

Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP)

Gesamtband



Referenzplan
als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit
den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen
Energie- und Klimaplan für Österreich
(Ref-NEKP)

Gesamtband

Österreichisches Klimaforschungsnetzwerk Climate Change Centre Austria / Projekt UniNEtZ
Österreichische Akademie der Wissenschaften / Kommission Klima und Luftqualität
Universität für Bodenkultur Wien / Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit
Universität Graz / Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
Wirtschaftsuniversität Wien / Institute for Ecological Economics

Autoren:

Gottfried Kirchengast, Helga Kromp-Kolb, Karl Steininger, Sigrid Stagl, Mathias Kirchner, Christoph Ambach, Julia Grohs, Andrea Gutsohn, Jonas Peisker, Birte Strunk.

Diese Publikation ist als pdf-Version (online unter: <https://epub.oeaw.ac.at/8497-3>) im Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erschienen.

Zitierweise: Kirchengast, G., Kromp-Kolb, H., Steininger, K., Stagl, S., Kirchner, M., Ambach, Ch., Grohs, J., Gutsohn, A., Peisker, J., Strunk, B. (2019): Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP) – Gesamtband, November 2019, 204 S., CCCA Wien-Graz. – Verlag der ÖAW, Wien, Österreich.

Online unter: <https://ccca.ac.at/refnekp>

Lektorat:

Rudolph Schuster

Koordination:

Kommission Klima und Luftqualität, ÖAW

Copyright-Hinweise:

Alle Rechte vorbehalten. © bei den AutorInnen © Creative Commons by 4.0 licence

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>, Wien, 2019

Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien

<http://verlag.oeaw.ac.at>

<https://epub.oeaw.ac.at/8497-3>

ISBN 978-3-7001-8497-3

Satz: Karin Windsteig, ÖAW

Inhalt

Tabellenverzeichnis.....	5
Danksagung.....	7
Vorwort.....	9
Executive Summary.....	11
Referenzplan wozu? – Motivation und Zielsetzungen des Ref-NEKP	11
Grundannahmen – von Emissionsreduktionszielen zur Umsetzung.....	12
Umsetzung konkret – Rahmenziele, Maßnahmenbündel, Umsetzungspfade.....	14
Schlussbemerkungen.....	17
1. Einleitung und Motivation	19
2. Die Vision: Österreich im Einklang mit den Pariser Klimazielen	25
3. Der Weg zu den Klimazielen: Umsetzungspfade für Österreich.....	31
3.1 Der technologie- und marktfokussierte Pfad: Klimaschutz primär durch Technik und Regulierung.....	34
3.2 Mehr-Ebenen-System Innovation: Technische Innovationen ausgehend von Unten.....	37
3.3 Der sozial-ökologische Transformationspfad: Klimaschutz und Fairness primär durch Vorschriften	40
3.4 Up-Scaling sozialer Innovationen: Klimaschutz durch innovative Gesellschaft und Wirtschaft	43
4. Die Basismaßnahmen: Überblick und Beschreibung.....	45
4.1 Sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen	49
4.1.1 Sozial-ökologische Steuerreform	49
4.1.2 Klimazielfördernde Digitalisierung.....	50
4.1.3 Klimaschutzorientierte Energieraumplanung.....	51
4.2 Energie & Industrie	52
4.2.1 Energie als Dienstleistung	52
4.2.2 Erneuerbare Energien	53
4.2.3 Industrie und Kreislaufwirtschaft.....	54
4.2.4 Erhöhung der Energieeffizienz.....	56
4.3 Verkehr	58
4.3.1 Rahmenmaßnahmen.....	58
4.3.2 Digitalisierung und Automatisierung als Hebel nutzen.....	59
4.3.3 Erhöhung Anteil aktiver Mobilität	60
4.3.4 Ausweitung öffentlicher Verkehr	60
4.3.5 Dekarbonisierung und Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs.....	61
4.3.6 Güterverkehr	61
4.3.7 Flugverkehr	62
4.4 Gebäude.....	63
4.4.1 Emissionsarme Strukturen	63

4.4.2	Emissionsarme Gebäude.....	64
4.5	Land- und Forstwirtschaft und Bioökonomie.....	66
4.5.1	Klimafreundliche Landwirtschaft.....	67
4.5.2	Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung in der Forstwirtschaft.....	68
4.5.3	Nachhaltige Nutzung von Biomasse in der Bioökonomie	68
4.6	Abfallwirtschaft.....	70
5.	Detailinformation: Maßnahmensammlung und Beschreibung.....	71
5.1	Sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen	75
5.1.1	Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP	76
5.2.1	Ergänzende Maßnahmen für den NEKP	79
5.2	Energie und Industrie	84
5.2.1	Sektorkopplung.....	84
5.2.2	Erneuerbare Energien	86
5.2.3	Industrie und Kreislaufwirtschaft.....	103
5.2.4	Effizienz	109
5.3.	Verkehr	115
5.3.1	Einleitung	115
5.3.2	Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP.....	117
5.3.3	Ergänzende Maßnahmen.....	120
5.4	Gebäude.....	135
5.4.1	Einleitung	135
5.4.2	Rahmenmaßnahmen.....	140
5.4.3	Heizsysteme und Gebäudequalität	143
5.4.4	Begleitende Maßnahmen	146
5.5	Land- und Forstwirtschaft und Bioökonomie.....	150
5.5.1	Einleitung	150
5.5.2	Rahmenmaßnahmen.....	152
5.5.3	Landwirtschaft	152
5.5.4	Ernährung	162
5.5.5	Lebensmittelverschwendung.....	163
5.5.6	Forstwirtschaft	165
5.5.7	Bioökonomie.....	167
5.6	Abfallwirtschaft.....	172
5.6.1	Einleitung	172
5.6.2	Maßnahmen	173
	Abkürzungsverzeichnis	177
	Literatur	181

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Die vier Umsetzungspfade und ihre thematischen Achsen.....	33
Tab. 2: Basismaßnahmen zur Erreichung des 1,5-°C-Zieles	46
Tab. 3: Übersicht von Maßnahmen für Klimaschutzumsetzungswege in Österreich	71
Tab. 4: Übersicht von sektorübergreifenden Rahmenmaßnahmen	75
Tab. 5: Übersicht von Maßnahmen für den Bereich „Erneuerbare Energien“	90
Tab. 6: Übersicht von technologie-spezifischen Maßnahmen im Bereich Energie/EE	96
Tab. 7: Übersicht von Maßnahmen im Bereich EE auf EU-Ebene.....	102
Tab. 8: Übersicht von Maßnahmen für den Bereich Kreislaufwirtschaft.....	104
Tab. 9: Übersicht von Maßnahmen für den Bereich Effizienz.....	109
Tab. 10: Übersicht von Maßnahmen im Sektor Verkehr	116
Tab. 11: Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP für den Sektor Gebäude.....	135
Tab. 12: Ergänzende und begleitende Maßnahmen für den Sektor Gebäude.....	137
Tab. 13: Übersicht von Maßnahmen im Bereich Gebäude.....	139
Tab. 14: Ergänzende Maßnahmen zu Gebäudequalität und Heizsystemen	145
Tab. 16: ÖPUL Maßnahmen und ihre vom BMNT zuerkannte Klimaschutzrelevanz	154
Tab. 17: THG-Einsparungspotenzial von Agrarumweltmaßnahmen laut Umweltbundesamt (2013).....	155
Tab. 18: THG-Einsparungspotenzial von Agrarumweltmaßnahmen laut Freudenschuß u. a. (2010)	156
Tab. 19: Übersicht von Maßnahmen für Ernährungsumstellung.....	162
Tab. 20: Übersicht von Maßnahmen gegen Lebensmittelverschwendung	164
Tab. 21: Übersicht von Maßnahmen in der Forstwirtschaft.....	166
Tab. 22: Übersicht von Maßnahmen im Bereich der Bioökonomie.....	168

Danksagung

Der Ref-NEKP wurde auf Initiative des Vertreters der Wissenschaft im Nationalen Klimaschutzkomitee (NKK) Gottfried Kirchengast (Uni Graz, ÖAW) und von Helga Kromp-Kolb (BOKU Wien), Karl Steininger (Uni Graz) und Sigrid Stagl (WU) unter der wissenschaftlichen Koordination von Mathias Kirchner (BOKU Wien) mit wertvoller Mithilfe der Studierenden Christoph Ambach, Julia Grohs, Andrea Gutsohn, Jonas Peisker und Birte Strunk erstellt.

Gemeinsam mit diesen HauptautorInnen haben mehr als siebzig ExpertInnen der Klima- und Transformationsforschung aus dem österreichischen Klimaforschungsnetzwerk CCCA, dem Projekt UniNEtZ der Allianz Nachhaltige Universitäten in Österreich, der Kommission Klima und Luftqualität der ÖAW sowie weiteren Partnerinstitutionen seit April 2019 im Rahmen des Projekts UniNEtZ SDG 13 am Dokument mitgearbeitet.

Besonderer Dank an alle KollegInnen aus der Klimaforschung und Transformationsforschung, die wissenschaftlichen Input beigetragen haben (in alphabetisch gereihter Nennung): Ernst Aigner (WU), Astrid Allesch (BOKU), Raphael Asada (Uni Graz), Daniel Barben (AAU), Ulrich Brand (Uni Wien), Renate Christ (ehem. IPCC), Andrea Frank-Stocker (SERI), Harald Frey (TU Wien), Michael Getzner (TU Wien), Josef Glössl (BOKU), Christoph Görg (BOKU), Martin Greimel (BOKU), Reinhard Haas (TU Wien), Dagmar Henner (University of Aberdeen), Fritz Hinterberger (SERI & Die Angewandte), Rebecca Hood-Nowotny (BOKU), Marion Huber-Humer (BOKU), Gerald Kalt (BOKU), Johannes Klackl (Uni Salzburg), Daniela Kletzan-Slamanig (WIFO), Hermann Knoflacher (TU Wien), Günter Köck (ÖAW), Lukas Kranzl (TU Wien), Thomas Krutzler (UBA), Klaus Kubeczko (AIT), Lukas Liebmann (TU Wien), Thomas Lindenthal (BOKU & FiBL), Claudia Mair (Uni Graz), Christoph Mandl (Uni Wien), Jakob Mayer (Uni Graz), Reinhard Mechler (IIASA), Ina Meyer (WIFO), Manfred Neuberger (Meduni Wien), Ines Omann (ÖFSE), Alexander Passer (TU Graz), Harald Pauli (ÖAW & BOKU), Stefanie Peer (WU), Andrea Pitzschke (Uni Salzburg), Leonhard Plank (WU), Roland Pomberger (Montanuni Leoben), Gerd Sammer (BOKU), Patrick Scherhauser (BOKU), Marco Scherz (TU Graz), Martin Schlatzer (BOKU & FiBL) Stefan Schleicher (Uni Graz & WIFO), Johannes Schmidt (BOKU), Franziska Schöniger (TU Wien), Petra Seibert (BOKU), Michael Soder (WU), Gerhard Soja (BOKU), Jakob Sporer (Uni Graz), Tobias Stern (Uni Graz), Gernot Stöglehner (BOKU), Johann Stötter (Uni Innsbruck), Christian Sturmbauer (Uni Graz), Omar Szabo (Montanuni Leoben), Matthias Themessl (ZAMG), Isabella Uhl-Hädicke (Uni Salzburg), Johannes Vergeiner (ZAMG), Kirsten von Elverfeldt (AAU), Erika Wagner (JKU), Ulli Weisz (BOKU), Antonija Wieser (Uni Graz), Wilfried Winiwarter (IIASA), Gerhard Wotawa (ZAMG).

Ebenfalls ein herzliches Danke für die vielen konstruktiven Kommentare sowie für Informationen bezüglich ergänzender Literatur an NGOs, Verwaltung und Privatpersonen, die uns ihre klimaschutzrelevanten Vorschläge und Forderungen als Input ergänzend zum wissenschaftlichen Material bereitstellten. Dieser Input wurde klar aus wissenschaftlichem Blickwinkel mit bearbeitet. Insbesondere danken wir (alphabetisch gereiht): Andrzej Felczak (Radlobby), Florian Maringer (EEÖ), Volker Hollenstein (WWF), Adam Pawloff (Greenpeace), Ulla Rasmussen (VCÖ), Johannes Wahlmüller (Global2000), Andreas Drack (Land OÖ), Stefan Krase (Wiener Linien) sowie Herbert Saurugg.

Vorwort

Dieser Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen im Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP) entstand aus einer Kooperation zwischen Uni Graz, BOKU und WU, die als Basis das Sammeln und Zusammenstellen von möglichst allen bisher im österreichischen Kontext in die Diskussion eingebrachten Maßnahmen zum Erreichen ausreichender Klimaschutzziele durch Master-Studierende ihrer Universitäten finanzierten. Angeleitet wurden die Studierenden Christoph Ambach, Julia Grohs, Andrea Gutsohn, Jonas Peisker und Birte Strunk durch Mathias Kirchner (BOKU), der auch die Gesamtarbeit an diesem Dokument koordinierte, und durch ein Kernteam, bestehend aus Gottfried Kirchengast (Uni Graz, ÖAW), Helga Kromp-Kolb (BOKU), Karl Steininger (Uni Graz) und Sigrid Stagl (WU). Wir sind sehr dankbar für den hilfreichen und wertvollen Input von über siebzig ExpertInnen, der in Form von Textstücken, Feedback-Kommentaren, Literaturhinweisen und Teilnahme an einem Szenario-Workshop erfolgte. Dieses Engagement ist keine Selbstverständlichkeit! Eine Danksagung und (möglichst vollständige) Liste der Personen, die zur Erstellung des Ref-NEKP beigetragen haben, findet sich auf Seite 7.

Ziel des Ref-NEKP ist, im Sinne guter wissenschaftsseitiger Praxis im Dialog zwischen Wissenschaft und Politik keinen Plan vorzulegen, der vorgibt, was politisch zu machen sei, sondern mögliche Umsetzungswege darzustellen, mit denen Österreich wirklich seinen fairen und angemessenen Beitrag zu den Pariser Klimazielen erreichen kann (Stichwort *policy-relevant*, nicht *policy-prescriptive*).

Dieser publizierten Version des Ref-NEKP gingen zwei Entwurfsversionen voraus. Version 1 wurde Anfang Juli im Nationalen Klimaschutzkomitee (NKK) eingereicht. Version 2 berücksichtigte v. a. die Resultate eines ExpertInnenworkshops Anfang August. Der Ref-NEKP wurde von zahlreichen wissenschaftlichen ExpertInnen begutachtet und bildet somit gut den derzeitigen Stand der Wissenschaft in den meisten Bereichen ab. Aufgrund der limitierten Ressourcen und des größtenteils freiwilligen Engagements der beteiligten AutorInnen erhebt er natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weiterentwicklungen und Verbesserungen dieses Sachstandes für gute Klimapolitik sind weiterhin wichtig und sinnvoll.

Der Ref-NEKP stellt zuerst eine Einleitung und Motivation und eine Vision für 2050 voran. Er hebt dann zum einen Basismaßnahmenbündel hervor, die für Österreichs Beitrag zur Erreichung des 1,5-°C-Zieles essenziell sind, und zeigt zum anderen auch mögliche Umsetzungswege auf, die unterschiedliche wertebasierte Gewichtungen der Maßnahmen annehmen. Die Beschreibung der Maßnahmenbündel als auch Umsetzungswege erfolgt qualitativ, da mit den gegebenen Ressourcen noch keine Quantifizierung möglich war bzw. noch einiges an Forschungsbedarf besteht. Das umfangreiche Kapitel „Detailinformation: Maßnahmenammlung und Beschreibung“, ergänzt um ein umfassendes Literaturverzeichnis, komplettiert den Gesamtband.

Möge dieser Referenzplan im Interesse Österreichs und der Pariser Ziele zu einer klimagerechten Zukunft beitragen!

Für alle Mitwirkenden – die HauptautorInnen:

G. Kirchengast, H. Kromp-Kolb, K. Steininger, S. Stagl, M. Kirchner, Ch. Ambach, J. Grohs, A. Gutsohn, J. Peisker, B. Strunk

15. November 2019

Executive Summary

Referenzplan wozu? – Motivation und Zielsetzungen des Ref-NEKP

Der Klimawandel bringt nicht nur die Lebensqualität der Menschen in Gefahr, Nichthandeln oder weitere Verzögerungen im Klimaschutz können in eine Klimakatastrophe führen, aus der es absehbar keinen Ausweg mehr gibt – das belegen wissenschaftliche Arbeiten. Die Erde könnte aus ihrem bisherigen, einigermaßen stabilen Klimazustand in einen Zustand geraten („Hothouse Earth“), in dem es durch selbstverstärkende Prozesse zu unaufhaltsam weiterer Erwärmung kommt, unabhängig von den Treibhausgasemissionen der Menschen.

Daraus resultiert die Notwendigkeit, rasch zu handeln und die Treibhausgasemissionen weltweit bis Mitte des 21. Jahrhunderts einzustellen. Diese Notwendigkeit stellt jedoch auch eine enorme Chance dar, gleichzeitig auf die vielen anderen großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts (z. B. Armut, Verteilungsgerechtigkeit, Biodiversitätsverlust, Ernährungssicherheit) zu antworten, statt sich von den vielfältigen Veränderungen überrollen zu lassen.

In dem Bemühen, dem Klimawandel zu begegnen, müssen die europäischen Mitgliedsstaaten (MS) der Union bis Ende 2019 einen finalen Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) übermitteln, der eine Aufstellung von Maßnahmen enthält, mit denen die jeweils nationalen Klima- und Energieziele für 2030 erreicht werden können. Der Ende 2018 übermittelte erste Entwurf Österreichs wurde von der Europäischen Kommission (EK) im Juni 2019 als ungenügend beurteilt, vor allem bzgl. der Beschreibung, des Ausmaßes und der Bewertung der geplanten Maßnahmen.

Um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen und dazu beizutragen, dass nun jedenfalls der überarbeitete NEKP ambitioniert und umfassend genug ausfällt, wurde von WissenschaftlerInnen ein **Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP)** erarbeitet. Über siebzig ExpertInnen der Klima- und Transformationsforschung österreichischer Universitäten und Forschungseinrichtungen haben seit April 2019 an dem Dokument mitgearbeitet. Sie wollen damit aufzeigen, dass und ins-

besondere wie Österreich seinen Beitrag zur Erreichung des Pariser Ziels zu leisten in der Lage ist.

Der Ref-NEKP enthält entscheidende Rahmenmaßnahmen und Rahmenzielsetzungen sowie konkrete sektorspezifische Maßnahmenbündel, mit denen – bei einer ambitionierten Ausgestaltung der Maßnahmen – ein ausreichendes Zwischenziel 2030, aber vor allem auch bis 2050 der nötige Beitrag zum Pariser Abkommen (globales 1,5-°C-Ziel), als Teil der strategischen Vision „Klimaneutralität bis 2050“ der EU, tatsächlich und wirkungsvoll erreicht werden kann.

Ziel des Ref-NEKP ist es, mögliche Umsetzungswege aufzuzeigen, mit denen Österreich seinen fairen und angemessenen Beitrag zu den Pariser Klimazielen erreichen kann. Die Herangehensweise entspricht den Regeln des Weltklimarates IPCC: *policy-relevant*, aber nicht *policy-prescriptive* zu sein. Politische Entscheidungen müssen PolitikerInnen vorbehalten bleiben, weil es für eine effektive Bearbeitung der Klimakrise keine wissenschaftlich ermittelbare, optimale Lösung geben kann, weil sich Interessenslagen, Weltbilder und Werthaltungen der Akteure unterscheiden.

Es geht daher um das, was die Wissenschaft eine „clumsy solution“ nennt, das heißt eine Lösung, die ausgehandelt werden muss, sodass letzten Endes alle Akteure guten Willens zusammenwirken, wenn auch aus verschiedenen Gründen und Interessenslagen. Es ist daher unerlässlich, die Bevölkerung aktiv in die Umsetzung des NEKP einzubeziehen. Die Wissenschaft kann den Prozess durch Analysen unterstützen, etwa für Beratung, ob ins Auge gefasste Rahmenzielsetzungen und Maßnahmenbündel ausreichend sind oder nicht.

Als aktives und angesehenes Mitglied der internationalen Staatengemeinschaft liegt es nun an Österreich, einen angemessenen und fairen Beitrag zur raschen Reduktion der Treibhausgase zu liefern und gleichzeitig Österreichs Wirtschaft und Gesellschaft zukunftsfähig zu machen. Der NEKP bietet die Chance, das aus wissenschaftlicher Sicht notwendige 1,5-°C-Ziel des Pariser Abkommens zu erfüllen, d. h. über die von der EU vorgegebenen Mindestziele bis 2030 hinauszugehen. Es gilt zudem, den NEKP weitergehend auch in einen österreichischen Plan zur Umsetzung der 17 SDG-Ziele (Sustainable Development Goals) der UNO für eine nachhaltige Entwicklung einzubetten, zu denen sich Österreich, wie auch zum Pariser Abkommen, 2015 bekannt hat.

Die gleichzeitige Verfolgung und Umsetzung der 17 SDG-Ziele (einschließlich des in SDG 13 verankerten Pariser Klimaabkommens) erweitert den Handlungsspielraum auch für die Klimapolitik und wird zu einer tief greifenden ökologischen und gerechteren gesellschaftlichen Transformation führen. Die Einbettung der SDGs erfordert jedoch mehr Zeit, als für die Erstellung des Ref-NEKP zur Verfügung stand. Sie bleibt daher einem zweiten Schritt im Rahmen des UniNEtZ-Projektes der Allianz Nachhaltiger Universitäten in Österreich vorbehalten.

In der bevorstehenden Phase des gesellschaftlichen Umbruchs können selbst bei sorgfältiger Analyse und gut abgestimmtem politischen Vorgehen in der Realität Kurskorrekturen notwendig werden. Es gilt daher, eine flexible und lernfähige Governance-Struktur einzurichten, die auf einem Monitoring des Erfolgs einzelner Rahmenzielsetzungen und Maßnahmen aufbaut. Deswegen gilt es auch, von Beginn an ein gut durchdachtes Monitoringsystem sowohl für den Pariser Klimazielweg des NEKP als auch die Umsetzungsbegleitung der SDGs einzurichten, welches Fehlentwicklungen rasch erkennt und Anpassungen für notwendige Verbesserungen ermöglicht.

Wie könnte Österreich 2050 aussehen, wenn die zum Schutze des Klimas notwendigen Maßnahmen zeitgerecht ergriffen würden? Der Ref-NEKP zeichnet dazu eine Vision 2050, die motivierend und inspirierend aufzeigt, wie die Transformation zu einer klimafreundlichen Gesellschaft nicht nur die Klimakatastrophe verhindert, sondern auch zu einer besseren Lebensqualität führen kann. Die Vision basiert auf einer Fülle von wissenschaftlichen Untersuchungen, diskutierten und eingeleiteten Maßnahmen, ist aber doch in freier Gestaltung zu einer beispielhaften Vision verdichtet worden. Sie zeigt auf, dass die Klimakrise zwar bedrohlich ist, Klimaschutzmaßnahmen dies aber keineswegs sein müssen, weil trotz der notwendigen vielfältigen Veränderungen und Weiterentwicklungen, auch in den persönlichen Lebensgewohnheiten, die Lebensqualität wesentlich steigen kann.

Grundannahmen – von Emissionsreduktionszielen zur Umsetzung

Die im Ref-NEKP enthaltenen Vorschläge bewegen sich weitgehend in einem konventionellen sozioökonomischen Rahmen und könnten daher bei hinreichendem Willen vergleichsweise rasch konsensfähig sein. Mögliche tiefer greifende strukturelle Änderungen, wie etwa die Einführung von Vollgeld, der Übergang zu einer „Doughnut Economy“ im Sinne von Raworth oder die Einführung eines bedingungslosen Grundeinkommens, bedürften eines längeren gesellschaftlichen Diskurses und werden im Ref-NEKP daher, mit Blick auf breite Akzeptanz, nicht von vornherein angenommen.

Hinsichtlich der noch verfügbaren Treibhausgasemissionen wurde angenommen, dass Österreich von den global ab 2017 noch zulässigen Emissionen jener Teil zusteht, der dem Anteil der österreichischen Bevölkerung an der globalen Bevölkerung entspricht (in der Fachsprache „Equal per Capita“). Die 1000 Mio. Tonnen Treibhausgasbudget, die so Österreich für den Zeitraum 2017–2050 zugestanden werden, sind mehr, als der globalen Klimagerechtigkeit entsprechen, weil den Entwicklungsländern mehr als der „Equal per Capita“-Anteil zugestanden werden müsste.

Da maximal 5 % bis 10 % der derzeitigen Emissionsmenge mittels aktiver Kohlenstoffspeicherung durch Boden- und Waldbewirtschaftung ökologisch gut verträglich gebunden werden können, muss Österreich bis 2045 seine Emissionen um mindestens 90 % bis 95 % verringern, um die erforderliche Klimaneutralität für das 1,5-°C-Ziel zu erreichen. Ein für den Ref-NEKP erstellter beispielhafter Referenz-Reduktionspfad (Musterzielpfad) für Österreich bis 2050 (**Abb. 1**) erreicht Netto-Null-Inlandsemissionen (Klimaneutralität) ab 2045. Ausgleichsfinanzierungen zusammen mit anderen Industrieländern an wirtschaftlich schwächere Länder („Green Climate Funds“) bleiben im Sinne der Klimagerechtigkeit dennoch ein wichtiges Thema, um die zusätzliche Verantwortung für frühere Emissionen bis 2017 im Sinn eines gerechten Ausgleichs zu übernehmen.

Im Musterzielpfad sind sowohl die Gesamtemissionen als auch der Teil der Emissionen modelliert, die nicht vom Europäischen Emissionshandelsystem erfasst werden („Non-ETS“), da einerseits der Beitrag zu den Pariser Klimazielen natürlich für die Gesamtemissionen zu erreichen ist, andererseits der NEKP konkret für die Erreichung der nationalen

Ziele bei den Non-ETS-Emissionen verantwortlich ist. Es wird auch deutlich sichtbar, dass das derzeit von der EU vorgegebene NEKP-Mindestziel von –36 % Emissionsreduktion gegenüber 2005 im Non-ETS-Bereich für den Pariser Klimazielweg nicht reicht. Will Österreich diesen Weg glaubwürdig gehen, ist eine Nachbesserung auf mindestens –50 % nötig.

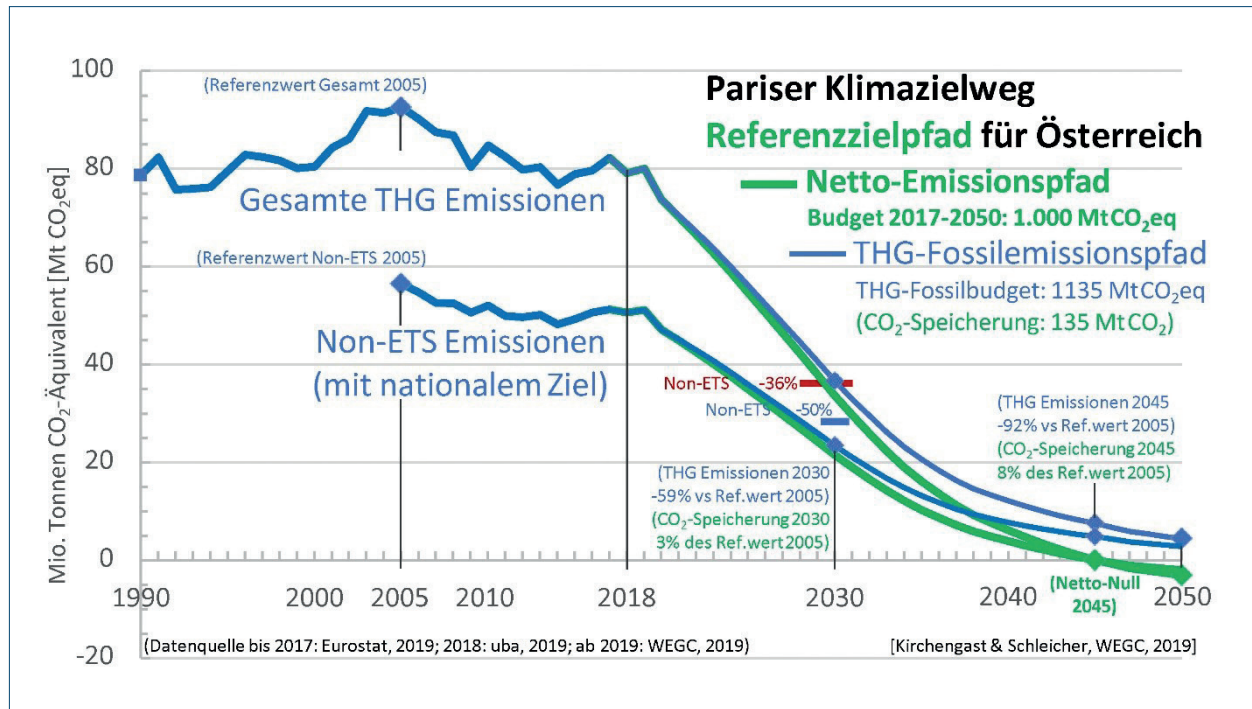


Abb. 1: Pariser Klimazielweg – ein beispielhafter Referenzielpfad (Musterzielpfad) für Österreich, der im Einklang mit den EU-Zielen bis 2050 und mit dem globalen 1,5-Grad-Ziel ist. (Quelle: Ref-NEKP Kap. 1).

Ob Österreich seinen Beitrag zum Paris-Ziel erreichen kann, hängt also einerseits grundlegend vom Willen zur Orientierung an einem ausreichend ambitionierten Reduktionszielpfad ab, andererseits vom konkreten Umsetzungspfad für Klimaschutz, welcher den nötigen Abbau der fossilen Emissionen real bewirken muss. Der Übergang von Sub-Zielen (z. B. erneuerbarer Anteil in der Energieerzeugung) zu Maßnahmen (z. B. Förderung von erneuerbare Energien) und zu konkreten Instrumenten (z. B. eine Prämie für Strom aus Windkraft in der Höhe von XX Cent pro kWh) ist dabei in vielen Fällen nicht eindeutig, sondern fließend. Klare Rahmenzielsetzungen zur Orientierung sind also entscheidend.

Je näher man an die Ausgestaltung und Art (z. B. steuerlich, ordnungspolitisch, bewusstseinsbildend) von Instrumenten zur Erreichung der (Sub-)Ziele

gelangt, umso mehr spielen Werte eine Rolle. Die Wissenschaft kann die unterschiedlichen Auswirkungen der Instrumentengestaltung aufzeigen und analysieren, aber nicht entscheiden, welches Instrument gesellschaftlich am besten ist. So können verschiedene Ausgestaltungen die gleiche Emissionsreduktion erreichen, jedoch mit unterschiedlichen sozialen, ökonomischen und ökologischen Folgewirkungen. Im Ref-NEKP werden vier Beispiele von möglichen Klimaschutz-Umsetzungspfaden für Österreich beschrieben, die unterschiedlich gewichtete gesellschaftliche Wertevorstellungen enthalten, aber alle mit hoher Wahrscheinlichkeit das Erreichen des Pariser 1,5-°C-Ziels ermöglichen.

Umsetzung konkret – Rahmenziele, Maßnahmen- bündel, Umsetzungspfade

Der Ref-NEKP hebt zum einen Rahmenmaßnahmen und Rahmenzielsetzungen sowie grundlegende Basismaßnahmenbündel hervor, die für Österreichs Beitrag zur Erreichung des 1,5-°C-Zieles essenziell sind, und zeigt zum anderen auch mögliche Umsetzungswege auf, die unterschiedliche wertebasierte Gewichtungen der Maßnahmen annehmen. Die Beschreibung beider erfolgt qualitativ, da mit den gegebenen Ressourcen noch keine Quantifizierung möglich war bzw. noch einiger Forschungsbedarf besteht. Die Basismaßnahmen sind als Grundgerüst anzusehen, ohne das der notwendige Beitrag zur Erreichung des 1,5-°C-Ziels als nicht realistisch angesehen wird.

Für den tatsächlichen Klimaschutz Erfolg benötigt es konkrete Ausformulierungen dieser Bündel sowie mit hoher Wahrscheinlichkeit zusätzliche Maßnahmen. Diese Konkretisierung ist der Politik vorbehalten. Basierend auf einem ExpertInnen-Workshop im August 2019 wurden jedoch, wie oben erwähnt, vier mögliche Umsetzungspfade erarbeitet, die im Ref-NEKP beschrieben werden. Sie unterscheiden sich vor allem in dem Verständnis von Innovation und Steuerung, abhängig von unterschiedlichen Wertevorstellungen.

Zum einen können bei der Gestaltung des notwendigen gesellschaftlichen Wandels entweder technische oder soziale Innovationen stärker betont werden. Zum anderen kann Steuerung stärker durch Regierung und Verwaltung umgesetzt werden (top-down) oder stärker von Graswurzelbewegungen und Initiativen der BürgerInnen ausgehen (bottom-up). Dadurch ergeben sich folgende vier Pfade: (1) *der technologie- und marktfokussierte Pfad (Klimaschutz durch Technik & Regulierung)*; (2) *Mehr-Ebenen-System Innovation (Technische Innovation von unten)*; (3) *sozial-ökologische Transformation (Klimaschutz & Fairness durch Vorschriften)* und (4) *Up-Scaling sozialer Innovationen (Klimaschutz durch innovative Gesellschaft & Wirtschaft)*. Übergeordnetes Ziel ist eine nahezu treibhausgasemissionsfreie Gesellschaft und Wirtschaft bis spätestens Mitte dieses Jahrhunderts, bei gleichzeitig steigender Lebensqualität.

Entscheidende übergreifende **Rahmenmaßnahmen und Rahmenzielsetzungen** für eine erfolgreiche Transformation zu einer klimaemissionsfreien und klimarobusten Wirtschaft und Gesellschaft orientiert am Emissions-Referenzzielpfad hin zur Klimaneutralität bis 2045 sind (zum leichteren Verständnis mit konkreten Maßnahmenbeispielen ergänzt):

- **Klimagerechte Steuerreform:** eine sozial-, wirtschafts- und umweltgerechte Steuerreform, auch sozial-ökologische oder ökosoziale Steuerreform genannt, die Kostenwahrheit annähert (CO₂-Preis, Abbau fossiler Subventionen, Anreiz klimafreundlicher Innovationen) und mit Blick auf breite Akzeptanz zugleich Entlastung für Menschen mit niedrigem Einkommen sowie für Nebenkosten auf Arbeit sicherstellt;
 - **Beispiel:** *Scientists for Future empfehlen einen Einstiegspreis für Emissionen, die nicht vom europäischen Emissionshandel betroffen sind (v. a. Verkehr und Gebäude), von mindestens 50 Euro/t CO₂, der bis 2030 auf mind. 130 Euro/t CO₂ ansteigen sollte. Dieser Preis könnte auch im europäischen Emissionshandel als Mindestpreis fungieren. Die Verwendung der Steuereinnahmen gilt es aufkommensneutral und transparent zu gestalten, so wie auch für einen Klimabonus zu verwenden, der an alle Haushalte pro Kopf ausbezahlt wird.*
- **Hocheffiziente Energiedienstleistungen:** enge Technologievernetzungen zur optimalen Entwicklung hocheffizienter Energiedienstleistungen über alle Sektorgrenzen hinweg (Energie & Industrie, Verkehr, Gebäude, Land- & Forstwirtschaft usw.) und für alle Konsumbedürfnisse, sodass der Primärenergiebedarf für jede Art Bedarfsabdeckung einschließlich für Mobilität grundlegend reduziert wird und fossile Energieträger vollständig durch erneuerbare ersetzbar werden, ohne die nötige systemische Robustheit (Resilienz) außer Acht zu lassen;
 - **Beispiel:** *Die öffentliche Hand fungiert als Vorreiter und Enabler für zukunftsfähige Gebäudestrukturen: Gebäude werden als integrierter und integrierender Bestandteil des Energiesystems gestaltet – in Verwendung, Speicherung und Bereitstellung von Energie. Damit werden Experimentierräume geboten und die Entwicklung von Energie-Hubs mitgestaltet.*

- **Umbau zur Kreislaufwirtschaft:** ein übergreifender wirtschaftspolitischer Fokus auf Umbau hin zu einer Kreislaufwirtschaft, um primäre Material- und Energieinputs tiefgreifend und dauerhaft zu reduzieren, die Lebensdauer materieller Güter zu erhöhen und die Abfallmengen zu minimieren;
 - **Beispiel:** *Einführung einer verpflichtenden Folgenabschätzung für das verfügbare Klimabudget für alle genehmigungspflichtigen Investitionen (von Gebäuden und Anlagen bis zu Verkehrswegen). Auf der Produktebene auf Basis der Ökodesign-Richtlinie strenge Vorschriften bzgl. Garantiesprüchen (Lebensdauer), Reparierfähigkeit und Recyclingfähigkeit. Anreize für die Reduktion von Lebensmittelabfällen.*
- **Klimazielfördernde Digitalisierung:** eine alle digitalen Systeme umfassende, zielgerichtete Nutzung und Förderung der Möglichkeiten der Digitalisierung („Industrie 4.0“), konsequent im Einklang mit und im Dienst einer klima- und umweltgerechten Lebens- und Produktionsweise (neuer Kernbereich „Umweltschutz 4.0“), sodass Digitalisierung (Internet der Dinge, Smart Grids, Automatisierung usw.) Ressourcenbedürfnisse wirklich tief greifend senken hilft;
 - **Beispiel:** *Automatisiertes Fahren nur für Zero-Emission-Fahrzeuge und im öffentlichen Verkehr; Designvorschriften für Smart-Meter, die nachweislich helfen, Energieverbrauch zu reduzieren und zugleich die Privatsphäre schützen. Investitionsentscheidungen in intelligente Stromnetze sollen auf Integration erneuerbarer Energien fokussieren. Gezielte Gestaltung der Digitalisierung verhindert Rebound-Effekte.*
- **Klimaschutzorientierte Raumplanung:** eine klar klimaschutzorientierte Energie- und Mobilitäts-Raumplanung, mit Schwerpunkt auf urbanen und regionalen Kernräumen nach den Grundsätzen von Funktionsmischung, maßvoller Dichte und Innenentwicklung, die kurze Wege schafft und den Energie- und Mobilitätsbedarf strukturell verringert;
 - **Beispiel:** *Einkaufsmöglichkeiten innerhalb statt konzentriert am Rand von Siedlungen; keine weiteren Umwidmungen in Bauland bei bestehenden Leerständen; Einschränkung der Parkplatzflächen gekoppelt mit dem Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs und von Ride & Car-sharing-Angeboten.*
- **Adäquater Ausbau erneuerbarer Energien:** am Gesamtsystem orientierter und gezielt am Energiedienstleistungsbedarf ausgerichteter rascher Ausbau der Produktionskapazitäten für Elektrizität und Fernwärme und -kälte aus erneuerbaren Energiequellen (Sonne, Wind, Wasser und Biomasse) sowie der jeweilig notwendigen Energie-, Anergie- und Informationsnetze und -speicher, und abgestimmt mit der Optimierung der Effizienz von Energiedienstleistungen und den Erfordernissen des Umwelt- und Naturschutzes sowie der Resilienz;
 - **Beispiel:** *Rahmensetzung für die Entwicklung von Energie-Hubs: die neuen Cluster-Strukturen für Elektrizität, Wärme, Gas und Informationstechnologien verbinden deren Komponenten. Investitionsförderungen und Einspeisevergütungen für erneuerbare Energien, gekoppelt an Bedarfs- und Effizienzprüfungen sowie Umweltprüfungen; Investitionen in den Ausbau eines intelligenten Stromnetzes und Energiespeicher.*
- **Naturverträgliche Kohlenstoffspeicherung:** eine gezielt auf Basis zunehmend biologisch-regenerativ orientierter Land- und Forstwirtschaft aufgebaute Kohlenstoffspeicherung in Österreichs Böden und Holzbiomasse durch Einschränkung der Bodenversiegelung und durch Humusaufbau sowie mittels Energiewaldwirtschaft und Holznutzung, um mit nachhaltiger Landnutzung das Nötige zur Klimaneutralität beizutragen;
 - **Beispiel:** *Ausbau der jährlichen Speicherfähigkeit um ca. 0,3 Mt CO₂/Jahr ab 2020 bis zu einer jährlichen Kapazität von ca. 7,5 Mt CO₂/Jahr ab 2045; durch Förderung von Maßnahmen zum Humusaufbau in der Landwirtschaft (biologischer Landbau, Leguminosen, Rückführung der Erntesterne, Pflanzenkohle) und biologisch-regenerativ orientierter Forstwirtschaft. Kohlenstoffspeicherung integriert in der Bioökonomie.*
- **Wegweisende Pariser Klimaziellorientierung:** sektor- und ebenenübergreifende Ausrichtung aller Entscheidungen, Verordnungen und Gesetze am Pariser Klimaziel, u. a. durch Schulung der EntscheidungsträgerInnen in Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Unterstützung der überparteilichen, internationalen Pariser Klimaziellbewegung aus zivilgesellschaftlichen, institutionellen

und politikgestaltenden AkteurInnen (aus NGOs, Graswurzelbewegungen wie Fridays For Future, Sozialpartnern, Unternehmen, Universitäten, Institutionen der EU, Medien, politischen Parteien u. v. m.), die wegweisend, bahnbrechend und weg-begleitend das Mitgehen Österreichs am Pariser Klimazielweg sicherstellt;

- **Beispiel:** *Folgenabschätzung aller Investitionen, Gesetze und Verordnungen für das verfügbare Treibhausgasbudget. Klimawirksamkeit wird damit als verbindliches Entscheidungskriterium in alle politischen Entscheidungen einbezogen, z. B. in Entscheidungen zu Handels- und Investitionsabkommen und Infrastrukturmaßnahmen (z. B. 3. Piste Wien-Schwechat, 5G-Ausbau, Digitalisierungsförderungen).*
- **Bildung und Forschung zu Klima und Transformation:** Verankerung des Themas Klimawandel und Transformation im Rahmen systemischer Ansätze als wesentlicher Teil aller Bildungs- und Ausbildungswege, von Kindergärten bis Universitäten, in Verbindung mit einer grundlegenden Umorientierung der Bildung hin zu motivationsbasiertem, individuell-förderndem, kreativitätsförderndem, problem- und projektorientiertem sowie fächerübergreifendem Unterrichten und Lernen; in Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen gleichzeitig Stärkung öffentlicher Investitionen für Forschung, Entwicklung und Innovation zu diesem Thema, auch um nicht nutzerinteressensgeleitete Forschung im notwendigen Ausmaß zu gewährleisten.

Ergänzend dazu sind **sektorspezifische Maßnahmenbündel** wichtig, mit Schwerpunkt auf die Sektoren Energie & Industrie, Verkehr, Gebäude, Land- & Forstwirtschaft, Bioökonomie sowie Stofffluss- & Abfallwirtschaft, die nahtlos in die oben genannten Rahmenmaßnahmen und Rahmenzielsetzungen zu integrieren sind, da sie nur so ausreichend wirksam werden.

Sektorspezifische Maßnahmenbündel im Sinne notwendiger Basismaßnahmen sind:

- **Energie & Industrie:** Reduktion des Energiebedarfes, Steigerung der Energieeffizienz und adäquater Ausbau erneuerbarer Energien; Investitionen in dezentrale, intelligente Stromnetze und Speicher sowie in der Industrie ein Fokus auf bedarfsorientierte, langlebige und reparierbare Qualitäts-

produkte (keine geplante Obsoleszenz), Kreislaufwirtschaft, klimazielfördernde Digitalisierung und effiziente sektorübergreifende Lösungen („Sektor-kopplung“). Ziel ist eine starke Verringerung des Energie- und des Ressourcenverbrauchs und ein entsprechend starker Abbau von Emissionen, der wegen des geringeren Verbrauchs auch kostensenkend wirkt;

- **Verkehr:** eine Aufwertung der aktiven Mobilität (Radfahren, Gehen) und des öffentlichen Verkehrs, Einführung von Mobilitätslenkungsabgaben (zzgl. zu einem CO₂-Preis) und/oder einer Verringerung der Höchstgeschwindigkeit (insbes. auf Autobahnen als eine effektive und vergleichsweise rasch umsetzbare Maßnahme). Weiters Maßnahmen, die sicherstellen, dass fossile Antriebe zeitgerecht auslaufen (z. B. keine Neuzulassung von fossil betriebenen Personen-Kfz einschließlich Zweirädern ab 2030) und dass klimazielfördernde Digitalisierung und Automatisierung sowie Mobilitäts-Raumplanung eine nahezu emissionsfreie und für alle leistbare Mobilität unterstützen;
- **Gebäude:** Beurteilung von Gebäuden nicht nur individuell, sondern auch im Verbund in Quartieren und Arealen; Priorität von Sanierung vor Neubau in allen Genehmigungen, Förderungen etc.; Nutzung klimafreundlicher Materialien und Bauweisen und Verankerung dieser in Richtlinien und Gesetzen; lokale Strom- und Wärmenetze (insbesondere für Abwärme) und Produktion, Verteilung sowie Speicherung in „Energy Hubs“. Programme und Förderungen für nachhaltige Gebäude zielen auf integrierte Sanierung und klare Vorschriften für klimagerechte Standards in Neubau und Sanierung ab (z. B. klimagerechte Bau- und Dämmmaterialien, Raum und bodenschonende Bauweisen, Passivhaus-Standard, Plusenergie-Gebäude) sowie auf Integration der Gebäude in lokale Heiz- und Kühlsysteme (Energieerzeugung, -speicherung, -kreislaufführung und thermische Qualität). Weiters profitieren von klimaschutzorientierter Raumplanung, die Wohnen, Arbeiten und Mobilität im Sinn einer Funktionsmischung näher zusammenführt, Städte und ländliche Räume;
- **Land- & Forstwirtschaft:** zunehmend flächen-deckender Ausbau von klimafreundlichen und klimawandelrobusten Bewirtschaftungsformen, insbesondere Biolandbau; starke Reduktion des Stickstoff-Mineraldüngereinsatzes und Tierbe-

standes (wegen deutlicher Verringerung des Fleischkonsums); nachhaltigkeitsorientierte Präzisionslandwirtschaft; Aufbau von Bodenhumus und Holzbiomasse für Kohlenstoffspeicherung und Bioökonomie; Erhalt von Moorböden; Unterstützung nachhaltiger Ernährungsweisen (weniger Fleischkonsum, für alle leistbare biologische Lebensmittel). Der Erhalt und die Erhöhung von naturverträglicher Kohlenstoffspeicherung in Böden und Wäldern, mit Rücksicht auf Biodiversität, ist dabei eine übergreifende Priorität;

- **Bioökonomie:** forciertes Aufbauen einer kreislauforientierten, nachhaltigkeitsorientierten Bioökonomie (auch im sozioökonomischen Bereich), unter sorgfältiger Berücksichtigung von Zielkonflikten mit Nahrungsmittelerzeugung (z. B. Flächenbedarf) und Umwelt (z. B. Biodiversität), vor allem durch kaskadische Nutzung (Holzbau, Ersatz fossiler Rohstoffe in der Produktion). Es soll zu Emissionsabbau und zu Kohlenstoffspeicherung ein wichtiger Beitrag geleistet werden;
- **Stofffluss- & Abfallwirtschaft:** weiterer Ausbau des Fokus auf stofflicher Verwertung und Abfallvermeidung im Sinn kreislaufwirtschaftlicher Konzepte (z. B. „Design for Maintenance / Re-use / Re-furbishment / Re-cycling / Re-selling“). Ebenso ist es wichtig, die Klimaschutzpotenziale für Emissionsverringerung und Emissionsvermeidung in der Abfallbehandlung (z. B. Deponienachsorge, Abfallverbrennung) optimal auszuschöpfen.

Eine Zusammenstellung der Basismaßnahmen befindet sich in **Tabelle 2** im Kapitel 4 auf Seite 46–48.

Schlussbemerkungen

Die Arbeit am Ref-NEKP und seine Inhalte bestätigen hinsichtlich der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen oder Maßnahmenbündel, trotz quantitativer Unsicherheiten, was die Wissenschaft auch auf internationaler Ebene übereinstimmend feststellt: Die Diskussion darum, welche Maßnahmen grundsätzlich erforderlich sind, ist (nahezu) obsolet, denn es werden (fast) alle sinnvollen Maßnahmen eingesetzt werden müssen. Es geht lediglich darum, wie sie gewichtet und ausgestaltet werden und welche sozialen,

ökonomischen und ökologischen Folgewirkungen damit erreicht bzw. ausgeschlossen werden können.

Fast alle Maßnahmen haben neben ihrer Klimawirkung auch andere gesellschaftliche und ökologische Auswirkungen. Eine gut durchdachte und unter Einbindung aller Akteure guten Willens akkordierte Klimapolitik kann Synergien zwischen diesen Bereichen nutzen und daher wesentliche Fortschritte auch in vielen anderen Bereichen der Gesellschaft erzielen. Ein nahezu treibhausgasemissionsfreies Österreich mit Netto-Null-Treibhausgasemissionen spätestens Mitte des Jahrhunderts, bei gleichzeitig steigender Lebensqualität, ist keine Illusion, sondern sogar eine große Entwicklungschance.

Der Ref-NEKP soll Hilfestellung für eine derartige zukunftsfähige Politik sein. Er ist auch Zeichen dafür, dass die österreichischen WissenschaftlerInnen bereit sind, sich in den Dienst der notwendigen Transformation der österreichischen Gesellschaft zu stellen. Sie stehen allen AkteurInnen in diesem Prozess gerne auch in der weiteren Folge mit ihrer Kompetenz zur Verfügung. Möge der Ref-NEKP im Interesse Österreichs und der Pariser Ziele zu einer klimagerechten Zukunft beitragen!

1. Einleitung und Motivation

Die europäischen Mitgliedsstaaten (MS) müssen der Europäischen Kommission (EK) bis Ende 2019 einen finalen Energie- und Klimaplan übermitteln, der eine Liste an Maßnahmen enthält, mit denen die jeweils nationalen Klima- und Energieziele für 2030 erreicht werden können¹. Ende 2018 wurde ein erster Entwurf des nationalen Energie- und Klimaplanes (fortführend *Entwurf-NEKP* genannt) zur Begutachtung an die EK übermittelt (BMNT, 2018a).

Die EK hat diesen Plan als ungenügend beurteilt, vor allem bzgl. der Beschreibung, des Ausmaßes und der Bewertung der geplanten Maßnahmen (EK, 2019). Die im Entwurf-NEKP enthaltenen Maßnahmen und Instrumente sind daher nicht ausreichend, um die Klima- und Energieziele für 2030 und v. a. den völkerrechtlich verbindlichen österreichischen Beitrag für das 1,5-°C-Ziel des Pariser Abkommens (UNFCCC, 2015)² zu erreichen. Eine darin enthaltene Szenarienanalyse des Umweltbundesamtes (UBA) zeigt zudem auf, dass die Emissionen in Sektoren, die nicht am Emissionshandel teilnehmen (*Nicht-ETS*: Verkehr, Landwirtschaft, Gebäude, nicht-energieintensive Industrie, Abfallwirtschaft, fluorierte Gase), mit Fortführung derzeit *bestehender* Maßnahmen den vorgegebenen Pfad für die Erreichung des 2030 Zieles weit verfehlen³.

Eine Szenarienanalyse, die die zusätzlich *geplanten* Maßnahmen im Entwurf-NEKP berücksichtigt, ist vorgesehen, wurde aber vom UBA noch nicht veröffentlicht. Die im Entwurf-NEKP zusätzlich *geplanten* Maßnahmen kommen jedoch weder an die Maßnah-

men des Energie- und Klimaszenarios *Transition* des Umweltbundesamtes (2017a), noch an das hier präsentierte Basismaßnahmenpaket heran. Das *Transition*-Szenario ist das bisher einzige vom UBA veröffentlichte Szenario, das alle offiziellen 2030-Ziele gemäß der EU-Vorgaben erreicht, damit aber trotzdem deutlich hinter dem 1,5-°C-Ziel des Pariser Abkommens zurückbleibt⁴.

In Österreich tätige WissenschaftlerInnen, die sich mit Klimaforschung und Transformationsforschung beschäftigen, haben nach mehreren – meist unbeantwortet gebliebenen – Stellungnahmen und Unterstützungsangeboten an die Regierung (CCCA, 2018, 2019; CCCA und NKK, 2018; NKK, 2018, 2019a, 2019b) beschlossen, einen Schritt weiter zu gehen und aufzuzeigen, dass und insbesondere wie Österreich seinen Beitrag zur Erreichung des Pariser Ziels zu leisten in der Lage ist. Auf Basis schon bestehender wissenschaftlicher Analysen wird daher ein Referenzplan als Grundlage für einen erfolgswfähigen NEKP angeboten. Dieser enthält strategische Rahmenmaßnahmen und konkrete Maßnahmenbündel, mit denen die Mindestziele für 2030, aber vor allem auch die Einhaltung des globalen 1,5-°C-Ziels gemäß Pariser Abkommen und die damit verbundene langfristige strategische Vision „Klimaneutralität bis 2050“ der EK (2018) tatsächlich und wirkungsvoll erreichbar sind.

Die im Referenzplan beschriebenen Pfade sind jedoch nicht als direkte Blaupause für eine Regierung gedacht, sondern als mögliche Umsetzungswege mit unterschiedlichen wertebasierten Optionen für die Gewichtung von Maßnahmenbündeln. Die WissenschaftlerInnen halten sich streng an die Losung des

1 Die von der österreichischen Bundesregierung gesetzten 2030-Ziele sehen vor: (1) eine Reduktion der Treibhausgasemissionen, die nicht im europäischen Emissionshandel erfasst sind (Nicht-ETS), um 36 % gegenüber 2005; (2) eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am (a) Bruttoendenergieverbrauch (45–50 % gegenüber 32,6 % im Jahr 2017) und (b) in der Stromerzeugung (100 % gegenüber 72 % im Jahr 2017); sowie (3) eine Reduktion der Primärenergieintensität um 25–30 % gegenüber 2015 (im derzeitigen Entwurf-NEKP entspricht dies einer Reduktion des energetischen Endverbrauches (EEV) auf 986-1057 PJ – im Jahr 2017 lag der EEV bei 1130 PJ).

2 Der Wortlaut des Artikels 2(a) des Pariser Abkommens (UNFCCC, 2015, S. 21): „Holding the increase in the global average temperature to well below 2 °C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change.“

3 Mit bestehenden Maßnahmen könnten sich die Emissionen im Jahr 2030 auf 43,3 Mt CO₂ belaufen und liegen damit weit über dem Zielwert von 36,4 Mt CO₂ (eine Reduktion von nur 24 % statt der im Effort-Sharing innerhalb der EU vereinbarten 36 % gegenüber 2005).

4 Das WAM-plus-Szenario aus einer älteren Analyse (Umweltbundesamt, 2015a) kommt mit einem ähnlichen Maßnahmenkatalog an das Transition-Szenario heran. Es liegen in dieser UBA-Publikation jedoch keine Angaben zu THG-Emissionen vor.

Weltklimarats IPCC: politikrelevant, aber nicht Politik vorschreibend. Priorisierung von Zielen und Maßnahmen profitieren zwar massiv von wissenschaftlicher Beratung, sind aber aus wissenschaftlichen Diagnosen allein nicht ableitbar, da diesen Priorisierungen auch Werte als Maßstab zugrunde liegen (z. B. ökonomisch oder sozial optimiert oder mit der höchsten öffentlichen Akzeptanz). Politische Entscheidungen müssen daher PolitikerInnen vorbehalten bleiben.

Dies ist umso wichtiger, als es für die Klimakrise keine wissenschaftlich ermittelbare, optimale Lösung geben kann, weil sich Interessenlagen, Weltbilder und Werthaltungen der Akteure unterscheiden (siehe z. B. Flemming und Brand, 2017). Es geht um eine sogenannte „clumsy solution“. Die Wissenschaft versteht darunter eine Lösung, die unter Einbindung der verschiedenen Interessen ausgehandelt werden muss, sodass letzten Endes alle Akteure guten Willens in der Umsetzung zusammenwirken, wenn auch aus verschiedenen Gründen. Der leichten Lesbarkeit wegen werden die Formulierungen im Ref-NEKP jedoch in Anlehnung an die Entwurf-NEKP-Vorlage nicht als Möglichkeiten, sondern als Vorhaben formuliert.

Auch wenn das von der EU vorgegebene Mindestziel für den NEKP die Erreichung der 2030-Energieunion-Ziele ist, sollte Österreich die Chance nutzen, mit diesem Plan das aus wissenschaftlicher Sicht notwendige 1,5-°C-Ziel des Pariser Abkommens zu erfüllen, wofür –36 % Emissionsreduktion gegenüber 2005 nicht ausreicht. Die Weichen für die Erreichung des 1,5-°C-Zieles gilt es wegen der erforderlichen umfassenden Transition unmittelbar zu stellen.

Auch aus eng wirtschaftlicher Sicht ist es ratsam, dass Österreich über die EU-Mindestziele hinausgeht: Wenn Österreich international wettbewerbsfähig bleiben will, muss es die Märkte der Zukunft bedienen, die neben dem Bedarf der Industrieländer in der rasant wachsenden Mittelschicht der Schwellen- und Entwicklungsländer liegen. Da dort Klima- und Umweltprobleme noch viel präsenter und schmerzlicher sind als in Europa, werden diese Länder zunehmend klima- und umweltfreundliche Produkte und Dienste nachfragen. Diesbezügliche Pioniere in Österreich leiden derzeit unter anderem darunter, dass es für ihre Produkte in Österreich kaum einen Markt gibt, und sie auf Referenzanlagen und -produkte im Ausland verweisen

müssen. Insgesamt ist also auch die Inlandsnachfrage ein wesentlicher Faktor.

Will Österreich im Sinne der strategischen Vision „Klimaneutralität bis 2050“ der EK (2018) eine innovative Rolle in der Transformation unserer Gesellschaft und Wirtschaft zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals, SDGs) einnehmen, dann reicht es nicht aus, nur Maßnahmen zu identifizieren, die zu mehr Energieeffizienz, einem erhöhten Anteil erneuerbarer Energien und zur Entwicklung innovativer Technologien führen. Es bedarf vielmehr eines ganzheitlichen systemischen Ansatzes, der Sektorgrenzen überwindet (Stichwort: Integration / Sektorkopplung), die Bedürfnisse der Menschen in den Vordergrund stellt (Stichwort: Gutes Leben / Funktionalitäten) und die Wechselwirkungen mit anderen Nachhaltigkeitszielen berücksichtigt.

Dieser Zugang führt zu tiefgreifenden Veränderungen in den Bereichen Arbeit (z. B. Arbeitszeit), Leben (z. B. den Lebensumständen angepasstes Wohnen) und Mobilität (z. B. multimodales Unterwegssein). Neben der Entwicklung und dem Einsatz innovativer Technologie bedarf es dazu der kritischen Bewertung und Transformation der Wirtschaftsstruktur, der Entwicklung und des Einsatzes sozialer Innovationen, der Schaffung von Möglichkeitsräumen für die Neubewertung und Änderung von Gewohnheiten und Handeln sowie der Entwicklung von fairen und gerechten Transformationspfaden (Brand und Niedermoser, 2019; Flemming und Brand, 2017; Frank-Stocker, 2019; Schleicher u. a., 2018; Schleicher und Steininger, 2018).

Den NEKP gilt es weitergehend auch in einen österreichischen Plan zur Umsetzung der 17 SDG-Ziele für eine nachhaltige Entwicklung der UNO einzubetten, zu denen sich Österreich schon 2015 bekannt hat. Da ein solcher für Österreich noch fehlt, haben sich 15 österreichische Universitäten im Rahmen des Projektes UniNetZ zusammengesetzt, um Optionen zur Erreichung der 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung für Österreich zu erarbeiten. Der Ref-NEKP ist ein erster Einstieg in diese umfassendere und tiefergehende Arbeit. Er fokussiert lediglich auf den Klimaschutz. Wo möglich, wird auf Wechselwirkungen mit anderen Nachhaltigkeitszielen (SDGs) Bezug genommen (z. B. Verteilungsaspekte einer sozial-ökologischen Steuer-

reform; Nutzung natürlicher Ressourcen für E-Mobilität).

Die gleichzeitige Verfolgung und Umsetzung der 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (einschließlich des in SDG13 verankerten Pariser Klimaabkommens) wird zu einer tief greifenden ökologischen und gerechten gesellschaftlichen Transformation führen. Erst in einer Gesamtschau der SDGs zeigen sich mögliche Synergieeffekte zwischen den hier beschriebenen Klimaschutzmaßnahmen und anderen SDGs, wie auch Zielkonflikte. Der 1,5-°C-Bericht des IPCC (2018, S. 22) geht klar davon aus, dass bei Klimaschutzmaßnahmen die Synergien überwiegen. Dennoch müssen weiterreichende Ansätze und Maßnahmen dem Optionenbericht des UniNEtZ-Projektes zu den SDGs vorbehalten bleiben.

Es gibt mehrere Möglichkeiten zu berechnen, welche Emissionen in Österreich in welchem Zeitraum noch zulässig sind, wenn Österreich seinen angemessenen und fairen Beitrag zur Erreichung des globalen 1,5-°C-Zieles leistet (siehe z. B. Rogelj u. a., 2019). Im vorliegenden Referenzplan wurde angenommen, dass Österreich von den global ab 2017 noch zulässigen Treibhausgasemissionen jener Anteil zusteht, der dem Anteil der österreichischen Bevölkerung an der globalen Bevölkerung entspricht (in der Fachsprache „Equal per Capita“). Fairerweise müsste den Entwicklungsländern aber mehr als dieser Anteil zugestanden werden, denn sie haben bis 2017 weniger emittiert als die Industrienationen und sie haben beschränktere Möglichkeiten, eine rasche Transformation zu bewerkstelligen.

Über die faire Höhe einer solchen verstärkten Reduktion der Industrieländer ist noch ein wissenschaftlicher und politischer Diskurs im Gang. Insofern kann die Anwendung des „Equal per Capita“-Prinzips auf das verbleibende globale Treibhausgasbudget als Minimalbedingung gesehen werden, um den aus ethischer Sicht mindestens notwendigen Reduktionsanteil für Österreich im Inland abzuleiten. Im vorliegenden Referenzplan wird auf Basis der Analyse von Meyer und Steininger (2017) daher als Grundlage genommen, dass Österreich nach Maßgabe des „Equal per Capita“-Prinzips für 2017–2050 noch über ein

Treibhausgasbudget von 1000 Mt CO₂eq⁵ für seine Emissionen verfügt.

Geht man im Sinne der Pariser Klimaziele davon aus, dass nach 2050 von keinem Land mehr Treibhausgase pro Jahr in die Atmosphäre eingebracht werden, als im gleichen Zeitraum im Boden und in Holzbiomasse (vor allem Wäldern) gespeichert werden können, dann bedeutet diese Klimaneutralität, dass die Inlandsemissionen Österreichs spätestens bis 2050 auf netto-null reduziert sein müssen. Ausgleichsfinanzierungen zusammen mit anderen Industrieländern an wirtschaftlich schwächere Länder („Green Climate Funds“) bleiben gleichzeitig ein wichtiges Thema, um die zusätzliche Verantwortung für frühere Emissionen bis 2017 im Sinn eines gerechten Ausgleichs zu übernehmen.

Die fossilen Treibhausgasemissionen müssen somit spätestens bis 2050 um mindestens 90 % bis 95 % verringert sein, da man im Sinn einer maßvollen Landnutzung davon ausgehen muss, dass maximal 5 % bis 10 % der derzeitigen Emissionsmenge mittels aktiver Kohlenstoffspeicherung durch Boden- und Waldbewirtschaftung langfristig und ökologisch gut verträglich gebunden werden können. Ein konkret mit 1000 Mt CO₂eq Treibhausgasbudget 2017–2050 erstellter beispielhafter Referenz-Reduktionspfad für Österreich erreicht Netto-Null-Inlandsemissionen (Klimaneutralität) ab 2045 und ist im Einklang mit den Pariser Klimazielen, global deutlich unter 2 °C Erwärmung mit Ziel auf 1,5 °C zu bleiben (vgl. z. B. Rogelj u. a., 2019)

Dieser beispielhafte Referenzzielpfad (Musterzielpfad) für Österreich mit einem Kohlenstoffbudget 2017–2050 von 1000 Mt CO₂eq ist zusammen mit weiteren Kontextinformationen in **Abbildung 2** (oben) als „grüner Zielpfad“ dargestellt, ausgehend von den bisherigen fossilen Treibhausgas-(THG)-Emissionen von 1990 bis 2018. Sowohl die Gesamtemissionen als auch der Teil der Emissionen außerhalb des Europäischen Emissionshandelssystems („Non-ETS“) sind dargestellt, da einerseits der Beitrag zu den Pariser Klimazielen natürlich für die Gesamtemissionen zu erreichen ist, andererseits der NEKP konkret für die Erreichung der nationalen Ziele bei den Non-ETS-Emissionen verantwortlich ist. Die folgenden rela-

5 CO₂eq steht für CO₂-Äquivalent und ist eine Rechengröße, die es erlaubt, Mengen verschiedener Treibhausgase mit unterschiedlich starker Klimawirkung zu summieren. Die Aggregation erfolgt mittels des einheitlich angewandten Maßes der Treibhausgaswirksamkeit von CO₂.

tiven (prozentuellen) Reduktionsraten bis 2030 und 2045 (und 2050) gelten sowohl für die Gesamt- als auch die Non-ETS-Emissionen (also für beide „blau-

en Reduktionspfade“), da die darunterliegende Pfadmodellierung gegenüber dem Startjahr 2018 die gleichen relativen Abnahmeraten verwendet.

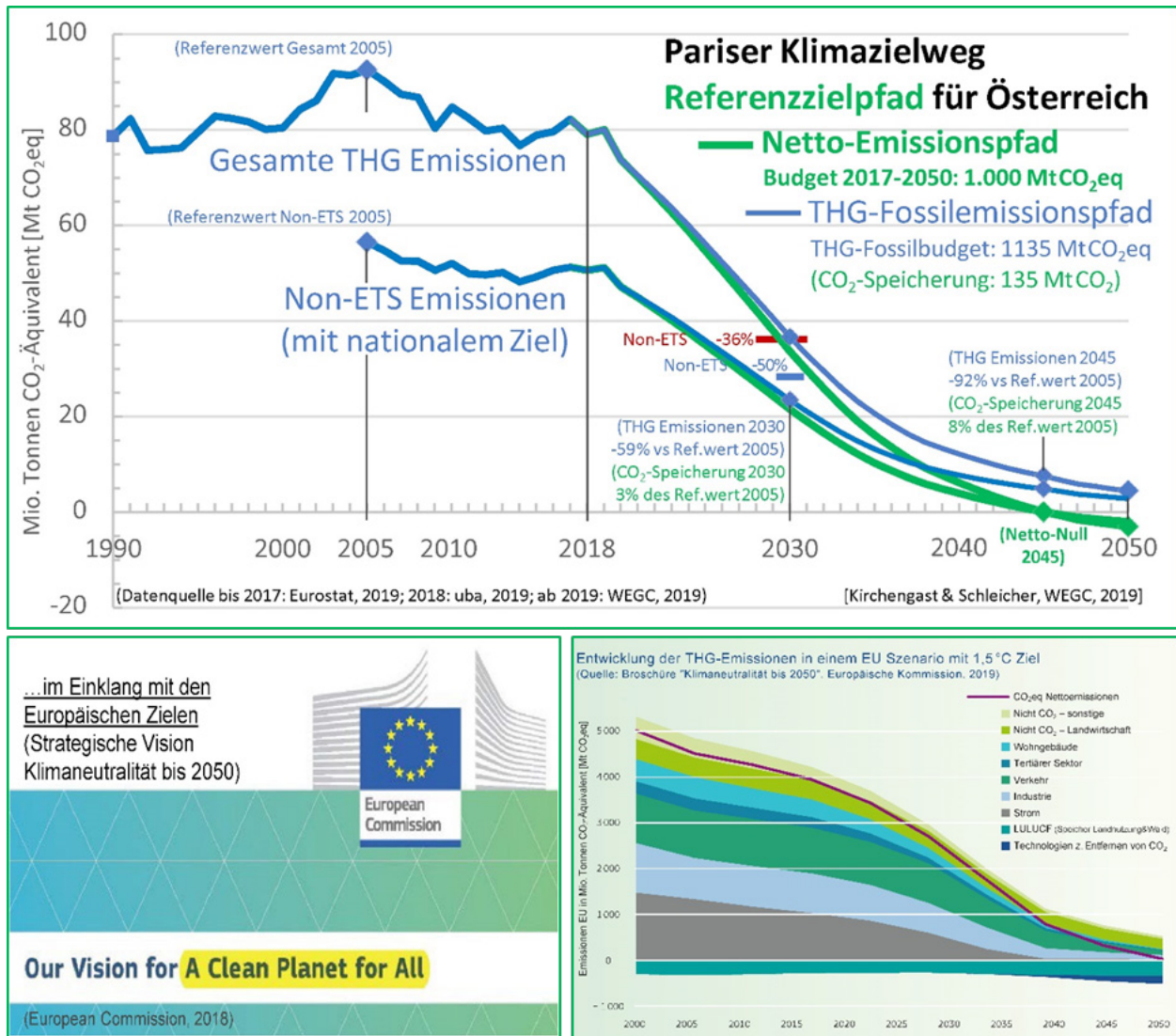


Abb. 2: Pariser Klimazielweg – beispielhafter Referenzzielpfad (Musterzielpfad) für Österreich dargestellt im Rahmen weiterer Kontextinformationen (obere Grafik), im Einklang mit den Europäischen Zielen Richtung Klimaneutralität bis 2050 (untere Bilder) und mit dem globalen 1,5-Grad-Ziel. Genaue Beschreibung siehe Text.

Bis zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen im Jahr 2045 müssen für diesen Zielpfad gegenüber der Emissionsmenge 2005 bis 2030 rund 59 % (gegenüber 2018 rund 54 %) und bis 2045 rund 92 % (2050 rund 95 %) der fossilen THG-Emissionen abgebaut werden (blauer Pfad). Gleichzeitig muss ab 2020 ein systematischer naturverträglicher Aufbau von zunehmender jährlicher Kohlenstoffspeicherkapazität in Böden und Holzbiomasse bis rund 8 % der Emissionsmen-

ge 2005 ab 2045 erfolgen (bis ca. 7,5 Mt CO₂eq/Jahr, zum Schließen der Differenz vom blauen zum grünen Pfad). Sind die noch emittierbaren Netto-THG-Emissionen auf diese Art festgelegt, kann man verschiedene Wege beschreiten, um mit dem so festgelegten Budget orientiert am Zielpfad auszukommen. Den Zielpfad als langfristige Orientierung zu nehmen, meint, dass es einerseits bzgl. der realen THG-Emissionen in der Umsetzung unvermeidlich immer wieder

Jahre und Zeitperioden mit mehr oder weniger deutlichen Abweichungen geben wird; andererseits bleibt der Pfad gleichzeitig jedoch durchgehend ein essenzieller strategischer Wegweiser für das notwendige „Carbon Budget Management“ entlang des gesamten Klimazielwegs bis 2050.

Österreich könnte sich mit einem Klimazielweg, der sich an diesem Referenzzielpfad orientiert, in die Reihe der führenden EU-Länder einbringen. Auch Schweden hat sich beispielsweise vorgenommen, bis 2045 auf Netto-Null-Emissionen zu kommen. Kleinere Regionen und Städte sind z. T. noch ambitionierter und streben Klimaneutralität bis 2040 oder noch früher an. Mit Stand August 2019 unterstützen auch alle nationalratsrelevanten politischen Parteien in Österreich vom grundsätzlichen Bekenntnis her einen THG-Reduktionspfad mit dem Ziel der Klimaneutralität bis spätestens 2050, im Einklang mit dem Zielpfad des Szenarios „Klimaneutralität bis 2050“ der europäischen strategischen Vision „A Clean Planet for All – Ein sauberer Planet für alle“ (**Abbildung 2**, unten).

Für Österreich ist es entscheidend, vom grundsätzlichen Bekenntnis zum ernsthaften Umsetzen zu kommen und nicht zuletzt auch auf Basis dieses Ref-NEKP einen erfolgsfähigen NEKP zu erstellen, der nach der bisherigen strukturellen Stagnation der THG-Emissionen auf hohem Niveau seit den 1990er-Jahren (blaue Kurve in **Abbildung 2** bis 2018) ein Einschwenken auf den Pariser Klimazielweg (grüner Zielpfad ab 2018) mit Halbierung der Emissionen bis 2030 ermöglicht.

In diesem nun vorliegenden Ref-NEKP werden zum einen Basisanforderungen für einen solchen umfassenden Klimaschutz genannt, die sich weitgehend in einem konventionellen Rahmen bewegen und daher bei hinreichendem Willen vergleichsweise rasch konsensfähig sein könnten. Diese Basismaßnahmen sind als Grundgerüst anzusehen, ohne das die Erreichung des 1,5-°C-Ziels als nicht realistisch möglich angesehen wird. Für die tatsächliche Erreichung benötigt es konkrete Ausformulierungen dieser Bündel

als auch zusätzlicher Maßnahmen. Diese Konkretisierung ist der Politik vorbehalten (da der Ref-NEKP *policy-relevant*, aber nicht *policy-prescriptive* ist). Mithilfe eines ExpertInnen-Workshops im August wurden jedoch vier mögliche Umsetzungspfade erarbeitet, die in diesem Ref-NEKP auch beschrieben werden. Diese enthalten unterschiedlich gewichtete gesellschaftliche Wertevorstellungen, ermöglichen aber alle mit hoher Wahrscheinlichkeit das Erreichen des Pariser 1,5-°C-Ziels.

Der Ref-NEKP ist folgendermaßen aufgebaut: Kapitel 2 (*Die Vision: Österreich im Einklang mit den Pariser Klimazielen*) dient als kurzer Einstieg, um die Dringlichkeit der Klimakrise und mögliche Visionen eines klimaneutralen von fossilen Emissionen befreiten Österreichs aufzuzeigen. Kapitel 3 (*Der Weg zu den Klimazielen: Umsetzungspfade für Österreich*) stellt dar, auf welchen möglichen Umsetzungswegen Österreich seinen Beitrag für das 1,5-°C-Ziel erreichen könnte. Kapitel 4 (*Die Basismaßnahmen: Überblick und Beschreibung*) bietet einen Überblick über Basismaßnahmen, die von KlimaschutzexpertInnen als notwendig für die Erreichung des 1,5-°C-Zieles erachtet werden.

Schließlich dient Kapitel 5 (*Detailinformation: Maßnahmenammlung und Beschreibung*) zwei Zielen: Erstens befinden sich darin detaillierte Informationen zu einem sehr umfangreichen Bündel an Klimaschutzmaßnahmen und zweitens zeigt es auf, welche Maßnahmen im bisherigen Entwurf-NEKP (BMNT, 2018a) bereits berücksichtigt worden sind und welche nicht. Die Struktur des Kapitels 5 (und des Kapitels 4) ist zwar angelehnt an das entsprechende Kapitel 3 „Politiken und Maßnahmen“ im Entwurf-NEKP, aber es entspricht ihm nicht exakt, weil es uns wichtig erschien, die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung hervorzuheben (sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen, Überwindung von Sektorgrenzen/Sektorkopplung, usw.). Die Abweichungen in der Struktur sind aber gering⁶.

Noch nicht im Ref-NEKP enthalten sind die Vielzahl von Maßnahmen, die in den Bereichen fluorierte

6 Das Kapitel 3 (Politiken und Maßnahmen) im Entwurf-NEKP folgt in seiner Struktur den Zielen der Energieunion (Dekarbonisierung, Energieeffizienz, Versorgungssicherheit, Energiebinnenmarkt sowie Forschung & Entwicklung). Das Kapitel Dekarbonisierung unterteilt sich in THG-Emissionen (wiederum unterteilt in die Sektoren Verkehr, Gebäude und Wärme, Land- und Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft, Fluorierte Gase, Horizontale Aktionsfelder) sowie erneuerbare Energien. Der Abschnitt Energie & Industrie (4.2 bzw. 5.2) in diesem Dokument subsumiert somit die Abschnitte erneuerbare Energien & Energieeffizienz und bringt die Konzepte der Überwindung konventioneller Sektorgrenzen (Sektorkopplung) und Kreislaufwirtschaft zusätzlich ein. Zudem wird der Begriff „Horizontale Maßnahmen“ durch „Sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen“ ersetzt.

Gase, Bildung und Forschung, Just Transition sowie die Governance betreffend zu setzen wären. Dies ist nicht darauf zurückzuführen, dass diesen weniger Bedeutung beigemessen wird – im Gegenteil, sie müssen ebenfalls zentrale Bestandteile jeder Klimapolitik sein – das Fehlen ist lediglich mangelnden Kapazitäten in der kurzen Erstellungszeit seit April 2019 geschuldet. Entsprechende Ergänzungen sind in Vorbereitung.

Abschließend sei noch angemerkt, dass in der bevorstehenden Phase des gesellschaftlichen Umbruchs selbst bei sorgfältiger Analyse und gut abgestimmtem politischen Vorgehen in der Realität Kurskorrekturen

notwendig werden können. Es gilt daher, eine flexible und lernfähige Governance-Struktur für den NEKP einzurichten, die auf einem Monitoring des Erfolgs einzelner Rahmenzielsetzungen und Maßnahmen aufbaut. Deswegen gilt es auch von Beginn an ein gut durchdachtes Monitoringsystem sowohl für den Pariser Klimazielweg des NEKP als auch die Umsetzungsbegleitung der SDGs einzurichten, welches Fehlentwicklungen rasch erkennt und Anpassungen für notwendige Verbesserungen ermöglicht. Auch dieses ist hier nicht ausgeführt.

2. Die Vision: Österreich im Einklang mit den Pariser Klimazielen

Der Klimawandel ist bereits zur Klimakrise geworden. Weltweit sind Millionen Menschen von den negativen Folgen betroffen und auch in Österreich haben spätestens im Hitze- und Dürresommer 2018 (Stangl u. a., 2019) die Menschen verstanden, dass etwas getan werden muss. Nicht nur ist die Lebensqualität der Menschen in Gefahr, Nichthandeln oder weitere Verzögerungen können in eine Klimakatastrophe führen, aus der es absehbar keinen Ausweg mehr gibt – das

belegen wissenschaftliche Arbeiten (vgl. z. B. Steffen u. a., 2018).

Die Erde könnte aus ihrem bisherigen, einigermaßen stabilen Klimazustand in einen anderen geraten („Hothouse Earth“), in dem es durch selbstverstärkende Prozesse zu unaufhaltsam weiterer Erwärmung kommt, unabhängig von den Treibhausgasemissionen der Menschen. Studien, die sich nicht nur mit den wahrscheinlichen Entwicklungen im Rahmen des Klimawandels befassen, sondern auch mit den ebenfalls plausiblen oder sogar den unwahrscheinlicheren aber möglichen (**Abbildung 3**), zeichnen schon im Vorfeld eines möglichen „Hothouse Earth“ bedrohliche Bilder (z. B. Bendell, 2018; Grantham, 2018; Wagner und Weitzman, 2015; Wallace-Wells, 2019).

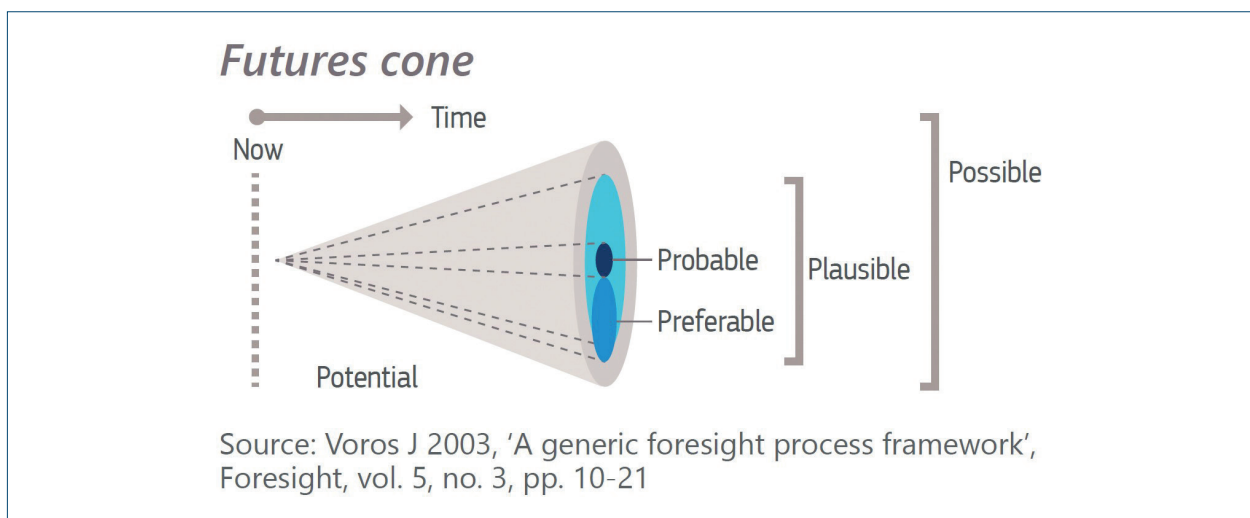


Abb. 3: Schematische Darstellung eines „Zukunftskegels“ der wahrscheinlichen, plausiblen und möglichen Entwicklungen der Erde unter weiterer globaler Erwärmung. Die wünschenswerten sind nicht zwingend die wahrscheinlichen und die möglichen extremen Entwicklungen sind die bedrohlichsten. (Quelle: Gaub, 2019)

In der 2019 erschienenen Analyse der globalen Trends und der sich daraus ableitenden Herausforderungen und Entscheidungen für Europa wird dieser möglichen düsteren Entwicklung, die als Folge des Nichthandelns eintreten könnte, das positive Bild einer mit Weitsicht gestalteten, wünschenswerten Zukunft entgegengesetzt (Gaub, 2019).

Die Klimakrise und die daraus resultierende Notwendigkeit, rasch zu handeln, stellt eine ungeheure Chance dar, auf die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts strategisch zu antworten, statt sich von den vielfältigen Veränderungen überrollen zu lassen. Frühzeitiges Planen sichert dem Staat, den Unternehmen und den BürgerInnen Wahlmöglichkeiten und

die Chance, Umsetzungspfade an ihren Bedürfnissen, Möglichkeiten und Präferenzen auszurichten. Das bedeutet auch finanzielle Ersparnisse und verträglichere Innovationen.

Der Ref-NEKP soll dazu einen Beitrag leisten, weitgehend im Einklang mit der Absicht der Europäischen Strategischen Vision bis 2050 für eine prosperierende, moderne, kompetitive und klimaneutrale Ökonomie (EK, 2018) und als kleiner Baustein in der Umsetzung der nachhaltigen Entwicklungsziele (Griggs u. a., 2013; Sachs, 2012; United Nations, 2015).

Übergeordnetes Ziel ist, eine Gesellschaft mit Netto-Null-Treibhausgasemissionen bis spätestens Mitte dieses Jahrhunderts zu erzielen, bei gleichzeitig steigender Lebensqualität⁷. Dies erfordert tief greifende Veränderungen im Energiesystem (Überwindung von Sektorgrenzen und „Sektorkopplung“ für Energie, Industrie, Gebäude, Mobilität usw.), nachhaltige technologische sowie soziale Innovationen, veränderte Infrastrukturen, nachhaltigere Land- und Forstwirtschaft, Umstellung der Ernährungsgewohnheiten, Übergang zur Kreislaufwirtschaft, Umlenkung der Finanzströme zu klimafreundlichen bzw. klimaschützenden Investitionen, verbesserte Bildung zu Klima und Transformation, verstärkte und erweiterte Forschungsaktivitäten und damit auch Lebensstiländerungen (Christian u. a., 2016; EK, 2018; Hagedorn u. a., 2019; Schleicher u. a., 2018; Schleicher und Steininger, 2018).

In diesem Zusammenhang steht die Klimapolitik vor allem in der Verantwortung, zeitnah die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen, damit klimafreundliches und nachhaltiges Handeln einfach und kostengünstig wird, klimaschädigendes Handeln hingegen unattraktiv und teuer. Eine sozial ausgewogene Verteilung von Kosten und Nutzen des Wandels ist dabei unerlässlich (Hagedorn u. a., 2019). Für eine erfolgreiche Klimapolitik ist es gleichzeitig unerlässlich, die Bevölkerung aktiv einzubeziehen – das betonen auch die EU und die UNO („niemanden zurücklassen“).

Wie könnte Österreich 2050 aussehen, wenn die notwendigen Maßnahmen für einen Pariser Klimazielweg zeitgerecht ergriffen werden?

Die folgenden Ausführungen in kursiver Schrift stellen eine Vision-2050 für Österreich im Einklang mit den Pariser Klimazielen dar, wie sie von der EU gefordert wird, die motivierend und inspirierend der Transformation zu einer klimafreundlichen Gesellschaft den Schrecken nehmen könnte. Sie basiert auf einer Fülle von wissenschaftlichen Untersuchungen, diskutierten und eingeleiteten Maßnahmen, ist aber doch in freier Gestaltung zu einer Vision verdichtet (Überarbeitung einer Erstfassung von Kromp-Kolb, 2019). Sie ist daher subjektiv und nur eine von vielen

möglichen Visionen. Mögliche Umsetzungspfade für den Weg dorthin werden in Kapitel 3 aufgezeigt.

Das Leben hat sich in Österreich in vielfacher Weise verändert und ändert sich noch weiter, denn die bereits umgesetzten und die eingeleiteten Maßnahmen ziehen weitere Veränderungen nach sich. Es hat sich gezeigt, dass, nachdem der Anfang gemacht war, vieles viel leichter ging als erwartet, manches hat auch mehr Probleme gemacht.

Erneuerbare, vielfach dezentral genutzte Energiequellen liefern saubere, leistbare Energie und machen das Land wie auch Regionen unabhängiger von Energieimporten, auch weil gleichzeitig durch Fokus auf hocheffiziente Energiedienstleistungen die Energieeffizienz gesteigert und der Energiebedarf deutlich gesenkt wurde.

Energieeffizienz lohnt sich, weil die Kosten für Primärenergie jenseits eines nachgewiesenen, standardisierten Bedarfes sowohl für den einzelnen Haushalt als auch für Handel, Industrie und Gewerbe progressiv angestiegen sind. Im Sinne eines gesamthaften Ansatzes ist der Angelpunkt die gewünschte Dienstleistung (oder Funktion), für deren Bereitstellung das System gestaltet wird (etwa durch eine klimaschutzorientierte Energie- und Mobilitäts-Raumplanung), und für den sich daraus ergebenden Energiebedarf leiten sich Menge, Energieträger und Bereitstellungsform ab. Der Überwindung der Sektorgrenzen (Sektorkopplung) der Energienutzung bei industriellen Prozessen, Mobilität und Gebäuden wird dabei systematisch Rechnung getragen.

