 3,8 % des nominellen Bruttoinlandsprodukts (BMWFJ, 2013). Eine deutliche Erhöhung lokal produzierter Energie würde neben einer Entlastung der Handelsbilanz auch die Versorgungssicherheit verbessern, ein Risikofaktor der sich nur unzureichend monetär ausdrücken lässt.

Positive Effekte sind auch durch Verbesserungen der Luftqualität durch Substitution von Verbrennungsmotoren und thermischen Kraftwerken zu erwarten: Da der Kfz-Bestand in Österreich derzeit durch einen außerordentlich hohen Anteil (56,4 %) an Dieselfahrzeugen gekennzeichnet ist, von dem weniger als die Hälfte mit Partikelfiltern ausgerüstet sind (VCÖ, 2012), wären mit einem Umbau in Richtung Elektromobilität auch erhebliche Verbesserungen der Luftqualität verbunden, deren Effekte auf Gesundheit und Umwelt hier ebenfalls nicht monetär berücksichtigt wurden.

Im Vergleich zu konventionellen Energieträgern weisen erneuerbare Energiequellen auch weitere direkte positive volks-

wirtschaftliche Effekte auf, etwa wesentlich höhere Beschäftigungseffekte pro generierte Energieeinheit. Diese Tendenz ist auch für Maßnahmen zur Verbesserung der Energie-Effizienz zu beobachten.

Im Jahr 2012 lag der primäre wirtschaftliche Umsatz im Bereich erneuerbarer Energien bei 5,9 Mrd. €, und sie sicherten rund 38 800 vollzeitäquivalente Arbeitsplätze. Makroökonomische Simulationsanalysen zeigen etwa, im Jahr 2011 eine Erhöhung des BIP um rund 1,6 Mrd. € im Vergleich zu einem Szenario in dem kein Ausbau basierend auf erneuerbaren Energieträgern seit dem Jahr 2000 stattgefunden hätte (Biontner et al., 2013). Im besagten Zeitraum haben zusätzliche Erneuerbare jährlich rund 398 Mio. €, oder 0,1 % zur Erhöhung des BIP beigetragen, sowie jährlich rund 3 300 neue Beschäftigungsverhältnisse geschaffen. Da diese Effekte oftmals in strukturschwachen, ländlichen Räumen stattfinden, sollten Studien zu räumlichen Aspekten der Wertschöpfungsketten unternommen werden, um das Potenzial erneuerbarer Energieträger als strukturfördernde Maßnahme besser berücksichtigen zu können.

6.4.1 Politikmaßnahmen

Institutionen und Ziele

Die in der österreichischen Energiestrategie anvisierten Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Energieeffizienz orientieren sich an den EU Zielen für 2020, die eine EU-weite Reduktion der Emissionen um 20 % gegenüber 1990 anstreben. Ausgehend von verschiedenen globalen Klimaschutzenszenarien bestehen ernsthafte Zweifel, ob die von der EU vorgegebenen Reduktionsziele für 2020 ausreichend sind, um das langfristig anvisierte Ziel einer Stabilisierung des Temperaturanstiegs unter 2°C kosteneffizient zu erreichen (WBGU,

2009). Stattdessen werden für Industrieländer stringenter Emissionsziele im Bereich von -25 bis -40 % für 2020 diskutiert, was auch mit den illustrativen Reduktionspfaden im „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂ armen Wirtschaft 2050“ nahegelegt wird.

Umgelegt auf Österreich werden die EU-2020-Ziele derzeit als Reduktionsverpflichtung von etwa 3 % gegenüber 1990 interpretiert. Das ist ein bedeutend niedrigeres Klimaschutzziel für 2020 als Österreich ursprünglich im Zuge der ersten Kyoto-Periode bereits für 2012 anvisierte. Als überdurchschnittlich wohlhabendes Land innerhalb der EU, das außerdem relativ großzügig mit erneuerbaren Energiepotenzialen ausgestattet ist, sollte sich Österreich in seinen Klimaschutzziele für 2020 zumindest an den ursprünglichen Kyoto-Zielen (-13 % Emissionen im Vergleich zu 1990) orientieren.

Aktuelle Studien zu den Auswirkungen Konjunkturkrise von 2008 bis 2010 im EU-Raum kommen darüber hinaus zum Schluss, dass die Krise dazu beigetragen hat, dass die EU-2020-Ziele von -20 % THG-Emissionen deutlich günstiger zu erreichen sind als ursprünglich angenommen und diese mit zusätzlichem Aufwand sogar übererfüllt werden könnten (Anderl et al., 2011). Die Zusatzkosten, um bis 2020 eine Emissionsreduktion von -30 % zu erreichen, lägen lediglich 16 % über jenen, die ursprünglich zum Erreichen des -20 % bis 2020 angesetzt wurden. Mögliche Maßnahmen dazu wären eine Reduktion der Emissionsgrenze („cap“), also der im Auktionstopf verfügbaren Menge an Emissionszertifikaten. Ein begrüßenswerter Begleiteffekt dieser Maßnahme wäre eine Stabilisierung des Preises für Emissionszertifikate, der für die Wirtschaftlichkeit zahlreicher Klimaschutzprojekte von großer Bedeutung ist.

Insgesamt ist im Gegensatz zur österreichischen Klimapolitik der jüngeren Vergangenheit eine Verstärkung und langfristige Planbarkeit der Klimaziele anzustreben, um Investitionsrisiken zu minimieren: langfristig bindende Klimaziele, wie sie etwa im Britischen Climate Change Act von 2008 mit einem Ziel von -80 % bis 2050 festgeschrieben sind, ermöglichen privatwirtschaftlichen AkteurInnen vorausschauende Planungsentscheidungen für langlebige Infrastruktur treffen zu können. Um dabei Toleranz gegenüber Konjunkturschwankungen beizubehalten, können derartige Ziele auch lediglich in Form von Zielvorgaben der THG-Intensität formuliert werden, statt in Form von „harten“, quantitativen Zielformulierungen.

Eine grundsätzliche Politikmaßnahme sollte die umfassende Evaluierung von Fördermitteln und Subventionen auf mögliche Klimaeffekte der Maßnahmen beinhalten. Das betrifft insbesondere z. B. die im EU-Vergleich niedrigen Mi-

neralölsteuern, die Pendlerpauschale, die Wohnbauförderung soweit sie nicht mit Auflagen zur Energieeffizienz verknüpft ist, den steuerbefreiten Flugverkehr und steuerbegünstigter Firmenwagen.

Eine Schlüsselbedeutung kommt auch der Unterstützung neuer Anreizsysteme zu, die Handeln direkt beeinflussen und auch neue Wirtschaftsmodelle entstehen lassen und so die Energienachfrage bremsen kann. ESCOs (Energy Service Companies) sind ein Beispiel eines solchen Wirtschaftsmodells. Sie verfügen selbst oder in Verbindung mit einem Finanzinstitut über einen Fördertopf, aus dem Kapitalmittel bezogen werden können, um Verbesserungen der Energieeffizienz von Anlagen oder Gebäuden durchführen zu können. Ein Teil der dann eingesparten Energieausgaben wird in Folge dazu verwendet, die Investitionen in effizienzsteigernde Maßnahmen dem Fördertopf zurückzuzahlen.

Eine wesentliche Rolle werden in der Transformation zur klimaverträglichen Energieinfrastruktur partizipative Planungsprozesse spielen. Diese sind unbedingt erforderlich, um die lokale Akzeptanz gegenüber den neuen und dezentralen Energietechnologien, sowie den erforderlichen Übertragungsnetzwerken zu fördern.

In der Beurteilung von neuen Technologien ist darüber hinaus eine Orientierung entlang einer Vielzahl von Kriterien nötig (Multikriterienansatz) und eine integrativ sozio-ökologisch orientierte Entscheidungsfindung anstelle von kurzfristig und eng definierten Kosten-Nutzen Rechnungen.

Nationales Vorgehen sollte darüber hinaus international akkordiert werden, sowohl mit den umgebenden EU-Mitgliedsstaaten, als auch mit der weltweiten Staatengemeinschaft und insbesondere in Partnerschaft mit Entwicklungsländern (z. B. durch Zusammenarbeit im Bereich von Technologietransfers, wie den Initiativen „Sustainable Energy for All“).