Das Stromnetz hat sich von einem zentralistischen, unidirektionalen zu einem dezentralen, multidirektionalen und intelligenten Stromnetz gewandelt, bei gleichzeitig erhöhter Sicherung der Verfügbarkeit und verbessertem Schutz vor Cyberkriminalität. So tief greifend die Veränderungen bereits waren, sie gehen noch immer weiter. Einerseits werden stets neue, nachhaltigere Technologien entwickelt, andererseits werden Lebensstile nachhaltiger und damit auch suffizienter (gute Lebensqualität vor Profit und Konsum) und brauchen deutlich weniger Energie. Zudem werden die Auswirkungen mancher Änderungen in anderen Sektoren erst langsam im Energiesektor spürbar.

⁷ Es ist zwischen Lebensqualität und Lebensstandard zu unterscheiden. Lebensqualität setzt sich aus objektiven Rahmenbedingungen (wie etwa Umweltqualität, Sicherheit, Zugang zu Bildung, medizinische Versorgung, Einkommen etc.) und dem subjektiven Empfinden darüber zusammen. Lebensstandard wird üblicherweise anhand der Verfügbarkeit materieller Güter definiert.

Während einerseits der Strombedarf durch die Elektrifizierung wirtschaftlicher Aktivitäten gestiegen ist, kam es andererseits auch zu Bedarfssenkungen, z. B. durch bessere Wärmedämmung von Gebäuden, effiziente Mobilität und die klimaschutzorientierte Raumplanung. Viele haben, ausgehend vom Verständnis für die Ursachen der Klimakrise, den Wert der Suffizienz für das eigene Wohlbefinden wiederentdeckt. Weniger ist oft mehr, und es genügt oft weniger, als man haben könnte.

Der Individualverkehr ist zugunsten der aktiven Mobilität (Gehen, Fahrradfahren) zurückgegangen als Folge neuer Raumplanungs- und Mobilitätskonzepte sowie neuer Steuermodelle. Der öffentliche Verkehr wurde ausgebaut und auch im ländlichen Raum hat innovative Logistik, basierend auf modernen Kommunikationsmöglichkeiten und Konzepten wie Sammeltaxis, Ride & Carsharing und Gemeindefahrzeuge, neue Möglichkeiten eröffnet. PKWs werden überwiegend nicht mehr besessen, sondern genutzt, was nicht nur eine finanzielle Entlastung darstellt, sondern den NutzerInnen auch Verantwortung abnimmt.

Für die Bevölkerung insgesamt bringt die Veränderung gesundheitliche Verbesserungen durch mehr Bewegung, bessere Luftqualität, weniger Lärm und Stress und mehr Zeit für Beziehungen und bewusstes Leben. Mehr Platz in den Städten ermöglicht mehr Grün zur Dämpfung der Hitze und der zusätzliche Begegnungsraum macht die Städte sicherer.

Der österreichische und europäische Güterverkehr ist aufgrund einer stärker regional ausgerichteten Wirtschaft zurückgegangen und hat sich auf die Schiene verlagert. Der internationale Gütertausch ist nicht zuletzt infolge des Umbaus zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft und der Rücknahmepflicht der Händler und durch lokalere Produktion auf Basis von 3D-Druckverfahren zurückgegangen.

Für Containerschiffe und Flugfracht gelten strenge Umweltbestimmungen; deren Antriebsenergie kommt weitgehend aus erneuerbaren Energieträgern (z. B. Windkraftunterstützung auf See und „Power-to-X“-Treibstoffe, elektrolysiert aus täglichen Überschussmengen von Solarstrom). In den Städten wurde der Lkw-Transport elektrifiziert. Die für diese Umstrukturierungen notwendigen Infrastrukturmaßnahmen wurden rechtzeitig beschlossen, geplant und installiert, sodass keine Verzögerungen durch fehlende Infrastruktur entstanden sind.

Gebrauchsgüter sind im Sinn des konsequenten Umbaus zur Kreislaufwirtschaft langlebiger und reparierbar geworden, die Erzeuger nehmen die Produkte am Ende

der Lebenszeit zurück und führen die Komponenten in transparenter Weise einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft zu. Zugleich werden viele Produkte, nicht nur die legendäre Bohrmaschine, nur mehr ausgeliehen – man muss nicht besitzen, was man selten braucht. Das bedeutet einerseits Rückgang der materiellen Produktion und damit Ressourcenschonung, andererseits aber mehr Qualitätsarbeit; die Qualität und Zahl der Arbeitsplätze hat sogar zugenommen.

Da man weniger Güter kaufen muss, kann man sich auch höhere Preise leisten. Werbemaßnahmen orientieren sich am aktuellen Wissensstand und orientieren sich an der sozialen und ökologischen Herausforderung und dienen nicht dem Mehr-Konsum, sondern einem nachhaltigen Konsum.

Die für die industriellen Prozesse notwendigen Innovationen werden durch zielgerichtete Forschungsförderung beschleunigt. Neue Möglichkeiten der Materialproduktion (z. B. biobasierte Polymere, emissionsärmere Produktion, Kreislaufwirtschaftsinnovationen wie Depolymerisierung zur effizienten Rohstoffrückgewinnung) werden dabei ebenfalls im Auge behalten.

Die dynamischen technologischen Entwicklungen, die unter dem Namen Digitalisierung oder „Industrie 4.0“ zusammengefasst werden, wie automatisierte Fahrzeuge, Drohnen- und Blockchain-Technologie zur Sicherung von Daten und Transaktionen usw. wurden durch gesetzliche Regelungen auf Anwendungen orientiert, die im Sinn einer klimazielfördernden Digitalisierung das Einhalten der Klimaschutzziele und der ökologischen Grenzen erleichtern, ohne zusätzlichen Ressourcenverbrauch zu erzwingen (WBGU, 2019).

Ein zentraler Erfolgsfaktor dafür ist die inzwischen tief greifend verankerte, auch stark regional ausgerichtete Kreislaufwirtschaft, bei der die Potenziale der Digitalisierung nutzbringend eingesetzt werden. Im Sinne einer sozial gerechten Transformation („Just Transition“) gibt es politische Begleitmaßnahmen, die sicherstellen, dass ArbeitnehmerInnen aus Unternehmen, die in einer klimaemissionsfreien Wirtschaft das Nachsehen haben, durch Re-, Neu- und Umqualifizierungsmaßnahmen neue Perspektiven geboten werden.

Kritische Infrastruktur ist mittlerweile recht gut geschützt gegen die Extremwetterereignisse, obwohl diese auch bei globalen 1,5 °C Erwärmung noch deutlich über den aus früheren Zeiten bekannten Ausmaßen liegen; man muss aber nicht mehr fürchten, dass Intensitäten oder Andauern von Jahr zu Jahr schlimmer werden, denn das Klima stabilisiert sich. Im Zuge der notwen-

digen Umbau- und Klimawandel-Anpassungsmaßnahmen wurde auch auf die transformativen Herausforderungen in verschiedenen Dimensionen geachtet, wie etwa die gute Anbindung an öffentlichen Verkehr, die Wiederverwendbarkeit von Strukturen, die Rezyklierbarkeit von Komponenten und Gebäuden oder die Einplanung von schattigen Rastplätzen.

Dennoch: Absoluten Schutz vor Unvorhergesehenem gibt es nicht. Die Menschen haben gelernt, sich auf Krisensituationen besser vorzubereiten und mit diesen besser umzugehen. Eine Mindestvorratshaltung ist in Haushalten und in Gemeinden zur Selbstverständlichkeit geworden, ebenso wie regelmäßige Notfallübungen. Die Erkenntnis, dass Resilienz (Widerstands- und Anpassungsfähigkeit) wichtig ist und nicht alles der Forderung nach maximaler Effizienz unterzuordnen ist, hat sich durchgesetzt.

Die für eine extensivere biologische Landwirtschaft erforderlichen Flächen wurden – auch infolge des geringeren Fleischkonsums und des dadurch geringeren Viehbestandes und einer reduzierten Fütterungsintensität – aus zuvor zur Futtermittelproduktion für Rinder, Schweine, Hühner etc. genutzten Flächen gewonnen. Zugleich wurde die rasante Verbauung landwirtschaftlicher Flächen radikal eingeschränkt, und wo immer möglich wird sogar rückgebaut, um die Bodenversiegelungsauswüchse der Vergangenheit wiedergutzumachen. Boden bezieht seinen Wert nun auch durch seine Funktion als Kohlenstoff- und Wasserspeicher.

Ein wesentlicher Beitrag zur Senkung der landwirtschaftlichen Emissionen war die Ernährungsumstellung hin zu saisonaler, biologischer und primär regionaler Nahrung mit deutlich mehr pflanzlichen Produkten und rund 50 % weniger Fleisch bei einer deutlichen Senkung der Lebensmittelabfälle. Düngemittelproduktion und Landnutzungsänderungen konnten zurückgefahren werden, und der geringere Viehbestand senkte den Futtermittelbedarf sowie die Ausgasungen der Wiederkäuer. Die umgestellte Ernährung entspricht viel besser den Vorgaben der WHO bzw. der Mediziner für eine gesunde Ernährung. Da außerdem weniger Rückstände von Pestiziden, Hormonen und Antibiotika in den Körper gelangen, tut sie auch der Gesundheit der BürgerInnen gut (APCC, 2018).

Gleichzeitig konnten Land- und Forstwirtschaft den Humusaufbau und den Aufbau von Holzbiomasse als Kompensation für die ca. 5 % bis 10 % verbliebenen Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 (gegenüber der

Menge 2005) im Sinn einer naturverträglichen Kohlenstoffspeicherung sicherstellen.

Der Humusaufbau durch eine regenerative biologische humusfördernde Landwirtschaft hat die Aufnahmefähigkeit des Bodens auch für das Wasser erhöht, sodass die mit dem Klimawandel einhergehenden Dürreperioden einerseits und Starkniederschläge andererseits besser abgepuffert werden können. Die Landwirte haben trotz Klimawandel einigermaßen verlässliche Ernten. Gepaart mit dem durch die Bioökonomie ausgeweiteten Bedarf an land- und forstwirtschaftlichen Produkten, neuen Formen solidarischer Landwirtschaft und direkter Vermarktung finden auch kleinere landwirtschaftliche Betriebe wieder ein gutes Auskommen.

In der Bioökonomie haben Kreislauforientierung und Nachhaltigkeit einen festen Platz gewonnen, und es haben sich nicht zuletzt aufgrund der Kreislaufwirtschaft und innovativer kaskadischer Nutzungen Wege gefunden, die stoffliche Nutzung der Biomasse voranzutreiben, ohne die Kohlenstoffsenken zu reduzieren; die vermehrte Holznutzung in langlebigen Infrastrukturen trägt sogar zur Stabilisierung der Kohlenstoffspeicherung bei. In vielen Bereichen sind auch 2050 noch dynamische Neu- und Weiterentwicklungen im Gange – wesentliche Innovationen sind noch zu erwarten. Diese Innovationen könnten auch für die Energiegewinnung gekoppelt mit aktiver Kohlenstoffspeicherung bedeutsam sein, wobei die energetische Gewinnung von Biomasse – aus Gründen der Knappheit landwirtschaftlicher Nutzflächen und des Schutzes der Biodiversität – nicht das primäre Ziel sein kann.

Die Kosten für das Gesundheitssystem, Krankenstände und krankheitsbedingte Frührentierungen sind gesunken und sinken weiter, denn die Mobilitäts- und die Ernährungsumstellungen haben das Leben nicht nur weniger riskant, sondern auch gesünder gemacht, und es wurde auch deutlich Druck aus dem Berufsleben genommen.

Ein wesentlicher Motor für die Transformation war der zunächst langsam einsetzende, dann aber sich stark beschleunigende Abzug von Kapital aus fossilen Energieträgern (Divestment) und die Investition in erneuerbare Energien und zukunftsfähige, sozial-ökologische Innovationen. Die Investitionen haben sich in deutlich höherem Maße in die Realwirtschaft verlagert, was nicht nur technologische Innovationen in beachtlichem Ausmaß ermöglicht hat und weiter ermöglicht, sondern auch die Stabilität des Finanzmarktes wesentlich erhöht.

Das Bildungssystem wurde grundlegend reformiert und wichtige Erkenntnisse der Hirnforschung, der Psychologie und der Pädagogik der letzten Jahrzehnte fanden Eingang in die Praxis. Die Neugier, Motivation, Individualität und Kreativität der Kinder, Jugendlichen und Studierenden wird stark gefördert. Zudem werden ihre Fähigkeiten, interdisziplinäre Brücken zu bauen, in Zusammenhängen zu denken, Lösungen für komplexe Probleme zu finden und das Leben zu gestalten, statt sich lediglich vom Leben formen zu lassen, gezielt gefördert. Das ermöglicht ihnen, von Ressourcen-AusnutzerInnen zu Potenzial-EntfalterInnen zu werden. Bei der Wissensvermittlung wandert der Schwerpunkt vom Verfügungs- und Handlungswissen hin zu vermehrt umfassendem, ganzheitlichem und wertbezogenem Orientierungswissen und systemischen, projektbezogenen, kreativen Herangehensweisen.

Eine Zeit lang ist es, angesichts der lebensbedrohenden Entwicklungen der Klima- und Umweltkrise, in der Forschung fast ausschließlich darum gegangen, wissenschaftliche Fragen zu beantworten, die für die Gesellschaft hoch relevant sind, und alle Universitäten und Forschungseinrichtungen haben sich stark daran ausgerichtet. Das alles war u. a. möglich, weil auch der Staat sich wieder in stärkerem Maße für die Forschung zuständig fühlte, gesellschaftlich-transformative Ziele in der Wissenschaft förderte und wirtschaftliche Einzelinteressen im Forschungsbetrieb eingeschränkt wurden. Die Wissenschaft hat sich in Richtung einer verstärkten Ausrichtung auf gesellschaftliche Zukunftsfragen verändert und bearbeitet inzwischen wieder ein breites, offenes inter- und transdisziplinäres Forschungsspektrum.

In der Forschung wird kooperativ und interdisziplinär gearbeitet, von den Naturwissenschaften bis hin zu den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, Geisteswissenschaften, Theologie und Kunst, und Betroffene werden wo immer sinnvoll von Anbeginn einbezogen (transdisziplinäre Forschung). Allein technologieorientierte Lösungen sind kaum mehr von Interesse, wesentlich ist es, menschengerechte Lösungen zu finden. Der Status in der wissenschaftlichen Welt hängt nicht mehr, wie ehemals, primär von Publikationen ab, sondern wesentlich auch davon, wie die Verantwortung gegenüber der Gesellschaft im Hinblick auf die Nachhaltigkeitswirkung („sustainability impact“) der Forschung wahrgenommen wird. Auf Unabhängigkeit der Forschung und Transparenz in der Forschungsfinanzierung wird großer Wert gelegt. Die

Forschung ist solcherart zu einem wahren Motor für die Nachhaltigkeit der Gesellschaft geworden.

Alle Maßnahmen im Zuge der Transformation der Gesellschaft wurden jeweils sorgfältig auf ihre sozialen Auswirkungen geprüft und haben dazu beigetragen, dass die Schere zwischen Arm und Reich langsam zugging. Dazu hat nicht zuletzt eine wirtschaftlich, sozial- und umweltgerechte Steuerreform beigetragen, eine der ersten und wirksamsten Maßnahmen, die den Menschen mit Niedrigeinkommen einen wesentlichen Teil der Steuereinnahmen auf fossile Brennstoffe als Klimabonus auszahlt und ihnen zeigte, dass zwar die Klimakrise bedrohlich war, nicht aber die Klimaschutzmaßnahmen.

Als diese Steuereinnahmen infolge des geringeren Einsatzes fossiler Brennstoffe zurückgingen, verschafften bereits andere Maßnahmen, wie z. B. verbesserter öffentlicher Verkehr und Ride & Carsharing, den Haushalten wesentliche Entlastungen bei ihren Kosten. Erleichtert wurden staatliche Investitionen, weil die gleichmäßigere Vermögens- und Einkommensverteilung auch zum Sinken der Kosten für den Sicherheitsapparat, das Sozialsystem und das Gesundheitswesen führte.

Bildung und Forschung beanspruchen jetzt einen höheren Anteil des staatlichen Budgets, aber diese Mittel sind gut eingesetzt. Geldflüsse aus dem reformierten Finanzsystem und Einsparungen, die sich in anderen Bereichen ergeben haben, entlasten sogar den Staatshaushalt.

Die Maßnahmen wurden in Teilhabeprozessen unter Einbeziehung der Bevölkerung erarbeitet. Dies hat dazu geführt, dass Interessens- und Zielkonflikte offen ausgetragen werden konnten und auch gemeinsam nach Lösungen gesucht wurde. Lokalen Besonderheiten und Wünschen, insbesondere hinsichtlich Reihenfolge und Geschwindigkeit der Änderungen, wurde soweit möglich Rechnung getragen. Das hat sich günstig auf das Demokratieverständnis ausgewirkt und BürgerInnen übernehmen wieder deutlich mehr Verantwortung im gesellschaftlichen Prozess.

Neben der in Österreich schon lange hochstehenden Gesinnungsethik hat sich durch diese Teilhabeprozesse auch eine praktizierte Verantwortungsethik eingestellt – man weiß nicht nur, was richtig wäre, sondern man tut es auch. Die Politik ist sachorientierter und vorausschauender geworden, sie darf vorübergehende Verschlechterungen zugunsten klar argumentierter und allgemein ver-

ständlicher langfristiger Verbesserungen riskieren, ohne schon bei den nächsten Wahlen abgestraft zu werden.

Der Konsum-Lebensstandard, gemessen an der Zahl der Autos, Fernsehschirme, Fernreisen etc. ist zwar materiell gesunken, aber die Lebensqualität ist klar gestiegen; die ÖsterreicherInnen sind deutlich zufriedener. Der Transformationsprozess ist nicht abgeschlossen, aber die Bevölkerung nimmt ihn an: Es herrscht Aufbruchsstimmung. In den BürgerInnenräten sind viele Ideen aufkommen, die zum Teil noch nicht umgesetzt sind, aber

viel Potenzial zu weiteren Verbesserungen haben, die weit über die Klimakrise hinausgehen – es wird spannend sein, zu beobachten, wo das noch hinführt.

*Und rückblickend auf das Erreichen der Klimaneutralität Mitte 2045 und auf die um 2050 nahezu vollständig erreichte Befreiung von den fossilen Emissionen heißt es zu guter Letzt bei der Jahrhundertfeier auf dem Heldenplatz in Wien am 15. Mai 2055: **Österreich ist klimaemissionsfrei!***

3. Der Weg zu den Klimazielen: Umsetzungspfade für Österreich

Wie im Vorwort geschrieben, stellt die Wissenschaft politisch relevante Information zur Verfügung, wirkt aber nicht vorschreibend. Um in diesem Sinn beispielhaft eine Bandbreite an möglichen Wegen hin zu den Pariser Klimazielen aufzuzeigen, werden in diesem Kapitel Umsetzungspfade beschrieben, die mit jeweils unterschiedlichen Werthaltungen den österreichischen Beitrag zum Paris-Abkommen mit hoher Wahrscheinlichkeit erreichen lassen.

Die Bandbreite an möglichen Umsetzungswegen ist aber aufgrund des klar begrenzten Treibhausgas-Budgets, das für die Erreichung des Pariser 1,5-°C-Zieles nicht überschritten werden darf (siehe **Abbildung 2** in der Einleitung – Kapitel 1), nicht sehr groß. Daher wird betont, dass es ein Paket von Basismaßnahmen bzw. Rahmenzielen gibt, welches die Voraussetzung aller Umsetzungspfade darstellt. Unterschiede ergeben sich daher in der Akzentuierung der Maßnahmen, nicht aber in deren grundlegender Ausrichtung hin zur Erreichung der Vision für 2050. Die entsprechenden übergreifenden Rahmenmaßnahmen und Rahmenzielsetzungen sowie tabellarisch die wesentlichen Basismaßnahmen sind in detaillierter Form in Kapitel 4 und 5 erläutert.

Details zu diesen notwendigen Basismaßnahmen finden sich im Kapitel 4. An dieser Stelle folgt zunächst eine zusammenfassende Auflistung und Kurzbeschreibung von entscheidenden Basismaßnahmen (Rahmen- und sektorale Maßnahmen), ohne die erfolgreiche Klimapolitik im Sinne des Übereinkommens von Paris nicht möglich ist. Abschnitte 3.1 bis 3.4 beschreiben vier mögliche Umsetzungspfade näher.

Entscheidende übergreifende **Rahmenmaßnahmen und Rahmenzielsetzungen** für eine erfolgreiche Transformation zu einer klimaemissionsfreien und klimarobusten Wirtschaft und Gesellschaft orientiert am Emissions-Referenzzielpfad hin zur Klimaneutralität bis 2045 sind:

- **Klimagerechte Steuerreform:** eine sozial-, wirtschafts- und umweltgerechte Steuerreform, auch sozial-ökologische oder ökosoziale Steuerreform genannt, die Kostenwahrheit annähert (CO₂-Preis, Abbau fossiler Subventionen, Anreiz klimafreundlicher Innovationen) und mit Blick auf breite Akzeptanz zugleich

Entlastung für Menschen mit niedrigem Einkommen sowie für Nebenkosten auf Arbeit sicherstellt;

- **Hocheffiziente Energiedienstleistungen:** enge Technologievernetzungen zur optimalen Entwicklung hocheffizienter Energiedienstleistungen über alle Sektorgrenzen hinweg (Energie & Industrie, Verkehr, Gebäude, Land- & Forstwirtschaft usw.) und für alle Konsumbedürfnisse, sodass der Primärenergiebedarf für jede Art Bedarfsabdeckung einschließlich für Mobilität grundlegend reduziert wird und fossile Energieträger vollständig durch erneuerbare ersetzbar werden, ohne die nötige systemische Robustheit (Resilienz) außer Acht zu lassen;
- **Umbau zur Kreislaufwirtschaft:** ein übergreifender wirtschaftspolitischer Fokus auf Umbau hin zu einer Kreislaufwirtschaft, um primäre Material- und Energieinputs tief greifend und dauerhaft zu reduzieren, die Lebensdauer materieller Güter zu erhöhen und die Abfallmengen zu minimieren;
- **Klimazielfördernde Digitalisierung:** eine alle digitalen Systeme umfassende, zielgerichtete Nutzung und Förderung der Möglichkeiten der Digitalisierung („Industrie 4.0“), konsequent im Einklang mit und im Dienst einer klima- und umweltgerechten Lebens- und Produktionsweise (neuer Kernbereich „Umweltschutz 4.0“), sodass Digitalisierung (Internet der Dinge, Smart Grids, Automatisierung, usw.) Ressourcenbedürfnisse wirklich tiefgreifend senken hilft;
- **Klimaschutzorientierte Raumplanung:** eine klar klimaschutzorientierte Energie- und Mobilitätsraumplanung, mit Schwerpunkt auf urbane und regionale Kernräume nach den Grundsätzen von Funktionsmischung, maßvoller Dichte und Innenentwicklung, die kurze Wege schafft und den Energie- und Mobilitätsbedarf strukturell verringert;
- **Adäquater Ausbau erneuerbarer Energien:** am Gesamtsystem orientierter und gezielt am Energiedienstleistungsbedarf ausgerichteter rascher Ausbau der Produktionskapazitäten für Elektrizität und Fernwärme und -kälte aus erneuerbaren Energiequellen (Sonne, Wind, Wasser und Biomasse) sowie der jeweilig notwendigen Energie-, Anergie- und Informations-Netze und Speicher, abgestimmt mit der Optimierung der Effizienz von Energiedienstleistungen und den Erfordernissen des Umwelt- und Naturschutzes sowie der Resilienz;

- **Naturverträgliche Kohlenstoffspeicherung:** eine gezielt auf Basis zunehmend biologisch-regenerativ orientierter Land- und Forstwirtschaft aufgebaute Kohlenstoffspeicherung in Österreichs Böden und Holzbiomasse durch Einschränkung der Bodenversiegelung und durch Humusaufbau sowie mittels Energiewaldwirtschaft und Holznutzung, um mit nachhaltiger Landnutzung das Nötige zur Klimaneutralität beizutragen;
 - **Wegweisende Pariser-Klimaziel-Orientierung:** sektor- und ebenenübergreifende Ausrichtung aller Entscheidungen, Verordnungen und Gesetze am Pariser Klimaziel, u. a. durch Schulung der EntscheidungsträgerInnen in Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Unterstützung der überparteilichen, internationalen Pariser-Klimaziel-Bewegung aus zivilgesellschaftlichen, institutionellen und Politik gestaltenden AkteurInnen (aus NGOs, Graswurzelbewegungen wie Fridays For Future, Sozialpartnern, Unternehmen, Universitäten, Institutionen der EU, Medien, politischen Parteien, u. v. m.), die wegweisend, bahnbrechend und wegweisend das Mitgehen Österreichs am Pariser-Klimaziel-Weg sicherstellt;
 - **Bildung und Forschung zu Klima und Transformation:** Verankerung des Themas Klimawandel und Transformation im Rahmen systemischer Ansätze als wesentlichen Teil aller Bildungs- und Ausbildungswege, von Kindergärten bis Universitäten, in Verbindung mit einer grundlegenden Umorientierung der Bildung hin zu motivationsbasiertem, individuellförderndem, kreativitätsförderndem, problem- und projektorientiertem sowie fächerübergreifendem Unterrichten und Lernen; in Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen gleichzeitig Stärkung öffentlicher Investitionen für Forschung, Entwicklung und Innovation zu diesem Thema, auch um nicht nutzerinteressensgeleitete Forschung im notwendigen Ausmaß zu gewährleisten.
- Ergänzend dazu sind **sektorspezifische Maßnahmenbündel** wichtig, mit Schwerpunkt auf die Sektoren Energie & Industrie, Verkehr, Gebäude, Land- & Forstwirtschaft, Bioökonomie sowie Stofffluss- & Abfallwirtschaft, die nahtlos in die oben genannten Rahmenmaßnahmen und Rahmenzielsetzungen zu integrieren sind, da sie nur so ausreichend wirksam werden.
- Sektorspezifische Maßnahmenbündel im Sinne notwendiger Basismaßnahmen sind:
- **Energie & Industrie:** Reduktion des Energiebedarfes, Steigerung der Energieeffizienz und adäquater Ausbau erneuerbarer Energien; Investitionen in dezentrale, intelligente Stromnetze und Speicher, sowie in der Industrie ein Fokus auf bedarfsorientierte, langlebige und reparierbare Qualitätsprodukte (keine geplante Obsoleszenz), Kreislaufwirtschaft, klimazielfördernde Digitalisierung und effiziente sektorübergreifende Lösungen („Sektorkopplung“). Ziel ist eine starke Verringerung des Energie- und des Ressourcenverbrauchs und ein entsprechend starker Abbau von Emissionen, der wegen des geringeren Verbrauchs auch kostensenkend wirkt;
 - **Verkehr:** eine Aufwertung der aktiven Mobilität (Radfahren, Gehen) und des öffentlichen Verkehrs, Einführung von Mobilitätslenkungsabgaben (zzgl. zu einem CO₂-Preis) und/oder einer Verringerung der Höchstgeschwindigkeit (insbes. auf Autobahnen als eine effektive und vergleichsweise rasch umsetzbare Maßnahme). Weiters Maßnahmen, die sicherstellen, dass fossile Antriebe zeitgerecht auslaufen (z. B. keine Neuzulassung von fossil betriebenen Personen-Kfz einschließlich Zweirädern ab 2030) und dass klimazielfördernde Digitalisierung und Automatisierung sowie Mobilitätsraumplanung eine nahezu emissionsfreie und für alle leistbare Mobilität unterstützen;
 - **Gebäude:** Beurteilung von Gebäuden nicht nur individuell, sondern auch im Verbund in Quartieren und Arealen; Priorität von Sanierung vor Neubau in allen Genehmigungen, Förderungen, etc.; Nutzung klimafreundlicher Materialien und Bauweisen und Verankerung dieser in Richtlinien und Gesetzen; lokale Strom- und Wärmenetze (insbesondere für Abwärme) und Produktion, Verteilung, und Speicherung in „Energy Hubs“. Programme und Förderungen für nachhaltige Gebäude zielen auf integrierte Sanierung und klare Vorschriften für klimagerechte Standards in Neubau und Sanierung ab (z. B. klimagerechte Bau- und Dämmmaterialien, raum- und bodenschonende Bauweisen, Passivhaus-Standard, Plusenergie-Gebäude) sowie auf Integration der Gebäude in lokale Heiz- und Kühlsysteme (Energieerzeugung, -speicherung, -kreislaufführung, und thermische Qualität). Weiters profitieren von klimaschutzorientierter Raumplanung, die Wohnen, Arbeiten und Mobilität im Sinn einer Funktionsmischung näher zusammenführt, Städte und ländliche Räume;
 - **Land- & Forstwirtschaft:** zunehmend flächendeckender Ausbau von klimafreundlichen und klimawandelrobusten Bewirtschaftungsformen, insbesondere

Biolandbau; starke Reduktion des Stickstoff-Mineraldünger-Einsatzes und Tierbestandes (wegen deutlicher Verringerung des Fleischkonsums); nachhaltigkeitsorientierte Präzisionslandwirtschaft; Aufbau von Bodenhumus und Holzbiomasse für Kohlenstoffspeicherung und Bioökonomie; Erhalt von Moorböden; Unterstützung nachhaltiger Ernährungsweisen (weniger Fleischkonsum, für alle leistbare biologische Lebensmittel). Der Erhalt und die Erhöhung von naturverträglicher Kohlenstoffspeicherung in Böden und Wäldern, mit Rücksicht auf Biodiversität, ist dabei eine übergreifende Priorität;

- **Bioökonomie:** Forcierter Aufbau einer kreislauforientierten, nachhaltigkeitsorientierten Bioökonomie (auch im sozioökonomischen Bereich), unter sorgfältiger Berücksichtigung von Zielkonflikten mit Nahrungsmittelerzeugung (z. B. Flächenbedarf) und Umwelt (z. B. Biodiversität), vor allem durch kaskadische Nutzung (Holzbau, Ersatz fossiler Rohstoffe in der Produktion). Es soll zu Emissionsabbau und zu Kohlenstoffspeicherung ein wichtiger Beitrag geleistet werden;
- **Stofffluss- & Abfallwirtschaft:** weiterer Ausbau des Fokus auf stofflicher Verwertung und Abfallvermeidung im Sinn kreislaufwirtschaftlicher Konzepte (z. B. „Design for Maintenance / Re-use / Re-furbishment / Re-cycling / Re-selling“). Ebenso ist es wichtig, die Klimaschutzpotenziale für Emissionsverringerung und Emissionsvermeidung in der Abfallbehandlung (z. B. Deponienachsorge, Abfallverbrennung) optimal auszuschöpfen.

Bevor die Basismaßnahmen in Kapitel 4 im Detail diskutiert werden, wird hier die Rolle von Werten in der Gestaltung von Klimapolitik aufgezeigt. Die vier Umsetzungspfade unterscheiden sich vor allem in dem Verständnis von Innovation und Steuerung, abhängig

von unterschiedlichen Wertvorstellungen. Zum einen können bei der Gestaltung des notwendigen gesellschaftlichen Wandels entweder technische oder soziale Innovationen stärker betont werden. Zum anderen kann Steuerung stärker durch Regierung und Verwaltung umgesetzt werden (top-down) oder stärker von Graswurzelbewegungen und Initiativen der BürgerInnen ausgehen (bottom-up).

Technische Innovationen zielen auf Effizienzsteigerungen ab, also die Bereitstellung von Gütern und Dienstleistungen unter geringerem Ressourcenverbrauch pro Einheit. Bei der Verringerung des ökologischen „Fußabdrucks“ können Effizienzsteigerungen zwar helfen, werden aber allein nicht ausreichen (siehe z. B. Abschnitte 4.2.4 / 5.2.4). Daher liegt bei sozialen Innovationen der Fokus auf neuen Arten des Lebens und Arbeitens, welche auf Umorientierung von Lebensstilen und (oft lokal) gemeinschaftlich ausgehandelten Verhaltensänderungen beruhen. Top-down-Steuerung würde dabei technische und soziale Innovationen von oben durch die Politik anstoßen, während Bottom-up Steuerung von der Basis aus durch BürgerInnen-Initiativen angestoßen wird.

Jedoch gibt es auch in Bottom-up-Steuerungsumsetzungspfaden eine wichtige Rolle für die Politik, und umgekehrt in der Top-down-Steuerung eine wichtige Rolle der BürgerInnen. Wie zuvor erwähnt, wird es also auf allen Ebenen gesellschaftlichen Einsatz benötigen, um die Klimaziele zu erreichen. Diese Umsetzungspfade sind also nicht als Entweder-oder zu verstehen, sondern bieten eher einen analytischen Rahmen, welcher die verschiedenen Herangehensweisen auf unterschiedlichen Ebenen verdeutlicht. Im Folgenden werden die vier Umsetzungspfade beschrieben, welche sich aus den zwei Achsen Innovation und Steuerung ergeben, wie in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Tab 1: Die vier Umsetzungspfade und ihre thematischen Achsen.

Umsetzungspfade 1 bis 4	Innovation	Steuerung
1. Technologie-orientierte Innovation	Technisch	Top-down
2. Mehr-Ebenen-System Innovation	Technisch	Bottom-up
3. Sozial-ökologische Transformation	Sozial	Top-down
4. Up-Scaling sozialer Innovationen	Sozial	Bottom-up

3.1 Der technologie- und marktfokussierte Pfad: Klimaschutz primär durch Technik und Regulierung

In diesem Szenario steht das 1,5-°C-Ziel im Zentrum der österreichischen Politik. Nachhaltigkeit und soziales Wohlergehen sind in der Verfassung festgeschrieben. Das Budget und sämtliche Entscheidungen werden nach diesen Zielen ausgerichtet. Entscheidungen sind evidenzbasiert und ein unabhängiges Gremium zum Monitoring der Maßnahmen und ihrer Wirkungen ist eingesetzt. Dessen Befunde sind transparent und öffentlich einsehbar. Lösungsansätze sind eher **technologie-geleitet** und werden vonseiten der Regierung und des Parlaments auf allen Ebenen (Bund, Länder, Gemeinden) forciert (**top-down**).

Ordnungspolitische und förderpolitische Ansätze stehen dabei im Mittelpunkt, welche einerseits schädliche Verhaltensweisen einschränken und andererseits deutliche Anreize für umweltfreundliches Verhalten von Individuen, Haushalten, Unternehmen sowie öffentlichen Einrichtungen setzen. Trotz des Fokus auf technische Innovationen sind auch in diesem Umsetzungspfad weitreichende politische Umstrukturierungen von Arbeits-, Wohn- und Lebensstil notwendig, um den österreichischen Beitrag für das 1,5-°C-Ziel zu erreichen.

Treibende Kräfte gesellschaftlichen Wandels

Es werden Regulierungen implementiert, welche die gesellschaftlichen Kosten gemäß dem Verursacherprinzip zuordnen. Klimaschutz wird somit gesetzlich verankert und wirtschaftlichen AkteurInnen wird es erleichtert, kohlenstoffsparende Entscheidungen zu treffen. Kohlenstoffintensive/r Produktion und Konsum werden teurer. Die öffentliche Verwaltung geht in allen Bereichen mit gutem Beispiel voran (Gebäude, Beschaffung,

Mobilität, Ernährung usw.). Öffentliche Investitionen und Beteiligungen unterliegen strengen klimarelevanten Vorgaben. Daneben bekommt Klimaschutz in allen Bildungs- und Ausbildungssystemen hohe Priorität.

Die Gesamtheit der Maßnahmen führt zu einem strukturellen Wandel des Wirtschaftssystems. Dabei misst die Politik ihren Erfolg durch mehrdimensionale Maßzahlen, die soziale, wirtschaftliche, institutionelle und ökologische Indikatoren inkludieren; sie sind Grundlage für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik.

Konsum und Lebensstil

Die Arbeitszeit wird ohne Lohnausgleich verkürzt, wodurch größere Freiräume zur Eigenversorgung und Erholung (z. B. durch gesunde Ernährung, Instandhaltung und Reparaturen) und Tätigkeiten im Sinne des Gemeinwohls (z. B. Vereinstätigkeiten, Pflege- und Betreuungsleistungen) entstehen. Individueller Konsum verringert sich durch die von der Politik gesetzten Maßnahmen zugunsten gemeinschaftlicher Bereitstellung von Dienstleistungen, also durch geteilte Nutzung privater Gegenstände und attraktive öffentliche Angebote, etwa im Bereich der Mobilität.

Die Politik erleichtert es, den individuellen Lebensstil klimafreundlich zu gestalten, z. B. durch Einschränkung von Werbung und Einführung von verpflichtenden Produktkennzeichnungen. Werbung wird so weit beschränkt, dass klimaschädliche Verhaltensweisen nicht unterstützt werden. In öffentlichen Gebäuden und Räumen wird Werbung maßgeblich eingeschränkt bzw. verboten. Produkte müssen ihre Umweltauswirkungen gut sichtbar ausweisen.

Energie und Industrie

Im Energiesektor** liegt der Fokus auf ökonomischen Anreizen und technischer Optimierung des Gesamtsystems, während bewusstenbildende Maßnahmen zu einem sparsamen Umgang mit Energie führen. Ein klarer Zielerreichungspfad für jeden Energieträger wird defi-

In dieser Seitenleiste finden sich Verweise zu Abschnitten mit mehr Information zu hier erwähnten Maßnahmen; entsprechende Textstellen sind mit einem * in der linken bzw. ** in der rechten Spalte markiert.

** 4.2/5.2

niert und die Subventionen transparent daran angepasst. Die Umstellung der festen Einspeisevergütung* auf eine administrativ festgelegte gleitende Marktprämie bereitet AkteurInnen auf eine zukünftige Marktintegration vor und setzt über Preise Anreize, am Lastenausgleich im Stromnetz teilzunehmen. Fernwärmenetze werden aus- bzw. umgebaut, um Abwärme aus industriellen Prozessen optimal* nutzen zu können. Stromnetze schöpfen durch Digitalisierung* und intelligente Zähler technisch geschaffenes Potenzial voll aus, um die Stromnachfrage an das von Wind und Sonne (o. Ä.) abhängige Angebot anzupassen. Gleichzeitig werden regulative Reformen umgesetzt, die etwa gebäudeintegrierte Photovoltaik zum Standard im Neubau macht.

Zu einer Reduktion des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen ist auch eine Reduktion des Bedarfs an anderen Ressourcen notwendig, z. B. durch Effizienzsteigerungen*, freiwilligen Konsumrückgang, Substitution, Standardisierung und Erhöhung der Lebensdauer von Produkten und durch die Einführung einer Kreislaufwirtschaft* mithilfe von technologischen Innovationen zur Optimierung von Prozessen („Industrie 4.0“)*. Im Rahmen ordnungspolitischer Maßnahmen werden besonders umweltschädliche Produkte wie z. B. Elektrogeräte mit geringer Energieeffizienz* nicht mehr zugelassen.

Infrastruktur, Mobilität und Wohnen

Im Infrastrukturbereich geht es ganz wesentlich um planungs- und ordnungsrechtliche Maßnahmen. Das schließt Kompetenzverlagerungen auf höhere Verwaltungsebenen ein. Bauordnungen und Wohnrecht müssen den Erfordernissen des 1,5-°C-Zieles angepasst werden (inkl. Lebenszyklusbetrachtungen*).

Neben starken ordnungsrechtlichen Vorgaben gibt es zudem ein substanzielles öffentliches Budget für Sanierungsförderung*, um die Sanierungsraten* maßgeblich zu erhöhen. Bei jeder Baueinreichung und -genehmigung müssen Pläne über den möglichen Rückbau, die weitgehende Wiederverwendung und nötige Entsorgung hinterlegt werden. Lebensraum- und Energieraumplanung* wirken

sich nicht nur auf Siedlungsstrukturen und Gebäude aus, sondern bestimmen auch wesentlich das Mobilitätsverhalten.

Dekarbonisierung im Verkehrswesen** bedeutet auch Innovation und Marktdurchdringung von emissionsarmen Antriebssystemen, leichteren Fahrzeugen, auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Digitalisierung** (autonomes Fahren außer im öffentlichen Verkehr) und eine adäquate, öffentlich nutzbare Logistik. E-Mobilität** gilt nicht als Selbstzweck, sondern wird dort eingesetzt, wo öffentlicher Verkehr fehlt, und im Car-sharing-Bereich. Wie in allen Bereichen steht an der Spitze die Bemühung der Vermeidung – im konkreten Fall z. B. durch Telekonferenzen. Luftverkehr wird strenger reguliert und entsprechend den gesellschaftlichen Kosten deutlich höher besteuert.

Land- & Forstwirtschaft und Ernährung

In der Landwirtschaft** führen Förderungen von klimafreundlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen, Düngemittelabgaben, eine Fleischsteuer und strenge Vorschriften zu einer Umstellung auf neue Technologien, Produktionsweisen und Konsummuster. Biologische Landwirtschaft und konsequent nachhaltigkeitsorientierte konventionelle Landwirtschaft (mit stark reduziertem Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger) kombiniert mit Präzisionslandwirtschaft, Futterleguminosenanbau (Luzerne, Klee gras), Begrünungen und organischem Dünger und konsequente Rückführung der Erntereste und Pflanzenkohle werden gefördert und führen zu Humusaufbau im Boden und damit zu einer optimalen Ausschöpfung der Landnutzung als CO₂-Senke**.

Es wird weiters angestrebt, vollständig auf Weidehaltung umzusteigen, den Viehbestand auf unter zwei Großvieheinheiten pro ha Futterfläche zu reduzieren sowie die Lebensmittelverschwendung und den Fleischkonsum** bis 2030 um 50 % zu reduzieren.

Gleichzeitig wird auch der Flächenverbrauch** drastisch eingeschränkt, die Nutzung

* 4.2.2/5.2.2

** 4.3/5.3.3

** 4.3.2/5.3.3

* 4.2.1/5.2.1

* 4.1.2/5.1.2

**4.3.5/5.3.3

*4.2.4/5.2.4

**4.5.1/5.5.3

*4.2.3/5.2.3, 5.6

*4.1.2/5.1.2, 5.2.1

*4.2.4/5.2.4

**4.5.1/5.5.3

*4.4/5.4.1; 5.4.2

* 4.4/5.4.3

* 4.4/5.4.3

**4.5.1/5.5.5

**4.5/5.3.3

*4.1.1/5.1.2

von Leerständen gefördert. In der Forstwirtschaft* werden Klimaschutzmaßnahmen vorgeschrieben. Dazu zählen Maßnahmen wie Quoten für Mischwälder, eine Mindestanzahl von Bäumen in Städten sowie die Reduktion von Fichtenmonokulturen. Zugleich werden Baunormen geändert, sodass Holznutzung in Bereichen wie z. B. Hochbau stärker verwendet wird*. Außerdem wird mehr Geld in die Forschung und Entwicklung von Biomasse zur stofflichen und energetischen Nutzung aufgebracht*.

*4.5.2/5.5.6

*4.5.3/5.5.7

*4.5.3/5.5.7

3.2 Mehr-Ebenen-System Innovation: Technische Innovationen ausgehend von Unten

Auf diesem Umsetzungspfad werden **technische Innovationen** schnell umgesetzt, um die 2030-Ziele zu erreichen (mindestens 50 % weniger Treibhausgasemissionen als 2005). Diese erhalten aufgrund starker **Bottom-up Bewegungen** soziale Akzeptanz und Durchsetzungskraft. Die BürgerInnen-Bewegungen treiben die Diffusion von Technologie und deren Integration in Praktiken, etwa beim täglichen Weg zur Arbeit oder Ausbildungsstätte, voran. Es werden neue Partnerschaften gesellschaftlicher AkteurInnen gebildet, die Wissenstransfer und -austausch pflegen, innovative Geschäftsmodelle entstehen lassen, sich an Klimaschutz ausrichten und Markttransformation herbeiführen.

Die technologischen Veränderungen bringen auch Veränderungen von (kulturellen) Praktiken, Normen und Institutionen mit sich. Diese Veränderungen werden aktiv angegangen und es werden Räume für Experimente geschaffen. Technik steht im Dienst des „guten Lebens für alle“, also von Suffizienz und Lebensqualität, statt BIP-Wachstum als Selbstzweck. Unter dem Leitsatz von nüchterner und sparsamer Innovation orientiert sich technische Spezifikation am Nützlichen, nicht am Machbaren.

Treibende Kräfte gesellschaftlichen Wandels

Die zahlreichen „For Future“-Kampagnen, diverse Volksbegehren u. Ä. unterstützen explizit Rahmenbedingungen für technische Innovationen zur Erreichung des Klimaziels (z. B. CO₂-Preis*, Förderungen). Dies dient als Rückenwind für politische und Unternehmensentscheidungen.

Es gibt direktere Kommunikation zwischen BürgerInnen und PolitikerInnen, vor allem, aber nicht nur, auf lokaler Ebene. In Low Carbon Clubs oder im Klimaparlament

vernetzen sich BürgerInnen, PolitikerInnen und UnternehmerInnen, um gemeinsam die Transformation für eine CO₂-neutrale Gesellschaft und Wirtschaft zu schaffen, mit der der österreichische Beitrag für das 1,5-°C-Ziel erreicht werden kann.

Es herrscht eine Tendenz, vom Wirtschaftswachstumsparadigma abzuweichen. Regionalwährungen und Tauschkreise erfreuen sich großer Beliebtheit bei Bottom-up-Bewegungen und profitieren von neuen technischen Möglichkeiten. Die Konsumnachfrage verlagert sich deutlich auf wenig ressourcenintensive Produkte und Dienstleistungen. Initiativen, die zu einer verlängerten Produktnutzung** führen, werden gefördert. Dies beinhaltet zum Beispiel Open-Source-Technologien, die eine funktionelle Obsoleszenz etwa von Smartphones verhindern. Über Personal Carbon Tracking Apps üben zuerst Jugendliche, dann alle Altersgruppen, ihre Klimawirkung einzuschätzen, und es entsteht ein Wettbewerb des cleveren und kreativen Minimierens. 2030 haben alle Bevölkerungsgruppen einen gut entwickelten Kohlenstoffinstinkt.

Durch die Zusammenarbeit von Unternehmen, insbesondere kleinen und mittleren, und öffentlichen Institutionen entstehen Kooperationen, die Divestment von Kapital, das auf CO₂-intensiver Technologie beruht, hin zu nachhaltiger Wertschöpfung ermöglichen.

Konsum und Lebensstil

Vermehrt wird der Fokus auf freiwillige Einfachheit, Entmaterialisierung und gerechte Umverteilung gelegt. Freizeit bekommt einen immer höheren Stellenwert gegenüber Einkommen, was durch eine Arbeitszeitverkürzung ohne Lohnausgleich erreicht wird. Die Digitalisierung** dient der nachhaltigen Vernetzung. Geräte und Produkte werden mithilfe von gemeinwohlorientierten Sharing-Plattformen geteilt, sodass privater Konsum und Besitz an Bedeutung verlieren.

Statussymbol ist nun eine nachhaltige Lebensweise und der Besitz von sparsamen Konsumgütern**. Die solidarische Landwirt-

In dieser Seitenleiste finden sich Verweise zu Abschnitten mit mehr Information zu hier erwähnten Maßnahmen; entsprechende Textstellen sind mit einem * in der linken bzw. ** in der rechten Spalte markiert.

**4.2.3 / 5.2.3

**4.1.1/5.1.2

*4.1.2/5.1.2

**4.2.3/5.2.3

schaft erlebt einen Boom und Co-Housing-Projekte sind die neue Norm. Neue Technologien, wie innovative Fleisch-Ersatzprodukte, erobern die Märkte.

In jeder Nachbarschaft werden öffentliche Gemeinschaftsräume von der Gemeinde finanziert und für Veranstaltungen und Treffen zur Verfügung gestellt. Diese werden durch die anliegenden Nachbarn verwaltet. In diesen Räumen können Veranstaltungen stattfinden, die einen nachhaltigen Lebensstil ermöglichen, beispielsweise regelmäßige Tausch- und Reparaturkreise oder die Koordination von Gemeinschaftseigentum, etwa von Autos oder Lastenfahrrädern. Auch Nahrungsmittelkooperativen und andere regionale Einkaufsgemeinschaften sowie genossenschaftliche Bauernhöfe können in diesen Räumen organisiert werden.

Energie und Industrie

In diesem Szenario spielen im Energiesektor Energiegemeinschaften* eine tragende Rolle. Diese kombinieren technische und soziale Innovationen. Zum einen werden bidirektionale Lieferungen* der Energieflüsse zum Normalfall. Die gesamte Wertschöpfungskette ist nach Möglichkeit in regionalen Energie-Hubs organisiert, um Verluste und Kosten durch Übertragung zu minimieren und die Resilienz des Gesamtsystems zu erhöhen. In Zusammenarbeit mit Landwirten der Region kann auch der Anbau von Bioenergiepflanzen wie Miscanthus, Weide und Pappel sowie die Nutzung von organischen Neben- und Abfallprodukten zur Energiegewinnung organisiert werden. Zum anderen sind die Energiegemeinschaften zentral in Entscheidungsprozesse eingebunden, was die Energiewende auch zur Graswurzelbewegung macht. Dies ermöglicht der Gemeinschaft, früh ihre Abwägung von Interessenkonflikten einzubringen, etwa bei der Standortwahl für Windkraftwerke, und so den politischen Diskurs zum Thema Energie zu fördern.

Es werden marktwirtschaftliche Anreize für Unternehmen geschaffen, Produkte mit langer Lebensdauer, geringem Strom- und Ressourcenverbrauch, modularen Elementen

und hoher Reparatur- und Recyclingfähigkeit zu produzieren**. Diese Forderungen und Ansprüche führen zu strengeren Öko-Designrichtlinien für ProduzentInnen als auch zu freiwilligem Wettbewerb unter ProduzentInnen, um nachhaltigere Produkte herzustellen, die weit über die Mindestanforderungen hinausgehen.

**4.2.3/5.2.3

Infrastruktur, Mobilität und Wohnen

Im Mobilitätssektor zielen Bottom-up-Innovationen darauf ab, die Abhängigkeit vom Individualverkehr zu reduzieren. Die Digitalisierung trägt dazu bei, dass BürgerInnen sich immer selbstverständlicher selber online vernetzen, um ihre Mobilität gemeinschaftlich zu organisieren. Eine verstärkte Nutzung von Mitfahrgelegenheiten oder Carsharing ist ein Beispiel**. Dies ersetzt nach und nach die Autos, vor allem im Stadtverkehr, was sich auch in der Weiterentwicklung der Infrastruktur niederschlägt. Im Wohnbau sind vor allem über Gesetzesanpassungen** mehr Bottom-up-Innovationen erlaubt. Es werden beispielsweise Energieverbünde zwischen Privaten stärker zugelassen. Technologisch effiziente Innovationen sind einfacher in den Baubestand umzusetzen und zu integrieren. Es entstehen mehr Leuchtturmprojekte, in welchen Unternehmen, Individuen, öffentliche Einrichtungen und Haushalte ihre Wohngebäude auf stärkere Energieeffizienz und Klimaresilienz ausrichten. Der Trend zu gemeinschaftlichem Wohnen bewirkt eine Aufwertung des öffentlichen Raums und gemeinschaftlich genutzter Flächen bei gleichzeitig geringeren durchschnittlichen privaten Wohnflächen. Altbaubestände werden verdichtet, saniert und gegenüber des Neubaus wertgeschätzt**.

**4.3/5.3.3

**4.4/5.4.4
*4.2.2/5.2.2

*4.2.1/5.2.1

**4.4/5.4.2

Land- & Forstwirtschaft und Ernährung

In der Landwirtschaft** wird mehr Fokus auf Biodiversität, Bodenschutz, Klimaschutz und Gewässerschutz sowie Gemeinwohl, Fairness (insbesondere für die Kleinbetriebe) und Kooperation zwischen Landwirtschaft, Verarbeitung, Regionalentwicklung und

**4.5.1/5.5.3

KonsumentInnen gelegt, insbesondere zur Bewahrung und weiteren Förderung der Senkenfunktion der Land- und Forstwirtschaft. Daher werden auch brachliegende Flächen mit hoher Biodiversität nun als positiv und nützlich wahrgenommen. Ebenso wird Urban Gardening/Urban Farming immer mehr gefördert. Pioniere in der Landwirtschaft, die Permakultur, Agroforstwirtschaft, solidarische Landwirtschaft und Hofgemeinschaften betreiben, zeigen neue Wirtschafts- und Organisationsweisen auf. Durch die Verbreitung solcher Projekte und des Bewusstseins, dass Nahrungsmittelproduktion weitreichende ökologische Auswirkungen hat, stellen KonsumentInnen ihre Ernährungsgewohnheiten* um und reduzieren die Lebensmittelverschwendung*.

Gleichzeitig wird die Vernetzung von innovativen ProduzentInnen untereinander gefördert und es entstehen neue ProduzentInnengemeinschaften, die Land- und Forstwirtschaft und Bioökonomie* im Sinne des Klimaschutzes betreiben. Neue Unternehmen üben sich im Bereich der materiellen Nutzung von Biomasse als Substitut von z. B. Baustoffen (Holz statt Beton).

Es kommt somit zu einem Transfer von Know-how und lokalen und regionalen Technologie-Hubs und einer Diffusion neuer Technologien in der Landwirtschaft. Technologien wie z. B. durch Digitalisierung** werden dazu genutzt, Lebensmittelkooperativen und Lebensmittelverteilerplattformen (z. B. Foodsharing) zu organisieren. Es entstehen viele Echtzeitlabore und neue innovative Unternehmen, die versuchen, mittels neuer Technologien alternative Produktions- und Konsummuster zu leben. Die Wahrnehmung der Bedeutung von Schutzwäldern und Totholz/Restholz steigt in der Bevölkerung und damit auch deren Anteil in bewirtschafteten Wäldern.

Allgemein gibt es in der Land- und Forstwirtschaft einen Trend zu mehr Vielfalt und weniger Monokulturen (daher weniger sekundäre Fichtenwälder**, aufgelockerte Mais-Fruchtfolgen). Dazu entstehen mehr kleinere und mittlere Unternehmen, die sich auf Biomasse spezialisieren und durch hochwertige Grundstoffe nachhaltige Produkte herstellen und zugleich die regionale Wertschöpfung erhöhen.

**4.1.2/5.1.2

*4.5.1/5.5.4

*4.5.1/5.5.5

**4.5.2/ 5.5.6

*4.5.3/5.5.7

3.3 Der sozial-ökologische Transformationspfad: Klimaschutz & Fairness primär durch Vorschriften

In diesem Szenario wird die sozio-ökologische Transformation der Gesellschaft **eher durch Regierung und Verwaltung gelenkt**, die Klimaschutz für notwendig halten und dabei rein technische Lösungen nicht als ausreichend empfinden. **Soziale Innovationen** sind geprägt von Transparenz, Kostenwahrheit und sozialer Gerechtigkeit.

Der Bevölkerung werden Veränderungen zugestanden. EntscheidungsträgerInnen interpretieren Transformation vornehmlich als Änderung von Verhaltensweisen und sozialen Praktiken. Es geht um radikale soziale Maßnahmen, die von oben durchgesetzt werden. Dafür braucht es ein breites Bündel von Maßnahmen. Tendenziell werden ordnungspolitische Instrumente vermehrt eingesetzt, was zu weniger regressiven Wirkungen als marktbasierende Instrumente führt.

Treibende Kräfte gesellschaftlichen Wandels

Ein starker Stellenwert von Klimaschutz in der Politik wird befördert durch Budgetpriorität für geeignete Maßnahmen, durch Monitoring und durch evidenzbasierte Politik. Es werden geeignete Staatsziele definiert, ausgerichtet auf das Wohlbefinden der BürgerInnen. Das Bruttoinlandsprodukt wird als Erfolgsmaß für Politik ersetzt durch einen mehrdimensionalen Indikator, in den soziale, ökologische, und wirtschaftliche Faktoren gleichermaßen einfließen. So können die eigentlichen Zielgrößen – unter anderem die gleichmäßige Verteilung von Wohlstand und Wohlbefinden, Gesundheit, eine unverschmutzte Umwelt und Artenvielfalt – zur evidenzbasierten Politikbeurteilung und -beratung herangezogen werden, statt der undif-

ferenzierten Steigerung von wirtschaftlicher Aktivität.

Die Schaffung von BürgerInnenräten⁸ macht es einfacher für BürgerInnen, ihre Expertise und Interessen in den demokratischen Prozess einzubringen.

Green Finance, also die Ergänzung von Profitabilität durch ökologische Kriterien bei Investitionsentscheidungen, sowie Vorgaben für klimafreundliche öffentliche Investitionen stehen im Kern eines solchen Systems. Kreditsteuerungsmaßnahmen werden eingeführt. Diese machen sozial-ökologische Vorgaben für die Vergabe von Krediten. Daher ist nicht nur die „ökonomische Rentabilität“ entscheidendes Kriterium bei der Kreditvergabe.

Konsum und Lebensstil

Die Wochenarbeitszeit, die für Vollzeit steht, wird von 40 auf 30 Stunden gekürzt, mit geringem Lohnausgleich, welcher progressiv gestaltet wird. Freiwillig kann weniger und bei Bedarf auch mehr gearbeitet werden. Die entstehenden Freiräume erlauben es BürgerInnen, die Einführung von sozialen Innovationen zu gestalten, wie z. B. Community Supported Agriculture. Alle Produkte werden auf ihren CO₂-Fußabdruck gekennzeichnet, es erfolgt ein Phase-out von klimaschädlichen Produkten.

Tauschgeschäfte, eine Sharing Economy und Repair Shops** werden gefördert, um Materialverbrauch zu reduzieren und die volle Lebensdauer von Produkten ausnutzen zu können. Gleichzeitig ermöglichen es Produktkennzeichnungen bezüglich CO₂-Intensität und ökologischem Fußabdruck KonsumentInnen, informierte Entscheidungen zu treffen. Auch Regulierung und Standards führen zu einem Phase-out von klimaschädlichen Produkten.

Informationskampagnen zum Klimaschutz, deren Inhalt auf wissenschaftlichem Konsens beruht, erfolgen auch unter Nut-

In dieser Seitenleiste finden sich Verweise zu Abschnitten mit mehr Information zu hier erwähnten Maßnahmen; entsprechende Textstellen sind mit einem * in der linken bzw. ** in der rechten Spalte markiert.

**4.3/5.3.3

⁸ Siehe z. B. online unter: <https://www.partizipation.at/buergerinnenrat.html>

zung sozialer Medien. Werbung für klimaschädliche Produkte wird eingeschränkt oder verboten.

Energie und Industrie

Im Energiebereich wird der Energieverbrauch mit technischen Möglichkeiten weitgehend reduziert, diese werden jedoch durch soziale Innovationen substanziell ergänzt. Dabei ist Energie vorrangig als Dienstleistung* zu verstehen, und Optimierungen sind so vorzunehmen, dass die CO₂-Emissionen minimiert werden. Maßnahmen der Energieplanung* und Ausweitung der Verwendung von Energieausweisen können dazu dienen.

Die Schaffung von Energiegemeinschaften wird unterstützt, um die gemeinsame Nutzung von Ressourcen (etwa der Dachflächen von Mehrparteienhäusern in gemeinsamem Eigentum für Photovoltaikanlagen) zu ermöglichen.

„Weniger ist mehr“ gilt auch als Grundlage in der Produktion, bei Vorrang auf Qualitätsbetrachtungen. Die Ökodesign-Richtlinie* wird auf mehr Produktgruppen erweitert. Zusätzlich werden Unternehmen dazu verpflichtet, genaue Angaben über die Reparierbarkeit und Haltbarkeit ihrer Produkte anzugeben. Garantie- und Gewährleistungsgesetze werden entsprechend ausgeweitet, um langlebigere Güter zu ermöglichen und deren Reparatur zu fördern. Die Kreislaufwirtschaft* wird durch strenge Recyclingvorschriften* für Industrie und Haushalte sowie Quoten zum Einsatz von Rezyklaten eingeführt. Soziale Innovationen, wie zum Beispiel Tauschgeschäfte und Repair Shops, werden gezielt gefördert, sodass der Ressourcenverbrauch deutlich sinkt und gemeinschaftliche Aktivitäten gefördert werden.

Infrastruktur, Mobilität und Wohnen

Mobilität wird primär als Dienstleistung* betrachtet. Mobilitätsdienste werden auf Minimierung von Klimaauswirkung optimiert. Es werden Rahmenbedingungen geschaffen, welche soziale Innovationen wie Ride & Car-

sharing oder gemeinschaftlich organisierte Fahrdienste begünstigen. Diese ersetzen nach und nach den Individualverkehr. Durch einen Ausbau der Fuß- und Fahrradwege** wird nichtmotorisierte Mobilität begünstigt.

**4.3.3/5.3.3

Beim Wohnbau kommt es zu einer Verdichtung bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Grünflächenbedarfs. Verdichtung erfolgt auch im ländlichen Raum (keine Einfamilienhäuser)**. Auszug von älteren Personen wird gefördert, damit jüngeren Familien größere Wohnflächen zur Verfügung stehen beispielsweise durch eine reduzierte Schenkungssteuer beim Hauptwohnsitz. Dadurch können bestehende Einfamilienhäuser effizienter genutzt werden. Durch politische Forcierung der Verdichtung werden neue Wohn-, Arbeits- und Mobilitätsformen ermöglicht. Fördermittel für Neubau und Sanierung** werden umgestaltet, um sozial innovative Wohnformen zu ermöglichen, wie etwa Co-Housing oder multifunktionale Gebäude. Offene Architekturwettbewerbe fördern die Entstehung von und den Austausch über sozial innovative Wohn- und Bauformen. Ortskerne werden revitalisiert. Weitere Bodenversiegelung** wird vermieden.

**4.4/5.4.2

*4.2.1/5.2.1

*4.1.1/5.1.2

**4.4/5.4.3

*4.2.3/5.2.3

**4.3.1/4.5/5.1.2/
5.3.3/5.4.2

Land- & Forstwirtschaft und Ernährung

Ziel ist es, fruchtbare Böden vor Bodenversiegelung zu schützen und ihre Funktion als CO₂-Senke zu fördern. Der „Klimaschutzwirt“ hat den Klimaschutz und Nachhaltigkeit als vorrangiges Ziel in der Land- und Forstwirtschaft. Das Credo dieser Land- und Forstwirtschaft ist eine qualitativ hochwertige Ernährung und optimierte Gesundheit der KonsumentInnen**. Zum einen greift der Staat stark ein und führt hohe Abgaben und Verbote ein. Dazu gehören eine CO₂-Steuer** auf klimaschädliche Produkte aus der Landwirtschaft (z. B. Fleisch), die Reduktion von Fleisch auf Menüplänen von öffentlichen Einrichtungen und Verpflichtungen für Supermärkte, nicht verkaufte Lebensmittel zu spenden. Neue Regeln zu Transparenz und Produktdeklaration erlauben bewusste Kauf-

*4.2.3/5.2.3

*4.6/5.6

**4.5.1/5.5.4

*4.1.1/5.1.2

*4.3/5.3.3

entscheidungen (Produktherkunft, Produktionsweise).

Zentral ist auch das Auslaufen von Förderungen von klimaschädlichen Maßnahmen in der Landwirtschaft*. Zugleich werden sozial innovative Initiativen wie Lebensmittelkooperativen, solidarische Landwirtschaften, Hofgemeinschaften und Foodsharing gefördert. Es gibt großflächige Informationskampagnen zur Fleischreduktion und gegen Lebensmittelverschwendung* und Weiterbildungsmaßnahmen für KöchInnen und BürgerInnen zu gesunder Ernährung. Außerdem werden Rahmenbedingungen wie eine europäische Waldkonvention und eine zentrale Koordinierungsstelle für Abfallvermeidung eingerichtet. Sektorspezifische Regulierungen sind dabei in Rahmenmaßnahmen wie einer sozial-ökologischen Steuerreform sowie einer Begrenzung der Flächenversiegelung eingebettet. Durch die Änderung der großen Spielregeln werden die nötigen Verhaltensänderungen der Individuen auf den Weg gebracht.

*4.5.1/5.5.3

*4.5.1/5.5.4

In der Landwirtschaft gibt es steuerliche Begünstigungen für regionale Landwirtschaft, für Humusaufbau in Böden, für Lebensmittelkooperativen, für Lebensmittelspenden sowie Werbeverbote für klimaschädliche Produkte.

3.4 Up-Scaling sozialer Innovationen: Klimaschutz durch innovative Gesellschaft und Wirtschaft

Soziale Innovationen, die zu Ressourcen- und Emissionsreduktionen führen, haben ihren Ursprung primär in Graswurzelbewegungen (**bottom-up**), werden aber explizit gefördert. Nach einer Phase des Ausprobierens führen diese Innovationen zu neuartigen Lebens- und Produktionsweisen. Neben finanziellen Ressourcen und Anreizen erfordern diese innovativen Prozesse Beteiligung von Bildungsorganisationen und professioneller Klimaschutzorientierter Unternehmens- und Organisationsberatung. Erfolgreiche Initiativen und Organisationen werden bei der Skalierung von Innovationen umfassend unterstützt. Das Wirtschaftssystem wird als eingebettet in Gesellschaft und Umwelt verstanden. Zivilgesellschaftliche Initiative ist hier als Triebkraft demokratischen Fortschritts konzeptualisiert. Lokale Ressourcen werden mobilisiert und kontextspezifische Lösungen geliefert.

Treibende Kräfte gesellschaftlichen Wandels

BürgerInnen-Initiativen, die sich für gesellschaftliche Bedürfnisse, Wohlbefinden etc. im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung einsetzen (Volksbegehren, X For Future, NGOs, die politisch aktiv werden), erhalten institutionalisierten Einfluss in politischen Entscheidungsprozessen, wie dies in der Sozialpartnerschaft bereits praktiziert wird. So werden z. B. eine sozial-ökologische Steuerreform und eine klimaschutzorientierte Raumplanung politisch möglich.

Das Wirtschaftssystem ist auf den Schutz der Umwelt und das Wohlbefinden der jetzigen und zukünftigen Generationen ausgerichtet. Gesundheit, Wohlbefinden, Bedürfnisbefriedigung, Gerechtigkeit und eine lebenswerte Umwelt stehen im Zentrum des wirtschaftlichen Handelns. Grundlegende soziale und wirtschaftliche Logiken, wie etwa

einseitige Profitorientierung, die voranschreitende Kommerzialisierung aller Lebensbereiche oder die zunehmende Konzentration von Einkommen und Vermögen, werden kritisch hinterfragt und als zentrale gesellschaftliche Probleme verstanden. Ansätze, die unter dem Begriff „Postwachstum“ zusammengefasst werden können, bieten ein gut ausgearbeitetes, zukunftsweisendes Narrativ an. Hier wird ein sparsamer, umweltfreundlicher Lebensstil nicht als Verzicht, sondern als Gewinn an Lebensqualität, Gemeinschaft und Selbstbestimmung verstanden. Regionalwährungen haben das Potenzial, sowohl lokale Gemeinschaften als auch regionalen Konsum und Produktion anzuregen.

Konsum und Lebensstil

Das Konsumverhalten und der allgemeine Lebensstil entsprechen einem verantwortungsvollen und gemeinschaftlichen Umgang mit Produkten (Tauschgeschäfte, Sharing Economy, Gebrauchtwagen, Repair-Cafés, Kreisläufe/Verringerung von Abfall, Konsum klimafreundlicher und nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen, Suffizienz, Fairness)**. Solidarischen und gemeinschaftlichen Plattformen, die den Zugang zu benötigten Gütern und Produkten bewerkstelligen, wird Raum gegeben und sie werden gefördert. Durch eine Arbeitszeitverkürzung ohne Lohnausgleich entsteht Zeitwohlstand. Ein Grundeinkommen unterstützt diesen Lebensstil und wird in Form einer regionalen Währung eingeführt, was viele Bereiche der Ökonomie regionalisiert.

Folgende Schlagworte beschreiben den neuen Lebensstil: Verantwortung, gemeinschaftliche Organisation, dezentrale Infrastruktur, Suffizienz, gemeinschaftliches Verwalten von Gemeingütern (Commons), Leistbarkeit (Verteilungsgerechtigkeit & Zugang), Tauschgeschäfte, Gebrauchsgeschäfte.

Energie und Industrie

Für den Energie- und Industriesektor** bedeutet dies konkret, auch die notwendige drastische Verbrauchsreduktion als zentrale

In dieser Seitenleiste finden sich Verweise zu Abschnitten mit mehr Information zu hier erwähnten Maßnahmen; entsprechende Textstellen sind mit einem * in der linken bzw. ** in der rechten Spalte markiert.

**4.2.3/5.2.3

**4.2.1/5.2.1

gesellschaftliche Aufgabe anzusehen. Energieverbrauch wird die wichtigste Zielgröße für Entscheidungen, insbesondere in den Bereichen Mobilität und Ernährung. Energie- und Ressourcenkonsum wird re-politisiert und als Ergebnis der individuellen und kollektiven Lebensweise verstanden. Gesellschaftliche Freiräume ermöglichen es, alltägliche Handlungsmuster zu hinterfragen und Innovationen auszuprobieren. In diesem Zusammenhang ist die Aufgabe von Top-down-Regulierung, primär diese Freiräume zu schaffen, die in kollaborativen, lokalen Prozessen gestaltet werden können.

Aufgrund von Kostenwahrheit* können die Kosten für den vorherrschenden Lebensstil eingeschätzt werden. Dies führt zu einem geringeren Ressourcenverbrauch in der Gesellschaft (Wohnen, Heizen, Kühlen, Mobilität, Ernährung etc.) und einem nachhaltigen Energiesystem.

Infrastruktur, Mobilität und Wohnen

Infrastruktur wird weitestgehend auf nicht-motorisierten Verkehr ausgerichtet. Für Fälle, in denen motorisierter Verkehr notwendig ist, werden gemeinschaftlich organisierte Fahrdienste oder öffentlicher Verkehr* verwendet. Parkplätze, vor allem im Stadtbereich, werden weitgehend umfunktioniert und dem öffentlichen Raum zurückgeführt. Die Art, zu wohnen, arbeiten und Freizeit zu gestalten, wird durch regionale Raumplanung so verändert, dass der Bedarf an Mobilität sinkt. Wohnen, Arbeiten und Freizeitgestaltung rücken räumlich näher aneinander bzw. werden diese Bereiche dementsprechend gestaltet. Wohnräume werden auf Gemeinschaft ausgerichtet.

Im Neubau werden Einfamilienhäuser vermieden und stattdessen Wohnstrukturen gebaut, welche gemeinschaftliches Wohnen mehrerer Familien oder Wohngemeinschaften erlauben, indem beispielsweise Gemeinschaftsräume oder -gärten in Wohnkomplexen gebaut werden*. Die dadurch entstehenden Kooperationspotenziale erlauben einen reduzierten Konsumbedarf (durch stärkeren Austausch von Alltags- und Ge-

brauchsgegenständen) sowie auch gebäudeübergreifende Energielösungen, welche besser koordiniert werden können. Hierfür müssen jedoch regulatorische Hindernisse abgebaut werden – trotz des Fokus auf sozialen Bottom-up-Innovationen kommt also der Top-down-Politik dennoch weiterhin eine wichtige Rolle zu.

Land- & Forstwirtschaft und Ernährung

Soziale Innovationen wie (regionale) Kooperationen zwischen Landwirtschaft und KonsumentInnen, Urban Gardens, Hofgemeinschaften, Lebensmittelkooperativen, solidarische Landwirtschaft führen zu neuen Lebens- und Produktionsweisen**. Die Menschen probieren selbstständig neue nachhaltige Formen der Bewirtschaftung in Land- und Forstwirtschaft und integrieren die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft am eigenen Betrieb. Im Rahmen der ÖPUL** gibt es Subventionen sowie Steuererleichterungen für entsprechende Projekte und Maßnahmen. Eine starke Rolle spielen Bildungsinstitutionen und Weiterbildungsmaßnahmen für Bauern und Bäuerinnen sowie für Lebensmittelhandel, WaldbesitzerInnen und BiogasanlagenbetreiberInnen.

*4.1.1/5.1.2

** 4.5.1/5.5.3, 5.5.4

**4.5.1/5.5.3

*4.3/5.3.3

*4.4/5.4.2

4. Die Basismaßnahmen: Überblick und Beschreibung

Dieses Kapitel zeichnet das Grundgerüst auf, das von Klimaschutzexpertinnen und Klimaschutzexperten als notwendig, jedoch – abhängig von dessen Ausgestaltung – nicht unbedingt als ausreichend erachtet wird, um dieses Ziel zu erreichen. Wenn möglich, werden Mindestanforderungen für die Ausgestaltung der Basismaßnahmen angegeben. Der Großteil der Maßnahmenpakete wird qualitativ beschrieben, da für viele Maßnahmen noch einiges an Forschungsbedarf besteht bzw. eine Quantifizierung des THG-Reduktionspotenzials oft nur schwer möglich ist. Letzteres gilt vor allem für Maßnahmen im Bereich der Bildung, Bewusstseinsbildung, Forschung & Entwicklung. **Tabelle 2** enthält eine Übersicht der Basismaßnahmen, die in dem folgenden Unterkapitel überblickshaft beschrieben werden. In Kapitel 5 befinden sich detaillierte Informationen zu diesen und auch weiteren Klimaschutzmaßnahmen. In Kapitel 5 wird zudem aufgezeigt, welche Maßnahmen bisher

im Entwurf-NEKP der österreichischen Bundesregierung berücksichtigt worden sind und welche nicht.

Ob Österreichs Beitrag zum Paris-Ziel erreicht wird, hängt von den konkreten Umsetzungspfaden ab. Der Übergang von Sub-Zielen (z. B. erneuerbarer Anteil in der Energiebereitstellung) zu Maßnahmen (z. B. Förderung von erneuerbare Energien) und zu konkreten Instrumenten (z. B. eine Prämie für Strom aus Windkraft in der Höhe von x Cent pro kWh) ist dabei in vielen Fällen nicht eindeutig und fließend. Je näher man an die Ausgestaltung und Art (z. B. steuerlich, ordnungspolitisch, bewusstseinsbildend) von Instrumenten zur Erreichung der (Sub-)Ziele gelangt, umso mehr spielen Werte eine Rolle. Die Wissenschaft kann die unterschiedlichen Auswirkungen dieser Instrumentengestaltung aufzeigen und analysieren, aber nicht bewerten, welches Instrument dabei gesellschaftlich am besten ist. So können verschiedene Ausgestaltungen die gleiche THG-Reduktion erreichen, jedoch mit unterschiedlichen sozialen, ökonomischen und ökologischen Folgewirkungen. Die Bandbreite möglicher wertepprägter Ausgestaltungen wurde im vorherigen Kapitel 3 aufgezeigt

Tab. 2: Basismaßnahmen zur Erreichung des 1,5-°C-Zieles jedenfalls benötigt werden, aber deren Implementierung alleine noch keine Sicherstellung der Erreichung des Zieles gewährleistet. Erst die konkrete Ausgestaltung und das Ausmaß und die Art zusätzlicher Maßnahmen bestimmen die Möglichkeit der Zielerreichung. Je deutlicher und früher die Maßnahmen ansetzen, umso zuverlässiger ist eine Zielerreichung realistisch.

Gebiet	Grundsätzliche Maßnahme bzw. Sub-Ziel	Mindestanforderung an Gestaltung	Wirkung ¹	
			Kurzfristig	Langfristig
Sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen	Sozial-ökologische Steuerreform (SÖK)	Aufkommensneutrale Besteuerung aller fossilen Energieträger (Nicht-ETS + Mindestpreis-ETS) inkl. Klimaprämie (Rückzahlung an Haushalte)	++	+++
		Abschaffung klimaschädlicher Subventionen	++	+++
	Klimaschutzorientierte Energieraumplanung	Verankerung von Klima- und Energiezielen in der Raumplanung	+	+++
		Umsetzung der Prinzipien von Energieraumplanung: Funktionsdurchmischung, maßvolle Dichte und Innenentwicklung	+	+++
Energie & Industrie	Sektorkopplung	Anreize zur energetischen Verknüpfung der Sektoren Energie, Industrie, Mobilität und Gebäude	+	+++
		Nach der Herangehensweise „Energie als Dienstleistung (z. B. Wärme, Zugang)“ in bestehenden Regulierungen (Wohnbauförderung, Raumplanung) Barrieren beseitigen und Anreize setzen	+	+++
	Adäquater Ausbau erneuerbare Energie (Strom & Wärme/Kälte)	Beseitigung hemmender Regulierung(selemente)	++	+++
		Für Technologien in Entwicklung (technologie-offen): Investitionsförderung & Einspeisevergütung (Tarife, Prämien)	++	++
		Investitionen in dezentraleren Netzausbau, Anergienetze und Smart-Grids	+	+++
		Anpassung Netzkostengestaltung	k. A.	k. A.
	Unterstützung Kreislaufwirtschaft	F&E für Speicher und Sektorkopplung	k. A.	+++
		Ausweitung des Förderprogramms	k. A.	k. A.
		Maßnahmen zur Erhöhung der Produktnutzungsdauer (garantierte Produktlebensdauer, Reparaturfähigkeit, KonsumentInnenrechte)	+	++
		Suffizienz als Leitbild zur Reduzierung des Materialverbrauches	+	+++
	Transformation Industrie	Rahmenbedingungen für nachhaltige Sharing-Angebote	k. A.	k. A.
		Umstellung Stahlindustrie (Wasserstoff, Stahlschrott, ...)	0	+++
		Erhöhung der Kreisläufe von Kunststoffen	k. A.	k. A.
		Umstellung chemische Industrie (Effizienz, erneuerbare Prozessenergie, Grundchemikalien)	k. A.	+++
Erhöhung der Energieeffizienz	Fortführung und Verbesserung des EEEffG mit strengeren Vorschriften	+	+	
	Verhinderung des Rebound-Effektes (SÖK, Energieabgaben)	++	++	
	Designs, die energieeffizientes Verhalten unterstützen (v. a. für Smart-Meter)	+	+	
	Progressive und sozial faire Stromtarife	++	++	
	Energieraumplanung (Baulandnutzung, Abwärmepotenziale)	0	++	

Gebiet	Grundsätzliche Maßnahme bzw. Sub-Ziel	Mindestanforderung an Gestaltung	Wirkung ¹	
			Kurzfristig	Langfristig
Verkehr	Rahmenmaßnahmen	Lenkende Gebühren (Road-Pricing, Abschaffung Dieselprievileg, Parkgebühren)	++	+++
		Entwicklung Zentralräume der kurzen Wege → Raumplanung & Bauordnung	+	+++
		Handelbare Nutzungszertifikate zum wertverlustfreien Übergang aus hoch zersiedelter Baulandwidmung in Orte der kurzen Wege	0	++
		Siedlungs- & Mobilitätskonzepte → Priorisierung Radverkehr und Fußgänger	0	++
		Fahrzeugorientierte technologische Maßnahmen mit klaren Grenzwertvorgaben	0	++
		Verbot fossiler Antriebe für Automatisierung und digitale Sharing-Angebote	0	++
		Verknüpfung Mobilitätsangebot	k. A.	k. A.
		Virtuelle Mobilität fördern (z. B. Telekonferenzen)	+	+
		Infrastrukturausbau & Qualitätsverbesserung für Radfahren und Gehen	k. A.	k. A.
		Förderung und Verbesserung der Sicherheit	k. A.	k. A.
		Stadt: Parkraumbewirtschaftung	+	+
		Land: Zielgerichtete & Mikro-ÖV-Systeme	+	+
		Verdichtung & Modernisierung (E-Flotte, Bahnverkehr)	++	++
		Günstigere Tickets & bessere Verbünde (Gesamt-Österreich)	++	++
		Automatisiertes Fahren fokussiert auf Zero-Emission-Vehicles	k. A.	++
		Motorisierter Individualverkehr	Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit, Überprüfung der Einhaltung bestehender Höchstgeschwindigkeiten	++
	Restriktive Maßnahmen für die Autobenutzung mit fossilem Antrieb		++	++
	Förderung E-Mobilität auf Basis EE		++	++
	Klimafreundliche Ziele und Förderschienen für die Logistik		++	++
	Reduzierung & Dekarbonisierung	Verlagerung auf die Schiene durch Verbesserungen der Bahn-Infrastruktur	++	++
Förderung regionalwirtschaftlicher Initiativen		k. A.	k. A.	
Elektrifizierung des hochrangigen Straßennetzes		0	+++	
Flugticketabgabe (Österreich) & Kerosinsteuer (EU) → SÖK		++	++	
Gebäude	Emissionsarme Strukturen	Aufwertung Bahnverkehr & virtuelle Meetings	++	++
		Klimaschutzorientierte Energieraumplanung	+	+++
	Emissionsarme Gebäude	Lebenszyklus in Entscheidungen berücksichtigen (z. B. Materialien, Deponierung, Rezyklierbarkeit, ...)	k. A.	k. A.
		Strengere bautechnische Standards/Vorschriften (Neubau, Sanierung)	++	+++
	Verbote von fossilen Klimasystemen in Neubauten; verpflichtender Austausch	++	+++	
	Förderungen für (nur mehr vertiefte) Sanierungen anheben (mind. 300 Mio. EUR/a)	++	+++	

Gebiet	Grundsätzliche Maßnahme bzw. Sub-Ziel	Mindestanforderung an Gestaltung	Wirkung ¹			
			Kurzfristig	Langfristig		
Landwirtschaft	Klimafreundliche Landwirtschaft	Höhere Förderungen für Biolandbau	+++	+++		
		Etablierung spezifischer klimafreundlicher Agrarumweltmaßnahmen	++	++		
		Förderung von Maßnahmen zur Humusanreicherung im Boden, einschl. Förderung und Sicherung der Kohlenstoffspeicherung in Moorböden (Wiederernässung, Torferhaltung)	++	+++		
		Investitionsförderungen für Precision Farming	++	++		
		Starke Reduktion des Einsatzes von Stickstoffmineraldünger	+++	+++		
		Ernährungsveränderungen (weniger Konsum tierischer Produkte, v. a. Fleisch)	+++	+++		
		Reduzierung Lebensmittellabfall → Abfallwirtschaft, Kreislaufwirtschaft	++	++		
		Ausweitung Dauerwald, Mischwald (Reduktion Fichte) und Durchforstung	k. A.	++		
		Erweiterte Holznutzung (als Kohlenstoffspeicher)	+	++		
		Nachhaltige (ökologisch, ökonomisch & sozial) Bereitstellung von Biomasse sicherstellen & an Förderung koppeln	k. A.	++		
Forstwirtschaft	Erhöhung des Kohlenstoffspeichers	Vermehrte Kaskadennutzung	+	++		
		Mehr F&E für Prozesse & Effizienz sowie für Technikfolgenabschätzung	k. A.	+		
		Kreislaufwirtschaft als Leitbild	k. A.	k. A.		
		Erhöhung Produktnutzungsdauer (siehe auch Kreislaufwirtschaft) & Verbot geplanter Obsoleszenz	k. A.	++		
		Erhöhung getrennte Sammlung von Altstoffen	k. A.	k. A.		
		Reduktion Lebensmittellabfälle (siehe auch Landwirtschaft)	++	++		
		Optimierte Erfassung recyclingfähiger Abfallströme	k. A.	k. A.		
		Erhöhung der Recyclingrate („Design for Recycling“)	k. A.	k. A.		
		Stoffliche Verwertung von Kunststoff (siehe Transformation Industrie)	k. A.	k. A.		
		Mehr Rückgewinnung und Recycling von Materialien	k. A.	k. A.		
Bioökonomie	Städtischer Bergbau und Deponierückbau	Weiternutzung bestehender Bauteile	k. A.	k. A.		
		Ressourcenpotenzial deponierter Abfälle	k. A.	k. A.		
		Erhöhung aerobe und anaerobe Behandlung	++	++		
		Deponieverbote (organisch, unbehandelt) & bessere Deponienachsorge	++	++		
		Erhöhung Abfallverbrennung	++	++		
		Abfallwirtschaft	Abfallvermeidung	Erhöhung Produktnutzungsdauer (siehe auch Kreislaufwirtschaft) & Verbot geplanter Obsoleszenz	k. A.	++
				Erhöhung getrennte Sammlung von Altstoffen	k. A.	k. A.
				Reduktion Lebensmittellabfälle (siehe auch Landwirtschaft)	++	++
				Optimierte Erfassung recyclingfähiger Abfallströme	k. A.	k. A.
				Erhöhung der Recyclingrate („Design for Recycling“)	k. A.	k. A.
Stoffliche Verwertung von Kunststoff (siehe Transformation Industrie)	k. A.			k. A.		
Mehr Rückgewinnung und Recycling von Materialien	k. A.			k. A.		
Weiternutzung bestehender Bauteile	k. A.			k. A.		
Ressourcenpotenzial deponierter Abfälle	k. A.			k. A.		
Erhöhung aerobe und anaerobe Behandlung	++			++		
Abfallwirtschaft	Bessere Abfallbehandlung	Deponieverbote (organisch, unbehandelt) & bessere Deponienachsorge	++	++		
		Erhöhung Abfallverbrennung	++	++		

¹Wirkung auf THG-Emissionsreduktion: k. A. unbekannt; 0 keine; + schwach; ++ mittel; +++ stark; qualitative Abschätzung basierend auf Literatur und Expertenmeinung; Kurzfristig → Wirkung bis 2025; Langfristig → Wirkung bis 2050.

4.1 Sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen

4.1.1 Sozial-ökologische Steuerreform

Eine klimagerechte, sozial-ökologische Steuerreform, die das österreichische Steuersystem in sozial-, wirtschafts- und umweltgerechter Weise für eine gute zukünftige Wohlstandsentwicklung verbessert, ist aus Transformationsforschungssicht eine grundlegend notwendige sektorübergreifende Rahmenmaßnahme zur konkreten Ermöglichung ausreichender Klimaschutzfolge im Sinn der Pariser Klimaziele (Edenhofer u. a., 2019; Mattauch u. a., 2019).

In einer dezentral organisierten Marktwirtschaft kommt den Preisen eine zentrale Koordinationsaufgabe zu: Unternehmen orientieren sich daran in der Wahl ihrer Inputs, Haushalte in ihren Konsumentscheidungen. Solange Güter zwar gesellschaftliche Folgekosten haben, diese sich aber nicht in ihren Preisen widerspiegeln und auch sonst keine Regulierungen zur Beschränkung dieser gesellschaftlichen Kosten (z. B. Nutzungsverbote) implementiert wurden, führt eine solche Wirtschaft zu hohen gesellschaftlichen Kosten (z. B. Erkrankungen durch Luftverschmutzung, Hitzetote durch Klimawandel, künstliche Bestäubung wegen Bienensterbens, Herzkrankheiten durch falsche Ernährung, Ernteaufschläge durch Extremwetterereignisse), die dann alle tragen müssen. Aus umweltökonomischer Sicht ist es rationaler, alle Folgekosten in den Preisen der Güter und Dienstleistungen – und dies in allen Bereichen, von Energie, Industrie bis Mobilität – abzubilden⁹ und damit zu einer Umstellung des Konsums auf saubere und ressourcenarme Produkte anzuregen und im Unternehmensbereich einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft näher zu kommen.