Marktinstrumente

Die in der Ökonomie entwickelten Marktmechanismen haben in der Klimapolitik ihr wohl bisher größtes Anwendungsgebiet gefunden. Im Gegensatz zu Normen/Richtwerten, welche fixe Standards festsetzen, bieten Marktmechanismen ökonomische Anreize zur Vermeidung, indem sie den Ausstoß von CO₂ verteuern oder Kosten von CO₂-freier Energiegewinnung vermindern. Die dahinterstehende Idee ist, dass der Regulator nicht in Kenntnis aller Vermeidungskosten ist und stattdessen dem Markt einen Anreiz zur Hebung der günstigsten Vermeidungspotentiale setzt. Die zwei grundlegenden Instrumente sind die einer Preiskontrolle oder einer Mengenkontrolle. In der Theorie können

beide ein identisches Ergebnis erreichen (Weitzmann, 1974). In der Praxis jedoch bestehen erhebliche Unsicherheiten und Informationsasymmetrien zwischen einzelnen AkteurInnen, so dass jedes Instrument mit Vor- oder Nachteilen verbunden ist. Bei der Preissteuerung müsste der Regulator die genauen Vermeidungskostenkurven kennen, um die Steuer so setzen zu können, dass ein vorgegebenes Minderungsziel mit den günstigsten Vermeidungsoptionen erreicht werden kann. Bei der Mengensteuerung hingegen wird die Suche dem Markt überlassen und es bildet sich ein Zertifikatspreis, welcher die marginalen Vermeidungskosten widerspiegelt. Hier muss ein Gesamtemissionsbudget festgelegt werden, welches oft einfacher zu bestimmen ist, da Informationen über noch zulässige Emissionsbudgets im Gegensatz zu detaillierten Kosteninformationen politischen EntscheidungsträgerInnen oft vorliegen bzw. sich aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen ableiten lassen. Allerdings wird der Emissionspreis abgesehen vom Emissionsbudget auch stark von exogenen Parametern wie der wirtschaftlichen Entwicklung beeinflusst. Dies äußert sich in großen Unsicherheiten des Zertifikatspreises in Form von Volatilität, was das Risiko für InvestorInnen erhöht, Vermeidungsoptionen auszuüben. Im Theorie-/Idealfall würde ein Instrument zur CO₂-Vermeidung global ausgestaltet sein, um die höchste Effizienz zu erreichen und Spill-Overs zu vermeiden. In der Praxis jedoch – und aus Gerechtigkeitsgründen – sind Nationalstaaten mit Minderungszielen belegt und setzen Marktinstrumente ein, um diese zu erreichen.

Kohlenstoffbepreisung

Durch eine Bepreisung von CO₂ können Produktions-, Konsum- und Investitionsentscheidungen systematisch in Richtung Klimaverträglichkeit gelenkt und die Dekarbonisierung der Energiesysteme sowie eine klimaverträgliche Urbanisierung und Landnutzung beschleunigt werden (WBGU, 2011). Dahinter steht die Überlegung, dass die aktuell freigesetzten Emissionen gegenwärtigen und zukünftigen Generationen gegenüber Kosten verursachen, z. B. durch Anstieg der Durchschnittstemperaturen, Änderungen der Wettermuster und steigende Meeresspiegel, dass diese Kosten aber gegenwärtig nicht in Marktvorgängen abgebildet werden. Wenn solche Kosten quantifizierbar sind, würde Kohlenstoffbepreisung es erlauben, diese zu internalisieren, wenn ein angemessener Preis auf jede emittierte Tonne an Kohlenstoff aufgeschlagen werden würde. Indem Käufer für Güter und Dienstleistungen proportional zu deren Klimawandelauswirkung mehr zahlen müssten, besteht für sie ein Anreiz zu Alternativen mit geringeren Klimawandelauswirkungen zu wechseln – und für

die ProduzentInnen ein Anreiz, den Kohlenstofffußabdruck der Güter und Dienstleistungen, die sie produzieren, zu reduzieren. Das ist der Grundgedanke des Emissionshandelssystems der Europäischen Union (EU-ETS; siehe Band 3, Kapitel 3).

Das Europäische Emissionshandelssystem (EU-ETS) ist ein auf Mengenkontrolle basierendes Marktinstrument, welches ökonomische Anreize setzen soll, die von der EU sich selbst gesteckten Klimaziele, sowie die von der EU eingegangenen Verpflichtungen unter dem Kyoto Protokoll, möglichst kostengünstig zu erreichen (WBGU, 2014). Das System ist seit seiner Einführung stetig weiterentwickelt worden, um auf neue Entwicklungen zu reagieren oder Verbesserungen vorzunehmen. Eine Reformmaßnahme ist die zeitliche Verschiebung der Auktionierung von 900 Millionen Emissionsrechten auf das Ende der Handelsperiode 2019/2020 („Backloading“), da in der zweiten Handelsperiode erhebliche Überschüsse angefallen sind, was zu einem Einbrechen des Preises für Emissionsberechtigungen auf drei bis vier Euro pro Tonne CO₂ geführt hat. Dieses niedrige Preisniveau, verbunden mit der Unsicherheit über die zukünftige Preisentwicklung bietet Investoren nicht die notwendigen Anreize, in klimafreundliche Technologien zu investieren. Dies wäre jedoch notwendig, um langfristige europäische Klimaziele zu erreichen, Lock-in Effekte zu vermeiden und die Emissionsminderungskosten nicht ausufern zu lassen (etwa durch spätere Nichtnutzung CO₂ intensiver Infrastruktur) (WBGU, 2014). Die Überschüsse sind hauptsächlich aus zwei Gründen angefallen: Zum einen hat die jüngste Wirtschaftskrise zu einem (nicht vorhersehbaren) Einbrechen der Nachfrage nach Zertifikaten geführt und zum anderen stand ein großes Angebot an günstigen Projektgutschriften aus CDM Projekten. Auf letzteren Punkt hat die EU bereits reagiert, indem die EU die Quote für Zertifikate aus flexiblen Mechanismen für die dritte Handelsperiode stark beschränkt worden ist. Eine neue Studie (Koch et al., 2014) zeigt darüber hinaus, dass das Problem in der Ursache nicht nur bei der Wirtschaftskrise, den CDM Credits und den Erneuerbaren liegt, sondern auch bei anderen Faktoren, wie zum Beispiel die Glaubwürdigkeit des „long-term caps“. Die Schwäche des EU-ETS in seinem gegenwärtigen Design besteht in der fehlenden Anpassungsfähigkeit des Caps (und damit der Preise) in Bezug auf diese exogenen „Schocks“ (WBGU, 2014). Daher wären Maßnahmen zur Reform des EU-ETS deshalb zielführend, weil sie daran ansetzen das für transformative Investitionen notwendige Preissignal zu stabilisieren (Diekmann, 2012). In Frage kommen auch hier wieder eine direkte Steuerung der Preise oder eine Steuerung der Mengen, wie von der EU-Kommission vorgeschlagen („Market Stability Reserve“). Ein Preissteuerungsmechanismus lässt sich durch

das Setzen einer Preisuntergrenze bei Versteigerungen etablieren oder durch eine so genannte „Kohlenstoffbank“, die bei Unterschreiten einer Preisgrenze eine bestimmte Menge an Zertifikaten in eine Reserve überführt und bei Überschreiten einer Preisgrenze wieder in den Markt einspeist. Allerdings würde eine solche Art der Preissteuerung in erster Linie dazu dienen, die Volatilität aus dem Markt zu nehmen, nicht jedoch ausreichen um dauerhaft strukturelle Defizite beseitigen zu können. Deshalb besteht eine weitere Maßnahme darin, das Cap flexibel an äußere Entwicklungen anzupassen, so wie es beispielweise in Australien mit dem „rollierenden Cap“ vorgesehen war, welches alle fünf Jahre nachjustiert werden sollte. Eine weitere Möglichkeit wäre, das Cap an die Entwicklung relevanter exogener Parameter (wie z. B. die wirtschaftliche Entwicklung) zu knüpfen.

In einigen Fällen sind auch Emissionssteuern eingeführt worden und haben sich in praktischen Anwendungen durchaus bewährt und als wirkungsvoll erwiesen Emissionen zu reduzieren (IPCC, 2014b).

Kohlenstoffbepreisung ist wichtig (siehe auch IPCC, 2014b), doch die Umsetzung ist schwierig, da (a) relevante Märkte (z. B. ETS-Märkte) politische Märkte inklusive der damit verbundenen Probleme sind, (b) KonsumentInnen von rationalen Verhaltensmustern abweichen und somit nicht entsprechend auf die gesetzten Anreize reagieren, (c) die sozialen Kosten von CO₂ nur unzureichend internalisiert werden bzw. Pläne dazu nicht transparent und mit langfristiger Bindung umgesetzt werden, um das Innovationsrisiko von Firmen in kohlenstoffarme Technologien zu reduzieren und (d) Pfadabhängigkeiten aufgrund von Infrastruktur, Wissen oder Routinen die Wirkung von Kohlenstoffpreiserhöhungen – zumindestens kurz- und mittelfristig – deutlich reduzieren. Das bedeutet, dass verstärkte Kohlenstoffbepreisung in Kombination mit anderen gut abgestimmten Politiken eingeführt werden müsste.