Bislang werden in Österreich die ökologischen Lenkungswirkungen, die vom Steuersystem ausgehen

können, nicht ausgeschöpft, bzw. sind die umweltbezogenen Wirkungen nicht konsistent. Eine Verbesserung der ökologischen Effektivität des Steuersystems erfordert sowohl die Beseitigung von Fehlanreizen, z. B. in Form von umweltschädlichen indirekten Subventionen (Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a, 2016b), als auch die Verstärkung positiver Anreize zu umweltfreundlicherem Verhalten durch eine wirtschafts-, sozial- und umweltgerechte Steuergestaltung (Geretschläger und Kerschner, 2016a; Kirchner u. a., 2019). Österreich kann sich auch auf EU-Ebene für eine europaweite sozial-ökologische Steuerreform einsetzen und die Einführung einer Kerosinbesteuerung und Mindestpreise für ETS-Zertifikate forcieren.

Eine sozial ausgeglichene Steuerreform könnte folgende Form annehmen (CCCA, 2018, 2019; Edenhofer u. a., 2019; Kirchner u. a., 2019; Klenert u. a., 2018): Zum einen wird beginnend mit 2020, ein signifikanter CO₂-Preis auf fossile Rohstoffe in Nicht-ETS-Sektoren eingeführt, der zeitlich stetig ansteigt¹⁰. Zum anderen werden die Steuereinnahmen zweckgebunden und können für die Entlastung von Haushalten, Unternehmen sowie für Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen verwendet werden. Wie auch in der Schweiz (seit 2007) sollten die Einnahmen aus einer CO₂-Abgabe an die Bevölkerung pro Kopf refundiert werden („Klimaprämie“). Solange noch CO₂ emittiert wird, sind damit zum einen zwar höhere Preise für treibhausgasintensive Produkte zu bezahlen, andererseits steigt auch das verfügbare Budget der Haushalte für KonsumentInnen. Niedrigeinkommenshaushalte verursachen durch ihren Konsum im Schnitt (absolut) geringere CO₂-Emissionen, profitieren also netto von einer solchen Regelung ebenso wie alle klimafreundlich handelnden Haushalte. Damit das höhere Haushaltseinkommen nicht für klimaschädliche Produkte oder Aktivitäten eingesetzt wird und damit die „Klimasteuer“ konterkariert (Rebound-Effekt), müssen staatlicherseits Rahmenbedingungen geschaffen werden, die klimafreundliches Handeln einfach und billig, klimaschädliches hingegen umständlicher und

9 Dies entspricht dem Ansatz der Umweltökonomie und lässt sich gut ins gängige Wirtschaftsdenken integrieren. Ansätze aus der sozial-ökologischen Ökonomie gehen weiter. Im Optionenpapier des UniNEtZ wird näher darauf eingegangen.

10 Für das Jahr 2020 wird von Scientists for Future (S4F) ein Einstiegspreis in Sektoren, die nicht am Emissionshandel teilnehmen (bes. Verkehr und Gebäude), von mindestens 50 EUR/t CO₂ empfohlen, der bis 2030 auf mind. 130 EUR/t CO₂ ansteigen sollte (Mattauch u. a., 2019). Die mit vielen Unsicherheiten und ethischen Annahmen berechneten Kosten des Klimawandels liegen aber meist über diesen Werten: So beziffert das deutsche Umweltbundesamt (2019a) die derzeitigen Kosten mit 180 EUR/t CO₂ (wenn zukünftige Schäden weniger wert sind) bzw. 640 EUR/t CO₂ (wenn zukünftige Schäden gleich viel wert sind wie aktuelle).

teurer machen. Ein Teil der Steuereinnahmen kann auch an betroffene Unternehmen über eine Reduktion der Arbeitgeberbeiträge zurückvergütet werden, wodurch Wettbewerbsnachteile kompensiert werden können. Eine weitere sinnvolle, zweckgebundene Ausgabe der Steuereinnahmen ist die Förderung von Investitionen in klimaschutzrelevante Forschung, Entwicklung, und Umsetzungsprojekte. Mehr Details zur sozial-ökologischen Steuerreform finden sich in Abschnitt 5.1.2.

4.1.2 Klimazielfördernde Digitalisierung

Im Fokus einer klimazielfördernden Digitalisierungswende sollte, ganz im Sinne eines systemischen Zuganges, bei dem die Befriedigung von Funktionalitäten, wie angenehme Raumwärme und Zugang zu Personen, Gütern und Arbeit, im Vordergrund steht (Köpl u. a., 2016; Schleicher und Steininger, 2018), nun die Maximierung der Funktionalität (bzw. Anwendungen) je Rechenleistung (~Energiebedarf) stehen (Waldrop, 2016). Das ist eine Trendwende weg vom Moore'schen Gesetz, bei welchem es darum ging, die Rechenleistung je Computerchip zu maximieren (Moore, 1965). Digitalisierung sollte unbedingt auch als soziales System verstanden werden und nicht auf technisch-ökonomische Aspekte reduziert werden (Kostyk und Herkert, 2012).

Die Hoffnung, dass die Digitalisierung einen maßgeblichen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann, ergibt sich (i) aus den vielen „smarten“ Geräten, die nur mehr einen sehr oder extrem geringen Energiebedarf für spezifische Anwendungen benötigen; (ii) aus dem Beitrag der Digitalisierung und Automatisierung zur Prozessoptimierung (Stichworte: Internet of Things, Industrie 4.0); (iii) aufgrund des Beitrages von digitaler Technologie für ein dezentrales erneuerbares Energiesystem (Stichworte: intelligente Netze / Häuser / Städte / Verkehrssysteme; automatisiertes Fahren, Teleworking, Sharing-Plattformen, E-Commerce), sowie (iv) aus den Möglichkeiten der Präzisionslandwirtschaft, Ressourcen und damit auch THG-Emissionen (z. B. Lachgasemissionen) einzusparen. Es handelt sich somit, vergleichbar mit der Dampfmaschine und dem Elektrizitätsnetz, um eine Basistechnologie, die alle Sektoren erfassen wird.

Der derzeitige Stand der Wissenschaft gesteht Digitalisierung enormes Potenzial zu, um Klimaschutzmaßnahmen zu unterstützen (für eine Litera-

turübersicht siehe Kirchner, 2018; WBGU, 2019). Es gibt aber auch fast einhelligen Konsens darüber, dass klimazielfördernde Digitalisierung kein Selbstläufer und Heilsbringer ist. Nebeneffekte und Aspekte, die berücksichtigt werden müssen, sind u. a.:

- die Energie- und Ressourcenaufwendung entlang des gesamten Lebenszyklus der IT-Infrastruktur (Horner u. a., 2016), besonders die ökologischen und sozialen Folgen des E-Waste (Baldé u. a., 2017; Tsydenova und Bengtsson, 2011) und Rohstoffabbau (Küblböck, 2015);
- der z. T. starke Rebound-Effekt, da es durch die Effizienzgewinne zu erhöhter Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen kommt (Santarius, 2014; Sorrell, 2009);
- umfangreiche gesellschaftliche und institutionelle Effekte (virtuelle Dienstleistungen beeinflussen z. B. Zeit- und Raumverfügbarkeit; Bedarf nach neuen Produkten);
- psychologische Verhaltensaspekte von Nutzern digitaler Technologie, z. B. Smart-Meter (Schultz u. a., 2015);
- Standardisierung und Datenschutz für die IKT-Infrastruktur (Mo u. a., 2012), besonders um die Akzeptanz in der Bevölkerung herzustellen (Kollmann und Moser, 2016).

Es benötigt also begleitende Maßnahmen, um die Potenziale der Digitalisierung für Klimaschutz zu nutzen und klimafeindliche Entwicklungen einzudämmen. Dazu zählen schon aufgelistete steuerliche Instrumente, wie die Einführung eines CO₂-Preises (siehe Abschnitt 4.1.1 zur sozial-ökologischen Steuerreform) oder evtl. auch eine Erhöhung von Energiesteuern um den Rebound-Effekt zu dämpfen. Zudem sollten geförderte Pilotprojekte gesamtheitlich betrachtet werden (z. B. Lebenszyklus-Betrachtung, E-Waste) und soziale Aspekte miteinbeziehen. Da Digitalisierung große Auswirkungen auf die Mobilität haben wird, finden sich spezifische Informationen dazu im Abschnitt 4.3.2 und 5.3.3.

4.1.3 Klimaschutzorientierte Energie-raumplanung

Ein mehrere Segmente der Treibhausgasbilanz (insbesondere Raumwärme/Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft) deutlich beeinflussendes Politikfeld ist die Raumplanung (Dumke, 2017; Raschauer, 2016a). Vor allem das langfristige Ziel eines netto-treibhausgasfreien Österreich zur Mitte des Jahrhunderts wird ohne klugen Einsatz der Raumplanung nicht realisierbar sein (bzw. nur zu andernfalls gesellschaftlich wohl nicht tragbaren, extrem hohen Zusatzkosten). Stöglehner u. a. (2014, S. 11) sehen in der Raumplanung die Möglichkeit, „die räumlichen Voraussetzungen für die Energiewende und für den damit verbundenen Klimaschutz zu sichern bzw. zu schaffen“. Die Energieraumplanung im Speziellen befasst sich mit den räumlichen Aspekten von Energieverbrauch und -versorgung, wobei allerdings auch eine Reihe von sozialen Aspekten zu berücksichtigen ist. Generell beruht die Raumplanung auf drei Kernideen: Funktionsmischung, maßvolle Dichte und Innenentwicklung. Bei der Funktionsmischung geht es darum, „dass Daseinsgrundfunktionen wie Wohnen, Arbeiten, Versorgen, sich erholen, sich bilden etc. in engem räumlichen Kontext organisiert sind“ (Stöglehner u. a., 2017, S. 9) und somit erforderliches Mobilitätsaufkommen zu reduzieren. Bei dem Prinzip der Dichte geht es darum, sowohl Mindest- (für ländliche Räume) als auch Höchstdichten (für Städte) festzulegen. Eine gewisse Dichte ist notwendig, um Energieversorgung effizienter zu gestalten, da der Transport von Energie von den Umwandlungsanlagen zu den Verbrauchsorten stets mit Verlusten einhergeht. Andererseits führt eine zu hohe Dichte zu reduzierter Lebensqualität, was sich wiederum auf „Fluchtbewegungen“ (z. B. durch den Wochenendausflug ins Grüne), und somit ein erhöhtes Mobilitätsaufkommen, auswirken kann (Stöglehner u. a., 2017, S. 25). Eine wichtige Ursache für diese beschriebenen Symptome liegt in der durch die Bauordnungen geförderte Verbindung sämtlicher räumlicher menschlicher Aktivitäten mit unmittelbar zugeordneten Abstellplätzen für Privatautos (Knoflacher, 2007a, 2012). Daher ist es wichtig, Dichteplanung maßvoll einzusetzen. Innenentwicklung, schlussendlich, bedeutet, dass Siedlungsränder gehalten werden sollen und, anstatt die Zersiedlung weiter voranzutreiben, stattdessen Leerständen, Baulücken und Nachverdichtungspotenziale genutzt werden sollten. Hierbei muss das Problem von zentral gelegenen Grundstücken genannt werden, welche

zu Spekulationszwecken von GrundbesitzerInnen gehalten werden und somit dem Wohnungsmarkt nicht zur Verfügung stehen. Mögliche Maßnahmen, welche die stärkere Innenentwicklung gegenüber der Außenentwicklung vorantreiben können, bestünden beispielsweise aus „finanziellen Anreizsystemen wie Wohnbauförderung, differenzierte Grundsteuer, einer progressiven Ausgestaltung der Bodenwertabgabe, Bodenbeschaffungsgesetz und Enteignungsmöglichkeiten für bestimmte Nutzungen wie für den sozialen Wohnbau, das Nutzbarmachen leerstehender Strukturen, Bauordnung, Baurecht, Dorferneuerung und Gemeindeentwicklung sowie Bewusstseinsbildung“ (Stöglehner u. a., 2014, S. 26). Es sollte dabei angemerkt werden, dass die Raumplanung schon bisher über viele Instrumente, Strategien und Programme verfügt. Was zum Teil fehlt, ist die Umsetzung. Verschiebungen der Kompetenzen von der lokalen zu höheren Ebenen könnten Abhilfe schaffen.

Aufgrund der langfristigen Wirksamkeit und der Lock-in-Effekte müssen die raumplanerischen Maßnahmen, die schon jetzt verfügbar sind, aber noch nicht ausreichend umgesetzt worden sind, notwendigerweise ab sofort einsetzen (Knoflacher, 1985). Da mit diesem Instrument primär die neuen und zukünftig geplanten Nutzungen beeinflusst werden, die bestehenden Strukturen aber mengenmäßig zunächst noch klar dominieren, ist die Klimawirkung kurzfristig noch kaum sichtbar, aber der konsequente Instrumenteneinsatz ab sofort unabdingbar für die langfristige Zielerreichung. Da in Österreich die Rate der Verbauung landwirtschaftlicher Flächen die höchste in Europa ist, wäre eine starke Einschränkung derartiger Umwidmungen ein möglicher, rasch wirksamer Ansatzpunkt für geänderte Raumplanung.

Auf weitere Aspekte wird in den Abschnitten 5.2.2 („Erneuerbare Energien“), 5.2.3 („Industrie & Kreislaufwirtschaft“), 5.2.4 („Effizienz“), 5.3.3 („Verkehr“) und 5.4.2 („Gebäude“) eingegangen.

4.2 Energie & Industrie

4.2.1 Energie als Dienstleistung

Die Benennung des Sektors Energie folgt den gebräuchlichen Statistiken und in der Folge dem österreichischen Klimaschutzgesetz (KSG 2020)¹¹, ist aber ein Hinweis auf ein nicht ausreichendes Verständnis für die erforderliche tief greifende Restrukturierung des Energiesystems. Sowohl der derzeitige als Energie bezeichnete Sektor als auch die im Bereich der Industrie, im Verkehr und Gebäudebereich (Wärme und Kühlung) ablaufenden Aktivitäten können nicht isoliert vom gesamten Energiesystem in der gesamten Wirtschaft betrachtet und damit abgekoppelt werden. Ein Festhalten an diesen Sektorzuordnungen kann nämlich zu beachtlichen Fehleinschätzungen und sogar kontraproduktiven Maßnahmen führen.

Neu verstandene Sektoren Energie, Industrie, Verkehr und Gebäude haben zahlreiche Überlappungen, sodass neue Governance-Strukturen gebraucht werden, um unproduktive Konkurrenz zu vermeiden und Kooperation im Sinne des Einbringens der jeweiligen Expertise zu gemeinsamen Lösungen zu befördern.

Den Sektor Energie neu verstehen

Die weitaus größten Segmente des Sektors Energie auf der Produktionsseite (supply side) sind derzeit weitgehend auf die Bereitstellung von primärer und transformierter Energie fokussiert und haben deshalb Geschäftsmodelle, die somit nur einen kleinen Teil der energetischen Wertschöpfungskette abdecken, die sich in der Verwendung von Energie und letztlich in der Verfügbarkeit der wohlstandsrelevanten Energiedienstleistungen fortsetzt (z. B. angenehme Raumwärme; Zugang zu Personen, Gütern und Arbeit). Damit werden somit mindestens zwei Mängel in den bisherigen Strukturen und den damit verbundenen Geschäftsmodellen des bisherigen Sektors Energie sichtbar: Nicht die Erfüllung von Energiedienstleistungen, sondern der Verkauf von Energie bestimmen die Unternehmensaktivitäten. Die durch diesen Zugang entstehende mangelnde Integration aller Komponenten der energetischen Wertschöpfungskette, die bewusst nicht die Primärenergie, sondern die mit den Energiedienstleistungen zu erfüllenden Aktivitäten in den Mittelpunkt stellen soll, führt zur Nichtnutzung

vieler möglicher Synergien und damit zu Ineffizienzen im gesamten Energiesystem.

Die für den Umbau des derzeitigen Sektors Energie naheliegenden Strategien sind deshalb unter den Schlüsselworten Inversion, Innovation und Integration zusammenfassbar (Schleicher u. a., 2018). Mit Inversion wird die Fokussierung der Geschäftsmodelle auf die Bereitstellung von Energiedienstleistungen und erst nachrangig auf die damit verbundenen Energieflüsse verstanden. Mit Innovation werden die immer attraktiver werdenden Potenziale der Innovation bei allen Komponenten der energetischen Wertschöpfungskette angesprochen, die neben den Anwendungstechnologien in Gebäuden und Mobilität immer dezentralere Strukturen bei der Bereitstellung, Transformation und Speicherung von Energie begünstigen. Integration meint schließlich die möglichst umfassende Verbindung aller Elemente des Energiesystems über Netze für Elektrizität, Wärme und Kälte, aber auch Gas samt einem darüber liegenden Informationsnetz.

Diese integrierten Strukturen, für die sich die Bezeichnung Energie-Hubs etabliert hat, haben zwei markante Eigenschaften (Lund u. a., 2017): Erstens werden die Netze bilateral genutzt (Stichwort: Smart Grids), d. h. die Grenzen zwischen EinspeiserInnen und VerwenderInnen werden unscharf (Stichwort: ProsumentInnen). Zweitens kann damit die Effizienz des Gesamtsystems in beiden für Energie relevanten Dimensionen erhöht werden, nicht nur bei den Mengen, sondern auch bei der sogenannten Exergie, der oft ungenutzten Arbeitsfähigkeit von Energie.

Insgesamt geht es auch darum, nicht nur den Bedarf auf neuen Wegen zu befriedigen, sondern ihn durch Effizienz und Suffizienz zu reduzieren. Außerdem ist ein Teil der zu nutzenden Energieträger (Wind, Sonne, Wasser) physikalisch nicht an die gegenwärtigen Geschäftsmodelle etc. anpassbar, sodass sich diese an die intermittierende Erzeugung anpassen müssen. Vielfach werden daraus Speicher und Sekundärenergieträger entstehen, aber vielfach auch eine angebotsorientierte Nutzung.

¹¹ Für mehr Infos zum KSG siehe Geretschläger (2016).

Den Sektor Industrie neu verstehen

Mit dem Sektor Industrie sind klassischerweise aus dem Klimaschutz-Blickwinkel vor allem Überlegungen über die Zukunftsfähigkeit der energieintensiven Industrien (Stahl, Zement, chemische Industrie) verbunden. Erste Antworten, die eine Substitution der bisherigen fossilen Energien in den Produktionsprozessen auf erneuerbare Energien empfehlen, bieten zwar technische Lösungen, erfordern aber große Investitionen und sind aufgrund des hohen Zusatzbedarfs an erneuerbaren Energien aus heutiger Sicht nicht ausreichend um eine klimaneutrale Industrie zu ermöglichen. Nur als ein Beispiel: Das von Voestalpine und Verbund initiierte EU-Forschungsprojekt H2FUTURE soll demonstrieren, wie über erneuerbare Energien Wasserstoff bereitgestellt und für die Stahlerzeugung verwendet werden kann. So wichtig die Sondierung solcher Technologiepotenziale ist, so bestehen doch noch große Hindernisse bei der Umsetzung. So würde für die derzeit in Österreich produzierte Stahlmenge fast die Hälfte des derzeit in Österreich verfügbaren Volumens an Elektrizität bereitgestellt werden müssen. Auch wenn es wahrscheinlich ist, dass die Menge des benötigten Stroms aufgrund von Systemrückwirkungen kleiner ausfällt, muss die Beschaffungsfrage geklärt werden (Mayer u. a., 2019a). Zu ähnlichen Erkenntnissen führen Überlegungen, für die Zementproduktion nur mehr erneuerbare Energien zu verwenden. Die Umsetzung solcher Innovationen und Integration in den Markt hängt zudem maßgeblich von der Höhe des CO₂- und Energiepreises ab.

Konstruktive Antworten weisen auch für den Sektor Industrie auf ähnliche Strategien wie für den derzeitigen Sektor Energie. Nicht die einzelnen Produkte, wie Stahl und Zement, sind mehr isoliert zu betrachten, sondern deren Einbindung in Wertschöpfungsketten bis zu den damit verbundenen Funktionalitäten. Damit werden Einsichten verbunden sein, welche anderen Werkstoffe und welche anderen Designs möglich wären, die vielleicht weniger ressourcenintensiv sind und einen alternativen Konsum ermöglichen. An einem Beispiel soll dies illustriert werden. Am prominenten Schweizer Forschungsinstitut EMPA werden tragende Bauteile für Gebäude errichtet, die den Verbrauch von Zement bis zu 70 % reduzieren und auch keinen Stahl mehr benötigen, ohne damit die gewünschte statische Funktionalität zu beeinträchtigen (Block u. a., 2017).

Somit erweisen sich auch für den Sektor Industrie Strategien unter den Schlüsselworten Inversion, Innovation und Integration als zielführend. Bei allen industriellen Produkten ist zu überlegen, wo sie in der Wertschöpfungskette für die letztlich zu erfüllenden Funktionalitäten positioniert sind, um vor allem energetische und prozessbedingte Treibhausgasemissionen zu minimieren. Aus derzeitiger Sicht wird aber ein Restbedarf an Emissionen bleiben, für die sicherzustellen ist, dass sie möglichst produktiv im Sinne von emissionsmindernden Folgeeffekten wirksam werden, beispielsweise Stahl in neuen Netzen für Eisenbahnen oder Zement für eine erhöhte thermische Speicherfähigkeit von Gebäuden.

Auch hier spielt auf der Verbraucherseite die Senkung des Bedarfes an Produkten eine wesentliche Rolle. Einzelne Aspekte davon werden in Zusammenhang mit der Diskussion um die Kreislaufwirtschaft (Abschnitt 4.2.3) angesprochen. Jedenfalls geht es auch hier darum, den Bedarf nicht nur auf neuen, klimafreundlichen Wegen zu befriedigen, sondern ihn durch Qualität und Haltbarkeit, Effizienz und Suffizienz zu reduzieren.

4.2.2 Erneuerbare Energien

System- und energiedienstleistungsorientierter Ausbau erneuerbarer Energien (EE)

Für die Erreichung des 1,5-°C-Zieles ist ein rascher Ausbau der EE unerlässlich (Umweltbundesamt, 2016), jedoch nicht isoliert forciert, sondern immer klar orientiert am spezifischen Bedarf an Energiedienstleistungen, am Gesamtsystem und an Umweltkriterien abseits des Klimaschutzes. Herausfordernd ist dabei die Markt- und Systemintegration von fluktuierenden Energiequellen wie Wind und Photovoltaik, die nachhaltige Bereitstellung von Biomasse, die Schaffung eines smarten und dezentraleren Stromnetzes, die Reduktion der Energienachfrage (Orientierung an Funktionalitäten, Erhöhung der Produktivität entlang der gesamten Wertschöpfungskette, Suffizienz), und eine systemische Betrachtung aller Sektoren.

Wieviel erneuerbare Energien im gesamten Energiesystem erforderlich sein wird hängt vor allem von den neuen Strukturen des Gesamtsystems ab. Grundsätzlich ist eine Halbierung des Gesamtenergiebedarfs anzustreben, ohne die erforderlichen Energiedienstleistungen zu reduzieren, was aus heutiger Sicht

durchaus möglich ist. Vorrangig gilt es hier hemmende Regulierungen zu beseitigen (wie etwa das Weiterleitungsverbot für Nicht-Energieunternehmen). Zudem sind für die Aufbauphase für derzeit noch nicht marktkompetitive Technologien zwei konkrete Instrumente zu diskutieren: Zum einen Einspeisevergütungen, durch die Erzeuger von EE einen höheren Strompreis bekommen (fixer Preis oder Prämien auf den variablen Marktpreis), und zum anderen Investitionsförderungen. Isolierte Gestehungskosten von einzelnen EE sind aber nicht ausreichend für Investitionsentscheidungen, da im Gesamtsystem (beispielsweise mit Photovoltaik, Wärmepumpe, Wärme aus Erdsonden) ein in den Gestehungskosten teurer Energieträger im Gesamtsystem sehr wohl kompetitiv sein kann.

Einspeisevergütungen und Investitionsförderungen sind deshalb im Kontext des gesamten Energiesystems bis zu den Funktionalitäten der Energiedienstleistung zu evaluieren. Die fluktuierende Bereitstellung von Strom durch Wind und Photovoltaik, und auch die begrenzte Verfügbarkeit von geeigneten Flächen und Biomasse benötigen eine systemische Betrachtung, die alle Sektoren miteinbezieht, nachfrageseitige Reduktionen ermöglicht, den Fokus auf Energiedienstleistungen legt, sowie auf eine wesentliche Erneuerung des Stromnetzes. Für detaillierte Informationen zu Vergütungen und technologisch-spezifischen Maßnahmen siehe Abschnitt 5.2.2.

Ausbau und Modernisierung der Energieinfrastruktur

Diese Änderungen bedingen kontinuierliche Investitionen in das Strom- bzw. Energienetz. Investitionen in ein sogenanntes Smart-Grid müssen dabei nicht unbedingt höher sein, als wenn man am konventionellen zentralen Stromnetz festhalten würde, besonders wenn man den Anteil EE erhöhen möchte (Bliem u. a., 2014). Wichtiger als die Höhe der Investitionen ist daher der Fokus das Netz dezentraler und intelligenter zu machen, ohne jedoch auf ein resilientes zentrales Stromnetz zu verzichten. Dazu gehört u. a. die jetzt schon bestehende Möglichkeit Energiegemeinschaften gründen zu können, um z. B. in Wohnhäusern gemeinsame PV-Anlagen zu errichten und diese ins Stromnetz zu integrieren. Diese Dezentralisierung und Entstehung von ProsumentInnen wird auch eine neue Regulierung der Netzkosten mit sich ziehen müssen, da der Eigenverbrauchsanteil steigt und unter der gegebenen Regulierung weniger Netzentgelte

anfallen könnten. Man muss dabei eine faire Finanzierung der Netze garantieren, die die tatsächlich anfallenden Kosten berücksichtigt, Speichertechnologien ins Verteilnetz integriert (Smart Grid), und wohl einen Mix aus variablen, fixen und spitzenlastabhängigen Anteilen aufweisen wird.

Neben der Schaffung eines resilienten intelligenten Stromnetzes mit dezentralem Fokus, wird mit höherem EE-Anteil auch die Bereitstellung von Energiespeichern immer wichtiger. Die Anwendungsbereiche sind dabei vielfältig und vieles noch in Entwicklung, wie z. B. alle Arten der Umwandlung von EE in Hitze, Gas oder Wasserstoff, sogenannte Power-to-X-Anwendungen (AIT, 2018). Daher kann noch keine endgültige Optionenpalette abgegeben werden, aber es sollte weitere Förderungen für Forschung und Entwicklung in diesem Bereich geben. Wobei hier wieder auf die Möglichkeiten der Sektorkopplung hingewiesen werden soll, bei der Energie in Gebäuden oder Elektrofahrzeugen gespeichert werden kann, sowie die Nutzung von Abwärme aus Gebäuden und Industrie (Anergienetze) und die flexible Verwendung von Geräten oder Maschinen (Demand-Side-Management bzw. virtuelle Speicher, wo z. B. elektronische Geräte erst eingeschaltet werden, wenn gerade viel Wind- oder PV-Energie verfügbar ist).

Mehr Information zur Sektorkopplung findet sich in Abschnitt 5.2.1 und zum Stromnetz und Energiespeichern in Abschnitt 5.2.2.

4.2.3 Industrie & Kreislaufwirtschaft

Das System der Kreislaufwirtschaft basiert auf der Reduzierung des Ressourcen- und Energieinputs, der Wiederverwertung von Produkten und Rohstoffen und der Regeneration von natürlichen Ressourcen. Um dies zu verwirklichen, ist eine Veränderung der momentanen Produktions- und Konsumweise nötig. Eine Entwicklung hin zu einer Kreislaufwirtschaft bringt viele Vorteile mit sich. Die gesteigerte Ressourceneffizienz führt zu THG-Einsparungen, zudem hat es positive Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt und schafft Rahmenbedingungen für Innovationen (Ellen MacArthur Foundation, 2015). In Österreich hat sich die Ressourceneffizienz seit 2000 zwar verbessert, der absolute inländische Materialverbrauch ist jedoch insgesamt gestiegen, und von 2016 auf 2017 hat sich die Effizienz wieder verschlechtert (Kettner-Marx u. a., 2019). Es besteht also viel Handlungsbedarf.

Da kein hundertprozentiges Recycling möglich ist, ist die Vermeidung von Abfall die höchste Priorität in der Kreislaufwirtschaft, gefolgt von Verwertung und umweltgerechter Beseitigung. Eine Stabilisierung und letztlich Reduktion von Materialflüssen ist notwendig, um eine langfristige Energieeinsparung zu sichern. Eine weitere Anforderung zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft ist ein Wandel in der Konsumgesellschaft. Dieser kann durch entsprechend gelenkte Preisgestaltung, aber auch durch Bildung und Informationen über das Thema Kreislaufwirtschaft gefördert werden. Eine Förderung auf der Mikro- (Unternehmen), Meso- (Regionen und Städte) und Makro-Ebene (national) unterstützt die Entwicklung Österreichs zur Kreislaufwirtschaft, ebenso wie das Zusammenspiel aller drei Ebenen (Lutter u. a., 2016).

Unterstützende Faktoren der Kreislaufwirtschaft

Ein wichtiger Beitrag zur Entwicklung der KW ist die Schaffung von Rahmenbedingungen, die die Verlängerung der Produktnutzung ermöglichen. Maßnahmen, die dies unterstützend umfassen (Umweltbundesamt[DE], 2017), sind: produktspezifische Anforderungen an die Lebensdauer von energieverbrauchsrelevanten Produkten; Angaben zur garantierten Produktlebensdauer, Nutzungs- und Wartungsbedingungen, sowie Informationen zu Ersatzteilen und Reparaturservice; Verbandsklagebefugnisse ausweiten; Verbesserung der Reparierfähigkeit von Produkten; bessere Rahmenbedingungen für Reparaturbetriebe (z. B. Reduzierung der Umsatzsteuer); Servicemodelle, die die Nutzungsdauer erhöhen; kommunale und sozialwirtschaftliche Aktivitäten zur Wiederverwendung; Bildungsmaßnahmen und Information; zeitloses Design und Möglichkeiten zur Aktualisierung (Software) und Modernisierung (modulare Bauweise).

Hilfreich ist eine Ausweitung des Förderprogramms, v. a. ein schlankerer administrativer Aufwand, eine Integration von KW-Geschäftsmodellen in Förderschienen für Innovation und Start-ups sowie Beratung in strategischen Belangen und Unterstützung bei der Umsetzung (Lutter u. a., 2016).

Im Bereich der Raumplanung und Sektorkopplung sollte die Entstehung von industriellen Symbiosen (d. h. gemeinsame Nutzung von Infrastruktur und Dienstleistungen) im Rahmen von Regionalentwick-

lungsprogrammen finanziell unterstützt werden (Lutter u. a., 2016).

Bei der Unterstützung von Sharing-Programmen muss zwischen kommerziellen und nichtkommerziellen Angeboten unterschieden werden. Bei kommerziellen Angeboten müssen durch Regelung Nachhaltigkeitsaspekte integriert werden, um zu verhindern, dass es durch Rebound-Effekte zu einem vermehrten Einsatz von Ressourcen kommt (Behrendt u. a., 2017). Für nichtkommerzielle Angebote sollten Rahmenbedingungen etabliert werden, die die Dauerhaftigkeit solcher Angebote gewährleisten. Ihr Beitrag zur Ressourcenschonung ist meist groß, da sie Impulse für eine suffiziente Konsumkultur und einen reflektierten Umgang mit Produkten bieten.

Transformation Industrie

Der Sektor Industrie trägt zu ca. 30 % der österreichischen THG-Emissionen und dem energetischen Endverbrauch bei (Umweltbundesamt, 2015b). Eine umfangreiche Dekarbonisierung der österreichischen Industrie erfordert, dass die einzelnen industriellen Prozesse nicht separat analysiert werden, sondern neu gedacht und einer systematischen Sichtweise unterzogen werden, welche Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Sektoren miteinbezieht (Abschnitt 4.2.1). Eine Transformation des Industriesektors hängt maßgeblich von der Bereitstellung erneuerbarer Energien (Abschnitt 5.2.2), einer CO₂-Bepreisung aller Sektoren (Abschnitt 5.1.2), der Wahl der Baustoffe im Gebäudesektor (Abschnitt 5.4.2) und Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen (Abschnitt 5.3.3) ab.

Im Klimaschutzfokus stehen dabei typischerweise vor allem die energieintensiven Industrien (Stahl, Zement, chemische Industrie), in denen umfangreiche Investitionen und Zusatzbedarf an EE entstehen werden. Um diese zu reduzieren, sollte die integrierte Einbindung in Wertschöpfungsketten und Funktionalitäten in den Fokus rücken (z. B. Zement- und Stahlbedarf im Gebäudesektor reduzieren) (Block u. a., 2017). Entsprechend der Long-term Climate Strategy (EK, 2018) ist es weiters für den langfristigen Transformationserfolg zur Erreichung der Pariser Klimaziele entscheidend, auch ganz neue Möglichkeiten

für die Kreislaufwirtschaft auszuloten und über die kommenden Jahrzehnte zu etablieren.

Konkrete Maßnahmen im Stahlsektor umfassen eine Zunahme der Nutzung von Stahlschrott, höhere Recyclingquoten und eine Reduktion des Stahlverbrauches. Da sich Stahlschrott nicht für hochwertige Stahlerzeugung eignet, ist die wasserstoffbasierte Eisenreduktion eine mögliche klimaneutrale Alternative (Mayer u. a., 2019b; Umweltbundesamt, 2017a). Derzeit ist dieses Verfahren im Vergleich zum konventionellen Hochofenverfahren aber noch nicht wettbewerbsfähig. Zudem wäre bei einer Umstellung der Stahlproduktion in Österreich ein hoher Anstieg der Gesamtstromnachfrage die Folge. Neben der wasserstoffbasierten Erzeugung besteht auch die Möglichkeit der CO₂-Abscheidung bei der Produktion und Tiefenspeicherung (carbon capture and storage - CCS) oder der Nutzung des eingefangenen CO₂ (carbon capture and usage - CCU). Jedoch bestehen signifikante Umweltrisiken bei der Tiefenspeicherung sowie Widerstand bei der Bevölkerung in betroffenen Gebieten. Weitere Forschung und Entwicklung von Technologien zur emissionsfreien Stahlproduktion sind daher hilfreich (Mayer u. a., 2019a). Abseits von Umweltbedenken und Akzeptanz – ohne CO₂-Bepreisung werden sich CCS oder CCU nicht durchsetzen (Mayer und Türk, 2018).

Um die Entwicklung von Kunststoffen hin zu einer KW zu fördern, ist in erster Linie die Reduktion von Kunststoff und die Erhöhung von Recycling in der chemischen und thermischen Verwertung zu bevorzugen (Umweltbundesamt[DE], 2019b). Um Recycling zu erhöhen, sollte eine Verbesserung der Getrennthaltungspflichten stattfinden und recyclingfähiges Produktdesign vorgeschrieben werden (Umweltbundesamt[DE], 2016a). Für werkstofflich schwer verwertbare Kunststoffe bietet sich das, bis jetzt nur im Rahmen von Pilotanlagen getestete, chemische Recycling an, bei dem Kunststoff in seine Grundstoffe zerlegt wird (Umweltbundesamt[DE], 2019b).

Einen signifikanten Beitrag zu den österreichischen THG-Emissionen liefert die chemische Industrie mit einem Anteil von 13 %. Beträchtliche THG-Emissionseinsparungen können hier durch Steigerungen in der Energie- und Prozesseffizienz, der Bereitstellung von Prozessenergie (v. a. Dampf) durch erneuerbare Energien, und neue Technologien im Bereich der Grundchemikalien (z. B. Low-Carbon

Ammoniak-Prozess auf Basis von Elektrolyse-Wasserstoff) erreicht werden (Windsperger u. a., 2018). Das Einsparungspotenzial ist groß, geht aber mit einem stark erhöhten Strombedarf einher (bis zu 60 TWh).

Es geht auch darum, nicht einfach den Bedarf an industriell erzeugten Produkten auf neuen, klimafreundlichen Wegen zu befriedigen, sondern ihn durch Qualität und Haltbarkeit, Effizienz und Suffizienz zu reduzieren.

4.2.4 Erhöhung der Energieeffizienz

Die Erhöhung der Energieeffizienz ist ein Eckpfeiler der EU-Klima- und Energieziele 2020 und 2030 und soll einen signifikanten Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Österreich hat sich dabei zum Ziel gesetzt, bis 2030 die Primärenergieintensität um 25 % bis 30 % gegenüber 2015 zu verbessern. Im derzeitigen Entwurf-NEKP entspricht dies einer Reduktion des energetischen Endverbrauches (EEV) auf 986-1057 PJ (im Jahr 2017 lag der EEV bei 1130 PJ). Wichtig anzumerken ist dabei, dass ein Zielwert des absoluten Endenergieverbrauchs einer Zielsetzung der Primärenergieintensität vorzuziehen ist, da der absolute Endenergieverbrauch mögliche Rebound-Effekte mit berücksichtigt (Nadel, 2016). Hier wird kurz auf die Basismaßnahmen zur Erreichung der Effizienzziele eingegangen. Detaillierte Informationen finden sich in Abschnitt 5.2.

Um die gesteckten Energie- und Klimaziele zu erreichen, ist eine Fortführung vor allem aber Verbesserung des **Energieeffizienzgesetzes** hilfreich. Klare Zuordnungen der Energieeffizienzmaßnahmen zu den verschiedenen Verbrauchsbereichen können Doppelzählungen vermeiden (Christian u. a., 2016). Für ein effektives Energiemonitoring ist die Stärkung der Monitoringstelle zielführend. Zudem hat sich gezeigt, dass die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen effektiver ist, wenn neben Freiwilligkeit auf Konsequenzen der Nichteinhaltung gesetzt wird (Worrell u. a., 2009). Schließlich muss Energieeffizienz auch an Treibhausgasemissionen gekoppelt sein.

Es müssen auch Maßnahmen ergriffen werden, um **Rebound-Effekte**¹² zu verhindern (siehe v. a. Abschnitt 5.2.4). Das kann zum einen durch die Einführung einer sozial-ökologischen Steuerreform passieren (siehe Abschnitt 4.1.1), aber auch durch Abgaben auf Energie oder Strom (Font Vivanco u. a., 2016; Umweltbundesamt[DE], 2016b). Hilfreich ist auch die regelmäßige Überprüfung zur Erreichung der Energieeffizienzziele, um z. B. zu verhindern, dass Produkte gefördert werden, die bereits am Markt etabliert sind (Umweltbundesamt[DE], 2016b). Da größere Produkte pro Nutzungseinheit oft effizient, absolut aber mehr Energie verbrauchen, sollten Effizienzstandards nach Kategorien (Größe/Leistung) differenziert und für größere Produkte ambitionierter ausgestaltet werden (Umweltbundesamt[DE], 2016b).

Hilfreich sein können auch **Informationskampagnen**, **Bewusstseinsbildung** und **technische Standards**. Wenn technische Geräte als Werkeinstellung die energiesparendste Möglichkeit nutzen, kann dies zu einer bewussteren Auseinandersetzung mit der Technologie und dem Energieverbrauch führen (Font Vivanco u. a., 2016; Umweltbundesamt[DE], 2016b). Mit Informations- und Kommunikationsmaßnahmen kann gezielt das Problembewusstsein für Ressourcenverbrauch angesprochen werden. Es ist hilfreich, wenn die Maßnahmen, je nach Zielgruppe, an spezifischen

Faktoren ansetzen (Umweltbundesamt[DE], 2016b). Bei der Anwendung von Smart-Metern hat sich u. a. gezeigt, dass Feedback gekoppelt mit sozialen Normen (z. B. Stromverbrauch mit anderen Haushalten vergleichen) zu einer signifikanten Energieeinsparung führt (Bogner u. a., 2012; Schultz u. a., 2015).

Eine schon in anderen Ländern (z. B. Italien, Kalifornien) eingesetzte Maßnahme zur Energieeffizienz ist die Einführung **progressiver Stromtarife**. Hier sind, zumindest langfristig, Einsparungen von bis zu 20 % möglich (Faruqui und Sergici, 2010). Bei der Gestaltung sollte auf einfache und transparente Darstellung Wert gelegt und besonders Verteilungseffekte berücksichtigt werden (z. B. Berücksichtigung der Haushaltsgröße).

Auch die **Energieraumplanung** (Abschnitt 4.1.3) bietet viele Möglichkeiten zu Energieeffizienzsteigerungen (Stöglehner u. a., 2017). Zum einen durch eine effiziente Baulandnutzung (z. B. mehrgeschossige Wohnbauten, Berücksichtigung lokalklimatischer Bedingungen) und zum anderen durch die Nutzung von bisher ungenutzten Abwärmepotenzialen. Für bestehende Wärmenetze ist die Möglichkeit des Umbaus auf Anergienetze (Transport auf niedrigem Temperaturniveau) zu prüfen in Verbindung mit Wärmepumpen, Erdsonden und Erdspeichern.

12 Ein Rebound-Effekt kann u. a. eintreten, wenn durch Effizienzgewinne die Preise sinken und daher die Nachfrage für das Produkt oder die Dienstleistung steigt (Khazzoom, 1980).

4.3 Verkehr

Die THG-Emissionen aus dem Verkehrssektor machen einen signifikanten Anteil an den gesamten THG-Emissionen aus (ca. 29 % im Jahr 2016) und sind in den letzten Jahren stetig gestiegen (Umweltbundesamt, 2018). Daher gilt es v. a. in diesem Sektor große Anstrengungen zu unternehmen, um eine Trendumkehr und schlussendlich eine leistbare klimafreundliche Mobilität zu schaffen (EASAC, 2019).

Die für den Verkehrssektor relevanten Elemente einer Vision eines klimafreundlichen Österreich könnten folgende beinhalten: Die gesellschaftlichen Bedürfnisse nach Zugang zu Personen, Gütern und Orten werden in einer klimafreundlichen Gesellschaft über eine Vielfalt an Optionen bedient, zunehmend auch mittels virtuell/elektronischer Medien, vor allem wenn es um große Distanzen geht. Die physische Mobilität wird interregional (erneuerbar) elektrisch, wasserstoffbasiert oder mit anderer fossilfreier Energie betrieben, in den Zentralräumen selbst öffentlich, mit dem Fahrrad, zu Fuß und mit anderen Formen der Mikromobilität (wie z. B. E-Roller). In den Städten sind Kraftfahrzeuge für alle, auch unter Einsatz der Digitalisierung zugänglich und werden von allen intelligent geteilt¹³.

Zudem werden, wie bei Energie und Industrie, auch Verkehr und Siedlung neu verstanden. Die dann vormalige Trennung von Siedlungsplanung und Verkehr war eine, wenn nicht die wesentliche Ursache für Belastungen des Klimas. Durch eine Berücksichtigung der seit Jahrzehnten bekannten Wirkungsmechanismen zwischen Mensch, Auto und Siedlungsstrukturen konnten die aus dem Personenverkehr resultierenden Emissionen um mehr als eine Zehnerpotenz reduziert werden (Knoflacher, 1996, 2007b).

Technologische Entwicklungen wie der 3D-Druck haben durch (auch private) dezentrale Produktion den Bedarf nach Güterverkehr mengenmäßig reduziert, die Antriebsformen dafür beruhen auf Solarenergie und Wasserstoff (vgl. Schleicher u. a., 2018).

In der Raumnutzung haben sich Zentralräume der kurzen Wege etabliert, die lebenswert, sehr leise, grün und damit auch nicht ganz so heiß sind und sich

sehr flexibel den Bedürfnissen anpassen können. Die Stadtflucht ist beendet, das Grün hat ausgiebig Platz gefunden in der Stadt, es gibt Schneisen für kühlenden Luftaustausch im Sommer und vielfältige Zugangsoptionen (physisch und virtuell). Auch die Freizeitnutzung erfolgt verstärkt wieder in unmittelbarer Nähe, da Grün und Freizeitoptionen in der Stadt ausreichend vorhanden sind.

Dieser „2050“-Vision folgend ist bis 2030 das Bewusstsein über die langfristige Wirkung von Entscheidungen (und dadurch bedingt „Lock-in Effekte“) gewachsen. Das gesellschaftliche Bewusstsein hat den Trend weg von Zersiedlung und primärem Fokus auf Mobilität mit Kraftfahrzeugen eingeleitet. Die Raumplanung und -ordnung trägt in der Dekade bis 2030 zielstrebig zur Verwirklichung der gesellschaftlichen langfristigen Vision bei, es werden die Zentralräume zu Lebensräumen umgestaltet, in denen Menschen sich gerne aufhalten. Zugangsoptionen sind virtuell und physisch vielfältiger geworden und werden integriert angeboten.

Hier wird das notwendige Grundgerüst für die Trendumkehr beschrieben, detaillierte Maßnahmenbeschreibungen finden sich in Kapitel 5.3

4.3.1 Rahmenmaßnahmen

Die in Abschnitt 4.1 beschriebenen sektorübergreifenden Rahmenmaßnahmen der sozial-ökologischen Steuerreform und der klimaschutzorientierten Energieraumplanung als auch die Sektorkopplung (Abschnitt 4.2.1) berücksichtigen jeweils auch explizit Mobilitätsaspekte:

Im Verkehrsbereich betrifft die Integration der Folgekosten (Internalisierung der externen Kosten) im Rahmen einer sozial-, umwelt- und wirtschaftsgerechten Steuerreform einerseits Aspekte, die durch ein kilometerabhängiges Preissignal am besten weitergegeben werden können (Infrastruktur, Unfallfolgekosten, Staus, Lärm, Feinstaub), andererseits Aspekte, die über einen Preis weitergegeben werden, der am Treibstoff ansetzt (Treibhausgasabgabe, Energieverbrauchsabgabe). Dazu gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, wie z. B. eine CO₂-Abgabe, eine klima-

¹³ Zuzüglich zu gemeinsamen Fahrten ist das Gesamtsystem dabei so gestaltet, dass das Sharing-Angebot von Fahrzeugen nicht zu einer Verlagerung hin zum Pkw führt, sondern als Element funktioniert das insgesamt zur Verlagerung zum Umweltverbund führt (Gruber u. a., 2017; Hülsmann u. a., 2018; Pretenthaler und Steininger, 1999).

schutzorientierte flächendeckende Straßenmaut, ökologisch orientierte Parkgebühren, sofortiger Entfall der Absenkung der Mineralölsteuer für Dieselfahrzeuge usw. (siehe auch Abschnitt 4.1.1 sowie 5.3.3).

Vor allem gilt es kontraproduktive Förderungen abzustellen. Dazu zählen im Verkehrsbereich vor allem (1) die PendlerInnenförderungen, die Zersiedelung stark vorantreibt (Su und DeSalvo, 2008) und in überproportionalem Ausmaß BezieherInnen hoher Einkommen zugutekommt (Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a), (2) die derzeitigen Rahmenbedingungen von Firmenautos (z. B. pauschale Besteuerung, Abschreibung), die motorisierten Individualverkehr attraktiver machen, öfter genutzt werden und größer und CO₂-intensiver als private Pkws sind (Gutiérrez-Puigarnau und Ommeren, 2011; Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a) und (3) die relativ günstige Mineralölsteuer (gegenüber Nachbarstaaten) und Begünstigung von Diesel (Kettner-Marx und Kletzan-Slamanig, 2018). Soll eine Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich erreicht werden, ist die PendlerInnenförderung so umzugestalten, dass die Verkehrsströme auf den ÖV bzw. andere alternative umweltfreundliche Verkehrsmittel (z. B. E-Bikes) umgeleitet werden (z. B. durch Beschränkung der Förderung auf den Weg zum nächsten hinreichend frequentierten Bahnhof oder durch Vorgabe von akzeptablen Umwegen). Die Besteuerung von Firmenautos wird (weiter) ökologisiert und von einer pauschalen zu einer anwendungsorientierten umgestaltet (Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a). Das Dieselprivileg wird abgeschafft, da es aus umweltpolitischer Sicht nicht haltbar ist (Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 468 f.; Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a). Soziale Härtefälle mit hohem Anteil der Fahrkosten relativ zum Einkommen könnten über nur orts-, aber nicht verkehrsmittelabhängige Pendlerzuschüsse abgedeckt werden¹⁴ (Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a). Solche Maßnahmen können auch zur Abfederung einer entfernungsabhängigen Straßenmaut eingesetzt werden.

Mit Bezug auf die Raumplanung wird die Entwicklung der Zentralräume der kurzen Wege durch eine konsequent verfolgte überregionale Raumplanung und ihre regionale und örtliche Implementierung gewährleistet (Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 335 ff.). Die Instrumente von Entwicklungsrechten

(handelbare Flächennutzungsrechte) und Versiegelungsabgabe können dabei zum Durchbruch verhelfen. Für mehr Informationen siehe Abschnitt 5.3.3. Zudem benötigt es eine verpflichtende Radverkehrsverträglichkeitsprüfung (bundesweit harmonisiert und rechtlich verankert) sowie eine Priorisierung des FußgängerInnenverkehrs bei der Entwicklung von Siedlungs- und Mobilitätskonzepten. Maßnahmen dafür umfassen bauliche Maßnahmen (z. B. Fußgänger/Begegnungszonen, Shared Space in Einkaufsstraßen und sehenswerten Stadt- und Ortsteilen) und flexiblere Maßnahmen (wie eine Reduzierung der Umwege für FußgängerInnen sowie Beschilderungen). Eine sehr wirksame Maßnahme besteht in einer ökologisierten Umwandlung der in den Bundesländern derzeit üblichen einmalig zu zahlenden Erschließungsabgabe im Zuge der Baugenehmigung in eine niedrigere, aber laufend (jährlich) zu zahlende Erschließungsabgabe in Abhängigkeit von der Erschließung durch die einzelnen Verkehrsmittel im Sinne der Kostenwahrheit.

Zu den Basismaßnahmen gehört zudem die seit Jahrzehnten geforderte Änderung der Bauordnungen, in denen immer noch der § 2 der Reichsgaragenordnung von 1939 enthalten ist, der die Priorität von Autoabstellplätzen unmittelbar an Wohn-, Arbeits- und sonstigen Siedlungsstrukturen verlangt. Autoabstellplätze sind grundsätzlich von allen Raumstrukturen räumlich, finanziell und organisatorisch so zu trennen, dass die Freiheit der Verkehrsmittelwahl möglich ist (Knoflacher, 2007a, 2012).

4.3.2 Digitalisierung & Automatisierung als Hebel nutzen

Sowohl die Automatisierung als auch die Digitalisierung haben grundsätzlich das Potenzial, Treibhausgasemissionen im Verkehr einzudämmen, können aber auch gegenteilige Wirkungen erzeugen. Generell gilt, dass ohne ergänzende Maßnahmen (wie Lenkungsabgaben und Verbote fossiler Antriebe) diese gegenteilige Wirkung auch eintreten kann, in den meisten Kontexten sogar die wahrscheinlichere ist.

So wirkt sich die Automatisierung nur geringfügig auf den Energieverbrauch aus (Gawron u. a., 2018), könnte aber zu einer klimafreundlicheren Mobilität

¹⁴ Z. B. in Form einer außergewöhnlichen Belastung im Rahmen der Einkommensteuer oder durch Beibehaltung der Negativsteuer.

beitragen, wenn sie auf fossilfreien Antrieb beschränkt wird und zeitgleich für Sharing-Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr eingesetzt wird. Zudem zeigen Studien (Pernestäl Brenden und Kristoffersson, 2018), dass Automatisierung ohne steuerliche, raumplanerische und regulatorische Maßnahmen (siehe z. B. Abschnitt 4.3.1) zu mehr Verkehr führt.

Durch Digitalisierung kann Mobilität flexibler und schneller organisiert werden und sie ermöglicht Multimodalität, also die Kombination von verschiedenen Verkehrsformen (Chaloupka u. a., 2015). Auch Sharing und die Bezahlung von Mobilitätsleistungen werden so erleichtert. Diese Angebote werden, wie bei der Automatisierung, jedoch nur dann zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen führen, wenn eine Verwendung von Fahrzeugen ohne fossilen Antrieb vorgeschrieben oder gefördert wird und durch den Einsatz von geeigneten Instrumenten (z. B. Straßentaut) sichergestellt wird, dass es dadurch nicht zu einer höheren Pkw-Verkehrsleistung auf Kosten des ÖVs und des nichtmotorisierten Verkehrs kommt. Digitalisierung könnte die Implementierung solcher Instrumente sogar unterstützen, indem durch Tracking die Maut abhängig von Autotypen, Ort und Zeit leicht differenziert werden kann (Adler u. a., 2019), was jedoch datenschutzrechtliche Fragen aufwirft, die zuvor zu lösen sind. Obwohl Digitalisierung durch virtuelle Meetings (Telekonferenzen) und E-Commerce – die jedoch ihrerseits mit Energieeinsatz und zumindest bisher somit auch mit THG-Emissionen verbunden sind – prinzipiell zu einer Reduzierung der Verkehrswege und Dienstreisen beitragen kann, konnten Studien diesen Effekt bis jetzt noch nicht belegen (de Abreu e Silva und Melo, 2018; Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 343; Wang und Law, 2007).

4.3.3 Erhöhung Anteil aktiver Mobilität

Da die Umsetzungskompetenz für den nichtmotorisierten Verkehr primär in der Kompetenz der Gemeinden und Länder liegt, kann die Erhöhung des Anteils aktiver Mobilität erreicht werden, wenn der NEKP vor allem die Grundsätze der StVO sowie der Entwurfsrichtlinien im Sinne einer menschengerechten Gestaltung öffentlicher Siedlungsräume adaptiert (Sicherheit, Geschwindigkeit,...) (Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 337 f.). Ein besonderes Augen-

merk gilt hier den Elektrofahrrädern und E-Scootern. Im Bereich der Umsetzung können für die Erreichung der Ziele auf Bundesebene insbesondere finanzielle Förderungsmechanismen entwickelt und angewendet werden, die für die Ebene der Gemeinden die Konzeption von einschlägigen Masterplänen und deren Umsetzung unterstützen. Dafür gilt es klare Richtlinien mit der notwendigen Rechtssicherheit für die Förderung und Bewertungskriterien der verpflichtenden Erfolgskontrolle der Klimaeffekte zu gewährleisten. Einen wichtigen Punkt wird dabei die Entwicklung von Zielen und deren Kontrolle mit empirisch nachprüfbareren Kriterien darstellen. Für eine möglichst hohe Effektivität kann die Förderhöhe an das Ergebnis der Erfolgskontrolle gekoppelt werden. Das Ausmaß der Fördermittel gilt es daran zu orientieren, sodass die Ziele für den Fußgänger- und Radverkehr erreichbar sind¹⁵.

4.3.4 Ausweitung öffentlicher Verkehr

Der städtische Raum ermöglicht es, aufgrund der hohen Bevölkerungsdichten einen hochwertigen sowie auch leistbaren öffentlichen Verkehr anzubieten, was in Österreich zurzeit hauptsächlich in Wien der Fall ist, während die Landeshauptstädte ein unterschiedliches, teilweise demgegenüber geringeres ÖV-Angebot und auch eine reduzierte Nachfrage aufgrund der geringeren Attraktivität aufweisen. Andererseits zeigen gerade die westlichen Bundesländer (Vorarlberg, Tirol), wie auch in dezentralen Strukturen ein sehr gutes ÖV-Angebot betrieben (und genutzt) werden kann. Der Umstieg vom Pkw auf den öffentlichen Verkehr kann auch durch adäquate Parkraumbewirtschaftung (etwa nach dem Prinzip der Äquidistanz) sowohl an den Ausgangs- als auch den Zielorten deutlich gesteigert werden.

In weniger dicht besiedelten Räumen ist ein flächendeckendes ÖV-Angebot mit hohen Frequenzen aus Kosten- und Effizienzgründen meist schwierig zu implementieren. Es bedarf daher einer zielgerichteten Planung, die sich an der (potenziellen) Nachfrage orientiert. Für sehr ländliche Bereiche sind (lokale) Mikro-ÖV-Systeme wie Ortsbusse oder Sammeltaxis mögliche Lösungsansätze zur Flächenerschließung in Ergänzung zu attraktiven ÖV-Linien (Bahn, Schnellbusse), die die ländlichen Gegenden mit den Ballungs-

¹⁵ Für gezielte Maßnahmen bzgl. Fahrrad siehe Geretschläger und Kerschner (2016b, S. 347 ff.), bzgl. Fußverkehr Geretschläger und Kerschner (2016b, S. 349 ff.).

räumen verbinden. Oft können auch kleinere Maßnahmen (z. B. Lückenschlüsse, eine bessere Abstimmung der Fahrpläne, verbesserte Zuverlässigkeit, höhere Qualität der Haltestelle, einfache Bezahloptionen) den ÖV signifikant attraktiver machen (Chaloupka u. a., 2015)¹⁶.

Im Fernverkehr könnte vor allem die Bahn eine umweltfreundliche Alternative zu Auto und Flugzeug darstellen, die zur Erreichung der Klimaziele genutzt werden kann. Für die Konkurrenzfähigkeit der Bahn bedarf es guter Verbindungen und Preise, die nicht über denen der Flugverbindungen liegen.

Es ist anzunehmen, dass die potenzielle Nachfrage nach ÖV weiter zunimmt, aufgrund von Stau in Ballungsräumen und Parkraumrestriktionen, aber auch aufgrund der verbesserten technologischen Möglichkeiten, die Reisezeit zu Arbeits- und Freizeitzielen zu nutzen und den ÖV mit anderen Verkehrsmitteln zu kombinieren (Schmid u. a., 2019). Der Einsatz automatisierter Fahrzeuge im ÖV und der verstärkte Einsatz digitaler Produkte zu Informations- und Bezahlungszwecken können dazu beitragen, den ÖV kostengünstig und komfortabler zu gestalten (siehe Abschnitt 4.3.2).

Der ÖV kann auf Grund der fehlenden Kostenvorteile der Konkurrenz, insbesondere des Pkws, oft nicht kostendeckend betrieben werden und ist in diesen Fällen daher – wenn ein gesamtwirtschaftlich bestmögliches Ergebnis angestrebt wird – auf Zuschüsse angewiesen. Diese Subventionen können aus sozialen Gründen (Sicherstellung einer sozial und wirtschaftlich erforderlichen Mindesterschließung) gerechtfertigt werden, aber auch dadurch, dass sie zu einer Reduktion der negativen externen Effekte des Autoverkehrs führen (Adler und van Ommeren, 2016).

4.3.5 Dekarbonisierung und Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs

Die wissenschaftliche Evidenz der internationalen Literatur, aber auch der „Sachstandsbericht Verkehr 2019“ des Umweltbundesamts (2019a) zeigen auf, dass die Zielerreichung der „Null-THG-Emission“ des motorisierten Verkehrs bis 2050 und auch das für Österreich definierte Zwischenziel für 2030 allein mit freiwilligen Anreizmaßnahmen nicht erreichbar sind. Um den

derzeitigen Trend zu mehr motorisiertem Individualverkehr abzuwenden, bedarf es einer Palette von Push- und Pull-Maßnahmen, deren Wirksamkeit es vorab abzuschätzen und parallel zu überprüfen gilt. Eine klare Zielsetzung der Reduktion der Verkehrsleistung mit fossilem Antrieb ist dafür hilfreich. Beispielhaft sind im Folgenden Maßnahmenbündel aufgelistet, die eine Zielerreichung ermöglichen:

- Fahrzeugorientierte technologische Maßnahmen, die darauf abzielen, den Ausstoß an Treibhausgasen schrittweise zu reduzieren.
- Schrittweise Herstellung der Kostenwahrheit durch Lenkungsabgaben (siehe Abschnitt 4.3.1).
- Einführung eines Konzeptes für niedrigere Höchstgeschwindigkeiten (auf allen Klassen des Straßennetzes, insbesondere für Autobahnen und Schnellstraßen/Außerortsstraßen).
- Restriktive Maßnahmen für die Autobenutzung mit fossilem Antrieb, wie emissionsfreie Zonen, Zufahrtsbeschränkungen und mengenmäßige Kontingentierung für Zonen.
- Umsetzung von Zulassungsbedingungen für automatisierte Fahrzeuge, die einen fossilfreien Antrieb voraussetzen (siehe Abschnitt 4.3.2).
- Straßenausbau und Kapazitätsausweitungen nur unter Berücksichtigung und Kompensation der THG-Emissionen durch begleitende Maßnahmen.

4.3.6 Güterverkehr

Die dynamisch zunehmende Entwicklung des Güterverkehrs auf der Straße ist stark abhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung und läuft aktuell gegen die Zielsetzungen des Klimaschutzes. Ein Szenario, das die Klimaziele für den Güterverkehr sicherstellen soll, beinhaltet daher eine Palette von Push- und Pull-Maßnahmen. Festzuhalten ist, dass diese Zielerreichung durch EU-weite Kooperation und Entscheidungen wesentlich unterstützt werden kann. Folgende Maßnahmenbündel können wichtige Elemente eines Szenarios

¹⁶ Weitere Maßnahmen in Geretschläger und Kerschner (2016b, S. 344 ff.).

darstellen, das einer Zielerfüllung nahekommen könnte:

- Fahrzeugorientierte technologische Maßnahmen, die darauf abzielen, den Ausstoß an THG schrittweise zu reduzieren. Hierbei kann auf verschiedene Antriebstechnologien gesetzt werden, wie den Elektroantrieb, Wasserstoffantrieb, Biotreibstoffe usw., die noch einer intensiven Forschung benötigen. Um diese Entwicklung zu beschleunigen, können zum nächstmöglichen Zeitpunkt klare Grenzwerte der Abgas- und THG-Emissionen bis zum Jahre 2050 auf EU-Ebene festgelegt werden.
- Schrittweise Herstellung der Kostenwahrheit durch Lenkungsabgaben (siehe Abschnitt 4.3.1), v. a. gilt es die bestehende Maut (Vignette, Lkw-Maut, Streckenmaut) so anzuheben, dass die externen Kosten gesamthaft internalisiert werden, was eine Anhebung vom heutigen Niveau der Straßenmaut um etwa 3,4 Cent / tkm bedeutet. Zudem unterstützend wäre eine Ausweitung auf ein flächendeckendes System, wie es etwa in der Schweiz bereits implementiert ist.
- Organisatorisch gilt es das Logistikmanagement auf klimafreundliche Ziele auszurichten und deren Konzeption und Umsetzung zu fördern.
- Wichtige Maßnahmen stellen die Verbesserungen der Bahn-Infrastruktur dar, um eine ausreichende Kapazität der Bahn (insbesondere für den Güterverkehr) sicherzustellen.
- Neben der Verlagerung auf die Schiene stellt die Einführung eines elektrifizierten Systems auf dem hochrangigen Straßennetz (z. B. durch Oberleitungen oder Induktionsfahrbahnen) eine Möglichkeit dar, im Bereich des Güterverkehrs Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren.
- Förderung regionalwirtschaftlicher Initiativen bzw. Regionalentwicklungsinitiativen zur Reduktion des Güterverkehrs

4.3.7 Flugverkehr

Global und auch im Verhalten der ÖsterreicherInnen ist dieses Segment eines der hinsichtlich der Treibhausgasemissionen am stärksten wachsenden. Zwar wird derzeit nur ein kleiner Teil dieser Emissionen (nämlich nur jener der Inlandsflüge) den jeweiligen nationalen

Treibhausgasbilanzen zugeschlagen, aber ohne eine signifikante Emissionsreduktion auch im Flugverkehr insgesamt sind die Pariser Klimaziele nicht erreichbar. Eine wichtige und effektive Maßnahme zur Senkung der luftverkehrsbedingten Treibhausgasemissionen besteht darin, dass alle Flüge, auch die internationalen, entsprechend besteuert bzw. bepreist werden (z. B. Kerosinsteuer, Ticketabgabe, Mehrwertsteuer). Die EU strebt dies seit längerem an, hat die Inner-EU-Flüge demgemäß auch schon in das Emissionshandelssystem eingebunden, die Bestrebungen der internationalen Ausweitung waren aber bisher nicht erfolgreich. Das Ziel bedeutet, dass Fliegen der Kostenwahrheit entsprechend deutlich teurer wird, was auch zu einer Ökologisierung des Tourismus beitragen wird. Damit wird eine Attraktivitätssteigerung naher Urlaubsziele, aber auch die Verlängerung der Aufenthaltsdauer an fernen Zielen bewirkt.

Für jene Zugangsmöglichkeiten, die in Zukunft nicht elektronisch/virtuell gewährleistet werden können, sondern physische Mobilität erfordern, gilt es diese im nationalen und nahen internationalen Bereich durch komfortable Bahnerreichbarkeit zu gewährleisten, die im ersten Schritt zumindest nationale Anschlussflüge ersetzt, mittelfristig freilich den Umstieg immer größerer Segmente auf die Schiene vorteilhaft macht. Der öffentliche Sektor kann als Vorbild Regelungen festlegen, wann Flüge nicht ohne Sondergenehmigung erlaubt sind – z. B. bei Distanzen unter 800 km, bei direkten Zugverbindungen etc. –, und die Wirtschaft ermutigen, ähnliche Regelungen einzuführen. Durch eine Verstärkung der saisonalen Ernährung im Lebensmittelbereich könnten ebenfalls Reduktionen im Flugverkehr geschaffen werden.

4.4 Gebäude

Für eine erfolgreiche Klima- und Energiestrategie Österreichs sollten die Potenziale des Gebäudesektors (Gebäude, Infrastrukturbauwerke und Bauprodukte) aufgrund deren absoluter Bedeutung sowie der Langfristigkeit der Wirkungen eine zentrale Position in der zukunftsfähigen Gestaltung einnehmen. Einerseits stellen Gebäude als Wohn-, Arbeits- und Erholungsorte zentrale bauliche Strukturen für grundlegende menschliche Bedürfnisse bereit (vor allem bezogen auf die Funktionalitäten „Wohnen“ und „Arbeiten“). Andererseits trägt der Gebäudesektor noch immer einen (absolut und relativ) hohen Anteil zu den Treibhausgasemissionen und damit auch zum Klimawandel bei: Allein über die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser fallen etwa 20 % der österreichischen CO₂-Emissionen an (Kranzl u. a., 2018)¹⁷. Zudem lassen sich im Gebäudesektor besonders starke Lock-in Effekte beobachten: Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus, die heute errichtet werden, weisen eine Nutzungsdauer über viele Jahrzehnte auf, sodass Investitionsentscheidungen besonders gut überdacht sein sollten. Die Herausforderung in diesem Sektor besteht also darin, die erforderlichen Funktionalitäten derart zur Verfügung zu stellen, dass diese das verfügbare CO₂-Budget möglichst nicht belasten und damit keine Last für künftige Generationen darstellen. Um die dem Paris-Abkommen entsprechenden ambitionierten Ziele für Österreich bis 2030 (also bis in bereits 11 Jahren) einzuhalten, muss im Gebäudesektor jetzt gehandelt werden. Dies gelingt nicht ohne einen erheblich veränderten Investitionsaufwand, mit einem breit abgestimmten Paket an Maßnahmen.

Generell kann im Gebäudesektor analytisch zwischen verschiedenen Aspekten unterschieden werden, an welchen Klimapolitik ansetzen kann: Zum einen kann sie die Klimafreundlichkeit des *Betriebs* einzelner Gebäude erhöhen, und zum anderen kann sie den Fokus auf Klimafreundlichkeit der Bauwerke über den gesamten *Lebenszyklus* (d. h. Berücksichti-

gung der „grauen“ Treibhausgasemissionen¹⁸) lenken, und schließlich geht es auch um strukturelle Veränderung, d. h. die *räumliche Anordnung* einzelner Gebäude oder ganzer Gebäudekomplexe. Das Grundgerüst dafür wird im Folgenden beschrieben.

Als wesentliche Inputs für Klima- und Energiepolitik im Gebäudesektor werden fünf Maßnahmengebiete im Folgenden eingehender betrachtet:

1. Emissionsarme Strukturen:
 - a. Die Konkretisierung von Raumplanungsmaßnahmen.
 - b. Die konsequente Anwendung einer Lebenszyklusbetrachtung/Ökobilanzierung.
2. Emissionsarme Gebäude:
 - a. Klimafreundlicher Betrieb von Gebäuden.
 - b. Der Fokus auf eine bessere Resilienz von Gebäuden.
 - c. Langfristige Bereitstellung und Erhöhung von Fördermitteln für Sanierungen.
 - d. Standards für den Neubau, die mit der langfristigen Zielerreichung kompatibel sind.

4.4.1 Emissionsarme Strukturen

Bezogen auf die Auswirkungen räumlicher Anordnung von Gebäuden kommt vor allem dem Feld der **Energieraumplanung** große Bedeutung zu (siehe Abschnitt 4.1.3), in welcher beschrieben wird, wie bestimmte räumliche Anordnungen von Gebäuden sich auf bestimmte Energielösungen auswirken (wie beispielsweise Anforderungen von Fernwärme-Infrastrukturen an eine gewisse Siedlungsdichte). Es gibt dabei eine breite Palette an möglichen Maßnahmen in diesem Bereich (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018): die Reduzierung von Zersiedlung¹⁹, die verstärkte Nutzung frei stehender Flächen innerhalb bereits bestehender Bebauungs-

¹⁷ Wenn man die „grauen“ Emissionen aus dem Bausektor (Industrie) mitrechnet, verdoppeln sich die Emissionen sogar (unter Berücksichtigung aller Vorprozessemissionen).

¹⁸ D. h. Berücksichtigung von Herstellung und Transport der Baumaterialien, der Nutzungsphase des Bauwerks mit den erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen bis hin zum Ende des Lebenszyklus, d. h. Abriss und Entsorgung bzw. Wiederverwertung.

¹⁹ Z. B. durch einen verpflichtenden Nachweis der Ausschöpfung von Nachverdichtungspotenzialen, Leerstandsabgabe, Infrastrukturabgabe, Flächenabgabe und Wertzuwachsabschöpfung (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 2).

gebiete, der Abbau von hemmenden Eigeninteressen zuständiger Instanzen, die Bodenqualität nach CO₂-Speicherkapazität kategorisieren und in Bebauungspläne integrieren, die Revitalisierung von Zentren und Ortskernen, das Brachflächenrecycling²⁰ oder Monitoring zum Bodenverbrauch durch eine Transparenzdatenbank. Auch standortbezogene Einflüsse sollten bei künftigen Flächenwidmungsplänen vermehrt Eingang finden²¹.

Bezüglich der Fernwärmenetze, die eine wichtige raumplanerische Komponente im Gebäudesektor darstellen, wird von Stöglehner u. a. (2017, S. 19) darauf hingewiesen, dass diese kaskadisch anzuordnen sind, um eine optimale Wärmenutzung zu gewährleisten. Kranzl u. a. (2018) fordern darüber hinaus, eine mögliche Reduktion der Nutzfläche pro Person bzw. pro Haushalt zu prüfen und die Siedlungsdichte im ländlichen Raum zu erhöhen. Eine Möglichkeit der Verdichtung wäre beispielsweise, einen Fokus auf mehrgeschossige Wohnbauten zu legen (Stöglehner u. a., 2017). Bei gleichem Baustandard sind diese deutlich energieeffizienter als Reihenhäuser, welche wiederum effizienter sind als frei stehende Einfamilienhäuser oder Doppelhäuser.

Im Bereich der Energieraumplanung zeigen sich viele Wechselwirkungen mit anderen Sektoren, allen voran dem Sektor der Mobilität, weshalb das Thema der Energieraumplanung in diesem Dokument an mehreren Stellen aufgegriffen wird (z. B. Abschnitte 4.1.3, 4.3.1, 5.1.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.3, 5.4.2).

Eine umfassend systemische Betrachtung benötigt neben der Energieraumplanung aber auch die Berücksichtigung der **Lebenszyklus-Perspektive** bzw. **Ökobilanzierung** (Passer u. a., 2017). Als wesentliche Lebenszyklusphasen sind dabei die Planungs- und Errichtungsphase, der Betrieb, inkl. erforderlicher Instandhaltungsmaßnahmen (Austausch) sowie Rückbau (verwendungsorientierter Abriss) und Entsorgung zu berücksichtigen. Auf die Bedeutung der Wahl der Baumaterialien wurde schon zuvor hingewiesen. Es ist sehr nützlich, bereits bei der Errichtung ein passendes Rückbaukonzept zu erstellen und auf die Recy-

celbarkeit der eingesetzten Baustoffe zu achten (Clementsitsch u. a., 2018). Beispielsweise könnte eine detaillierte Rückbauanleitung bereits beim Neubau zwingend vorgeschrieben werden (Clementsitsch u. a., 2018, S. 20).

Wichtige Beiträge zur Emissionsreduktion wären, Emissionen in der Errichtungsphase zu reduzieren und bei der Lebenszyklus-Perspektive die gesamte Nutzungsdauer von Gebäuden in den Blick zu nehmen. Für die unterschiedlichen Bauprodukte existiert dabei eine Vielzahl an Maßnahmen zur Reduktion der „grauen“ THG-Emissionen (Favier u. a., 2018). Da unter Berücksichtigung der grauen Energie oftmals einer Sanierung gegenüber Neubau und Abriss der Vorzug zu geben wäre (Stöglehner u. a., 2017), ist es wichtig, Gebäude auf eine Art und Weise zu bauen, dass sie langfristig genutzt werden können. Die Lebensdauer von Gebäuden kann beispielsweise durch flexible Gebäudestrukturen erhöht werden, welche verschiedene Umfunktionierungen erlauben (siehe auch Clementsitsch u. a., 2018). Diese Maßnahmen helfen, den Neubau insgesamt zu reduzieren, und somit den Grundsatz „Sanierung vor Neubau“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) zu stärken.

4.4.2 Emissionsarme Gebäude

Bis 2050 müssen die Gebäudeemissionen um 80-90 % durch entsprechende Maßnahmen (Tausch von Heizungssystemen, thermische Sanierungen etc.) reduziert werden, um das Paris-Klimaziel von 1.5 °C zu erreichen. Um einen nahezu THG-emissionsfreien Gebäudesektor zu erreichen, ist es zielführend, dass die **Energieeffizienz** sowohl im Gebäudebestand wie auch im Neubau optimiert wird und künftig nahezu null sein und ausschließlich mit erneuerbaren Energieträgern gedeckt werden wird (IPCC, 2018). Zu beachten ist jedoch auch, dass die Maxime „Energieeffizienz zuerst“ zu Fehlallokationen führen kann, wenn beispielsweise eine neue, effizientere Ölheizung eingebaut wird, anstatt auf andere Heizsysteme umzusteigen. Gefordert werden muss hier also eine gemeinsa-

20 Forcierte Wiedernutzung von Leerflächen und bereits bebauten und erschlossenen, aber nicht mehr genutzten Industrieflächen, um die Umwidmung von Grünland zur Baulandnutzung zu verhindern (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 3).

21 Ein Haus, welches am Südhang gebaut ist, hat beispielsweise weniger spezifischen Heizwärmebedarf als eines, welches an einem Nordhang steht (Stöglehner u. a., 2017), und könnte diesen darüber hinaus weitgehend über erneuerbare Energieträger decken. Beachtet muss allerdings werden, dass es gut isoliert und abgeschattet ist, damit keine nennenswerte Kühlleistung im Sommer anfällt.

me Berücksichtigung der Notwendigkeit, erneuerbar und effizient zu werden.

Eine Anpassung der **ordnungspolitischen Rahmenbedingungen** trägt maßgeblich zu einer Verbesserung der thermisch-energetischen Qualität bei. Die Richtlinie des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB-Richtlinie), welche der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften der verschiedenen Bundesländer dient, bietet dafür einen passenden Ansatzpunkt und sollte daher entsprechend des technischen Fortschritts nachgeführt werden. Darüber hinaus ist auch eine Überprüfung und Anpassung weiterer gesetzlicher Anforderungen an Gebäuden aus Forschung und Technologieentwicklung hilfreich (Clementsitsch u. a., 2018). Ebenfalls wichtige ordnungspolitische Maßnahmen sind dabei Verbote für fossile Heizsysteme in Neubauten, also auch verpflichtende Nutzung von EE bei Kesseltausch (Kranzl u. a., 2018).

Neben diesen ordnungspolitischen Rahmenbedingungen ist vor allem die **Sanierungsförderung** ein großer Hebel für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Derzeit liegt die Sanierungsrate in Österreich bei weniger als 2 % pro Jahr. Angesichts der Vorgaben des Pariser Klimaabkommens muss die Sanierungsrate daher wesentlich gesteigert werden. Wichtig dabei ist, eine Definition der Sanierungsrate zu finden, bei der die Reduktion der THG-Emissionen im Fokus steht und die graue Energie berücksichtigt wird. Sanierungsmaßnahmen müssen außerdem über 2020 hinausgehen und sind sowohl über Förderungsmaßnahmen als auch über weitergehende steuerliche Anreizsysteme zu gestalten (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementsitsch u. a., 2018; Kranzl u. a., 2018). Außerdem müssen strukturelle Hemmnisse, welche einer höheren Sanierungsrate im Wege stehen (z. B. Kapazitätenmangel, Preisüberhitzung wegen Neubauboom, mangelnde Paketlösungen und mangelnde Vorbildwirkung im öffentlichen Bereich) konstruktiv gelöst werden. Insgesamt wäre es hilfreich, wenn umfassende thermische Sanierungen zum Standard gemacht werden, also verpflichtend zu jeglicher anderweitigen Sanierung sind (Sporer und Steininger, 2019). Um die erwünschten Sanierungsraten zu realisieren, sind Erhöhung und langfristige Bereitstellung von Sanierungsförderungen notwendig, die in den letzten Jahren abgenommen haben. Experten schätzen den jährlichen Förderbedarf auf ca. 300 Mio. EUR (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 4). Untersuchungen zeigen, dass die Sanierung von

Wohngebäuden auf einen Niedrig- oder Passivhausstandard eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Investition ist; Förderungen können hierbei eine weitere Motivation zur Sanierung darstellen. Allerdings wird nur eine Kombination an Maßnahmen (bis hin zu einer Sanierungsverpflichtung) die Einsparpotenziale im Gebäudebereich heben können. Wie Böhm und Getzner (2017) auch nachweisen, kann der Gebäudebereich durch Sanierung wesentliche Beiträge zur Senkung von gebäudebezogenen THG-Emissionen leisten – allerdings können bei nicht optimierter Sanierung die Sanierungspotenziale durch die Langlebigkeit von Gebäuden rasch geschmälert werden. Es ist daher bei allen Sanierungsbemühungen auf energetisch und aus Sicht des Klimaschutzes optimierte Sanierungen zu drängen.

Aufgrund der langen Nutzungsdauer von Bauwerken müssen die künftigen klimatischen Gegebenheiten (Änderungen der Temperaturen, Wärme und Kühllasten, Windlasten, Niederschlagsereignisse, etc.) sowie die Änderungen in der Energiebereitstellung (Dekarbonisierungsstrategie von Strom und Wärme) in der Planung von Gebäuden bereits jetzt berücksichtigt werden. Die **Gebäuderessilienz** sollte also erhöht werden. Die Notwendigkeit ist einerseits aufgrund des enormen baulichen Aufwands für später erforderliche Adaptierungen (Einbau eines Kühlsystems) und andererseits aufgrund der erforderlichen Investitionen in die Bauprodukte und die damit verbundenen „grauen“ Treibhausgasemissionen begründet. Derzeitige Anforderungen an Gebäude (OIB-Richtlinien, Baugesetze) berücksichtigen diese nur unzureichend.

4.5 Land- und Forstwirtschaft & Bioökonomie

Die Land- und Forstwirtschaft sowie die Bioökonomie spielen in der Klimadiskussion eine zentrale Rolle. Zum einen sind diese Sektoren am stärksten von den Klimawandelauswirkungen betroffen, zum anderen tragen sie auch signifikant zum Klimawandel bei. Der Anteil der THG-Emissionen aus der Landwirtschaft an den österreichischen Gesamtemissionen betrug 2017 fast 9 % (Umweltbundesamt, 2019b)²², ist aber weitaus höher (bis zu 20 %), wenn die CO₂-Freisetzung aus drainierten Mooren oder graue Emissionen, wie der Energieeinsatz für Stickstoff-Mineraldünger, und Spill-over-Effekte (die in anderen Ländern anfallen), wie Tropenwaldzerstörung durch Sojaanbau, miteinbezogen werden. Die Wälder und Böden in Österreich ergeben eine Netto-Senke für THG-Emissionen. Im Jahr 2015 betrug diese Senke 4,4 Mt CO₂eq (BMNT, 2018a). Ohne zusätzliche Maßnahmen könnte das Senkenpotenzial jedoch abnehmen (Umweltbundesamt, 2019b) und die Berücksichtigung der sehr hohen und nur unzureichend bekannten CO₂-Freisetzung aus drainierten Mooren, die z. B. in Deutschland 6,6 % der gesamten Treibhausgasfreisetzung ausmacht (Tiemeyer u. a., 2020), könnte diese Senke in eine Quelle umwandeln.

Um die Land- und Forstwirtschaft sowie Bioökonomie auf Paris-Kurs zu bringen, d. h. den menschengemachten Klimawandel auf max. 1,5 °C bis 2100 einzudämmen, müssen die THG-Emissionen aus diesen Sektoren drastisch gesenkt werden, v. a. die Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Die größten Quellen sind dabei Methanemissionen in der Viehhaltung und Emissionen aus dem Futteranbau, getrieben durch den hohen Fleischkonsum (Schlatzer und Lindenthal, 2018), sowie Lachgasemissionen durch den Einsatz von Mineralstoffdünger, der zudem enorme CO₂-Emissionen für die Herstellung verursacht (Niggli u. a., 2007).

Daher sind einerseits geänderte, klimafreundliche und nachhaltige Bewirtschaftungsformen sowie die Wiederernässung von Moorböden, andererseits aber auch deutliche Reduktionen in Viehwirtschaft (im Tierbestand) bzw. Fleischproduktion und -konsum

sowie eine deutliche Reduktion des vermeidbaren Lebensmittelabfalls zentrale Maßnahmen zur Reduktion der landwirtschafts-/ernährungsbedingten THG-Emissionen. Zudem haben spezifische Maßnahmen wie z. B. Reduktion des Stickstoff-Mineraldüngereinsatzes, Erhöhung des Bodenkohlenstoff- bzw. Humusgehalts (u. a. über Integration von Futterleguminosen in die Fruchtfolgen, organische Düngung, konsequente Rückführung von Ernteresten etc.), Mischkulturen, Begrünungen, Agroforst, Gülleabdeckung und -fermentierung sowie der Einsatz von Pflanzenkohle signifikante Einsparpotenziale für landwirtschaftliche THG-Emissionen (Lal u. a., 2015). Weiters spielt für den Klimaschutz Biomasse, insbesondere Holz, eine wichtige Rolle: Für die Energiegewinnung, die stoffliche Nutzung und als natürlicher Kohlenstoffspeicher im Wald und in Holzprodukten. Die Nutzung von Biomasse ist aber nicht automatisch nachhaltig und wird noch immer kontrovers diskutiert. Grundsätzlich besteht Einigkeit, dass Biomasse aus nachhaltiger Produktion stammen muss, damit überhaupt über eine CO₂-Neutralität diskutiert werden kann, und dass stoffliche Nutzung der energetischen zu bevorzugen ist. Die stoffliche Nutzung ist zentral im Kontext der Bioökonomie. Die Abgrenzung zur Land- und Forstwirtschaft ist eher willkürlich, daher kommt es oft zu Überlappungen mit den Abschnitten Land- und Forstwirtschaft.

Zuletzt muss noch erwähnt werden, dass diese Sektoren durch **zahlreiche Zielkonflikte** geprägt sind, die sich vor allem in Konkurrenz um das gleiche Stück Land manifestieren (z. B. Ernährungssicherheit, Ernährungsstil, Erhalt der Biodiversität, Intensivierung, Biolandwirtschaft, Ausweitung der energetischen und materiellen Nutzung von Biomasse, soziale Ungleichheit, Bodenversiegelung). Auch die unterschiedlichen Topografien und Bodenbeschaffenheiten sowie klimatischen Unterschiede sind bei der Wahl und Umsetzung von Maßnahmen im Sinne der Standortanpassung zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere den standortangepassten flächengebundenen Tierbesatz und die standortorientierte Düngemenge. Daher gibt es zahlreiche Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen der Landwirtschaft, die zugleich die regionale Wertschöpfung stärken und Synergien zu weiteren Nachhaltigkeitsaspekten verwirklichen

²² Die Nahtzeitprognose für 2018 erwartete zwar einen absoluten Rückgang von 1,2 % bzw. 0,1 Mt CO₂eq (weniger Mineraldünger und Viehbestand), der relative Anteil an den gesamten THG-Emissionen steigt damit aber auf 10,2 % (Umweltbundesamt, 2019c).

können (z. B. Biodiversität, Bodenschutz, Gewässerschutz, Resilienz, Gesundheit).

Im Folgenden wird das Grundgerüst für die Erreichung des 1,5-°C-Ziels in diesen Sektoren beschrieben. Detaillierte Informationen befinden sich in Abschnitt 5.5.

4.5.1 Klimafreundliche Landwirtschaft

In der Landwirtschaft gibt es auf der Angebotsseite zwar eine Vielzahl an technischen Möglichkeiten, um die THG-Emissionen zu reduzieren, aber es wird auch eine strukturelle Änderung der Nachfrageseite benötigen, um einen substanziellen Beitrag für die Paris-Ziele zu leisten. Zentrale Maßnahmen und Handlungsfelder sind vielfach beschrieben (Hörtenhuber u. a., 2010, 2011; Idel und Beste, 2018; Lindenthal u. a., 2010; Mäder u. a., 2002; Muller u. a., 2017; Niggli u. a., 2007, 2009; Sanders und Heß, 2019; Schlatzer und Lindenthal, 2018; Schröder u. a., 2015; Winiwarter u. a., 2018; Winkler und Winiwarter, 2016; Wirz u. a., 2018): den Anteil der biologischen Landwirtschaft sowie Maßnahmen einer nachhaltigen konventionellen Landwirtschaft, z. B. über Ausweitung der Agrarumweltprogramme und über Präzisionslandwirtschaft, deutlich steigern, den Stickstoff-Mineraldüngereinsatz deutlich reduzieren, Mulch- und Direktsaat erhöhen, die Tierhaltung reduzieren/extensivieren (betrifft Tierbestand und die Fütterung), Weidehaltung erhöhen, österreichische/europäische Eiweißfuttermittel verstärkt anbauen und so die Futtermittelimporte aus Tropenwald- und Savannenländern stark reduzieren, starke Reduktion von Kraftfutter und Silomais in der Milchviehhaltung, eine Umstellung des Wirtschaftsdüngersystems von Gülle auf Festmist, Abdeckung von Güllebehältern oder anaerobe Vergärung von Gülle forcieren. Die Nutzung der Moorböden kann über Extensivierung oder torferhaltende Formen der Landwirtschaft (Paludikulturen) klimafreundlich gestaltet werden (Schröder u. a., 2015). Schließlich gilt es für die Klimawandelanpassung und Resilienz die Humusgehalte bzw. die Bodenfruchtbarkeit deutlich zu steigern, was zudem mittelfristig erhebliche C-Sequestrierung im Boden zur Folge hat (Hülsbergen und Küstermann, 2008; Küstermann u. a., 2008; Umweltbundesamt, 2017b; Umweltbundesamt[DE], 2015a; Wirz u. a., 2018). Die Einbringung von Pflanzenkohle in land-/forstwirtschaftliche Böden wird von Smith (2016) und im

Special Report des IPCC (2018) als aussichtsreiche „Negativ-Emissionstechnologie“ bewertet. Alle diese Maßnahmen müssen eng in Verbindung stehen mit einem nachhaltigen und gesunden Ernährungsstil. Dies bedeutet eine deutliche Reduktion des Fleischkonsums und des vermeidbaren Lebensmittelabfalls (DGE, 2019; Muller u. a., 2017; ÖGE, 2019; Rust u. a., 2017; Scherhauser u. a., 2018; Schlatzer und Lindenthal, 2018; Willett u. a., 2019).