Eine Kohlenstoff-Blase könnte einem neuen Bericht (Carbon Tracker, 2013) zufolge entstehen, wenn Firmen ihre Investitionen ungeachtet ihrer zukünftigen Emissionen und den damit verbundenen, jedoch schwierig einzuschätzenden, Kosten planen.

Von first best zu second best Marktmechanismen

Wären CO₂-Emissionen die einzige Externalität der Energieerzeugung, wäre ein Marktinstrument, welches Emissionen zur Korrektur des Marktversagens verteuert das ökonomische Ideal („first-best policy“). Es gibt jedoch weitere theoretische und praktische Argumente zusätzlich zur Korrektur der CO₂-

Externalität komplementäre Marktinstrumente zur Förderung der erneuerbaren Energien einzuführen (second best policy). Diese werde in der Folge kurz beleuchtet:

- Ein Argument ist, dass weitere Externalitäten der Energieerzeugung bestehen, welche unkorrigiert zu einem sozioökonomisch nicht optimalen Ausbau der erneuerbaren Energien führen würden und somit komplementäre Regulierungsmaßnahmen rechtfertigen können. Dazu gehören insbesondere Wissensspillover und Adoptionsexternalitäten (EFI, 2013): In Forschung und Innovation treten Externalitäten in Form von Wissensspillover auf. WettbewerberInnen können durch Inspektion innovativer Produkte und Prozesse an Wissen gelangen, ohne selbst die vollen Kosten für die Wissensproduktion tragen zu müssen. Umgekehrt bedeutet dies, dass InnovatorInnen nicht die vollen sozialen bzw. gesellschaftlichen Erträge ihrer Produkt- oder Prozessentwicklungen privatisieren können.
- Zudem bestehen – speziell im Falle von Mengenkontrolle – Preisunsicherheiten, welche bei risikoaversen AkteurInnen zu gesamtwirtschaftlich suboptimalen Investitionsanreizen führen können. Dieses Problem ist im Energiebereich von besonderer Bedeutung: Durch Unsicherheiten über langfristig verbindliche klima- und energiepolitische Ziele und deren regulatorische Umsetzung sowie einen vergleichsweise hohen Investitionsbedarf für F&E und lange Investitionszyklen von Energietechnologien. Zudem würden bei wenig ambitionierter Klimapolitik die kurzfristigen Anreize Carbon Lock-In zu vermeiden wahrscheinlich nicht ausreichen.
- Weitere Argumente rühren aus der Richtung, dass durch zusätzliche Förderung erneuerbarer Energien unerwünscht hohe Umverteilungseffekte vermieden werden können (Hirth und Ueckerdt, 2013): Indem man die erneuerbaren Energien – welche oftmals die teuersten Vermeidungskostenoptionen darstellen – gesondert subventioniert, erreicht man eine Absenkung der marginalen Vermeidungskosten und somit der CO₂-Steuer / des CO₂-Zertifikatspreises. Zudem kann dadurch auch vermieden werden, was im Allgemeinen unter „carbon leakage“ – also dem Export von THG-Emissionen – verstanden wird.

Allerdings gibt es auch Argumente, welche gegen eine zusätzliche Förderung erneuerbarer Energien angeführt werden:

- Ein Argument bezieht sich darauf, dass in Bezug auf CO₂-Einsparungen überhaupt kein zusätzlicher Effekt erreicht

wird (etwa durch abgesunkene CO₂-Preise; vgl. IPCC, 2014b), es dafür aber zu Verzerrungen kommt, dadurch dass tendenziell zu viele erneuerbare Energien zur CO₂-Reduktion genutzt werden – im Vergleich zu den kostengünstigsten Vermeidungsoptionen. Dieses Argument gilt aber nur für eine Mengenkontrolle mit einem sehr ambitionierten Cap und nicht für eine Steuer. Aber auch im Fall einer Mengenkontrolle können sich beide Instrumente ergänzen.

- Ein weiteres Argument ist unter Green Paradox bekannt (Sinn, 2012): Es bezieht sich darauf, dass die BesitzerInnen fossiler Ressourcen in Antizipation der sinkenden Nachfrage (durch den Ausbau erneuerbarer Energien) einen Anreiz haben, ihre Ressourcen noch schneller zu extrahieren und so den Klimawandel kurzfristig noch verschärfen. Dieses Argument, sofern valide, würde aber auch im Falle von ausschließlicher CO₂-Politik gelten, gegebenenfalls führen erneuerbare Energie-Politiken aber zu einem beschleunigten Ausbau eben dieser.
- Ein weiterer Punkt, der oft als Merit-Order Effekt diskutiert wird (Sensfuß, 2008) ist, dass der zunehmende Ausbau erneuerbarer Energien zu sinkenden Preisen am Großhandelsmarkt für Strom führt und es dadurch in Bezug auf das Klima zum adversen Effekt kommen kann, dass neu installierte Gaskraftwerke nicht eingesetzt werden und Kohlekraftwerke vermehrt CO₂ ausstoßen.

Infrastruktur und Innovation

Gegenwärtige Debatten über ein „Ausbalancieren“ der Wirtschaft eröffnen eine Möglichkeit, Politikentscheidungen so zu beeinflussen, dass sie ein Wachstum fördern, das auch eine sauberere und grünere Wirtschaftsstruktur entwickelt. Es ist weitreichende Unterstützung für diese Ansicht zu finden, allerdings finden sich auch erheblich unterschiedliche Meinungen bei Detailfragen. Einige Forschergruppen argumentieren, dass Wirtschaftswachstum an sich das wesentliche Nachhaltigkeitsproblem darstellt (Jackson, 2009), während andere darin weniger ein Problem sehen, das Wachstum aber weniger emissions- und ressourcenintensiv gestalten wollen (Raingold, 2011). Hier ist nicht beabsichtigt, dieses Argument im Detail zu beleuchten. Diese Kritikpunkte betonen aber wichtige Argumente, über die Endlichkeit unserer natürlichen Ressourcengrundlage, über Probleme gegenwärtiger Konsummuster und dem problematischen Framing, das durch die Anwendung des BIPs als Fortschrittsindikator entsteht. Initiativen wie „Wachstum im Wandel“ sind nützlich, um neue Konzepte vom Status einer Idee in Richtung einer

politisch und ökonomisch umsetzbaren Alternative weiterzuentwickeln.

Ein Szenario, das Österreich in eine emissionsarme Gesellschaft umstrukturiert, erfordert teilweise radikale Umbaumaßnahmen, um ein Erreichen der legal bindenden post-Kyoto 2020-Ziele zu ermöglichen. Ebenso erfordert es deutliche Änderungen bei Gütern und Dienstleistungen, die von der österreichischen Wirtschaft produziert werden, in Richtung saubererer Technologien und nachhaltigerer Wirtschaftsmodelle. Erneuerungen von der Wurzel her und groß angelegte Investitionsprogramme werden notwendig sein, um dies zu erreichen.

Zentral ist dabei die Rolle der Innovation, sie erfordert vor allem Experimentierfreudigkeit, die von evolutionären ÖkonomInnen als Erfahrungslernen bezeichnet wird. Jene, die Innovationen unterstützen, müssen bereit sein Risiken einzugehen und zu akzeptieren, dass einige Technologien scheitern werden. Dies ist problematisch für einzelne Unternehmen, aber auch im Bereich öffentlicher Politikmaßnahmen, wo Scheitern durchwegs mit negativen Assoziationen verbunden ist. Darüber hinaus besteht durch die Förderung von spezifischen Technologien durch die öffentliche Hand die Möglichkeit, dass Regierungen von bestehenden Interessengruppen geleitet werden (Watson, 2012).

Einbindung von KonsumentInnen und Gemeinschaften

Ein Großteil der Energie- und Klimapolitik wird von zentralisierten und hierarchisch organisierten Maßnahmen und Institutionen strukturiert. Das liegt an einer veralteten Ansicht dazu, wie die Politikarena funktioniert und wird nicht ausreichend sein. Die Veränderung hin zu einer emissionsarmen Wirtschaftsform erfordert es, sich in neuer Weise mit den Anliegen von Konzernen, KonsumentInnen, BürgerInnen und Gemeinschaften auseinanderzusetzen. Klimapolitik erfordert es auch, Dinge in neuer Weise zu betrachten, z. B. von einem Fokus nur auf Preisstrukturen, auf das Erkennen von Potenzialen der Emissionsreduktion; von dem Wachstumsdogma hin zu einem kritischen Hinterfragen der Erwünschtheit von Wirtschaftswachstum als Ziel an sich.

Einige der Investitionskosten für emissionsarme Technologien und Infrastrukturen werden inzwischen in den Preisen, die KonsumentInnen zahlen, reflektiert. Dadurch wurde eine erhebliche Debatte ausgelöst mit Argumenten, dass die Emissionsbekämpfung alleine für die Steigerungen der Energiepreise verantwortlich sei. Was dabei in den hochpolitisierten Debatten häufig nicht erwähnt wird, ist das Alterna-

tivzenario, also was mit den Energiekosten passieren würde, wenn die Investitionen in emissionsarme Technologien nicht durch eine Kostenumlage unterstützt werden würden. Auch wenn die Konsequenzen dieser Alternativentwicklung schwer im Detail zu prognostizieren sind, ist es alles andere als unwahrscheinlich, dass KonsumentInnen in Zukunft erheblich mehr den global steigenden und stark schwankenden Preisen fossiler Energieträger ausgesetzt sein werden. Hier stellen sich generelle Fragen: In welchem Ausmaß sollen die Kosten eines Umbaus zu emissionsarmen Energiestrukturen an die EndnutzerInnen von Energie weitergeleitet werden? Einen höheren Anteil dieser Kosten anhand von sonstigen Steuereinnahmen zu decken, stellt eine politische Herausforderung dar. Es wäre allerdings eine fortschrittlichere Weise, den Umbau hin zu einer klimafreundlichen Gesellschaft so zu gestalten, dass dabei einige der negative Folgen für ärmere Konsumentenschichten eingrenzt werden (Watson, 2012).

Wenn die möglichen Auswirkungen von energiesparenden Maßnahmen (wie im Falle des „Green Deal“) durchgeführt werden, müssen Regierungen alle Erkenntnisse zum Konsumentenverhalten berücksichtigen. Die moderne Ökonomie hat Marktversagen, asymmetrische Information und begrenzte Rationalität als Normalfälle in den Analyse Rahmen aufgenommen weshalb idealtypische Entscheidungen basierend auf einem umfassenden Wissen über Nutzen und Kosten nicht mehr angenommen wird. Ihre Entscheidungen werden darüber hinaus durch Gewohnheiten, Routinen, Daumenregeln oder Einflüsse außerhalb ihres Einflussbereichs geleitet, wodurch in der Praxis die Wahlmöglichkeiten begrenzt sind (Jackson, 2005).

Letztendlich wird es notwendig sein, neue Rollen für Individuen, Netzwerke und Gemeinschaften zu definieren, um Entwicklungspfade zu betreten, die uns in Richtung Nachhaltigkeit bringen. Gemeinschaftliche Energieverbände haben zwar eine lange Geschichte in Österreich, in der gegenwärtigen Marktstruktur stellen sie aber eher Ausnahmen dar.

6.5 Schlussfolgerungen

6.5 Conclusions

Die präsentierte Evidenz verdeutlicht, dass kleinere oder mittelgroße Anpassungen der aktuellen Produktionsweise gekoppelt mit Umwelttechnologie nicht reichen werden um deutliche Beiträge zur THG-Reduktion zu erreichen. Dafür ist eine sozio-ökologische Transformation nötig. Diese erfordert unterschiedenes klimaschützendes Handeln aller AkteurInnen und die Anpassung von Produktions- und Konsumpraktiken sowie

klimaschützende Investitionsentscheidungen und politische Regulierungen. Von diesen komplementären Maßnahmen weisen tiefgreifende Verhaltensänderungen erhebliche Klimaschutzpotenziale auf und sind aufgrund der enormen Herausforderung, die durch technische Veränderungen alleine nicht zu bewältigen sind, nötig. Duchin und Lange (1994) zeigten bereits vor zwei Jahrzehnten, dass sogar bei weltweitem Einsatz sauberer und effizienter Technologie, die international vereinbarten Emissionsziele (damals: 1992 Rio de Janeiro UNCED) nicht erreichbar seien. Daraus schlossen sie, dass Nachfrage-reduktionen nötig sind, die Verwirklichung dieser sich aufgrund von Barrieren Konsummuster zu hinterfragen jedoch als schwierig gestalten. Haushalte werden nur eingeschränkt zu Verhaltensänderungen bereit sein, wenn Unternehmen und der Staat nicht ebenso klimaschützend tätig werden. Daher sind alle AkteurInnen gleichermaßen und energisch aufgefordert, ihr Verhalten zu ändern. Eine Transformation zu einem nachhaltigen Energiesystem bringt darüber hinaus auch positiven Begleitnutzen für die Österreichische Wirtschaft mit sich.

Als überdurchschnittlich wohlhabendes Land innerhalb der EU, das außerdem relativ großzügig mit erneuerbaren Energiepotenzialen ausgestattet ist, sollte Österreich unterschiedene Schritte setzen und eine Vorreiterrolle übernehmen. Das heißt, in seinen Klimaschutzziele für 2020 sollte sich Österreich zumindest an den ursprünglichen Kyoto-Ziele (-13 % Emissionen im Vergleich zu 1990) orientieren, wobei die Erreichbarkeit dieser Ziele durch die jüngste Wirtschaftskrise erleichtert wird.

In Österreich sind bereits gegenwärtig klare Änderungen in den Wertvorstellungen vieler Menschen festzustellen, die einer Transformation zuträglich sind. Einzelne PionierInnen des Wandels sind bereits dabei, diese Vorstellungen in klimafreundlichen Handlungs- und Geschäftsmodellen praktisch umzusetzen (z. B. Energiedienstleistungsgesellschaften im Immobilienbereich, klimafreundliche Mobilität, Nahversorgung). Um diese Initiativen zu intensivieren, sind begleitende Politikmaßnahmen erforderlich, die eine verlässliche Regulierungslandschaft schaffen.

Wichtige technologische Lernprozesse für eine Transformation zu einer klimaverträglichen Gesellschaft schreiten voran: Global betragen z. B. die Investitionen in erneuerbare Energien (ohne große Wasserkraftprojekte) 2013 bereits 214 Mrd. US\$. Die Preise besonders für Photovoltaik (PV) und Windkraftanlagen fallen nach wie vor dramatisch (z. B. PV in Deutschland minus 67 % seit 2006 von 5 100 auf 1 640 €/kW Peak). Dadurch erreicht Solarstrom etwa in Deutschland und Italien bereits Netzparität, kann also zum gleichen oder nied-

rigeren Preis von PrivatverbraucherInnen erzeugt werden als Haushalte bei einem Bezug aus dem Netz zahlen müssten. In Österreich ist eine Verstärkung des Regulierungsumfelds erforderlich um Investitionsrisiken zu reduzieren, technische Lernkurven und Preisreduktionen nachzuvollziehen und einen klimafreundlicheren Energiemix zu erreichen. Dadurch würde auch kleinen, kreativen und innovativen AkteurInnen (wie Kommunen, mittelständischen Unternehmen, Bürgerinitiativen, Privatpersonen) eine aktive Teilnahme am Energiemarkt ermöglicht.

Auch für die aus dem Ausland importierten Güter, die in Österreich konsumiert werden, lässt sich eine Klimaverantwortung beschreiben, die bisher oft vernachlässigt wird. Derzeit folgen die meisten Energie-/Emissionsmodelle nur den territorialen Systemgrenzen und bilanzieren für produzierende Aktivitäten in den verschiedenen Wirtschaftssektoren. Dabei vernachlässigen sie sogenannte indirekte, „graue“ Emissionen, die in den Vorleistungsketten von importierten Gütern im Ausland erfolgt sind. Konsumseitig bilanzierende Modelle erfassen diese hingegen besser. Diese Modelle sind aber in der Regel weniger detailliert bezüglich der technologischen Optionen des Klimaschutzes, oder der Kosten. Klimaziele sollten sich an beiden, einander ergänzenden Kriterien der Klimaverantwortung orientieren (produktionsseitig und konsumseitig) und müssen so gewählt werden, dass dabei keine Auslagerung von Emissionen in Märkte erfolgt, die keine klimapolitische Regulierung aufweisen („carbon leakage“).