Mit dem Programm der ländlichen Entwicklung (PLE) und den darin enthaltenen Agrarumweltzahlungen (Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft - ÖPUL) gibt es ein etabliertes Fördersystem in Österreich, um freiwillige Anreize für technologische Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft zu setzen. Hier sollte noch stärker als in der Vergangenheit Wert auf klimafreundliche Bewirtschaftungsmethoden und Humusanreicherung in den Böden gelegt werden.

Durch eine Umstellung auf eine stärker pflanzenbasierte Diät können Kosten einer ungesunden Ernährung und einer klimaschädlichen Landwirtschaft gleichzeitig reduziert werden (APCC, 2018; Freyer und Dorninger, 2008; Muller u. a., 2017; Schlatzer und Lindenthal, 2018). So könnte eine Halbierung des Verzehrs von rotem Fleisch und Zucker in Österreich, wie generell in den Industrieländern, sowie eine Verdoppelung des Verzehrs von Gemüse, Früchten, Leguminosen und Nüssen von zentraler Bedeutung für den Klimaschutz und eine nachhaltige Ernährungssicherung sein (DGE, 2019; Muller u. a., 2017; ÖGE, 2019; Willett u. a., 2019). Das Potenzial THG-Reduktionen in der Landwirtschaft über Ernährungsumstellung zu erreichen, ist für Österreich besonders hoch. Verschiedene Studien gehen von Potenzialen von über 50 % aus (Frank-Stocker, 2019; Veigl, 2017; Zessner u. a., 2011). Maßnahmen, die eine derartige Verhaltensänderung unterstützen können, sind laut APCC (2018) z. B.: Besteuerung tierischer Produkte (inkl. Umverteilung bzw. soziale Abfederung sowie Förderung von Gemüse und Obst, siehe auch sozial-ökologische Steuerreform in Abschnitt 4.1.1); geänderte Kennzeichnungspflicht für Lebensmittel (Signal für ungesunde und klimaschädliche Produkte); Werbeverbot für klimaschädliche Produkte; Informationskampagnen und Bildungsmaßnahmen sowie die Vorbildwirkung in öffentlichen Einrichtungen durch klimafreundliche Lebensmittel und Ernährungspläne in den Mensen.

4.5.2 Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung in der Forstwirtschaft

Die Wälder Österreichs sind ein wertvoller Kohlenstoffspeicher, Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen und Lieferant von Biomasse für die energetische und stoffliche Nutzung. In den letzten Jahren hat der Borkenkäfer erhebliche Schäden in Österreichs Wäldern angerichtet. Alleine im Jahr 2018 wurden 5,2 Mio. Vorratsfestmeter Schadh Holz gemeldet, das entspricht fast einem Drittel der gesamten Holzern te von 17,2 Mio. Festmetern (BFW, 2019). Daneben steigen auch die Schäden durch Windwürfe. Die zunehmenden Wetterextreme und die Ausbreitung von Schädlingen hängen eng mit den steigenden Temperaturen und der zunehmenden Trockenheit zusammen (BFW, 2019). Für die Forstwirtschaft und Politik bedeutet dies, dass Maßnahmen zur Mitigation Hand in Hand mit Anpassung gehen müssen. Dazu zählen z. B. Maßnahmen wie die Diversifizierung von Wäldern, Förderung von Dauerwaldstrukturen und eine Erhöhung der Durchforstung (siehe Abschnitt 5.5.6 „Forstwirtschaft“).

Zahlreiche Studien (z. B. Börjesson Hagberg u. a., 2016; Braun u. a., 2016; Jasinevičius u. a., 2017; Kalt u. a., 2016b; Leskinen u. a., 2018; Mihai und Ingraio, 2018) belegen die Möglichkeit, über die Nutzung von Biomasse Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Die tatsächlichen (Netto-)Effekte sind allerdings nicht ganz einfach zu bilanzieren. Neben möglichen Substitutionseffekten durch den Ersatz von mineralischen oder fossilen Produkten, entstehen Kohlenstoffflüsse zwischen Wald, Holzprodukt und Atmosphäre.

4.5.3 Nachhaltige Nutzung von Biomasse in der Bioökonomie

Die Bioökonomie beschreibt einen Ansatz, der bemüht ist, sektorübergreifend die Nutzung von Biomasse anstelle von fossilen Energieträgern und Rohstoffen darzustellen. THG-Emissionsreduktionspotenzial entsteht in der Bioökonomie durch (1) den Speichereffekt einer verstärkten, innovativen und langfristigen Nutzung von Biomasse (in diesem Fall bisher ausschließlich in Bezug auf Holz) sowie (2) den Substitutionseffekt durch eine Vermeidung fossiler und mineralischer Produkte.

Einige Nutzungspfade biogener Energieträger und Rohstoffe sind heute bereits gängig, gut beschrieben und statistisch erfasst; die Auslotung neuer, möglicher Nutzungsformen und deren Wirkungen ist noch keineswegs abgeschlossen, und ihr Beitrag zur Erreichung des Pariser Klimazieles daher schwer abzuschätzen. Daher müssen Kriterien der ökologischen und sozio-ökonomischen Nachhaltigkeit eng mit den bioökonomischen Ansätzen verzahnt werden, um ökologische Gefahren (z. B. Vernachlässigung der Bodenfruchtbarkeit und der Biodiversität durch eine „nachhaltige Intensivierung“) oder ungerechte wirtschaftliche Bedingungen sowie fehlende gesellschaftliche Partizipation zu vermeiden. Zudem gilt es bei neuen technologischen Ansätzen die Ergebnisse einer umfassenden Technologiefolgenabschätzung und Nachhaltigkeitsbewertung (s. z. B. SAFA Guidelines der FAO) zu berücksichtigen. Übersichtmäßig beruht der Beitrag der Bioökonomie zur Förderung des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel auf:

- der Bereitstellung nachhaltiger Biomasse (mit Erhalt von Bodenkohlenstoff und Biodiversität) und Berücksichtigung der sozio-ökonomischen Nachhaltigkeit;
- dem Ersatz von Petrochemikalien, fossiler Energie und nicht erneuerbaren Materialien durch biobasierte Materialien, deren Produktion geringere Treibhausgasemissionen bedingt;
- dem Ersatz von energieintensiven Verarbeitungsprozessen durch energieeffizientere biobasierte Prozesse wie Biokatalyse oder Gärung zur Reduzierung des energetischen Endverbrauchs;
- der Berücksichtigung
 - von Abfallvermeidung und Kreislaufwirtschaft,
 - der kaskadischen Nutzungsoptionen (stofflicher vor energetischer Nutzung),
 - der Ressourceneffizienz
 - und des „End of Life“-Prinzips in jeder bioökonomisch gesetzten Aktivität.

Um diese Ziele zu erreichen, benötigt es Förderungen für die nachhaltige Bereitstellung von regionaler Biomasse (z. B. ÖPUL), Förderungen für Forschung & Entwicklung (Züchtung, Prozessmethoden, CO₂-Sammlung und Nutzen, Technologiefolgenabschätzung), Standardisierung von Lebenszyklusanalysen und umfassende Nachhaltigkeitsbewertungen (als

Entscheidungsgrundlage), Erhöhung der Rücklaufquoten für biogene Abfälle und materielle Nutzung derselben (z. B. über verpflichtende Quoten), Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen (etwa für den Ersatz fossiler Rohstoffe, bei der Charakterisierung von Abfällen, um deren Wiederverwendbarkeit zu erleichtern, oder einer Anpassung der Bauordnungen zur besseren Nutzung von Holz).

Auch die Raumplanung spielt eine wichtige Rolle, besonders da sich durch die Bioökonomie Flächenkonkurrenz verschiedener Funktionalitäten (z. B. Lebensmittel vs. Biomasse für Energie bzw. Produkte) verstärken kann (Fargione u. a., 2008; Searchinger u. a., 2008). Dies kann, muss aber nicht, zu unerwünschten negativen Effekten auf den CO₂-Ausstoß, Ökosystemdienstleistungen und Biodiversität führen. Maßnahmen, die negativen Effekten vorbeugen können, sind z. B. die Förderung von stationärer Nutzung von Biomasse sowie die Förderung der Nutzung von landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffen (Meyer und Priefer, 2012). Probleme wie Flächenkonkurrenz und Risiken einer Intensivierung in der Landwirtschaft bleiben aber aufrecht und müssen über Nachhaltigkeitskonzepte und deren konsequente Umsetzung vermieden werden.

Der Anteil der Biomasse am Bruttoenergieverbrauch könnte noch weiter erhöht werden, besonders wenn Neben- und Koppelprodukte aus der stofflichen Nutzung von Biomasse energetisch genutzt werden. Sinnvolle Förderungen von Bioenergie sollten die THG-Bilanz nachwachsender Rohstoffe, mögliche Feinstaubbelastungen in Ballungsräumen sowie zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten berücksichtigen und Investitionen für die Verbesserung von Wirkungsgraden biomasseverarbeitender Technologien bereitstellen.

4.6 Abfallwirtschaft

Der Sektor Abfallwirtschaft umfasst ca. 4 % der österreichischen THG-Emissionen (Umweltbundesamt, 2019b). Seit 1990 sind die THG-Emissionen dank umfangreicher Maßnahmen um ca. 28 % gesunken (Umweltbundesamt, 2018). In den letzten Jahren sind sie jedoch wieder leicht angestiegen. Trotz des geringen Anteils sollten auch in diesem Sektor Anstrengungen unternommen werden, noch vorhandene Potenziale zur THG-Emissionsreduktion zu nutzen.

THG-Emissionen in der Abfallwirtschaft entstehen hauptsächlich bei der Abfallverbrennung (ca. 49 %) und der Deponierung (ca. 39 %) ²³. Hinsichtlich der THG-Emissionen führt der Übergang von der Deponierung zur Müllverbrennung, bezogen auf eine Tonne unbehandelten Restmülls, jedoch zu verringerten Treibhausgasemissionen aus dem Sektor Abfall, da die Emissionen an CO₂eq bei der Verbrennung deutlich geringer sind als bei der Deponierung. Ebenso verursacht die Ablagerung von Rottereststoffen aus einer mechanisch-biologischen Vorbehandlung geringere Emissionen als die Ablagerung von unbehandeltem Restmüll (Umweltbundesamt, 2018). Das Potenzial THG-Emissionen weiter zu reduzieren, ist hoch, v. a. wenn die direkten und indirekten Umweltauswirkungen mittels Ökobilanzierung (Lebenszyklusanalyse) berücksichtigt werden. Vor allem Maßnahmen wie Kreislaufwirtschaftsmodelle, Recycling, Energie- und Materialeffizienz sowie neue Konsummuster haben ein erhebliches Potenzial, zur Verringerung der Treibhausgasemissionen beizutragen, dazu gehören vor allem:

1. Abfallvermeidung:

- Erhöhung der Produktnutzungsdauer (z. B. Wiederverwendung, Öko-Design, Reparaturfähigkeit; siehe Abschnitt 4.2.3).
- Erhöhung der getrennten Sammlung von Altstoffen.
- Reduktion von Lebensmittelabfällen (Restmüll und Biotonne) (Scherhauser u. a., 2018).

2. Erhöhung der stofflichen Verwertung:

- Optimierte Erfassung recyclingfähiger Abfallströme (ÖWAV, 2018).
- Erhöhung der Recyclingrate („Design for Recycling“).
- Stoffliche Verwertung von Kunststoff.

3. Städtischer Bergbau und Deponierückbau:

- Rückgewinnung und Recycling von Materialien („anthropogenes Lager“).
- Weiternutzung bestehender Bauteile bringt Einsparungen.
- Deponierte Abfälle weisen ein Ressourcenpotenzial auf.

4. Verbesserungen der Behandlung auf Prozessebene:

- Aerobe und anaerobe Behandlung von Abfall (Kompostierung, Reduktion gasförmiger Prozessverluste bei Biogasanlagen).
- Deponieverbot (organischer Abfälle und unbehandelte Siedlungsabfall) und Verlängerung der Nachsorge (Belüftung und Stabilisierung durch aktive Maßnahmen).
- Abfallverbrennung:
 - Verringerung der THG-Emissionen im Vergleich zur Deponierung.
 - In Kombination mit Energienutzung Reduktion fossiler Brennstoffe.

²³ Weitere THG-Emissionen entstehen bei der biologischen Abfallbehandlung (Kompostierung, Vergärung), der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung sowie der Abwasserbehandlung und -entsorgung.

5. Detailinformation: Maßnahmensammlung und Beschreibung

Dieses Kapitel beinhaltet einen Gesamtüberblick und detaillierte Beschreibungen von Maßnahmen, die zum Klimaschutz in Österreich beitragen können. Es wird

sowohl auf bestehende und geplante Maßnahmen im derzeitigen Entwurf-NEKP (BMNT, 2018a) eingegangen als auch auf ergänzenden Maßnahmen, die sich in der wissenschaftlichen Literatur finden. **Tabelle 3** enthält eine erste (unvollständige) Übersicht der im Folgenden beschriebenen Maßnahmen.

Tab. 3: Übersicht von Maßnahmen für Klimaschutzumsetzungswege in Österreich.

Bereich	Thema	Maßnahmenbeispiele (unvollständig)
Rahmenmaßnahme	Sozial-ökologische Steuerreform	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Aufkommensneutrale Bepreisung</i> von fossilen Rohstoffen, mit Rückvergütung an Haushalte (<i>Ökobonus</i>, insbes. für sozial Schwächere), kann zusätzlich Rückvergütung an Unternehmen und Förderungen für Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen beinhalten - <i>Abbau klimaschädlicher Subventionen</i>
	Energie- und Klimaschutzraumplanung	<ul style="list-style-type: none"> - Gesetze und Verordnungen in der Flächenwidmung, Bauordnung und Wohnbauförderung dienen der konkreten <i>Verwirklichung der Klima- und Energieziele</i> - <i>Instrument von Entwicklungsrechten</i> (handelbare Flächennutzungsrechte)
	Effizienz	<ul style="list-style-type: none"> - Vorgaben für Energieeffizienzmaßnahmen und Energiemanagementsysteme (Energieeffizienzgesetz) - Langfristige Renovierungsstrategie - Energieeffiziente Raumplanung
	Kreislaufwirtschaft (siehe auch Abfallwirtschaft)	<ul style="list-style-type: none"> - Förderungen von Kreislaufwirtschaftsinitiativen wie Rücknahmepflicht und regionale Nutzung biogener Abfälle - Förderung von regionalen Wirtschafts-, Konsum- und Recyclingprozessen - Förderung von industriellen Symbiosen - Sharing Economy
Energie und Industrie	Raumplanung und Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> - Systematische Optimierung bzgl. der Produktion, Distribution, Bereitstellung und Speicherung von erneuerbarer Energien - Forcierung von Energie-Hubs (Integration aller Komponenten)
	Forschung und Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> - Innovative Energiekonzepte (Sektorkopplung) - Wasserstoff für die Stahlproduktion - Carbon Capture and Use für Stahl und Zement - Intensive Weiterentwicklung der Stromspeicher
	Sozial-ökologische Steuerreform	<ul style="list-style-type: none"> - Streichung der Eigenstromsteuer - Befreiung erneuerbarer Energien von der Umsatzsteuer, bis Ausbauziele erreicht sind
	Vermarktung	<ul style="list-style-type: none"> - Schaffung von Märkten für Energiedienstleistungen - Eigenvermarktung von erneuerbarem Strom - Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften - Einführung von Marktprämien - Abbau der Wartelisten für Förderungen
	Investitionsförderung	<ul style="list-style-type: none"> - Festlegen von Ausbauzielen und Anpassung der Investitionsförderungen - Prüfung aller bestehender Fördermaßnahmen hinsichtlich einer Kopplung an die Nutzung erneuerbarer Energien / Eigenversorgungsgrad
	Bewusstseinsbildung	<ul style="list-style-type: none"> - Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Weiterbildung - Herkunftsnachweise / Kennzeichnung von Produkten

Bereich	Thema	Maßnahmenbeispiele (unvollständig)
Verkehr	Raumplanung	- Optimierung bezüglich aktiver Mobilität
	Fußgänger- und Radfahrverkehr	- Grundsätze der StVO sowie der Entwurfsrichtlinien im Sinne einer Förderung und Verbesserung der <i>Sicherheit</i> adaptieren - <i>Fördermittel</i> an Zielen für den Fußgänger- und Radverkehr orientieren
	Öffentlicher Verkehr	- <i>Subvention</i> (externe Kosten) - Ökologisch orientierte <i>Parkgebühren</i> - Ländliche Gebiete: (lokale) <i>Mikro-ÖV-Systeme</i> (Sammeltaxis) - Stärkung der <i>Bahn</i>
	Automatisierung und Digitalisierung	- Benötigen <i>Begleitmaßnahmen</i> , um Klima- und Energieziele zu unterstützen (z. B. verpflichtender nichtfossiler Antrieb automatisierter Fahrzeuge) - Unterstützung für <i>flächendeckende Straßenmaut</i>
	Motorisierter Individualverkehr	- Fahrzeugorientierte <i>technologische Maßnahmen</i> - Verbote: emissionsfreie Zonen, Zufahrtsbeschränkungen und mengenmäßige Kontingentierung für umweltkritische Zonen - Straßenausbau und Kapazitätsausweitungen nur unter Berücksichtigung und Kompensation der THG-Emissionen - Einführung eines Konzeptes für zulässige Geschwindigkeiten auf allen Klassen des Straßennetzes von <i>100/80/50/30</i>
	Güterverkehr	- Fahrzeugorientierte <i>technologische Maßnahmen</i> - <i>Finanzielle Förderungsmechanismen</i> für Masterpläne - Verbesserung der Bahn-Infrastruktur - <i>Klimafreundliches Logistikmanagement</i> fördern - <i>Zurechnung</i> der THG-Emissionen für den <i>Schiffs- und Luftverkehr</i> - Förderung <i>regionalwirtschaftlicher Initiativen</i> zur Reduktion des Güterverkehrs
	Flugverkehr	- Faire <i>Besteuerung</i> (siehe sozial-ökologische Steuerreform) - <i>Virtuelle Meetings</i> - Komfortable Bahnerreichbarkeit sicherstellen
Gebäude	Lebenszyklus-Perspektive / Ökobilanzierung	- Berücksichtigung von Planung, Errichtung, Betrieb, Sanierung, Abriss und Entsorgung - Verstärkter Einsatz von Recycling und regional hergestellten Baustoffen - Detaillierte Rückbauanleitung beim Neubau vorschreiben - Ökobilanzierung nur mit umfassenden Systemgrenzen von den Vorketten über die Produktion bis zum Verkauf
	Konkretisierung von Energieraumplanung	- Verdichtung <ul style="list-style-type: none"> o Verpflichtender Nachweis der Ausschöpfung von Nachverdichtungspotenzialen für Widmungsänderungen o Revitalisierung von Zentren und Ortskernen o Brachflächenrecycling o Nutzfläche pro Person verringern o Regionale und lokale Wirtschaft stärken (Reduktion von Transporten und Bodenversiegelung) - Bodenqualität nach CO ₂ -Speicherkapazität kategorisieren und in Bebauungspläne integrieren - Kaskadische Nutzung von Fernwärme - Mehrgeschossige Wohnbauten
	Sanierungsförderung	- Hohe und langfristige Bereitstellung von Sanierungsförderungen notwendig, um hohe Sanierungsraten zu erreichen
	Heizsysteme	- Ausstieg Öl- und Gasheizungen, Integration von Kühl- und Wärmetechnologien im Bau selbst (z. B. Bauteilaktivierung) und gebäudeübergreifende Energielösungen
	Bewusstseinsbildung und Information	- Bauprodukte-Datenbank und Potenzialkataster, Heizsystem-„Pickerl“, Indikatorendefinition, Gebäudebestandserfassung - Werte ändern, Praxis ändern, Kommunikation
	Rechtliches	- Bestehende Gesetze anpassen, neues Effort-Sharing-Bundesgesetz, bundesweite Fördersystem-Harmonisierung
	Raumplanung	- Reduktion der Flächenverbauung

Bereich	Thema	Maßnahmenbeispiele (unvollständig)
Land- und Forstwirtschaft und Landnutzung	Förderung von Agrarumweltmaßnahmen mit THG-Reduktionspotenzial	<ul style="list-style-type: none"> - Verstärkte Förderung des Biolandbaus - Verstärkte Förderung des Verzichts auf Mineräldüngereinsatz (insbes. N-Dünger) - Deutliche Reduktion des Tierbestandes (im Mastbereich) - Präzisionslandwirtschaft im Hinblick auf deutliche Verbesserungen von ökologischen Leistungen bes. der konventionellen Landwirtschaft - Verstärkte Förderung von ein- und mehrjährigen Leguminosen (N-Bindung, Humusaufbau) - Maßnahmen zum Humusaufbau in Land- und Forstwirtschaft - Forstwirtschaft mit intensivierter Carbon Storage - Umstellungen in der Fütterung (z. B. starke Reduktion von Kraftfutter) - Umstellung von Gülle auf Festmistsysteme; Abdeckung von Güllebehältern - Inhibitoren für Lachgasemissionen
	Ernährungsumstellung	<ul style="list-style-type: none"> - Besteuerung tierischer Produkte - Informationskampagnen (u. a. auch mithilfe von Schlüsselpersonen) und Bildungsmaßnahmen (u. a. in Kindergärten, Schulen, Universitäten, Volkshochschulen, Naturcamps etc.), Massenmedien, Unternehmen/Werbung, Gastronomie - Geänderte Kennzeichnungspflicht für Lebensmittel (Kennzeichnung für ungesunde und klimaschädliche Produkte) - Werbeverbot für klimaschädliche Produkte - Vorbildwirkung in öffentlichen Einrichtungen - Stopp von Niedrigpreisangeboten auf Fleisch und tierische Produkte im Lebensmitteleinzelhandel - Weitere Förderungen von vegetarischen (Bio-)Menüs in Großküchen, insbes. der öffentlichen Hand - Innovationspreise für vegetarische Menüs und Gerichte - Innovationen zur Fleischreduktion in der Gastronomie fördern - Bewusstseinsbildung zur Reduktion von Lebensmittelabfall - Verstärkte Maßnahmen zur Verringerung von Lebensmittelabfall über Sozialmärkte, Foodsharing-Initiativen, Zurückdrängen von Billigangeboten in Großpackungen etc.
	Forstwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung von Dauerwaldstrukturen - Diversifizierung von Wäldern - Erhöhung der Durchforstung von Wäldern - Schutz von Auenwäldern - Schutz von Waldrandflächen
	Bioökonomie	<ul style="list-style-type: none"> - Ersatz von fossilen Rohstoffen durch ökologisch und gerecht produzierte sowie möglichst regional produzierte biogene Rohstoffe in der Herstellung von Chemikalien, Materialien und Konsumprodukten - Vermeidung von Land Grabbing durch Nutzung biogener Rohstoffe insbes. im Globalen Süden - Erhöhung der Rücklaufquoten für biogene Abfälle und verstärkte materielle Nutzung dieser Abfälle z. B. Erzeugung neuer höherwertiger Produkte (Kaskadennutzung in möglichst stark ausgeprägtem regionalen Maßstab) - Förderung von regionalen nachhaltigen Prozessen / Dezentralisierung in der Bioökonomie - Förderung regionaler Biomasseerzeugung und -verarbeitung unter Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte - Verstärkter Einsatz von biogenen Rohstoffen für dauerhafte Produkte (langfristige Bindung von CO₂) - Berücksichtigung möglicher negativer sozialer Auswirkungen und der Ergebnisse der Technikfolgenabschätzung

Bereich	Thema	Maßnahmenbeispiele (unvollständig)
Abfallwirtschaft	Abfallvermeidung, Re-Use und Erhöhung der Erfassung von Altstoffen	<ul style="list-style-type: none"> - Förderung der Wiederverwendung (Erhöhung der Lebensdauer von Produkten) und verstärkte Einführung von Mehrwegsystemen - Erhöhung der getrennten Sammlung von Altstoffen für anschließende Verwertungsprozesse - „Design for Re-Use“ - Konsequente Umsetzung der Circular Economy u. a. auch durch wirtschaftliche und politische Anreiz- und Lenkungsprogramme - Reduktion von Lebensmittelabfällen im Haushalt (Restmüll und in der Biotonne) sowie entlang der gesamten Wertschöpfungskette insbesondere im Handel und in der Verarbeitung
	Erhöhung der stofflichen Verwertung	<ul style="list-style-type: none"> - Optimierte Erfassung recyclingfähiger Abfallströme - „Design for Recycling“
	Urban Mining und Landfill Mining	<ul style="list-style-type: none"> - Rückgewinnung und Recycling von Materialien - Weiternutzung bestehender Bauteile - Abfälle weisen ein Ressourcenpotenzial auf, vor allem hinsichtlich der Metalle Kupfer, Eisen und Aluminium sowie der heizwertreichen Abfälle
	Verbesserung der Behandlung auf Prozessebene	<ul style="list-style-type: none"> - Kompostierung leistet einen positiven Beitrag zum Klimaschutz - Reduktion gasförmiger Prozessverluste bei Biogasanlagen - Verbot der Ablagerung von unbehandelten Siedlungsabfällen - Optimierte Deponienachsorge unter Berücksichtigung langfristiger Emissionen (Belüftung und Stabilisierung durch aktive Maßnahmen) - Abfallverbrennung mit Energienutzung führt zu einem geringeren Einsatz fossiler Brennstoffe
Bildung und Forschung		<ul style="list-style-type: none"> - Grundlegende Neuausrichtung der Bildung in Schulen und Universitäten in Richtung motivationsorientiertes, individuell-förderndes, kreativitätsförderndes Lernen - Verstärkung interdisziplinärer sowie praxisorientierter und problemzentrierter Bildung in Schulen und Universitäten und starke Reduktion des etablierten Fächerkanons bzw. der Stoffumfänge insbes. in Schulen - Zentrale Berücksichtigung lebensweltlicher Fragen und Probleme im Unterricht in Schulen auf Kosten des lexikalischen und detailtheoretischen Wissens - Priorisierung interdisziplinärer und transdisziplinärer Forschung insbesondere in Richtung transformative Nachhaltigkeits- und Klimaforschung - Etablierung neuer zusätzlicher Evaluierungs- und Leistungskriterien in der Forschung, die den „Nachhaltigkeitsimpact“ der Forschungsergebnisse bewerten und berücksichtigen

5.1 Sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen

Wie einleitend erwähnt benötigt Klimaschutz eine umfassende, systemische und sektorübergreifende Herangehensweise. Daher werden sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen, die diesem Grundsatz gerecht werden, zuerst thematisiert, bevor Vorschläge

für sektorspezifische Maßnahmen gemacht werden. **Tabelle 4** gibt eine erste Übersicht über sowohl bestehende (grau markierte) und geplante (blau markierte) Maßnahmen nach dem Entwurf-NEKP, als auch ergänzende, darüber hinausgehende (grün markierte) Maßnahmen, die bis jetzt noch nicht im Entwurf-NEKP berücksichtigt worden sind, von wissenschaftlicher Seite aber als sinnvoll erachtet werden.

Tab. 4: Übersicht von sektorübergreifenden Rahmenmaßnahmen.

Kategorie	Maßnahme	Art	Förderung	Steuereinnahmen	THG-Einsparung
			in Mio. EUR		kt CO ₂ eq
			Jährlich		
Förderschienen	Umweltförderung im Inland (UFI)	Bestehend	92 bzw. 73 ^a		356
	Klima- und Energiefonds (KLIEN); davon:	Bestehend	101		k. A.
	Klimaaktiv und klimaaktiv mobil	Bestehend	k. A. (UFI und KLIEN)		784
Steuerliche	Energiesteuern	Bestehend		5.528	k. A.
	Abschaffung umweltschädliche Subventionen	Geplant / Ergänzend		ca. 4.000 ^b	k. A.
	Sozial-ökologische Steuerreform; davon:	Ergänzend		ca. 4.000 ^c	ca. 2.500 ^c
	inkl. CO ₂ -Mindestpreis für ETS	Ergänzend		ca. 6.500 ^d	ca. 5.000 ^d
Ordnungsrechtlich	Raumplanungsverordnungen; davon:	Bestehend			k. A.
	Verankerung von Klima- und Energiezielen	Geplant			k. A.
	Energieeffizienzgesetz	Bestehend			k. A.
Projekte	Klima- und Energiemodellregionen	Bestehend	6,2 (KLIEN)		k. A.
	Smart Cities	Bestehend	5,5 (KLIEN)		k. A.
	e5-Programm	Bestehend	k. A. (KLIEN)		k. A.

^a Bezieht sich nur auf Förderungen mit Klimaschutzrelevanz.

^b Basierend auf Kletzan-Slamanig und Köppl (2016a) als auch BMNT (2019a).

^c Bei einem CO₂-Preis von 120 EUR/t CO₂ für Nicht-ETS-Sektoren (Kirchner u. a., 2019).

^d Bei einem CO₂-Preis von 120 EUR/t CO₂ für alle Sektoren (Kirchner u. a., 2019).

5.1.1 Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Im Entwurf-NEKP findet man zwar vereinzelt explizit Hinweise auf Rahmenaspekte (z. B. Energie-raumplanung, das EEffG, die Forschungsstrategie, Lehrpläne, Aus-/Weiterbildung sowie das klimaaktiv-Programm), aber keine umfassende Strategie oder Maßnahmenpakete. Es gibt jedoch einige bestehende Maßnahmen, die einem umfassenden Rahmenaspekt nahekommen, bzw. Förderprogramme, die solche Aspekte ermöglichen könnten.

Förderungspolitische Instrumente

Die zwei größten allgemeinen Förderschienen für Klimaschutz in Österreich sind die Umweltförderung im Inland (UFI) und der Klima- und Energiefonds (KLIEN). Für einige der durch UFI und KLIEN geförderten Maßnahmen bzw. Projekte gibt es Zuschüsse der EU über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER). Zudem gibt es spezifische Umwelt- und Klimaförderungen der Bundesländer, v. a. für die Bereiche Wohnen und Mobilität. Aus Platzgründen und wegen ihrer Wichtigkeit wird hier hauptsächlich auf die UFI und den KLIEN eingegangen. Das Programm der ländlichen Entwicklung (PLE) mit ihrer Umweltschiene Österreichisches Programm für eine umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) wird im Abschnitt 5.5 eingehend behandelt.

Umweltförderung im Inland (UFI)

Basierend auf dem Umweltförderungsgesetz (UFG) und der Förderungsrichtlinie 2015 ist die UFI das zentrale Förderungsinstrument für Umwelt- und Klimaschutz in Österreich. Laut einer Evaluierung im Jahr 2017 trug die UFI (inkl. Sanierungsoffensive) in den Jahren 2014–2016 zu einer Reduktion von 1 Mt CO₂-Emissionen pro Jahr bei (BMLFUW, 2017a). Klima-relevante Förderschwerpunkte in diesem Zeitraum waren: Erneuerbare Energieträger; Energieeffizienz; Mobilität; sonstige Klimaschutzmaßnahmen; Forschung und Demonstrationsanlagen sowie die Sanierungsoffensive. Die Förderungen für die getätigten Investitionen in diesen genannten Bereichen (ca. 2.720 Mio. EUR) betragen ca. 355 Mio. EUR (d. h. ca. 118 Mio. EUR pro Jahr) von Seiten des Bundes (BMLFUW, 2017a). Der größte Anteil an den CO₂-Emis-

sionseinsparungen in der Periode 2014–2016 ergab sich in Projekten für erneuerbare Energien (48 %), Energieeffizienz (30 %) und der Sanierungsoffensive (19 %). CO₂-Emissionseinsparungen sowie Förderungen gingen dabei im Vergleich zur Vorperiode 2011–2013 signifikant zurück und zwar um jeweils fast 30 % (BMLFUW, 2014). Im Jahr 2017 sanken die Fördervolumina aus Bundesmitteln für klimarelevante Projekte inkl. Sanierungsoffensive von 91 Mio. EUR im Jahr 2016 (BMLFUW, 2017b) auf 73 Mio. EUR (BMNT, 2018b). Damit sind sie nun weit entfernt von den jährlichen Fördervolumina zwischen 2011–2013 (ca. 165 Mio. EUR pro Jahr für klimarelevante Projekte inkl. Sanierungsoffensive). Im Entwurf-NEKP werden keine Angaben bzgl. den zukünftigen Fördervolumina der UFI gemacht.

Klima- und Energiefonds (KLIEN)

Die Grundlage des KLIEN bildet das Klima- und Energiefondsgesetz (KLIEN-FondsG), in dem die übergeordneten Ziele einer nachhaltigen Energieversorgung, der Reduktion von Treibhausgasemissionen und der Unterstützung der Umsetzung der Klima-strategie festgehalten sind. Anders als bei der UFI wird beim KLIEN meist auf den Pilotcharakter der Projekte und Maßnahmen Wert gelegt. Die Schwerpunkte des KLIEN liegen auf Forschung und Entwicklung (v. a. Energieforschung), Mobilität (öffentlicher Verkehr, E-Mobilität, Mobilitätsmanagementprojekte, Güterverkehr) sowie der Marktdurchdringung von klima-relevanten Energietechnologien. Das jährliche Budget ist seit Bestehen des KLIEN von ca. 300 Mio EUR auf ca. 100 Mio. EUR pro Jahr (KLIEN, 2018) gesunken.

Im Entwurf-NEKP ist geplant den KLIEN für die Finanzierung der in der #mission2030 genannten Energieforschungsinitiativen zu nutzen: „Energiesysteme der Zukunft“, „Programm Mission Innovation Austria“ und „Innovative Energiespeicher“ (BMNT und bmvit, 2018). Wie für die UFI wird nicht erwähnt, ob die Fördervolumina in Zukunft geändert werden.

Klimaaktiv & klimaaktiv mobil

Das Förderprogramm klimaaktiv unterstützt seit 2006 die Vermittlung klimarelevanter Projekte und Förderungen für die Schwerpunkte Bauen und Sanieren, Energiesparen, erneuerbare Energie und v. a. Mobilität (mit dem eigenen klimaaktiv mobil Förderprogramm, siehe Abschnitt 5.3). Die Maßnahmen umfassen Bewusstseinsbildung, Beratung, Weiterbildung,

Vernetzung und Standards zur Qualitätssicherung sowie auch, durch das klimaaktiv mobil Programm, explizite Förderungen für klimafreundliche Mobilität (mit EU-Kofinanzierung durch ELER). Klimaaktiv-Projekte werden sowohl durch die UFI als auch den KLIEN gefördert. Laut dem aktuellen Jahresbericht (BMNT, 2018c) wurden mit klimaaktiv geförderten Initiativen im Jahr 2018 fast 0,8 Mt CO₂-Emissionen eingespart.

Klimaaktiv wird im Entwurf-NEKP explizit als (horizontale / sektorübergreifende) Rahmenmaßnahme und Multilevel-Governance-Instrument erwähnt und ist als Hebel für die Förderung klimafreundlicher Mobilität geplant.

Steuerliche Instrumente

Energiesteuern

Bestehende Steuern auf Energie umfassen die Mineralölsteuer (MÖSt), Abgaben auf Erdgas, Kohle und Elektrizität (Mineralölsteuergesetz, Erdgasabgabengesetz, Kohleabgabengesetz, Energieabgabenvergütungsgesetz, Elektrizitätsabgabengesetz) sowie das Netznutzungsentgelt (Systemnutzungsentgelteverordnung). Erwähnenswert ist dabei die steuerliche Begünstigung von Diesel (ca. 11,4 EUR/GJ bzw. 146,6 EUR/t CO₂) gegenüber Benzin (ca. 15,2 EUR/GJ bzw. 194,9 EUR/t CO₂) und die sehr geringe Besteuerung von Erdgas (ca. 1,7 EUR/GJ bzw. 30,7 EUR/t CO₂) und Heizöl (ca. 3,1 EUR/GJ bzw. 40,3 EUR/t CO₂) laut Kettner-Marx und Kletzan-Slamanig (2018).

Im Entwurf-NEKP ist zurzeit keine Erhöhung bzw. Anpassung dieser Steuern und Abgaben geplant. Angekündigt ist die Abschaffung der „Eigenstromsteuer“ im Elektrizitätsabgabengesetz sowie die Zuordnung von Wasserstoff zum Erdgasabgabengesetz (geringere Abgaben im Gegensatz zum Mineralölsteuergesetz).

Angedeutet wird die mögliche Abschaffung umweltschädlicher Förderungen (dabei handelt es sich

meistens um Steuerbegünstigungen; siehe Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a) im Entwurf-NEKP. Eine Liste umweltschädlicher Förderungen wurde Anfang September 2019 auf der Webseite des BMNT veröffentlicht (BMNT, 2019a). Diese Liste kommt auf ein geringeres Fördervolumen – ca. 3,25 Mrd. EUR – als Kletzan-Slamanig und Köppl (2016a) mit 3,8 bis 4,7 Mrd. EUR. Da in der Liste des BMNT jedoch Werte für einige Kategorien umweltschädlicher Förderungen fehlen²⁴, zusätzliche hinzugekommen sind²⁵ und aktualisierte Werte für vergleichbare Kategorien meistens gleich oder über denen in Kletzan-Slamanig und Köppl (2016a) liegen²⁶, wird das Volumen umweltschädlicher Förderungen wohl weit über dieser ersten offiziellen Zahl liegen.

Spezifische Steuern bzgl. Mobilität (Normverbrauchsabgabe, motorbezogene Versicherungssteuer) werden im Abschnitt 5.3 („Verkehr“) behandelt.

Nicht-Energiesteuern

CO₂-Steuern oder andere Steuermaßnahmen werden im Entwurf-NEKP nicht explizit erwähnt.

Ordnungsrechtliche Instrumente

Raumplanung / Energieraumplanung

Grundlage für die Raumplanung sind die Raumplanungsgesetze der Länder, da Raumplanung in Österreich in die Zuständigkeit der Länder fällt.

Im Entwurf-NEKP werden das Konzept der Energieraumplanung und die Ortskernbelebung als schon erfolgreiche Maßnahmenumsetzungen genannt. Sie werden auch als wichtige Maßnahmen zur THG-Reduktion geführt. Vor allem in den Klima- und Energiemodellregionen (siehe weiter unten) wird der Aspekt der Energieraumplanung und Sektorkopplung schon jetzt verfolgt. Hier könn(t)en Energie- und Klimaaspekte aller wichtigen Sektoren (z. B. Energieerzeugung, Verkehr, Gebäude, Industrie, Land- und Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft)

24 Z. B. Teile der PendlerInnenförderung, die Stellplatzverpflichtung (hier dürfte einfach ein Wert nicht eingetragen worden sein, da WIFO als Quelle angegeben ist) und das Herstellerprivileg für die Produzenten von Kohle und Öl.

25 Z. B. Kilomergeld, das KWK-Gesetz, die Grundbesteuerung von Verkehrsflächen und die Förderung von Beschneiungsanlagen.

26 Z. B. die MÖST Begünstigung für Diesel (710 vs. 650 Mio. EUR), Kerosin (380 vs. 330 Mio. EUR), und Binnenschifffahrt (50 vs. 10 Mio. EUR). Einzig die Energieabgabenvergütung ist niedriger (400 vs. 450 Mio. EUR). In anderen Kategorien, wo die Werte niedriger sind, ist dies auf das Fehlen von Sub-Kategorien zurückzuführen.

gemeinsam berücksichtigt werden und eine optimale Funktionsdurchmischung von Wohnen, Arbeiten und Erholung hergestellt werden. Wichtig wäre bei der Raumplanung, sowohl Vermeidungs- als auch Anpassungselemente zu beachten. Gefordert wird also eine integrierte Betrachtung von Energieraumplanung (Vermeidung) und klimaresilienter Raumplanung (Anpassung).

Der Entwurf-NEKP definiert Raumplanung als horizontales Aktionsfeld (hier als sektorübergreifende Rahmenmaßnahme bezeichnet) und schlägt vor, die Klima- und Energieziele in den Raumordnungskonzepten zu verankern. Das beinhaltet Vorgaben bzgl. Eingrenzung des Bodenverbrauchs, Verhinderung der Versiegelung, bzw. Förderung einer kompakten Siedlungs- und Gewerbegebietsentwicklung. Geplant ist auch eine engere Verknüpfung mit den Wohnbauförderungen der Länder sowie den Stellplatzvorschriften. Eine weitere geplante Maßnahme ist die Ausweisung leitungsgebundener Infrastruktur (Fernwärme). Fokus wird v. a. auf eine ÖREK-Partnerschaft für Energieraumplanung gelegt. Handlungsfelder und Instrumente sind jedoch noch in Arbeit, es gibt daher keine konkreten Pläne für (Energie-)Raumplanung.

Energieeffizienzgesetz (EEffG) / Energieeffizienzmaßnahmen

Siehe Abschnitt 5.2.4 für mehr Information.

Maßnahmen, Projekte und Strategien

Folgende bestehende oder geplante Maßnahmen, Projekte oder Strategien, die als sektorübergreifende (horizontale) Rahmenmaßnahmen bezeichnet werden können, werden im Entwurf-NEKP erwähnt:

- **Klima- und Energie-Modellregionen (KEM)**
 - Die zurzeit 95 Klima- und Energie-Modellregionen (KEM) in Österreich sollen Vorbildregionen für einen hundertprozentigen Ausstieg aus fossiler Energie sein. Die in den KEM umgesetzten und geplanten Maßnahmen umfassen alle Bereiche eines systemischen Klimaschutzes: erneuerbare Energien; Reduktion des Energieverbrauchs; nachhaltiges Bauen; Mobilität; Landwirtschaft sowie Bewusstseinsbildung. Die Finanzierung erfolgt teils über den KLIEN, teils durch die Regionen selbst. Im Entwurf-NEKP gibt es keine Infos zur Ausweitung der Förderungen, um die Zahl der KEM zu erweitern

oder konkrete Maßnahmen in den bestehenden KEM zu subventionieren. Im Jahr 2017 betrug das Fördervolumen für KEM 6,2 Mio. EUR (KLIEN, 2018).

- **e5-Programm für energieeffiziente Gemeinden**
 - Seit 2004 aktiv, nehmen derzeit 228 Gemeinden am e5-Programm teil. Ziel dieses Programms ist es, in Gemeinden mithilfe eines Maßnahmenkatalogs für Energieeffizienz und erneuerbare Energien Klimaschutzpolitik erfolgreich umzusetzen. Das e5-Programm ist ein Teilprojekt von klimaaktiv. Auch hier leisten die Gemeinden einen wesentlichen Beitrag.
- **Smart Cities**
 - Der KLIEN bietet für Städte eine Smart-Cities-Initiative an, die Städte dabei unterstützen soll, eine gesamtheitliche Energietransformation zu etablieren. Seit 2010 wurden 106 Stadtprojekte gefördert. Das Fördervolumen betrug im Jahr 2017 ca. 5,5 Mio. EUR (KLIEN, 2018). Zusätzlich gibt es die Initiative „Stadt der Zukunft“ vom BMVIT, welche durch den FFG gefördert wird.
- **Maßnahmen zur Erreichung nationaler Emissionshöchstmengen (Luftschadstoffe)**
 - Dies ist in Erarbeitung, es wird im Entwurf-NEKP jedoch angedacht, hier Synergien zwischen Maßnahmen für Klimaschutz und Eindämmung von Luftschadstoffen zu nutzen.
- **Forschung und Entwicklung**
 - Energieforschungsinitiative 1 – Energiesysteme der Zukunft
 - ◆ Fokus auf Integration von Energieträgern und Infrastrukturen sowie Zusammenarbeit zwischen Branchen und Sektoren
 - Energieforschungsinitiative 2 – Programm Mission Innovation Austria
 - ◆ Transformation des Energiesystems
 - ◆ Erprobung von Technologien und Lösungen im Realbetrieb → Förderprogramm „Energie.Frei.Raum“
 - ◆ Plan, das Investitionsvolumen von 2015–2022 zu verdoppeln (für Österreich bedeutet dies einen Sprung von 16 Mio. EUR auf 32 Mio. EUR pro Jahr²⁷)

27 Vgl. online unter <http://mission-innovation.net/our-members/austria/>

- FTI-Schwerpunkt „Innovative Energiespeicher in und aus Österreich“
 - ◆ Schwerpunkte sowohl im stationären Bereich als auch mobile Anwendungen
 - ◆ geplantes Volumen in den nächsten Jahren ca. 40-50 Mio. EUR
- Zusammenarbeit am SET-Plan
 - ◆ Strategieplan für Energietechnologien → wesentliches Instrument der europäischen Energietechnikpolitik (betrifft v. a. Horizon 2020, JPI und ERA-NET)

5.2.1 Ergänzende Maßnahmen für den NEKP

Beim Großteil der (potenziellen) sektorübergreifenden Rahmenmaßnahmen, die im Entwurf-NEKP genannt werden, handelt es sich um schon Bestehendes. Weder ist eine Ausweitung der Fördervolumina geplant (UFI und KLIEN), noch soll es große Änderungen im Steuerwesen geben. Einzig das geplante Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz enthält substantielle Änderungen, jedoch soll auch hier zumindest die Ökostrompauschale nicht erhöht werden (was bei einer Ausweitung des Ökostroms jedoch zu absolut höheren Unterstützungszahlungen führen würde). Änderungen in der sektorübergreifenden Rahmenmaßnahme (Energie-)Raumplanung sind angedacht, aber noch in Planung. Selbiges gilt für die Wärmestrategie. Beide diese Themenfelder sind Ländersache.

Im Entwurf-NEKP wird, abgesehen von der Förderung von Klima- und Energie-Modellregionen, demnach noch immer ein sehr sektorspezifischer Zugang durch die UFI und auch den KLIEN gefördert. Es gibt demnach noch Spielraum für weitere mögliche sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen. Die folgenden potenziellen Optionen werden nun näher erläutert:

- Ökosoziale Steuerreform
- Konkrete Energieraumplanungsgesetze/-konzepte
- Digitalisierung

Sozial-ökologische Steuerreform²⁸

Die Einführung einer gut durchdachten sozial-ökologischen Steuerreform könnte eine sozial verträg-

liche sowie wirtschaftsfreundliche Maßnahme sein, um Treibhausgasemissionen in allen Sektoren kostengünstig und effektiv zu reduzieren. Im Zentrum dieser Reform steht meist die **Einführung eines generellen CO₂-Preises auf fossile Rohstoffe** gekoppelt mit einer Zweckwidmung der Steuereinnahmen für soziale Entlastungsmaßnahmen (z. B. Ökobonus), wirtschaftliche Entlastungsmaßnahmen (z. B. Reduktion der Arbeitskosten) sowie die Förderung von Klimaschutzmaßnahmen (z. B. Infrastruktur, Energieeffizienz, Technologien).

Von führenden ÖkonomInnen ist die Einführung eines CO₂-Preises schon lange empfohlen (Baranzini u. a., 2000; Edenhofer u. a., 2019; IPCC, 2014; Stern, 2008; Stiglitz u. a., 2017) und er wird in zunehmend vielen Ländern umgesetzt (z. B. Schweden, Finnland, Frankreich, British Columbia und Alberta in Kanada; siehe v. a. World Bank, 2018). Empirische Studien belegen, dass CO₂-Preise substantiell zur Reduktion von THG-Emissionen beitragen (Andersen, 2004; Lawley und Thivierge, 2016; Murray und Rivers, 2015; Tvinnereim und Mehling, 2018), ohne Wirtschaftswachstum oder Beschäftigung maßgeblich zu beeinflussen (Martin u. a., 2014; Murray und Rivers, 2015; Yamazaki, 2017).

Für das Jahr 2020 wird von Scientists for Future (S4F) ein Einstiegspreis in Sektoren, die nicht am Emissionshandel teilnehmen (bes. Verkehr und Gebäude), von *mindestens* 50 EUR/t CO₂ empfohlen, der bis 2030 auf *mind.* 130 EUR/t CO₂ ansteigen sollte (Mattauch u. a., 2019). Idealerweise dient der Nicht-ETS-Preis dabei als Mindestpreis für das ETS. Die mit vielen Unsicherheiten und ethischen Annahmen berechneten Kosten des Klimawandels (Pezzey, 2019) liegen aber meist über diesen Werten: So beziffert das deutsche Umweltbundesamt (2019a) die derzeitigen Kosten mit 180 EUR/t CO₂ (wenn zukünftige Schäden weniger wert sind) bzw. 640 EUR/t CO₂ (wenn zukünftige Schäden gleich viel wert sind wie aktuelle).

In letzter Zeit in den Mittelpunkt gerückt ist aber v. a. der soziale Aspekt eines CO₂-Preises. So war z. B. die geplante Erhöhung des CO₂-Preises auf Treibstoffe in Frankreich Auslöser der Gelbwesten-Protteste. Da diese Erhöhung sogar mit einer effektiven Reduktion von finanziellen Unterstützungsmaßnahmen ärmerer Haushalte einherging (Gagnebin u. a., 2019), obwohl es viele Möglichkeiten gegeben hätte diese zu erhöhen

28 Für eine Übersicht an möglichen steuerlichen Regelungen siehe Geretschläger und Kerschner (2016a).

(Berry, 2019), ist die geringe Akzeptanz dieser Maßnahme nicht verwunderlich.

Daher sollte man bei der Einführung eines CO₂-Preises viel Wert auf den sozialen Aspekt einer sozial-ökologischen Steuerreform legen. Das kann die Akzeptanz und Langlebigkeit der Reform stark erhöhen. Wie man dies erreichen kann, ist bekannt (siehe z. B. Klenert u. a., 2018) und wurde auch für Österreich schon untersucht (Goers und Schneider, 2019; Großmann u. a., 2019; Kirchner u. a., 2019). Basierend auf diesen Erkenntnissen sowie schon publizierten Vorschlägen der wissenschaftlichen Community (CCCA, 2018, 2019; Edenhofer u. a., 2018), sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- **Zweckwidmung der Steuereinnahmen für**
 - **Klimabonus** für jede/n StaatsbürgerIn (bes. Haushalte mit niedrigem Einkommen)
 - **Entlastung des Faktors Arbeit** für Unternehmen, die von der Steuer betroffen sind (z. B. Reduktion der Arbeitgeberbeiträge zur Sozialversicherung)
 - **Erhöhung der Fördervolumina für Klimaschutzmaßnahmen**; z. B. in der UFI und dem KLIEN (z. B. klimafreundliche [Verkehrs-]Infrastruktur, Energieeffizienzmaßnahmen, Technologien)
 - **Vollkommene Transparenz** bzgl. der Steuereinnahmen und Verwendungszwecke (proaktive Kommunikation)
- **Monitoring** der Wirksamkeit der Maßnahmen und evtl. Anpassung

Bei einer Einführung eines CO₂-Preises für die Nutzung fossiler Rohstoffe, die nicht im Emissionshandel erfasst sind, und die auf einem Niveau stattfindet, das dem Schwedischen entspricht (ca. 120 EUR/t CO₂), würden diese CO₂-Emissionen laut einer aktuellen Modellstudie im ersten Jahr um ca. 7 % sinken und zusätzliche Steuereinnahmen von ca. 4 Mrd. EUR pro Jahr entstehen (Kirchner u. a., 2019). Durch die Zweckwidmung dieser Steuereinnahmen für einen Klimabonus (ca. 500 EUR pro Person und

Jahr für die unteren drei Einkommensquintile) sowie die Reduktion der Arbeitgeberbeiträge (ca. -6 %) könnten negative Auswirkungen auf Unternehmen sowie für Haushalte mit niedrigem Einkommen erfolgreich verhindert werden (Kirchner u. a., 2019). Auch die meetPASS-Studie (Frank-Stocker, 2019; Großmann u. a., 2019) untersuchte die Auswirkungen einer aufkommensneutralen CO₂-Steuerreform mit Klimabonus für Haushalte und modellierte ähnliche Ergebnisse bzgl. THG-Einsparungsreduktion und Haushaltseinkommen, wenn auch mit niedrigeren CO₂-Preisen (von 27 EUR/t CO₂ im Jahr 2020 auf 53 EUR/t CO₂ im Jahr 2025). In der meetPASS-Studie wurden zudem noch zahlreiche weitere Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt²⁹, die u. a. aufzeigen, dass Haushalte nicht nur durch einen Ökonus, sondern auch durch neue Mobilitätsangebote und Gebäudesanierungen entlastet werden können. Weiters könnte auch die Nutzung der Steuereinnahmen für Förderungen in Klimaschutzmaßnahmen positive wirtschaftliche Auswirkungen mit sich ziehen (Goers und Schneider, 2019).

Zusätzlich zur Einführung eines CO₂-Preises sollte eine sozial-ökologische Steuerreform aber auch andere Steuern und Subventionen berücksichtigen:

- **Abbau von umweltschädlichen Subventionen und Steuererleichterungen**
 - Im Zeitraum von 2010–2013 betrug das Ausmaß an umweltschädlichen Subventionen und Steuererleichterung laut Kletzan-Slamanig und Köppl (2016a) um die 4 Mrd. EUR pro Jahr. Zu umweltschädlichen Subventionen und Steuererleichterungen zählen z. B.: Gratis Zuteilung der CO₂-Emissionsberechtigungen, Energieabgabenvergütung für energieintensive Industrie, Mineralölsteuervergünstigung für Diesel, Mineralölsteuerbefreiung für Kerosin, Pendlerpauschale, pauschale Dienstwagenbesteuerung, Neubauförderungen, Ordnungsrechtliche Maßnahmen (z. B. Stellplatzverpflichtung) u. v. m.
 - Hierunter fällt somit auch die Angleichung des Mineralölsteuersatzes auf Benzin und Diesel

²⁹ Diese Maßnahmen umfassen Investitionen in erneuerbare Energien, klimafreundliche Transportinfrastruktur (Ladestationen für E-Mobilität, Schienennetz, ÖV, Fuß- und Radwege), klimafreundliche Gebäude (Sanierung, Solar- und Umgebungswärme) sowie reduzierte ÖV-Tickets, Road Pricing, Ressourcensteuer (Erze und nichtmetallische Mineralien), Vorgaben (Emissionsnormen Neuwagen, Verbot und verpflichtender Austausch von Ölkesseln, EU-Energieeffizienzrichtlinie) und bewusstseinsbildende Maßnahmen (z. B. Lebensmittelvermeidung). Siehe **Tabelle 4** in Großmann et al. (2019).

- **Stärkere Spreizung der Normverbrauchsabgabe (NoVA)** beim Autokauf
- **Ausdehnung der Maut³⁰**
 - Lkw-Maut für niederrangiges Straßennetz
 - Nutzungsabhängige Pkw-Maut
- Einführung einer **CO₂eq-Steuer für Mineraldünger**
- Einführung des Instruments von **Entwicklungsrechten** (handelbare Flächennutzungsrechten) zur Hintanhaltung von Zersiedelung und Sicherung ressourcenschonender Flächenentwicklung (siehe Abschnitt 5.3.3)
- Einführung eines **CO₂-Mindestpreises für den Emissionshandel**
 - In Großbritannien konnte durch die Einführung eines CO₂-Mindestpreises (Hirst, 2018) der Anteil an Kohlestrom drastisch und kostengünstig reduziert werden (Wilson und Staffell, 2018). Dabei muss aber weiterhin versucht werden, den Wasserbetteffekt³¹ durch solche nationale Maßnahmen zu verhindern (Perino, 2018).

Zu guter Letzt sollte sich Österreich auch für einen EU-weiten Mindest-CO₂-Preis einsetzen, der sowohl für den Emissionshandel als auch für nicht vom Emissionshandel erfasste CO₂-Emissionen gilt.

Digitalisierung

Im Entwurf-NEKP wird Digitalisierung als wichtiger Treiber für die Dekarbonisierung des Energiesystems gesehen, v. a. als Mittel zur (i) Erschaffung eines dezentralen und intelligenten Energiesystems („smart grids/houses/cities“); (ii) Partizipation von privaten Haushalten am Energiemarkt; (iii) Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs. Derzeit werden einige Pilotprojekte zu digitalen erneuerbaren Energiesystemen gefördert, v. a. in KEM und der Smart

Cities Initiative. Im Entwurf-NEKP sind v. a. Forschungsinitiativen geplant, die den Fokus auf Digitalisierungsaspekte wie intelligente Systeme und Netze („Bausteine für die Energiesysteme der Zukunft“) als auch Umsetzung innovativer Energietechnologie („Vorzeigeregionen Energie“ des „Programm Mission Innovation Austria“) setzen. Drei Vorzeigeregionen zur Integration erneuerbarer Energien („Green Energy Lab“), Wasserstoff („WIVA P&G“) und energieintensiver Industrie („NEFI“) sind bereits schon in der Umsetzung.

Die Förderung technischer Innovation und deren Umsetzung in Pilotprojekten ist Voraussetzung für die Etablierung dieser neuen Technologien. Es fehlt bis jetzt aber eine intensivere Auseinandersetzung mit möglichen unerwünschten Nebeneffekten der Digitalisierung auf Klimaschutz und Nachhaltigkeit, Akzeptanz der Bevölkerung sowie Sicherheitsaspekte (Cyber Security).

Im Fokus einer klimazielfördernden Digitalisierungswende sollte, ganz im Sinne eines systemischen Zuganges, bei dem die Befriedung von Funktionalitäten, wie angenehme Raumwärme und Zugang zu Personen, Gütern und Arbeit, im Vordergrund stehen (Köppl u. a., 2016; Schleicher und Steininger, 2018), nun die Maximierung der Funktionalität (bzw. Anwendungen) je Rechenleistung (~Energiebedarf) stehen (Waldrop, 2016). Das ist eine Trendwende weg vom Moore'schen Gesetz, bei welchem es darum ging, die Rechenleistung je Computerchip zu maximieren (Moore, 1965). Digitalisierung sollte unbedingt auch als soziales System verstanden werden und nicht auf technisch-ökonomische Aspekte reduziert werden (Kostyk und Herkert, 2012).

Die Hoffnung, dass die Digitalisierung einen maßgeblichen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten kann, ergibt sich (i) aus den vielen „smarten“ Geräten, die nur mehr einen sehr oder extrem geringen Energiebedarf für spezifische Anwendungen benötigen; (ii) aus dem Beitrag der Digitalisierung und Automati-

30 Die meetPASS-Studie schätzt den CO₂-Einsparungseffekt einer Erhöhung der bestehenden Lkw-Maut um 0,143 EUR/km auf ca. 0,14 Mt CO₂ pro Jahr, sowie den CO₂-Einsparungseffekt einer Einführung einer Strecken-Pkw-Maut von 0,01 EUR im Jahr 2020 auf 0,1 EUR im Jahr 2029 auf ca. 0,33 Mt CO₂ pro Jahr (Großmann u. a., 2019). Beide Werte ergeben sich über einen Zeitraum von 2020 bis 2050 und unterliegen weiteren Szenarienannahmen.

31 Der Wasserbetteffekt beschreibt die unerwünschte Nebenwirkung unilateraler THG-Politiken auf das europäische ETS. Die THG-Einsparungen in Großbritannien durch den nationalen Mindestpreis reduzierten zwar die nationalen THG-Emissionen, führten aber zu geringeren Preisen im EU-ETS und damit geringeren Anreizen zur Einsparung in anderen Ländern (Flachsland u. a., 2018).

sierung zur Prozessoptimierung (Stichwort: Internet of Things, Industrie 4.0); (iii) aufgrund des Beitrages von digitaler Technologie für ein dezentrales erneuerbares Energiesystem (Stichwort: intelligente Netze / Häuser / Städte / Verkehrssystem; automatisiertes Fahren, Teleworking, Sharing-Plattformen, E-Commerce), sowie (iv) aus den Möglichkeiten der Präzisionslandwirtschaft, Ressourcen und damit auch THG-Emissionen (z. B. Lachgasemissionen) einzusparen. Es handelt sich somit, vergleichbar mit der Dampfmaschine und dem Elektrizitätsnetz, um eine Basistechnologie, die alle Sektoren erfassen wird.

Der derzeitige Stand der Wissenschaft gesteht Digitalisierung enormes Potenzial zu, um Klimaschutzmaßnahmen zu unterstützen (für eine Literaturübersicht siehe Kirchner, 2018; WBGU, 2019). Es gibt aber auch fast einhelligen Konsens darüber, dass Digitalisierung kein Selbstläufer und Heilsbringer ist. Nebeneffekte und Aspekte, die berücksichtigt werden müssen, sind u. a.:

- Die Energie- und Ressourcenaufwendung entlang des gesamten Lebenszyklus der IT-Infrastruktur (Horner u. a., 2016), besonders die ökologischen und sozialen Folgen des E-Waste (Baldé u. a., 2017; Tsydenova und Bengtsson, 2011) und Rohstoffabbau (Küblböck, 2015).
- Der z. T. starke Rebound-Effekt, da es durch die Effizienzgewinne zu erhöhter Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen kommt (Santarius, 2014; Sorrell, 2009).
- Umfangreiche gesellschaftliche und institutionelle Effekte (virtuelle Dienstleistungen beeinflussen z. B. Zeit- und Raumverfügbarkeit; Bedarf nach neuen Produkten).
- Psychologische Verhaltensaspekte von Nutzern digitaler Technologie, z. B. Smart-Meter (Schultz u. a., 2015).
- Standardisierung und Datenschutz für die IKT-Infrastruktur (Mo u. a., 2012), besonders um die Akzeptanz in der Bevölkerung herzustellen (Kollmann und Moser, 2016).

Es benötigt also begleitende Maßnahmen, um die Potenziale der Digitalisierung für Klimaschutz zu nutzen. Dazu zählen schon aufgelistete steuerliche Instrumente, wie die Einführung eines CO₂-Preises (siehe Abschnitt 4.1.1 zur sozial-ökologischen Steuerreform) oder evtl. auch eine Erhöhung von Ener-

giesteuern, um den Rebound-Effekt zu dämpfen. Zudem sollten geförderte Pilotprojekte gesamtheitlich betrachtet werden (z. B. Lebenszyklus-Betrachtung, E-Waste) und soziale Aspekte miteinbeziehen. Da Digitalisierung große Auswirkungen auf die Mobilität haben wird, finden sich spezifische Informationen dazu im Abschnitt 4.3.2 und 5.3.3.

Raumplanung

Ein mehrere Segmente der Treibhausgasbilanz (insbesondere Raumwärme/Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft) deutlich beeinflussendes Politikfeld ist die Raumplanung (Dumke, 2017; Raschauer, 2016a). Vor allem das langfristige Ziel eines netto-treibhausgasfreien Österreich zur Mitte des Jahrhunderts wird ohne klugen Einsatz der Raumplanung nicht realisierbar sein (bzw. nur zu andernfalls gesellschaftlich wohl nicht tragbaren extrem hohen Zusatzkosten). Stöglehner u. a. (2014, S. 11) sehen in der Raumplanung die Möglichkeit, „die räumlichen Voraussetzungen für die Energiewende und für den damit verbundenen Klimaschutz zu sichern bzw. zu schaffen“. Die Energieraumplanung im Speziellen befasst sich mit den räumlichen Aspekten von Energieverbrauch und -versorgung. Generell beruht die Raumplanung auf drei Kernideen: Funktionsmischung, maßvolle Dichte und Innenentwicklung. Bei der Funktionsmischung geht es darum, „dass Daseinsgrundfunktionen wie Wohnen, Arbeiten, Versorgen, sich Erholen, sich Bilden etc. in engem räumlichen Kontext organisiert sind“ (Stöglehner u. a., 2017, S. 9) und somit erforderliches Mobilitätsaufkommen zu reduzieren. Bei dem Prinzip der Dichte geht es darum, sowohl Mindest- (für ländliche Räume) als auch Höchstdichten (für Städte) festzulegen. Eine gewisse Dichte ist notwendig, um Energieversorgung effizienter zu gestalten, da der Transport von Energie von den Umwandlungsanlagen zu den Verbrauchsorten stets mit Verlusten einhergeht. Andererseits führt eine zu hohe Dichte zu reduzierter Lebensqualität, was sich wiederum auf „Fluchtbewegungen“ (z. B. durch den Wochenendausflug ins Grüne), und somit ein erhöhtes Mobilitätsaufkommen, auswirken kann (Stöglehner u. a., 2017, S. 25). Eine wichtige Ursache für diese beschriebenen Symptome liegt in der durch die Bauordnungen geförderte Verbindung sämtlicher räumlicher menschlicher Aktivitäten mit unmittelbar zugeordneten Abstellplätzen für Privatautos (Knoflacher, 2007a, 2012). Daher ist es wichtig, Dichtepaltung maßvoll einzusetzen. Innenentwicklung

schlussendlich bedeutet, dass Siedlungsränder gehalten werden sollen und anstatt die Zersiedlung weiter voranzutreiben, stattdessen Baulücken und Nachverdichtungspotenziale genutzt werden sollten. Hierbei muss das Problem von zentral gelegenen Grundstücken genannt werden, welche zu Spekulationszwecken von GrundbesitzerInnen gehalten werden und somit dem Wohnungsmarkt nicht zur Verfügung stehen. Mögliche Maßnahmen, welche die stärkere Innenentwicklung gegenüber der Außenentwicklung vorantreiben können, bestünden beispielsweise aus „finanziellen Anreizsystemen wie Wohnbauförderung, differenzierte Grundsteuer, einer progressiven Ausgestaltung der Bodenwertabgabe, Bodenbeschäftigungsgesetz und Enteignungsmöglichkeiten für bestimmte Nutzungen wie für den sozialen Wohnbau, das Nutzbarmachen leerstehender Strukturen, Bauordnung, Baurecht, Dorferneuerung und Gemeindeentwicklung sowie Bewusstseinsbildung“ (Stöglehner u. a., 2014, S. 26).

Aufgrund der langfristigen Wirksamkeit und der Lock-in-Effekte müssen die raumplanerischen Maßnahmen, die schon jetzt verfügbar sind, aber noch nicht ausreichend umgesetzt worden sind, notwendigerweise ab sofort einsetzen (Knoflacher, 1985). Da mit diesem Instrument primär die neuen und zukünftig geplanten Nutzungen beeinflusst werden, die bestehenden Strukturen aber mengenmäßig zunächst noch klar dominieren, ist die Klima-Wirkung kurzfristig noch kaum sichtbar, aber der konsequente Instrumenteneinsatz ab sofort unabdingbar für die langfristige Zielerreichung. Da in Österreich die Rate der Verbauung landwirtschaftlicher Flächen die höchste in Europa ist, wäre eine starke Einschränkung derartiger Umwidmungen ein möglicher, rasch wirksamer Ansatzpunkt für geänderte Raumplanung.

Siehe Abschnitt 4.1.3 („Klimaschutzorientierte Energieraumplanung“), sowie Abschnitte 4.3.1 und 5.2.1 („Sektorkopplung“), 5.2.2 („Erneuerbare Energien“), 5.2.3 („Industrie & Kreislaufwirtschaft“), 5.2.4 („Effizienz“), 5.3.3 („Verkehr“) und 5.4.2 („Gebäude“). Für eine Übersicht an Maßnahmen siehe auch Raschauer (2016).

5.2 Energie & Industrie

5.2.1 Sektorkopplung

Einleitung

Die Transformation des Energiesystems erfordert es, die Wirtschaft und deren Sektoren nicht getrennt, sondern als Elemente eines gemeinsamen Systems zu betrachten. Sektorkopplung bedeutet also die Bereitstellung von Elektrizität, Wärme und Kälte für die Sektoren Industrie, Gebäude und Mobilität als Ganzes zu denken und **Energie als Dienstleistung bzw. Funktionalität** zu betrachten, also z. B. Zugang zu Mobilität und angenehmer Raumtemperatur (Köppl u. a., 2016; Schleicher u. a., 2018). Es kommt also zu einer Verschmelzung des Sektors Energiebereitstellung (inkl. Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft) und den Sektoren Industrie und Gewerbe, Gebäude und Mobilität.

Zu den Lösungsansätzen, die diesem Paradigma folgen, gehören Energie-Hubs und smarte Energiesysteme. Das Konzept **Smart Grid** im engeren Sinne bezeichnet ein Stromnetz, das einen bidirektionalen Stromfluss ermöglicht, in dem also Konsumenten auch Produzenten sein können. Das Konzept **Smart Energy System** umfasst über das Elektrizitätsnetz hinaus auch die Bereitstellung von Wärme und Kälte sowie das nachfrageseitige Management in den Bereichen Industrie, Gebäude und Transport (Lund u. a., 2017). Diese systemische Sichtweise erlaubt es, Synergien zwischen den Sektoren zu nutzen und Kosten für Speicherung und Umwandlung von Energie zu minimieren. Das Ziel flexibler Strukturen ist also, abhängig von Nachfrage und Effizienz, überschüssigen Strom entweder umzuwandeln, zu speichern oder in das Verteil- und Übertragungsnetz einspeisen zu können.

Eine Umsetzung dieser Konzepte hat mehrere Potenziale. Sektorkopplung kann den **Ressourcenverbrauch senken**, indem zum Beispiel Abwärme und Nebenprodukte industrieller Prozesse sektorübergreifend genutzt werden. Weiterhin können smarte Energiesysteme dazu beitragen, die **Nachfrage zu flexibilisieren**, sodass die Integration dargebotsabhängiger EE erleichtert und die notwendige Speicherkapazität reduziert wird. Ermöglicht wird dies durch die voranschreitende Digitalisierung und Automatisierung. Der Aufbau dezentraler Strukturen, die die verschiedenen

Sektoren miteinander integrieren, hat **zudem positive Auswirkungen auf die Energiesicherheit**. Insgesamt kann daher eine Verbesserung der Sektorkopplung als notwendige Voraussetzung für die Energiewende angesehen werden.

Zunächst ist Sektorkopplung für die Produktion und Bereitstellung von Energie selbst relevant. Der Ort für die integrierte Erzeugung, Verteilung, Umwandlung, und Speicherung von Energie könnten **Energie-Hubs** sein. Diese bilden dezentrale Einheiten im Gesamtsystem, die genossenschaftlich organisiert werden können, und umfassen nach Möglichkeit die gesamte Wertschöpfungskette von Strom, Wärme und Kälte. Insbesondere Fernwärmenetze haben das Potenzial zu hohen Treibhausgaseinsparungen, indem sie effizient Niedertemperaturwärme bereitstellen, die über Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gehoben werden kann. Eine mögliche Schlüsseltechnologie ist Power-to-Gas, also in erster Linie die Umwandlung von Elektrizität in Wasserstoff durch Elektrolyse.

Ergänzende Maßnahmen

Laut Lund u. a. (2017, S. 6) ergeben sich Synergien unter anderem aus den folgenden Ansätzen:

- Überschüssige Wärme aus Industrie und Stromproduktion kann zur Gebäudeheizung über Fernwärmenetze genutzt werden. Ein Beispiel ist Abwärme aus Rechenzentren.
- Die gesteigerte Nutzung von Abwärme erlaubt es, Wärme- anstatt von Elektrizitätsspeichern zu verwenden, was sowohl günstiger als auch effizienter ist.
- Mit Strom aus erneuerbaren Quellen betriebene Wärmepumpen erlauben es, Niedertemperaturwärme zu nutzen, indem sie diese auf ein höheres Niveau heben. Sie können im Sommer zum Kühlen eingesetzt werden (Power-to-Heat).
- Die Umwandlung von Biomasse in Gas und Treibstoff benötigt Wasserdampf, der auch in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) erzeugt werden kann. Die dabei entstehende Abwärme kann in Abwärmenetzen eingesetzt werden.

- Die Produktion von Biogas benötigt Niedertemperaturwärme, die auch über das Fernwärmenetz bereitgestellt werden kann.
- Die Umwandlung von Elektrizität in Wasserstoff erlaubt es, Gas- statt Elektrizitätsspeicher zu nutzen, was günstiger und effizienter sein kann. Zudem ist bestehende Erdgasinfrastruktur prinzipiell für Wasserstoff geeignet (Power-to-Gas).
- Energieeinsparung bei der Raumheizung erlaubt die Nutzung von Niedertemperaturwärme aus Fernwärmenetzen.
- Elektrizität für Fahrzeuge erlaubt es, fossile Treibstoffe zu ersetzen (Power-to-Vehicle). Da viele Fahrzeuge nur einen Bruchteil eines Tages tatsächlich genutzt werden, könnten deren Batterien zwischendurch den Lastenausgleich im Stromnetz unterstützen (Vehicle-to-Grid).

Weitere Ansätze:

- Nutzung von Abfällen in Biomasse- oder Biogasanlagen (Klärschlamm, Bioabfall, Speisereste, Gülle, Mist), sowie die Nutzung von Klär-, Faul-, Deponiegasen.
- Gewinnung von Bioethanol aus Hüttengasen.
- Erzeugung von Grundstoffen für die chemische Industrie mit Strom aus erneuerbaren Quellen. Wasserstoff dient als Ausgangspunkt für die Herstellung von Synthesegasen, die bislang vor allem auf Erdöl- und Erdgasbasis hergestellt werden (Power-to-Chemicals).

Die für den Sektor Energie und Industrie relevanten Maßnahmen sind vor allem von einer umfassenden Umstrukturierung motiviert, die in diesem Sektor die Anbieter von Energie zu Partnern in der Bereitstellung von Energiedienstleistungen machen. Das vertiefte Verständnis der gesamten energetischen Wertschöpfungskette mit einem Fokus auf die mit Energiedienstleistungen verbundenen Funktionalitäten erfordert die Einrichtung von neuen Märkten und von neuen Geschäftsmodellen (z. B. Energiegemeinschaften). Einige Beispiele sollen das illustrieren.

Bei Gebäuden können Märkte für Energiedienstleistungen dadurch eingerichtet werden, dass die zu erbringenden thermischen, mechanischen und spezi-

fisch elektrischen Funktionalitäten einem Angebotswettbewerb ausgesetzt werden, anstatt lediglich Energie für Elektrizität oder Gas zu liefern. In Gebäude integrierte Komponenten für die Bereitstellung von solarer thermischer und elektrischer Energie können dadurch marktfähiger werden, dass derzeitige Beschränkungen bei der Leitungsführung an Nachbargrundstücke aufgehoben werden.

Grundsätzlich ist auf allen Skalen, von einzelnen Gebäudekomplexen bis zu städtischen und regionalen Energiestrukturen, das Konzept von Energie-Hubs zu propagieren. Dafür wird die möglichst umfassende Integration aller Komponenten für die Bereitstellung, Transformation, Speicherung, Verteilung und Verwendung von Energie angestrebt, wobei vier integrierte Netze die Infrastruktur bereitstellen. Das bisherige Netz für Elektrizität wird bidirektional. Ein neues Netz für Wärme und Kälte mit der möglichen Bezeichnung Anergienetz operiert auf einem niedrigen Temperaturniveau und dient auch der Rückspeisung von Abfallwärme etwa aus dem Abwasser oder aus Anlagen. Es ermöglicht mit Wärmepumpen höhere Temperaturniveaus und kann über Erdsonden und Erdspeicher zusätzliche Wärme und Kälte bereitstellen und speichern. Solche Strukturen sind bereits in vielen internationalen Beispielen sichtbar und wären sowohl bei bestehenden als auch bei neuen Gebäudestrukturen einzurichten. Einen Start dafür könnte beispielsweise ein auf Krankenhäuser und öffentliche Gebäude ausgerichtetes Innovationsprogramm geben.

Wieweit solche innovativen Strukturen öffentliche Förderungen brauchen, ist sorgfältig abzuwägen. Sehr oft stellt sich heraus, dass es eher Hemmnisse in bestehenden Regulierungen sind, wie Buchungsvorschriften, wie die Trennung der Kostenbereiche für Investitionen und Betrieb in öffentlichen Gebäuden, die solche innovativen Strukturen blockieren. Wichtig zu fördern sind auch entsprechende Anstrengungen in Forschung und Entwicklung (F und E), um dieses innovative Verständnis für die Gestaltung von Energiesystemen und die neue Positionierung der energieintensiven Industrie bekannt, wirksam verstanden und marktfähig zu machen. Herausragende Beispiele dafür sind etwa in der Schweiz zu finden, wo das Forschungsinstitut EMPA in Verbindung mit den Spitzenuniversitäten die angewandte Forschung im Bereich Energie und Industrie weltweit stimuliert³².

32 Siehe online unter: <https://www.empa.ch/web/empa/energy-hub/>

Österreichs F und E sollte in diesem Bereich enge internationale Kooperationen suchen.

Weitere Orientierungen sind aus den Anforderungen an zukunftsfähige Energiesysteme zu erhalten: Die zu erwartenden Funktionalitäten von Energiedienstleistungen sind mit hoher Effizienz bezüglich der Energiemengen und der Nutzung der durch Exergie beschriebenen Arbeitsfähigkeit zu erfüllen. Das bedeutet keine neuen flächendeckenden Netze für Gas zur Bereitstellung von Niedertemperaturwärme, die vermehrte Nutzung der bestehenden Gasnetze für hocheffiziente KWK-Anlagen auf immer kleineren Skalen und in Verbindung mit Wärmepumpen sowie die Öffnung der Netze-Gas für Wasserstoff und biogenes Gas.

Für bestehende Wärmenetze ist die Möglichkeit des Umbaus auf Anergienetze zu prüfen in Verbindung mit Wärmepumpen, Erdsonden und Erdspeichern. Erst unter Beachtung der Potenziale für Innovation und Integration sind für den verbleibenden Restenergiebedarf die Möglichkeiten für eine weitgehende Substitution durch erneuerbare Energien abzuschätzen und im richtigen Ausmaß umzusetzen. Bei Elektrizität sind neue Marktstrukturen hilfreich und für den Erfolg des Umbaus notwendig, die den Möglichkeiten für immer dezentralere und integrierte Strukturen entsprechen.

Da bei neuen Gebäuden grundsätzlich ein Niedrigstenergie-Standard aufgrund der EU-Richtlinien festgelegt ist, stellt sich für deren Energiesysteme nicht mehr die Entscheidung über die Installation eines aktiven Heizsystems auf der Basis von Heizöl oder Gas. Anzustreben ist aber eine thermische Gebäudeaktivierung, beispielsweise integriert in die Geschosßdecken, die künftig auch für den Kühlbedarf verwendet werden können und mit den Anergienetzen verbunden sein können. Über die Bundesimmobiliengesellschaft könnten diese innovativen Gebäudetechnologien sichtbar gemacht werden.

Österreich hat beste Voraussetzungen, um im Bereich der energieintensiven Industrien jene Strategien zu demonstrieren, die in der von der Europäischen Kommission vorgestellten Long-term Climate Strategy (EK, 2018) angesprochen werden. Grundsätzlich sind alle Maßnahmen zielführend, die es den betroffenen Unternehmungen ermöglichen, ihre bisherigen Produkte in die relevanten Wertschöpfungsketten für

Funktionalitäten, wie solche für Gebäude und Mobilität, besser einzubinden.

Entsprechend der angesprochenen Long-term Climate Strategy ist es weiters für den langfristigen Transformationserfolg zur Erreichung der Pariser Klimaziele entscheidend, auch ganz neue Möglichkeiten für die Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) auszuloten und über die kommenden Jahrzehnte zu etablieren. Auch dafür finden sich internationale Beispiele, die für Österreich anregend sein sollten, wie etwa die Demonstration einer ganzen Wohneinheit bei EMPA, die ausschließlich auf rezyklierten Materialien beruht.

Aufmerksam zu machen ist auch auf die Notwendigkeit von sogenannten negativen Treibhausgasemissionen, d. h. der langfristigen Speicherung und Bindung von Treibhausgasen. Die Möglichkeiten dafür betreffen neben der Land- und Forstwirtschaft auch die energieintensive Industrie. Zement kann beispielsweise über seine Lebensdauer einen Teil der prozessbedingten Emissionen wieder binden. Direkte CO₂-Emissionen, die bei der Produktion von Stahl und Zement anfallen, können gespeichert und wiederverwendet werden (Carbon Capture and Use, Kreislaufführung des Kohlenstoffs). Die diesbezüglichen Forschungen, die von der Entwicklung von neuen Werkstoffen bis zu synthetischen Energieträgern reichen, können ebenfalls ein entscheidender integrierter Bestandteil von Transformationsstrategien für die Industrie werden.

5.2.2 Erneuerbare Energien

Einleitung und Vision

Die vollständige Reduktion von THG-Emissionen im Energiesektor bis 2050 im Sinne der vollständigen Deckung des Endenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien (EE) erfordert sowohl einen **raschen Ausbau** der EE als auch eine **konsequente Nachfragereduktion** um etwa 40 % (Umweltbundesamt, 2016). Der Entwurf-NEKP sieht einen Anteil von EE von 45–50 % am Bruttoendenergieverbrauch und 100 % bei der Stromproduktion sowie eine Reduktion der Primärenergieintensität um 25 % bis 2030 vor. Das bedeutet laut Entwurf-NEKP eine Reduktion des energetischen Endenergieverbrauches auf 986 PJ bis 1057 PJ. Technologische Effizienzsteigerungen sind für diese Ziele alleine nicht ausreichend. Ansätze auf der Nachfrageseite wie bewusstseinsbildende Maßnahmen

werden als unabdingbares Komplement angesehen und angesichts der wahrscheinlichen Rebound-Effekte darf man sich nicht auf ungewisse Effizienzsteigerungen verlassen (siehe Abschnitte 5.2 und 5.1.2). Für die rechtlichen Anforderungen siehe Christian u. a. (2016) sowie Umweltbundesamt (2016). Technologische Effizienzsteigerungen sind dafür nicht ausreichend; Ansätze auf der Nachfrageseite wie bewusstseinsbildende Maßnahmen werden als unabdingbares Komplement angesehen (siehe Abschnitt 5.2.4 Effizienz). Um eine Senkung auf 912 PJ bis 2030 und 637 PJ bis 2050 wie vom UBA-Szenario „Erneuerbare Energie“ vorgesehen zu erreichen, darf sich angesichts der wahrscheinlichen Rebound-Effekte nicht auf ungewisse Effizienzsteigerungen verlassen werden.

Die **Transformation des Energieversorgungssystems hin zu dezentralen Strukturen** stellt neue technische wie ökonomische Anforderungen. Die richtigen Rahmenbedingungen sind dabei wichtig, um die technische Systemintegration zu ermöglichen, insbesondere im Hinblick auf den kurzfristigen Ausgleich von Angebot und Nachfrage auf dem Strommarkt. Ökonomische wie raumplanerische Maßnahmen sollten systematisch umgesetzt werden, um Transportwege und Speicherkapazitäten und die damit verbundenen Energieverluste und Kosten zu minimieren. Die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung („Industrie 4.0“) bietet zudem Möglichkeiten des nachfrageseitigen Lastenmanagements, da kurzfristiger als bisher auf die Verfügbarkeit dargebotsabhängiger EE reagiert werden kann. Gleichzeitig muss es zu einem graduellen Ausstieg aus fossiler Mindestenergie kommen, um den Absatz bestehender EE am Strommarkt zu ermöglichen.

Der folgende Abschnitt diskutiert, welche institutionellen Rahmenbedingungen auf dem österreichischen Markt der Zielerreichung förderlich sind. Eine zentrale Reform im EAG ist der Umstieg von einer festen Einspeisevergütung auf ein Marktprämienmodell und die damit verbundene Förderung der Direktvermarktung. Anschließend werden bestehende und zusätzliche technologie-spezifische Maßnahmen beschrieben. Die **Definition klarer Mengenziele**, aufgeschlüsselt nach Energieträgern für 2030 und entsprechender Zielerreichungspfade, muss die Grundlage für eine effiziente und regelgebundene Förderung sein. Solche Ziele fehlen bislang.

Biermayr u. a. (2019, S. 18) kommen zu dem Schluss, dass „ein beständiges, dynamisches Wachstum im Bereich der Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie, das für einen Systemwechsel von fossiler zu erneuerbarer Energien erforderlich wäre, zurzeit nicht beobachtet werden kann“. Als hemmende Faktoren werden u. a. die

niedrigen Preise für fossile Primärenergie, geringe Sanierungsraten und „verhaltene Signale aus dem Bereich der energiepolitischen Instrumente“ genannt. Auch kommt es zu einem Wettbewerb innerhalb der EE, insbesondere zwischen Photovoltaik und Solarthermie sowie zwischen Biomasse- und Wärmepumpenheizungssystemen (Biermayr u. a., 2019, S. 25).

Das UBA-Szenario „Erneuerbare Energie“ (Umweltbundesamt, 2016) erreicht eine weitestgehende Dekarbonisierung des Energiesektors (91 % EE im Endenergieverbrauch 2050). Hier reduzieren sich die **Treibhausgasemissionen des Energiesektors** 2005–2030 von 16,4 auf 5,5 Mt CO₂eq und bis 2050 auf 1,3 Mt CO₂eq. In einer Modellstudie reduzieren sich die Emissionen des Energiesektors auf 2,1 Mt CO₂eq (Haas u. a., 2017). **Abbildung 4** zeigt die **Entwicklung der Stromerzeugung** bis 2030 und 2050 des UBA-Szenarios. Hier muss in erster Linie der Ausbau von Photovoltaik- und Windkraftkapazität um ein Vielfaches gesteigert werden. Für Biomasse besteht Potenzial, sofern Ressourcen aus nachhaltigen, regionaler Produktion kommen, wenn etwa Brach- und Grenzertragsflächen für den Anbau genutzt werden (Beringer u. a., 2011; Richards u. a., 2017). Wasserkraft hat ihr Potenzial hingegen schon weitestgehend erreicht. Weiterhin sind Investitionen in Energienetze und kurz- und mittelfristige Speicher notwendig. Insbesondere ist ein Ausbau von Fernwärmenetzen notwendig und die systematische Nutzung von Abwärme. **Abbildung 5** zeigt die **Entwicklung der Fernwärmeerzeugung** bis 2030 und 2050. Die Erzeugung sollte sich von fossiler Primärenergie (Öl, Erdgas, Kohle) hin zu einer verstärkten Nutzung von Solar- und Geothermie sowie Biomasse und Abfall entwickeln. Schließlich wird betont, dass die **Energiewende als europäisches Projekt** gesehen werden sollte, was Reformen des Emission Trading Scheme (ETS) und der Regulierung des Binnenmarktes erfordert.