Drei zentrale Transformationsfelder werden identifiziert auf die besonderes Augenmerk gelegt werden sollte, weil Fehlentwicklungen langfristige emissionsintensive Pfadabhängigkeiten schaffen und weil deren Dynamiken und Klimaeinfluss in modellbasierten Planungsstudien bisher unzureichend erfasst wird:

- Transformationen des Energiesystems an sich (gleichzeitiges verfolgen ambitionierter Energiesparpotenziale und rascher Ausbau erneuerbarer Energiequellen)
- Integrierte Entwicklungen im Bereich nachhaltiger Konsum- und Produktionssysteme

Synergiepotenziale von Städten und verdichteten Siedlungsräumen

In Österreich wurde eine Reihe von Initiativen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energieträger vorgeschlagen und teilweise umgesetzt. So wurde etwa in der 2011 veröffentlichten Energiestrategie vorgeschlagen, den Endenergieverbrauch bis 2020 auf das Niveau

von 2005 von 1 100 PJ zu reduzieren. Im Ökostromgesetz werden Ziele der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen von zusätzlich 10,5 TWh/Jahr bis 2020 angegeben, zahlreiche bundes- und länderspezifische Maßnahmen bestehen zur Regulierung von Kleinverbraucher, Raumwärme und Warmwasser. Im Verkehrssektor gilt die Biokraftstoffverordnung und Gestaltung der Normverbrauchsabgabe bis jetzt als Maßnahme zum Klimaschutz und der Industrie- und Energiesektor ist weitgehend im Rahmen des europäischen Emissionshandelssystems reguliert. All diese Ziele reichen allerdings nicht über das Jahr 2020 hinaus und die anvisierten Ziele der Energiestrategie sind durch keine bindenden regulatorischen Maßnahmen verschränkt. Die Ausbauziele für erneuerbare Energieträger sind nicht ambitioniert und werden wahrscheinlich deutlich vor 2020 erreicht, während es unwahrscheinlich ist, dass im Industriesektor eine tatsächliche Trendwende der Emissionen erreicht wird. Die erwarteten Einsparungen von THG-Emissionen beim Ersatz fossiler Treibstoffe durch Biokraftstoffe werden durch Lebenszyklusstudien in Frage gestellt. Insgesamt ist es daher unwahrscheinlich, dass diese inkrementellen regulatorischen Maßnahmen, ausreichen um substantielle Beiträge zum Erreichen des 2°C Ziels zu erreichen. Um auf einen nachhaltigen Entwicklungspfad umzulenken, ist eine sozio-ökologische Transformation erforderlich, die sich durch grundlegende Veränderungen der vorherrschenden Produktions-, Konsum- und Regulierungspraktiken auszeichnet.

6.5.1 Forschungsbedarf

Um der Herausforderung der Transformation des Energiesystems zur Klimaverträglichkeit und der dazu allgemein notwendigen gesellschaftlichen Veränderungen zu begegnen, sind Forschungsanstrengungen in zahlreichen Bereichen notwendig. Hier folgt eine Liste (ohne Anspruch auf Vollständigkeit), die zentrale Unsicherheiten und Datendefizite anspricht, die durch gezielte Forschungsprojekte (z. B. koordiniert von regionalen Energieagenturen) bearbeitet werden könnten:

- Methodisch harmonisierte, flächendeckende sowie räumlich und zeitlich detaillierte Karten der Energienachfrage (z. B. Wärmebedarfskataster⁴) um Synergiepotenziale (z. B. für kaskadische Nutzung von Energie in Kraft-Wärme-Kopplungen, Heiz- und Kühlnetzwerke) erkennen zu können.

⁴ <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/solar/>

- Methodische Herausforderungen für die Berechnung sowohl direkter als auch indirekter Emissionsverantwortung auf nationaler und subnationaler Ebene (z. B. für Städte und Gemeinden).
- Entsprechende Datensätze zu den physikalischen, technischen, ökonomischen und nachhaltigen Potenzialen erneuerbarer Energieträger (z. B. Solarpotenzialkataster⁵, vgl. Stanzer et al., 2010) sowie kontinuierlich aktualisierte Datenbanken zur Kostenentwicklung dieser Technologien und Szenarien unter unterschiedlichen Fördervarianten. (Öffentliche Förderungen können dabei an Auflagen zur kontinuierlichen Berichterstattung und Kostentransparenz bestehender Projekte geknüpft werden.)
- Ausweitung der Transformationsforschung inklusive systematischer Vergleiche der Resultate von Modellen und Energie- und Emissionszenarien, Benchmarking und „Multi-Modell Vergleichsworkshops“, Analyse der Resultate von Szenario-Ensembles.
- Mögliche Bedeutung, potentiell disruptiver Technologien für die Energiewende, wie speicherintegrierte Elektromobilität, supraleitende transeuropäische Gleichstromnetze, Innovationen in der Nachfrage wie z. B. Energiedienstleistungsfirmen, Mobilitätsdienstleistungen.
- Barrieren gegenüber Verbesserungen der Energieeffizienz, inklusive Möglichkeiten, den nach wie vor wachsenden Elektrizitätsbedarf (z. B. durch Unterhaltungselektronik, IT/online-Netzwerkgeräte etc.) einzugrenzen.
- Räumliche Aspekte der Wertschöpfungskette erneuerbarer Technologien „Jobs in die Fläche bringen“.
- Risiken des Rebound-Effekts, bei dem Emissionseinsparungen durch Fortschritte in der Energieeffizienz (und dadurch wachsende Haushaltseinkommen) durch Verhaltensänderungen (z. B. zusätzliche Fernurlaube in Übersee) kompensiert werden.
- Fragen zur industriellen Ökologie konventioneller Energieträger (z. B. vorgelagerte Übertragungsverluste in Pipelines beim Gasimport, Umwelteffekte von Petroleumherzeugung und Importen, insbesondere bei der Förderung aus „unkonventionellen Lagerstätten“ etc.), sowie von erneuerbaren Energieträgern (Auswirkung von weiterem Wasserkraftausbau auf Gewässerökologie, Biomasseausbau und Auswirkung auf Biodiversität, Böden, Nährstoffbilanzen, Erosion, Wasserhaushalt, Nahrungsmittelerzeugung und Preise, Auswirkung von Windrädern auf Vögel, Fledermäuse, Geothermie und seismische Aktivität und mögliche Einflüsse auf Grundwasserqualität etc.).
- Fragen der öffentlichen Akzeptanz, z. B. von Smart-Grid Technologie und allgegenwärtiger Fernerkundung („ubiquitous sensing“).
- Die Analyse, Entwicklung und Gestaltung politisch, ökonomisch und ökologisch wirksamer Instrumente und Maßnahmen, die auf die konsumbasiert bilanzieren Emissionen wirken; das heißt ganz gezielt global und effektiv die THG-Emissionen senken, sowie die Analyse ihrer Wirkungen (z. B. auf die Einkommensverteilung).
- Kosteneffekte und Sozialverträglichkeit verschiedener Förderungssysteme für erneuerbare Energiequellen (vgl. WGBU, 2014). Die Diskussion um wirtschaftspolitische Instrumente Eingriffe in Bezug auf Erneuerbare Energien wird oft kontrovers geführt und gelangt zu keinen einheitlichen Schlussfolgerungen (vgl. z. B. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung SBGES, 2013). Eine Ursache sind die zu Grunde liegenden Forschungsansätze. Ökonomische Modelle sind in der Regel von Effizienzüberlegungen getrieben und treffen dazu bestimmte Annahmen (Rationalität, perfekte Information, keine Transaktionskosten), die in der Realität so jedoch oft nicht gegeben sind. Deshalb lässt sich rationales Verhalten oft in empirischen Untersuchungen von Politikeingriffen oft auch nicht beobachten, so dass die aus diesen gewonnen Einsichten zu „best practices“ oft nicht dem ökonomischen Ideal entsprechen. Ein Grund dafür ist unter Anderem., dass Verteilungswirkungen zwischen Akteuren in der reinen Effizienzdiskussion oft nicht berücksichtigt werden. Forschung in diesem Bereich soll dazu beitragen einen einheitlicheren Ansatz zu entwickeln, der auf Erkenntnisse aus beiden Forschungsansätzen zurückgreift.
- Die Einrichtung eines neuen Forschungsfeldes „Transformationsforschung“, das Transformationsprozesse und die gesellschaftlichen Voraussetzungen im Rahmen planetarischer Leitplanken untersucht (nach dem Vorschlag der WGBU, 2011). Der Umbau der Energieversorgung eingebettet in einen gesellschaftlichen Transformationsprozess impliziert die Entwicklung von neuen gesellschaftlichen Strukturen und den Wandel von Lebensstilen. Diese werden eingeführt von PionierInnen des Wandels („Change Agents“). Transformationsforschung sollte aufzeigen wie Strukturen geschaffen werden können, welche die Generierung und Diffundierung sozialer Innovationen ermöglichen.
- Bildung für Transformation sollte größere Bedeutung in der Nachhaltigkeitsstrategie erhalten. Bildung ist eine notwendige Voraussetzung für den Erfolg der Trans-

⁵ <http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/solar/>

formation. Durch Bildung in unterschiedlichsten und vielfältigen Strukturen und über neu aufzuarbeitende Bildungsinhalte kann die Gesellschaft die erforderlichen Kompetenzen für die aktive Beteiligung am Transformationsprozess erlangen (Muttarak and Lutz, 2014). Zum Beispiel, die Einrichtung von Low-carbon Business Schools sowie interdisziplinärer Fakultäten für klimaverträgliche Landnutzung, Energiewissenschaft, Urbanisierung und für Management, welches auf die Transformation ausgerichtet ist, könnten wichtige Impulse liefern (WGBU, 2011).