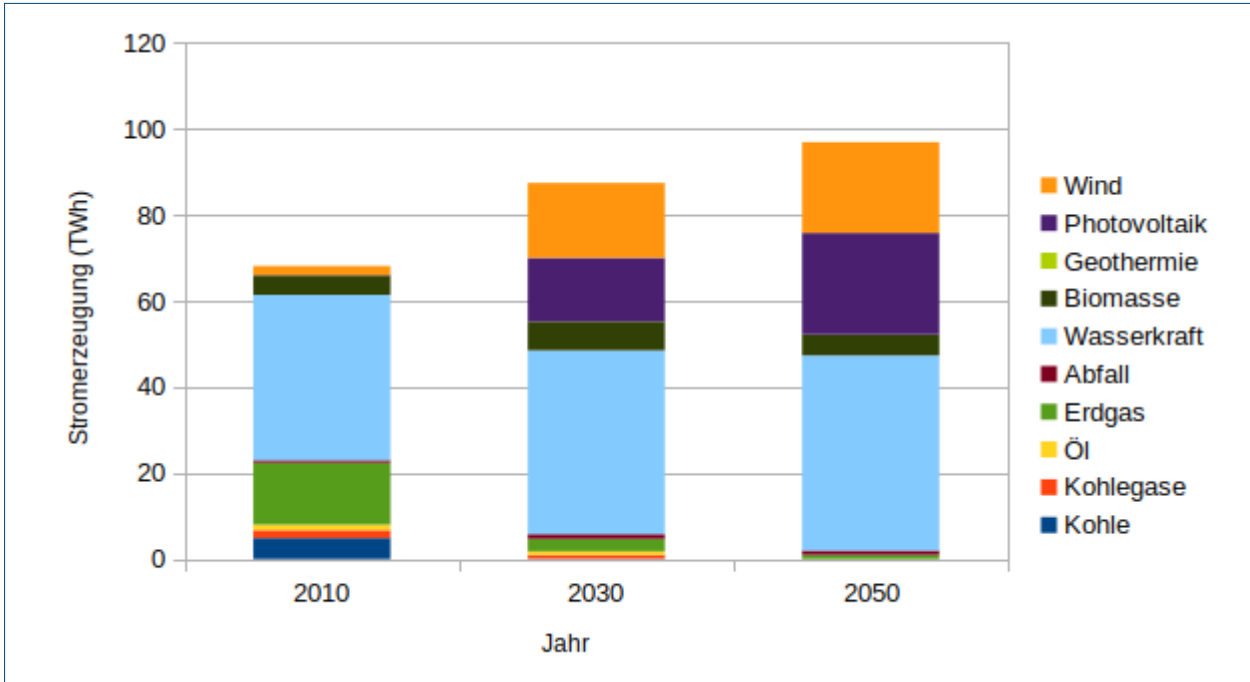


Abb. 4: Entwicklung der Stromerzeugung im UBA-Szenario „Erneuerbare Energie“ (Umweltbundesamt, 2016). Anmerkung: Haas u. a. (2017) revidieren die Zielmenge für Wasserkraft 2030 auf Basis eines Konsultationsprozesses um 2,9 TWh nach oben und für PV um den entsprechenden Betrag nach unten.

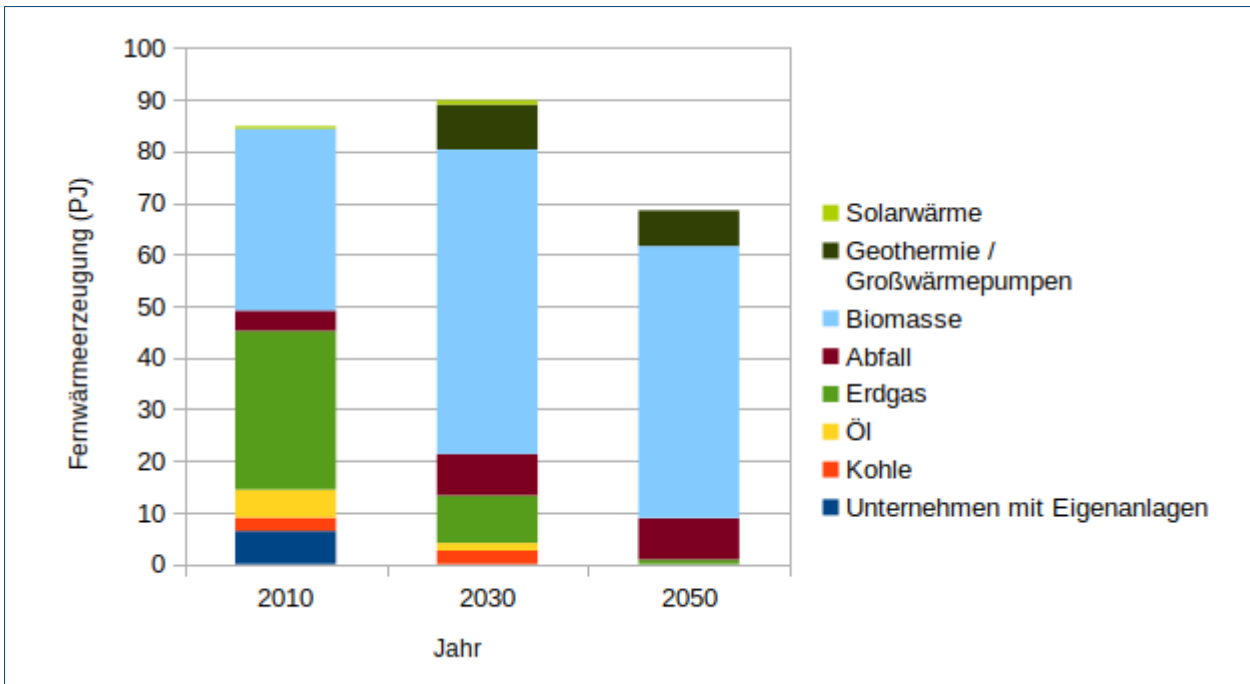


Abb. 5: Entwicklung der Fernwärmeerzeugung im UBA-Szenario „Erneuerbare Energie“ (Umweltbundesamt, 2016).

Ökostromförderungen

Basis für Ökostromförderungen ist das Ökostromgesetz (ÖSG 2012). Es dient der Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern mit Hilfe von Fördermitteln und Einspeisetarifen.

Im Entwurf-NEKP wird im Detail auf die geplanten Änderungen im ÖSG eingegangen. Ab 2020 sollte auf Basis des ÖSG das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz in Kraft treten. Der derzeitige Fahrplan ist ungewiss. Geplante Änderungen im Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz umfassten u. a.: Einführung von Marktprämien (statt fixe Einspeisetarife); Direkt- und Eigenvermarktung von erneuerbarem Strom; Ermöglichung von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften; Erstellung eines integrierten Netzinfrastrukturplans; Begünstigung der Einspeisung von Biogas und Biomethan (Quotensystem); Anrechnung Förderzins für Investitionen in „Power-to-Gas“ oder Lagerung von Wasserstoff; 100.000-Dächer-PV und Kleinspeicher-Programm; Wegfall der Eigenstromsteuer; Garantie kontinuierlicher Förderung von hocheffizienten Biomasseanlagen (+ eigene Ausschreibung für Marktprämienvergabe); Marktprämie für Modernisierung von Windkraftanlagen; Abbau der Wartelisten für Förderungen; Herkunftsnachweise für Wärme und Kälte; Erleichterungen im Starkstromwegerecht. Zudem ist im Entwurf-NEKP geplant, dass Ökostrompauschale und -förderbeitrag nicht erhöht werden sollen. Das Unterstützungsvolumen des Ökostroms ist, aufgrund des Ausbaus erneuerbarer Energien, von 139 Mio. EUR im Jahr 2003 (meist stetig) auf 860 Mio. EUR im Jahr 2017 angestiegen, im Jahr 2018 jedoch auf 771 Mio. EUR gefallen (E-Control, 2018).

Rahmenmaßnahmen für erneuerbare Energie

Die Analyse der folgenden Maßnahmen (siehe [Tabelle 5](#) für einen ersten Überblick) erfolgt in Hinblick auf **System- und Marktintegration**. Systemintegration bezieht sich auf den Grad, zu dem alle Akteure am Markt zu der Anpassung der kurzfristig produzierten Strommenge an die Nachfrage bzw. das Angebot beitragen; Marktintegration meint die grundsätzliche Ausrichtung von Produktions- und Investitionsentscheidungen an Knappheitssignalen (Gawel und Purkus, 2013, S. 56). Eine Steigerung der Direktvermarktung ist dabei lediglich ein instrumentelles Ziel, das eine notwendige Voraussetzung für spätere Markt-

integration darstellt. Die Marktintegration von EE gilt als eine der größten Herausforderungen für eine nachhaltige Energieversorgung. Es sind allerdings grundsätzlich verschiedene „Zentralisierungsgrade“ des Energiesystems vorstellbar, von einer Dezentralisierung mit vollständiger Direktvermarktung bis hin zu einem Staatsmonopol (Winkler und Altmann, 2012). Marktdesigns können sich u. a. in Bezug auf Kostenstruktur, Flexibilität, Vorhersehbarkeit und Eigentumsverhältnisse unterscheiden.

Die Effektivität einer Maßnahme bemisst sich an dem Potenzial einer Maßnahme, den angestrebten Ausbau an EE, Markt- und Systemintegration prinzipiell zu ermöglichen. Effizienzkriterien betreffen Erzeugungs-, Netzregel- sowie Verwaltungskosten. Aufgrund der Dringlichkeit der Energiewende sollte das Effektivitätskriterium jedoch vorrangig in Betracht gezogen werden.

Tab. 5: Übersicht von Maßnahmen für den Bereich „Erneuerbare Energien“.

Kategorie	Maßnahme	Art	Quelle
Vermarktung	Eigenvermarktung von erneuerbarem Strom	Geplant	NEKP
Vermarktung	Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften	Geplant	NEKP
Vermarktung	Einführung von Marktprämien	Geplant	NEKP
Investitionsförderung	Abbau der Wartelisten für Förderungen	Geplant	NEKP
Steuerliche Anreize	Streichung der Eigenstromsteuer	Geplant	NEKP
Investitionsförderung	Festlegen von Ausbauzielen und Anpassung der Investitionsförderungen	Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
Bewusstseinsbildung	Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Weiterbildung	Bestehend / Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
Investitionsförderung	Prüfung aller bestehender Fördermaßnahmen hinsichtlich einer Kopplung an die Nutzung erneuerbarer Energien / Eigenversorgungsgrad	Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
Raumplanung	Systematische Optimierung der Raumplanung bzgl. der Produktion von EE	Ergänzend	Stöglehner u. a. (2017)
Steuerliche Anreize	Befreiung EE von der Umsatzsteuer bis Ausbauziele erreicht sind	Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
Bewusstseinsbildung	Herkunftsnachweise / Kennzeichnung von Produkten	Geplant / Ergänzend	Fechner u. a. (2016)

Raumplanung

Im Zuge der Dekarbonisierung des Energiesektors gewinnt Raumplanung an Bedeutung, da Interessenkonflikte zwischen Siedlung, Landwirtschaft und Naturschutz in Bezug auf Flächennutzung tendenziell zunehmen. Dies liegt darin begründet, dass fossile Brennstoffe nur einen geringen Flächenanspruch im Inland haben. Die Raumplanung sollte daher auf Bundes-, Landes- und Gemeindeebene systemisch optimiert werden.

Es bestehen vier Potenziale, um die Produktion von EE zu fördern (Stöglehner u. a., 2017). Erstens tragen passende Bebauungskonzepte zu einer besseren gebäudeintegrierten Energieerzeugung bei, etwa um **PV- und Solarthermiefpotenziale voll ausschöpfen** zu können. Zweitens ermöglicht **sinnvolle Funktionsmischung** die Nutzung von Abwärme und Nebenprodukten industrieller Prozesse in Fernwärmenetzen. Drittens ermöglicht systematische Raumplanung eine **Abschätzung der lokalen und regionalen Energiepotenziale**, sodass ein passender Energiemix festgelegt werden kann, der als Richtlinie für Förderinstrumente dienen kann. Dieser Prozess sollte **transparent, regelgebunden, und partizipativ** gestaltet werden, insbesondere bei Technologien mit Konfliktpotenzial, wie Windkraft. Eine Lastenverteilung proportional zu den Energiepotenzialen in Verbindung mit einer Be-

teiligung aller örtlichen Stakeholder bei der konkreten Ausgestaltung kann mögliche Konflikte vermeiden. Viertens begründet sich die raumplanerische Bedeutung für EE in der **Einplanung von Flächen** für Ressourcen, Erzeugung, Leitungen und Speicherung.

Auf kommunaler Ebene stehen im Wesentlichen drei Instrumente zur Verfügung, um die notwendigen Flächen zur Erzeugung von EE sowie deren Systemintegration sicherzustellen (Stöglehner u. a., 2017). Das lokale **Entwicklungskonzept** legt die langfristige Strategie für ein Gebiet fest, der **Flächenwidmungsplan** die Nutzungsmöglichkeiten und der **Bebauungsplan** die konkrete Gestaltung. Auf allen Ebenen sollten, wo dies noch nicht der Fall ist, die zu Verfügung stehenden Planungstools zum Einsatz kommen (siehe Stöglehner u. a., 2013) und Vorrangflächen für EE ausgewiesen werden, insbesondere für leitungsgebundene EE wie Fernwärme und -kälte.

Fossile Mindestenerzeugung

Der Ausstieg aus fossiler Mindestenerzeugung stellt eine der zentralen Herausforderung bei der Energiewende dar. Mindestenerzeugung (auch Must-run-Kapazität genannt) besteht entweder, weil der Übertragungsnetzbetreiber diese als für die Netzstabilität notwendig einstuft, oder, weil Kraftwerksbetreiber ihre dezentralen Einsatzentscheidungen suboptimal

koordinieren (Consentec, 2016). Probleme bei der Koordinierung treten unter anderem aus technischen Gründen auf. Thermische Kraftwerke, die zum Beispiel Gas oder Kohle als Brennstoff nutzen, können ihre Leistung nicht unter einen gewissen Anteil ihrer Nennleistung senken. Weiterhin sind Einsatzentscheidungen in KWK-Anlagen, in denen Strom das Nebenprodukt ist, von der Wärme-, nicht der Stromnachfrage bestimmt. Mit einer Forcierung von KWK mit dem Ziel von Effizienzsteigerungen, zum Beispiel in der Müllverbrennung, nimmt dieses Problem tendenziell zu.

Das Resultat ist Grundlast im Stromnetz, die nicht auf kurzfristige Spitzen bei der Erzeugung von EE reagieren kann. Daher kann es zu negativen Strompreisen kommen, bei denen Erzeuger eine Vergütung für den überschüssigen Strom erhalten, sodass dieser nicht eingespeist wird und Kosten für Abgaben und Netzentgelte vermieden werden (Brandstätt u. a., 2011). Grundsätzlich gilt es, wie in den folgenden Abschnitten im Detail beschrieben, die infrastrukturellen Voraussetzungen für Netzstabilität auch bei einem hohen Anteil von Windkraft und PV im Strommix zu schaffen, um die fossile Mindesterzeugung senken zu können.

Vermarktung

Eines der zentralen Ziele des EAG 2020 ist die **Erhöhung der Eigenvermarktung** auch durch kleine Erzeuger, um mittelfristig eine Marktintegration von EE zu ermöglichen. Im Zusammenhang damit steht die Einführung einer optionalen Marktprämie, die eine Teilnahme am Markt ohne Preisrisiko ermöglicht, sofern das deutsche Marktprämienmodell (MPM) übernommen wird (siehe Abschnitt Einspeisevergütungen). Dabei erhalten Erzeuger den Marktpreis von Unternehmen, die sich auf die Aggregation und Vermarktung spezialisieren („Direktvermarkter“), sowie eine administrativ oder wettbewerblich festgelegte Prämie, um Preisschwankungen auszugleichen. Die Einführung eines MPM wird also neue Geschäftsmodelle im Bereich der Systemdienstleistungen erfordern und ermöglichen. Die Marktkonzentration bei den Direktvermarktern sollte niedrig sein, sodass der Preis nahe dem wettbewerblichen Gleichgewicht liegt.

Für kleine Produzenten gibt es auch weiterhin die Möglichkeit über einen institutionalisierten Abnehmer zu einem festen Tarif einzuspeisen. Das Ziel dabei ist, zum einen die Netzstabilität zu fördern und damit

Kosten zu senken und die Versorgungssicherheit zu erhöhen und zum anderen es Akteuren zu ermöglichen, Erfahrungen mit Regel- und Ausgleichenergiemärkten sowie in lokalen Energiegemeinschaften zu sammeln.

Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften sollen in Umsetzung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie nun lokale Netze und bilaterale Verträge zur Erzeugung, Speicherung und Lieferung von erneuerbarem Strom auch über Liegenschaftsgrenzen hinweg möglich machen. Aufbau redundanter Parallelstrukturen soll dabei vermieden werden. Die Dezentralisierung sollte einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit haben.

Vergütung

Im Wesentlichen gibt es zwei Vergütungsmodelle: Einspeisevergütungen und Quotenmodelle. Im Zusammenhang damit ist auch die Gestaltung der Ausschreibung dieser Förderungen relevant. Wie unten im Detail beschrieben, scheint eine Einspeisevergütung über eine administrativ festgelegte, gleitende Marktprämie als das geeignete Instrument.

Einspeisevergütungen

Österreich wird mit dem EAG 2020 voraussichtlich von einem **marktunabhängigen Festpreis- auf ein marktabhängiges Prämienmodell (MPM) umsteigen**. Die Laufzeit der Verträge soll von 13 auf 20 Jahre erhöht werden, was die Planbarkeit und Finanzierbarkeit von Projekten entscheidend erleichtert. Sowohl feste wie auch marktbasierende Einspeisevergütungen werden normalerweise durch eine Abnahmegarantie begleitet. Das Festpreismodell eignet sich dabei besonders, um frühe Investitionen anzureizen (Couture und Gagnon, 2010, S. 957). Es sind derzeit noch keine Details zum österreichischen MPM bekannt, sodass davon ausgegangen wird, dass es sich am deutschen Modell orientiert.

Das MPM wurde in Deutschland durch das Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG) 2012 eingeführt und hat sich mittlerweile auch in weiteren EU-Mitgliedsstaaten durchgesetzt. Das deutsche MPM setzt sich zusammen aus der **Nettoprämie**, die den Unterschied zwischen dem gleitenden Monatsdurchschnitt des Marktpreises und der festen Einspeisevergütung ausgleicht, und einer **Managementprämie**, die Produzenten für den höheren Verwaltungsaufwand der

Eigenvermarktung entschädigt (Lehnert, 2012, S. 11). Dabei lag die Managementprämie für Wind und PV anfangs deutlich höher, weil die höheren Kosten der Prognosenerstellung miteinbezogen werden. Die Marktprämie sinkt über die Zeit ab. Zusätzlich gibt es eine **Flexibilitätsprämie** für Biomasse.

Es ist davon auszugehen, dass eine Einführung eines administrativ festgelegten gleitenden MPM **positive Auswirkungen auf die Systemintegration** von regelbarer EE haben wird (Gawel und Purkus, 2013). Da sich die Höhe der Prämie am monatlichen Durchschnittspreis bemisst, ergibt sich ein Anreiz, dann einzuspeisen, wenn der Spotpreis über dem Durchschnitt liegt, also dann, wenn das Angebot relativ zur Nachfrage niedrig ist. Für dargebotsabhängige EE wie PV und Wind mit Grenzkosten nahe null sind die Anreize zur Systemintegration nur bedingt effektiv. Nur bei seltenen stark negativen Preisspitzen am Spotmarkt lohnt es sich, trotz der Managementprämie nicht einzuspeisen (Brandstätter u. a., 2011). Negative Preisspitzen sind auch auf fossile Mindesterzeugung im Netz zurückzuführen.

Trotzdem setzt das MPM einen Anreiz zur Planung von Wartungsarbeiten für Zeiten mit voraussichtlich niedrigen Preisen, um die Produktion in Zeiten mit hohen Preisen zu maximieren (Schallenberg-Rodriguez und Haas, 2012). Für Windkraft lässt sich zu einem gewissen Grad die Systemintegration zudem über die Standort- und Technologiewahl verbessern (siehe Abschnitt „Windkraft“ in „Technologie-spezifische Maßnahmen“).

Das MPM ist **effektiv mit Bezug auf die Steigerung der Direktvermarktung**, dessen primärem Ziel. In Deutschland hat es auch nicht zu einer Erhöhung der Marktkonzentration bei den Erzeugern geführt. Das MPM leistet unmittelbar allerdings keinen Beitrag zur Marktintegration, da es per Definition Preisrisiko ausschließt. Zu dem jetzigen Zeitpunkt wäre dies allerdings ohnehin kontraproduktiv für die Investitionsbereitschaft.

Quoten

Bei dem Quotenmodell wird gewöhnlich technologie-neutral ein bestimmter Anteil an Strom aus EE an der Produktion vorgeschrieben. Der Produzent erhält dafür Zertifikate, die gehandelt werden können. Prinzipiell ist allerdings eine Differenzierung zum Beispiel nach Primärenergie oder Anlagengröße möglich.

Die Europäische Kommission, insbesondere die Generaldirektion Wettbewerb, hatte vor dem Erlass der ersten Renewable Energy Directive 2001/77/EC ein Quotenmodell Einspeisevergütungen vorgezogen, da Quoten durch den Zertifikatshandel als theoretisch ökonomisch effizienter angesehen wurden (Fouquet und Johansson, 2008). Der zentrale Nachteil eines QM im Vergleich zu Einspeisevergütungen ist das **höhere Risiko für Marktteilnehmer**, da diese sowohl Schwankungen des Strom- wie auch des Zertifikatspreises ausgesetzt sind. Die geringere Planungssicherheit würde insgesamt Investitionen dämpfen oder sich in einem höheren Strompreis widerspiegeln.

Erfahrungen anderer Länder mit Quotenmodellen waren negativ. Das schwedische Quotensystem hat 2003–2008 in erster Linie zu **kurzfristiger Kostenminimierung** geführt (Bergek und Jacobsson, 2010). Es setzt allerdings **nur schwache Anreize zu Forschung und Entwicklung** und hat **zu hohen Mitnahmeeffekten** für große Anlagenbetreiber geführt, was Konsumentenpreise unnötig erhöht hat. Auch in Großbritannien war ein Quotenmodell nicht effektiv, um die Ausbauziele zu erreichen, da Firmen oft die Strafe der Erfüllung der Quote vorzogen (Diekmann u. a., 2012). Daher wurde das System bis 2017 schrittweise auf eine feste Einspeisevergütung umgestellt.

Insgesamt ist das Quotenmodell daher nicht geeignet für ein Umfeld, in dem schneller und nachhaltiger Ausbau entscheidend ist und in dem es noch relativ große Potenziale durch Skaleneffekte und Effizienzsteigerungen gibt (Ragwitz u. a., 2006). Der gleichmäßige Ausbau aller Technologien, auch der noch nicht wettbewerbsfähigen, ist sinnvoll, um auch langfristig alle Potenziale ausnutzen zu können und **Lock-in-Effekte** in die gegenwärtig günstigste Technologie zu vermeiden.

Modellanalyse der Vergütungsoptionen

Haas u. a. (2017) modellieren die Effektivität und Effizienz verschiedener Instrumente zur Erreichung des UBA-Szenarios „Erneuerbare Energie“ (Umweltbundesamt, 2016) in Österreich. Es werden ein technologie-neutrales Quotenmodell (QUO), ein gleitend wettbewerblich bestimmtes MPM (TEN) und ein gleitend administrativ bestimmtes MPM (FiP) in Betracht gezogen. Letzteres ist an das deutsche Modell angelehnt und nimmt die Anwendung von Referenzerträgen für PV- und Windkraftstandorte an, die einen räumlich gleichmäßigen Ausbau gewährleisten sollen (z. B. liegt

hier die Vergütung für PV-Strom an relativ sonnigen Standorten niedriger). Das Referenzszenario ohne Einspeiseförderung verfehlt die Ausbauziele deutlich.

Alle drei Fördermodelle erreichen in der Konzeption die Ausbauziele, jedoch sind die **Kosten für das Quotenmodell deutlich höher** als für die MPM. Der Förderbedarf für das MPM steigt 2020–2030 etwa von 500 auf 650 Mio. EUR, während die Kosten für das Quotenmodell auf über 1,6 Mrd. EUR steigen. **Abbildung 6** gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Modellstudie. Eine **Förderung etwa auf dem jetzigen Niveau ist also voraussichtlich ausreichend**. Zudem

verringert sich der jährliche Förderbetrag entscheidend auf etwa 300 Mio. Euro, wenn ein erhöhter Eigenversorgungsgrad durch dezentrale PV angenommen wird, da der somit „eingesparte“ Strom höher (zu Haushalts-, nicht zu Großhandelspreisen) bewertet wird. Dies motiviert auch die explizite Förderung von Eigenversorgung im geplanten 100.000-Dächer-Programm. Das Modell hängt außerdem entscheidend von Annahmen über die Strompreisentwicklung ab. Je niedriger (höher) der angenommene Preis, desto niedriger (höher) die benötigte Fördersumme.

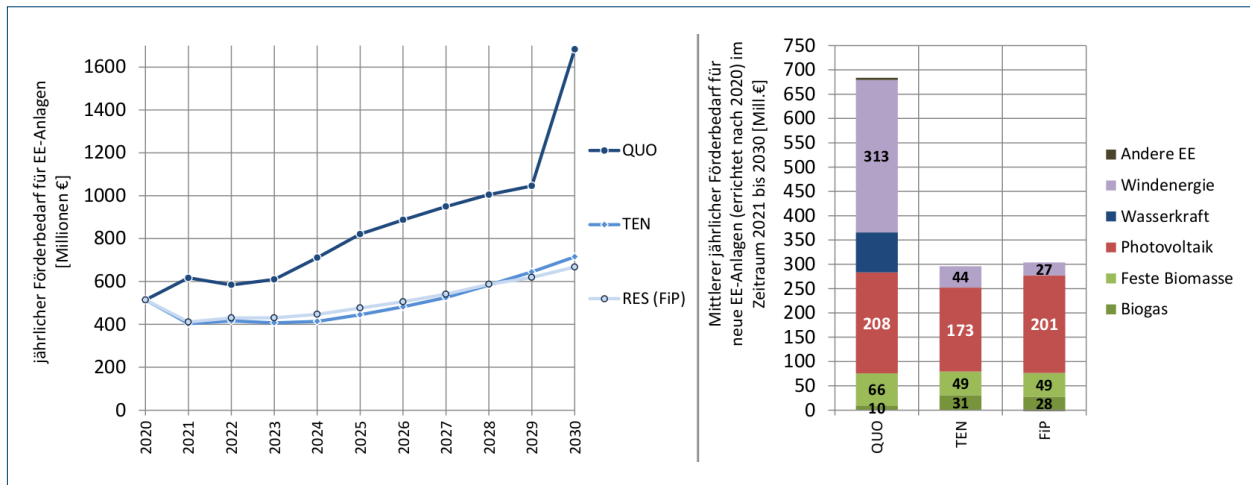


Abb. 6: Entwicklung des jährlichen Förderbedarfs für Einspeisevergütungen insgesamt und nach EE-Technologie (Haas u. a., 2017, S. 77).

Vergabemechanismen

Grundsätzlich kann die Festlegung der Förderhöhe und die Vergabe der Verträge administrativ oder über Ausschreibungen (Auktionen) geschehen. Laut Entwurf-NEKP „soll durch eine möglichst hohe Anzahl von Anbietern das Ziel der Kosteneffizienz durch Ausschreibungen erreicht werden“ (BMNT, 2018a, S. 109).

Bei Ausschreibungen werden Förderungen für eine bestimmte Leistung oder Strommenge versteigert. Entsprechend wird entweder Leistung (EUR/kW) oder Strommenge (EUR/kWh) vergütet. Leistung ist leichter planbar, jedoch ist die produzierte Strommenge die eigentliche Zieldimension. Ausschreibung von Strommengen führt bei fluktuierender EE zu dem Risiko, die gebotene Menge nicht liefern zu können.

Ausschreibungen haben dabei drei zentrale Ziele und damit verbundene Anforderungen an die Ge-

staltung (Klessmann u. a., 2015). Erstens sollen sie zu einer effizienten Allokation der Fördermittel führen. Voraussetzung dafür ist, dass das Fördervolumen das Volumen der Anträge nicht übersteigt, sowie dass die Teilnahme an der Ausschreibung selbst günstig ist.

Im Zusammenhang damit sollen Ausschreibungen zweitens einen fairen Wettbewerb ermöglichen. Um Transaktionskosten gering zu halten und kleine Akteure nicht zu benachteiligen, sollte daher Einfachheit und Transparenz priorisiert werden. Auch können kleinere Akteure, wie BürgerInnenengenschaften, von Ausschreibungen ausgenommen werden und zum Beispiel eine feste Einspeisevergütung erhalten. Dies kann eine zunehmende Marktkonzentration durch das Verfahren vermeiden und Akzeptanz unterstützen. „AkteurInnenvielfalt und Bürgerenergie“-Konzepte werden häufig als wichtige Treiber für die Akzeptanz der Energiewende genannt“ (Klessmann u. a., 2015, S. 13).

Drittens können Ausschreibungen zur Mengensteuerung genutzt werden, sofern sichergestellt wird, dass die Projekte, die den Zuschlag erhalten, auch realisiert werden. Dies war unter anderem in den Niederlanden und Großbritannien nicht immer der Fall, da Hindernisse wie Klagen gegen Genehmigungen auftreten oder die Projektkosten nach Antragstellung unerwartet steigen können. Daher muss zwischen ausreichenden Präqualifikationsanforderungen und dadurch entstehenden Markteintrittsbarrieren abgewogen werden. Angemessene Fristen zur Umsetzung der Projekte sollten festgelegt und durchgesetzt werden. Geringe Realisierungsraten begründen sich in Unsicherheit bezüglich der Entwicklung von Strompreisen, Netzentgelten, CO₂-Zertifikatspreisen, Finanzierungsbedingungen und administrativen Hürden. Daher entstehen sowohl in der öffentlichen Verwaltung als auch bei den Antragstellern teils erhebliche Kosten. Die höhere Unsicherheit kann zudem höhere Finanzierungskosten bedingen. Mengensteuerung erfolgt in Österreich bislang über administrative Festsetzung und Vergabe von Fördermitteln.

Andere Länder haben im Zusammenhang mit Ausschreibungen gemischte Erfahrungen gemacht (Grashof und Dröschel, 2018). Es hat sich gezeigt, dass Länder mit hohen Realisierungsraten, wie Italien und Südafrika, durch relativ strenge Teilnahmebedingungen gekennzeichnet sind. In beiden Ländern lag allerdings das Fördervolumen höher, sodass kein Wettbewerb bestand und die ermittelte Vergütung nahe der Obergrenze lag. In Ländern wie Großbritannien und Irland weisen geringe Realisierungsraten hingegen auf ein zu geringes Fördervolumen hin. Bei den erfolgreichen Bietern in Brasilien, Spanien und Südafrika ist zudem eine Marktkonzentration festzustellen, da große Unternehmen durch Skaleneffekte kleinere Akteure unterbieten können.

Insgesamt sind Ausschreibungen im österreichischen Kontext vor allem für große Photovoltaik-Anlagen geeignet, jedoch nicht für Windkraft. In der Modellanalyse zeigt sich, dass das Fördervolumen für PV bei Ausschreibungen um durchschnittlich 14 % niedriger liegt als bei der administrativ festgelegten Prämie (Haas u. a., 2017). Für Windkraft ist das Fördervolumen bis 2026 für beide Modelle quasi identisch. Während der Förderbedarf bei Ausschreibungen weiter ansteigt, sinkt dieser im administrativ festgelegten Modell ab. Dies weist darauf hin, dass ein administrativ festgelegtes Referenzertragsmodell ähnlich dem deutschen, welches die Volllaststunden des jeweiligen

Standorts bei der Festlegung der Förderung miteinbezieht, die effizienteste Option ist.

Abgesehen von Aspekten der Kosteneffizienz, erscheint bei Windkraft eine heterogene Akteursstruktur aus mehreren Gründen besonders wichtig (Grashof und Dröschel, 2018). Entwicklung von Windkraft kann in strukturschwachen, ländlichen Gebieten eine wichtige Einnahmequelle darstellen. Daher ist regionale Wertschöpfung durch kleine und mittelgroße Unternehmen vorzuziehen. Wie oben beschrieben, handelt es sich bei erfolgreichen Bietern jedoch meist um überregionale Unternehmen. In diesem Zusammenhang sind auch die Akzeptanzprobleme von Windkraft relevant. Lokale Unternehmer können eher Verfahrens- und Verteilungsgerechtigkeit herstellen, etwa durch frühe Beteiligung im Planungsprozess und Eigenkapitalbeteiligung der Anwohner an Projektgesellschaften. Weitere Aspekte der Akzeptanz von Windkraft werden im Abschnitt Windkraft diskutiert.

In Deutschland gab es bei den Ausschreibungen von Windkraft 2017 Sonderregelungen für BürgerInnenenergiegemeinschaften. Die Integration des primären Ziels von Ausschreibungen, der Kosteneffizienz, mit sekundären Zielen, also dem Erhalt von Akteursvielfalt und einem räumlich gleichmäßigen Ausbau, ist allerdings verfehlt worden (Tews, 2019). Insbesondere die Diskriminierung von „professionellen“ Unternehmen und BürgerInnenenergiegemeinschaften scheiterte. Nachdem in der ersten Runde auch Unternehmen die BürgerInnenenergieprivilegien in Anspruch nahmen und einen Großteil der Ausschreibung gewannen, waren andere Unternehmen gezwungen, dieses Verhalten nachzuahmen, um wettbewerbsfähig zu sein. Da unter diesen Privilegien auch noch nicht genehmigte Projekte den Zuschlag erhielten, ist unklar, wie hoch die Realisierungsrate liegen wird.

Investitionsförderung

Aufgrund der Kostenstruktur von EE, die zwar durch niedrige marginale Kosten, jedoch hohe Investitionskosten gekennzeichnet ist, ist Investitionsförderung weiterhin erforderlich, um einen stetigen Ausbau zu gewährleisten. Der NEKP sieht einen Abbau des

durch unzureichende Mittel entstandenen Staus bei der Umsetzung bereits genehmigter Anlagen vor.

Unabhängig von der geförderten Technologie, soll die Investitionsförderung aber **möglichst kontinuierlich** sein, um Planbarkeit bei Investitionen herzustellen. Die Höhe der jährlich zur Verfügung stehenden Mittel soll **transparent und regelgebunden festgelegt** werden, sodass Erwartungen hinsichtlich der Verfügbarkeit der Förderung stabilisiert werden. Dazu sollten zunächst konkrete Ziele für 2030 festgelegt werden (siehe Raumplanung). In der Modellstudie von Haas u. a. (2017) steigen die Förderkosten ohne eine Verminderung des Investitionsrisikos um bis zu ein Drittel. Die Investitionsförderung sollte je nach Erreichen der erforderlichen Ausbauraten nach oben bzw. unten angepasst werden, jedoch ohne sprunghafte Änderungen, wie dies in der Vergangenheit der Fall war (Fechner u. a., 2016). Zudem sollte geprüft werden, ob **Antragstellung und Verwaltung vereinfacht** werden können.

Technologie-spezifische Investitionsförderung wird im Abschnitt „Technologie-spezifische Maßnahmen“ diskutiert.

Steuerliche Anreize

Der NEKP sieht einen **Wegfall der bisher ab 25.000 kWh geltenden Eigenstromsteuer** von 1,5 Cent/kWh vor, was industrielle Betriebe bei einer Erhöhung des Eigenversorgungsgrades fördert. Dies sollte einen positiven Effekt auf die Netzstabilität haben, jedoch sollten hier auch Verteilungseffekte in Betracht gezogen werden, da von dieser Erleichterung nur Großverbraucher profitieren. Mit einem ähnlichen Förderbetrag ließe sich möglicherweise ein schnellerer Ausbau erreichen, wenn kleine Verbraucher entlastet würden. Eine ergänzende Maßnahme kann das **Aussetzen der Mehrwertsteuer** von 20 % für eingespeisten Strom bis zum Erreichen der Ausbauziele sein (Fechner u. a., 2016).

Ein unbedingt notwendiges Komplement zu steuerlichen Anreizen für EE ist jedoch die **Abschaffung der Steuersubventionen für fossile und nukleare Energie**, die zu einer Verdrängung von EE führen (siehe Abschnitt 5.1).

Sonstige Rahmenmaßnahmen

Es sind weitere Rahmenmaßnahmen für EE möglich (Fechner u. a., 2016). Erstens könnten **Produkte gekennzeichnet** werden, die mit nachweislich hohem Anteil EE hergestellt wurden, sodass KonsumentInnen eine informierte Entscheidung treffen können. Der NEKP sieht bereits eine Verbesserung der Herkunftsnachweise für EE vor. Zudem könnten diese Produkte bei **Ausschreibungen des öffentlichen Sektors** bei gleicher Eignung bevorzugt werden. Zweitens, sollte geprüft werden, ob bestehende Fördermaßnahmen an die Nutzung von EE bzw. den Eigenversorgungsgrad gekoppelt werden können. Zudem sollte das **EIWOG reformiert** werden, um neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen, etwa die nachbarschaftliche Nutzung von Strom-PV in mehrgeschossigen Gebäuden. Darüber hinaus sollte eine **verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Weiterbildung** mit Bezug zu EE stattfinden. Bei der Aus- und Weiterbildung sollten besonders Multiplikatoren wie EnergieberaterInnen, LehrerInnen sowie die planenden und installierenden Fachkräfte angesprochen werden (Fechner u. a., 2016).

Technologie-spezifische Maßnahmen

Dieser Abschnitt behandelt Maßnahmen um spezifische EE-Technologien zu fördern. Einen Überblick zu möglichen Maßnahmen gibt **Tabelle 6**. Einen Überblick über geschätzte Stromgestehungskosten im Jahr 2030 ergibt sich in **Abbildung 7**.

Tab. 6: Übersicht von technologie-spezifischen Maßnahmen im Bereich Energie/EE.

Kategorie	Maßnahme	Art	Quelle
PV	100.000-Dächer-PV und Kleinspeicher-Programm	Geplant	NEKP
	Ausweitung Förderung größere PV-Anlagen	Geplant	NEKP
	Aufhebung eventueller Deckelungen bis zu einem festgelegten Gesamtausbaumaß	Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
	Reduktion des Verwaltungsaufwands für Förderungen und Netzanschluss	Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
	Abbau von PV-Investitionshemmnissen	Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
	Erhöhung der Förderung von Forschung und Entwicklung	Ergänzend	Fechner u. a. (2016)
PV / Solarthermie	Reform von Baunormen und Denkmalschutz	Ergänzend	Stöglehner u. a. (2017) / Fechner u. a. (2016)
PV / Windkraft	Referenzertragsmodell	Ergänzend	EEÖ (2019)
Windkraft	Modernisierung von Windkraftanlagen	Geplant	NEKP
	Ausschreibung von Marktprämien	Geplant	NEKP
	Administrative Festsetzung und Vergabe von Marktprämien	Geplant	NEKP
	Förderung der Eigenversorgung	Ergänzend	Biermayr u. a. (2018)
	Mikrowindkraft bis 1 kW im städtischen Raum	Ergänzend	Biermayr u. a. (2018)
	Winterstromprämie	Ergänzend	EEÖ (2019)
Wasserkraft	Optionaler Umstieg auf Direktvermarktung / Marktprämie	Geplant	NEKP
Biomasse / Biogas	Quotensystem für Biogas und Biomethan	Geplant	NEKP
	Nachfolgeregelung für Biomasseanlagen	Geplant	NEKP
	Beimischung Agrartreibstoffe	Bestehend	NEKP
	Ausschreibung von Marktprämien feste Biomasse	Geplant	NEKP
Solarthermie	Umstellung der Investitionsförderung	Ergänzend	Fink & Preis (2014)
	Förderung von hybriden PV- und Solarthermiemodulen	Ergänzend	k. A.
	Verkürzung der Abschreibedauer auf 2 Jahre	Ergänzend	EEÖ (2019)
	Start eines Pilotanlagenprogramms (2020–2025)	Ergänzend	EEÖ (2019)
Erdwärme	Novellierung des MinroG hinsichtlich tiefer Geothermie	Ergänzend	EEÖ (2019)
	Einführung eines Konzessions-Systems	Ergänzend	EEÖ (2019)
	„Non recourse“-geförderte Kredite für Investitionen sowie Tilgungszuschüsse für Anlagen mit einer Bohrtiefe von über 1.000 m	Ergänzend	EEÖ (2019)
Speicher / Netze	Wasserstoffstrategie	Geplant	NEKP
	Integrierter Netzinfrastukturplan	Geplant	NEKP
	Netzreserve & Demand-Side-Maßnahmen	Geplant	NEKP
	Benutzerfreundliche Installation und Betrieb von Speichereinheiten und Ladeinfrastruktur	Geplant	NEKP
	Herkunftsnachweise für erneuerbare Wärme und Kälte	Geplant	NEKP
	Erleichterungen im Starkstromwegerecht	Geplant	NEKP
	Umsetzung des geplanten Netzausbaus	Geplant	Haas u. a. (2017)
	Ausstieg aus fossiler Mindesterzeugung	Ergänzend	Consentec (2016)
	Förderung der gemeinsamen Nutzung von Speichern	Ergänzend	EEÖ (2019)
	Investitionsförderung für Energiemanagementsysteme	Ergänzend	EEÖ (2019)

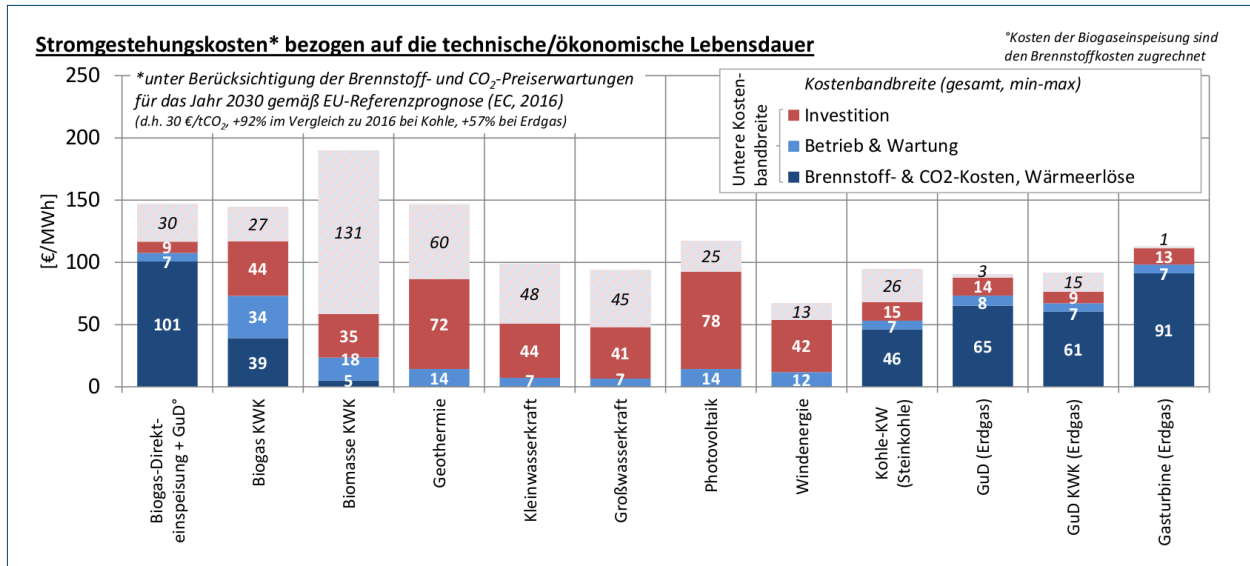


Abb. 7: Stromgestehungskosten durch verschiedene Technologien unter Berücksichtigung der Brennstoff- und CO₂-Preiserwartungen 2030 (Haas u. a., 2017, S. 23).

Stromerzeugung

Photovoltaik

PV spielt nicht zuletzt durch deren starken Kostenrückgang eine Schlüsselrolle bei der Energiewende. Der Preis einer netzgekoppelten 5-kWp-Anlage ist für Endverbraucher 2008–2017 im Durchschnitt von 5138 EUR/kWp auf 1567 EUR/kWp gesunken (Biermayr u. a., 2019, S. 119). Im Jahr 2018 belief sich die Stromproduktion aus PV auf mindestens 1438 GWh und die damit verbundene Treibhausgaseinsparung auf mindestens 1.207.618 t CO₂eq (Biermayr u. a., 2019). Die jährliche Zubaurate war in den letzten Jahren stetig und lag 2014–2018 bei 150–175 MWp.

Es gilt die existierende PV-Roadmap umzusetzen (Fechner u. a., 2016). Die **PV-Kapazität** soll bis 2030 von 1,3 TWh auf mindestens 29,9 TWh ausgebaut werden. Dies erfordert einen jährlichen Zubau von 600 MWp und ab 2030 von 820 MWp, was einer Steigerung der Rate um den Faktor 3,5 entspricht, gemessen am Jahr 2017. Der **Investitionsbedarf** bis 2030 liegt bei etwa 9–10 Mrd. EUR, gegeben Kosten von rund 1 Mio. EUR pro installiertem MW, um bis 2030 auf einen Anteil der PV am Strombedarf von 15 % zu kommen, gegeben eine Erhöhung der Stromnachfrage um 20 %. Der Anteil soll bis 2050 auf etwa 27 % steigen.

PV sollte dabei **primär auf bereits versiegelten Flächen** zum Einsatz kommen, also an und auf Gebäuden, Deponien, Industrie- und Verkehrsflächen. Eine Reform des **Denkmalschutzes** sollte angestoßen werden, um eine sinnvolle Nutzung der städtischen Potenziale zu ermöglichen (Stöglehner u. a., 2017). Allein in Wien stehen 29 km² Fläche für PV prinzipiell zur Verfügung. Es ist daher „keine Frage ob Gebäudeoberflächen zur Solarstromgewinnung genutzt werden, sondern wie sie genutzt werden und wie funktional, ästhetisch und ökologisch diese Nutzung ist“ (Fechner u. a., 2016). Auch die **Baunormen** sollten überarbeitet werden, insbesondere um bauwerksintegrierte PV im Neubau zum Standard zu machen und deren Preis relativ zu Panels deutlich zu senken. Eine verpflichtende Integration von PV und Solarthermie im Neubau könnte insbesondere für Gebäude wie Einkaufszentren und Lagerhallen, die zu großer Flächenversiegelung führen, in Betracht gezogen werden. Auch wenn versiegelte Flächen den Vorzug bekommen sollten, ist die Förderung von **Agrivoltaic** ebenfalls anzudenken. Dabei handelt sich um eine synergetische Kombination („solar sharing“) von Acker- oder Grünlandflächen mit PV-Anlagen (Amaucci u. a., 2018; Xue, 2017). Eine kürzlich erschienene Studie verdeutlicht dabei mögliche Synergieeffekte zwischen Erträgen, Wassernutzung und Energie, v. a. an trockenen Standorten (Barron-Gafford u. a., 2019).

Für Österreich könnte sich diese Technologie evtl. in semi-ariden Gebieten (z. B. Marchfeld, Südost-Steiermark) anbieten.

Das im NEKP enthaltene **100.000-Dächer-Photovoltaik- und Kleinspeicher-Programm** sollte die bisherige Förderung anheben, um die Ausbaurate zu erhöhen. Die Investitionsförderung der Länder und des Bundes (KLIEN) hat bislang stark geschwankt und ist 2013–2017 ca. von 36 Mio. EUR auf 11 Mio. EUR zurückgegangen (Biermayr u. a., 2018). Laut Entwurf-NEKP (S. 110) soll es eine „implizite Lenkung zur Kombination von Photovoltaik und Speicher durch die Umsetzung des Eigenversorgungsgrades als Reihungskriterium bei Investitionsförderungen geben.“ Die **Erhöhung des Eigenversorgungsgrades** von Industrie und Privathaushalten sollte zwar im Fokus stehen, jedoch sollte dies nicht dazu führen, dass Potenziale zur Einspeisung ins Netz ungenutzt bleiben.

Die größte Herausforderung bei der Skalierung von PV sind die fluktuierenden Strommengen, sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf (Haas u. a., 2017, S. 62). Jedoch hat Österreich durch hohe Anteile regelbarer Gas- und Wasserkraftwerke insgesamt gute Voraussetzungen, die Übergangsphase bis zum Ausreifen der Speicher- und Netzinfrastruktur zu überbrücken. In der Industrie stellen sich durch fortschreitende Automatisierung Potenziale dar, um die Produktion auf die Verfügbarkeit von EE anzupassen.

Windkraft

Neben PV stellt die Windkraft das zweite zentrale Handlungsfeld bei dem Ausbau von Kapazitäten dar. Der Ausbau von Windkraft war zwischen den Novellen des Ökostromgesetzes 2006 und 2012 vollständig eingebrochen. Daher besteht trotz Abbau der Warteschlangen bis 2014 (etwa 1000 MW) und 2017 (etwa 350 MW) deutlicher Nachholbedarf. Die Warteschlangen haben sich durch den fallenden Strompreis und die gestiegenen Ausgleichsenergiekosten der OeMAG ergeben (Ortner und Resch, 2017). Die jährlichen Zubauraten sind deutlich rückläufig und von 141 errichteten Anlagen im Jahr 2014 stetig auf 53 Anlagen 2018 gefallen. Dies kann nur zum Teil durch die Errichtung von Anlagen mit höherer Leistung erklärt werden. Die installierte Leistung lag 2014 bei 408 MW, 2018 lediglich bei 230 MW. Die Treibhausgas-einsparung durch Wind im Jahr 2018 belief sich auf rund 3,178 Mt CO₂eq gegenüber dem europäischen Strommix ohne Atomstrom und auf 5,9 Mt CO₂eq ge-

genüber dem fossilen Anteil des europäischen Strommixes (Biermayr u. a., 2019).

Im UBA-Szenario „Erneuerbare Energie“ steigt die Windkraftkapazität von etwa 3 TWh im Jahr 2017 bis 2030 auf 17,4 TWh (Umweltbundesamt, 2016). Das Potenzial bis 2030 wird allerdings auf 22,5 TWh und 26 % des Stromverbrauch geschätzt (Biermayr u. a., 2018). Aufgrund der Steigerung der durchschnittliche Anlagenleistung 1994–2017 von 0,1 auf 3,1 MW (Biermayr u. a., 2018) sieht der Entwurf-NEKP eine **Förderung der Modernisierung** bestehender Standorte vor. Es ist fraglich, ob dies für das Erreichen ambitionierter Ausbauziele ausreichend ist. Dies kann problematisch hinsichtlich der Ressourcennutzung sein, wenn Turbinen vor Ende ihrer Lebenszeit ausgetauscht werden, um nach Auslaufen der 13-jährigen Einspeisevergütung die geplante 20-jährige Marktprämie erhalten zu können (Scherhauser u. a., 2017).

Der Entwurf-NEKP sieht vor, dass Marktprämien für Windkraft über Ausschreibungen vergeben werden. Dies ist aus mehreren Gründen problematisch. Es ist fraglich, ob der österreichische Markt eine ausreichende Größe im Bereich der Windkraft hat, um effiziente Ausschreibungen durchführen zu können. Die Ausschreibung von Windkraftkapazitäten in Deutschland 2017 hat die Ziele eines räumlich gleichmäßigen Ausbaus sowie des Erhalts von Akteursvielfalt, insbesondere von BürgerInnenenergieinitiativen, deutlich verfehlt (Grashof und Dröschel, 2018). Daher scheinen für Windkraft **administrativ festgelegte Prämien geeignet** zu sein. Ein gleichmäßiger Ausbau kann über Referenzerträge, basierend auf den Volllaststunden eines Standortes, umgesetzt werden.

Unter Berücksichtigung dieses Repowering liegt die im Jahr 2023 mögliche Gesamtleistung bei etwa 3.900 MW, was einer Erzeugungskapazität von rund 9 TWh und 15 % des österreichischen Strombedarfs entspricht (Ortner und Resch, 2017). Das jährliche Unterstützungsvolumen liegt bislang bei 11,5 Mio. EUR plus einem Anteil am „Resttopf“ (Ortner und Resch, 2017).

Ähnlich wie im Bereich PV, können Anreize zur **Erhöhung des Eigenversorgungsgrades** von Privathaushalten und Industrie, etwa durch Kopplung an Speicher, gesetzt werden. Auch im städtischen Raum kann **Mikrowindkraft bis 1 kW** eine Ergänzung von PV-Anlagen darstellen (Biermayr u. a., 2018).

Die Einspeisevergütung über ein MPM kann die Systemintegration von Windkraft schon im Zuge der Investitionsentscheidung fördern, wenn auch nur in begrenztem Umfang. Zum einen kann die **Systemintegration über die Standortwahl** optimiert werden. Wenn zum Beispiel an zwei Standorten die gleiche Anzahl von äquivalenten Windstunden besteht, kann die zeitliche Verteilung dieser Stunden in Betracht gezogen werden. Das MPM setzt, im Gegensatz zu einer festen Einspeisevergütung, den Anreiz, den Standort mit mehr Wind zu Zeiten hoher Nachfrage (tagsüber) zu wählen. Ein analytisches Modell für Österreich zeigt, dass Investoren unter einem MPM einen Standort finden wollen, der erstens ein möglichst hohes Windkraftpotenzial hat, zweitens ein Windkraftpotenzial hat, das zeitlich möglichst stark positiv mit Preisen korreliert, und wo drittens ein möglichst niedriges Angebot durch andere Stromerzeuger besteht (Schmidt u. a., 2013). Zum anderen ergibt sich die Möglichkeit der Systemintegration durch die **Technologiewahl**. Das MPM setzt einen Anreiz, in Turbinen zu investieren, die effizienter bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten sind, insbesondere Anlagen mit relativ geringer Nennleistung, langen Rotorblättern, und hohen Türmen. Der zusätzliche Marktwert durch die höhere Produktion unter schlechten Bedingungen kann dabei die zusätzlichen Investitionskosten übersteigen (May, 2017). Dieser Anreiz ergibt sich jedoch nur unter ausreichendem Preisrisiko und Information der Investoren.

Zudem sind in der Windkraft **transparente, partizipative Prozesse** besonders wichtig, sowohl um die Akzeptanz der Anwohner zu verbessern, als auch ökologische Aspekte abseits des Klimawandels zu berücksichtigen (Österreichisches MAB-Nationalkomitee, 2017)³³. Das minimale sozio-politische Windkraftpotenzial von 4 TWh liegt deutlich niedriger als das maximale technisch-ökonomische Potenzial von 93 TWh (Höltinger u. a., 2016). Das mittlere Szenario schätzt ein sozio-politisches Potenzial von 72 TWh. Unter Einbeziehung der sozialen Akzeptanz liegt das potenzielle Gebiet in Österreich lediglich bei 0,1–3,9 % des Bundesgebietes. Dieser vergleichsweise niedrige Wert (Deutschland: 11–13 %) ergibt sich

allerdings u. a. aus dem bergigen Terrain in Westösterreich.

Der Widerstand gegen Windkraftanlagen durch Naturschützer, Entscheider und BürgerInnen begründet sich in acht Mustern (Scherhauser u. a., 2017). Als Probleme werden wahrgenommen: Einfluss auf das Landschaftsbild, Naturschutz (insbesondere Schutz von Vögeln und Fledermäusen), Gesundheit (insbesondere Infraschall), Partizipation und Transparenz, Verteilung des finanziellen Nutzens, mangelnde politische Koordinierung und Führung in der Energiewende auf Länder- und Bundesebene, Tourismus und Repowering von bestehenden Anlagen. In diesen Problemfeldern ergeben sich Interessenkonflikte zwischen lokalen Stakeholdern, die möglichst früh im Entscheidungsprozess adressiert werden sollten.

Wasserkraft

Der traditionell hohe Wasserkraftanteil am österreichischen Strommix bildet die dritte Säule der Stromversorgung. Der Handlungsbedarf in diesem Bereich ist eher gering, da das Potenzial schon weitestgehend ausgeschöpft ist. Dies führt auch dazu, dass die Grenzkosten für weitere Wasserkraftkapazität im Gegensatz zu PV und Wind ansteigen (Haas u. a., 2017). Die installierte Leistung lag 2018 bei 40,1 TWh, das technisch-wirtschaftliche Restpotenzial außerhalb hochsensibler Gebiete liegt bei 11 TWh (Pöyry, 2018). 1 TWh davon ist Optimierungspotenzial, zum Beispiel durch Repowering, 10 TWh ist Neuerschließungspotenzial. Bei dem Ausschöpfen des Potenzials sollte die Errichtung neuer Barrieren in Flüssen vermieden werden, da dies negative Auswirkungen auf die Biodiversität der Ökosysteme haben kann. Ein **Wechsel in die Selbstvermarktung** soll möglich sein.

33 Diese Aspekte gelten natürlich generell für alle (erneuerbaren) Energiequellen (z. B. Wasserkraft, Biomassenutzung, großflächige PV-Anlagen) und weitere Aspekte der Energiewende (z. B. Netzinfrastrukturausbau).

Biomasse / Biogas

Siehe auch Abschnitt 5.5.7 („Bioökonomie“).

Der Entwurf des NEKP betont die Erhaltung und den Ausbau von Biomasseanlagen. Die Stromproduktion aus Biomasse steigt im UBA-Szenario bis 2030 leicht auf 6,7 TWh und geht bis 2050 wieder auf 4,9 TWh zurück (Umweltbundesamt, 2016). Im Gegensatz zu Wind und PV bieten sie den Vorteil, dass sie ihre Produktion – wie Wasserkraft – flexibler gestalten und so dazu beitragen können, Netzregelkosten durch den Ausgleich von Nachfrage- bzw. Angebotsspitzen zu senken. Dies ist angesichts der in den letzten Jahren stark gestiegenen Ausgleichsenergiekosten auch unter der Effizienzperspektive wichtig. Zudem können sie die Versorgungssicherheit im Falle eines Stromausfalls erhöhen, da sie trotz des Ausfalls hochfahren können (Haas u. a., 2017, S. 64). Die Verlängerung der Förderung für Biomasseanlagen senkt die Gesamtkosten 2021–2030 um etwa 150 Mio. EUR unter der Annahme, dass diese bei einer Streichung der Förderung neu gebaut würden (Haas u. a., 2017, S. 93).

Dennoch gehören Biomasseanlagen zu den teuersten, ressourcen- und flächenintensivsten EE (vgl. [Abbildung 7](#)). Da die Ressourcen oft durch intensive Landwirtschaft erzeugt werden, tragen Biomasseanlagen und Agrartreibstoffe daher zu dringlichen Problemen, wie dem drastischen Verlust von Biodiversität und der Überdüngung der Böden, bei. Diese negativen Effekte können teils durch eine geeignete Bioenergiepflanzen Auswahl ausgeglichen werden. Miscanthus, Weiden und Pappeln benötigen im Gegensatz zu Mais und Raps weder Bewässerung noch Dünger (Richards u. a., 2017) (siehe Abschnitt 5.5.7 „Bioökonomie“).

Der Transport von Rohstoffen sollte vermieden werden, da dies die Klimabilanz von Biomasse deutlich verschlechtern kann. Österreich importierte 2015–2018 jährlich insgesamt rund 1,5 Mt und netto 1,25 Mt Hackgut, Brennholz und Sägespäne (Biermayr u. a., 2019). Daher sollten als Rohstoffe primär regionale Abfallprodukte wie Sägenebenprodukte, und Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft dienen. Das Einzugsgebiet für Holz liegt für die Pelletsproduktion gewöhnlich bei etwa 100 km und für Waldhackgut für die Versorgung von lokalen Fernwärmenetzen bis 2,5 MW im ländlichen Raum bei etwa 10 km (Biermayr u. a., 2019).

Der Entwurf-NEKP schlägt Quoten für „grünes“ Biogas vor; bei der Beimischung von Agrartreibstof-

fen zu Diesel und Benzin sollen die absoluten Mengen beibehalten werden. Stattdessen könnte eine Flexibilitätsprämie wie im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) oder ein Stetigkeitsbonus in Betracht gezogen werden.

Wärme- und Kälteerzeugung

Solarthermie

Solarthermie stellt eine effiziente Art der Bereitstellung von Niedertemperaturwärme und -kälte dar. Dennoch ist die installierte Kapazität in Österreich seit 2009 wieder rückläufig, hauptsächlich aufgrund des anhaltend niedrigen Öl- und Erdgaspreises, dem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen sowie der raschen Kostendegression von PV (Biermayr u. a., 2019). Im Jahr 2017 wurden zwei Drittel der Anlagen zur kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung eingesetzt, die verbleibenden ausschließlich zur Warmwasserbereitung. Im Jahr 2018 produzierte Solarthermie 2104 GW_{th} nutzbare Wärme, was einer Treibhausgaseinsparung von 425.434 t CO₂eq entspricht (Biermayr u. a., 2019).

Da bei Solarthermie kein Anreiz über eine mögliche Einspeisevergütung besteht, erhält die Investitionsförderung zusätzliche Bedeutung. Als zentrale Reform sollten die Energiegestehungskosten (EUR/kWh) und der solare Deckungsanteil der Kollektorenfläche (EUR/m²) als **Bemessungsgrundlage der Förderung ergänzen**, um einen Anreiz zur Kostensenkung und Integration mit Speichern zu setzen (Fink und Preis, 2014). Zudem könnten **hybride PV- und Solarthermiemollektoren** explizit gefördert werden, da diese an heißen Tagen den Wirkungsgrad der PV erhöhen und eine verlustreiche Umwandlung von Strom in Wärme vermeiden.

Weiterhin sollten Maßnahmen ähnlich denen im Bereich PV angestoßen werden, insbesondere im Zusammenhang mit Standardisierung zur leichteren Gebäudeintegration, Kopplung mit Speichern sowie Forschung und Entwicklung zur Kostensenkung (Fink und Preis, 2014).

Geothermie

Geothermie ist noch wenig erschlossen, hat aber Potenzial zur Gewinnung von Niedertemperaturwärme. Daher sollten Maßnahmen getroffen werden, um das langfristige Potenzial zu erkunden.

Die EEÖ (2019) schlägt drei mögliche Maßnahmen im Bereich der Geothermie vor. Erstens können **niedrig verzinsten Krediten** für tiefe Bohrungen über 1 km vergeben werden, die teilweise erlassen werden, sollte die Bohrung nicht fündig werden. Zweitens könnte die tiefe Geothermie in einer **Novelle des Mineral-Rohstoffgesetzes** als „bergfreier Bodenschatz“ mit anderen Ressourcen gleichgestellt werden. Drittens könnte ein **Konzessionssystem** für Erdwärme, ähnlich wie für Öl- und Gasgewinnung eingeführt werden.

Biomasse / Biogas

Siehe Abschnitt 5.5.7 „Bioökonomie“.

Die Nutzung von Biomasse steigt im UBA-Szenario „Erneuerbare Energie“ 2010–2030 von 35,2 auf 59 PJ an und geht bis 2050 auf 52,7 PJ zurück.

Abfallverbrennung

Siehe Abschnitt 5.6 „Abfallwirtschaft“.

Abfallverbrennung steigt im UBA-Szenario „Erneuerbare Energie“ 2010–2030 von 3,9 auf 8 PJ an und verbleibt bis 2050 auf diesem Niveau. **Verbrennung biogener Abfälle** senkt die Methan- und CO₂-Emissionen im Vergleich zu Deponierung.

Energienetze und Speichertechnologien

Energienetze und Speichertechnologien gewinnen mit der Dezentralisierung des Energiesektors und der Einbindung intermittierender EE an Bedeutung. Haas u. a. (2017, S. 92) kommen zu dem Schluss, dass „die geplante vollständige Schließung des 380 kV-Rings eine notwendige Voraussetzung für die zukünftige Versorgungssicherheit Österreichs darstellt. Gleichzeitig gilt: Sind alle angenommenen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die derzeit geplanten und veröffentlichten Stromnetzerweiterungen in Österreich und Europa, rechtzeitig implementiert (APG, 2016; ENTSO-E, 2018), ist die Versorgungssicherheit, unter den gegebenen Annahmen, in Österreich zu 100 % sichergestellt, da die Stromnachfrage in jeder Stunde zu 100 % gedeckt werden kann.“

Es ergeben sich vielfältige **Anwendungsgebiete** (AIT, 2018). Es werden Speichersysteme für den saisonalen Ausgleich im Gesamtenergiesystem, für den kurzfristigen Ausgleich von Spitzen im Strom- und Wärmenetz sowie für die Flexibilisierung lokaler Systeme zur

Steigerung des Eigenversorgungsgrads benötigt. Auch für die **Sektorkopplung** bestehen viele Möglichkeiten. Besonders relevant sind hier Power-to-Heat, Power-to-Gas, Power-to-Liquid, Gas-to-Power, Power-to-Mobility und Vehicle-to-X.

Konkrete Empfehlungen sind aufgrund der noch recht frühen Entwicklungsstufe vieler Technologien und dem Fehlen einer quantitativen Potenzialanalyse für Österreich nur eingeschränkt möglich (AIT, 2018). Eine weitere **Förderung von Forschung und Entwicklung** sowohl, um bestehende Technologien zur Marktreife zu bringen, als auch in der Grundlagenforschung sind daher auch in Zukunft wichtig. Eine **Förderung im Anwendungsbereich saisonaler Ausgleich** sollte sich konzentrieren auf: Pumpspeicherkraftwerke, Power-to-Gas (Methanisierung, Elektrolyse), Gas-to-Power, große thermische Wasserspeicher, Latentwärmespeicher (Phase Change Material – PCM), Thermochemische Wärmespeicher (Thermo Chemical Material – TCM) und Power-to-Heat. Jedoch liegt der bis 2030 benötigte Bedarf an Pumpspeichern, unabhängig von Annahmen zu Elektromobilität und Power-to-Gas, „im sehr niedrigen Bereich von 140-200 MW“ (Haas u. a., 2017, S. 91).

Stromnetzkosten

Die Übernahme der Netzkosten im Verteilnetz durch KonsumentInnen bringt mit dem Einsatz von dezentraler Produktion und Speichern neue regulative Probleme (Schmidt u. a., 2016). Während die Netzkosten für die Versorger durch die neuen Technologien, insbesondere durch verteilte PV-Produktion, ansteigen können, können die Verursachenden sich teilweise aus der Finanzierung des Netzes (durch Eigenverbrauch der produzierten Elektrizität) zurückziehen. In der Regulierung des Netzes sollte daher darauf geachtet werden, dass die Finanzierung des Netzes fair und an den tatsächlich anfallenden Kosten orientiert ist. Eine Möglichkeit ist die Umstellung von variablen Tarifen auf solche, die an der Spitzennachfrage des Haushalts angelehnt sind. Dies hat im Kontext von Speichertechnologien den Nachteil, dass sich Haushalte mit der Möglichkeit zur Installation von Speichern teilweise aus der Netzfinanzierung zurückziehen können, während andere Haushalte ohne Zugang zu einem Speicher übermäßig belastet werden. Gleichzeitig können durch die simultane, nichtkoordinierte Speicherverwendung im Verteilnetz neue Gesamtspitzen entstehen. Speichertechnologien sollten also, soweit

wie möglich, über intelligente Steuersysteme im Verteilnetz koordiniert werden. Gleichzeitig sollte die Tarifstruktur einen ausgewogenen Mix aus variablen, fixen und spitzenlastabhängigen Anteilen aufweisen.

Flexible bzw. progressive Energietarife werden in Abschnitt 5.2.4 diskutiert.

Strom

Relevante Technologien für die kurzfristige Netzstabilität sind Wasserspeicher, Power-to-Gas (einschließlich Wasserstoff), Power-to-Heat, Pumpspeicher, Batteriesysteme, Gas-to-Power, Heat-to-Power und kleine Blockheizkraftwerke.

Eine **Wasserstoffstrategie** mit detaillierten Maßnahmen ist noch in Arbeit und wird auf Erzeugung, Infrastruktur und Speicher, Greening the Gas (EAG 2020) und Endverbrauch eingehen. Zudem sollen Investitionen in „Power-to-Gas“ oder das Lagern von Wasserstoff beim Förderzins angerechnet werden können. Jedenfalls setzt der Einsatz von Wasserstoff als Speicher ausreichende Kapazitäten von Strom aus erneuerbaren Quellen voraus.

Um die Nutzung neuer Technologien zu fördern, könnte **Strom aus neuen Speichern von Netzentgelten befreit** werden (Gawel und Purkus, 2013). Zudem könnte die **gemeinsame Nutzung von Speichern**, also deren Freigabe für Dritte, gefördert werden.

Wärme

Siehe Abschnitt 5.2.1 zur Sektorkopplung und 5.4 für den Sektor Gebäude.

Relevante Technologien im Bereich der Wärme sind vorwiegend Wasserspeicher, Latentwärmespeicher (PCM), thermochemische Speicher (TCM), Dampfspeicher, Hochtemperatur-Feststoffspeicher-Lösungen.

Reformen auf EU-Ebene

Da auf dem europäischen Binnenmarkt der freie Handel mit Gütern, Dienstleistungen und Kapital grundsätzlich – also auch im Energiesektor – geschützt ist, kann Österreich die Energiewende nur begrenzt im nationalen Alleingang gelingen. Auch auf EU-Ebene sollen Reformen unterstützt werden. **Tabelle 7** gibt einen ersten groben Überblick für Maßnahmen im Bereich EE auf EU-Ebene.

Tab. 7: Übersicht von Maßnahmen im Bereich EE auf EU-Ebene.

Kategorie	Maßnahme	Art	Quelle
Ordnungspolitik	Gleichbehandlung ausländischer erneuerbarer Anlagen mit Anschluss ans Ö-Netz (Umsetzung der Erneuerbaren-Richtlinie 2018)	Geplant	NEKP
Steuerliche Anreize	Einführung eines CO ₂ -Mindestpreises im Energiesektor	Ergänzend	k. A.
Investitionsförderung	Subventionen für fossile und nukleare Energieproduktion abschaffen	Ergänzend	k. A.

ETS-Reform

Österreich sollte an der Revision der ETS-Richtlinie 2018 konstruktiv teilnehmen, da die Dekarbonisierung der Energieproduktion nur über kollektiv verbindliche Institutionen auf europäischer Ebene gelingen kann. Der anhaltend niedrige Zertifikatspreis schädigt die europäische Wirtschaft nachhaltig, da er weitere Investitionen in CO₂-intensives Kapital fördert, was mittelfristig eine Erhöhung des Zertifikatspreises erschwert. Initiativen einzelner Länder sind zu begrüßen, allerdings weder ausrei-

chend noch effizient, da diese den Zertifikatspreis durch geringere Nachfrage weiter drücken könnten (Flachsland u. a., 2018; Perino, 2018). Zudem könnten diese zu carbon leakage und einer Verzerrung des Binnenmarkts führen. Einnahmen aus dem ETS-Auktionsverfahren sollten ähnliche Verwendung finden wie Steuereinnahmen durch CO₂-Preise (siehe Abschnitt 4.1.1).

Daher könnte Österreich bis 2030 einen **nationalen carbon price floor (CPF) für Stromproduktion aus fossiler Primärenergie** einführen. Dies könnte nach englischem

Vorbild über eine Steuer umgesetzt werden (Hirst, 2018). Mittelfristig ist dies allerdings kein Ersatz für die Einführung eines CPF auf EU-Ebene. Bis dies gelingt, könnte Österreich einer „Koalition der Willigen“ beitreten und für eine Erweiterung dieser werben. Ähnliche Vorschläge werden in den Niederlanden und Frankreich diskutiert.

Der CPF sollte stetig steigen, um glaubhaft langfristige Anreize zu setzen und Finanzierung von grüner Technologie durch Planbarkeit zu erleichtern (Edenhofer u. a., 2017).

Binnenmarkt

Eine verbesserte Anbindung des österreichischen an das europäische Stromnetz schafft „einen Großteil der benötigten Flexibilität um erneuerbare Energien in das System zu integrieren. Die verbesserte Integration Österreichs in das europäische Verbundnetz federt Preisspitzen an den Spotmärkten ab, da etwaige Erzeugungsengpässe durch Importe ausgeglichen werden können“ (Haas u. a., 2017, S. 91). Durch eine konsequente Umsetzung der Energiewende wird Österreich in der Modellstudie vom Nettoimporteur zum Nettoexporteur von Strom. Im Zusammenhang mit der zunehmenden Integration des europäischen Energiemarkts ist auch ein koordinierter Ausstieg aus fossiler und nuklearer Mindesterzeugung relevant.

Österreich sollte sich für die EU-weite Abschaffung von Subventionen für fossile und nukleare Energieerzeugung einsetzen. Nur so kann langfristig die vollständige Freiheit von Stromimporten aus diesen Quellen gewährleistet werden. Kurzfristig könnte dies über Konsumenteninformation gelingen.

5.2.3 Industrie & Kreislaufwirtschaft

Einleitung

Das System der Kreislaufwirtschaft basiert auf der Reduzierung des Ressourcen- und Energieinputs, der Wiederverwertung von Produkten und Rohstoffen und der Regeneration von natürlichen Ressourcen. Um dies zu verwirklichen, ist eine Veränderung der momentanen Produktions- und Konsumweise nötig. Eine Entwicklung hin zu einer Kreislaufwirtschaft bringt viele Vorteile mit sich. Die gesteigerte Ressourceneffizienz führt zu THG-Einsparungen, zudem hat es positive Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt und schafft Rahmenbedingungen für Innovationen (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Auf-

grund von physikalischen Prinzipien (Thermodynamik) und ungenutzten Möglichkeiten kann jedoch niemals ein kompletter Kreislauf entstehen, in dem der Abfall zu 100 % recycelt wird und keine zusätzliche Energie benötigt wird. Daher ist die Vermeidung von Abfall die höchste Priorität in der Kreislaufwirtschaft, gefolgt von Verwertung und umweltgerechter Beseitigung. Folglich ist eine Stabilisierung von Materialflüssen notwendig, um eine langfristige Energieeinsparung zu sichern. Eine weitere Anforderung zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft ist ein Wandel in der Konsumgesellschaft. Dieser kann durch Bildung und Informationen über das Thema Kreislaufwirtschaft gefördert werden. Eine Förderung auf der Mikro- (Unternehmen), Meso- (Regionen und Städte) und Makro-Ebene (national) unterstützt die Entwicklung Österreichs zur Kreislaufwirtschaft, ebenso wie das Zusammenspiel aller drei Ebenen (Lutter u. a., 2016).

Zudem hängt die verstärkte Kreislaufführung von Materialien maßgeblich von Transformationen im Industriesektor ab. Mit dem Sektor Industrie sind aus dem Klimaschutz-Blickwinkel vor allem Überlegungen über die Zukunftsfähigkeit der energieintensiven Industrien (Stahl, Zement, chemische Industrie) verbunden. Erste Antworten, die eine Substitution der bisherigen fossilen Energien in den Produktionsprozessen auf erneuerbare Energien empfehlen, bieten zwar technische Lösungen, erfordern aber große Investitionen und sind aufgrund des hohen Zusatzbedarfs an erneuerbaren Energien aus heutiger Sicht nicht ausreichend, um eine klimaneutrale Industrie zu ermöglichen. Nur als ein Beispiel: Das von Voest-Alpine und Verbund initiierte EU-Forschungsprojekt H2FUTURE soll demonstrieren, wie über erneuerbare Energien Wasserstoff bereitgestellt und für die Stahlerzeugung verwendet werden kann. So wichtig die Sondierung solcher Technologiepotenziale ist, so bestehen doch noch große Hindernisse bei der Umsetzung. So würde für die derzeit in Österreich produzierte Stahlmenge fast die Hälfte des derzeit in Österreich verfügbaren Volumens an Elektrizität bereitgestellt werden müssen. Auch wenn es wahrscheinlich ist, dass die Menge des benötigten Stroms aufgrund von Systemrückwirkungen kleiner ausfällt, muss die Beschaffungsfrage geklärt werden (Mayer u. a., 2019a). Zu ähnlichen Erkenntnissen führen Überlegungen, für die Zementproduktion nur mehr erneuerbare Energien zu verwenden. Die Umsetzung solcher Innovationen und Integration in den Markt hängt zudem maßgeblich von der Höhe des CO₂- und Energiepreises ab.

Konstruktive Antworten weisen auch für den Sektor Industrie auf ähnliche Strategien wie für den derzeitigen

Sektor Energie. Österreich hat beste Voraussetzungen, um im Bereich der energieintensiven Industrien jene Strategien zu demonstrieren, die in der von der Europäischen Kommission vorgestellten Long-term Climate Strategy angesprochen werden (EK, 2018). Grundsätzlich sind alle Maßnahmen zielführend, die es den betroffenen Unternehmungen ermöglichen, ihre bisherigen Produkte in die relevanten Wertschöpfungsketten für Funktionalitäten besser einzubinden. Nicht die einzelnen Produkte, wie Stahl und Zement, sind mehr isoliert zu betrachten, sondern deren Einbindung in Wertschöpfungsketten bis zu den damit verbundenen Funktionalitäten. Damit werden Einsichten verbunden sein, welche anderen Werkstoffe und welche anderen Designs möglich wären, die vielleicht weniger ressourcenintensiv sind und einen alternativen Konsum ermöglichen. An einem Beispiel soll dies illustriert werden. Am prominenten Schweizer

Forschungsinstitut EMPA werden tragende Bauteile für Gebäude errichtet, die den Verbrauch von Zement bis zu 70 % reduzieren und auch keinen Stahl mehr benötigen, ohne damit die gewünschte statische Funktionalität zu beeinträchtigen (Block u. a., 2017).

Aus derzeitiger Sicht wird aber ein Restbedarf an solchen Emissionen bleiben, für die sicherzustellen ist, dass sie möglichst produktiv im Sinne von emissionsmindernden Folgeeffekten wirksam werden, beispielsweise Stahl in neuen Netzen für Eisenbahnen oder Zement für eine erhöhte thermische Speicherfähigkeit von Gebäuden.

Tabelle 8 gibt eine Übersicht der bestehenden und geplanten Maßnahmen im Entwurf-NEKP sowie ergänzende Maßnahmen, die die Erreichung der Paris-Ziele unterstützen.

Tab. 8: Übersicht von Maßnahmen für den Bereich Kreislaufwirtschaft.

Kategorie	Maßnahme	Art	Förderung	Kommentar
Förderung Kreislaufwirtschaft	Finanzielle Förderungen von Kreislaufwirtschaftsinitiativen	Bestehend / Ergänzend	KLIEN + neue Förderschiene	
	Politische Unterstützung von Kreislaufwirtschaftsinitiativen	Ergänzend		
Vermeidung von Abfall	Verlängerung der Produktnutzung	Geplant / Ergänzend		
	Vermehrtes Recycling von Kunststoffen	Ergänzend		
Industrie	Ausbau von Elektrostahlkapazitäten	Ergänzend		Energie-intensive Industrie ist im Entwurf-NEKP nicht abgedeckt, da sie Teil des ETS-Handel ist.
	Umstellung der chemischen Industrie	Ergänzend		
Raumplanung	Förderung der industriellen Symbiosen	Ergänzend		
Ressourceneffizienz	Sharing Economy	Ergänzend		

Bestehende Maßnahmen und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Im Entwurf-NEKP werden Maßnahmen zur Kreislaufwirtschaft nicht ausführlich behandelt. Es sollen Projekte und Netzwerke zur Verlängerung der Nutzungsdauer (z. B. Reparaturnetzwerke, Repair-Cafés oder Re-Use-Projekte) ausgebaut werden. Es fehlt eine Konkretisierung der zu fördernden Projekte wie auch ein Finanzierungs- oder Zeitrahmen.

Ergänzende Maßnahmen

Unterstützende Faktoren der Kreislaufwirtschaft

In Österreich bestehen bereits viele kleine Initiativen, die eine Transformation hin zur regionalen Kreislaufwirtschaft anstreben. Diese Initiativen sind in den verschiedensten Sektoren angesiedelt wie z. B. Energie oder Landwirtschaft. Viele dieser Initiativen haben von **finanziellen Förderungen** durch den KLI-EN profitiert. Jedoch führten die neu eingeführten

Qualitätsmanagementauflagen zu erhöhtem administrativen Aufwand, sodass Initiativen zum Teil bereits vor einer Antragstellung Abstand genommen haben (Lutter u. a., 2016). Daher ist eine Ausweitung des Förderprogramms, gekoppelt mit einem schlankeren administrativen Aufwand, eine Möglichkeit, um weitere Kreislaufwirtschaftsinitiativen zu unterstützen. Besonders wird eine finanzielle Unterstützung zur Finanzierung von Büro und Organisation benötigt. Eine Integration von Kreislaufgeschäftsmodellen in Förderschienen für Innovation und Start-ups würde, zusätzlich zu der Förderung durch den KLIEN, zu einer Ausweitung solcher Initiativen führen.

Neben der finanziellen Förderung kann **politische Rückendeckung und Unterstützung** Anreize zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft geben. Eine Unterstützung der AkteurInnen bei der praktischen Umsetzung und Abstimmung von gesetzlichen und technischen Rahmenbedingungen durch offizielle Seite ist zudem zielführend. Daneben ist auch eine Beratung in strategischen Belangen wünschenswert (Lutter u. a., 2016).

Raumplanung

Es besteht die Möglichkeit, durch Förderungen, z. B. im Rahmen von Regionalentwicklungsprogrammen, finanzielle Anstöße zur Entstehung von **industriellen Symbiosen** zu geben und somit die Entwicklung hin zur Kreislaufwirtschaft weiter zu unterstützen. Bei der industriellen Symbiose teilen Betriebe gemeinsame Infrastruktur und Dienstleistungen. Zudem wird mit industriellen Nebenprodukten wie Wärme, Energie, Abwasser und Abfall gehandelt. Ein industrielles Symbioseprogramm würde die Rolle der Vermittlung übernehmen und somit die innovative Zusammenarbeit zwischen Unternehmen fördern (Lutter u. a., 2016).

Sharing Economy

Zur Ressourceneffizienz gehört auch die Förderung von Systemen zur gemeinsamen Nutzung von Produkten. Die „Sharing Economy“ bietet viele Potenziale zur Förderung nachhaltigen Konsums, jedoch werden Sharing-Plattformen auch zunehmend als unregulierte Dienstleister kritisiert, die nicht unbedingt zu einer verringerten Ressourcennutzung beitragen (Martin, 2016). Dabei muss in kommerzielle und nichtkommerzielle Angebote unterschieden werden. Nichtkommerzielle Angebote sind u. a. Repair-

Cafés, Wiederverwendungs- und Reparaturzentren. Während kommerzielle Angebote durch marktlich-wettbewerbliche Mechanismen oft stark wachsen und damit nicht unbedingt zu einer verminderten Ressourcennutzung beitragen, sind nichtkommerzielle Angebote oft Teil einer Nische, bieten jedoch eine Möglichkeit zur effizienteren Nutzung von Ressourcen. Gemeinwohlorientierte Angebote geben außerdem Impulse für eine suffiziente Konsumkultur, da Nutzer gemeinschaftlich teilen und einen reflektierten Umgang mit Produkten praktizieren. Daher ist die Etablierung von Rahmenbedingungen, welche die Dauerhaftigkeit von solchen nichtkommerziellen Angeboten gewährleisten, eine Maßnahme zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Bei kommerziellen Angeboten müssten durch Regelungen die Nachhaltigkeitsaspekte integriert werden (Behrendt u. a., 2017).

Verlängerung der Produktnutzung

Um eine Entwicklung hin zur Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen, ist es wichtig, dass ein Wandel weg von dem schnellen Verbrauch von Konsumgütern vonstattengeht und Produkte möglichst lange benutzt werden, bevor sie ersetzt werden. Im folgenden Abschnitt werden Maßnahmen und Instrumente aufgezeigt, die alle einer längeren Produktnutzung dienen.

Produktlebensdauer

Um eine verlängerte Nutzung von Produkten zu gewährleisten, müssen sich VerbraucherInnen auf eine Mindestlebensdauer des Produkts verlassen können. Dies können Maßnahmen zur **Erreichung einer gesicherten Mindestlebensdauer** fördern. Im Rahmen der EU-weiten Ökodesign-Richtlinie können produktspezifische Anforderungen an die Lebensdauer von energieverbrauchsrelevanten Produkten gestellt werden. Bei manchen Produkten ist die Prüfdauer zu lang, dort wäre eine Maßnahme, dass Mindestanforderungen an die Qualität oder die Lebensdauer besonders wichtiger oder störanfälliger Komponenten gelten (Umweltbundesamt[DE], 2017).

Verbesserung der Verbraucherinformation

Eine **Angabe der Produktlebensdauer** unterstützt KonsumentInnen bei der Kaufentscheidung für langlebige Produkte. Dies würde unter eine Erweiterung der Informationsforderungen der Ökodesign-Richtlinie fallen, wäre jedoch nicht bei allen Produkten möglich.

Für diese könnten auch produktgruppenspezifisch Informationsanforderungen eingeführt werden. Außerdem ist es für VerbraucherInnen hilfreich, wenn **spezifische Nutzungs- und Wartungsbedingungen** (Sollbruchstellen, Kapazitäten von Verschleißteilen etc.) mitgeteilt werden, sodass eine optimale Nutzung und Wartung gewährleistet werden kann. **Informationen zu Ersatzteilen und Reparaturservice** stellen sicher, dass KonsumentInnen die Reparierfähigkeit eines Produktes beim Kauf besser einschätzen können (Umweltbundesamt[DE], 2017).

Übergreifende rechtliche Instrumente

Das vom Umweltbundesamt Deutschland entwickelte Instrument einer **Herstellergarantieaussagepflicht** schafft eine materielle Garantie, die direkt an Hersteller gebunden ist. Hersteller werden verpflichtet, die garantierte Lebensdauer anzugeben. Es ist auch möglich den Zeitraum „Null“ anzugeben, was eher von einem Kauf dieses Produktes abhält. Eine zusätzliche Maßnahme ist eine **Erweiterung des Produktsicherheitsgesetzes zum Schutz der Umwelt**. Damit die geforderten Produkthanforderungen erfolgreich umgesetzt werden können, besteht die Möglichkeit, die **Verbandsklagebefugnisse auszuweiten**, sodass die genannten Maßnahmen mit eingeschlossen sind (Umweltbundesamt[DE], 2017). Zurzeit gestaltet es sich für VerbraucherInnen eher schwierig, ihre Rechte unter dem Gewährleistungsrecht durchzusetzen (Arbeiterkammer, 2015).

Verbesserung der Reparierfähigkeit

Produktgruppenspezifische Mindestanforderungen zur Repariermöglichkeit von Produkten unter der Ökodesign-Richtlinie unterstützen die Verbesserung der **Reparierfähigkeit von Produkten** (zum Beispiel durch vereinfachten Austausch von Einzelkomponenten). Außerdem sind **verbesserte Rahmenbedingungen für unabhängige Reparaturbetriebe und Reparaturinitiativen eine Maßnahme, damit die Zahl der Reparaturen ansteigt**. Die Ökodesign-Richtlinie bietet dafür den rechtlichen Rahmen, jedoch besteht auch die Möglichkeit einer zu entwickelnden Reparaturrichtlinie. Damit würden auch nicht herstelleregebundene HändlerInnen, Einrichtungen oder VerbraucherInnen Zugang zu grundlegenden Reparaturanleitungen, Ersatzteilen und Werkzeugen erhalten. Eine Maßnahme wäre zu prüfen, ob eine verpflichtende Vorhaltung von Ersatzteilen für eine bestimmte Zeit und Pro-

duktgruppe möglich wäre. Durch eine Unterstützung von Reparaturangeboten (z. B. Reparaturnetzwerken) können neue Beschäftigungsmöglichkeiten geschaffen werden sowie eventuell auch eine engere Bindung mit dem Produkt entstehen, was ein verfrühtes Entsorgen verhindert (Umweltbundesamt[DE], 2017).