6.6 Literaturverzeichnis

6.6 References

- Ahmad, N., Wyckoff, A., 2003. Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods (OECD Science, Technology and Industry Working Papers No. 2003/15).
- Anderl, M., Bednar, W., Gössl, M., Haider, S., Heller, C., Jobstmann, H., Köther, T., Lampert, C., Pazdernik, K., Pouper, 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 (REP-0420). Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Freudenschuß, A., Haider, S., Jobstmann, H., Köther, T., Kriech, M., Lampert, C., Moosmann, L., Pazdernik, K., Pinterits, M., Poupa, S., Schmid, C., Stranner, G., Kohlbach, M., Schwaiger, E., Schwarzl, B., Weiss, P., Zechmeister, A., 2014. Austria's National Inventory Report 2014 (Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol; REP-0475). Umweltbundesamt, Wien.
- ARBÖ, 2013. Spritpreise europaweit [WWW Document]. URL <http://www.arboe.at/services-reisen/reisen/spritpreise-europaweit/> (accessed 7.14.14).
- Ayres, R.U., 1977. Resources, environment, and economics. Applications of the materials/energy balance principle. John Wiley & Sons Inc, United States.
- Bliem, M., Friedl, B., Balabanov, T., Zielinska, I., 2011. Energie [R] evolution Österreich 2050. Der Weg zu einer sauberen Energie-Zukunft in Österreich (Projektbericht; Studie im Auftrag von EVN, Greenpeace Zentral- und Osteuropa und Gewerkschaft vida). Institut für Höhere Studien (IHS), Wien.
- BMLFUW, 2004. Abschätzung der Auswirkungen des Tanktourismus auf den Treibstoffverbrauch und die Entwicklung der CO₂-Emissionen in Österreich (Endbericht). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMFLUW, 2007. Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008-2013 (Vorlage zur Annahme im Ministerrat am 21. März 2007). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMWFJ, 2013. Energiestatus 2013 (Entwicklung bis 2011). Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Wien.
- Bointner, R., Biermayer, P., Goers, S., Streit-Maier, J., Tichler, R., 2013. Wirtschaftskraft erneuerbarer Energie in Österreich und erneuerbare Energie in Zahlen (Blue Globe Report - Wirtschaftsfaktor Erneuerbare Energie 1/2013). Klima und Energiefonds, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Wien.
- Brand, U., 2009. Die Multiple Krise. Dynamik und Zusammenhang der Krisendimensionen, Anforderungen an politische Institutionen und Chancen progressiver Politik. Heinrich Böll Stiftung, Berlin.
- Brand, U., 2012. Green Economy – the next Oxymoron? No lessons learned from failures of implementing sustainable development. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society 21, 28–32.
- Brand, U., Görg, C., 2013. Regimes in global environmental governance and the internationalization of the state: The case of biodiversity politics. International Journal of Social Science Studies 1, 110–122. doi:10.11114/ijss.v1i1.75
- Brand, U., Wissen, M., 2011. Die Regulation der ökologischen Krise: Theorie und Empirie der Transformation gesellschaftlicher Naturverhältnisse. Österreichische Zeitschrift für Soziologie 36, 12–34. doi:10.1007/s11614-011-0031-1
- Carbon Tracker, 2013. Unburnable carbon - Are the world's financial markets carrying a carbon bubble? Carbon Tracker Initiative.
- Carbon Trust, 2006. The carbon emissions generated in all that we consume. The Carbon Trust, UK.
- CDP, 2013. Driving sustainable economies [WWW Document]. URL <https://www.cdp.net/en-US/Pages/HomePage.aspx> (accessed 7.17.14).
- Chapin, F.S., Kofinas, G.P., Folke, C. (Eds.), 2009. Principles of ecosystem stewardship: Resilience-based natural resource management in a changing world. Springer, Berlin.
- Chapin, F.S., Carpenter, S.R., Kofinas, G.P., Folke, C., Abel, N., Clark, W.C., Olsson, P., Smith, D.M.S., Walker, B., Young, O.R., Berkes, F., Biggs, R., Grove, J.M., Naylor, R.L., Pinkerton, E., Steffen, W., Swanson, F.J., 2010. Ecosystem stewardship: Sustainability strategies for a rapidly changing planet. Trends in Ecology & Evolution 25, 241–249. doi:10.1016/j.tree.2009.10.008
- Christian, R., 2011. ZEFÖ - Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich (KLIEN Projekt im Rahmen der Ausschreibung „Energiesysteme der Zukunft“ des BMVIT). Umweltmanagement Austria, Institut für industrielle Ökologie und Forum Wissenschaft & Umwelt.
- Coyle, D., 2011. The economics of enough: How to run the economy as if the future matters. Princeton University Press, Princeton.
- Daly, H.E., 1977. Steady-state economics: The economics of biophysical equilibrium and moral growth. W. H. Freeman, San Francisco.
- Diekmann, J., 2012. EU-Emissionshandel: Anpassungsbedarf des Caps als Reaktion auf externe Schocks und unterwartete Entwicklungen? (Arbeitspapier aus dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Evaluierung und Weiterentwicklung des EU-Emissionshandels EU-ETS-5“). Umweltbundesamt, Dessau.
- Duchin, F., Lange, G.-M. (Eds.), 1994. The Future of the environment: Ecological economics and technological change. Oxford University Press, New York.
- EC, 2009. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: GDP and beyond: Measuring progress in a changing world. (COM(2009) 433 final). Commission of the European Communities (CEC), Brussels.
- Edenhofer, O., Lessmann, K., Kemfert, C., Grubb, M., Kohler, J., 2006. Induced technological change: Exploring its implications for the economics of atmospheric stabilization: Synthesis report from the innovation modeling comparison project. The Energy Journal 57–107.

- EEA - European Environment Agency, 2012a. Environmental Indicator Report 2012. European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA - European Environment Agency, 2012b. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2012 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets (EEA Report No 6/2012). EEA, Luxembourg.
- EFI - Expertenkommission Forschung und Innovation, 2013. Gutachten zur Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit. Berlin.
- Erb, K.-H., Gingrich, S., Krausmann, F., Haberl, H., 2008. Industrialization, fossil fuels, and the transformation of land use. *Journal of Industrial Ecology* 12, 686–703. doi:10.1111/j.1530-9290.2008.00076.x
- EU, 2009. Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, L 140/16.
- Europäische Kommission, 2011. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050 (KOM(2011) 112 endgültig). Europäische Kommission, Brüssel.
- European Climate Foundation, 2010. Roadmap 2050 [WWW Document]. URL <http://www.roadmap2050.eu/project/roadmap-2050> (accessed 7.16.14).
- European Climate Foundation, 2011. Power Perspectives 2030. On the road to a decarbonized power sector. European Climate Foundation, Brussels.
- European Report on Development, 2013. Post-2015: Global Action for an Inclusive and Sustainable Future. Overseas Development Institute (ODI), German Development Institute/Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE), European Centre for Development Policy Management (ECDPM), Brussels.
- Falkner, R., 2013. The crisis of environmental multilateralism: A liberal response, in: Brack, D., Burall, P., Stockley, N., Tuffrey, M. (Eds.), *The green book. New directions for Liberals in government*. Biteback Publishing, London, UK, pp. 347–358.
- Falkner, R., Stephan, H., Vogler, J., 2010. International climate policy after Copenhagen: Towards a „Building Blocks“ approach. *Global Policy* 1, 252–262. doi:10.1111/j.1758-5899.2010.00045.x
- Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., Rockström, J., 2010. Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society* 15, 20.
- GEA, 2012. *Global Energy Assessment - toward a sustainable future*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
- Goldin, I., 2013. *Divided nations: Why global governance is failing, and what we can do about it, 21st century challenges*. Oxford University Press, Oxford.
- Greenpeace International, 2005. *Energy [R]evolution 2005: A sustainable pathway to a clean energy future for Europe*. Greenpeace International, Amsterdam.
- Greenpeace International, 2011. *Battle of the grids*. Amsterdam.
- Greenpeace International, 2012. *Energy [R]evolution 2012*. Greenpeace International, Amsterdam.
- Grossman, G.M., Krueger, A.B., 1995. Economic Growth and the Environment. *Quarterly Journal of Economics* 110, 353–377.
- Growth in Transition, 2012. Conference 2012 [WWW Document]. URL <http://www.growthintransition.eu/conferences/conference2012/workshops/> (accessed 7.16.14).
- Gunderson, L.H., Holling, C.S. (Eds.), 2002. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, DC.
- Haas, R., Kranzl, L., Müller, A., Corradini, R., Zotz, M., Frankl, P., Menichetti, E., 2008. Szenarien der gesamtwirtschaftlichen Marktchancen verschiedener Technologielinien im Energiebereich, 2. Ausschreibung der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft (BMVIT). Energy Economics Group, TU Wien, Wien.
- Heller, C., Gallauer, T., Fallmann, H., Krutzler, T., Wiesenberger, H., Seuss, K., Storch, A., Stranner, G., Zechmeister, A., Schindler, I., 2011. *Ambitionierte Klimaziele Bis 2020 - Analyse und Auswirkungen auf Österreich (REP-0336)*. Umweltbundesamt, Wien.
- Hinterberger, F., *Ökonomischer Wachstumsdialog*, 2009. *Ökonomische Zweifel am „Grünen Wachstum“*. Der Standard.
- Hirth, L., Ueckerdt, F., 2013. Redistribution effects of energy and climate policy: The electricity market. *Energy Policy* 62, 934–947. doi:10.1016/j.enpol.2013.07.055
- International Energy Agency, 2012. *CO2 emissions from fuel combustion. 2012 Edition*. OECD/IEA, Paris, France
- International Energy Agency, 2013. *Energy efficiency market report 2013: Market trends and medium-term prospects*. OECD/IEA, Paris, France.
- International Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008. *Austria 2007 Review, Energy Policies of IEA Countries*. OECD/IEA, Paris.
- IPCC, 2012. Glossary of terms, in: Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Match, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M., Midgley, P.M. (Eds.), *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 (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 555–564.
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2014a. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2014b. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2007. *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.
- Jackson, T., 2005. *Motivating Sustainable Consumption, a review of evidence on consumer behaviour and behavioural change (report to the Sustainable Development Research Network)*. Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, Surrey.