Bei vielen kleineren Geräten liegt der Neuanschaffungspreis oft unter dem Preis für eine Reparatur. Daher unterstützt eine Senkung der Kosten einer Reparatur deren Nachfrage. Ein Instrument ist die Umsatzsteuer. Eine **reduzierte Umsatzsteuer für Reparaturausgaben** erhöht den Anreiz, ein Produkt zu reparieren im Gegensatz zu einer Neuanschaffung. Es ist möglich, dies national einzuführen, da Nationalstaaten europarechtlich Spielraum in der Mehrwertsteuersystemrichtlinie haben. Eine weitere Möglichkeit ist eine Reparaturkostenreduktion über die Einkommenssteuer. Reparaturkosten könnten somit im Haushalt und außerhalb des Haushalts steuerlich abgesetzt werden (Umweltbundesamt[DE], 2017).

Verlängerung der Produktnutzungsdauer

Aber nicht nur Strategien zur Verlängerung der Produktlebensdauer, sondern auch Maßnahmen zur Verlängerung der **Produktnutzungsdauer** unterstützen die Abfallvermeidung.

Innovative Servicemodelle (Leasing, Miete, Rückkaufvereinbarung, Nachsorgebehandlung) bieten Möglichkeiten der Realisierung von einer langlebigen Produktnutzung. Außerdem ist es möglich, dass die genannten Servicemodelle den Markt für langlebigere und hochwertigere Produkte positiv beeinflussen. Zielführend ist auch eine Unterstützung **kommunaler und sozialwirtschaftlicher Aktivitäten zur Wiederverwendung** durch Kooperationen zwischen Kommunen und Sozialwirtschaft, dem Aufbau professioneller Strukturen und die Zugriffsmöglichkeiten auf Reparaturinformationen und Ersatzteile (Umweltbundesamt[DE], 2017).

Die Produktnutzungsdauer ist jedoch nicht nur von technischen, sondern oft auch von **kulturellen und psychologischen Faktoren** abhängig. Ein zeitloses Design, sowie Möglichkeiten zur Aktualisierung der Betriebssoftware und Modernisierung von Produkten, verringert den verfrühten Austausch von Produkten, obwohl sie noch funktionsfähig sind. Eine weitere Maßnahme ist die Thematisierung des Nachhaltigkeitsaspektes

von Design im Curriculum von Hochschulen und in Unternehmen (Umweltbundesamt[DE], 2017).

Neben werkstofflichen und psychologischen Gründen, ein Produkt zu ersetzen, sind **funktionale Faktoren** auch vermehrt ein Grund zum Austausch. Dies bedeutet, dass ressourceneffizientere Software benötigt wird. Zum Beispiel kann ein an sich funktionsstüchtiges Gerät oft nicht mehr verwendet werden, da die Software zu viel Speicherplatz oder Prozessorleistung benötigt. Eine **modulare Bauweise** mit Möglichkeiten zur Erweiterung, Vorbehaltung von Software-Treibern für einen längeren Zeitraum und die Förderung von freien Soft- und Hardware-Initiativen können diesem entgegenwirken. Jedoch bedarf es in diesem Bereich insgesamt noch weiterer Forschung.

Industrielle Prozesse

Der Sektor Industrie trägt zu ca. 30 % der österreichischen THG-Emissionen und dem energetischen Endverbrauch bei (Umweltbundesamt, 2015b). Eine umfangreiche Dekarbonisierung der österreichischen Industrie erfordert, dass die einzelnen industriellen Prozesse nicht separat analysiert werden, sondern einer systematischen Sichtweise unterzogen werden, welche Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Sektoren miteinbezieht. Eine Transformation des Industriesektors hängt maßgeblich von der Bereitstellung erneuerbaren Energien (Abschnitt 5.2.2), einer CO₂-Bepreisung aller Sektoren (Abschnitt 5.1.2), der Wahl der Baustoffe im Gebäudesektor (Abschnitt 5.4.2) und Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen (Abschnitt 5.3.3) ab. Um der Struktur des Entwurf-NEKP gerecht zu werden, werden in den folgenden Abschnitten mögliche Maßnahmen der einzelnen Industriesektoren, die einer Erreichung des 1,5-°C-Zieles dienen, beschrieben. Abschnitt 5.2.1 berücksichtigt die benötigte systematischere Herangehensweise und geht näher auf das Konzept der Sektorkopplung ein.

Stahlindustrie

Eine Umstellung der Stahlproduktion durch Stahlschrott mindert den Umwelteinfluss erheblich. In Österreich wird bereits 76 % des Stahls recycelt (Jacobi u. a., 2018). Eine Zunahme der Recyclingquote sowie Maßnahmen zur Reduktion des Stahlverbrauchs (**share, repair, reuse, Werkstoffsubstitution**) und Effizienzsteigerung führen zu CO₂-Minderung bei der Stahlproduktion. Um netto Emissionsfreiheit der

Stahlerzeugung zu erreichen, sind jedoch zusätzliche Maßnahmen notwendig, da Stahl produziert durch Schrott nur in begrenzter Qualität möglich ist. Der technologische Wandel Richtung **wasserstoffbasierter Eisenreduktion** ist eine klimaneutrale Alternative, die eine hohe Stahlqualität gewährleistet (Mayer u. a., 2019b). Prozessbedingte CO₂-Emissionen werden bei wasserstoffbasierter Produktion weitestgehend vermieden, es können über 90 % der THG-Emissionen eingespart werden (Umweltbundesamt, 2017a). Derzeit ist dieses Verfahren im Vergleich zum konventionellen Hochofenverfahren noch nicht wettbewerbsfähig. Zudem wäre bei einer Umstellung der Stahlproduktion in Österreich ein hoher Anstieg der Gesamtstromnachfrage die Folge. Eine Erweiterung der erneuerbaren Stromerzeugung sowie eine CO₂-Bepreisung würden wesentlich zur Wettbewerbsfähigkeit der wasserstoffbasierten Eisenreduktion beitragen (siehe Abschnitte 5.2.2 und 5.1.2) (Mayer u. a., 2019b).

Neben der wasserstoffbasierten Erzeugung besteht auch die Möglichkeit der CO₂-Abscheidung bei der Produktion und Tiefenspeicherung (**carbon capture and storage - CCS**) oder der Nutzung des eingefangenen CO₂ (**carbon capture and usage - CCU**). Jedoch bestehen signifikante Umweltrisiken bei der Tiefenspeicherung sowie Widerstand bei der Bevölkerung in betroffenen Gebieten. Eingefangenes CO₂ kann u. a. durch die Verwendung neuer Technologie in der chemischen Industrie eingesetzt werden (siehe unten). Es besteht allerdings das Risiko, dass die Nachfrage nach CO₂ durch CCS oder CCU in der Industrie ohne CO₂-Bepreisung nicht groß genug ist, da die konventionellen Herstellungskosten von CO₂ sehr niedrig sind (Mayer und Türk, 2018). Weitere Forschung und Entwicklung von Technologien zur emissionsfreien Stahlproduktion sind daher hilfreich (Mayer u. a., 2019a).

Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft

Die Nachfrage nach Kunststoffabfällen wächst stetig, da diese zur Wärmeerzeugung oder als Ersatzbrennstoffe (z. B. bei der Klinkerherstellung in der Zementindustrie) verwendet werden können. Kunststoffabfälle können generell mechanisch, thermisch oder chemisch verwertet werden. Um jedoch eine Entwicklung hin zur Kreislaufwirtschaft zu fördern, ist die Reduktion und Recycling von Kunststoff gegenüber der chemischen und thermischen Verwertung

zu bevorzugen (Umweltbundesamt[DE], 2019b). In Österreich lag der Bedarf an Kunststoffen in 2015 bei rund 1,03 Mt. Das Aufkommen an Kunststoffabfällen lag bei rund 0,92 Mt im selben Jahr. Davon wurden etwa 71 % thermisch behandelt, 28 % stofflich verwertet und 1 % deponiert (Stoifl u. a., 2017).

Plastik kann am besten recycelt werden, wenn es sortenrein gesammelt wird, da Verunreinigungen vermieden werden. Dabei führen **Getrennthaltungspflichten** zu einer Verbesserung des Kunststoffrecyclings. Ein erfolgreiches Beispiel ist das Pfandsystem der PET-Getränkeflaschen in Deutschland, da der gewonnene Kunststoff zur Verwendung von hochwertigen Anwendungen wiederverwertet werden kann. Auch führt ein **recyclingfähiges Produktdesign** zu einer verbesserten werkstofflichen Verwertung. Unter der EU-Ökodesign-Richtlinie besteht die Möglichkeit, Mindestanforderungen an die Recyclingfähigkeit von Produkten zu definieren. Dabei ist es aber wichtig zu beachten, dass die Designanforderungen mit der Verwertungspraxis vereinbar sind (Umweltbundesamt[DE], 2016a).

Da eine hohe Reinheit beim mechanischen Recycling benötigt wird und diese nicht immer gegeben ist, ist das **chemische Recycling** besonders für nicht oder schwer werkstofflich verwertbare Kunststoffe eine Alternative. Außerdem kann das chemische Recycling eingesetzt werden, wenn Kunststoffe nach mehrfachem mechanischen Recycling (Downcycling) nicht mehr verwertbar sind (Schneider u. a., 2017). Dabei wird der Kunststoff in seine Grundstoffe zerlegt. Dieses Verfahren wurde bisher nur im Rahmen von Pilotanlagen getestet (Umweltbundesamt[DE], 2019b). Dabei ist zu beachten, dass das Rezyklat im Kreis geführt wird (es entsteht wieder „neuwertiger Kunststoff“) und nicht für den Treibstoffmarkt verwendet wird.

Chemische Industrie

Die THG-Emissionen der chemischen Industrie in Österreich machen etwa 13 % der THG-Emissionen der gesamten österreichischen Industrie aus. Windsperger u. a. (2018) haben Szenarien erstellt, die eine mögliche Dekarbonisierung der chemischen Industrie Österreichs aufzeigen. Die Studie beruht auf einer Analyse für die chemische Industrie in Europa, die von DECHEMA durchgeführt wurde. Windsperger u. a. (2018) kalkulieren, dass durch **Maßnahmen der Energie- und Prozesseffizienz** (kontinuierliche Verbesserung der Effizienz und Sanierung der Anla-

gen, Umstieg auf Best-Practice-Technologien, Wärmeintegration und Abwärmenutzung) bis 2050 eine Einsparung von 20 % des Energieeinsatzes erzielt werden kann, was etwa 0,2 Mt CO₂ bei einem emissionsintensiven Energiesystem entspricht. Zusätzlich besteht Potenzial zur THG-Emissionseinsparung bei der Bereitstellung von Prozessenergie, die in hohem Maße mit Dampf erfolgt. Anstelle der Nutzung von Kesselanlagen ist die Nutzung von erneuerbarem Strom auch für die Dampfbereitstellung oder „Power-to-Heat“ Anwendungen möglich. Durch Effizienzsteigerungen und **erneuerbarem Stromeinsatz für Antriebe, Öfen und Dampfbereitstellung** können die CO₂-Emissionen der chemischen Industrie bis 2050 auf etwa die Hälfte reduziert werden. Dadurch entsteht ein zusätzlicher Bedarf an erneuerbarem Strom von 15 TWh.

Um weitere THG-Emissionen einzusparen und eine Abkehr vom Einsatz fossiler Rohstoffe in der chemischen Industrie zu erreichen, ist die Einführung **neuer Technologien im Bereich der Grundchemikalien** notwendig. Diese beruhen auf dem Einsatz von erneuerbarem Strom. Dabei geht es vor allem um:

- Low-Carbon-Ammoniak-Prozess unter Verwendung von Elektrolyse-Wasserstoff (anstelle von Methan).
- Umstellung der Methanol- und Olefinproduktion (Ausgangsbasis für Kunststoffe). Der benötigte Kohlenstoff wird als CO₂ aus Verbrennungsabgasen gewonnen. Es wird Elektrolyse-Wasserstoff verwendet.
- Vermehrter Einsatz von Biomasse als Kohlenstoffquelle (ebenfalls für Methanol und Olefine).

Bei einer Dekarbonisierung der chemischen Produktion kalkulieren Windsperger u. a. (2018) einen benötigten zusätzlichen Strombedarf von 60 TWh. Dies entspricht fast dem gesamten Stromeinsatz in Österreich im Jahr 2016. Es ist daher, aus heutiger Sicht, unwahrscheinlich, dass dies durch erneuerbaren Strom im Jahr 2050 gedeckt werden kann.

Da der Ausstieg aus fossilen Rohstoffen mit so einem hohen Strombedarf verbunden ist, erscheint der Erhalt der chemischen Strukturen vorrangig. Sortenreine Trennung für Recycling oder Neu-Synthese nach chemischer Zerlegung in Grundbausteine sind zielführende Maßnahmen der Vermeidung von fossilen Ressourcen (Windsperger u. a., 2018).

5.2.4 Effizienz

Einleitung

Im Entwurf-NEKP wird die Erreichung des nationalen Zielwerts von maximal 1050 Petajoule (PJ) Endenergieverbrauch im Jahr 2020 als unwahrscheinlich eingestuft. Als Grund werden im Entwurf-NEKP die volatilen und nur schwer beeinflussbaren Größen wie Witterungsverlauf, Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum genannt. Im UBA THG- und Energieszenario 2017 (WEM17) reichen die existierenden Maßnahmen nicht aus, um den Zielwert zu erreichen (Umweltbundesamt, 2017a). Bis 2030 soll die Primärenergieintensität um 25 % bis 30 % gegenüber 2015 verbessert werden. Sollte bis 2030 ein Primärenergiebedarf von 1.200 PJ überschritten werden, so sollen diese darüber hinausgehenden Energiemengen durch Energie aus erneuerbaren Quellen abgedeckt werden.

Ein Zielwert des absoluten Endenergieverbrauchs ist einer Zielsetzung der Primärenergieintensität vor-

zuziehen, da der absolute Endenergieverbrauch mögliche Rebound-Effekte mitberücksichtigt (Nadel, 2016). Zudem sind die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, einen absoluten Wert des Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs im Jahr 2030 anzugeben (Arbeitskammer, 2018).

Energieeffizienzmaßnahmen erstrecken sich über so gut wie alle Sektoren (Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Industrie) und sind damit sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen. Vor allem in den Bereichen Gebäude und Industrie stecken hohe Potenzial zur Effizienzverbesserung (Sommer u. a., 2017). Effizienz wird hier jedoch in einem eigenen Abschnitt behandelt, da Energieeffizienz eines der fünf Unionsziele ist und auch im Entwurf-NEKP einen eigenen Abschnitt bekommen hat.

Tabelle 9 gibt eine Übersicht der bestehenden und geplanten Maßnahmen im Entwurf-NEKP sowie ergänzender Maßnahmen, die eine Erreichung der Paris-Ziele weiter unterstützen würden.

Tab. 9: Übersicht von Maßnahmen für den Bereich Effizienz.

Kategorie	Maßnahme	Art	Förderung	Kommentar
Projekte	e5-Programm	Bestehend	k. A. (KLIEN)	
	Klima- und Energiemodellregionen	Bestehend	6,2 (KLIEN)	
	Klimabündnis Österreich	Bestehend		
Gebäude	Langfristige Renovierungsstrategie	Geplant		
	Verschärfung der Bauordnung im Neubau und für Sanierung; Maßnahmen zur Erhöhung der Einhaltung	Ergänzend		
Raumplanung	Energieeffiziente Raumplanung	Ergänzend		
Ordnungsrechtlich	Energieeffizienzgesetz	Bestehend		
	Smart Meter Roll-out 2019	Bestehend		
	Verringerung des Rebound-Effekts	Ergänzend		Als Ergänzung zum Energieeffizienzgesetz
Bewusstseinsbildung	Bewusstseinsbildung und Verhaltensmaßnahmen	Ergänzend		

Bestehende Maßnahmen und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Energieeffizienzgesetz

Basis für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen ist das EEffG (Wagner, 2011, 2016a), welches auf die Umsetzung der EU-Richtlinie über Energieeffizienz 2012/27/EU zurückzuführen ist. Das EEffG beinhaltet sowohl die Umsetzung verpflichtender Maßnahmen als auch Förderungen in privaten und öffentlichen Betrieben, z. B. Energieaudits für große Unternehmen, Energiemanagementsysteme für KMUs Energieberatung oder betriebliche Steigerung von erneuerbarer Energien.

Im Entwurf-NEKP ist eine Evaluierung und Weiterentwicklung des EEffG geplant. Geplante Energieeffizienzmaßnahmen umfassen eine breite Palette: Forcierung von Energiemanagementsystemen in KMUs Förderungen für die Nutzung von gewerblicher und industrieller Abwärme; Pilotprojekte („Energieeffizientes Dorf“); evtl. eine verkürzte Abschreibung für Energieeffizienzinvestitionen; Verankerung von Energieeffizienz und Klimaschutz entlang der gesamten Bildungskette (z. B. Lehrplänen und Facharbeiterausbildungen); Bewusstseinsbildungsinitiativen; Forcierung der Energieberatung; Förderprogramm „Energie.Frei.raum“ als Experimentierraum für Klimaschutztechnologien; Weiterentwicklung der Förderung für betriebliche Energieeffizienzmaßnahmen; Entwicklung einer Vorbildfunktion durch die öffentliche Hand und die Anwendung des Bestbieterprinzips bei der öffentlichen Beschaffung (Beachtung des Lebenszyklus von Produkten). Eine konkrete Ausarbeitung, Zielsetzungen und Finanzierungsmaßnahmen dieser Maßnahmen gibt es im Entwurf-NEKP nicht. Es wird beschrieben, dass ein erheblicher Finanzierungsbedarf von Seiten der öffentlichen Haushalte besteht.

e5-Programm und Klima- und Energiemodellregionen (KEM)

Siehe „Sektorübergreifende Rahmenmaßnahmen“ in Abschnitt 5.1.1.

Langfristige Renovierungsstrategie (Wohn- und Dienstleistungsgebäude, privat und öffentlich)

Die Renovierungsstrategie muss noch auf nationaler Ebene erfolgen. Zu öffentlichen Gebäuden werden

detailliertere Angaben für den finalen NEKP 2019 vorbereitet.

Smart Meter Roll-out 2019

Im Rahmen der technischen Machbarkeit besteht das Ziel bis 2022 mindestens 95 % der österreichischen Stromkunden mit einem intelligenten Stromzähler auszustatten.

Ergänzende Rahmenmaßnahmen

Raumplanung

Bei der örtlichen Energieraumplanung gibt es viele Möglichkeiten zur Energieeinsparung. Eine Berücksichtigung dieser unterstützt die Erreichung der Paris-Ziele. Zwei wichtige Punkte sind dabei die effiziente Baulandnutzung und die effiziente Energieversorgung:

Effiziente Baulandnutzung

Die Planung von Neubauten bietet Potenziale zur Effizienzsteigerung. Aufgrund von günstigeren Oberflächen-Volumenverhältnissen sind mehrgeschossige Wohnbauten bei gleichem Baustandard deutlich energieeffizienter als zum Beispiel Reihenhäuser. Diese sind effizienter als Doppelhäuser oder frei stehende Einfamilienhäuser. Zudem haben lokalklimatische Bedingungen wie besondere Beschattung, Windexposition oder Topografie einen Einfluss auf den Energieverbrauch. Zu bevorzugen sind Ebenen, da dort die Wärmeverluste geringer sind als in Kuppen- oder Muldenlagen. Ebenso führen Nordhänge zu größeren Energieverlusten (Stöglehner u. a., 2017).

Effiziente Energieversorgung

Zielführend ist zudem die Wärmenutzung möglichst effizient zu gestalten. Eine Nutzung von bisher ungenutzten Abwärmepotenzialen unterstützt die gesetzten Ziele der Energieeffizienzsteigerung. Dafür ist die Ermittlung von Abwärmepotenzialen bei der Planung der Wärmeversorgung einer Gemeinde hilfreich. Die unterschiedlichen Temperaturniveaus von benötigter Wärme können in einem Fernwärmenetz effizient genutzt werden. Dabei sollten industrielle Prozesse (Temperaturen von deutlich über 100 °C), vor Raumheizung mit Radiatorenheizungen und Warmwassererzeugung (Temperaturen

von 70–100 °C) angeordnet werden. Diese sollten vor Niedertemperaturwärme für Raumheizung und industriell-gewerblichen Prozessen sowie verschiedenen Verwendungen in der Landwirtschaft angeordnet werden. Idealerweise ist die genutzte Wärme als Abwärme aus z. B. der Stromgewinnung, Müllverbrennung etc. verfügbar (Stöglehner u. a., 2017). Für bestehende Wärmenetze ist die Möglichkeit des Umbaus auf Anergienetze (Transport auf niedrigem Temperaturniveau) zu prüfen in Verbindung mit Wärmepumpen, Erdsonden und Erdspeichern.

Ergänzende sektorale Maßnahmen

Fortführung des Energieeffizienzgesetzes

Um eine Reduktion des Energieverbrauchs erreichen zu können, ist eine Fortführung des Energieeffizienzgesetzes hilfreich, in der auch Gesamtziele für 2050 definiert werden. Des Weiteren können klare Zuordnungen der Energieeffizienzmaßnahmen zu den verschiedenen Verbrauchsbereichen Doppelzählungen vermeiden (Christian u. a., 2016). Für ein effektives Energiemonitoring ist die Stärkung der Monitoringstelle zielführend. Eine unabhängige Behörde zur Durchführung von hoheitsrechtlichen Regulierungsfragen ist in der Ordnungspolitik üblich und als effektiv bewiesen (Cambini und Franzi, 2013; Gilardi, 2002). Auch in Österreich übernehmen in vielen Versorgungsbereichen unabhängige Behörden die Durchführung (E-Control [Strom und Gas], RTR [Telekommunikation] etc.). Zur Erreichung der Energieeffizienzziele ist es fördernd, wenn die Kontrolle der Einhaltung der Verpflichtungen der energieverbrauchenden Unternehmen und der EnergielieferantInnen durch eine externe und unabhängige Behörde ausgeführt wird. Zudem hat sich gezeigt, dass die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen effektiver ist, wenn neben Freiwilligkeit auch auf Konsequenzen der Nichteinhaltung gesetzt wird (Worrell u. a., 2009).

Rebound-Effekt

Im Entwurf-NEKP wird nicht auf die Gefahr eingegangen, dass mögliche Effizienzgewinne durch den Rebound-Effekt gemindert werden könnten. Ein Rebound-Effekt kann eintreten, wenn durch Effizienzgewinne die Preise sinken und daher die Nachfrage für das Produkt oder die Dienstleistung steigt (Khazoom, 1980). Weiters steht durch die Preissenkung

den Haushalten nun auch mehr Geld zur Verfügung, andere Güter und Dienstleistungen zu konsumieren (Thiesen u. a., 2008). Zu guter Letzt ergibt sich auch ein Rebound-Effekt, wenn Effizienzgewinne zum Wirtschaftswachstum beitragen und damit den Konsum und die Produktion im Gesamten erhöhen (Sorrell, 2009). Die Bandbreite des gesamten Rebound-Effekts variiert in der Literatur sehr stark und kann beträchtliche Ausmaße annehmen (siehe z. B. Nadel, 2016; Santarius, 2014; Thomas und Azevedo, 2013), liegt aber meist doch unter 100 % (dem sogenannten „Back-Fire“). Damit liegen die Effizienzgewinne zwar höher als die zusätzliche Energienachfrage durch den Rebound-Effekt, ihr Effekt wird dennoch stark gemildert. Der Rebound-Effekt kann durch umweltpolitische Maßnahmen gemindert werden, die zu einem Rückgang der Nutzung fossiler Rohstoffe führen, wie zum Beispiel eine CO₂-Bepreisung (siehe Abschnitt 5.1.2) (Seebauer u. a., 2018). In den folgenden Abschnitten werden spezifische Maßnahmen und Instrumente aufgezeigt, die begleitend zu Energieeffizienzmaßnahmen eingeführt werden können, um den Rebound-Effekt zu mindern. Hilfreich wäre eine Umsetzung im Rahmen des Energieeffizienzgesetzes.

Durch die Förderungen im Rahmen des Energieeffizienzgesetzes, wie zum Beispiel eine Verkürzung der Abschreibungsdauer bei der Investition in Energieeffizienzmaßnahmen, entstehen finanzielle Einsparungen oder finanzielle Mittel werden schneller frei. Dadurch werden weitere Investitionen ermöglicht, was als Folge haben kann, dass der absolute Energieverbrauch nicht wesentlich sinkt oder sogar ansteigt. Werden die Förderungen durch eine **Abgabe** kompensiert, wird verhindert, dass Verbraucher durch die erlangten Einsparungen mehr von dem geförderten Produkt oder der Dienstleistung konsumieren. Wenn die Abgabe ungefähr der Höhe der Einsparung entspricht, besteht kein finanzieller Anreiz zum erhöhten Konsum mehr. Der Anreiz in der Verwendung des effizienteren Produktes besteht darin, dass die KonsumentInnen die zusätzlichen Kosten, die durch die Abgabe entstehen und bei ressourcenintensiveren Produkten zu höheren Kosten führen, vermeiden (Font Vivanco u. a., 2016; Umweltbundesamt[DE], 2016b). Zur Verdeutlichung ein Beispiel im Mobilitätsbereich: In Österreich werden jährlich Steuern auf Kraftfahrzeuge nach dem Verbrauch eines Fahrzeuges (zurückgelegte Kilometer pro Liter Kraftstoff) bemessen. Dies fördert die Anschaffung von effizienten Fahrzeugen, berücksichtigt aber nicht die Nutzung und eventuell verbunde-

ne Rebound-Effekte. Wenn die Kraftfahrzeugsteuer jedoch mit einer Abgabe pro gefahrenem Kilometer verbunden ist, sind NutzerInnen angehalten, so effizient und wenig wie möglich zu fahren (Seebauer u. a., 2018).

Außerdem unterstützt eine **regelmäßige Überprüfung der finanziellen Förderinstrumente zur Energieeffizienz** die Erreichung der Energieeffizienzziele. Wenn effiziente Produkte weiter gefördert werden, obwohl sie bereits am Markt etabliert sind, kann es zu einer zu großen Nachfrage kommen und die Einsparung der Energie kann verloren gehen. Daher ist die vorgeschlagene Maßnahme, Förderinstrumente mit einem „automatischen Ablaufdatum“ zu versehen, sodass eine regelmäßige Überprüfung, aufgrund von einer kurzen Laufzeit, automatisch erfolgen muss. Außerdem ist es zielführend, wenn Subventionen generell im Zeitverlauf abnehmen, damit der Marktmechanismus greifen kann (Umweltbundesamt[DE], 2016b).

Die Einführung von Mindeststandards und Energieverbrauchskennzeichnungen bieten effektive Instrumente, um energieeffizientere Produkte auf dem Markt zu etablieren. Auf EU-Ebene besteht dabei die Möglichkeit, dass Österreich, in Abstimmung und Zusammenarbeit mit anderen Mitgliedsstaaten, eine aktive Rolle bei der Erarbeitung von Vorschlägen während des Konsultationsprozesses für Energielabels einnimmt (Bogner u. a., 2012). Jedoch ist dabei zu beachten, dass durch solche Maßnahmen manchmal kleine Produkte durch größere vom Markt vertrieben werden. Größere Produkte sind meist pro Nutzungseinheit effizienter, jedoch verbrauchen sie häufig absolut mehr Ressourcen. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, ist es hilfreich, **Effizienzstandards nach Kategorien (Größe/Leistung)** auszulegen. Die Standards von größeren Produkten werden in dem Fall ambitionierter ausgestaltet. Folglich bleiben kleine effiziente Produkte ebenfalls auf dem Markt (Umweltbundesamt[DE], 2016b).

Bewusstseinsbildung und Verhaltensmaßnahmen

Individuelles NutzerInnenverhalten kann die Energieeffizienz von technischen Geräten verringern. Eine **verpflichtende Einführung technischer Standards** bei der Förderung von Innovationen zur Energieeinsparung wirkt diesem entgegen. Wenn die Werkeinstellung von technischen Geräten die energiesparsamste Möglichkeit der Nutzung ist, müssen NutzerInnen

sich erst gezielt mit den Einstellungen beschäftigen, bevor sie diese wieder rückgängig machen. Dies kann zu einer bewussteren Auseinandersetzung mit der Technologie und dem Energieverbrauch führen (Font Vivanco u. a., 2016; Umweltbundesamt[DE], 2016b).

Wenn individuelle Nutzer wissen, dass sie ein effizienteres Produkt verwenden, kann dies die Nachfrage und/oder Nutzung dieses Produktes steigern. Der Rebound-Effekt ist somit psychologisch bedingt. Mit **Informations- und Kommunikationsmaßnahmen** kann gezielt das Problembewusstsein für Ressourcenverbrauch angesprochen werden, sodass die gesteigerte Effizienz nicht überschätzt wird. Es ist hilfreich, wenn die Maßnahmen, je nach Zielgruppe, an spezifischen Faktoren ansetzen (Umweltbundesamt[DE], 2016b). Zum Beispiel kann Verkaufspersonal theoretisch die Kaufentscheidung von Konsumenten durch eine Beratung beeinflussen. Wenn der Themenkomplex „effiziente Energienutzung und umweltbewusstes Handeln“ in die Ausbildung von Fachpersonal (Elektro-/Einrichtungsfachhandel, Elektroinstallation etc.) mit aufgenommen wird, kann dieses Wissen auch an KonsumentInnen weitergegeben werden. Ein weiteres Beispiel ist, dass Bildungs- und Informationsmaßnahmen am besten greifen, wenn sich Menschen möglichst früh mit dem Thema beschäftigen. Dementsprechend ist es durchaus effektiv, die Aspekte der nachhaltigen Energie- und Ressourcennutzung bereits in Kindergärten oder Pflichtschulen, dem Alter entsprechend, zu thematisieren (Bogner u. a., 2012).

Schultz u. a. (2015) untersuchten in einer Studie die Wirkung verschiedener Informationsanzeigen von Smart-Metern. Die Ergebnisse zeigen auf, dass bei der Ausstattung von Haushalten mit **Smart-Metern** eine Anpassung der Anzeige zu einer größeren Energiereduktion führt. Die meiste Energieeinsparung wurde in Haushalten verzeichnet, in denen neben dem eigenen Verbrauch auch der durchschnittliche Energieverbrauch von ähnlichen Haushalten angezeigt wurde. Zusätzlich wurde mit Farben signalisiert, ob die Individuen über oder unter dem Durchschnittsverbrauch liegen. Somit führt **Feedback gekoppelt mit sozialen Normen** zu einer signifikanten Energieeinsparung. Ein erster Schritt könnte eine nutzerfreundliche Webseite sein, auf welcher Haushalte ihren eigenen Verbrauch einfach kalkulieren können und durch entsprechende Angaben Einsparungspotenziale, die durch ein verändertes

Verhalten oder Investitionen entstehen, ermitteln können (Bogner u. a., 2012).

Absolutes Verbrauchsziel („Cap“) für Strombedarf

Eine Möglichkeit, eine langfristige Stabilisierung des Stromverbrauchs zu gewährleisten, ist die Einführung eines absoluten Verbrauchszieles für den Strombedarf. Dabei sollte das Verbrauchsziel regelmäßig überprüft werden und somit an die aktuellen Entwicklungen in der Elektromobilität o. Ä. angepasst werden. Dies wäre durch die Einführung von **Stromkundenkontos** möglich. Zertifikate werden an Stromlieferanten vergeben, je nach Anzahl/Größe der Haushalte. Das heißt, Stromlieferanten können nur eine bestimmte Menge an Strom an Haushalte liefern. Dies wird von Maßnahmen und Informationen zur Stromeinsparung begleitet (Umweltbundesamt[DE], 2016b).

Die Einführung eines solchen Caps zur Nutzung von Ressourcen ist auch in anderen Sektoren denkbar.

Progression des Stromtarifs

Auch über die Gestaltung des Stromtarifs lassen sich Anreize für den sparsamen Umgang mit Energie setzen. Bei progressiven Tarifen entfällt oder reduziert sich der verbrauchsunabhängige Grundpreis und steigt der verbrauchsabhängige Preis stufenweise an. Dadurch steigt der Durchschnittspreis, im Gegensatz zu Tarifen mit höherem Grundpreis, mit steigendem Verbrauch an und setzt Anreize zum Stromsparen. Wirksam könnte dieses Instrument allerdings nur langfristig sein, denn die Nachfrage nach Energie ist erstens unelastisch und zweitens abgeleitet aus der Nutzung relativ langlebiger Gebrauchsgüter (Tews, 2011). Der Effekt würde also erst bei dem Ersatz langlebiger Geräte eintreten. In Kalifornien haben progressive Tarife Einsparungen von 6-10 % bewirkt, langfristig wird das Potenzial auf etwa 20 % geschätzt (Faruqui und Sergici, 2010). In Italien wurden progressive Elemente in allen Bestandteilen des Strompreises, also auch in Netzentgelten und Steuern, schon 1975 eingeführt (Dehmel und Gumbert, 2011).

Bei der Gestaltung sollten mehrere Aspekte beachtet werden. Erstens sollten die Preisunterschiede zwischen den Stufen deutlich sein, damit sie eine klare Signalwirkung haben und von den Konsumenten

bemerkt werden (Faruqui und Sergici, 2010). Eine Befragung von ExpertInnen in Österreich hat ergeben, dass vor allem Haushalte aber auch Firmen Schwierigkeiten haben, die Zusammensetzung des Strompreises zu verstehen (Moser u. a., 2015). Daher sollte Wert auf eine einfache und transparente Darstellung gelegt werden, da die Zusammensetzung der Stromkosten bei flexiblen Tarifen noch komplexer wird. Zweitens, sollte die unterste Stufe unter dem durchschnittlichen Verbrauch liegen, sodass der Anreiz einem großen Anteil der Konsumenten kommuniziert wird.

Der dritte und wichtigste Aspekt betrifft Verteilungseffekte. Die Mehrbelastung durch progressive Tarife hängt stark von den Eigenschaften des Haushalts ab, also zum Beispiel von der Personenanzahl oder der Art der Heizung (Tews, 2011). Diese Eigenschaften sollten entsprechend im Tarif abgebildet sein. Hier sollte auch im Zuge einer sozial-ökologischen Steuerreform geprüft werden, welche gesellschaftlichen Gruppen zusätzlich belastet werden, um eine gerechte Lastenverteilung sicherzustellen. In Frankreich wurde dies bei einer Steuerreform, insbesondere auch der Abgabe auf Treibstoff, stark vernachlässigt (z. B. die Abschaffung günstiger Stromtarife für einkommensschwache Haushalte), was zu dem Widerstand der „Gelbwesten“ geführt hat. Schließlich sollte bei der Einführung beachtet werden, dass Versorger in einem liberalisierten Markt individuell keine Anreize haben, progressivere Tarife einzuführen, da insbesondere Vielverbraucher den Versorger wechseln würden (Tews, 2011).

Alternativ kann auch die Progression der Stromsteuer oder der Netzentgelte, wie in Italien, in Betracht gezogen werden (Tews, 2011). Die Elektrizitätsabgabe auf selbst produzierten und verbrauchten Strom aus erneuerbarer Primärenergie soll ab 2020 vollständig entfallen. In Verbindung damit könnte die Progression der Abgabe auf Strom, der über das Netz bezogen wird, steigen. Die Wirksamkeit ist aber insofern fraglich, als dass die Abgabe nur einen geringen Anteil an den gesamten Stromkosten eines durchschnittlichen Haushalts hat. Netzentgelte machen einen größeren Anteil aus. Es gibt Ansätze, flexible Tarife auf Lastenverschiebung auszurichten, um die Netzstabilisierung zu unterstützen (Moser u. a., 2015). Hier könnten sowohl Netzbetreiber durch eine flexible Netzabgabe zu Lastenverschiebung angereizt werden und Energielieferanten durch eine flexible Energiekomponente im Strompreis. Dies wird tech-

nisch durch intelligente Zähler möglich. Allerdings „erscheint die Dynamisierung als unüberwindbare regulatorisch-administrative Herausforderung“ und „hinzu kommt, der Meinung der deutschen Bundesnetzagentur entsprechend, dass ein dynamisches Netzentgelt bei gleichzeitig dynamischen Energiepreisen zu Marktsituationen führen kann, die für KundInnen zu komplex sind“ (Moser u. a., 2015, S. 18).

5.3. Verkehr

5.3.1 Einleitung

Der Verkehr ist eine der größten Herausforderungen für die Klima- und Energiepolitik in Österreich. Mit knapp 22,9 Mt CO₂eq Treibhausgasemissionen im Jahr 2016, ist der Verkehr nach der Industrie der zweitgrößte Verursacher von THG-Emissionen (BMNT, 2018a). Hinzu kommen rund 2,3 Mt CO₂eq durch den internationalen Flugverkehr, welcher trotz hoher Bedeutung nicht in der österreichischen Klimabilanz aufscheint (Arbeiterkammer, 2018). Im Verkehrssektor liegt somit das größte Reduktionspotenzial, jedoch ist genau in diesem Bereich ein steigender Emissionstrend zu beobachten (Umweltbundesamt, 2018). Seit dem Jahr 1990 sind die THG-Emissionen aus dem österreichischen Verkehrssektor um 67 % gestiegen. Als Ursache nennt der Entwurf-NEKP sowohl die gestiegene Fahrleistung als auch den Export von Kraftstoffen in Fahrzeugtanks (BMNT, 2018a).

Maßnahmen in diesem, mit einem Anteil der Gesamtemissionen von 45 % außerhalb des Emissionshandels, emissionsstärkster Sektor stellen einen wichtigen Schritt für die Erreichung der Ziele des Pariser Klimaabkommens und einer Dekarbonisierung dar. Für die Erreichung dieser Ziele bis zum Jahr 2030 ist eine Reduktion im Sektor Verkehr von derzeit knapp 22,9 Mt CO₂eq auf rund 15,7 Mt CO₂eq notwendig. Dies entspricht einer Reduktion von über 31 %, genau genommen -7,2 Mt CO₂eq gegenüber dem Jahr 2016 (Arbeiterkammer, 2018; BMNT, 2018a). Wird die Steigerung der Emissionen im Bereich Verkehr mit einberechnet, so vergrößert sich die Emissionsreduktion von 7,2 auf 7,9 Mt CO₂ (Sperka und Krase, 2018). Um die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, setzt der Entwurf-NEKP auf eine einfache Methode, nämlich die *Vermeidung* von nicht unbedingt erforderlichem Verkehr, die *Verlagerung* auf effiziente Verkehrsträger und die *Verbesserung* der eingesetzten Technologien. Durch diesen Pfad soll das Ziel einer emissionsfreien Mobilität bis ins Jahr 2050 erreicht werden und Österreich Vorreiter in der Elektromobilität und im Ausbau des öffentlichen Verkehrs werden (BMNT, 2018a). Diese Leitlinie ist nicht unbedingt negativ zu nennen, jedoch ist es empfehlenswert konkrete Maßnahmen zu setzen, insbesondere für die Vermeidung des Verkehrs. Derzeit fehlt es jedoch an der Konkretisierung der vor-

geschlagenen Maßnahmen, an Zeitplänen und Angaben der Finanzierung und es wird oftmals ohne weitere Angaben auf andere Pläne und Strategien verwiesen. Mit dieser Unvollständigkeit und dem Fehlen bedeutsamer Maßnahmen im Sektor Verkehr reichen die genannten Maßnahmen bei Weitem nicht aus, bis ins Jahr 2050 die Mobilität emissionsfrei zu gestalten (Arbeiterkammer, 2018).

Im Auftrag des BMVIT hat das Umweltbundesamt 2018 den *Sachstandsbericht Mobilität* erstellt und 50 konkrete Maßnahmen genauer analysiert. Als Basis hierfür wurde das THG- und Energieszenario 2017 (With Existing Measures WEM17) herangezogen (Umweltbundesamt, 2019a). Der *Sachstandsbericht Mobilität* mit den konkreten Maßnahmen inklusive Wirkungsdimension und Zeitangaben wurde nicht im Entwurf-NEKP erwähnt. Aus den dort erwähnten CO₂-Reduktionspotenzialen, welche sich zusammensetzen aus:

- 0,25–0,36 Mt CO₂eq durch die **Ausweitung des Fußgeher- und Radverkehrs**,
- 0,17 Mt CO₂eq durch die **Stärkung und den Ausbau des öffentlichen Verkehrs**,
- 0,24–0,37 Mt CO₂eq durch die **Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene**,
- und der **Erhöhung des Anteils von erneuerbarer Energien im Verkehr auf mindestens 14 % bis ins Jahr 2030** durch den Einsatz von Agrartreibstoffen und der Steigerung des E-Mobilitätsanteils,

wird deutlich, dass die Reduktionsziele im derzeitigen Entwurf-NEKP um mehrere Millionen Tonnen verfehlt werden. Laut Stellungnahme der AK würde auch eine Beendigung des Tanktourismus³⁴ nicht zur Zielerreichung führen (Arbeiterkammer, 2018). Die voraussichtliche Reduktion der CO₂-Emissionen durch die derzeit gesetzten Maßnahmen beträgt zwischen 1,1 und 2,5 Mt CO₂ im Jahr 2030. Zu beachten ist, dass die CO₂-Emissionen im Jahr 2030 voraussichtlich bei etwa 23,1 Mt liegen werden (Prognosen WEM19), wodurch allein im Verkehrssektor eine Lücke von 4,8 bis 6,2 Mt CO₂ entsteht (Sperka und Krase, 2018). Laut Verkehrsclub Österreich (VCÖ, 2017) ist eine Zielerreichung nur dann möglich, wenn sowohl der Energiebedarf als auch der CO₂-Ausstoß deutlich reduziert werden, indem nicht-emissionsfreier Verkehrsaufwand vermieden wird. Maßnahmen wie eine **sozial-ökologische Steuerreform** (siehe Abschnitte

³⁴ Tanktourismus bezeichnet die gezielte Tankung in Österreich von ausländischen Fahrzeugen, um höheren Tankstoffpreisen im Ausland auszuweichen.

4.1.1 und 5.1.2 zur sozial-ökologischen Steuerreform) für den Verkehrsbereich im Sinne einer **Internalisierung externer Kosten** (Kostenwahrheit auch in Bezug auf lokale Externalität wie Stau und Feinstaub), eine spürbare und nachgewiesen ausreichend hohe **CO₂-Abgabe**, ein Öko-Bonus sowie eine **entfernungsabhängige ökologisierte Straßenmaut** oder eine Einbeziehung des **Sektors Verkehr in den CO₂-Zertifikathandel** u.v.m. sind empfehlenswert, um eine Vermeidung nicht-emissionsfreien Verkehrs voranzutreiben. Ebenso spielt die Verlagerung auf klimaverträgliche Verkehrsmittel eine entscheidende Rolle. Hierbei sind neben angebotsorientierten Maßnahmen auch „Push-Maßnahmen“ von großer Bedeutung, welche Kostenwahrheit (Geretschläger und Kerschner, 2016b, S.

335 ff.) für THG-Emissionen und fossilen Kfz-Verkehr miteinbeziehen. Erst der verbleibende Pkw-Verkehr soll elektrifiziert werden (VCÖ, 2017). Daher wird ersichtlich, dass es einen grundlegenden Systemwechsel im Sektor Verkehr benötigt, um auch die langfristigen Ziele zu erreichen (Großmann u. a., 2019).

Die folgende **Tabelle 10** veranschaulicht die im Entwurf-NEKP bestehenden (grau) als auch geplanten (blau) Maßnahmen, eingeteilt in förderungspolitisch, steuerlich, ordnungsrechtlich sowie Bewusstseinsbildung, und erweitert diese durch ergänzende (grün) Maßnahmen, die von wissenschaftlicher Seite aus empfohlen werden³⁵.

Tab. 10: Übersicht von Maßnahmen im Sektor Verkehr.

Kategorie	Maßnahme ³⁶	Art	THG-Einsparung in Mt CO ₂ eq ¹	Kommentar
Förderungspolitisch	Ausweitung des Fußgeher- und Radverkehrs	Bestehend	0,25–0,36	Sachstandsbericht Mobilität
	Stärkung und Ausbau des öffentlichen Verkehrs	Bestehend	0,17–0,39	Sachstandsbericht Mobilität
	Erhöhung des Anteils EE im Bereich der Kraftstoffe	Bestehend		Diesel 6,3 % Benzin 3,4 %
	Mobilitätsmanagement – klimaaktiv mobil	Bestehend		
	Deutliche Steigerung des Radverkehrsanteils	Geplant		Von 7 % auf 13 %
	Verbesserungen im Bereich Zu-Fuß-Gehen	Geplant		
	Erhöhung des Anteils EE im Verkehr	Geplant		Bis 2030 auf 14 %
	Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene	Geplant	0,24–0,37	Sachstandsbericht Mobilität
	Multimodale Güterverkehrszentren	Geplant		
	CO ₂ -neutrale City-Logistik	Geplant		Ziel bis ins Jahr 2030
	Elektrifiziertes Systems auf hochrangigem Straßennetz	Ergänzend	2,7	Sachstandsbericht Mobilität
	Erhöhung der Investitionen zur Verdichtung des ÖV	Ergänzend	0,17–0,39	Sachstandsbericht Mobilität

35 Weitere Maßnahmen finden sich in Geretschläger und Kerschner (2016b).

36 Überregionale Infrastrukturentwicklung, die Erstellung strategischer Rahmenpläne, das verkehrsbezogene Steuerwesen sowie Finanzierungsfragen stehen auf Ebene des Bundes im Vordergrund, während attraktive Angebote im regionalen und kommunalen öffentlichen Verkehr, Raumplanung für Fuß- und Radfahrinfrastruktur sowie die Parkraumbewirtschaftung und Stellplatzverordnungen auf Ebene der Länder und Gemeinden erfolgen (siehe Entwurf-NEKP).

Kategorie	Maßnahme ¹	Art	THG-Einsparung in Mt CO ₂ eq ¹	Kommentar
Steuerlich	Flächendeckende und entfernungsabhängige Straßenmaut	Ergänzend	0,16–0,19 (nur Lkw)	Sachstandsbericht Mobilität Großmann et al. (2019)
	Steuerbegünstigungen im Flugverkehr abschaffen	Ergänzend		
Ordnungsrechtlich	Rahmensetzung für ein Ende der Neuzulassungen fossil betriebener Fahrzeuge	Ergänzend		
	Anpassung der Höchstgeschwindigkeit	Ergänzend	0,45 (ohne Zero Emission Vehicle – ZEV)	Sachstandsbericht Mobilität
	City-Maut in Hauptstädten	Ergänzend	0,23–0,41	Sachstandsbericht Mobilität
	Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung	Ergänzend		
Bewusstseinsbildung	für Akzeptanz von Push-Maßnahmen	Ergänzend		
Projekt (#Mission2030)	E-Mobilitätsinitiative	Bestehend		
	Effiziente Güterverkehrslogistik	Bestehend		
	Stärkung schienengebundenen öffentlichen Verkehrs	Bestehend		

¹ Alle Zahlen stammen aus Umweltbundesamt (2019a).

5.3.2 Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Rahmenmaßnahmen

Zu den Rahmenmaßnahmen im Bereich Verkehr zählt einerseits das Mobilitätsmanagement für Betriebe, Städte, Gemeinden, Regionen und den Tourismus, insbesondere das Klimaaktiv-mobil-Programm und andererseits die Energieraumplanung sowie die Ortskernbelebung (BMNT, 2018a). Ob das Klimaaktiv-mobil-Programm auch in den nächsten Jahren weitergeführt werden soll und welche Fördermengen dafür aufgewendet werden sollen, bleibt offen. Im Bereich Mobilitätsmanagement sind insbesondere die Wohnbauförderung und eine stärkere Orientierung an der Ortskernnähe beziehungsweise der ÖV-Erschließung als auch Stellplatzvorschriften genannt worden. Weiters ist im Bereich der Raumplanung im Entwurf-NEKP eine „Verankerung von Klima und Energiezielen in Raumordnungskonzepten sowie raumbezogenen Plänen und Konzepten angedacht“ (BMNT, 2018a, S. 92). Als Grund hierfür nennt der Entwurf-NEKP die in den letzten Jahren erfolgte Vernachlässigung der verkehrsbezogenen Siedlungsstruktur und Raumplanung in Entscheidungsprozessen, was zu einem

Anstieg der Fahrleistung und dadurch zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen geführt hat (BMNT, 2018a). Es braucht konkrete Maßnahmen, um eine Verdichtung der Raumplanung ab 2020 gewährleisten zu können (Umweltbundesamt, 2017a).

Beim Klimaaktiv-mobil-Programm handelt es sich nicht nur um ein Beratungsprogramm und ein Instrument zur Bewusstseinsbildung in Radverkehr und Radverkehrsförderung. Es wird u. a. auch die Ladeinfrastruktur bei der Elektromobilität gefördert sowie eine Spritspar-Initiative unterstützt. Die durch das Klimaaktiv-mobil-Programm geförderten Maßnahmen sind stark pull-orientiert und haben wenig Push-Effekte. Im Bereich Mobilitätsmanagement ist es wichtig, die Angebote zur Mobilitätsbildung zu stärken und budgetär sicherzustellen. Dies betrifft sowohl eine Mobilitätsschulung für EntscheidungsträgerInnen (Behörden, PolitikerInnen) als auch für SchülerInnen, LehrerInnen und Eltern. Die Verkehrserziehung ist auch im Bereich Radfahren von hoher Relevanz, welche neben einem Fahrradtraining auch die Fahrradprüfung insbesondere in Schulen forciert (BMLFUW, 2015).

Aktive Mobilität

Im Bereich aktiver Mobilität nennt der Entwurf-NEKP als erfolgreiche Maßnahme bisher die Ausweitung des Fußgeher- und Radverkehrs, welche insbesondere durch die Erstellung und Umsetzung des Masterplans Radfahren sowie des Masterplans Gehen forciert wird. Geplant sind eine deutliche Steigerung des Radverkehrsanteils sowie Verbesserungen im Bereich des Zu Fußgehens. Weiters wird im Entwurf-NEKP von einer „Investitionsoffensive über die Förderung einer fußgängerfreundlichen Verkehrsorganisation“ (BMNT, 2018a, S. 89) gesprochen. Wie diese sich zusammensetzt, was genau umgesetzt wird und bis wann oder mit welchen und wie vielen Mitteln bleibt offen. Als vorrangiges Ziel des Entwurf-NEKP im Bereich aktiver Mobilität sind „Rahmenbedingungen für das Zu-Fuß-Gehen zu schaffen, die angesichts eines steigenden Radverkehrsanteils nicht dazu führen, dass die Wege vom Zu-Fuß-Gehen sondern vom motorisierten Individualverkehr verlagert werden“ (BMNT, 2018a, S. 89). Auch hier bleibt offen, wie diese genannten Rahmenbedingungen aussehen sollen. Insgesamt wird im Bereich aktiver Mobilität nur auf den Masterplan Radfahren und Gehen verwiesen. Auf konkrete Maßnahmen wird nicht eingegangen. Es werden auch keine konkreten Zahlen genannt und somit ist ungewiss, wie viel in die Förderung aktiver Mobilitätsformen investiert werden muss, um diese auch tatsächlich ausreichend zu fördern und dadurch den Anteil aktiver Mobilität zu stärken.

Öffentlicher Verkehr

Im Bereich öffentlicher Verkehr wird im Entwurf-NEKP von einer Ausweitung und Attraktivierung des Mobilitätsangebots gesprochen. Ermöglicht werden soll dies durch die Schaffung eines Dienstleistungsangebots sowie einer „stufenweisen Angebotsausweitung im öffentlichen Verkehr“ (BMNT, 2018a, S. 90) im Zeitraum von 2019 bis 2029. Weiters sind eine Stärkung und ein Ausbau des öffentlichen Verkehrs einschließlich einer Elektrifizierung straßengebundener Verkehrsmittel geplant. Als Beispiele für die Elektrifizierung straßengebundener Verkehrsmittel werden batterieelektrische Busse sowie Oberleitungsbusse genannt. Ebenso ist eine Elektrifizierung der Bus-Flotten geplant (BMNT, 2018a). Auf Bundesebene sind die Förderung von stadt-regionalen öffentlichen Verkehrsmitteln und Privatbahnen, der Ausbau von U-Bahnen sowie eine Dekarbonisierung der Fahrzeugflotte im Fokus. Im Bereich der Länder und Gemeinden sind insbesondere die Errichtung von Mobilitätsknoten, der Ausbau Regionalbahn- und Buslinien, Taktverkehr, Mikro-ÖV sowie eine Optimierung

der Tarifgestaltung als zentrale Punkte genannt worden (BMNT, 2018a). Als zentrale Maßnahme im Bereich öffentlicher Verkehr wird „die laufende Attraktivierung des öffentlichen Nah- und Regionalverkehrsangebot im Bereich der Ballungsräume“ (BMNT, 2018a, S. 21) genannt. Ersichtlich wird, dass der derzeitige Fokus überwiegend im urbanen Bereich liegt, wo der Ausbau von Straßenbahnen und U-Bahnen in den Landeshauptstädten ab 2020 zu begrüßen ist, jedoch wenig Fokus auf die Verbindung zum Umland gelegt wird. Es ist wichtig, den Fokus nicht nur auf die Ballungsräume zu richten, sondern insbesondere die ländlichen Gebiete miteinzuplanen und gezielte Maßnahmen zur Förderung des ÖV im ländlichen Bereich zu setzen (Arbeiterkammer, 2018).

Schiienenverkehr

Im Bereich Schienenverkehr wird im Entwurf-NEKP als erfolgreiche Maßnahmensetzung der Ausbau überregionaler Schieneninfrastruktur genannt, wie der viergleisige Ausbau der Westbahn, der Ausbau der Südstrecke mit den Tunnelprojekten Semmering und Koralm sowie der Bau des Brennerbasistunnels für den Gütertransport zwischen Deutschland und Italien (BMNT, 2018a). Der geschätzte Investitionsbedarf bis ins Jahr 2030 beträgt in den Jahren 2018–2023 in etwa 11.339 Mio. EUR ohne Bau des Brennerbasistunnels und 13.882 Mio. EUR mit dem Bau des Brennerbasistunnels (ÖBB Infra, 2018).

Konkrete Zahlen liefert der Entwurf-NEKP bei den jährlich getätigten Bahninvestitionen des Bundes. Diese sollen von jährlich knapp 2 Mrd. EUR in den nächsten Jahren auf 2,5 Mrd. EUR erhöht werden, um somit das infrastrukturelle Angebot zu stärken. Insbesondere sind Verbesserungen im Fernverkehr geplant, welche durch eine Modernisierung der Flotten und Energieeffizienz einhergehen sollen. Ein weiterer Fokus soll auf die Barrierefreiheit sowie auf bequeme Mobilität gelegt werden. Es wird auch von einer Elektrifizierungsoffensive gesprochen, welche eine Elektrifizierung der ÖBB-Strecken und Vershubfahrzeuge sowie der Busflotten und einen Forschungsschwerpunkt zur Dekarbonisierung der Bahn beinhaltet. Bis ins Jahr 2030 ist geplant, die Elektrifizierung der ÖBB-Strecken von 73 % auf 85 % zu erhöhen sowie bis ins Jahr 2025 Ersatzbeschaffungen dieseldriebener Vershubfahrzeuge gegen elektrifizierte Fahrzeuge auszutauschen (BMNT, 2018a).

Individualverkehr

Im Bereich des Individualverkehrs ist im Entwurf-NEKP die Elektromobilität im Fokus³⁷. Als erfolgreiche Maßnahme bisher wird die Unterstützung des BMNT und BMVIT beim *Aktionspaket zur Förderung der Elektromobilität mit erneuerbarer Energie* genannt (BMLFUW und bmvit, 2017). Dieses Paket beinhaltet Förderungen bei der Anschaffung und Ladeinfrastruktur sowie steuerliche Erleichterungen (Normverbrauchabgabe, motorbezogene Versicherungssteuer, Sachbezug). Im Bereich der öffentlichen Beschaffung soll der Umstieg auf Null- und Niedrigstmissionsfahrzeuge bei Ersatzbeschaffung nach dem Total-Cost-of-Ownership Prinzip (TCO) forciert werden (BMNT, 2018a).

Die Normverbrauchabgabe (NoVA), welche beim erstmaligen Inverkehrbringen von Pkw im Inland anfällt, soll laut Steuerreform erhöht werden (Der Standard, 2019). Die NoVA soll Anreize beim Kauf von Fahrzeugen mit geringen CO₂-Emissionen schaffen (BMNT, 2018a), dieser Anreiz wird jedoch als eher gering eingeschätzt (Hackbarth und Madlener, 2011).

Als Maßnahme wird im Entwurf-NEKP auch die Erhöhung der Anteile erneuerbarer Energieträger im Bereich der Kraftstoffe durch die Umsetzung entsprechender EU-Vorgaben genannt. In Österreich liegt der biogene Anteil von Diesel bei etwa 6,3 Prozent und von Benzin bei 3,4 Prozent. Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehr auf mindestens 14 Prozent erhöht werden. Dieses Ziel soll insbesondere durch die Steigerung des E-Mobilitätsanteils erreicht werden (BMNT, 2018a). Agrartreibstoffe sind jedoch nicht unbedingt nur positiv zu betrachten, da diese einen enormen Flächenverbrauch verursachen, Monokulturen fördern und in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion stehen können. Ebenso muss erwähnt werden, dass sie nicht emissionsneutral sind, wenn man die gesamte Prozesskette betrachtet. Zudem sollte nur auf Biotreibstoffe oder Wasserstoff gesetzt werden, wenn keine Elektrifizierung möglich ist, da diese Antriebstechnologien wesentlich ineffizienter sind als der Elektromotor (Transport & Environment, 2018).

Güterverkehr

Im Bereich Güterverkehr sollen durch den Bund gemeinsam mit den Ländern, Gemeinden und Städten multimodale Güterverkehrszentren zur Verlagerung des Umschlags auf die Schiene gefördert werden. Als Voraussetzung hierfür wird neben dem Ausbau der Infrastruktur auch die Steigerung der Effizienz genannt. Ebenfalls soll eine Ökologisierung der City-Logistik erfolgen und das Ziel ist es, bis ins Jahr 2030 eine CO₂-neutrale City-Logistik zu implementieren. Weiters ist bis ins Jahr 2050 ein urbanes CO₂-neutrales Logistiksystem durch einen Mix aus „regulativen, logistischen, kooperativen und technologischen Maßnahmen“ (BMNT, 2018a, S. 93) geplant. Auch hier bleiben die konkreten Maßnahmen aus und es wird nicht darauf eingegangen, was es für die Zielerreichung eines urbanen CO₂-neutralen Logistiksystem bis ins Jahr 2050 benötigt.

Weiters wird im Entwurf-NEKP als zentrale Maßnahme im Bereich Güterverkehr die Verlagerung von der Straße auf die Schiene genannt (BMNT, 2018a). Hier werden oft mehr Zielvorgaben gemacht als konkrete Maßnahmen vorgeschlagen. Ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Verlagerung des Güterverkehrs werden nicht erwähnt (Umweltbundesamt, 2017a).

Es soll eine Elektrifizierung nicht nur im Personen-, sondern auch im Güterverkehr erfolgen. Das Ziel ist es, ein sauberes, sicheres und leistungsfähiges Verkehrssystem zu entwickeln, welches die effizientesten und saubersten Technologien einsetzt, und dies mit hoher Bedienfreundlichkeit sowie zu sozial- und wirtschaftsverträglichen Kosten. Dies umfasst neue Förderschwerpunkte für E-Nutzfahrzeuge und E-Busse (insbesondere wird hier die Ladeinfrastruktur von E-Bussen genannt). Die Förderschwerpunkte von E-Pkw und E-Zweirädern soll weitergeführt werden und nach dem Public-Private-Partnership-Modell mit der Beteiligung der Fahrzeugwirtschaft erfolgen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt bei der Förderung des E-Mobilitätsmanagements, der E-Logistik und der E-Flotten und ein Fokus soll auch auf Zero-Emission-Forschung gelegt werden. Im Entwurf-NEKP ist auch geplant, bis ins Jahr 2040 den Anteil emissionsfreier Fahrzeuge im Bereich Lkw und Busse „mithilfe konkreter Anreize“ (BMNT, 2018a, S. 64) zu erhöhen.

37 Zum rechtlichen Rahmen der Elektromobilität siehe Geretschläger und Kerschner (352 ff. 2016b).

Elektromobilität

Im Bereich Elektromobilität nennt der Entwurf-NEKP als Maßnahme, ab dem Jahr 2019 ein offizielles Verzeichnis aller öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen für E-Fahrzeuge zu erstellen. Weiters ist im Bereich der Elektromobilität von einer Adaption des rechtlichen Rahmens für E-Fahrzeuge die Rede (Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 352 ff.), was neben einer Verankerung von Anreizsystemen für Hersteller zur beschleunigten Markteinführung von Null- und Niedrigstmissionsfahrzeugen auf EU Ebene auch Anreize für NutzerInnen sowie eine Anpassung des Wohnrechts bereits 2019 (um Ladestationen in Mehrparteienhäusern zu fördern) beinhaltet. Insgesamt ist das Ziel bis ins Jahr 2030, bei Neuzulassungen eine Schwerpunktsetzung auf emissionsfreie Pkw und leichte Nutzfahrzeuge zu legen. Es bleibt offen, wie genau diese Schwerpunktsetzung aussehen soll.

Das Ziel des *Nationaler Strategierahmen saubere Energie im Verkehr* ist es, bis ins Jahr 2030 den Diesel- und Benzinverbrauch zu reduzieren (bmvit u. a., 2016), was auch im Entwurf-NEKP aufgegriffen wird. Ab dem kommenden Jahr 2019 soll auch eine neue E-Mobilitätsoffensive als eines der Leuchtturmprojekte der #mission2030 verankert werden. Weiters wird eine Fahrzeugumstellung auf Null- und Niedrigstmissionsfahrzeuge als vorrangiges Ziel angestrebt und als entscheidender Beitrag zur Erreichung der Klimaziele angesehen, jedoch wird betont, dass selbst bei einer hoch ambitionierten Zielsetzung eine Reduktion von 15,7 Mt CO₂-Einsparung bis ins Jahr 2030 durch diese Umstellung im Sektor Verkehr nicht erreicht werden kann. Hierfür bedarf es laut Entwurf-NEKP einer Mobilitätsforschung, um die von der EU vorgegebenen Ziele zu erfüllen und einen Ankauf von Emissionsrechten zu vermeiden (BMNT, 2018a).

5.3.3 Ergänzende Maßnahmen

Rahmenmaßnahmen

Vor allem im Bereich Vermeidung ist eine **kompakte Siedlungsstruktur mit kurzen Wegen** von großer Bedeutung, um somit das Radfahren, Zufußgehen als auch den öffentlichen Verkehr zu fördern und den motorisierten Individualverkehr auf aktive Mobilitätsformen zu verlagern (BMLFUW, 2015; BMLFUW und bmvit, 2015). Aber auch die Raumplanung und Siedlungsstruktur sind wichtige Themengebiete im Bereich Ver-

kehr, vor allem in ländlichen Gebieten sind viele Menschen auf ein Auto angewiesen. Es ist wichtig, **Energie und Mobilitätskriterien in der Raumplanung** zu berücksichtigen. Insbesondere bei der Wohnbauförderung beziehungsweise Baulandausweisung ist diese auf die Erreichbarkeit mit dem Fahrrad und öffentlichen Verkehr auszurichten. Eine Überarbeitung der Grundsteuerbefreiung von Verkehrsflächen, der Stellplatzverpflichtung (Kerschner, 2016) sowie der Pendlerpauschale ist wünschenswert, um auch hier die aktive Mobilität zu stärken (BMLFUW und bmvit, 2015; Ökobüro, 2018).

Eine gute Infrastruktur, welche das Zufußgehen und den Radverkehr fördert, erhöht die Lebensqualität: Es ist mehr Platz für Begrünung vorhanden und sie wird als attraktiver wahrgenommen im Vergleich zu am Kfz-Verkehr ausgerichteten Straßenräumen. Derzeit ist jedoch auf vielen Straßen für parkende Autos mehr Platz als für RadfahrerInnen oder FußgängerInnen und die Bereiche für das Gehen sind oft schmaler als die Regelbreite von zwei Metern beziehungsweise als die Mindestbreite von 1,5 Metern (VCÖ, 2019). Hier bedarf es einer **Priorisierung des FußgängerInnen- und Radverkehrs** bei der Entwicklung von Siedlungs- und Mobilitätskonzepten, inklusive Umsetzungsplänen samt Finanzierung und Erfolgskontrolle. Empfehlenswert sind hierbei bauliche Maßnahmen zum Ausbau des Infrastrukturangebots, wie beispielsweise Shared-Space-Bereiche sowie FußgängerInnen- beziehungsweise Begegnungszonen (BMLFUW, 2015; BMLFUW und bmvit, 2015). Ebenso ist eine **Anpassung relevanter Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien**, um das Radfahren und Gehen zu stärken, insbesondere durch die Verankerung in der Bau- und Raumordnungsgesetzgebung (BMLFUW, 2015; BMLFUW und bmvit, 2015; Geretschläger und Kerschner, 2016b), sowie eine Modernisierung der Straßenverkehrsordnung und die Weiterentwicklung von Richtlinien auf Bundesebene erstrebenswert (Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen – RVS, sowie Richtlinien des österreichisches Instituts für Bautechnik – OIB). Diese umfasst eine Verbindlichkeit von RVS, Mindestqualitätsstandards und beinhaltet zwei Planungsgrundsätze in RVS: einerseits die Priorisierung aktiver Mobilität in Planungsgrundsätzen und andererseits den verstärkten Einsatz von Sharrows bei beengten Platzverhältnissen (BMLFUW, 2015; BMLFUW und bmvit, 2015). Grundsätzlich bedarf es in Planungskonzepten für den nichtmotorisierten Individualverkehr sowohl „Push-Maßnahmen“ (angebotsverbessernde Maßnahmen) als

auch „Pull-Maßnahmen“ für den Autoverkehr (restriktive Maßnahmen).

Sozial-ökologische Steuerreform

Im Verkehrsbereich betrifft die Integration der Folgekosten (Internalisierung der externen Kosten) im Rahmen einer sozial-, umwelt- und wirtschaftsgerechten Steuerreform einerseits Aspekte, die durch ein kilometerabhängiges Preissignal am besten weitergegeben werden können (Infrastruktur, Unfallfolgekosten, Staus, Lärm, Feinstaub), andererseits Aspekte, die über einen Preis weitergegeben werden, der am Treibstoff ansetzt (Treibhausgasabgabe, Energieverbrauchsabgabe). Dies bedeutet, dass der Kauf von fossilem Treibstoff schrittweise deutlich teurer wird. Insbesondere bis sich das Gesamtsystem in seinen alternativen Angeboten ausreichend geändert hat, wird dies am besten aufkommensneutral erfolgen, indem die Einnahmen über den in Abschnitt 4.1.1 erwähnten Klimabonus refundiert und für eine umweltverträglich umgestaltete PendlerInnenunterstützung für jene Personen verwendet werden, für die (noch) keine klimaverträgliche Alternative zur Verfügung steht. Bewusstseinsbildende Öffentlichkeitsarbeit, basierend auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen wie z. B. aus der Umweltpsychologie, begleitet diese Umstellung und die breite Akzeptanz, dass alle Aktivitäten ihre gesellschaftlichen Folgekosten im Preis widerspiegeln. Somit wird Klima schädigendes Mobilitätsverhalten signifikant teurer. Eine europaweit abgestimmte Vorgangsweise erhöht die Effektivität wesentlich.

Kontraproduktive Maßnahmen

Pendlerförderung

In Österreich gibt es mehrere nationale wie auch bundesländerspezifische steuerliche Instrumente zur Förderung von PendlerInnen. PendlerInnenförderungen führen grundsätzlich dazu, dass der Anreiz, den Wohn- und Arbeitsort so zu wählen, dass die Pendeldistanz möglichst gering ist, sinkt. Sie sind deshalb auch wesentliche Treiber für die Zersiedelung (Su und DeSalvo, 2008). Während oft arbeitsmarkt-, familien- und sozialpolitische Begründungen für diese Förderinstrumente angeführt werden, kommen sie tatsächlich in überproportionalem Ausmaß BezieherInnen hoher

Einkommen zugute (Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a).

Soll eine Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehrsbereich erreicht werden, ist die Pendlerförderung so umzugestalten, dass

- die Verkehrsströme auf den ÖV bzw. andere alternative umweltfreundliche Verkehrsmittel (z. B. E-Bikes) umgeleitet werden, z. B. durch Beschränkung der Förderung auf den Weg zum nächsten hinreichend frequentierten Bahnhof oder durch Vorgabe von akzeptablen Umwegen;
- soziale Härtefälle mit hohem Anteil der Fahrkosten relativ zum Einkommen über nur orts-, aber nicht verkehrsmittelabhängige Pendlerzuschüsse abgedeckt werden (z. B. in Form einer außergewöhnlichen Belastung im Rahmen der Einkommensteuer oder durch Beibehaltung der Negativsteuer) (Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a). Solche Maßnahmen können auch zur Abfederung einer entfernungsabhängigen Straßenmaut eingesetzt werden.

Pauschale Besteuerung privat genutzter Firmenautos

Aufgrund der pauschalen Besteuerung und dadurch, dass die variablen Kosten (Treibstoff, Reparaturen etc.) oft vom Arbeitgeber übernommen werden, ist ein Firmenauto ein attraktives Angebot für MitarbeiterInnen und ersetzt oft deren eigenes Auto. Für Unternehmen stellt die Bereitstellung von Dienstwagen eine attraktive Möglichkeit der MitarbeiterInnenentlohnung dar, für die keine Lohnnebenkosten anfallen. Außerdem können die Anschaffungs- und Betriebskosten abgeschrieben werden. Firmenautos sind tendenziell größer und CO₂-intensiver als private Pkws und werden in der Regel mehr genutzt. Dies schlägt sich auch auf den Gebrauchtwagenmarkt durch, an dem (ehemalige) Firmenautos einen relevant großen Anteil haben (Gutiérrez-i-Puigarnau und Ommeren, 2011; Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a).

Nachdem erste Schritte in Richtung einer Ökologisierung der Besteuerung von Firmenautos bereits getroffen wurden, soll diese, abhängig vom technischen Fortschritt und den CO₂-Emissionen, verstärkt werden. Für eine Reduktion der CO₂-Emissionen ist es außerdem erforderlich, die pauschale Besteuerung in eine

aufwandsorientierte umzugestalten (Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a).

Mineralölsteuerbegünstigung für Dieselfahrzeuge in Österreich und gegenüber den Nachbarländern

Diesel wird in Österreich mit einem deutlich geringeren Satz besteuert als Benzin und auch geringer als in den meisten Nachbarländern, was vor allem mit der Unterstützung des gewerblichen Güterverkehrs auf der Straße begründet wird. Diese Begünstigung trägt dazu bei, dass der Anteil an Dieselfahrzeugen im Personenverkehr stark zugenommen hat. Dieselfetriebene Pkws produzierten in den letzten Jahren pro km durchschnittlich mehr CO₂-Emissionen als benzinbetriebene Pkws (Umweltbundesamt, 2019a, S. 16), einerseits aufgrund der erhöhten Emissionsintensität des Diesels im Vergleich zu Benzin und andererseits aufgrund ihrer höheren Motorleistung. Dieses Dieselpprivileg ist aus umweltpolitischer Sicht nicht haltbar (Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 468 f.; Kletzan-Slamanig und Köppl, 2016a).

Verkehrsraumplanung

Die Entwicklung der Zentralräume der kurzen Wege wird durch eine konsequent verfolgte überregionale Raumplanung und ihre regionale und örtliche Implementierung gewährleistet (Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 335 ff.). In einer Ausgangssituation mit extrem hohem gewidmeten Bauland in hoch zersiedelten Strukturen wird zur Gestaltung auch das Instrument von Entwicklungsrechten (handelbare Flächennutzungsrechte) eingesetzt. Dieses Instrument kann (definierten) Zentralräumen der kurzen Wege zum Durchbruch verhelfen, indem in diesen Zentralräumen die Flächen intensiver genutzt werden dürfen, als zuvor festgeschrieben war, dafür aber zusätzliche Entwicklungsrechte erworben werden müssen (Ziel-Gebiete der handelbaren Entwicklungsrechte). Zum Beispiel wird in so definierten Ortszentren, die auch gut mit öffentlicher Verkehrsanbindung erschlossen sind, ein Überschreiten der bisherigen Bebauungsdichte dann zugelassen, wenn dafür Entwicklungsrechte zugekauft wurden. Umgekehrt gibt es (ebenso gesellschaftlich definierte) „Herkunfts“-Gebiete dieser Rechte, in denen dadurch Grundstücksbesitzer den Wert ihres Grundstücks durch Verkauf der Entwicklungsrechte lukrieren können, sofern sie diese Grundstücke nicht verbauen und damit in diesen Gebieten mehr Naturnähe ermöglichen. Damit werden Wertverluste vollständig vermieden. Im Finanzausgleich können adäquate Anreizsys-

teme auf Länderebene (überörtliche Zusammenarbeit in der Raumplanung, etwa für gemeinsame Betriebsgebiete, Bedarfszuweisungsmittel in Abhängigkeit von der Programmbeteiligung an handelbaren Entwicklungszertifikaten etc.) positiv berücksichtigt werden.

In der Zielrichtung fußläufiger Zentralräume entwickelte Gesetze und Verordnungen in der Flächenwidmung, Bauordnung und Wohnbauförderung dienen der konkreten Verwirklichung der Klima- und Energieziele. Dazu zählen auch eine verpflichtende Radverkehrsverträglichkeitsprüfung (bundesweit harmonisiert und rechtlich verankert), sowie eine Priorisierung des FußgängerInnenverkehrs bei der Entwicklung von Siedlungs- und Mobilitätskonzepten. Es stehen in einem solchen dann klimafreundlichen Österreich umfangreiche Konzepte zur Verfügung und werden adäquat eingesetzt, von baulichen Maßnahmen (wie Fußgänger-/Begegnungszonen, Shared Space in Einkaufsstraßen und sehenswerten Stadt- und Ortsteilen (Zentren, Schulen), bis zu flexibleren Maßnahmen (wie eine Reduzierung der Umwege für FußgängerInnen sowie Beschilderungen).

Eine sehr wirksame Maßnahme besteht in einer ökologisierten Umwandlung der in den Bundesländern derzeit üblichen einmalig zu zahlenden Erschließungsabgabe im Zuge der Baugenehmigung in eine niedrigere, aber laufend (jährlich) zu zahlende Erschließungsabgabe in Abhängigkeit von der Erschließung durch die einzelnen Verkehrsmittel im Sinne der Kostenvahrheit.

Digitalisierung und Automatisierung als Hebel nutzen

Sowohl die Automatisierung als auch die Digitalisierung haben grundsätzlich das Potenzial, Treibhausgasemissionen im Verkehr einzudämmen, können aber auch gegenteilige Wirkungen haben, vor allem, wenn sie zusätzliche Nachfrage nach physischer Mobilität mit Fahrzeugen mit fossilem Antrieb generieren.

Automatisierung von Fahrzeugen

Die Automatisierung von Fahrzeugen hat auf Fahrzeugebene nur eine eingeschränkte Wirkung auf den Energieverbrauch. Energiegewinne durch effizienteres Fahren (u. a. „Platooning“, flüssigeres Fahren) werden – verursacht durch das höhere Fahrzeuggewicht und durch die benötigte Technik (Sensoren, Rechner etc.) – größtenteils wieder wettgemacht (Gawron u. a.,

2018). Wenn automatisierte Fahrzeuge zur Lösung der Klimafrage beitragen sollen, ist ein fossilfreier Antrieb verpflichtend vorzuschreiben. Sie könnten auch ergänzend als Sharing-Fahrzeug zum öffentlichen Verkehr eingesetzt werden.

Steuerliche, raumplanerische und/oder andere regulatorische Maßnahmen werden nötig sein, um zu vermeiden, dass die Markteinführung von automatisierten Fahrzeugen dazu führt, dass der Straßenverkehr und die damit verbundenen externen Kosten weiter steigen. Simulationsstudien zeigen, dass ohne zusätzliche Maßnahmen die Möglichkeit, relativ kostengünstig von Tür zu Tür transportiert zu werden, sowie die verbesserten Zeitnutzungsmöglichkeiten während der Autofahrt dazu führen, dass die Anzahl der mit Autos zurückgelegten Kilometer steigt, die Nutzung von alternativen Verkehrsmitteln sinkt und es zu weiteren Suburbanisierungsbewegungen kommt (Pernestål Brenden und Kristoffersson, 2018). Ohne die in den anderen Abschnitten dieses Verkehrskapitels genannten Maßnahmen würde die Automatisierung und Digitalisierung per se somit zu einer Verschärfung der Treibhausgasemissionen aus dem Verkehr führen, was die Bedeutung der in diesen Abschnitten genannten Maßnahmen nochmals erhöht.

Informations- und Kommunikationstechnologien

Informations- und Kommunikationstechnologien erleichtern den (mobilen) Zugang zu aktuellen Informationen, insbesondere bezüglich der Verfügbarkeit von Verkehrsmittelalternativen. Dadurch kann Mobilität flexibler und schneller organisiert werden und unterschiedliche Mobilitäts- und Verkehrsformen können einfacher miteinander kombiniert werden („Multimodalität“) (Chaloupka u. a., 2015). Auch Sharing und die Bezahlung von Mobilitätsleistungen wird so erleichtert. Diese Angebote werden jedoch nur dann zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen führen, wenn eine Verwendung von Fahrzeugen ohne fossilen Antrieb vorgeschrieben wird und durch den Einsatz von geeigneten Instrumenten (z. B. Straßenmaut) sichergestellt wird, dass es dadurch nicht zu einer höheren Pkw-Verkehrsleistung auf Kosten des ÖVs und des nichtmotorisierten Verkehrs kommt.

Vermehrtes Augenmerk gilt es weiters darauf zu legen, dass die präsentierten Informationen auch sachlich richtig sind. So wird beispielsweise auf vielen Websites, die einen Verkehrsmittelvergleich anbieten, das Auto als übermäßig attraktive Alternative präsentiert,

indem Gehzeiten zum Parkplatz oder Parkplatzsuchzeiten nicht dargestellt werden.

Steuerinstrumente

Die Internalisierung von externen Kosten ist für die Reduktion der CO₂-Emissionen unumgänglich. Digitalisierung hat das Potenzial, verbesserte Möglichkeiten zur Internalisierung von externen Kosten und zur Implementierung von anderen regulatorischen Maßnahmen zu erreichen. So können beispielsweise mittels Tracking von Fahrzeugen Straßenbenutzungsgebühren eingehoben werden, die sich auch zwischen Autotypen, örtlich und zeitlich unterscheiden (Adler u. a., 2019). Dies könnte einerseits zu einer höheren Akzeptanz von solchen Bepreisungsinstrumenten führen, andererseits auch zu niedrigeren operativen Kosten.

Teleworking

Die Digitalisierung hat sowohl Auswirkungen auf die Arbeitswelt (Telearbeit, virtuelle Meetings, mobiles Arbeiten etc.) als auch auf das Einkaufs- und Freizeitverhalten (z. B. Online-Shopping). Sie könnte prinzipiell dazu beitragen, die täglichen Verkehrswege zu reduzieren. Bisher hat sich diese Hoffnung jedoch kaum bewahrheitet. Studien zeigen, dass Telearbeit neue Wege generiert und mit längeren Pendelstrecken einhergeht (de Abreu e Silva und Melo, 2018; Geretschläger und Kerschner, 2016b, S. 343; Wang und Law, 2007). Aus diesen Gründen ist nicht absehbar, dass die Veränderungen in der Arbeitswelt aufgrund der Digitalisierung einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der Klimawandelproblematik im Mobilitätsbereich darstellen.

Kommunikationstechnologien erleichtern virtuelle Meetings und sollten eingesetzt werden, um physische Wege, insbesondere Flüge, einzusparen. Dabei gilt es allerdings zu beachten, dass auch Kommunikationstechnologien energieintensiv sein können und auf deren klimabewussten Einsatz zu achten ist, wenn Emissionsreduktionen erzielt werden sollen.

Zusammenfassung

Die Möglichkeiten, die die Automatisierung und Digitalisierung für den Verkehrs- und Mobilitätsbereich sowie auch für die Arbeitswelt bringen, zeigen unter Beachtung der wahrscheinlichen Verhaltensänderungen nur punktuell einen positiven Beitrag zur Lösung der Klimakrise. Um umfassendere Beiträge zu erreichen, sind geeignete ergänzende Maßnahmen notwen-

dig, die einerseits im Sinne von (gesamtgesellschaftlich erwünschten) Push-Maßnahmen die Nutzung fossiler Energie deutlich reduzieren oder vermeiden (z. B. verpflichtender nichtfossiler Antrieb automatisierter Fahrzeuge). Andererseits sind alle Maßnahmen im Sinne einer Internalisierung externer Kosten (wie z. B. eine CO₂-Abgabe, Öko-Bonus) hilfreich, die Klimaziele im Verkehrs- und Mobilitätssektor zu erreichen.

Aktive Mobilität

Die gezielte Förderung der aktiven Mobilität stellt sich insbesondere als wichtig heraus, wenn man bedenkt, dass die Hälfte aller Pkw-Fahrten in Österreich kürzer als fünf Kilometer ist. Somit ist von großer Bedeutung, genau hier geeignete und zielführende Maßnahmen einzusetzen, um eine Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf aktive Mobilitätsformen zu erzielen. Durch die Förderung des Zufußgehens wird sowohl der Anteil der Personen, welche mit dem Rad fahren, als auch die Nutzung des öffentlichen Verkehrs gestärkt (BMNT, 2018a)³⁸.

Allem voran sind im Bereich aktiver Mobilität vor allem **bewusstseinsbildende Maßnahmen und Imagekampagnen** relevant, um das Image von Radfahren und Gehen als intelligente und umweltfreundliche Alltagsverkehrsmittel zu stärken und den persönlichen Nutzen hervorzuheben, wie etwa: die positiven Gesundheitsaspekte, eine bessere Lebensqualität und die Schnelligkeit des Rads bei Kurzstrecken. Die **positiven Gesundheitsaspekte** des Radfahrens und Gehens sollen insbesondere bei Verkehrsplanungsprojekten, Verkehrspolitik und öffentlicher Verwaltung stärker berücksichtigt werden sowie eine verstärkte Involvement von Sozialversicherungen, Krankenkassen und Gesundheitsfonds in Bewusstseinsbildungskampagnen erfolgen (BMLFUW, 2015; BMLFUW und bmvit, 2015). Entsprechend dem Masterplan Radfahren sollen im mehrjährigen Durchschnitt etwa 10 % der gesamten Radverkehrsausgaben für Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung und Bewerbung aufgewendet werden (BMLFUW, 2015).

Der VCÖ (2019) gibt an, dass beim Radfahren und Gehen ein Nutzen von rund 18 bis 37 Cent pro Kilometer, vor allem im Gesundheitsbereich, entsteht. Somit würde eine Verdoppelung des Radverkehrs auf 13 % den Nutzen im Gesundheitsbereich von über

1 Mrd. EUR erhöhen, da sich die Kosten in Österreich bei ungesunder Ernährung und Bewegungsmangel auf 8 bis 12 Mrd. EUR jährlich belaufen. Es lässt sich erkennen, dass das Ziel einer Verdoppelung des Radverkehrsanteils nicht nur den motorisierten Individualverkehr und somit THG-Emissionen einspart, sondern auch hohe Einsparungen im Gesundheitsbereich hat, vor allem durch die bessere Luftqualität sowie durch die tägliche Bewegung. Die Erhöhung des Radverkehrsanteils von derzeit sieben auf 13 % bis ins Jahr 2025 kann durch Attraktivitätssteigerungen alleine jedoch nicht erreicht werden. Ohne **Push-Maßnahmen, die den Motorisierungsgrad bis ins Jahr 2030 drosseln**, wie beispielsweise die Internalisierung der externen Kosten und Maßnahmen, die den motorisierten Individualverkehr einschränken (Parkraumbewirtschaftung, Fahrstreifenreduktion oder Pfortnersysteme), und ohne gezielte Investitionen, also beispielsweise durch eine Förderung des Bundes für alle Gebietskörperschaften oder eine Zweckbindung der Mineralölsteuerverwendung, ist eine Verdoppelung des Radverkehrs kaum möglich (Umweltbundesamt, 2019a; VCÖ, 2019).

Bei den aktiven Mobilitätsformen Radfahren und Gehen spielt insbesondere die **Verkehrssicherheit** eine wichtige Rolle, welche bewerkstelligt werden kann durch:

- eine Verkehrsberuhigung in Form einer Reduktion der Kfz-Geschwindigkeiten (siehe Maßnahmen im Individualverkehr);
- eine Unterbindung von Kfz-Schleichwegen;
- infrastrukturelle Maßnahmen: Ausweitung von Fußgänger- und Begegnungszonen sowie Wohnstraßen und Rückbau von Pkw-Stellplätzen (VCÖ, 2019);
- Verkehrserziehung beziehungsweise Mobilitätsbildung bereits im frühen Alter bei einer Erhöhung der Radverkehrsmenge (safety by numbers);
- und Steigerung der Sichtbarkeit von RadfahrerInnen (BMLFUW, 2015).

Auch stellt beim Radfahren ein unvollständiges Radverkehrsnetz oftmals ein Problem dar, wodurch RadfahrerInnen gezwungen werden, in den Fließverkehr überzugehen, was oftmals vom Radfahren abhält (VCÖ, 2019). Ein **vollständiges Radverkehrsnetz** erhöht nicht nur die Sicherheit, sondern kann auch zu einer Erhöhung des Radverkehrsanteils beitragen. Um das Radfahren attrak-

38 Für einen Überblick über gezielte Maßnahmen bzgl. Fahrrad siehe Geretschläger und Kerschner (2016b, S. 347 ff.), bzgl. Fußverkehr Geretschläger und Kerschner (2016b, S. 349 ff.).

tiver zu gestalten, können neben der Raumplanung und der Verkehrssicherheit folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Verankerung einer flächendeckenden Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h aller Innerortstraßen in der StVO (ausgenommen Vorrangstraßen), Öffnung von Einbahnen;
- Grünpfeil für Rechtsabbiegen und längere Grünphasen (VCÖ, 2017), baulich getrennte Radwege (VCÖ, 2019);
- Ausbau von Radschnellverbindungen (BMLFUW, 2015);

- Fokus auf Elektro-Bike (insbesondere in ländlichen Gebieten);
- Ausbau Bike&Ride-Anlagen (BMLFUW, 2015);
- Ausbau Radverleihsysteme (BMLFUW, 2015);
- Attraktivierung der Fahrradmitnahme in Bahn und Bus (BMLFUW, 2015) und Ausweitung auf die Straßenbahn.