- Jackson, T., 2009. Prosperity without growth: Economics for a finite planet. Earthscan, London; Sterling, VA.
- Jackson, T., Victor, P., 2011. Productivity and work in the „green economy“: Some theoretical reflections and empirical tests. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1, 101–108. doi:10.1016/j.eist.2011.04.005
- Jakob, M., Steckel, J.C., Edenhofer, O., 2014. Consumption- Versus Production-Based Emission Policies. *Annual Review of Resource Economics* 6. doi:10.1146/annurev-resource-100913-012342
- Kratena, K., Meyer, I., 2011. Energy Scenarios 2030. A basis for the projection of Austrian greenhouse gas emissions. Austrian Institute of Economic Research (WIFO), Vienna.
- Kratena, K., Meyer, I., Würger, M., 2009. Ökonomische, technologische und soziodemographische Einflussfaktoren der Energienachfrage (Unveröffentlichter Entwurf), WIFO Working Paper 339/2009. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien.
- Krausmann, F., 2006. Forest transition in Austria: A socio-ecological approach. *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft* 148, 75–91.
- Krausmann, F., Schandl, H., Sieferle, R.P., 2008. Socio-ecological regime transitions in Austria and the United Kingdom. *Ecological Economics* 65, 187–201. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.06.009
- Kriegler, E., Weyant, J.P., Blanford, G.J., Krey, V., Clarke, L., Edmonds, J., Fawcett, A., Luderer, G., Riahi, K., Richels, R., Rose, S.K., Tavoni, M., van Vuuren, D.P., 2014. The role of technology for achieving climate policy objectives: Overview of the EMF 27 study on global technology and climate policy strategies. *Climatic Change* 123, 353–367. doi:10.1007/s10584-013-0953-7
- Kuznets, S., 1955. Economic growth and income inequality. *The American Economic Review* 45, 1–28.
- Leach, M., Rockström, J., Raskin, P., Scoones, I., Stirling, A.C., Smith, A., Thompson, J., Millstone, E., Ely, A., Arond, E., Folke, C., Olsson, P., 2012. Transforming innovation for sustainability. *Ecology and Society* 17. doi:10.5751/ES-04933-170211
- Lindner, S., Liu, Z., Guan, D., Geng, Y., Li, X., 2013. CO₂ emissions from China's power sector at the provincial level: Consumption versus production perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19, 164–172. doi:10.1016/j.rser.2012.10.050
- Littig, B., Griessler, E., 2005. Social sustainability: A catchword between political pragmatism and social theory. *International Journal of Sustainable Development* 8, 65–79.
- Madlener, R., Albott, B., 2011. Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen. Im Auftrag von: Enquete-Kommission „Wachstum, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages, Zürich.
- McGranahan, G., Jacobi, P., Songsore, J., 2001. *The Citizens at Risk: From urban sanitation to sustainable cities*. Earthscan, London; Sterling, VA.
- Mechler, R., Rezai, A., Stagl, S., 2010. Is green growth feasible? Some reflections and implications for Austria. *Wirtschaftspolitische Blätter, Wachstum und Nachhaltigkeit* 2010.
- Mills, J.H., Waite, T.A., 2009. Economic prosperity, biodiversity conservation, and the environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics* 68, 2087–2095. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.01.017
- Mishan, E.J. and Mishan, E.J., 1967. *The costs of economic growth*. F.A. Praeger, New York.
- Moon, T.H. 2010. Green growth policy in the Republic of Korea: Its promise and pitfalls. *Korea Observer* 41 (3): 379–414.
- 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
- Muñoz, P., Steininger, K.W., 2010. Austria's CO₂ responsibility and the carbon content of its international trade. *Ecological Economics* 69, 2003–2019. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.05.017
- Muttarak, R., Lutz, W., 2014. Is Education a Key to Reducing Vulnerability to Natural Disasters and hence Unavoidable Climate Change? *Ecology and Society* 19. doi:10.5751/ES-06476-190142
- Nakano, S., Okamura, A., Sakurai, N., Suzuki, M., Tojo, Y., Yamano, N., 2009. The Measurement of CO₂ Embodiments in International Trade (OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2009/03). Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- OECD, 2011. *Compendium of OECD well-being indicators, OECD Better Life - Initiative*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- OECD, 2013. *Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade [WWW Document]*. Industry and globalisation. URL <http://www.oecd.org/sti/ind/carbondioxideemissionsembodiedininternationaltrade.htm> (accessed 7.16.14).
- ÖSG, 2012. Bundesgesetz über die Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (Ökostromgesetz 2012 – ÖSG 2012) StF: BGBl. I Nr. 75/2011 (NR: GP XXIV RV 1223 AB 1302 S. 113. BR: 8521 AB 8532 S. 799).
- ÖSTAT, 2011. *Statistik der Zivilluftfahrt 2010*. Statistik Austria, Wien.
- Peters, G.P., Hertwich, E.G., 2008. Post-Kyoto greenhouse gas inventories: production versus consumption. *Climatic Change* 86, 51–66. doi:10.1007/s10584-007-9280-1
- Raingold, A., 2011. *Greening the Economy. A strategy for growth, jobs and success*. Aldersgate Group, London.
- REN21, 2014. *Renewables 2014. Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Paris.
- Renner, S., Baumann, M., Jamek, A., Lang, B., Pfaffenbichler, P., 2010. *Visionen 2050 – Identifikation von existierenden und möglichen zukünftigen Treibern des Stromverbrauchs und von strukturellen Veränderungen bei der Stromnachfrage in Österreich bis 2050 (Endbericht)*. Österreichische Energieagentur i.A. Österreichs Energie (VEÖ), Wien.
- Rezai, A., Taylor, L., Mechler, R., 2013. Ecological macroeconomics: An application to climate change. *Ecological Economics, New Climate Economics* 85, 69–76. doi:10.1016/j.ecolecon.2012.10.008
- Riahi, K., Dentener, F., Gielen, D., Grubler, A., Jewell, J., Klimont, Z., Krey, V., McCollum, D., Pachauri, S., Rao, S., van Ruijven, B., van Vuuren, D.P., Wilson, C., 2012. Chapter 17 - Energy Pathways for Sustainable Development, in: *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA and the International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, pp. 1203–1306.
- 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
- Sabatier, P.A., 1986. Top-down and bottom-up approaches to implementation research: a Critical analysis and suggested synthesis. *Journal of Public Policy* 6, 21–48. doi:10.1017/S0143814X00003846
- SBGES – Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. 2013. Gegen eine rückwärtsgewandte Wirtschaftspolitik, Jahresgutachten. Bonifatius GmbH Buch-Druck-Verlag, Paderborn.
- Schächtele, K., Hertle, H., 2007. Die CO₂ Bilanz des Bürgers. Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO₂ Bilanzen. Umweltbundesamt, Heidelberg.
- Scheffer, M., Westley, F., Brock, W.A., Holmgreen, M., 2002. Dynamic interaction of societies and ecosystem-linking theories from ecology, economy and sociology, in: Gunderson, L.H., Holling, C.S. (Eds.), *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, DC.
- Scoones, I., Leach, M., Stagl, S., Stirling, A., Thompson, J., 2007. *Dynamic Systems and the Challenge of Sustainability*, STEPS Working Paper. STEPS Centre, Brighton.
- Scrieciuc, S., Rezai, A., Mechler, R., 2013. On the economic foundations of green growth discourses: the case of climate change mitigation and macroeconomic dynamics in economic modeling. *WENE* 2, 251–268. doi:10.1002/wene.57
- Seidl, I., Zahrt, A., 2010. *Postwachstumsgesellschaft: Konzepte für die Zukunft*. Metropolis, Marburg.
- Sensfuß, F., Ragwitz, M., Genoese, M., 2008. The merit-order effect: A detailed analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany. *Energy Policy* 36, 3086–3094. doi:10.1016/j.enpol.2008.03.035
- SERI - Sustainable Europe Research Institute, 2011. *KONSENS (KonsumentInnen und Energiesparmaßnahmen) Briefing Sheet*. Nachhaltigkeitsforschung und -kommunikations GmbH, Wien.
- Sinn, H.-W., 2012. *The green paradox: a supply-side approach to global warming*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts; London, UK.
- Sorrell, S., Dimitropoulos, J., 2008. The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics* 65, 636–649. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.08.013
- Stagl, S., 1999. *Delinking economic growth from environmental degradation? A literature survey on the environmental Kuznets Curve hypothesis*. Wirtschafts Universität Wien Working Paper No. 6. doi:10.2139/ssrn.223869
- Stanzer, G., Novak, S., Dumke, H., Plha, S., Schaffer, H., Breinesberger, J., Spanring, C., Kirtz, M., Biermayer, P., 2010. *REGIO Energy. Regionale Szenarien erneuerbarer Energiepotenziale in den Jahren 2012/2020*. Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR), mecca environmental consulting, AGRAR PLUS Beteiligungs-GmbH, TU Wien, Department of Power Systems and Energy Economics, Energy Economics Group (EEG), im Auftrag des BMVIT, Sektion Innovation und Telekommunikation und BMWA, Sektion Wirtschaftspolitik, Wien, St. Pölten.
- Steinberger, J.K., Krausmann, F., Eisenmenger, N., 2010. Global patterns of materials use: A socioeconomic and geophysical analysis. *Ecological Economics* 69, 1148–1158. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.12.009
- Steininger, K., Lininger, C., Droege, S., Roser, D., Tomlinson, L., Meyer, L., 2014. Justice and cost effectiveness of consumption-based versus production-based approaches in the case of unilateral climate policies. *Global Environmental Change* 24, 75–87. doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.10.005
- Stern, D.I., 2004. The rise and fall of the environmental Kuznets Curve. *World Development* 32, 1419–1439. doi:10.1016/j.worlddev.2004.03.004
- Stern, D.I., Common, M.S., 2001. Is there an environmental Kuznets Curve for sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management* 41, 162–178. doi:10.1006/jeem.2000.1132
- Stern, D.I., Common, M.S., Barbier, E.B., 1996. Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets Curve and sustainable development. *World Development* 24, 1151–1160. doi:10.1016/0305-750X(96)00032-0
- Stiglitz, J.E., Sen, A., Fitoussi, J.-P., 2009. *Report of the commission. Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*, Paris.
- Strauss, F., 2012. *Modeling climate change and impacts on crop production in Austria*. University of Natural Resources and Life Science, Vienna.
- Strauss, F., Formayer, H., Asamer, V., Schmid, E., 2010. *Climate change data for Austria and the period 2008-2040 with one day and km² resolution (Diskussionspapier DP - 48 - 2010)*. Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Streicher, W., Haas, R., Hausberger, S., Oblasser, S., Schnitzer, H., Steininger, K.W., Tatzber, F., Titz, M., Heimrath, R., Kalt, G., Damm, A., Wetz, I., 2010. *Energieautarkie für Österreich 2050 (Feasibility Study, Endbericht B068644, abgewickelt über den Klima- und Energiefonds)*. im Auftrag des österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium), Wien.
- Torras, M., Boyce, J.K., 1998. Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics* 25, 147–160. doi:10.1016/S0921-8009(97)00177-8
- Trattning, R., 2012. The growth debate, revisited, in: Hinterberger, F., Pirgmaier, E., Freitag, E., Schuster, M. (Eds.), *Growth in Transition*. Earthscan, London.
- UN DESA & UNDP, 2012. *Synthesis of National Reports for RIO +20*. United Nations Department of Economic and Social Affairs and the United Nations Development Programme.
- Van Vuuren, D.P., 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
- Van Vuuren, D., Nakicenovic, N., Riahi, K., Brew-Hammond, A., Kammen, D., Modi, V., Nilsson, M., Smith, K., 2012. An energy vision: the transformation towards sustainability - interconnected challenges and solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Open issue 4, 18–34. doi:10.1016/j.cosust.2012.01.004
- VCÖ, 2012. *Steuerbegünstigung von Diesel verringerte im Vorjahr Steuereinnahmen um rund 500 Millionen Euro! Presseaussendung 15.01.20112 [WWW Document]*. URL <http://www.vcoe.at/de/presse/aussendungen-archiv/details/items/Ausgabe2012-09> (accessed 7.16.14).
- Victor, P.A., 2008. *Managing without growth: slower by design, not disaster*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Victor, P.A., 2012. Growth, degrowth and climate change: A scenario analysis. *Ecological Economics, The Economics of Degrowth* 84, 206–212. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.04.013