Böhler-Baedeker u. a. (2012) haben in *Konzepte für CO₂-arme Mobilität in der Stadt* einige dieser Maßnahmen nach Wirkungsdimension und Zeithorizont wie folgt eingeteilt:

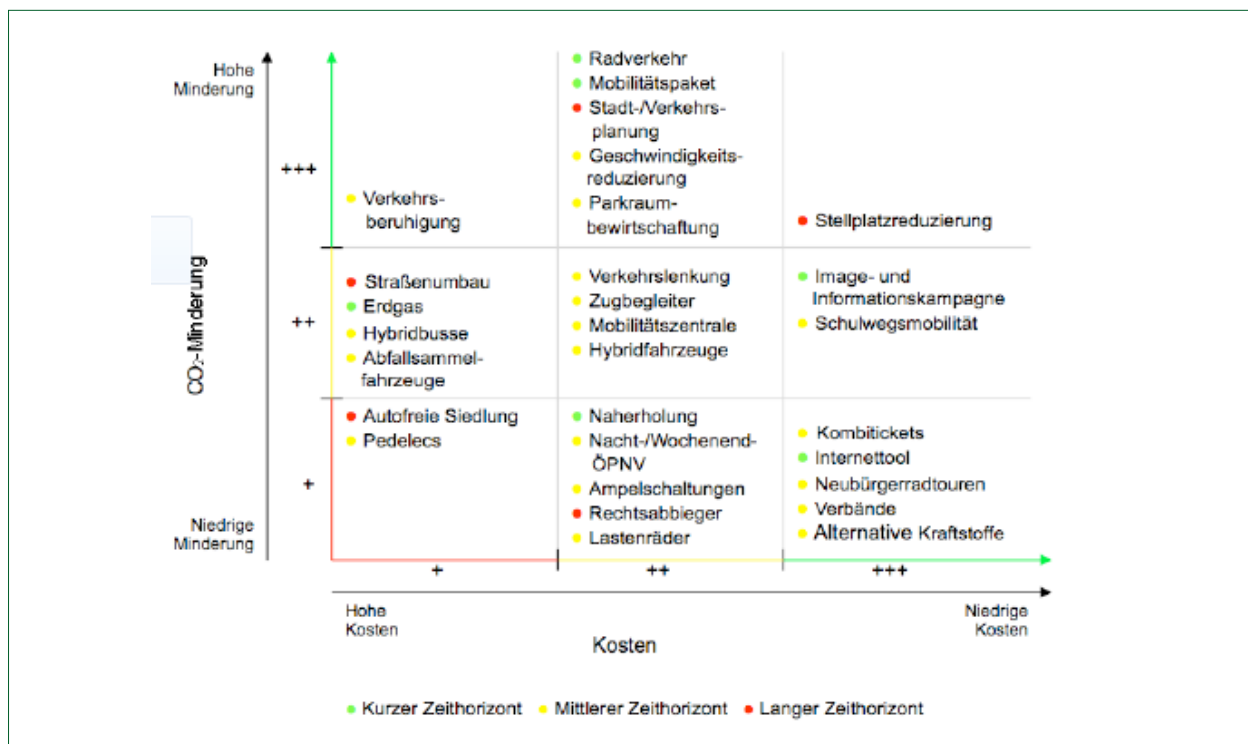


Abb. 8: Verkehrsbezogene Maßnahmen eingeteilt nach Wirkungsdimension und Zeithorizont (Böhler-Baedeker u. a., 2012).

Im Bereich aktiver Mobilität, insbesondere Radfahren, können auch **finanzielle und fiskalische Anreizsysteme** zu einer Erhöhung des Radverkehrsanteils und einem Rückgang des motorisierten Individualverkehrs beitragen. Beispiele hierfür sind:

- die Belohnung der Fahrradnutzung mit einer Gesundheitsprämie von mindestens 50 Cent pro Kilometer (Internalisierung externen Nutzens);
- Reform des Kilometersatzes auf Basis eines fixen verkehrsunabhängigen Kilometersatzes ohne Obergrenze;

- Erhöhung der großen Pendlerpauschale von 2 auf 5 Kilometer, was etwa 20 min. Radfahrt entspricht;
- steuerliche Begünstigungen für das Fahrrad und Besserstellung des Dienstfahrrads gegenüber Dienstkraftwagen durch Lohnsteuerbefreiungen (BMLFUW, 2015).

Der Entwurf-NEKP geht davon aus, dass die Hälfte aller motorisierten Fahrten des Gütertransports in Städten mit konkreten Maßnahmen auf den Radverkehr verlagert werden kann (BMNT, 2018a). Unklar ist, ob hier die Transportleistung oder das Transportaufkommen gemeint ist. Hierfür sind insbesondere eine Forcierung des Elektrofahrrads sowie eine einhergehende Verdichtung der Ladestationen von großer Relevanz (BMLFUW, 2015).

Nicht alle Wege können jedoch zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt werden, dafür braucht es den **Ausbau öffentlich zugänglicher Verkehrsangebote**, welche zusätzlich multimodal oder in Verbindung mit einem Sharing-System einhergehen, und dies sowohl im urbanen als auch im ländlichen Raum (VCÖ, 2017). Für eine Steigerung der sogenannten **multimodalen Mobilität**, welche das Zufußgehen, Radfahren, öffentliche Verkehrsmittel und Ridesharing-Systeme einschließt, ist die Infrastruktur von großer Bedeutung. Aktive Mobilitätsformen wie das Zufußgehen und das Radfahren sind wichtige Zubringer für den öffentlichen Verkehr und somit ist die besondere Berücksichtigung einer **hohen Attraktivität und einer guten Erreichbarkeit von Haltestellen** wichtig (VCÖ, 2019). Hierzu zählen witterungsgeschützte und gesicherte sowie ausreichende Fahrradabstellmöglichkeiten an Bahnhöfen und öffentlichen Haltestellen (VCÖ, 2019), Haltestellen des öffentlichen Verkehrs mit maximaler Distanz von 500 Metern sowie die Gestaltung multimodaler Mobilitätsknoten, welche Carsharing-Standorte und Fahrradverleihsysteme mit dem Bahnhof verbinden, um die Fahrradnutzung im Vor- und Nachlauf zu erhöhen (BMLFUW, 2015). Weiters ist der Ausbau intermodaler Schnittstellen von großer Bedeutung. Hierzu zählt etwa der Ausbau von Park-and-Ride-Anlagen (Arbeiterkammer, 2018). In diesem Bereich könnte auch die Digitalisierung in Form von Apps, beispielweise **multimodale Routenplaner**, diese multimodale Mobilität fördern (Wahl, 2015). Ausleihvorgänge für E-Fahrräder, Faltenräder, Fahrradanhänger und Transporträder könnten mittels Digitalisierung bequemer und einfacher gestaltet werden, indem eine Kooperation mit unterschiedlichen Ausleihsystemen erfolgt, wodurch einmalige Systemanmeldung und Ausleihvorgang ausreichend sind. Durch eine Verknüpfung verschie-

dener Mobilitätsangebote, wodurch in Echtzeit für einen bestimmten Ort die verschiedenen Verkehrsmittel angezeigt und auch gleich gebucht und bezahlt werden können (Schleicher und Steininger, 2018), kann mithilfe der Digitalisierung eine Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel verstärkt werden (VCÖ, 2017). Ein Beispiel wäre eine **Mobilitätsplattform mit App** als User Interface am Smartphone, wo nur das bezahlt wird, was tatsächlich genutzt wurde (Schleicher und Steininger, 2018). Hierzu zählt das My Ticket, ein integriertes Ticketsystem für die gesamte Mobilität. Die Plattform kann eine Karte mit Near-Field-Communication-Funktion oder eine App für das Smartphone sein, was eine Integration von bestehenden Jahreskarten im Verkehrsverbund mit ÖBB-Vorteilscard ermöglicht, wodurch alle öffentlichen Verkehrsträger erreichbar sind, aber mit unterschiedlichen Tarifen (entsprechend Gültigkeitsbereich der Jahreskarte). Diese könnte auch je nach Geltungsbereich bis hin zur Österreich Card ausgeweitet werden (Schleicher u. a., 2018).

Eine andere Form, die Digitalisierung zu nutzen, ist die sogenannte „**virtuelle Mobilität**“, welche physische Transportbewegung ersetzen kann. Beispiele hierfür sind das E-Learning, der Onlineshop, Video-Konferenzen und das Teleworking (Schleicher und Steininger, 2018). Zu beachten ist hierbei jedoch, dass der persönliche Austausch von großer Bedeutung ist. Es geht hier nicht darum, diesen vollständig durch Kommunikationstechnologien zu verdrängen, sondern nur in gewissen Bereichen zu unterstützen. Es muss auch gesagt werden, dass die Digitalisierung nur begrenzte Möglichkeiten hat und nur als Begleitmaßnahme einen Beitrag leisten kann.

Öffentlicher Verkehr

Laut VCÖ (2018a) fahren fast 90 % der WienerInnen mit den öffentlichen Verkehrsmitteln und in fast keinem anderen Land in Europa (Ausnahme Schweiz) wird pro Kopf so viel mit der Bahn, dem Bus und dem öffentlichen Verkehr gefahren wie in Österreich. Das Angebot und das Image des öffentlichen Verkehrs hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert, es fehlt jedoch noch immer eine **stärkere Priorität des öffentlichen Verkehrs gegenüber dem Kfz-Verkehr**. Neben dem Ausbau von Straßen-, Schnell- und U-Bahnen ist der öffentlichen Nahverkehr und insbesondere die Verbindung zu den österreichischen Zentren zu verstärken (VCÖ, 2018a). Derzeit gibt es große Unterschiede im städtischen und ländlichen Bereich

und besonders Rücksicht sollte auf dünn besiedelte ländliche Gebiete genommen werden. In diesen Gebieten sind eine Sicherstellung der **Erreichbarkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln** (auch von nicht lenkfähigen Personen) und **flexible nachfragegesteuerte ÖV-Systeme** empfehlenswert. Um sowohl im ländlichen als auch im städtischen Bereich den öffentlichen Verkehr attraktiver zu gestalten und eine Ausweitung des Angebots an öffentlichen Verkehrsmitteln zu schaffen, bedarf es einer **Erhöhung der Investitionen zur Verdichtung des öffentlichen Verkehrs**. Siehe Gertschläger und Kerschner (2016b, S. 344 ff.) für eine Übersicht bzgl. Maßnahmen. Im *Sachstandsbericht Mobilität* wurde dies wie folgt berechnet:

Intensität 1 mit einer mittleren Wirkung von 0,17 Mt CO₂eq

- Ab 2025 Erhöhung der Investitionen im Infrastrukturbereich von 2,5 auf 3 Mrd. EUR sowie bestellerseitige Angebotserhöhung ab 2020.
- Lineare Reduktion der Jahresticketpreise um 25 Prozent zwischen 2020 und 2030 und bis 2050 ein konstantes Preisniveau.
- Bis 2030 Erhöhung des Elektrifizierungsgrades der ÖBB-Strecken auf 85 % und bis 2030 Erhöhung Elektrotraktion im Verschub auf 50 %.

Intensität 2 mit einer großen Wirkung von 0,39 Mt CO₂eq

- Intensität 1 + zusätzliche bedarfsorientierte Erhöhung der bestellerseitigen Angebotserhöhung.
- Weitere Reduktion der Ticketpreise um 25 %.
- Bis 2030 Erhöhung des Elektrifizierungsgrades der ÖBB-Strecken auf 100 % und 100 % des Strommix der Schiene aus erneuerbaren Energieträgern (Umweltbundesamt, 2019a).

Eine Berücksichtigung **sozialer Aspekte** beim Ausbau des öffentlichen Verkehrs ist wünschenswert. Hierzu zählen insbesondere Ticketpreise für die öffentlichen Verkehrsmittel, welche durch gezielte Unterstützung, insbesondere für einkommensschwache Personen, um die Hälfte reduziert (Umweltbundesamt, 2017a) oder individuell angepasst werden und in Form eines kombinierten Ticketsystem realisiert werden. Ebenso ist eine **Verdoppelung des Intervalls** erstrebenswert, um den öffentlichen Verkehr attraktiver zu gestalten (Umweltbundesamt, 2017a). Um

den öffentlichen Verkehr zu stärken, braucht es neben diesem Ausbau eine **Verringerung der Attraktivität des Individualverkehrs** (Arbeiterkammer, 2018). Diese könnte unter anderem durch Imagekampagnen und Bewusstseinsbildung erreicht werden, welche beispielsweise die versteckten Mehrkosten eines Autos aufzeigen (ÖH BOKU, 2018).

Individualverkehr

Der Anteil der THG-Emissionen im Personenverkehr ist um rund 58 % gestiegen und im Jahr 2016 entfallen knapp zwei Drittel der THG-Emissionen auf den Personenverkehr (BMNT, 2018a). Der motorisierte Individualverkehr wird heute nicht nur mehr als Zugang zu Personen, Gütern und Dienstleistungen angesehen, sondern viel mehr mit einem Freiheitsgefühl und Unabhängigkeit verbunden (Piskernik, 2017) und der Besitz eines Autos steht eng im Zusammenhang mit einem Statussymbol, auch wenn er, insbesondere in Städten, immer öfters überflüssig ist. Eine Stadt ohne motorisierten Individualverkehr, mit mehr Grünflächen und Erholungsplätzen, würde für alle mehr Lebensqualität bedeuten. Derzeit fehlt es jedoch sichtlich an Mut, große Veränderungen zu initiieren und die bisherigen Maßnahmen beschäftigen sich überwiegend mit Verbesserungen bestehender Systeme. Es sollten mehr Überlegungen und Maßnahmen getroffen werden, wie eine **Stadt ohne Autos oder zumindest ohne diesel- und benzinbetriebenen Autos erzielt** und wie Österreich dadurch **unabhängig von fossilen Importen** werden kann (Schleicher und Steininger, 2018). Denn der Verkehr ist zu 93 % von Erdöl abhängig, welches Österreich jedes Jahr rund 6 Mrd. EUR kostet (BMLFUW, 2015). Hiermit wird deutlich, dass die Unabhängigkeit Österreichs von Erdölimporten erstrebenswert wäre. Ebenso wäre eine **zeitlich klare Rahmensetzung für ein Ende der Neuzulassungen von fossil betriebenen Fahrzeugen** ein Schritt in die richtige Richtung (NKK, 2018), um dadurch die steigenden Treibhausgasemissionen aus dem Sektor Verkehr zu reduzieren. Im Auftrag von Greenpeace hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) 2018 berechnet, bis wann das Ende der Neuzulassung von fossil betriebenen Fahrzeugen zu erfolgen hat, um das Pariser Klimaziel von 1,5 °C zu erreichen, und dies mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % beziehungsweise 66 %. Hierfür wurden die Emissionen des Verkehrssektors in der EU-28 sowie von der Schweiz und Norwegen herangezogen und es wird von einer gleichbleibenden Menge an Pkw aus-

gegangen. Den Ergebnissen zufolge dürften rein diesel- und benzinbetriebene Pkw ab dem Jahr 2025 und Pkw mit Hybridantrieb ab dem Jahr 2028 nicht mehr neu zugelassen werden (DLR, 2018).

Die wissenschaftliche Evidenz der internationalen Literatur (siehe z. B. EASAC, 2019), aber auch der „Sachstandsbericht Verkehr 2019“ des Umweltbundesamts (2019a) zeigen auf, dass die Zielerreichung der „Null-THG-Emission“ des motorisierten Verkehrs bis 2050 und auch das für Österreich definierte Zwischenziel für 2030 allein mit freiwilligen Anreizmaßnahmen nicht erreichbar sind. Deshalb gilt es ein Maßnahmenprogramm zu entwickeln, das auf Bundes- und Länderebene ein ausgewogenes Verhältnis zwischen „Push- und Pull-Maßnahmen“ beinhaltet, um die Klimaziele nachweislich zu erreichen. Hier ist insbesondere zu berücksichtigen, dass derzeit einige der treibenden Faktoren dem Ziel entgegenwirken: Dazu zählen die noch immer insgesamt wachsende Motorisierung in Verbindung mit der Bevölkerungszunahme; der Trend zu größeren Autos (SUVs); der durch die derzeitigen Rahmenbedingungen bedingte Straßenausbau, um die angestrebte Erreichbarkeit sicherzustellen, sowie die zu erwartenden Effekte der Digitalisierung und Automatisierung im Verkehr, die zu einer Steigerung der Verkehrsleistung beitragen dürften. Wesentlicher Treiber für diese Rahmenbedingungen, die eine Zunahme des motorisierten Individualverkehrs mit fossilem Antrieb unterstützen, ist die fehlende Kostenwahrheit des Straßenverkehrs, sowohl im Personen- wie im Güterverkehr: So betragen für die Länder der EU-28 die externen Kosten des Pkw-Verkehrs im Jahr 2016 12 Cent/Pkm (Schroten u. a., 2019). Im Vergleich dazu lagen sie für Bus bei 3,6 Cent/Pkm für Bahn zwischen 1,3 und 3,9 Cent/Pkm (Elektro-Hochgeschwindigkeit und Diesel) und für den Flug bei 3,4 Cent/Pkm. Dadurch ist der Wettbewerb im Personenverkehr verzerrt, mit einem zu hohen Anteil des Autoverkehrs. Ein Szenario, das die Klimaziele für den motorisierten Individualverkehr sicherstellt, besteht daher aus einer Palette von Push- und Pull-Maßnahmen, deren Wirksamkeit es vorab abzuschätzen und parallel zu überprüfen gilt. Eine klare Zielsetzung der Reduktion der Verkehrsleistung mit fossilem Antrieb ist dafür hilfreich. Beispielhaft sind im Folgenden Maßnahmenbündel aufgelistet, die eine Zielerreichung ermöglichen:

- Fahrzeugorientierte technologische Maßnahmen, die darauf abzielen, den Ausstoß an Treibhausgasen schrittweise zu reduzieren.
- Im Sinne der Kostenwahrheit und Unterstützung der Herstellung gleichwertiger Autos, aber mit fossilfreiem Antrieb, und der notwendigen Verhaltensänderung für den Verzicht auf fossile Antriebe gilt es die Kostenwahrheit schrittweise herzustellen. Dazu gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, wie z. B. eine CO₂-Abgabe, eine klimaschutzorientierte flächendeckende Straßenmaut, ökologisch orientierte Parkgebühren, sofortiger Entfall der geringeren Mineralölsteuer für Dieselfahrzeuge usw. (siehe auch Abschnitt 5.1.2). Je nach örtlichen Rahmenbedingungen kann das Alternativinstrument der City-Maut unerwünschte Nebenwirkungen (z. B. Flächennutzung an der Mautgrenze) aufweisen, und es wäre ihr in solchen Fällen eine flächendeckende umweltorientierte Straßenmaut vorzuziehen (Sammer, 2009, 2012a, 2012b).
- Restriktive Maßnahmen für die Autobenutzung mit fossilem Antrieb, wie emissionsfreie Zonen, Zufahrtsbeschränkungen und mengenmäßige Kontingentierung für umweltkritische Zonen.
- Umsetzung von Zulassungsbedingungen für automatisierte Kfz, die einen fossilfreien Antrieb voraussetzen.
- Straßenausbau und Kapazitätsausweitungen nur unter Berücksichtigung und Kompensation der THG-Emissionen durch begleitende Maßnahmen.
- Einführung eines Konzeptes für zulässige Geschwindigkeiten auf allen Klassen des Straßennetzes von 100/80/50/30 für Autobahnen und Schnellstraßen/Außerortsstraßen/innerörtliche Vorrangstraßen/untergeordnete Straßen ohne Vorrang innerorts im Rahmen der Straßenverkehrsordnung.

Im Bereich Individualverkehr wird auch viel Zuvorsicht auf die Elektromobilität gelegt. Die Elektromobilität wird als Zukunftstechnologie und als eine wichtige Lösung zur Reduktion der Treibhausgasemissionen im Verkehr angesehen. Es wird jedoch nicht ausreichen, bestehende Verkehrsträger mit weniger emissionsintensiven zu ersetzen (Schleicher und Steininger, 2018). Die Elektromobilität spielt zwar eine große Rolle, um die Treibhausgase im Verkehrsbereich zu reduzieren, jedoch muss diese mit

einer **deutlichen Reduktion von Verkehrsbewegungen** einhergehen, darf nicht als einzige Maßnahme angesehen werden und ist nur dann sinnvoll, wenn sie mit einem dichten öffentlichen Verkehrsnetz einhergeht. Ebenso sollte beachtet werden, dass Elektromobilität nur dann eine geeignete Maßnahme und klimafreundliche Alternative darstellt, wenn sie zu 100 % aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Die Elektromobilität alleine hat nicht das Potenzial, die Emissionsprobleme zu lösen, und muss immer nur als Teil der Lösung angesehen werden, sie kann aber, mit den oben genannten Voraussetzungen, zur Reduzierung der THG-Emissionen im Sektor Verkehr beitragen. Problembereiche hinsichtlich Elektromobilität bestehen derzeit noch in der Reichweite, den hohen Kosten für den Erwerb sowie das Fehlen von ausreichender Ladeinfrastruktur. Derzeit liegt das Hauptproblem jedoch an der nicht vorhandenen Ladeinfrastruktur am Wohnort, was einerseits rechtliche Gründe hat, und andererseits aus Versorgungsgründen (keine ausreichende elektrische Energie) bedingt ist. Ein **Charge&Ride-System** für Elektrofahrzeuge sowie die **Ausstattung österreichischer Bahnhöfe mit einer Ladeinfrastruktur** stellen wichtige Investitionen dar, um dadurch eine kombinierte Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln und umweltfreundlichen Fahrzeugen im Individualverkehr zu erreichen (bmvit u. a., 2016). Weiters ist eine Berücksichtigung der Elektromobilität in der Bauordnung wünschenswert, welche derzeit nicht beinhaltet ist. Eine **grüne Fahrzeugkennzeichnung**, also eine einheitliche Kennzeichnung von sauberen und schadstoffarmen Fahrzeugen, für Fahrzeuge der Klassen L, M1 und N1, ein Symbol und eine Definition von Elektrofahrzeug in der StVO sowie Freihalten von Parkplätzen vor Ladestationen sind wichtig, um die Vorteile des Elektroautos sichtbar zu machen (bmvit u. a., 2016).

Im Individualverkehr wird mit der derzeitigen Ausweitung der Geschwindigkeit auf österreichischen Autobahnen von 130 km/h auf 140 km/h für die Erreichung der Klimaziele genau entgegengesetzt gehandelt. Dies stellt die österreichischen Klimaschutzmaßnahmen im Sektor Verkehr in Frage. Eine **Anpassung der Höchstgeschwindigkeit insbesondere auf Autobahnen und Autostraßen** mit einer Begrenzung von 100 km/h für alle Pkw, leichten Nutzfahrzeugen (LNF) und Zero Emission Vehicles (ZEV) ab 2020 sollte angedacht werden. Der *Sachstandsbericht Mobilität* hat diese Maßnahme genauer analysiert, wobei hier eine Ausnahme für ZEV vorgesehen wurde. Dem Bericht zufolge würde diese Maßnahme nicht

nur sehr geringe Zeitverluste mit sich bringen, insbesondere würde sie langfristig zu einer hohen Kostenersparnis durch weniger Verkehrstote, verbesserte Luftqualität und weniger Stau führen und THG- und Luftschadstoff-Emissionen reduzieren. Die Wirkung dieser Maßnahme liegt bei etwa -0,46 Mt CO₂eq und könnte somit großes Potenzial haben, die THG-Emissionen im Bereich Verkehr zu reduzieren (Umweltbundesamt, 2019a). Laut dem *Szenario Transition* des UBA sind nicht nur eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h auf Autobahnen, sondern auch **Tempolimits von 30 km/h innerorts beziehungsweise 80 km/h außerorts** sinnvoll, um die THG-Emissionen im Bereich Verkehr zu reduzieren.

Eine Gebühr beim Einfahren in eine geografisch festgelegte Mautzone, eine sogenannte City-Maut, in Hauptstädten für Pkw und Lkw, welche nicht fahrleistungsabhängig ist, wäre eine weitere Maßnahme, den Individualverkehr zu reduzieren und aktiven Mobilitätsformen als auch den öffentlichen Verkehr zu stärken. In einigen europäischen Städten wurde bereits eine City-Maut eingeführt, wodurch auch ersichtlich wurde, dass diese geringe Auswirkungen auf Wettbewerbsfähigkeit hat, da die Höhe der Maut relativ gering ist. Wie bei vielen neuen Maßnahmen wird die Akzeptanz zuerst gering ausfallen, aber mit der Einführung steigen, da die positiven Effekte, wie ein reduziertes Verkehrsaufkommen, geringere THG-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen sowie mehr freier Raum, überwiegen (Umweltbundesamt, 2019a).

Folgende CO₂-Einsparungen sind durch die Einführung einer City-Maut für Pkw zu erwarten:

Intensität 1 mit einer mittleren Wirkung von 0,23 Mt CO₂eq

- 2 EUR pro Einfahrt + Freistellung für ZEV, beides ab 2025.

Intensität 2 mit einer großen Wirkung von 0,41 Mt CO₂eq

- 4 EUR pro Einfahrt + Freistellung für ZEV, beides ab 2025 (Umweltbundesamt, 2019a).

Auch wenn eine City-Maut auf Kritik stößt, wird deutlich, dass es hier voraussichtlich große Treibhausgaseinsparungen geben wird. Ebenso hat die in London, Singapur und Stockholm eingeführte City-Maut zu einer deutlichen Reduzierung des Staus auf den Straßen geführt. Die Erlöse, welche eine City-Maut bringt, könnten in den öffentlichen Nahverkehr

investiert werden, um damit das öffentliche Angebot attraktiver zu gestalten (WKO, 2019). Eine City-Maut kann aber auch unerwünschte Nebeneffekte wie Ungleichheit haben und insbesondere eine dezentrale Siedlungsentwicklung für Wohnen und Betriebe fördern (Widerspruch zum Raumordnungsziel). Zu beachten ist, dass der räumliche Bezug auf Ballungsräume inklusive des Speckgürtels, wie er sich um alle Großstädte entwickelt, auszurichten ist und nicht nach den Stadtgrenzen. Eine **flächendeckende ökologisch ausgerichtete Maut** sowohl für Pkw als auch Lkw und dies möglichst in europäischer Abstimmung ist hierbei vielleicht zielführender.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, **vom Besitzen eines Fahrzeuges zum Nutzen nach Bedarf** überzugehen, insbesondere in urbanen Räumen. Hierbei kann die Mobilität als Dienstleistung angesehen werden und es können neue Geschäftsmodelle entstehen. Es kann aber auch auf privatem Weg erfolgen, als sogenanntes privates **Peer-to-Peer Car-Sharing**, welches beispielsweise durch Bewohner einer Wohnhausanlage durchgeführt wird (Schleicher und Steininger, 2018). Das gemeinsame Teilen eines Autos oder die Bildung von Fahrgemeinschaften führt nicht nur zu mehr Raum durch weniger Parkplätze, sondern hat auch positive Auswirkung auf die Luftqualität und THG-Emissionen. Vor allem im ländlichen Raum besitzen viele Personen einen zweiten Pkw, der jährlich weniger als 8500 Kilometer im Einsatz ist. Insbesondere hier könnten **Carsharing-Modelle** ausgebaut werden und dazu führen, diesen zweiten Pkw abzuschaffen (VCÖ, 2017). Es darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass Carsharing-Modelle neue Nutzergruppen generiert, und auch ein Anteil vom öffentlichen Verkehr und nichtmotorisierten Verkehr hinzukommt, und somit zu mehr Verkehrsleistung führen kann. Viel wichtiger hierbei ist das sogenannte **Ride-Sharing**, also eine effiziente Nutzung des Autos durch organisierte **Fahrgemeinschaften**, welche durch das gemeinsame Teilen eines Fahrzeuges zur Reduktion der Verkehrsleistung beiträgt (Gruber u. a., 2017; Hülsmann u. a., 2018). Klar ist, dass der Besitz eines Fahrzeuges als Voraussetzung für individuelle Mobilität immer öfters überflüssig ist, insbesondere im urbanen Raum, wo die multimodale Mobilität zunimmt. Auch der Treibstoffverbrauch wurde in den letzten Jahren kaum effizienter gestaltet. Der reale Verbrauch neuer Diesel-Pkw ist heute etwa gleich hoch wie der

reale Verbrauch in Neuwagen im Jahr 2000 (VCÖ, 2017). Das *Szenario Transition* des UBA strebt eine **Diesel-Preisanpassung an Benzin** innerhalb von drei Schritten in den Jahren 2020, 2024 und 2028 durch eine **MÖSt-Angleichung** an (Umweltbundesamt, 2017a).

Güterverkehr

Die dynamische zunehmende Entwicklung des Güterverkehrs auf der Straße ist stark abhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung und läuft aktuell entgegen der Zielsetzungen des Klimaschutzes. Die THG-Emissionen im Güterverkehr sind seit dem Jahr 1990 um 91 % gestiegen und im Jahr 2016 verursachte der österreichische Güterverkehr rund 38 % der gesamten THG-Emissionen aus dem Verkehrssektor (BMNT, 2018a). Österreich verfügt zwar über einen der höchsten Bahnanteile am Güterverkehr in ganz Europa – rund 31,5 % der gesamten Verkehrsleistung werden in Österreich auf der Bahn transportiert³⁹ – jedoch benötigt es weitere Maßnahmen zur Verlagerung auf die Schiene, um eine Reduktion des Lkw-Verkehrs zu erzielen. Vier Mal so viele Güter werden auf der Straße anstatt auf der Schiene transportiert und doppelt so viel Transportleistung wird auf der Straße anstelle der Schiene abgewickelt, obwohl der Lkw-Transport rund 15-mal so viele Treibhausgase wie der Transport mit der Bahn pro Tonnenkilometer (tkm) verursacht (VCÖ, 2015). Die Verlagerung von der Straße auf die Schiene stellt ein wichtiges Ziel dar, insbesondere da der Güterverkehr in den kommenden Jahren voraussichtlich noch stärker wachsen wird als der Personenverkehr (Arbeiterkammer, 2018).

Es ist derzeit kein rascher, jedenfalls nicht aus dem Markt allein entstehender Durchbruch auf der technologischen Seite für den Straßengüterverkehr im Sinne des Klimaschutzes zu erwarten. Dem Ausbau des Eisenbahnnetzes ohne gleichzeitige Push-Maßnahmen, also gezielte Steuerungen/Restriktionen und/oder Internalisierung der externen Kosten, sind bezüglich der Verlagerung und der Flächenerschließung enge Grenzen gesetzt. Insbesondere in den Ballungsräumen ist die Zunahme des Zustellverkehrs durch die Verlagerung des Kaufkonsums auf den Online-Handel hervorzuheben. In diesem Zusammenhang ist die derzeit in der Güterverkehrstatistik nicht vorgesehene Erhebung des Lieferverkehrs mit Klein-Lkw un-

³⁹ Da Lkw-Verkehr von der Statistik untererfasst ist, ist der tatsächliche Wert niedriger anzusetzen. Zudem war die Zunahme des Lkw-Verkehrs nach der Wirtschaftskrise 2008 stärker als bei der Bahn.

ter 3,5 t zu nennen, sodass dafür keine verlässlichen Daten vorhanden sind. Die fehlende Kostenwahrheit im Lkw-Verkehr liegt mit 4,2 Cent/tkm weit über jener der Bahn mit 1,11 bzw. 1,8 Cent/tkm (Elektrisch bzw. Diesel) und dem Binnenschiff mit 1,9 Cent/tkm (Schroten u. a., 2019). Dadurch ist die Wettbewerbssituation gesamtwirtschaftlich zu Gunsten des Straßen-güterverkehrs deutlich verzerrt.

Ein Szenario, das die Klimaziele für den Güterverkehr sicherstellen soll, beinhaltet daher eine Palette von Push- und Pull-Maßnahmen. Festzuhalten ist, dass diese Zielerreichung durch EU-weite Kooperation und Entscheidungen wesentlich unterstützt werden kann. Folgende Maßnahmenbündel können wichtige Elemente eines Szenarios darstellen, das einer Zielerfüllung nahekommen könnte:

- Fahrzeugorientierte technologische Maßnahmen, die darauf abzielen, den Ausstoß an THG schrittweise zu reduzieren. Hierbei kann auf verschiedene Antriebstechnologien gesetzt werden, wie den Elektroantrieb, Wasserstoffantrieb, Biotreibstoffe usw., die noch einer intensiven Forschung benötigen. Um diese technologische Entwicklung zu beschleunigen, können zum nächstmöglichen Zeitpunkt klare Grenzwerte der Abgas- und THG-Emissionen bis zum Jahre 2050 auf EU-Ebene festgelegt werden. Motoren auf Basis von Wasserstoff und Biotreibstoff sollten jedoch aufgrund ihrer geringen Energieeffizienz nur dort zum Einsatz kommen, wo eine Elektrifizierung nicht möglich ist (Transport und Environment, 2018).
 - Im Sinne der Herstellung der Kostenwahrheit und Unterstützung der Entwicklung gleichwertiger Lastkraftwagen, aber mit fossilarmem oder -freiem Antrieb, gilt es diese schrittweise herzustellen. Der erste Schritt kann die Anhebung der Mineralölsteuer für Diesel auf das Niveau für Benzin sein, ein wichtiger zweiter Schritt die Anhebung der Mineralölsteuer auf das Niveau der Nachbarländer von Österreich. Im Weiteren stellt die Einführung einer klimaschutzorientierten flächendeckenden Straßenmaut für alle Straßen, auch in Ballungsräumen und ländlichen Gebieten, in Österreich eine effektive Maßnahme dar. Schrittweise gilt es die bestehende Maut (Vignette, Lkw-Maut, Streckenmaut) so anzuheben, dass die externen Kosten gesamthaft internalisiert werden, was eine Anhebung vom heutigen Niveau der Straßenmaut um etwa 3,4 Cent/tkm bedeutet.
 - Im Bereich der Umsetzung von Logistikmaßnahmen können auf Bundesebene vor allem finanzielle Förderungsmechanismen entwickelt und angewendet werden, die für die Ebene der Gemeinden die Konzeption von einschlägigen Masterplänen und deren Umsetzung unterstützen. Die Förderhöhe kann dabei an das Ergebnis der Erfolgskontrolle gekoppelt werden, und die Fördermittel gilt es langfristig darauf abzustimmen, dass die Ziele für den Güterverkehr erreichbar sind.
 - Wichtige Maßnahmen stellen die Verbesserungen der Bahn-Infrastruktur dar, um eine ausreichende Kapazität der Bahn (insbesondere für den Güterverkehr) sicherzustellen.
 - Organisatorisch gilt es das Logistikmanagement auf klimafreundliche Ziele auszurichten und deren Konzeption und Umsetzung zu fördern.
 - Eine wichtige Maßnahme im internationalen Güterverkehr ist die Zurechnung der THG-Emissionen auch für den Schiffs- und Luftverkehr (z. B. je zur Hälfte auf den Versender- und Zielstaat). Die Einbeziehung des internationalen, über die EU hinausgehenden Güterverkehrs in den Zertifikat-handel stellt einen zentralen Schritt dar. Auch für diesen Bereich ist die Herstellung der Kostenwahrheit ein zentrales Element.
 - Förderung regionalwirtschaftlicher Initiativen bzw. Regionalentwicklungsinitiativen zur Reduktion des Güterverkehrs.
 - Verstärkte Fokussierung von Wirtschaft und Konsum auf Suffizienz und Lebensqualität zur Reduktion des Materialverbrauches pro Kopf.
- In Tirol hat sich durch ein sektorales Fahrverbot für Lkw die Verlagerung bestimmter Güter auf die Schiene bewährt und soll demnächst wiedereingeführt werden. Zur Verlagerung auf die Schiene würde auch ein Lkw-Nachtfahrverbot wie in der Schweiz positive Auswirkungen zeigen. In Österreich gibt es bereits ein Nachtfahrverbot für Lkw über 7,5 t, jedoch mit Ausnahmen für leicht verderbliche Lebensmittel oder Vor- und Nachlaufverkehr zur Bahnverladung sowie für lärmarme Kraftfahrzeuge. Es braucht jedoch ein flächendeckendes und generelles (Lkw-) Nachtfahrverbot um die Lärm- und Abgasemissionen zu reduzieren. Neben dem Lkw-Nachtfahrverbot hat in der Schweiz auch die Einführung einer flächendeckenden leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe

sowie die Erhöhung des Gewichtlimits dazu geführt, dass der Lkw-Verkehr um 26 % zurückgegangen ist. Eine Ausweitung des Lkw-Nachtfahrverbots könnte folgende Punkte umfassen:

- Lkw mit geringen Tonnagen und Klein-Lkw.
- Keine Ausnahme für lärmarme Lkw.
- Bei Ausnahmen: Tempo 60 für Lkw in der Nacht und Geschwindigkeitskontrolle.
- Verpflichtung der Verlagerung bestimmter Güterarten auf die Bahn.
- Für Güter wie Abfall, Schrott, Erze und Rundholz ein sektorales Fahrverbot auch außerhalb des Immissionsschutzgesetzes-Luft (IG-L) (VCÖ, 2015).

Eine Verbesserung der Position der Schiene im Vergleich zum Lkw kann laut VCÖ (2017) durch folgende Punkte gefördert werden:

- Einzelwagenverkehr: Anpassung der Fördermittel bis zur von der EU genehmigten Höhe.
- Anschlussbahnen: Ausweitung der Förderung von Investitionen, Erhalt und Betrieb.
- Widmung von Industrie- und Gewerbegebieten nur mit der Bereitstellung und Nutzung von Anschlussbahnen als bundesweite Regelung.
- Förderung des Ankaufs von umweltverträglichen Schienenfahrzeugen für die Fläche.
- Intensivierung der Kontrollen des Lkw-Verkehrs (Sozialvorschriften, Tempo, Gewicht, Fahrverbote, Kabotage [Fahrtenschreiber]).
- Ausweitung der Lkw-Maut auf Landes- und Gemeindestraßen zur Abdeckung der Straßenschäden durch den Schwerverkehr.
- **Ökologische Steuerreform: Diesel soll gleich hoch besteuert werden wie Benzin, Senkung lohnbezogener Steuern und Abgaben** (VCÖ, 2015).

Das Maßnahmenbündel zur Verlagerung vom Straßen- auf den Schienengüterverkehr des *Sachstandsbericht Mobilität* berücksichtigt die **Anschlussbahnförderung**, die **Förderung des kombinierten**

Verkehrs (KV) sowie Verbesserungen der Rahmenbedingungen für Ausbau und Flexibilisierung des KV.

Intensität 1 mit einer mittleren Wirkung von 0,24 Mt CO₂eq

- Erhöhung der jährlichen Förderung ab 2020 bis 2030 auf 3,2 Mio. Euro, um insgesamt zehn Mt **Güter zu verlagern**.

Intensität 2 mit einer mittleren Wirkung von 0,37 Mt CO₂eq

- Intensität 1 + Erhöhung der jährlichen Förderung ab 2020 bis 2030 um weitere 1,6 Euro.

In Summe kommt es zu einer Erhöhung der jährlichen Förderung ab 2020 bis 2030 auf 4,8 Mio. **EUR**, um 15 Mt **Güter zu verlagern**. **Um dies zu ermöglichen, bedarf es einer Ausweitung des Schienenangebots sowie die stärkere Förderung betrieblicher Gleisanschlüsse** (Umweltbundesamt, 2019a). Bis ins Jahr 2025 ist laut dem österreichischen Gesamtverkehrsplan das Ziel, den Anteil des Schienengüterverkehrs auf 40 % zu steigern (bmvit, 2012).

Eine **flächendeckende Lkw-Maut**, das sogenannte Road Pricing, berücksichtigt nutzungsabhängige Infrastrukturgebühren für Lkw auf allen Straßen sowie die weitere Ökologisierung der Lkw-Maut. Vorschlag für eine Änderung der RL1999/62/EK (Umweltbundesamt, 2019a):

- Fahrleistungsabhängig (polluter pays principle) für alle Straßen;
- spezifische CO₂-Emissionen des Fahrzeugs;
- Begünstigungen für ZEVs.

Intensität 1 mit einer mittleren Wirkung von 0,16 Mt CO₂eq

- Einführung eines Lkw-Road-Pricing über 3,5 t auf allen Straßen ab 2025 basierend auf den aktuellen Tarifen forciert, jedoch unter Ausreizung der gesetzlich max. möglichen Differenzierung der Tarife bei Kriterien Tag/Nacht und EURO-Klasse.

Intensität 2 mit einer mittleren Wirkung von 0,19 Mt CO₂eq

- Intensität 1 + Zuschlag in Abhängigkeit des CO₂-Ausstoßes der Lkw ab 2025 (Umweltbundesamt, 2019a).

Auch das *Szenario Transition* des UBA empfiehlt ein flächendeckendes Road Pricing ab 2031 mit einer linearen Steigerung bis 0,3 EUR/km im Jahr 2050 sowie eine Reduzierung der Maut für E-Lkw um minus 50 % (Umweltbundesamt, 2017a).

Die meetPASS-Studie schätzt den CO₂-Einsparungseffekt einer Erhöhung der bestehenden Lkw-Maut um 0,143 EUR/km auf ca. 0,14 Mt CO₂ pro Jahr, sowie den CO₂-Einsparungseffekt einer Einführung einer Strecken-Pkw-Maut von 0,01 EUR im Jahr 2020 auf 0,1 EUR im Jahr 2029 auf ca. 0,33 Mt CO₂ pro Jahr (Großmann u. a., 2019). Beide Werte ergeben sich über einen Zeitraum von 2020 bis 2050 und unterliegen daher weiteren Szenarienannahmen.

Neben der Verlagerung auf die Schiene stellt die Einführung eines **elektrifizierten Systems auf dem hochrangigen Straßennetz**, zum Beispiel durch Oberleitungen, eine Möglichkeit dar, im Bereich des Güterverkehrs Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Eine andere Variante zu Oberleitungen stellen die Induktionsfahrbahnen in Kombination mit Fahrzeugen, welche mit Batterie oder Hybrid/Range-Extendern angetrieben werden, oder Schienen für den Güterverkehr. Laut dem *Sachstandsbericht Mobilität* führen Neuinvestitionen zu Wertschöpfung und Beschäftigungseffekten durch Infrastrukturausbau beziehungsweise Produktions- und Dienstleistungsbranchen, was große positive Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit haben kann. Ein langfristiger Nutzen besteht aber nur dann, wenn Spediteure und Logistikdienstleister bei der Fahrzeugverfügbarkeit auch zu Anwendern des Systems werden. Bei einem flächendeckenden Stromversorgungsnetz für SNF (z. B. Oberleitungen) in Abhängigkeit von der Fahrzeugverfügbarkeit bis ins Jahr 2040 könnten rund 2,7 Mt CO₂eq eingespart werden. Die Investitionskosten für einen Vollausbau von Oberleitungen liegen bei etwa 2,6 Mrd. EUR für 2.183 km Straßennetz, dies entspricht 1,2 Mio. EUR/km (Umweltbundesamt, 2017a). Die Autoren des *Sachstandsbericht Mobilität* merken an, dass Rückverlagerungstendenzen von der Schiene auf die Straße einer Sensitivitätsanalyse unterzogen werden sollten (Umweltbundesamt, 2019a). Bei diesem sehr großen und mit hohen Kosten ver-

bundenen Langzeitprojekt muss ebenso berücksichtigt werden, dass die Vermeidung des Verkehrs im Vordergrund stehen sollte und somit eine Investition in den Ausbau des Verkehrs möglicherweise in die entgegengesetzte Richtung führen kann.

Flugverkehr

Im Entwurf-NEKP wird die Reduktion des Flugverkehrs nicht bearbeitet, obwohl der Flugverkehr einen großen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen leisten könnte. Anstatt konkrete Ziele und geeignete Maßnahmen zur Reduktion des Flugverkehrs zu bearbeiten, ist der Bau der dritten Piste voll im Gange. Das heißt, auch in diesem Bereich steuert Österreich in die entgegengesetzte Richtung. Seit 1990 sind die CO₂-Emissionen aus dem Flugverkehr von 0,9 Mt im Jahr 1990 auf rund 2,3 Mt, also um mehr als das Doppelte und mit einem Anstieg von 155 % am stärksten von allen Verkehrsträgern gestiegen (VCÖ, 2018b). **Ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Verlagerung von Kurzstreckenflügen auf die Bahn** (Umweltbundesamt, 2017a) sind empfehlenswert, um diesem steigenden Trend entgegenwirken zu können. Rund 40 % aller Flüge vom Flughafen Wien-Schwechat waren im Jahr 2016 kürzer als 800 Kilometer. Durch einen **Ausbau internationaler Bahnverbindungen und Nachtreisezüge** (VCÖ, 2017) sowie die Entwicklung eines verlässlichen Buchungssystems für internationale Bahnreisen könnte eine Verlagerung von Flugzeug auf Bahn geschaffen werden.

Im Flugverkehr sind die Steuerbegünstigungen noch immer ein großes Problem. Um die luftverkehrsbedingten Treibhausgasemissionen zu senken, ist eine **Besteuerung aller Flüge**, auch internationaler, je zur Hälfte vom Land des Abflugs- und Zielflughafens wünschenswert. Solch eine Besteuerung der Flüge könnte vorerst in EU-Länder eingeführt und im Weiteren mit anderen Ländern international angestrebt werden. Dies bedeutet auch, dass Fliegen der Kostenwahrheit entsprechend deutlich teurer werden würde, was auch zu einer Ökologisierung des Tourismus beitragen könnte. Eine Attraktivitätssteigerung näherer Urlaubsziele sowie von Kurzurlauben wird damit erreicht und eine Verlängerung der Aufenthaltsdauer an ferneren Zielen bewirkt.

Werden die 910 Mio. Liter Kerosin, die im Jahr 2017 getankt wurden, mit dem Mineralölsteuersatz von Benzin verglichen, so betrug die Steuerbegünstigung des Flugverkehrs rund 440 Mio. Euro. Die

Einnahmen der Flugticketabgabe aus dem Jahr 2017 decken mit rund 116 Mio. EUR nur einen Bruchteil davon ab. Im Vergleich zu Bus und Pkw, welche für Diesel und Benzin die Mineralölsteuer entrichten müssen, und zur Bahn, die eine Energieabgabe hat, gibt es im Flugverkehr keine Mineralölsteuer für Kerosin und auch keine Energieabgabe. Ebenso sind die Flugtickets im Gegensatz zu den Bahntickets zur Gänze von der Umsatzsteuer befreit. Es wird deutlich, dass hier ein enormer Aufholbedarf besteht und eine **Ausweitung der Mineralölsteuer auf Kerosin** sowie eine **Erhöhung der Flugabgabe** wünschenswert ist. Stattdessen wurde die Flugticketabgabe 2018 um die Hälfte gesenkt (VCÖ, 2018a). Hier geht es also um einen **Abbau umweltschädlicher Subventionen und Steuerbegünstigungen**, was in einer **sozial-ökologischen Steuerreform** integriert wäre (siehe Abschnitt 5.1.2 *sozial-ökologische Steuerreform*).

5.4 Gebäude

5.4.1 Einleitung

Zusammenfassung bestehender und geplanter Maßnahmen

Der Gebäudesektor verursacht allein über die Bereitstellung von Raumwärme etwa 20 % der österreichischen CO₂-Emissionen (Kranzl u. a., 2018). Dabei nicht inkludiert sind die „grauen“ Emissionen aus dem Bausek-

tor (Industrie), welche mitgerechnet einen enormen Anteil – ca. das Doppelte – zu den CO₂-Emissionen beitragen. Die Berücksichtigung von „grauen“ Emissionen ist daher ein wichtiger Adressat klimapolitischer Maßnahmen und muss bei zukünftig geplanten Maßnahmen miteinbezogen werden. Der momentane Entwurf des NEKPs beschreibt drei bestehende Maßnahmen (EM) für diesen Sektor und sieht etwa 20 geplante Maßnahmen (AM) vor. Zusammengefasst lassen sich die EM und AM des Entwurf-NEKPs in folgender Tabelle darstellen (**Tabelle 11**).

Tab. 11: Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP für den Sektor Gebäude.

Mikroperspektive		Makroperspektive
Thermisch-energetische Gebäudequalität	Heizsysteme	Lebenszyklus und Raumplanung
NEUBAU - Neuer thermischer Standard bei Wohnbauförderung - Niedrigstenergiestandard ab 2021	NEUBAU - Keine Ölheizungen ab 2021 - Fossiles Gas nur in Ausnahmen - „Alternativenprüfung“	NEUBAU
BESTANDSGEBÄUDE - „Raus aus dem Öl“-Bonus und Sanierungsoffensive 2019–2020 - Zielgerichtete Förderungen - Auch Teilsanierschritte fördern, wenn Gesamtkonzept vorhanden	BESTANDSGEBÄUDE - Laut „Erneuerbaren-Gebot“: ab 2021 bei Kesseltausch nur Heizsysteme mit erneuerbaren Energien - Umstieg von 25+ Kesseln auf erneuerbare Energien/Fernwärme ab 2025 - „Alternativenprüfung“	BESTANDSGEBÄUDE - Erdgasnetz nicht weiter ausbauen - Langfristig auf erneuerbares Gas umsteigen - Fernwärmegebiete ausweisen - Keine flüssig-fossilen Brennstoffe in öffentlichen Gebäuden - Energieraumplanung
Begleitende Maßnahmen:		
- Steigende Kosten - Produktunabhängige Beratung	- Energieausweis - Wohnrecht-Barrieren beseitigen	

Diese Strukturierung weicht von der textlichen Struktur im Entwurf-NEKP etwas ab, da im Entwurf-NEKP zunächst der Neubau als eigene Kategorie betrachtet wird und danach Heizsysteme und Sanierungen betrachtet werden. Die Strukturierung wurde hier angepasst, damit Heizsysteme und Sanierungen (der Gebäudequalität sowie der Heizsysteme) jeweils nach Neubau und Bestandsgebäude aufgeschlüsselt werden können und gewisse Dopplungen (wie etwa, dass im Entwurf-NEKP im Bereich „Heizsysteme“ dann doch wieder über *Neubau* mit Bezug auf fossiles Gas ge-

sprochen wird) vermieden werden sowie um größeren Fokus auf das Thema Raumplanung und größere Produktions- und Raumzusammenhänge zu legen, als es momentan im Entwurf-NEKP der Fall ist.

Die angepasste Strukturierung erfolgt in der Tabelle nach einer **Mikro- und Makroperspektive** für das Bauwesen. Während die Mikroperspektive den Betrieb einzelner Gebäude in den Blick nimmt (sowohl hinsichtlich der eingesetzten spezifischen Heizsysteme als auch der generellen thermisch-energetischen Gebäudequalität), lenkt die Makroperspektive den

Fokus auf Maßnahmen die breiter gefasst sind als das einzelne Gebäude – entweder durch den erweiterten Blick auf Gebäude, welcher, über den Betrieb hinaus, den kompletten Lebenszyklus von Gebäuden miteinbezieht (inklusive Konstruktion und Abriss), oder durch einen Blick auf bestehende räumliche Strukturen im Bereich Bestandsgebäude, wobei hier die **Energierraumplanung** im eigentlichen Sinne einen großen Stellenwert hat. Ähnlich wie im Entwurf-NEKP sind begleitende Maßnahmen als eigene Kategorie aufgeführt. In der **Tabelle 12** sind sie als zugrunde liegende Querschnittsmaßnahmen aufgeführt, welche sich nicht direkt auf eine der anderen Kategorien (Gebäudequalität, Heizsysteme, Lebenszyklus oder Raumplanung) beziehen, sondern globale Relevanz haben und die spezifischeren Maßnahmen begleiten sollen.

Im momentanen Entwurf-NEKP bezogen auf diesen Sektor lässt sich beobachten, dass die bestehenden förderpolitischen Maßnahmen durch geplante ordnungspolitische und begleitende Maßnahmen ergänzt werden. Viele der genannten Maßnahmen finden sich auch in der Fachliteratur und den relevanten Studien wieder. Jedoch lässt sich auch beobachten, dass die Fachliteratur noch eine beachtliche Menge an weiteren Maßnahmen vorschlägt, welche bisher nicht im Entwurf-NEKP aufgegriffen werden. Viele Maßnahmen, welche genannt werden, sind zudem eher als Oberziele formuliert und weisen bisher nicht das Level an Präzision auf, welches für zielgerichtete politische Umsetzung notwendig ist. Analytisch kann hier getrennt werden zwischen Maßnahmen-**Breite** (bezüglich der Bandbreite an vorgeschlagenen Maßnahmen) und Maßnahmen-Tiefe (bezüglich des Präzisionsgrades der beschriebenen Maßnahmen). Die konkrete politische Umsetzung von Maßnahmen (Tiefe) obliegt nicht der Wissenschaft – hier kann dieser Bericht lediglich Szenarien aufzeigen, welche Folgenabschätzungen bestimmter politischer Ausgestaltungen abzuwägen versuchen. Größerer Fokus liegt somit darauf, den NEKP in seiner Breite zu ergänzen und auf blinde Flecken hinzuweisen. Für den Gebäudebereich lässt sich beobachten, **dass die meisten ergänzenden Maßnahmen sich in den Bereichen Raumplanung und begleitende Maßnahmen finden lassen, während im Bereich Heizsysteme und Gebäudequalität die Herausforderung eher in der Präzisierung bestehender und geplanter Maßnahmen liegt.**

Zusammenfassung ergänzender Maßnahmen

Ergänzende Maßnahmen für die einzelnen Bereiche (Gebäudequalität, Heizsysteme, Raumplanung und begleitende Maßnahmen) werden im Folgenden einzeln beleuchtet. Durch die Zusammenführung bestehender Studien zum Thema Gebäude ließen sich etwa 80 weitergehende Maßnahmen identifizieren, welche auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen und in verschiedenen Dimensionen der Tabelle greifen. Es lässt sich zusammenfassen, dass ein aktualisierter NEKP:

- die Maßnahmen bezüglich thermisch-energetischer Gebäudequalität und Heizsysteme von Oberzielen hin zu konkreten Schritten **präzisieren** sollte, insbesondere mit Blick auf Fördervolumina;
- die Maßnahmen bezüglich Raumplanung erheblich **ausweiten** sollte, beschriebene Maßnahmen **konkretisieren** sollte und die **Lebenszyklus-Perspektive** mitdenken sollte und
- den Katalog an begleitenden Maßnahmen erheblich **ausbauen** sollte bezogen auf die drei Dimensionen
 - Datenlage verbessern,
 - Rechtslage verbessern,
 - Bildung und Bewusstseinsbildung ausweiten.

Wie dies konkret aussehen könnte, wird im Folgenden im Detail beleuchtet. Als Datenlage wird dabei maßgeblich auf drei Studien zurückgegriffen, welche bereits Maßnahmenkataloge zusammentragen. Clementschitsch u. a. (2018) sowie der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018) nehmen eine Szenarioanalyse vor und Kranzl u. a. (2018, S. 1) berechnen basierend auf einer mathematischen Modell-Simulation, „wie sich die Zusammensetzung der Technologien zur Bereitstellung von Raumwärme in Österreich im Zeitraum bis 2050 verändern müsste, um eine Dekarbonisierung zu erreichen“.

Aus diesen drei Studien wird dabei der Großteil der hier vorgestellten ergänzenden Maßnahmen gezogen. Generischere Maßnahmen wurden dabei zu Bündeln zusammengefasst und werden überblicksmäßig vorgestellt. Die ergänzenden Maßnahmen, welche in diesem Abschnitt vorgestellt werden, sind in **Tabelle 12** zusammengefasst. Daran lässt sich bezogen auf die Rahmenmaßnahmen sehen, dass sowohl die Einführung einer CO₂-Steuer (siehe Begleitende Maßnahmen/Rechtslage verbessern) als auch das Thema Raumplanung (siehe

Makroperspektive/Raumplanung) einen hohen Stellenwert einnehmen. Diese werden im Folgenden zuerst vorgestellt, bevor schließlich auf die Bereiche „Gebäu-

dequalität und Heizsysteme“ sowie „Begleitende Maßnahmen“ eingegangen wird.

Tab. 12: Ergänzende und begleitende Maßnahmen für den Sektor Gebäude.

Mikroperspektive		Makroperspektive
Thermisch-energetische Gebäudequalität	Heizsysteme	Lebenszyklus und Raumplanung
<p>NEUBAU</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energiebedarfsreduktion vor Erzeugung über den Lebenszyklus (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Priorität der Lebenszykluskosten vor den Herstellungskosten bei der Vergabe von Förderungen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Erhöhung des ökologischen Standards von Bauprodukten (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) 	<p>NEUBAU</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integration von Kühl- und Wärmetechnologien im Bau selbst (z. B. Bauteilaktivierung) (Clementschiß u. a., 2018) 	<p>LEBENSZYKLUS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ökobilanzierung und Lebenszyklus-Perspektive (Clementschiß u. a., 2018; Passer und Röck, 2017) - Augenmerk auf „Graue Energien“ von Bauproduktion und Konstruktion (Clementschiß u. a., 2018; Passer u. a., 2017) - Flexible Gebäudestrukturen bauen (Clementschiß u. a., 2018) - Emissionen im Bau reduzieren (Material Economics, 2018) - Lebens- und Nutzungsdauer von Gebäuden erhöhen (Material Economics, 2018) - Neubau vermeiden (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Bund Deutscher Architekten, 2019) - Entkopplung der Stellplatzverpflichtung im Neubau (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018)
<p>BESTANDSGEBÄUDE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energiebedarfsreduktion vor Erzeugung über den Lebenszyklus (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Priorität der Lebenszykluskosten vor den Herstellungskosten bei der Vergabe von Förderungen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Verpflichtende lebenszyklische Anpassung von Gebäuden an den Stand der Technik (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) 	<p>BESTANDSGEBÄUDE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebäudeübergreifende Energielösungen (Clementschiß u. a., 2018) - Verbot von Heizölkesseleln und Kohlekesseleln auch im Bestand ab 2025 (Kranzl u. a., 2018) - Nutzungspflicht von EE auch bei Kesseltausch (Kranzl u. a., 2018) 	<p>RAUMPLANUNG</p> <ul style="list-style-type: none"> - Koordinierte Raumordnungspolitik bzw. klimaschutzorientierte Raumplanung (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschiß u. a., 2018) - Revitalisierung von Ortskernen und Brachflächenrecycling (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschiß u. a., 2018) - Reduktion der Zersiedlung durch verpflichtende Standortkonzepte und konkrete Maßnahmen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschiß u. a., 2018) - Entwicklung technologieunabhängiger dezentraler Netzstrategien für urbane Räume (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Fernwärmenetze kaskadisch anordnen (Stöglehner u. a., 2017) - Vergabekriterien von Wohnbauförderung an Mobilitätsaspekte knüpfen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Reduktion der Nutzfläche pro Person bzw. pro Haushalt prüfen (Kranzl u. a., 2018) - Erhöhung der Siedlungsdichte im ländlichen Raum (Kranzl u. a., 2018) - Fokus auf mehrgeschossige Wohnbauten legen (Stöglehner u. a., 2017)

Begleitende Maßnahmen:		
<p>Datenlage verbessern</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überregionale, strukturierte Erfassung des Gebäudebestands inkl. Leerstandserfassung in österreichweiter GIS-Datenbank (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Festlegen von messbaren Zielgrößen, die mittels quantitativer Indikatoren überprüfbar sind (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Verpflichtendes „Pickerl“ für Heizsysteme (Kranzl u. a., 2018) - Österreichweiter, spartenübergreifender Potenzialkataster für erneuerbare Energien (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Einrichten einer Bauprodukte-Datenbank (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) 	<p>Rechtslage verbessern</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gesetze klimaschutzorientiert anpassen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018; Kranzl u. a., 2018) - Steuervorteile und Förderungen für fossile Energieträger abschaffen, klimaschonende Energieformen steuerlich entlasten (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018; Kranzl u. a., 2018) - Neues Bundesgesetz zum Effort-Sharing erneuerbare Energien (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Bundesweite Harmonisierung der Förder-systeme für erneuerbare Energiesysteme (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) 	<p>Bildung und Bewusstseins-schaffung ausbauen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Werte ändern Alternative role models zum Eigenheim in der Bildung (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Stöglehner u. a., 2014) Bildung zum Thema nachhaltiges Wohnen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Praxis ändern Qualifizierungsmaßnahmen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Kranzl u. a., 2018) Neue Geschäftsmodelle im Bereich der multifunktionalen Gebäude (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) Öffentlich unterstützte Netzwerke von Fachkräften, die in der Wärmewende involviert sind (Kranzl u. a., 2018) Forschungs- und Technologieentwicklung (Kranzl u. a., 2018) und stärkere Verankerung der Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung in der Praxis (Clementschitsch u. a., 2018) - Kommunikation Glaubwürdige und transparente Kommunikation der Klimaschutzziele und -maßnahmen (Kranzl u. a., 2018)

Tabelle 11 (bestehende und geplante Maßnahmen) und **Tabelle 12** (ergänzende und begleitende Maßnahmen) lassen sich zusammen in folgender **Tabelle 13** aggregieren.

Tab. 13: Übersicht von Maßnahmen im Bereich Gebäude.

Kategorie	Maßnahmen(bündel)	Art	Förderung (Mio. EUR)	THG-Einsparung (in kt CO ₂ eq pro Jahr)	Kommentar
Thermisch-energetische Gebäudequalität	Sanierungsoffensive (UFI)	Bestehend	2016: 41 ^a /52 ^b 2017: 23 ^a /40 ^b	2016: 49 2017: 28	Quelle: (BMLFUW, 2017 ^b ; BMINT, 2018b) Fortsetzung geplant bis 2020
	Inklusive „Raus aus dem Öl“-Kampagne	Bestehend			
	Hohe energetische Standards bei der Wohnbauförderung	Bestehend	k. A.	k. A.	
Thermisch-energetische Gebäudequalität	Sanierungsscheck für Gebäude, die älter als 20 Jahre sind (UFI)	Ausgelaufen	k. A.	k. A.	
	Zielgerichtete Sanierungsförderungen, inkl. Teilschritte	Geplant	k. A.	k. A.	Rate zwischen 2020 und 2030 von 1 % auf 2 % erhöhen
Heizsysteme	Niedrigstenergiestandard im Neubau ab 2021	Geplant	k. A.	k. A.	
	Ab 2021 bei Kesseltausch nur Heizsysteme mit erneuerbare Energien und keine Ölheizungen im Neubau mehr	Geplant	k. A.	k. A.	Bezug auf „Erneuerbaren-Gebot“
Raumplanung	Umstieg von 25+ Jahre alten Heizkesseln auf erneuerbare Energien/Fernwärme ab 2025	Geplant	k. A.	k. A.	
	Erdgasnetz nicht weiter ausbauen und langfristiger Umstieg auf erneuerbares Gas; Fernwärme ausweisen; Energieraumplanung	Geplant	k. A.	k. A.	
Thermisch-energetische Gebäudequalität	Lebenszyklus-Perspektive bei thermisch-energetischen Sanierungen	Ergänzend	k. A.	k. A.	Förderpolitisch und Ordnungspolitisch
	Erhöhung der Sanierungsrate	Ergänzend	300 Mio. EUR	k. A.	Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018, S. 4)
Heizsysteme	Integration von Kühl- und Wärmetechnologien im Bau selbst & gebäudeübergreifende Energielösungen	Ergänzend	k. A.	k. A.	
Lebenszyklus	Ökobilanzierung und Lebenszyklus Perspektive, Neubau vermeiden, flexible Gebäudestrukturen bauen	Ergänzend	k. A.	k. A.	
Raumplanung	Klimaschutzorientierte Energieraumplanung, z. B. Brachflächenrecycling, Zersiedlung reduzieren, mehrgeschossige Wohnbauten, Reduktion der Nutzfläche pro Person	Ergänzend	k. A.	k. A.	
Datenlage verbessern	Bauprodukte-Datenbank und Potenzialkataster, Heizsystem-“Pickerl“, Indikatorendefinition, Gebäudebestandserfassung	Ergänzend/ Geplant	k. A.	k. A.	In Entwurf-NEKP vorhanden: Energieausweis verbessern
Rechtslage verbessern	Bestehende Gesetze anpassen, neues Effort-Sharing Bundesgesetz, Bundesweite Fördersystem-Harmonisierung	Ergänzend/ Geplant	k. A.	k. A.	In Entwurf-NEKP vorhanden: Wohnrecht ändern
Bewusstsein und Bildung erhöhen	Werte ändern, Praxis ändern, Kommunikation	Ergänzend/ Geplant	k. A.	k. A.	In Entwurf-NEKP vorhanden: Beratungsangebote

^aFörderbarwert; ^bAuszahlungen

5.4.2 Rahmenmaßnahmen

Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Bezogen auf gebäudespezifische Rahmenmaßnahmen werden im Entwurf-NEKP fünf geplante Maßnahmen genannt, welche im weiten Sinne einer raumplanerischen Perspektive zugeordnet werden können:

- Das Erdgasnetz soll zu Heiz-/Warmwasserzwecken nach Möglichkeit nicht mehr ausgebaut werden.
- Langfristig wird fossiles Gas durch erneuerbares Gas im Gasnetz ersetzt.
- Mittels Raumplanung sollen Gebiete mit leitungsgebundener Energieinfrastruktur (z. B. Fernwärmegebiete) ehestmöglich/2025 ausgewiesen werden.
- In öffentlichen Gebäuden des Bundes und der Länder (im Eigentum und genutzt) sollen bis 2030 keine flüssigen fossilen Brennstoffe mehr eingesetzt werden.
- Maßnahmen zur Raumordnung, Siedlungsentwicklung und Energieraumplanung werden im Entwurf-NEKP als begleitende Maßnahmen gelistet.

Die einzige Maßnahme im Entwurf-NEKP, welche im Gebäudesektor in Richtung einer sozial-ökologischen Steuerreform gehen könnte, ist die

- Ankündigung mittelfristig wirksamer ordnungsrechtlicher Bestimmungen sowie steigende Kosten für den Endverbraucher für fossile flüssige Brennstoffe.

Bereits bestehende Maßnahmen im Gebäudesektor, welche sich Rahmenmaßnahmen zuordnen lassen würden, werden im Entwurf-NEKP nicht genannt. Mit Blick auf diese geplanten Maßnahmen lässt sich anmerken, dass die meisten eher als Oberziele formuliert sind, etwa: „Langfristig wird fossiles Gas durch erneuerbares Gas im Gasnetz ersetzt“ oder „steigende Kosten für den Endverbraucher für fossile flüssige Brennstoffe“ (BMNT, 2018a, S. 95), ohne konkrete politische Schritte zu beschreiben. Bezogen auf Raumplanung wird zwar beschrieben, dass „Maßnahmen zur Raumordnung, Siedlungsentwicklung und Energieraumplanung [...] in den Abschnitten Verkehr sowie Horizontale Aktionsfelder enthalten [sind]“ (BMNT, 2018a, S. 96), jedoch lassen sich in den entsprechenden Abschnitten im Entwurf-NEKP, auf welche hier verwiesen wird, auch keine detailliert ausgearbeiteten politischen Konzepte finden. Bezogen auf die CO₂-Kosten könnte hier zwar eine CO₂-Abgabe impliziert sein – je-

doch ist dies schwer interpretierbar ohne eine explizitere Ausarbeitung dieses Oberziels.

Ergänzende Maßnahmen

Überblick

Bezüglich der ergänzenden Rahmenmaßnahmen lässt sich unterscheiden zwischen jenen im Neubau, wo die Anforderung im Kern darin besteht, beim Blick auf einzelne Gebäude nicht nur die Nutzphase zu beachten, sondern auch den Bau und den Abriss mitzudenken – also eine lebenszyklische Perspektive einzunehmen –, während sich die Maßnahmen im Gebäudebestand stärker auf eigentliche Raumplanung (v. a. Energieraumplanung) beziehen. Ein Maßnahmenkatalog für ergänzende Rahmenmaßnahmen könnte wie folgt aussehen:

A) Lebenszyklische Perspektive

- Ökobilanzierung und Lebenszyklus-Perspektive (Clementsitsch u. a., 2018; Passer und Röck, 2017).
- Augenmerk auf „Graue Energien“ von Bauproduktion und Konstruktion (Clementsitsch u. a., 2018; Passer u. a., 2017).
- Flexible Gebäudestrukturen bauen (Clementsitsch u. a., 2018).
- Emissionen im Bau reduzieren (Material Economics, 2018).
- Lebens- und Nutzungsdauer von Gebäuden erhöhen (Material Economics, 2018).
- Neubau vermeiden (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Bund Deutscher Architekten, 2019).
- Entkopplung der Stellplatzverpflichtung im Neubau (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).

B) Raumplanung

- Koordinierte Raumordnungspolitik (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Klimaschutzorientierte Raumplanung (Clementsitsch u. a., 2018).

- Revitalisierung von Ortskernen und Brachflächenrecycling (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018).
- Reduktion der Zersiedlung durch verpflichtende Standortkonzepte und konkrete Maßnahmen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018).
- Entwicklung technologieunabhängiger dezentraler Netzstrategien für urbane Räume (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Fernwärmenetze kaskadisch anordnen (Stöglehner u. a., 2017).
- Vergabekriterien von Wohnbauförderung an Mobilitätsaspekte knüpfen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Reduktion der Nutzfläche pro Person bzw. pro Haushalt prüfen (Kranzl u. a., 2018).
- Erhöhung der Siedlungsdichte im ländlichen Raum (Kranzl u. a., 2018).
- Fokus auf mehrgeschossige Wohnbauten legen (Stöglehner u. a., 2017).

C) Sozialökologische Steuerreform

- Anreizwirkung auf wichtige Akteure in der Baubranche setzen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Kranzl u. a., 2018; Stöglehner u. a., 2017).
- Beendigung „umweltkontraproduktiver Förderungen“ wie z. B. Umstellung der Pendlerpauschale im Einklang mit dem forcierten Ausbau des öffentlichen Verkehrsangebots und der Raumordnungskonzepte (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 2).

Lebenszyklus-Perspektive

Bei der **Lebenszyklus-Perspektive** geht es darum, dass „nicht nur Planung- und Errichtungsphase, sondern auch der Betrieb, die zyklischen Sanierungsarbeiten und der Abriss bzw. die Entsorgung einzelner Gebäudeteile oder des Gesamtgebäudes zum Lebenszyklus eines Bauwerks [gehören]. Bereits bei der Errichtung soll daher [...] ein passendes Rückbaukonzept erstellt und auf die Recyclbarkeit der eingesetzten Baustoffe geachtet werden“ (Clementschitsch u. a., 2018, S. 19). Die Lebenszyklus-Perspektive kann beispielsweise

dadurch eingenommen werden, ein **Augenmerk auf „Graue Energien“** von Bauproduktion und Konstruktion zu legen (Passer u. a., 2017). Graue Energie ist „jene Energie, die für die Erzeugung von Gütern, Dienstleistungen, Gebäuden etc. aufgewendet werden muss“ (Stöglehner u. a., 2017, S. 12), die daher oft unbeachtet bleibt, wenn man nur den Energieverbrauch des Endprodukts betrachtet. Hier sind der „verstärkte Einsatz von Recycling und regional hergestellten Baustoffen“ wichtige Teilschritte sowie das Mitdenken von Recycling der Baustoffe bereits beim Planen und Errichten. Clementschitsch u. a. (2018, S. 20) schlagen vor, eine „detaillierte und zwingend vorgeschriebene ‚Rückbauanleitung‘ bereits bei der Errichtung eines Gebäudes“ vorzuschreiben.

Generell ist zu beachten, dass **Emissionen im Bau zu reduzieren** sind. Ohne die Lebenszyklus-Perspektive bleibt der Fokus meist auf dem Gebäudebetrieb. In der EU fallen jedoch etwa 15 % der gesamten Lebenszyklus-CO₂-Emissionen von Gebäuden auf Baumaterialien und Konstruktion an (Material Economics, 2018, S. 144). Bauverordnungen beziehen sich auf verschiedenste Bereiche wie Brandschutz oder Energiestandards, jedoch wird die Effizienz der Baumaterialien bisher nicht mitgedacht (Material Economics, 2018). Dies spielt insbesondere für Zement und Stahl eine große Rolle, da diese Materialien einen Großteil der CO₂-Emissionen der grauen Energie in Anspruch nehmen.

Neben der Forderung, Emissionen im Bau zu reduzieren, wird bei der Lebenszyklus-Perspektive auch die gesamte Nutzungsdauer von Gebäuden in den Blick genommen. Da unter Berücksichtigung der grauen Energie oftmals einer Sanierung gegenüber Neubau und Abriss Vorzug zu geben wäre (Stöglehner u. a., 2017, S. 25), ist es wichtig, Gebäude auf eine Art und Weise zu bauen, dass sie langfristig genutzt werden können. Material Economics (2018, S. 152) etwa fordern, sowohl die **Lebensdauer als auch die Nutzungsdauer innerhalb der Lebenszeit von Gebäuden zu erhöhen** – da vor allem Büroräume in der EU beispielsweise nur im Schnitt 40 % der Zeit genutzt würden. Während die Erhöhung der Nutzungsdauer durch „Sharing Economy“-Ansätze bewerkstelligt werden kann, kann die Lebensdauer als solche beispielsweise dadurch erhöht werden, flexible Gebäudestrukturen zu bauen, welche verschiedene Umfunktionierungen von Gebäuden erlauben (siehe auch Clementschitsch u. a., 2018, S. 20). Diese Maßnahmen helfen dabei, Neubau insgesamt zu reduzieren und somit den

Grundsatz „**Sanierung vor Neubau**“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) zu stärken. Wie Mag. Christoph Chorherr sagt: „Der ökologischste Bau ist der Nicht-Bau“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 6). Dies wurde kürzlich auch vom Bund Deutscher Architekten gefordert, welcher zur „Achtung des Bestands“ aufruft mit den Worten:

„Bauen muss vermehrt ohne Neubau auskommen. Priorität kommt dem Erhalt und dem materiellen wie konstruktiven Weiterbauen des Bestehenden zu und nicht dessen leichtfertigem Abriss. Das Konzept der „grauen Energie“, die vom Material über den Transport bis zur Konstruktion in Bestandsgebäuden steckt, wird ein wichtiger Maßstab zur energetischen Bewertung sowohl im Planungsprozess als auch in den gesetzlichen Regularien. Wir brauchen eine neue Kultur des Pflegens und Reparierens.“ (Bund Deutscher Architekten, 2019, S. 3).

Wenn schließlich doch neu gebaut wird, so sollten zumindest strukturelle Effekte mitgedacht werden, über die Gebäudestrukturen Verhaltenssteuerung entfalten können. Ein Beispiel ist die **Stellplatzverpflichtung** für Autos im Neubau, welche im Entwurf-NEKP zwar als mögliche Stellschraube genannt wird, jedoch dort nicht konkretisiert wird, wie die Stellplatzverpflichtung adaptiert werden sollte. Entsprechend der Meinung der Fachliteratur sollte diese abgeschafft oder zumindest stark verschärft werden. Der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018, S. 4) fordert zum Beispiel eine „Koppelung des Stellplatznachweises an den Besitz eines Pkws“ oder eine „Koppelung der Förderung des großvolumigen Wohnbaus an eine ausreichende öffentliche Verkehrsanbindung“. Dies führt bereits zum nächsten Thema: dem der Raumplanung, bei welcher es spezifisch darum geht, wie sich bestimmte räumliche Strukturen auf klimarelevante Komponenten auswirken können.

Nach den in der Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie (APCC, 2014; Wagner, 2016b, S. 223 f.) enthaltenen Vorschriften sollten künftig die Emissionen aus den Bauprodukten reduziert werden; ein wichtiger Schritt, da die relative und absolute Bedeutung dieser Emissionen stark angestiegen ist. In der EU fallen etwa 15 % der gesamten Lebenszyklus-THG-Emissionen von Gebäuden auf Bauprodukte (Material Economics, 2018, S. 144). Die Europäische Bauverordnung (Maydl und Passer, 2012) bezieht sich auf sieben Grundanforderungen an Bauwerke, jedoch

wird die Grundanforderung Nr. 7 – Nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen (Maydl u. a., 2010), ebenso wie die Effizienz der Baumaterialien (Material Economics, 2018) – bisher nicht umgesetzt bzw. konsequent mitgedacht.

Klimaschutzorientierte (Energie-)Raumplanung

Raumplanung, und insbesondere Energieraumplanung, wird auch vom Entwurf-NEKP gefordert – wobei der momentane Entwurf wenig Details dazu enthält, was darin beinhaltet wäre. In der Fachliteratur (z. B. Clementschitsch u. a., 2018; Raschauer, 2016a; Stöglehner u. a., 2013, 2014, 2017) gibt es allerdings eine breite Palette an Maßnahmen, die diesem Bereich zuzuordnen sind, welche bisher noch nicht im Entwurf-NEKP vertreten sind. Clementschitsch u. a. (2018) etwa spezifizieren, dass eine **klimaschutzorientierte Raumplanung** verschiedene Elemente beinhalten kann, wie etwa die Reduzierung von Zersiedlung, die verstärkte Nutzung frei stehender Flächen innerhalb bereits bestehender Bebauungsgebiete, den Abbau von hemmenden Eigeninteressen zuständiger Instanzen, die Bodenqualität nach CO₂-Speicherkapazität zu kategorisieren und in Bebauungspläne zu integrieren oder die Revitalisierung von Zentren und Ortskernen anzustreben. Die **Revitalisierung von Ortskernen** sowie ein Ansatz des **Brachflächenrecyclings** wird auch vom Ausschuss Nachhaltiges Bauen gefordert, „um die Wiedernutzung von Leerflächen und bereits bebauten und erschlossenen, aber nicht mehr genutzten Industrieflächen (Brachflächenrecycling) intensiv zu forcieren, um die Umwidmung von Grünland zur Baulandnutzung zu verhindern“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 3). Dabei sind zusätzlich verschiedene menschliche Bedürfnisse und soziale Aspekte zu berücksichtigen. Die Reduktion der Zersiedlung kann laut des Ausschusses Nachhaltiges Bauen (2018, S. 2) etwa dadurch erreicht werden, dass ein verpflichtender Nachweis der Ausschöpfung von Nachverdichtungspotenzialen für Widmungsänderungen eingefordert wird, sowie durch die „Einführung eines Maßnahmensets zur Leerstandsabgabe, Infrastrukturabgabe, Flächenabgabe und Wertzuwachsabschöpfung“. **Koordinierte Raumordnungspolitik** beinhaltet laut dem Ausschuss Nachhaltiges Bauen zudem „[v]erbindliche Zielsetzung und damit einhergehendes Monitoring zum Bodenverbrauch auf Basis der von Österreich ratifizierten Alpenkonvention“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 2), wobei als Instrument zum Moni-

toring Grundstücksdaten in eine Transparenzdatenbank verpflichtend einzupflegen wären.

Des Weiteren fordert der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018) die Entwicklung **technologieunabhängiger dezentraler Netzstrategien** für urbane Räume und, dass **Vergabekriterien der Wohnbauförderung an Mobilitätsaspekte** anknüpfen. Bezüglich der Fernwärmenetze, welche im Entwurf-NEKP genannt werden (geplante Ausweisung), wird von Stöglehner u. a. (2017, S. 19) darauf hingewiesen, dass diese **kas-kadisch anzuordnen** sind: „Werden diese Temperaturniveaus in einem Fernwärmenetz hintereinander angeordnet, kann die einmal gewonnene Wärme in sogenannten ‚Energiekaskaden‘ optimal genutzt werden. Dabei wird die Wärme idealerweise nicht in einem Heizwerk erzeugt, sondern ist als Abwärme aus z. B. der Stromgewinnung, der Müllverbrennung oder aus einem industriellen Prozess verfügbar.“ Schlussendlich fordern Kranzl u. a. (2018) eine **Reduktion der Nutzfläche pro Person** bzw. pro Haushalt zu prüfen und die Siedlungsdichte im ländlichen Raum zu erhöhen. Eine Möglichkeit der Verdichtung wäre beispielsweise, einen Fokus auf **mehrgeschossige Wohnbauten** zu legen (Stöglehner u. a., 2017). Bei gleichem Baustandard sind diese deutlich energieeffizienter als Reihenhäuser, welche wiederum effizienter sind als frei stehende Einfamilienhäuser oder Doppelhäuser.

Sozial-ökologische Steuerreform

Die sozial-ökologische Steuerreform wurde bereits in den Abschnitten 4.1.1 und 5.1.2 hinlänglich als zentrale Stellschraube beschrieben. Auch für den Gebäudesektor wird diese Maßnahme von der Fachliteratur als wichtig bewertet. Alle drei maßgeblich zu Rate gezogenen Studien (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018; Kranzl u. a., 2018) 2018 betonen die Notwendigkeit eines **Abbaus von Steuervorteilen** für fossile Energieträger und stattdessen die steuerliche Entlastung klimaschonender Energieformen und die Prüfung der Anreizwirkung bestimmter energiepolitischer Instrumente auf wichtige Akteure in der Baubranche. Clementschitsch u. a. (2018) zitieren die WIFO-Studie von Kletzan-Slamanig und Köppl (2016a), nach der in den Jahren 2010–2013 im Mittel rund 3,8 bis

4,7 Mrd. EUR pro Jahr in „umweltkontraproduktive Förderungen“ geflossen sind. Der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018, S. 2) spricht von der „Beendigung von jenen Förderungen, die nicht zur Erreichung der Pariser Klimaziele beitragen (z. B. Umstellung der Pendlerpauschale im Einklang mit dem forcierten Ausbau des öffentlichen Verkehrsangebots und der Raumordnungskonzepte)“. Kranzl u. a. (2018) modellieren in ihrem Wärmewende-Szenario eine CO₂-Abgabe, welche ab 2025 25 EUR/t CO₂ beträgt, und dann bis zum Jahr 2050 auf 200 EUR/t CO₂ ansteigt.

Nachdem nun beschrieben wurde, wie sich Rahmenmaßnahmen im Gebäudesektor wiederfinden, wird im Folgenden auf Maßnahmenbündel eingegangen, welche sich alleinig auf den Gebäudesektor beziehen: Zunächst wird der Blick dabei auf Heizsysteme und Gebäudequalität gelenkt und daraufhin die Begleitmaßnahmen für den Gebäudesektor genauer betrachtet.

5.4.3 Heizsysteme und Gebäudequalität

Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Alle drei im Entwurf-NEKP genannten **bestehenden Maßnahmen** für den Gebäudesektor beziehen sich auf das Themenfeld Gebäudequalität und Heizsysteme (also die Mikroperspektive auf räumliche Strukturen). Die genannten bestehenden Maßnahmen sind (siehe auch **Tabelle 11**):

- hohe energetische Standards bei der Wohnbauförderung,
- die Sanierungsoffensive inklusive der „Raus aus dem Öl“-Kampagne,
- der Sanierungsscheck für Gebäude, die älter als 20 Jahre sind,

wobei letztere Maßnahme bereits ausgelaufen ist und die Sanierungsoffensive nur bis 2020 angesetzt ist⁴⁰. Der Fokus lag somit bisher stark auf förderungspolitischen Instrumenten. Diese förderpolitischen, bereits bestehenden Maßnahmen werden im Entwurf-NEKP durch **geplante Maßnahmen** ergänzt,

40 Für Informationen zur Wohnbauförderung siehe Weiß und Kerschner (2016).

welche auch ordnungspolitische Maßnahmen in Betracht ziehen. Der Entwurf-NEKP sieht etwa vor,

- dass ab 2020 keine Ölheizungen im Neubau mehr gestattet sind,
- dass ein neuer thermischer Standard für den Neubau gilt,
- dass ab 2021 nur mehr Heizsysteme auf Basis hocheffizienter alternativer Energiesysteme einzusetzen sind (entsprechend der EPBD),
- dass ab 2025 ein Umstieg von 25 Jahre alten fossilflüssig betriebenen Heizkesseln auf erneuerbare Energien/Fernwärme stattzufinden hat,
- dass auch Teilsanierschritte gefördert werden, wenn ein Gesamtsanierungskonzept vorliegt.

Es wird vorgesehen, durch einen „abgestimmten Mix an Instrumenten“ einen Phase-out fossilflüssiger Energieträger für Heizzwecke bis 2040 zu bewerkstelligen. Insgesamt wird auf ein „noch zu definierendes Maßnahmenbündel“ (BMNT, 2018a, S. 95) verwiesen, welches fiskalische, ordnungsrechtliche und förderungspolitische Maßnahmen aufeinander abstimmen möchte.

Im Großen und Ganzen decken sich die Maßnahmen mit den ExpertInnenmeinungen der zu Rate gezogenen Studien – nicht näher eingegangen wird auf die Durchsetzung dieser Maßnahmen. Beispielsweise spricht der Entwurf-NEKP zwar im Rahmen der Kategorie „Thermisch-energetische Sanierung“ (BMNT, 2018a, S. 96) davon, die Sanierungsoffensive zwischen 2020 und 2030 von 1 % auf 2 % zu erhöhen, da allerdings keine konkreten förderungspolitischen Maßnahmen vorgeschlagen werden (die Info beschränkt sich auf: „Zielgerichtete Förderungen für die Sanierung von Gebäuden in Form von Investitionszuschüssen, geförderten Finanzierungsmodellen und steuerlichen Maßnahmen werden vorgesehen“) und momentane Sanierungsraten eher rückläufig sind, ist es fraglich, ob die selber gesetzten Ziele ohne konkretere Schritte erreichbar sind. Die Vorsitzenden der Unterarbeitsgruppe Wärme und Gebäude des Entwurf-NEKP selber dokumentieren, wie viel Unsicherheit bei der Aufstellung der Maßnahmen noch herrscht – sie beschreiben in einem Anmerkungsdocument etwa, es gäbe zur „Nennung der 2 % Sanierungsrate [...] kein Einverständnis der Bundesländer“, oder, dass die oben genannten „Zielgerichteten Förderungen“ bisher noch nicht mit dem BMF abgestimmt

seien (Angerer und Adensam, 2018, S. 4). Auch bei den ordnungspolitischen Maßnahmen scheinen laut Entwurf-NEKP noch keine konkreten Gesetzesentwürfe vorzuliegen. Der wichtigste Schritt ist hier also, die Durchsetzbarkeit der bereits geplanten Maßnahmen durch höhere Spezifizierung wirksam zu machen. Danach lassen sich noch weitere, ergänzende Maßnahmen in diesem Bereich identifizieren.

Ergänzende Maßnahmen

Wie oben beschrieben, bedarf es in diesem Bereich also einerseits einer *Vertiefung*, andererseits einer *Verbreiterung* der Maßnahmen. Bezüglich der Vertiefung der bestehenden Maßnahmen lässt sich vor allem die Frage der Konkretisierung der Sanierungsmaßnahmen beschreiben, welche über 2020 hinausgehen müssen und über Förderungsmaßnahmen und steuerliche Anreizsysteme zu gestalten sind (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018). Kranzl u. a. (2018, S. 148) etwa beschreiben: „Während in den letzten Jahren die entsprechenden Fördermittel real abgenommen haben, geht das Wärmewende-Szenario von einem Anstieg dieser Mittel ab 2030 aus.“ Dabei wird von gestaffelten Fördersätzen ausgegangen, welche sich zwischen 2021 und 2027 stets hin zur effizientesten Sanierungsvariante verschieben. Dies ist wichtig, da Sanierungen nicht unbedingt aus Klimaschutzgründen vorgenommen werden: Ein Umdenken bezüglich des derzeitigen Fördersystems ist dabei notwendig, welches die Effizienz einer Sanierungsmaßnahme (z. B. durch die Berücksichtigung von Betriebsenergie vorher/nachher, graue Energie zur Umsetzung der Sanierungsmaßnahme oder Betriebskosten vorher/nachher) berücksichtigt. In seinem ExpertInnen-basierten Maßnahmenkatalog beziffert der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018, S. 4) den zusätzlichen Finanzierungsbedarf – gefordert wird eine „Aufstockung des Sanierungsschecks auf 300 Mio. EUR in Verbindung mit der Umsetzung von Gesamtsanierungskonzepten und vergünstigten Kreditfinanzierungsmodellen für Privatpersonen“. Ein ähnlicher Investitionsbedarf für Sanierungen und Heizungsaustausch im Gebäudesektor (ca. 400 Mio. EUR pro Jahr) wurde in einem WIFO-Energieszenario angenommen, um den energetischen Endverbrauch stark zu reduzieren (Meyer u. a., 2018). Des Weiteren sollte genauer ausgearbeitet werden, an wen welche Fördermittel ausgezahlt werden: Unterschiedliche Designs der Fördermodelle führen zu unterschiedlichen Anreizstrukturen. Ge-

nerell bräuchte es ein viel strikteres Reglement bei Sanierungen, und daher neben den umfangreichen Sanierungsförderungen eine Sanierungsverpflichtung mit strikten Vorgaben (Getzner, 2009). Der wichtige Punkt an dieser Stelle ist, dass im Entwurf-NEKP die Sanierungsförderung nur bis 2020 beschrieben ist und unklar ist, was danach passiert. Um die Sanierungsziele zu erreichen, wird es wichtig sein, zu konkretisieren, mit welchem Finanzierungsbedarf,

welchen Fördersätzen und welchen Ausgestaltungen eine Weiterführung dieser Maßnahme geplant ist.