- Voß, J.-P., Kemp, R., 2005. Reflexive Governance: Learning to cope with fundamental limitations in steering sustainable development.
- Voß, J.-P., Bauknecht, D., Kemp, R., 2006. Reflexive Governance for Sustainable Development. Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R., Kinzig, A., 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9.
- Watson, J., 2012. Climate change policy and the transition to a low-carbon economy, in: Dolphin, T., Nash, D. (Eds.), *Complex New World: Translating New Economic Thinking into Public Policy*. Institute for Public Policy Research (IPPR), London, pp. 95-108.
- WBGU, 2009. Kassensturz für den Weltklimavertrag - der Budgetansatz (Sondergutachten). Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Berlin.
- WBGU, 2011. Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Berlin.
- WBGU, 2014. Klimaschutz als Weltbürgerbewegung. German Advisory Council on Global Change (WBGU) Secretariat, Berlin. (forthcoming)
- Weitzman, M.L., 1974. Prices vs. Quantities. *The review of economic studies* 41, 477-491. doi:10.2307/2296698
- Weizsäcker, E. von, Hargroves, K., Smith, M.H., Desha, C., Stasinopoulos, P., 2009. Factor five: Transforming the global economy through 80 % improvements in resource productivity. Taylor & Francis Ltd., London; Sterling, VA.
- Weyant, J., Knopf, B., De Cian, E., Keppo, I., van Vuuren, D.P., 2013. Introduction to the EMF28 Study on scenarios for transforming the European energy system. *Climate Change Economics* 04, 1302001. doi:10.1142/S2010007813020016
- Wolter, M.I., Großmann, A., Stocker, A., Polzin, C., 2011. Auswirkungen von energiepolitischen Maßnahmen auf Wirtschaft, Energiesystem und private Haushalte. Beschreibung der KONSENS-Modellierungsergebnisse (Working Paper Nr. 4 des Projekts KONSENS), KonsumentInnen und Energiesparmaßnahmen: Modellierung von Auswirkungen energiepolitischer Maßnahmen auf KonsumentInnen. SERI Nachhaltigkeitsforschungs und -kommunikations GmbH und Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshuiung mbH, Wien, Osnabrück.
- World Bank, 2012. Inclusive green growth: the pathway to sustainable development. World Bank, Washington, D.C.
- WWF UK, 2006. Counting Consumption- CO₂ Emissions, Material Flows and Ecological Footprint of the UK by Region and Devolved Country. WWF UK, Godalming, Surrey.

Anhang

Anhang 1 – Akronyme und Abkürzungen

Anhang 2 – Verzeichnis des Wissenschaftlichen Beirates, der Review EditorInnen, der ReviewerInnen und der AutorInnen

Anhang 3 – Zitierweisen