Neben einer Konkretisierung bestehender Maßnahmen finden sich in der Literatur allerdings auch ergänzende Maßnahmen. Diese lassen sich entlang der oben bereits verwendeten Tabellenstruktur in **Tabelle 14** darstellen.

Tab. 14: Ergänzende Maßnahmen zu Gebäudequalität und Heizsystemen.

Thermisch-energetische Gebäudequalität	Heizsysteme
NEUBAU UND BESTAND - Energiebedarfsreduktion vor Erzeugung über den Lebenszyklus (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) - Priorität der Lebenszykluskosten vor den Herstellungskosten bei der Vergabe von Förderungen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018)	NEUBAU - Integration von Kühl- und Wärmetechnologien im Bau selbst (Clementsitsch u. a., 2018)
NEUBAU - Erhöhung des ökologischen Standards von Bauprodukten (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018)	BESTAND - Gebäudeübergreifende Energielösungen (Clementsitsch u. a., 2018) - Nutzungspflicht von EE auch bei Kesseltausch (Kranzl u. a., 2018)
BESTAND - Verpflichtende lebenszyklische Anpassung von Gebäuden an den Stand der Technik (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018)	

In der linken Spalte zum Bereich Gebäudequalität lässt sich sehen, dass sich die ersten beiden Maßnahmen sowohl auf den Neubau als auch auf Bestandsgebäude (bei thermisch-energetischen Sanierungen) beziehen. Die erste, **Energiebedarfsreduktion vor Erzeugung über den Lebenszyklus**, bezieht sich auf eine „[k]lare Priorisierung der Minimierung des primärenergetischen Gesamtaufwandes über den Lebenszyklus für **Neubau und Sanierung** vor der kompensierenden Mehrerzeugung von erneuerbarer Energie“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 8). Diese **Priorisierung** soll sich dann auch **in der Vergabe von Fördermitteln** widerspiegeln: Beispielsweise durch die „Entwicklung standardisierter Verfahren zur Ermittlung der Lebenszykluskosten auf Basis vorhandener Regelwerke (ÖNORMEN) ähnlich der ökobaudat.net in Deutschland“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 8) kann eine solche Priorisierung durchgeführt werden. Bei der Maßnahme zur **Erhöhung ökologischer Standards von Bauprodukten** geht es konkret um die „Implementierung der seit 5 Jahren verbindlichen Grundanforderung 7 der Bauprodukteverordnung (nachhaltige Nutzung natürlicher

Ressourcen: Rezyklierbarkeit, Dauerhaftigkeit, umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe) in die OIB-Richtlinien“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 8), welche der Harmonisierung bautechnischer Vorschriften in Österreich dienen. Zuletzt ist noch **die verpflichtende lebenszyklische Anpassung** von Gebäuden an den Stand der Technik zu nennen, welche für Bestandsgebäude relevant wird. Getzner (2009) empfiehlt dabei eine „Verpflichtung, innerhalb eines bestimmten Zeitraums das Gebäude unter bestimmten Voraussetzung sanieren zu müssen“.

In der rechten Spalte sind ergänzende Maßnahmen mit spezifischem Bezug auf Heizsysteme aufgeführt. Clementsitsch u. a. (2018) schlagen hier etwa vor, **Kühl- und Wärmetechnologien im Bau selbst zu integrieren**, zum Beispiel durch die Bauteilaktivierung zur Raumheizung und -kühlung. Hier geht es eher um ganzheitliche Lösungen als um „Hightech“-Ansätze: Der Fokus liegt nicht auf neuen Bauweisen, neuen Baumaterialien oder innovativen Werkstoffen, sondern eher auf der geschickten Kombination dieser, welche Wiederverwendbarkeit mitdenken muss (Clementsitsch u. a., 2018, S. 21). Für Bestandsgebäude

mit Bezug auf deren Heizsysteme lassen sich noch zwei weitere Maßnahmen nennen. Die erste bezieht sich darauf, beim Entwurf von **Energielösungen gebäudeübergreifend** vorzugehen. Energielösungen können also auf einen Gebäudeverbund oder sogar ein ganzes Quartier zugeschnitten sein. Kranzl u. a. (2018) sprechen zudem von **einer Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien** – nicht nur bei Neubau oder bei thermischen Sanierungen, sondern auch bei Kesseltausch.

5.4.4 Begleitende Maßnahmen

Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Die bestehenden und geplanten **begleitenden Maßnahmen** im Entwurf-NEKP beschränken sich momentan auf die drei in **Tabelle 12**⁴¹ gelisteten Maßnahmen:

- Der Energieausweis soll qualitativ aufgewertet werden und Daten zum Gebäudebestand und den Technologien für die Konditionierung von Gebäuden sollen strukturiert gesammelt werden.
- Informations- und Bewusstseinsbildungsaktivitäten sowie Beratungen (produktunabhängig, gefördert und öffentlich) sind geplant.
- Barrieren im Wohnrecht (insb. WEG, MRG), durch die Sanierungsmaßnahmen derzeit behindert werden, sind zu beseitigen.

Die drei begleitenden Maßnahmen lassen sich drei weitergefassten Kategorien an Begleitmaßnahmen zuordnen, welche in der Fachliteratur diskutiert werden: a) **Datenlage verbessern**, b) **Rechtslage verbessern** und c) **Bildung und Bewusstseinsbildung ausweiten**. Die drei Maßnahmen im Entwurf-NEKP lassen sich jeweils einer dieser Kategorie zuordnen – der Energieausweis und das strukturierte Datensammeln als verbesserte

Datenlage, der Abbau von Barrieren im Wohnrecht als verbesserte Rechtslage und die produktunabhängige Beratung als eine Maßnahme der Bewusstseinsbildung. Die geplanten Maßnahmen sind auch in der Fachliteratur vertreten – sowohl Kranzl u. a. (2018) als auch Clementschitsch u. a. (2018) schlagen beispielsweise Maßnahmen vor, welche dem im Entwurf-NEKP beschriebenen Energieausweis ähneln (verpflichtende Energie-Buchhaltung und Logbücher). Die Fachliteratur schlägt jedoch für jede dieser drei Kategorien weiterhin noch eine lange Reihe an ergänzenden Maßnahmen vor. Eine umfassende Verbesserung von Daten-, Rechts- und Bildungssituation ist durch die drei genannten Maßnahmen soweit noch lange nicht abgedeckt.

Ergänzende Maßnahmen

Eine Aggregation ergänzender Maßnahmen für jede dieser drei Kategorien kann wie folgt aufgelistet werden:

A) Datenlage verbessern

- Überregionale, strukturierte Erfassung des Gebäudebestands inkl. Leerstandserfassung in österreichweiter GIS-Datenbank (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Festlegen von messbaren Zielgrößen, die mittels quantitativer Indikatoren überprüfbar sind (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Verpflichtendes „Pickerl“ für Heizsysteme (Kranzl u. a., 2018).
- Österreichweiter, spartenübergreifender Potenzialkataster für erneuerbare Energien (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Einrichten einer Bauprodukte-Datenbank (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).

⁴¹ In der Tabelle ist als vierte begleitende Maßnahme noch „Steigende Kosten“ genannt – da diese jedoch schon im Rahmen der Rahmenmaßnahmen als mögliche implizierte sozial-ökologische CO₂-Abgabe diskutiert wurde, wird sie an dieser Stelle nicht erneut aufgegriffen.

B) Rechtslage verbessern

- Gesetze anpassen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018; Kranzl u. a., 2018),
 - z. B. Bauordnung, Bauprodukteverordnung, ELWOG, Gewerbeordnung, Mietrecht und Vergaberecht.
- Neues Bundesgesetz zum *Effort-Sharing* erneuerbare Energien (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Bundesweite Harmonisierung der Fördersysteme für erneuerbare Energiesysteme (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).

C) Bildung und Bewusstseins-schaffung ausbauen

- Werte ändern:
 - Alternativen zum Eigenheim in der Bildung (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Stöglehner u. a., 2014).
 - Bildung zum Thema nachhaltiges Wohnen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
- Praxis ändern:
 - Qualifizierungsmaßnahmen (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Kranzl u. a., 2018).
 - Neue Geschäftsmodelle im Bereich der multifunktionalen Gebäude (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018).
 - Öffentlich unterstützte Netzwerke von HandwerkerInnen, die in der Wärmewende involviert sind (Kranzl u. a., 2018).
 - Forschungs- und Technologieentwicklung (Kranzl u. a., 2018) und stärkere Verankerung der Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung in der Praxis (Clementschitsch u. a., 2018).
- Kommunikation:
 - Glaubwürdige und transparente Kommunikation der Klimaschutzziele und -maßnahmen (Kranzl u. a., 2018).

Datenlage verbessern

Eingangs wurde schon beschrieben, dass die Sammlung von Gebäudedaten – wie es im NEKP über die Verbesserung der Energieausweise geplant ist – breite Unterstützung erfährt (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018). Der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018) weist jedoch darüber hinaus darauf hin, diese Daten nicht nur zu erfassen, sondern auch, im Rahmen der Erstellung bzw. Aktualisierung der Energieausweise, strukturiert zu sammeln. Dafür soll eine **österreichweite GIS-Datenbank** angelegt werden, welche den Gebäudebestand – inklusive Leerstand – gesammelt und strukturiert erfasst. Das Ziel einer solchen österreichweiten Standardisierung ist eine leichtere Vergleichbarkeit und Messbarkeit von Erfolgen – was auch durch die zweite genannte Maßnahme unterstützt wird: das **Festlegen von messbaren Zielgrößen**, welche mit quantitativen Indikatoren überprüft werden können (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018). Auch das SHIFT-Projekt fordert eine Standardisierung der Energieausweise (Sporer und Steininger, 2019). Kranzl u. a. (2018) schlagen zudem ein **verpflichtendes „Pickerl“ für Heizsysteme** vor, ähnlich wie dem Auto-Pickerl. Ergänzt werden diese Maßnahmen durch solche, welche Fachwissen und Daten für ExpertInnen, BaumeisterInnen sowie die breite Öffentlichkeit kostenlos zur Verfügung stellen: Etwa ein österreichweiter, spartenübergreifender **Potenzialkataster für erneuerbare Energien** oder eine **Bauprodukte-Datenbank**, welche über relevante Bauprodukteigenschaften aufklärt.

Rechtslage verbessern

Insgesamt lässt sich mit Bezug auf die Rechtslage beobachten, dass ein Hemmnis für starke Klimaschutzmaßnahmen die Tatsache ist, dass der Eigentumsschutz in der Verfassung stärker als der Klimaschutz angesiedelt ist (Sporer und Steininger, 2019). Um die Rechtslage dennoch in Richtung größeren Klimaschutzes zu verbessern, gibt es verschiedenste ergänzende Maßnahmen, welche unter Punkt B) aggregiert dargestellt wurden, in der Fachliteratur allerdings als sehr konkrete Vorschläge zu finden sind. Während der Entwurf-NEKP den Fokus auf das Wohneigentumsgesetz und das Mietrecht (WEG und MRG) legt, beschreibt die Fachliteratur darüber hinaus auch Gesetzesänderungen, welche über das Wohnrecht hinausgehen und sich auch auf etwa die Bauordnung oder das Vergaberecht beziehen. Clementschitsch u. a. (2018, S. 23) beispielweise reden

von einem **Abbau von Barrieren für den Energieaustausch zwischen Privatpersonen**, da dies „die Investitionen in erneuerbare Energien erhöhen, die Netze entlasten, deren Anteil am Energiemarkt erhöhen und damit die Energieautarkie stärken [würde]“. Momentan sei eine Einschaltung von Energieversorgungsunternehmen gesetzlich vorgeschrieben. Der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018, S. 6) spricht von einer **Adaptierung der Bauordnung** (Raschauer, 2016b) zur verstärkten Nutzung von erneuerbarer Energien, welche folgende Inhalte miteinschließt:

- Erstellung von verbindlichen Vorgaben zur Errichtung und Nutzung von Photovoltaik entsprechend den nationalen Erzeugungsnotwendigkeiten (Effort-Sharing) bei Neubau und Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden.
- Festlegung von Mindestanforderungen in den OIB-Richtlinien ohne Größenbeschränkung (inkl. Eigenheimen und öffentlichen Gebäuden).
- Höhere Mindestanforderungen bei geförderten Bauten.
- Rasche Verschärfung der CO₂-Grenzwerte bei fossilen Systemen.

Auch das **Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetzes (ELWOG)** soll nach dem Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018) adaptiert werden, und folgende Anpassungen vornehmen:

- Netztarife bei dezentralen Ökostromanlagen reduzieren, Eigenstrombesteuerung abschaffen (auch von Clementschitsch u. a., 2018, gefordert).
- Streichung der Elektrizitätsabgabe bis zum Erreichen von 15 GW Gesamtleistung für Photovoltaik, um nachhaltige Geschäftsmodelle für PV im Mehrgeschoßwohnbau zu ermöglichen.
- Gemeinsame Nutzung von Energie über das Gebäude hinaus ermöglichen (Schaffung von lokalen Energie-Communities).
- Überarbeitung der Anschluss-Verpflichtung für einzelne Grundstücke.

Kranzl u. a. (2018) schlagen darüber hinaus **Neuerungen in der Gewerbeordnung** vor, indem eine Kategorie von Energie-HandwerkerInnen mit Fokus auf Gebäudesanierung in die Gewerbeordnung aufgenommen werden sollte. Ein Punkt, der von meh-

renen Studien angesprochen wird, sind **Anpassungen im Mietrecht**. Auch der Entwurf-NEKP nennt Änderungen im MRG als eine geplante Maßnahme, spezifiziert allerdings nicht, wie solche Änderungen aussehen könnten. Klimaschutz kann beispielsweise durch Energiecontracting im Mietrecht verankert werden (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018; Clementschitsch u. a., 2018), es kann eine Adaptierung des Mietrechtgesetzes zur Anhebung der Sanierungsrate stattfinden (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018) sowie eine Umlegung von Sanierungskosten auf den Hauptmietzins implementiert werden und Duldungspflichten der MieterInnen bei Sanierungsmaßnahmen erhöht werden (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018). Neben dem Mietrecht nennt der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018, S. 8) auch insbesondere das **Vergaberecht** als eine Schraubstelle notwendiger rechtlicher Anpassungen: Es sollte eine „[v]erstärkte Verankerung des Umweltverhaltens von Bauprodukten im Vergaberecht sowie ökologischer Eigenschaften als Zuschlagskriterien bei öffentlichen Vergaben durch die Auftraggeber“ durchgesetzt werden. Zudem sollten die Vergabekriterien bei Ausschreibungen um das Kriterium der Entwicklungsfähigkeit von Gebäuden ergänzt werden, und es sollten höhere ökologische Standards in der Vergabe durchgesetzt werden, z. B. durch die Bindung von Bundes- und Landesförderungen an die Verwendung von Bauprodukten mit Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declarations). Schlussendlich sollte außerdem eine Harmonisierung und biennale Anpassung der Vergaberichtlinien stattfinden.

Der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018) nennt schließlich noch zwei weitere Maßnahmen, welche neben der Anpassung bestehender Rechtsgrundlagen zu empfehlen wären. Die erste wäre das Verfassen und Implementieren eines **neuen Bundesgesetzes zum Effort-Sharing** erneuerbarer Energien, welches eine verbindliche rechtliche Festlegung einer politischen Entscheidung dazu wäre, wieviel kWh erneuerbare Energien „bei gleichzeitiger Minimierung des Energiebedarfes pro m² Bauland, pro m² sonstiger Flächen, Nutzungskategorie oder Bruttogeschoßfläche (BGF) österreichweit bis 2050 zu erzielen und vorzuhalten ist“ (Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018, S. 6). Als zweite weitere Maßnahme fordert der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018) eine **bundesweite Harmonisierung der Fördersysteme** für erneuerbare Energiesysteme. Es zeigt sich, dass der Bereich der rechtlichen Anpassungen, welche notwendig sind, sehr umfassend ist und der Maßnahmenkatalog im

Entwurf-NEKP daher noch deutlich erweitert werden kann – sowohl mit Bezug auf die Auswahl an Gesetzen und Verordnungen, welche adaptiert werden können, als auch mit Bezug auf die konkreten geplanten Adaptionen im immerhin genannten MRG und WEG.

Bildungsmaßnahmen

Der dritte Punkt zu Bildungsmaßnahmen kann in drei Unterpunkte unterteilt werden: Werte ändern, Praxis ändern, und Kommunikation. In den Bereich der Werte fällt beispielsweise die Forderung des Ausschusses Nachhaltiges Bauen (2018), in der Bildungsarbeit massiv neue Wohnmodelle vorzustellen, um **Alternativen zum Eigenheim** als Kernaspekt eines guten Lebensentwurfes zu bieten. Stöglehner u. a. (2014, S. 3) weisen darauf hin, dass das Einfamilienhaus als „bevorzugte Wohnform der ÖsterreicherInnen“ zu hinterfragen sei, da fachlich nachgewiesen sei, dass derartige Strukturen ungünstig und teuer (sowohl für den Einzelnen als auch für den Staat) seien. Der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018, S. 5) sieht hier Bildungsmaßnahmen zu alternativen Wohnmodellen ab dem Kindergarten vor, bis hin zu „Aufklärungsendungen über klimagerechte und sozial verträgliche Alternativmodelle für Erwachsene“. Das Thema **nachhaltiges Wohnen, Bauen und Leben soll zudem in den Schulunterricht integriert** werden, vor allem in der Unterstufe der allgemeinbildenden Schulen. Aufbereitet werden soll dieses Material dabei vor allem auch in Schulbüchern und E-Learning-Plattformen, welche breite Anwendung finden sollten, anstatt nur einzelne

LehrerInnen in einzelnen Fächern und nur auf einen begrenzten Zeitraum zu diesem Thema zu fördern.

Im Bereich „Praxis ändern“ lassen sich zunächst **Qualifizierungsmaßnahmen** nennen – Kranzl u. a. (2018) z. B. reden von weiterreichenden Ausbildungsaktivitäten für HandwerkerInnen, BaumeisterInnen, ArchitektInnen, und der Ausschuss Nachhaltiges Bauen (2018) fordert ein Regelstudium zum Thema nachhaltiges Bauen an Universitäten und Fachhochschulen sowie Weiterbildungsangebote für Planende, Ausführende, ErzeugerInnen und Behörden. Durch **neue Geschäftsmodelle** im Bereich multifunktionaler Gebäude können diese Bildungsmaßnahmen attraktiv gestaltet werden, und eine Vernetzung von Fachwissen und Kenntnis durch **öffentlich unterstützte Netzwerke** von Wärmewende-HandwerkerInnen vorangetrieben werden. Auch die **Forschungs- und Technologieentwicklung** wird genannt, wobei Clementschitsch u. a. (2018) insbesondere betonen, die Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung auch schließlich **stärker in der Praxis zu verankern**, wie etwa die der bestehenden Forschung zu *Haus der Zukunft*, *Energie der Zukunft* und *Stadt der Zukunft*.

All dies soll und muss, schlussendlich, durch eine „glaubwürdige und transparente **Kommunikation der Klimaschutzziele und -maßnahmen**“ (Kranzl u. a., 2018, S. 145) begleitet werden, welche sowohl Planungssicherheit und Stabilität erhöht als auch Handlungsspielräume eröffnet und Akteure „empowert“, an der Wärmewende mitzuwirken.

5.5 Land- und Forstwirtschaft & Bioökonomie

5.5.1 Einleitung

Die Land- und Forstwirtschaft sowie Bioökonomie spielen in der Klimadiskussion eine zentrale Rolle. Um den österreichischen Landwirtschafts-, Forstwirtschafts- und Landnutzungssektor (AFOLU) auf Paris-Kurs zu bringen, d. h. den menschengemachten Klimawandel auf max. 1,5 °C bis 2100 einzudämmen, müssen die Treibhausgase Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und Kohlendioxid (CO₂) drastisch reduziert werden.

Auf der einen Seite sind Wälder und Böden in Österreich eine Netto-Senke für THG-Emissionen. In 2015 betrug diese Senke 4,4 Mt CO₂eq (BMNT, 2018a). Die Modellszenarien des UBA gehen davon aus, dass mit bestehenden Maßnahmen diese Senke bis 2030 leicht abnimmt (Umweltbundesamt, 2019b). Die Wälder und Böden leiden jedoch heute bereits unter den geänderten Klimabedingungen, den Extremereignissen und neuen oder vermehrt auftretenden Schädlingen und Krankheiten und müssen dadurch teils hohe, ja existenzbedrohende Schäden in Kauf nehmen. Diesen Sektoren bieten sich aber auch neue Möglichkeiten aufgrund der geänderten heimischen und anderwärtigen Klimabedingungen. Da die Landwirtschaft stark vom Klimawandel betroffen ist (Balkovič u. a., 2018; Mitter u. a., 2015; Schönhart u. a., 2018; Zessner u. a., 2017), spielt die Klimawandelanpassung eine große Rolle. Dies kann u. a. über höhere Humusgehalte und verbesserte Bodenstruktur durch verstärkten Futterleguminosenanbau, Kompost- und Pflanzenkohleanwendung, Rückführung der Erntereste, Mulchsaat, robustere Sorten und Rassen sowie wassersparende Bodenbearbeitung und Fruchtfolgen (möglichst ganzjährige Bodenbedeckung als Schutz vor Bodenerosion durch Starkniederschläge) geschehen (APCC, 2014; Kirchner u. a., 2012; Mitter u. a., 2019; Niggli u. a., 2007; Schmidt u. a., 2019; Umweltbundesamt, 2017b). Hierbei kommt der biologischen Landwirtschaft eine große Bedeutung zu (Umweltbundesamt, 2017b). Der dafür erhöhte Flächenbedarf erfordert eine Reduktion des Fleischkonsums / des Tierbestandes (gro-

ße Flächen, die für die Kraffuttermittelproduktion gegenwärtig verwendet werden, werden verfügbar für die Nahrungsmittelproduktion) sowie eine Reduktion des Lebensmittelabfalles und eine auf günstigen Standorten nachhaltige Intensivierung („sustainable intensification“, siehe etwa Zhang u. a., 2015).

Andererseits ist die Landwirtschaft stark am anthropogenen Klimawandel bzw. an den Treibhausgasemissionen beteiligt. So betragen die landwirtschaftsbedingten THG-Emissionen in Österreich im Jahr 2017 8,2 Mt CO₂eq und damit einen Anteil von 8,9 % an den Gesamt-THG-Emissionen (Umweltbundesamt, 2019b). Obwohl die THG-Emissionen im Jahr 2018 wahrscheinlich um 0,1 Mt CO₂eq geringer ausfallen werden, steigt der Anteil an den Gesamt-THG-Emission auf 10,2 % (Umweltbundesamt, 2019c)⁴². Aus Lebenszyklusperspektive liegt der Anteil aber bei mindestens 14 %, wenn der Energieeinsatz für Stickstoff-Mineraldünger und andere Betriebsmittel (z. B. für Futtermitteltransporte aus dem Ausland) inkludiert werden. Dieser Anteil steigt weiter auf über 20 %, wenn THG-Emissionen, die in anderen Ländern entstehen, insbesondere bei importierten Futtermitteln, berücksichtigt werden (dies betrifft insbes. Soja, wo sehr hohe THG-Emissionen durch Tropenwald- und Savannenflächenzerstörung entstehen, getrieben durch den Sojaanbau). Zudem entstehen weitere Spill-over-Effekte durch THG-Emissionen, die durch den Anbau weiterer importierter Ackerfuttermittel (z. B. Futtergetreide) entstehen.

THG-Hauptemissionsquellen in der Landwirtschaft sind somit zum einen der deutlich **zu hohe Fleischkonsum**: Die ÖsterreicherInnen verzehrten im Jahr 2017 rund 63,4 kg Fleisch (inkl. Geflügel)/Person und Jahr (AMA, 2019), statt wie von der WHO und der DGE und ÖGE empfohlen 22 kg/Person und Jahr (DGE, 2019), also um fast zwei Drittel zu viel. Würde die von der WHO/DGE/ÖGE empfohlene Menge Fleisch gegessen, könnten jährlich um bis zu ca. 1,7 Mt CO₂eq eingespart werden (= rund 2 % der gesamten österreichischen THG bzw. rund 20 % der gesamten jährlichen landwirtschaftlichen THG) (Freyer und Dorninger, 2008).

⁴² In der Landwirtschaft nehmen die THG-Emissionen voraussichtlich im Jahr 2018 um rd. 0,1 Mt ab. Hauptverantwortlich dafür sind insbesondere der Rückgang bei der Mineraldüngerverwendung (-1,9 % im 2-Jahressmittel) sowie ein Rückgang bei den Rinder- (-1,6 %) und Schweinezahlen (-1,5 %) (Umweltbundesamt, 2019c). Allerdings zeigen Modellszenarien des Umweltbundesamtes (UBA), dass mit den bestehenden Maßnahmen die THG sich bis 2030 auf 7,6 Mt CO₂eq wieder leicht erhöhen werden (Umweltbundesamt, 2019b), trotz der Annahmen, dass es zu mehr Effizienz in der Nutztierhaltung und im Stickstoffmanagement kommen wird (Sinabell u. a., 2018).

Die zweite THG-Hauptemissionsquelle der Landwirtschaft ist der **Stickstoff-Mineraldüngereinsatz**: Zum einen entstehen N_2O -Emissionen aus den mit N-Mineraldünger gedüngten Böden aufgrund des hohen Anteils an leicht verfügbarem Stickstoff im Boden (Niggli u. a., 2007). Zum anderen ist für die Herstellung ein hoher Energiebedarf notwendig (weltweit: 90 Mt Erdöl und Erdgas nötig für 82 Mt mineralischen Stickstoff = rund 1 % des weltweiten Verbrauchs der fossilen Energieträger laut Niggli u. a. 2007). Der Stickstoff-Mineraldüngereinsatz hat zwar um -1,9 % im Zwei-Jahressmittel abgenommen (Umweltbundesamt, 2019c), beträgt aber immer noch mehr als 120.000 t/Jahr (BMNT, 2018d). Eine Meta-Analyse von Borchard et al. (2019) zeigte, dass der Einsatz von Pflanzenkohle die landwirtschaftlichen N_2O -Emissionen um durchschnittlich 38 % reduzieren kann.

Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft werden zurzeit und auch in Zukunft über das Programm der ländlichen Entwicklung (PLE⁴³) und v. a. durch spezifische Unterstützungen im Österreichischen Programm für eine umweltgerechte Landwirtschaft (ÖPUL) gefördert. In der derzeitigen Programmperiode (2014–2020) betragen die jährlichen öffentlichen Förderungen für ÖPUL im Mittel ca. 441 Mio. EUR (ca. 50 % davon kommen aus EU-Mitteln), für das gesamte PLE ca. 1,1 Mrd. EUR (BMNT, 2018e). Dies ist ein leichter Rückgang gegenüber der Vorperiode 2007–2013 (Sinabell u. a., 2016), v. a. die ÖPUL-Förderungen gingen um ca. 17 % zurück. Abschnitt 5.5.3 widmet sich der Wirksamkeit des PLE und ÖPUL im Detail.

Daher sind einerseits geänderte Bewirtschaftungsformen, andererseits aber auch Reduktionen in der Viehwirtschaft bzw. Fleischproduktion sowie eine deutliche Reduktion des vermeidbaren Lebensmittelabfalls (in Haushalten, Handel und Verarbeitung) zentrale Maßnahmen zur Reduktion der landwirtschafts-/ernährungsbedingten THG-Emissionen. Letztere stehen in engem Zusammenhang mit Ernährungsgewohnheiten. Die Reduktion von THG-Emissionen im Sektor Land- und Forstwirtschaft, sowie Landnutzung und Landnutzungsänderung ist durch **zahlreiche Zielkonflikte** geprägt (z. B. Ernährungssicherheit bzw. erforderliche Änderung im Ernährungsstil, Erhalt der Biodiversität, Ausweitung der energetischen und materiellen Nutzung von Biomasse, soziale Ungleichheit). Auch die unterschiedlichen Topografien, Bodenbeschaffenheiten und klimatischen

Unterschiede sind bei der Wahl und Umsetzung von Maßnahmen im Sinne der Standortanpassung zu berücksichtigen. Die betrifft insbesondere den standortangepassten flächengebundenen Tierbesatz und die standortorientierte Düngemenge. Daher gibt es zahlreiche Maßnahmen zur Reduktion der THG-Emissionen der Landwirtschaft, die zugleich die regionale Wertschöpfung stärken und Synergien zu weiteren Nachhaltigkeitsaspekten verwirklichen können (z. B. Biodiversität, Bodenschutz, Gewässerschutz, Resilienz, Gesundheit).

Für den Klimaschutz spielt auch Biomasse, insbesondere Holz, eine wichtige Rolle – in der energetischen und stofflichen Nutzung aber auch als natürlicher Kohlenstoffspeicher im Wald oder in Holzprodukten. Fragen der stofflichen Nutzung werden häufig im Kontext der Bioökonomie behandelt. Die Abgrenzung zur Land- und Forstwirtschaft ist eher willkürlich, daher kommt es im Abschnitt Bioökonomie zu Überlappungen mit den Abschnitten Land- und Forstwirtschaft. Biomasse ist dabei ein erneuerbarer, aber in seiner Verfügbarkeit begrenzter Rohstoff und die Wirkung des Einsatzes von Biomasse in unterschiedlichen Sektoren auf die gesamte Treibhausgasbilanz ist komplex. Selbst bei der energetischen Nutzung, d. h. bei der Substitution von fossilen Brennstoffen, wird die Frage, ob die nachhaltige Nutzung von Biomasse grundsätzlich als CO_2 -neutral zu bewerten ist, nach wie vor kontrovers diskutiert. Grundsätzlich besteht Einigkeit, dass Biomasse aus nachhaltiger Produktion stammen muss, damit überhaupt über eine CO_2 -Neutralität diskutiert werden kann. Weiters gibt es starke Hinweise, dass stoffliche Holznutzung, die zur Substitution energie- und treibhausgasintensiver Produkte wie Stahl oder Beton führt, der reinen energetischen Holznutzung hinsichtlich Treibhausgaseinsparungen deutlich überlegen ist. Eine energetische Nutzung von Biomasse sollte in erster Linie auf Reststoffen, Abfällen und Nebenprodukten, die nicht für eine stoffliche Nutzung geeignet sind, basieren. Auch die Herstellung von Pflanzenkohle und die energetische Nutzung der Pyrolyse-Gase sollte primär auf Reststoffen beruhen, welche am Ende einer kaskadischen Nutzungskette stehen (Beispiele: Steinobstkerne, Sonnenblumenkernschalen, Abfallholz bzw. Käferholz).

43 Die sogenannte 2. Säule der gemeinsamen Agrarpolitik. Die 1. Säule umfasst entkoppelte Direktzahlungen, für die Mindestumweltstandards eingehalten werden müssen („Greening“).

5.5.2 Rahmenmaßnahmen

Damit die THG-Emissionen reduziert werden, braucht es Anstrengungen in allen Bereichen und über Sektoren hinweg. Entwicklungen in verschiedenen Sektoren wie Verkehr (z. B. Ausbau von Straßen) und Gebäude (z. B. Zersiedelung) können große Auswirkungen auf den Sektor AFOLU haben, v. a. über den Verlust von Flächen, die für z. B. Land- und Forstwirtschaft genutzt werden könnten (siehe dazu **Raumplanung** in Abschnitt 4.1.3).

Die Herausforderung für Klima- und Energiepolitik ist es, soziale und ökologische Gerechtigkeit gemeinsam zu denken. Damit ökologische Maßnahmen wie z. B. ein CO₂-Preis für tierische Produkte und damit eine Teuerung von tierischen Produkten sozial verträglich umgesetzt werden können, braucht es gesellschaftliche Umverteilungsmechanismen hin zu einkommensschwachen Haushalten (siehe dazu **sozial-ökologische Steuerreform** in Abschnitt 4.1.1) und eine Förderung von gesünderen Lebensmitteln.

Eine absolute Reduktion des energetischen und materiellen Verbrauchs wirkt positiv auf die Erreichung der Paris-Ziele ein. Unterstützende Maßnahmen dafür sind eine grundlegende Abkehr von fossilen Energieträgern und eine Erhöhung der Effizienz in allen Bereichen. Für die erforderlichen Veränderungen werden sektorübergreifend, aber auch innerhalb der Sektoren **soziale Innovationen** (z. B. sozial-ökologische Steuerreform, Ernährungsrate) und **technische Innovationen** (z. B. Innovationen zur Ertragssteigerung/-sicherung im Biolandbau, Präzisionslandwirtschaft, Permakultur) Hand in Hand gehen. Den Klimawandel einzuschränken ist eine globale Aufgabe, doch beginnt sie auf lokaler und nationaler Ebene.

Der Bereich Land-, Forstwirtschaft und Landnutzung kann einen wichtigen Beitrag bei der Reduktion der THG leisten. Hilfreich dafür sind klare politische Rahmenbedingungen.

Dafür stehen der österreichischen Regierung eine Vielzahl an Möglichkeiten bereit. Dazu zählen ordnungspolitische, steuerliche, förderpolitische und bewusstseinsbildende Maßnahmen. Die großen Herausforderungen im Bereich Land-, Forstwirtschaft und Landnutzung sind Erhöhung des Humus-/Bodenkohlenstoffgehalts, Reduktion der direkten und indirekten THG-Emissionen im Bereich der Tierhaltung (u. a. durch Reduktion des Tierbestandes), Reduktion der Lachgasemissionen aus der Bodenbewirtschaftung, Reduktion des Stickstoff-Mineraldüngereinsatzes, eine

umfassende Umstellung auf nachhaltigkeitsorientierte Präzisionslandwirtschaft, die deutliche Ausweitung der biologischen Landwirtschaft, die Regionalisierung des Ernährungssystems, eine Ernährungsumstellung in Richtung deutliche Reduktion des Fleischkonsums, die Reduktion der Lebensmittelverschwendung, die Förderung der Biodiversität, die gerechte Verteilung der Kosten von Klimaschutz und die sinnvolle Umstellung auf eine Bioökonomie, die eine konsequente Nachhaltigkeitsorientierung im ökologischen, ökonomischen und sozialen Bereich aufweist. Zudem sollte sichergestellt werden, dass autonome Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel keine zusätzlichen THG-Emissionen in der Landwirtschaft bewirken (Kirchner u. a., 2016; Schönhart u. a., 2016). Folgend werden ergänzende Maßnahmen, die eine Reduktion der Treibhausgase im Sektor Land-, Forstwirtschaft und Landnutzung für Österreich unterstützen können, aufgezeigt. Für eine bessere Übersicht wurden die einzelnen Handlungsfelder aufgeteilt. Begonnen wird mit dem Bereich Landwirtschaft, gefolgt von Ernährung, Lebensmittelverschwendung und abschließend Forstwirtschaft. Der Bereich Bioökonomie wird als übergreifendes Konzept im Abschnitt 5.5.7 behandelt.

5.5.3 Landwirtschaft

Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Laut dem Entwurf-NEKP sind THG-Emissionsreduktionen im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion besonders schwer zu erzielen. Die österreichische Regierung will Maßnahmen vor allem im Bereich der tierischen Produktion ansetzen (z. B. Düngemanagement, Fütterung und Haltung) sowie Bodenbearbeitung, reduzierten Mineraldüngereinsatz und Erhalt von Dauergrünland, produktivem Ackerland und Feuchtgebieten forcieren. Daneben wird die verstärkte Nutzung und Produktion von erneuerbaren Energien und die Steigerung der betrieblichen Effizienz erwähnt. Die österreichische Regierung will die Reduktionsmaßnahmen im Landwirtschaftsbereich auch durch die Fortführung und den Ausbau von Sensibilisierungsmaßnahmen vortreiben. Bevorzugt werden freiwillige Maßnahmen, die mit Anreizen kombiniert werden. Es werden keine ordnungspolitischen Maßnahmen genannt (BMNT, 2018a). Ein erster Überblick über bestehende, geplante und mögliche ergänzende Maßnahmen ist in **Tabelle 15** ersichtlich.

Tab. 15: Übersicht von Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft.

Kategorie ¹	Maßnahmen(bündel)	Art	Förderung (Mio. EUR)	THG-Einsparung (kt CO ₂ eq)	Kommentar
FP	Programm ländliche Entwicklung 2014- 2020; davon:	Bestehend	1.064	variiert stark	Stärkere Ausrichtung auf soziale und ökologische Kriterien nötig
	ÖPUL 2014–2020; davon:	Bestehend	441	positiv	
BI	THG/Kohlenstoffspeicherrelevante Maßnahmen ²	Bestehend	351	positiv	Reduktion von Lachgasemissionen
	Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz	Bestehend		k. A.	
OP	Nitraktionsprogramm	Bestehend		positiv	
FP, BI	Unterstützung regionaler Futtermittel	Geplant		k. A.	nicht ausreichend konkret
FP	Noch mehr verstärkte Ausrichtung der GAP an umwelt- und klimapolitischen Rahmenbedingungen	Geplant/ Ergänzend		k. A.	
FP	Ausweitung bzw. Erhöhung der Förderung für ökologischen Landbau	Geplant/ Ergänzend		ca. 1.000 bis 3.100	Quelle: Freyer und Dorninger (2008)
FP, BI	Maßnahmen zur Humusanreicherung im Boden	Ergänzend		k. A.	Anrechenbarkeit im Carbon Accounting
FP, OP	Umstellung der Milch- und Rindfleischproduktion auf Weidehaltung	Ergänzend		11 % THG, 22 % N ₂ O, 11 % NH ₃	Quelle: Stolze u. a. (2019)
FP	Förderung regionaler Landwirtschaft	Ergänzend		k. A.	
OP	Höhere Standards in der Nutztierhaltung; Förderung der Reduktion des Tierbestandes und der Produktionsintensität in der Schweine-, Hühner- und Rindermast insbesondere für kleine und mittlere landw. Betriebe (Finanzierung über eine Fleischsteuer)	Ergänzend		k. A.	z. B. Beschränkung auf < 2 GVE/ha
FP, OP	Stärkere Reduktion von Pflanzenschutzmitteln forcieren	Ergänzend		k. A.	
ST	Düngemittelabgabe	Ergänzend		k. A.	

¹ FP = Förderungspolitisch; ST = Steuerlich; OP = Ordnungspolitisch; BI = Beratung und Information.² Daten aus dem aktuellen Programmdokument entnommen (Abschnitt 11.4 in BMNT, 2019b). Maßnahmen, die Weidehaltung unterstützen, werden hier nicht als THG-relevant gekennzeichnet. Details siehe Abschnitt 5.5.3.

Tab. 16: ÖPUL-Maßnahmen und ihre vom BMNT zuerkannte Klimaschutzrelevanz⁴⁴.

Maßnahme	Förderung 2017 (Mio. EUR)	Fläche 2017 (ha)	Reduktion THG-Emissionen	Kohlenstoffspeicherung
1: Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung	64,17	1.111.254	Nein ⁴⁵	Ja
2: Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel	6,15	271.693	Ja	Nein ⁴⁵
3: Verzicht auf Fungizide und Wachstumsregulatoren bei Getreide	2,90	72.926	Ja	Nein
6: Begrünung von Ackerflächen – Zwischenfruchtanbau	41,63	270.000	Nein ⁴⁶	Ja
7: Begrünung von Ackerflächen – System Immergrün	14,95	188.043	Nein	Ja
8: Mulch- und Direktsaat (inkl. Strip-Till)	7,55	127.639	Nein	Ja
9: Bodennahe Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger und Biogasgülle	2,91	96.667	Ja ⁴⁷	Nein
10: Erosionsschutz Obst, Wein, Hopfen	8,65	42.441	Nein	Ja
16: Vorbeugender Grundwasserschutz	29,14	322.816	Nein	Ja
17: Bewirtschaftung auswaschungsgefährdeter Ackerflächen	0,57	1.334	Ja	Nein ⁴⁸
18: Vorbeugender Oberflächengewässerschutz auf Ackerflächen	0,49	1.103	Nein	Ja
19: Naturschutz	39,29	78.627	Ja	Ja
20: Ökologische landwirtschaftliche Bewirtschaftungsverfahren und -methoden	115,17	466.511	Ja	Ja

Quellen: BMNT (2018d) für Förderungen und Fläche; BMNT (2019b) für die Einteilung THG-Emissionen- und Kohlenstoffspeicher-Relevanz.

Im Entwurf-NEKP werden bestehende und geplante Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft aufgelistet, jedoch keine konkreten Zielvorgaben und Fahrpläne für die Reduktion der THG im Bereich der Landwirtschaft gemacht. Es werden zurzeit auf europäischer Ebene Verhandlungen für die kommende Finanzierungsperiode 2021–2027 der gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) geführt. Angaben zu etwaiger Änderung nationaler Fördermengen werden nicht gemacht. Im Fokus stehen vor allem freiwillige und förderpolitische Maßnahmen. Auf explizite Aussagen zu steuerlichen und ordnungspolitischen Maßnahmen wird nicht weiter eingegangen. Wichtig zu beachten ist, dass im kommenden

GAP-Budget ein (weiterer) Rückgang an EU-Fördermitteln erwartet wird, auch für die ländliche Entwicklung und damit ÖPUL (Sinabell u. a., 2018). Auf die bestehenden klimaschutzrelevanten ÖPUL-Maßnahmen wird nun kurz eingegangen. **Table 15** gibt einen ersten groben Überblick über bestehende, geplante wie auch ergänzende Maßnahmen. Details zu den Maßnahmen finden sich in dem folgenden Abschnitt.

44 Die Einschätzungen zur THG-Reduktion und Kohlenstoffspeicherung wurden aus BMNT (2019b) übernommen. Wissenschaftliche Studien kommen teilweise zu anderen Einschätzungen.

45 Wenn durch die neue Bewirtschaftung Störungen an den Böden unterbleiben, könnten sich auch die THG-Emissionen reduzieren.

46 Wenn durch Begrünung und weniger intensive Bewirtschaftung weniger Störungen an den Böden entstehen, besteht Potenzial, THG-Emissionen zu reduzieren. Dies hängt jedoch von den jeweiligen Bedingungen und der weiteren Bearbeitung der Ackerflächen ab (Regina u. a., 2019; Smith u. a., 2008).

47 Wechselwirkungen bei Minderungsmaßnahmen müssen beachtet werden. Die bodennahe Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und Biogasgülle mindert Ammoniak-Emissionen kann aber zu vermehrten N₂O-Emissionen führen (Brink u. a., 2005).

48 Dies könnte mit Begrünungsmaßnahmen einhergehen, was zu einem größeren Kohlenstoffspeicher führt (Smith u. a., 2008).

Klimaschutzrelevante Maßnahmen im PLE

Spätestens mit dem PLE-Programm 2013–2020 rückte der Klimaschutz verstärkt in den Fokus der Agrarumweltförderungen. **Tabelle 16** gibt Maßnahmen aus dem derzeitigen ÖPUL wieder, die das Potenzial besitzen, THG-Emissionen einzusparen oder Kohlenstoffspeicherung und -bindung zu erhöhen:

Nicht gelistet in **Tabelle 16** sind Förderungen für Weidehaltung, die auch zur Reduzierung von CH₄-Emissionen beitragen können (Sinabell u. a., 2015, 2018; Umweltbundesamt, 2013). Die Maßnahme „Alpung und Behirtung“ (Nr. 15) fördert eine Fläche von über 300.000 ha mit ca. 22 Mio. EUR pro Jahr.

Es gibt noch weitere Maßnahmen mit Klimaschutzrelevanz im PLE 2014–2020, die v. a. durch Beratung und/oder Investitionsförderungen unterstützt werden (BMNT, 2019b; Sinabell u. a., 2018):

- Mehrphasenfütterung in der Schweinehaltung
- Abdeckung von Güllebehältern
- Anaerobe Vergärung von Gülle
- Kraftstoffsparendes Fahren mit Traktoren

- Elektrische Geräte für Bewässerung
- Investitionen in umweltfreundlichere Fahrzeuge, Maschinen, Geräte und Anlagen
- Energetische Diversifizierung (z. B.: Förderung von Photovoltaikanlagen, Biomasse-Heizzentralen, Mustersanierungen)
- Förderungen zu Erhalt bzw. Aufforstung von Wäldern

Eine ältere Studie des Umweltbundesamtes (2013) enthält Information zum THG-Einsparungspotenzial einiger damals geplanter und auch umgesetzter PLE-Maßnahmen bezogen auf die gesamte Programmzeit 2014–2020. Es ist jedoch nicht klar, wie die Berechnungen der Daten in **Tabelle 17** zustande gekommen sind, und daher ist ihre Referenz mit Vorsicht zu betrachten. Neuere Publikation des UBA geben auch keine THG-Einsparungspotenzial mehr an (Umweltbundesamt, 2019b).

Tab. 17: THG-Einsparungspotenzial von Agrarumweltmaßnahmen laut Umweltbundesamt (2013).

Maßnahme	kt CO ₂ eq (kumuliert 2014-2020)	Anmerkungen
Weidehaltung von Kühen	1	
Entkopplung der Mutterkuhhaltung	28	sofern keine Zunahme an Milchkühen
N-angepasste Phasenfütterung von Schweinen	4	
Abdeckung Güllelager	3	
Anaerobe Güllevergärung	149	
Bodennahe Gülleausbringung	< 1	Wenige N ₂ O, aber viel NH ₃
Reduktion Mineraldünger	48	
Kurzumtriebsflächen	5	Beinhalten Einsparung an N und Diesel
Nachhaltiges N-Management	21	z. B. Winterbegrünung, Leguminosen
Biologischer Landbau	17	
Schonende Bodenbearbeitung	7	Betrifft Einsparung an Diesel
Eco-Driving	4	Betrifft Einsparung an Diesel
Ersatz Diesel mit Pflanzöltreibstoff	20	Betrifft Einsparung an Diesel

Eine Langzeitstudie des Umweltbundesamtes und der AGES (Freudenschuß u. a., 2010) bewertete die meisten Agrarumweltmaßnahmen sehr positiv bzgl. ihrem Potenzial der Kohlenstoffbindung und Stickstoffemissionen zu reduzieren. Die meisten der damals untersuchten Maßnahmen werden in ähnlicher Weise noch immer gefördert und sind in **Tabelle 18** aufgelistet.

nen zu reduzieren. Die meisten der damals untersuchten Maßnahmen werden in ähnlicher Weise noch immer gefördert und sind in **Tabelle 18** aufgelistet.

Tab. 18: THG-Einsparungspotenzial von Agrarumweltmaßnahmen laut Freudenschuß u. a. (2010, S. 84, adaptierte Tabelle 58).

Maßnahme	Kohlenstoff-speicher-potenzial	Reduzierte Stickstoff-emissionen ¹	Erklärung zur C-Bindung
Biolandbau	+ / ++	+++	abhängig vom Ertrag, der Nutzungsdauer und der Kulturartenzusammensetzung
Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel	+ / ++	+++	abhängig von der Menge und der Qualität der organischen Substanz (C/N-Verhältnis)
Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen ²	- / +	+	stark von der Begrünung bzw. dem Einsatz von organischem Dünger abhängig
Begrünung mit mehrjährigen Leguminosen	++	++	abhängig vom Ertrag, der Nutzungsdauer und der Kulturartenzusammensetzung
Reduzierte Bodenbearbeitung	0 / ++	0	abhängig vom Standort (Boden, Klima), dem Gleichgewichtszustand der Böden, der Fruchtfolge und Düngung, derzeit noch hohe Unsicherheiten
Düngung mit Stalldung und Komposten	+++	+++	abhängig von der Menge und der Qualität der organischen Substanz

¹ Bezogen auf Mineraldüngereinsatz.

² Eine strengere Variante der jetzigen Maßnahme 1: Umweltgerechte und biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung.

Zudem ergab eine Evaluierung des PLE 2007–2013, dass ohne Agrarumweltförderungen im PLE, in die Stickstoffüberschüsse und THG-Emissionen in dieser Periode um 16 % bzw. 3 % höher gewesen wären (Sinabell u. a., 2016). Diese Studie berücksichtigte aber nur einen Teil der möglichen Agrarumweltmaßnahmen (v. a. biologischer Landbau, Reduzierung Mineraldüngereinsatz und reduzierte Bodenbearbeitung). Eine weitere Modellanalyse zeigt, dass das PLE 2014–2020 für Umweltindikatoren wie THG-Emissionen und Bodenkohlenstoff schlechter abschneiden könnte als das PLE 2007–2014, da es hier zu einem Rückgang an Agrarumweltzahlungen kommt (Kirchner u. a., 2016). Generell ist eine Ausweitung an Agrarumweltzahlungen mit einer Verbesserung von Ökosystemdienstleistungen verbunden (Kirchner u. a., 2015; Schönhart u. a., 2011).

Ergänzende Maßnahmen für den NEKP

Aktuelle Modellszenarien zeigen, dass der Bereich Landwirtschaft in Österreich die **THG-Emissionen bis 2050 auf 2 Mio t CO₂eq gegenüber 7,3 Mio t CO₂eq im Jahr 2017 reduzieren muss**, um die Pariser-Ziele zu erreichen.

Dies entspricht einem Rückgang um 71 % (Schleicher und Steininger, 2017). Hier stellen wir nun kurz bestehende Maßnahmen und geplante Maßnahmen, wie sie im Entwurf-NEKP beschrieben wurden, vor. Ergänzend stellen wir dann noch weitere unterstützende Maßnahmen zur Erreichung der Pariser Klimaziele vor.

In der Landwirtschaft gibt es auf der Angebotsseite zwar eine Vielzahl an technischen Möglichkeiten, um die THG-Emissionen zu reduzieren, aber es wird auch eine strukturelle Änderung der Nachfrageseite benötigen, um einen substanziellen Beitrag für die Paris-Ziele zu leisten. Zentrale Maßnahmen / Handlungsfelder wurden bereits vielfach untersucht (Hörtenhuber u. a., 2010, 2011; Lindenthal u. a., 2010; Mäder u. a., 2002; Müller u. a., 2017; Niggli u. a., 2007, 2009; Sanders und Heß, 2019; Schlatter und Lindenthal, 2018; Winiwarer u. a., 2018; Wirz u. a., 2018): den Anteil der biologischen Landwirtschaft sowie Maßnahmen einer nachhaltigen konventionellen Landwirtschaft, z. B. über Präzisionslandwirtschaft, deutlich steigern, die Tierhaltung reduzieren/extensivieren, den Stickstoff-Mineraldüngereinsatz deutlich reduzieren, die Anwendung von Pflanzenkohle zur Kohlenstoffbindung im Boden ausbauen, österreichi-

sche/europäische Eiweißfuttermittel verstärkt anbauen und so die Futtermittelimporte aus Tropenwald- und Savannenländern stark reduzieren⁴⁹. Schließlich gilt es für die Klimawandelanpassung und Resilienz die Humusgehalte bzw. die Bodenfruchtbarkeit deutlich zu steigern, was zudem mittelfristig nicht unerhebliche C-Sequestrierung im Boden zur Folge hat (Hood-Nowotny u. a., 2018; Hülsbergen und Küstermann, 2008; Küstermann u. a., 2008; Schmidt u. a., 2019; Smith, 2016; Umweltbundesamt, 2017b; Umweltbundesamt[DE], 2015a; Wirz u. a., 2018). Alle diese Maßnahmen müssen eng in Verbindung stehen mit einem nachhaltigen und gesunden Ernährungsstil. Dies bedeutet eine deutliche Reduktion des Fleischkonsums sowie des vermeidbaren Lebensmittelabfalls (DGE, 2019; Freyer und Dorninger, 2008; Muller u. a., 2017; ÖGE, 2019; Rust u. a., 2017; Schlatzer und Lindenthal, 2018; Searchinger u. a., 2018; Willett u. a., 2019).

Eine Landwirtschaft in einer dekarbonisierten Gesellschaft verfügt daher über einen besonders hohen Anteil an Biolandwirtschaft, eine konventionelle Landwirtschaft, die mittels Präzisionsmethoden ressourcenschonend und emissionsarm produzieren kann, sowie eine Bevölkerung, die sich hauptsächlich pflanzlich, saisonal und regional ernährt. Aufgrund der Dekarbonisierung des Güterverkehrs besteht aber nach wie vor die Möglichkeit, Nahrungs- und Futtermittel (nachhaltig) zu handeln, womit Ernteausfälle zwischen Regionen ausgeglichen werden können⁵⁰. Die größte Herausforderung im Bereich Landwirtschaft wird darin bestehen, die vielen Zielvorgaben zu vereinen bzw. zu priorisieren (z. B. Klima-, Biodiversität- und Gewässerschutz; Ernährungssicherheit; Stärkung der regionalen Wirtschaft). Daher kommt der biologischen Landwirtschaft in Verbindung mit einem nachhaltigen Ernährungsstil (s. oben) und einer Förderung der regionalen Landwirtschaft besonders unter Berücksichtigung der saisonalen Verfügbarkeit (zur Minimierung unnötiger Heizungsenergie für Gewächshäuser) eine besondere Bedeutung zu (Muller u. a., 2017; Sanders und Heß, 2019; Wirz u. a., 2018). Mit dem Programm der ländlichen Entwicklung (PLE) und den darin enthaltenen Agrarumweltzahlungen (Österreichisches Programm für

umweltgerechte Landwirtschaft – ÖPUL) gibt es ein etabliertes Fördersystem in Österreich, um freiwillige Anreize für Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft zu setzen. ÖPUL enthält zurzeit einige Maßnahmen mit signifikantem THG-Reduktionspotenzial, z. B.: Biolandbau, Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel (v. a. Mineraldünger), Begrünung von Ackerflächen, Mulch- und Direktsaat, oder Beweidung. Unterstützend wirken auch Förderungen für Investitionen in die Mehrphasenfütterung in der Schweinehaltung, Abdeckung von Güllebehältern oder anaerobe Vergärung von Gülle.

Darüber hinaus gibt es aber noch eine Vielzahl an weiteren Klimaschutzmaßnahmen, die zur Erreichung der Klimaziele beitragen können, z. B.: kompletter Verzicht auf Sojafuttermittel aus nicht europäischen Ländern in allen Bereichen der Tierproduktion; starke Reduktion von Kraftfutter und Silomais in der Milchviehhaltung; Anbau von hofeigenen Futter- und Eiweißpflanzen; Präzisionslandwirtschaft (Optimierung von Stickstoffeffizienz, variable Mineraldüngerausgabe); Inhibitoren, die die Umsetzung von pflanzenverfügbarem Bodenstickstoff unterdrücken; Reduktion von Stickstoffverlusten durch Pflanzenkohle (Borchard u. a., 2019) sowie eine Umstellung des Wirtschaftsdüngersystems von Gülle auf Festmist (Idel und Beste, 2018; Stolze u. a., 2019; Winiwarter u. a., 2018; Winkler und Winiwarter, 2016). Aber auch neue Technologien wie Agrovoltaiik (Amaducci u. a., 2018; Xue, 2017) oder Algen als Beifütterung für Wiederkäuer (Nelson, 2018) rücken neuerdings verstärkt in den Fokus.

Umstellung GAP und österreichische Agrarpolitik

Laut Entwurf-NEKP soll die EU-Agrarpolitik grundsätzlich weitergeführt werden, jedoch wesentlich stärker an umwelt- und klimapolitische Rahmenbedingungen angepasst und sozial gestaffelt werden. Den Formulierungen ist jedoch nicht zu entnehmen, welche Position die österreichische Regierung bei der aktuellen Neuaushandlung der GAP, die 2021 in die neue Periode bis 2027 startet, vertreten wird. Es werden keine Angaben über konkrete Maßnahmen und Fördermengen angegeben. Auch wird die grundsätz-

⁴⁹ Der verstärkte Anbau von Eiweißfuttermitteln kann eine Erhöhung der österreichischen THG-Emissionen bewirken, jedoch werden globale THG-Emissionen gemindert.

⁵⁰ Auch bei Erreichung der Klimaziele kann es verstärkt zu Wetterextremen kommen (IPCC, 2018).

liche Ausrichtung der EU-Agrarpolitik als solche akzeptiert (BMNT, 2018a).

Um die Rahmenbedingungen für eine sozial und ökologisch verträgliche Landwirtschaft in Österreich und der EU zu fördern, stehen folgende Maßnahmen zur Verfügung:

- Stärkung der 2. Säule der GAP in Richtung Klimaschutz (z. B. Permakultur, Agrarökologie, Agroforst, biologische Landwirtschaft) (Idel und Beste, 2018).
- Stärkung der 2. Säule der GAP in Richtung Regionalisierung der Landwirtschaft (z. B. Förderung Foodcoops, Hofgemeinschaften, Solidarische Landwirtschaft und Urban Gardening) (Albrecht und Engel, 2009).
- Umwidmung der 1. Säule der GAP zur Förderung von Arbeitsplätzen anstatt von Flächen (Schriefl, 2017).

Die Umstellung der **europäischen Handelspolitik** wirkt unterstützend auf eine Umstellung der Landwirtschaft. Wie Studien gezeigt haben, führen schädliche Freihandelspraktiken zu mehr THG-Emissionen und Abholzung von Tropenwäldern wie dem Amazonas (z. B. Schmitz u. a., 2012). Neben dem Abbau schädlicher Freihandelspraktiken bewirken Förderungen einer kleinstrukturierten und regionalen Landwirtschaft eine Verkürzung der Transportwege für Güter und stärken die regionale Wertschöpfung.

Biologische/Ökologische Landwirtschaft

2018 haben 20 % aller landwirtschaftlichen Betriebe in Österreich nach biologischen Kriterien gearbeitet. 24 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ist biologisch bewirtschaftet. Österreich ist damit beim nationalen Anteil der biologischen Flächen an der landwirtschaftlichen Fläche auf Platz 1 in der Europäischen Union (BMNT, 2018f). Zu dieser Spitzenposition haben die Förderungen des ÖPUL-Programms einen wichtigen Beitrag geleistet.

Im Entwurf-NEKP fehlen jedoch ambitionierte Ziele zur Ausweitung des Anteils biologischer Landwirtschaft. Aufgrund des erhöhten Flächenbedarfs sind jedoch auch andere Umstellungen erforderlich

(Brückler u. a., 2018; Searchinger u. a., 2018), wie z. B. starke Reduktion des Konsums tierischer Produkte (um 33–50%, insbesondere auch aus gesundheitlichen Gründen) sowie ebenfalls 50%ige Reduzierung von Lebensmittelabfällen (siehe Kapitel 5.5.4 – Ernährung). Unter solchen gewissen Voraussetzungen könnte die globale Bevölkerung aus biologischer Landwirtschaft ausreichend versorgt werden (Erb u. a., 2016; Muller u. a., 2017).

Wissenschaftler des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL) haben eine **Umstellung der österreichischen Landwirtschaftsfläche auf 100 % Bio** mit Modellszenarien simuliert (Schlatzer und Lindenthal, 2018). Dafür wurde die produzierte Energiemenge in der Landwirtschaft dem Kilokalorienbedarf der österreichischen Bevölkerung gegenübergestellt. Es hat sich gezeigt, dass ein kompletter Umstieg auf flächendeckende biologische Landwirtschaft zusammen mit **einer Reduktion des Fleischkonsums um nur 10 % (siehe Ernährung) und einer Reduktion der Lebensmittelabfälle (siehe Lebensmittelabfälle) um 25 %** den Nahrungsmittelbedarf der gegenwärtigen österreichischen Bevölkerung decken könnte (Schlatzer und Lindenthal, 2018). Eine Studie von Freyer und Dorninger (2008) zeigt zudem auf, dass eine Umstellung auf 100 % Bio ca. 1,0 bis 3,1 Mt CO₂eq pro Jahr einsparen könnte (ca. 14–42 % der landwirtschaftlichen THG-Emissionen im Jahr 2017)⁵¹. Werden dabei auch die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung berücksichtigt, können v. a. durch die Reduktion des Fleischkonsums um 60 % nochmals 1,7 Mt CO₂eq pro Jahr eingespart werden.

Ergänzende Maßnahmen, die den Ausbau der biologischen Landwirtschaft und somit die Reduktion von THG unterstützen, sind folgende:

- Konkretes Ziel des Ausbaus der biologischen Landwirtschaft bis 2030, z. B. 40% der Betriebe und landwirtschaftlichen Nutzfläche.
- Konkretes Ziel der Erhöhung des Anteils biologischer Landwirtschaft an öffentlicher Beschaffung, z. B. in Dänemark 60 % (Stollenwerk, 2017).
- Finanzielle Ausweitung der funktionierenden Maßnahmen des ÖPUL (Kirchner u. a., 2015).

⁵¹ Der Unterschied geht auf unterschiedliche Berücksichtigungen in der Lebenszyklusanalyse zurück.

- Erhöhung der Gelder für biologische Landwirtschaft innerhalb der GAP.
- Förderungen für alternative Anbaumethoden wie Permakultur und Agroforstwirtschaft. Auch hier gilt, dass konkrete Zielangaben und Fördermengen auszuweisen wären (Idel und Beste, 2018).

Tierhaltung

Der Bereich der Tierhaltung ist zentral für die Reduktion der THG in der Landwirtschaft. THG-Quellen sind zum einen die Methan-Emissionen der Wiederkäuer. Zum anderen ist die inländische Produktion und der Import von Futtermitteln wie z. B. Soja aus Südamerika flächen- und CO₂-intensiv und sorgt auch für soziale und ökologische Zerstörungen von sensiblen Ökosystemen (Tropenwälder und Savannenland) in anderen Teilen der Welt. Nicht zuletzt verursachen auch die Ausscheidungen der Tiere THG.

Der Entwurf-NEKP weist auf einige bestehende Regelungen im Bereich der Tierhaltung in Österreich hin. Dazu zählen vor allem die ÖPUL-Maßnahmen zum Schutz bereits existierender Grünlandböden und extensiver Grünlandflächen. Die GAP sowie auch ÖPUL fördern den Erhalt von Wiesen und Weiden. Auch wird im Zuge des ÖPUL die Weidehaltung von Tieren gefördert. Der Entwurf-NEKP schlägt eine Ausweitung der Weidehaltung vor. Zusätzlich sollen qualitative und regionale Futtermittel gestärkt werden (BMNT, 2018a). Dies müsste vor allem mit Förderungen für die Reduktion des Tierbestandes im Bereich der Schweine-, Geflügel- und Rindermast ergänzt werden.

Es gibt bereits einige Maßnahmen und Förderungen für emissionsminderndes Stallmanagement sowie im baulichen Bereich, die im Zuge des ÖPUL gefördert werden. Unterstützend wirken auf der Produktionsseite zusätzliche Anstrengungen, damit Methan- und Lachgasemissionen reduziert werden. Hierzu zählen vor allem **eine Umstellung der Landwirtschaft hin zu qualitativer Tierhaltung mit geringeren Viehzahlen / Tierbestand im Bereich Schweine-, Geflügel- und Rindermast und die Ausweitung der Weidehaltung.**

Die Verwendung von Biogasanlagen zur Umsetzung von Gülle (in Kombination mit dem Einsatz von organischen Abfällen) ermöglicht aufgrund der damit einhergehenden Biogasproduktion eine kosteneffiziente Minderung der Methanemissionen aus Gülle (Höglund-Isaksson, 2012).

Eine weitere hilfreiche Maßnahme zur Reduktion von THG aus der Viehhaltung sieht das UBA in der **Erhöhung des Weideanteils bei Rindern um 100 % bis 2050** (Umweltbundesamt, 2017a). In einer Studie zur Landwirtschaft in Alpenländern, wurde mittels Modellszenarien ein **kompletter Verzicht auf Kraftfutter und Silomais für Wiederkäuer**⁵² simuliert. Für Österreich würde eine solche Umstellung eine Reduktion der Ammoniakemissionen um 11 %, der Stickstoffüberschüsse um 22 % und der Gesamtreibhausgasemissionen um 11 % jährlich bedeuten (Stolze u. a., 2019).

Zusätzlich sind **Förderungen zum Anbau von hofeigenen Futter- und Eiweißpflanzen** (Idel und Beste, 2018) **bzw. die Förderung nationalen Eiweißfutterbaus** geeignet, um den Import von Kraftfutter aus z. B. Südamerika weniger attraktiv zu machen.

Eine weitere Innovation im Bereich der Tierfütterung stellt der **Anbau von Algen zur Fütterung von Tieren** dar. Bis jetzt gibt es nur erste Experimente und erste Forschungen dazu. Jedoch zeigt sich, dass die Zugabe von Algen zum Futter für Rinder ein Enzym, welches für die Produktion von Methan verantwortlich ist, neutralisiert und damit den Methanausstoß bei Rindern deutlich senkt (Nelson, 2018).

Nicht zuletzt unterstützen auch ordnungspolitische Maßnahmen wie **strengere Standards für die Nutztierhaltung** (APCC, 2018) die Anstrengungen zur Reduktion der THG in der Landwirtschaft. Durch die steigenden Standards ist mit einem Preisanstieg für tierische Produkte zu rechnen, der gleichzeitig zu einem Rückgang des Fleischkonsums führt (APCC, 2018). In Kombination mit Tierzucht auf Optimierung der Tiergesundheit statt ausschließlich auf Milchleistung ist es überdies möglich, die Zahl der Laktationsperioden von Milchkühen zu erhöhen, was ihre Lebensleistung verbessert und die Anzahl der erforderlichen unproduktiven Tiere vermindert und somit zur Reduktion von Fütterungserfordernis

52 Das Szenario geht davon aus, dass die dadurch frei werdenden Flächen zu 85 % durch den Anbau von pflanzlichen Lebensmitteln und zu 15 % aus Klee gras ersetzt werden (Stolze u. a., 2019).

und auch der Emissionen (bezogen auf das Produkt Milch) führt (Höglund-Isaksson, 2012).

Hier sind die soeben beschriebenen ergänzenden Maßnahmen im Bereich Tierhaltung kurz beschrieben:

- Eine ergänzende Maßnahme zum Entwurf-NEKP und in Richtung einer klimafreundlichen Tierhaltung wäre eine Koppelung von Tieren an Futterflächen. Konkret könnte durch ordnungspolitische Maßnahmen die maximale Anzahl an Großvieheinheiten pro Hektar Futterfläche längerfristig auf unter 1,5 GVE/ha begrenzt werden (BMU, 2016; Idel und Beste, 2018).
- Verzicht auf Kraftfutter (und Silomais) in der Milchviehhaltung (Stolze u. a., 2019).
- Förderungen zum Anbau von hofeigenen / einheimischen Futter- und Eiweißpflanzen (Idel und Beste, 2018).
- Förderung der Reduktion des Tierbestandes.
- Strengere Standards für die Nutztierhaltung (APCC, 2018).
- Förderung der Forschung zum Anbau und Fütterung durch Algen (Nelson, 2018).

Bodenschutz (N₂O-Reduktion, Reduktion Pflanzenschutzmittel)

Lachgas wird vom Menschen vor allem durch landwirtschaftliche Tätigkeit, dabei vor allem durch den **Einsatz von Mineraldüngereinsatz** emittiert. Die Reduktion von Lachgasemissionen stellt ein wichtiges Handlungsfeld für die Reduktion der THG im Landwirtschaftssektor dar.

Wie im Entwurf-NEKP angegeben gibt es in Österreich schon einige Programme zum Schutz des Bodens und der Reduktion des Mineraldüngereinsatzes. Dazu zählen zum einen alle Maßnahmen des ÖPUL hinsichtlich der Ausweitung der biologischen Landwirtschaft (siehe biologische Landwirtschaft), die Programme zur „**EEB**“ (**Einschränkung ertragssteigernder Betriebsmittel**), zum „**vorbeugenden Gewässerschutz**“ und „**Naturschutz**“ sowie die Förderung

des Anbaus stickstoffbindender Pflanzen wie z. B. **Leguminosen**. Daneben gibt es auch Förderungen zum Anbau von **Zwischenfrüchten und Feldfutter**, sowie ÖPUL-Begrünungsmaßnahmen und Förderung von Mulch- und Direktsaat (BMNT, 2018a). Ebenfalls gibt es in Österreich auf Grundlage einer europäischen Richtlinie, das sogenannte **Nitrat-Aktionsprogramm**. Dort werden verpflichtend einzuhaltende Beschränkungen und Höchstwerte für die Ausbringung von Düngemitteln festgelegt. Seit 25 Jahren gibt es auch einen „**Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz**“, der Empfehlungen im Bereich Düngen für Landwirte und Landwirtinnen verfasst. Als geplante Maßnahmen zur weiteren Reduktion des Düngemiteleinsatzes verweist der Entwurf-NEKP auf **emissionsminderndes Stallmanagement und bauliche Maßnahmen**. Außerdem wird auf technologische Effizienzmaßnahmen gesetzt, welche ein verlustarmes Düngemanagement sichern (BMNT, 2018a) und das Reduktionspotenzial von Pflanzenkohle für N₂O-Emissionen aus dem Boden (Borchard u. a., 2019; Kammann u. a., 2017) nutzen sollen.

Aus wissenschaftlichen Studien können Empfehlungen und unterstützende Maßnahmen für die Reduktion von Lachgas entnommen werden. Im Transition-Szenario Transition des Umweltbundesamtes (UBA), welches einen Pfad modelliert, damit Österreich eine Reduktion von 80 % der THG im Jahr 2050 erreicht⁵³, ist **eine Reduktion des Mineraldüngereinsatzes um die Hälfte bis 2050 als notwendig angegeben** (Umweltbundesamt, 2017a). Eine unterstützende Maßnahme dahingehend ist eine **verpflichtende Abgabe auf Düngemittel** (siehe 5.1.2 Sozial-ökologische Steuerreform).

Winiwarter u. a. (2018) listen zudem eine Anzahl an technischen Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft auf, die N₂O-Emissionen reduzieren. Dazu gehören:

- Variable rate technology (VRT) / **Variable Mineraldüngerausgabe** (19–24 % N₂O-Einsparungspotenzial).
- Optimierung von Stickstoffeffizienz durch **Precision Farming** (36–40 % N₂O-Einsparungspotenzial).
- **Inhibitoren**, die die Aktivität der Bodenmikroorganismen unterdrücken (34–38 % N₂O-Einspa-

⁵³ Und damit unter dem Paris-Ziel von 100 % Reduktion im Jahr 2050 liegt.

zungspotenzial auf Ackerflächen; auf Rinderweiden ca. 24 %).

- Umstellung von Gülle auf **Festmistsystem** (ca. 50 % N₂O-Einsparungspotenzial).
- **Verzicht auf landwirtschaftliche Nutzung von Torfböden** (ca. 92 % N₂O-Einsparungspotenzial).

Trotz teils beträchtlicher Einsparungspotenziale würde die Umsetzung dieser Maßnahmen auf globaler Ebene gerade einmal ausreichen, um den Anstieg an N₂O-Emissionen durch Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum und der damit steigenden Nachfrage für landwirtschaftliche Güter fast auszugleichen. Nur mit einer Erhöhung der Effizienz und v. a. einer **strukturellen Änderung in der menschlichen Ernährung** (weniger Fleisch) sowie einer **Reduzierung von Lebensmittelabfällen** könnten die N₂O-Emissionen signifikant gesenkt werden (Oenema u. a., 2013; Winwarter u. a., 2018).

Ein weiteres Maßnahmenbündel in Bezug auf die Reduktion der Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft findet sich in der Publikation des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2017a). Als erfolgsversprechende Maßnahmen werden folgende betrachtet:

- Das Einrichten von Wirtschaftsbörsen zur Förderung der Nutzung von regionalem Wirtschaftsdünger.
- Die **Abdeckung von Lagerstätten von Gülle**. Bis zum Jahr 2030 sollen 80 % der Güllebehälter im Rinderbereich mit Abdeckungen verschlossen werden. Bis zum Jahr 2050 soll diese Quote auf 95 % steigen.
- Um die Methanemissionen aus der Tierhaltung zu reduzieren, sehen ForscherInnen großes Potenzial in der Forcierung der **anaeroben Vergärung von Gülle** und der Nutzung des entstehenden **Biogases in Biogasanlagen** sowie der Verwendung anfallender **Gärungsrückstände als Ersatz für Mineraldünger**. Neben Gülle könnten dabei auch Essensabfälle, Schmutzwasser der Papierindustrie und Haushalten sowie organische Chemikalien vergärt werden. ForscherInnen gehen davon aus, dass dies global gesehen bis zu 9 % des Energiepotenzials bzw. 64 EJ pro Jahr liefern (Gomez Sanabria u. a., 2018; Höglund-Isaksson, 2012).

Neben den Maßnahmen zur Reduktion der Lachgasemissionen im Landwirtschaftssektor gilt es noch die **Reduktion von synthetischen Pflanzenschutzmitteln** zu betonen. Herstellung, Verpackung und Transport von Pflanzenschutzmitteln sind zum einen CO₂-intensiv (FAO, 2017). Zum anderen haben Pflanzenschutzmittel negative Effekte auf den Humusaufbau und hemmen damit die CO₂-Absorptionskapazität von Böden. Jedoch müssen auch Ertragsausfälle mit beachtet werden (Möckel u. a., 2015). Eine Reduktion von Pflanzenschutzmitteln hat somit nicht nur positive Auswirkungen auf die Biodiversität, sondern fördert indirekt auch das Binden von Kohlenstoff in Böden. Bestehende Maßnahmen zum Ausbau von biologischer Landwirtschaft (siehe biologische Landwirtschaft) sind wichtige Schritte. Ergänzende Maßnahmen zur Reduktion von Pflanzenschutzmitteln sind zusätzlich hilfreich, z. B. eine **Abgabe auf Pflanzenschutzmittel und ein Grundabgabesatz von 20 EUR** für die maximal zulässige Aufwandsmenge je Pflanzenschutzmittel pro Hektar und Jahr (Hektarbasispreis) (Möckel u. a., 2015).

5.5.4 Ernährung

Im Entwurf-NEKP finden sich **keine Aussagen über Anstrengungen zur Umstellung der Ernährung** in Österreich. Die Politik kann jedoch die Produktion und den Konsum von Nahrungsmitteln steuern. Durch einen Mix aus Instrumenten ist es möglich, angebotsseitige

und nachfrageseitige Effekte zu erzielen (siehe **Tabelle 19** für eine erste Übersicht). Neben den klimafreundlichen Auswirkungen einer Umstellung der Ernährung in Österreich werden so auch gesundheitliche Kosten einer Fehlernährung reduziert und die Lebensqualität der ÖsterreicherInnen erhöht.

Tab. 19: Übersicht von Maßnahmen für Ernährungsumstellung.

Kategorie ¹	Maßnahme	Art	THG-Einsparung (kt CO ₂ eq)	Kommentar
ST, OP, BI	Reduktion der Produktion und des Konsums von tierischen Produkten	Ergänzend		
FP, ST, OP, BI	Anpassung Diät (weniger Fleischkonsum)	Ergänzend	ca. 1.700	Quelle: Freyer und Dorninger (2008)
FP, BI	Förderung gesunder und klimafreundlicher Ernährung	Ergänzend		
ST	Steuer auf klimaschädliche Produkte bzw. Subvention klimafreundlicher Produkte	Ergänzend		

¹ FP = Förderungspolitik; ST = Steuerlich; OP = Ordnungspolitik; BI = Beratung und Information.

Im Kampf gegen den Klimawandel ist sich die Wissenschaft so gut wie einig, dass eine **Umstellung der Ernährung hin zu weniger tierischen Produkten** und hin zu mehr qualitativen pflanzlichen Lebensmitteln die THG-Emissionen im Bereich Landwirtschaft drastisch senkt und Kosten einer ungesunden Ernährung reduziert (Erb u. a., 2016; IPCC, 2019; Muller u. a., 2017; Schlatzer, 2011; Schlatzer und Lindenthal, 2018; Veigl, 2017).

Der übermäßige Konsum von Fleisch in Ländern wie z. B. Österreich hat schädliche Konsequenzen für Mensch und Umwelt (Schlatzer, 2011). Zur Herstellung von mehr sozialer und ökologischer Gerechtigkeit ist ein Umstieg auf eine gesündere und klimafreundlichere Ernährung zielführend. Die Studie von Zessner u. a. (2011)⁵⁴ zeigt, dass eine Umstellung der Ernährung der österreichischen Bevölkerung nach einem Ernährungsplan, wie er von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE)⁵⁵ vorgegeben wird, die benötigte Fläche für die Nahrungsmittelproduktion der österreichischen Bevölkerung um 30 % senkt. Eine solche Ernährungsumstellung beinhaltet un-

ter anderem eine **Reduktion des Fleischkonsums um 60 %**, d. h. von 56,8 kg auf 23,4 kg pro Erwachsenen pro Jahr. Dies entspricht einem wöchentlichen Fleischkonsum von 300–600 g (Zessner u. a., 2011). Eine solche Umstellung (siehe Appendix für genauen Diätplan) führt dazu, dass Österreich in der Lage ist, mit der vorhandenen inländischen landwirtschaftlichen Fläche die Ernährung für die Bevölkerung sicherzustellen (Stichwort Ernährungssicherheit) und gleichzeitig Grünlandflächen auszuweiten, die für energetische und stoffliche Nutzung zur Verfügung stehen. Ein Modellszenario geht davon aus, dass durch die Umstellung auf eine Ernährungsweise, wie sie von Zessner u. a. (2011) angenommen wird, es zu **56 % weniger THG im Jahr 2050 gegenüber 2005 im Sektor Landwirtschaft in Österreich kommt** (Veigl, 2017)⁵⁶. Ähnliche Ergebnisse liefert die meetPass-Studie des Sustainable Europe Research Institute (SERI). Damit das Pariser Klimaziel erreicht wird, ist eine Reduktion des Fleischkonsums von min. –50 % und eine Reduktion der Lebensmittelabfälle um –10 % nötig (Frank-Stocker, 2019).

⁵⁴ Siehe Appendix **Tabelle 5**.

⁵⁵ Dieser ist dem der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung sehr ähnlich und gibt zusätzlich noch konkrete Mengeneempfehlungen ab.

⁵⁶ Das Szenario geht des Weiteren davon aus, dass die Reduktion des Fleischkonsums mit einer Reduktion der Lebensmittelverschwendung und einer Ausweitung der biologischen Landwirtschaft auf 50 % der landwirtschaftlichen Fläche kombiniert wird (Veigl, 2017).

Unterstützend für eine Ernährungsumstellung wirken Förderungen zum **Anbau von pflanzlich hochwertigen Produkten** und gleichzeitig **höhere ökologische Standards für die Tierhaltung**. Des Weiteren sind Maßnahmen förderlich, welche die Nachfrage und den Konsum von tierischen Produkten reduzieren und jene nach Obst und Gemüse erhöhen. Ein wichtiger Synergieeffekt der Umstellung der Ernährung ist, dass durch die Reduktion des Anbaus von Futtermitteln für Tiere **Flächen für die flächenintensivere biologische Landwirtschaft sowie Zwecke der Bioökonomie frei werden**. Diese positiven Nebeneffekte erhöhen das Potenzial der TGH-Einsparungen einer Ernährungswende noch einmal mehr (Erb u. a., 2016; Muller u. a., 2017). Hier werden nun ergänzende Maßnahmen vorgestellt, die dazu beitragen, eine Umstellung der Ernährung zu forcieren.

Produktion

Um eine Ernährungsumstellung zu unterstützen gibt es produktionsseitig folgende Maßnahmenoptionen:

- **Eine Besteuerung tierischer Produkte (auf europäischer Ebene)** unterstützt eine Lenkung der Produktion und des Konsums von tierischen bzw. klimaschädlichen Produkten. Eine als wirksam eingestufte Steuer würde **zwischen 60–120 EUR/t CO₂eq** betragen. Es wird erwartet, dass eine solche Steuer die THG des Sektors Landwirtschaft um 7–14 % reduzieren könnte (APCC, 2018).
- Auf der Produktionsseite sind es vor allem **höhere Standards für die Nutztierhaltung**, die eine Verteuerung tierischer Produkte und somit einen Rückgang des Konsums unterstützen. Der Fokus auf die Haltung der Nutztiere schützt dabei auch das Wohl der Tiere. Als ergänzende Ausgleichsmaßnahme kann die Teuerung durch eine Förderung von Gemüse und Obst ausgeglichen werden (APCC, 2018).
- Nicht zuletzt spielt eine **geänderte Kennzeichnungspflicht für Lebensmittel** eine wichtige Rolle. Anstatt einer unüberschaubaren Anzahl von Zertifikaten für ökologische und soziale verträgliche Produkte könnte ein einzelnes Siegel für ungesun-

de und klimaschädliche Produkte bessere Information bereitstellen (APCC, 2018).

- Ein **Werbeverbot für klimaschädliche Produkte** (APCC, 2018).
- **Förderung von pflanzlichen Lebensmitteln** (siehe biologische Landwirtschaft).
- Förderung der Erforschung der Proteingewinnung aus Insekten für die Ernährung von Tieren und Menschen. Insekten haben dabei das Potenzial, Biomüll in für den Menschen wertvolle Proteine zu verwandeln (van Huis, 2013).

Konsum

Folgende ergänzende Maßnahmen unterstützen die Umstellung der Ernährung über die Nachfrageseite:

- **Informationskampagnen** zur Änderung der Ernährungsmuster, z. B. eine bundesweite Informationskampagne, welche über die gesundheitlichen und klimatischen Risiken von zu hohem Konsum tierischer Produkte aufklärt (APCC, 2018).
- Die Umstellung auf gesunde sowie klimafreundliche Lebensmittel und Ernährungspläne in **staatlichen Einrichtungen** wie Schulen, Kindergärten, Kasernen, Kantinen, Krankenhäusern und Altersheimen, aber auch in der Gastronomie (Stögler u. a., 2013). Der Ernährungsplan orientiert sich an der Studie von Zessner u. a. (2011), die auf den Mengen und Qualitätsempfehlungen der DGE beruht. Alle Lebensmittel sollen, wenn möglich, aus der Region kommen und soziale und ökologische Standards einhalten. Es werden Monitoring Maßnahmen gesetzt, die eine Einhaltung des Ernährungsplans überprüfen.

5.5.5 Lebensmittelverschwendung

In Österreich fallen rund 577.000 t vermeidbare Lebensmittelabfälle entlang der Wertschöpfungskette an, exklusive Landwirtschaft und Großhandel (keine Daten). Private Haushalte sind für 36 % verantwortlich, Außer-Haus-Verpflegung für 30 %, Produktion für 15 %, Handel für 13 % und Retourware für 6 % (Hietler und Pladerer, 2017). Österreich bekennt sich dazu, die **Lebensmittelabfälle bis zum Jahr 2030 um 50 % zu reduzieren**, das ergibt nach aktuellem Wis-

sensstand **288.500 t pro Jahr** (Hietler und Pladerer, 2017).

Der Entwurf-NEKP weist darauf hin, dass die Reduktion von Lebensmittelabfällen in allen Schritten der Wertschöpfungsketten zu Emissionsvermeidung und Energieeinsparung führen kann. Vorgeschlagen werden Kooperationen, Initiativen und Aufklärung von Konsumenten. Dabei wird auf die bestehende Initiative „**Lebensmittel sind kostbar**“ (BMNT, 2018g) verwiesen. Als geplante Maßnahmen werden die verstärkte Weitergabe von genusstauglichen Lebensmitteln aus Produktion oder Handel an soziale Einrichtungen, sowie

die Optimierung und Förderung von Forschung zur Optimierung von Verarbeitung und Produktionsprozessen genannt (BMNT, 2018a).

Die Initiative „Lebensmittel sind kostbar“ ist ein Schritt in die richtige Richtung. Österreich bekennt sich darin zum Ziel, die **Lebensmittelabfälle beim Konsum und Handel um 50 % bis 2030 zu reduzieren** (BMNT, 2018g). Allerdings ist diese Initiative rein freiwillig und selbst bei Teilnahme drohen **keine relevanten Sanktionen**. Hier werden nun ergänzende Maßnahmen, die eine Reduktion der Lebensmittelabfälle unterstützen, vorgestellt (siehe **Tabelle 20**):

Tab. 20: Übersicht von Maßnahmen gegen Lebensmittelverschwendung.

Kategorie ¹	Maßnahme	Art	THG-Einsparung (in kt CO ₂ eq)	Kommentar
BI	Lebensmittel sind kostbar	Bestehend		Nur freiwillig, wenig ambitioniert
FP, OP, BI	Lebensmittelverschwendung entlang der gesamten Wertschöpfungskette reduzieren	Ergänzend		
FP, OP, BI	Reduktion der Lebensmittelverschwendung um 50 % entlang der gesamten Wertschöpfungskette	Geplant / Ergänzend	Laut einer globalen Studie Reduktion der Emissionen um ca. 5 % möglich	Quelle: Springmann u. a. (2018)

¹FP = Förderungspolitisch; ST = Steuerlich; OP = Ordnungspolitisch; BI = Beratung und Information.

Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion

- Schaffung von Absatzmärkten und Vertriebsschienen für Waren, die einwandfrei genießbar sind, aber nicht der Norm entsprechen.
- Aufklärungsmaßnahmen über Mindesthaltbarkeitsdatum zur Forcierung der Weitergabe von Lebensmitteln (Hietler und Pladerer, 2017).
- Gleaning (Nachernte) von nicht geernteten Lebensmitteln forcieren.
- Förderung zur Erhebung von Daten.
- Förderung der Forschung über Gründe für Lebensmittelverschwendung und Quantifizierung von Abfällen. Bisher gibt es nur eine schwache Datenlage (Hietler und Pladerer, 2017).

Handel

- Lebensmittelspenden belohnen, indem die Müllentsorgungsgebühr verhältnismäßig reduziert wird (seit 2016 Gesetz in Belgien) (Hietler und Pladerer, 2017). Könnte auf kommunaler Ebene umgesetzt werden.
- Steuerliche Begünstigungen für die Spende von Lebensmitteln. Z. B. in Belgien und Deutschland muss keine Umsatzsteuer für gespendete Produkte entrichtet werden (Hietler und Pladerer, 2017).
- Verpflichtung von Supermärkten, genießbare Lebensmittel an soziale Einrichtungen zu spenden und Verträge abzuschließen. Bei Nichteinhaltung drohen Strafen (seit 2016 Gesetz in Frankreich) (Hietler und Pladerer, 2017).

- Weiterverarbeitung bzw. Verfütterung von organischen Nebenprodukten oder Lebensmittelabfällen forcieren.
- Freiwillige Vereinbarungen brauchen verbindliche Ziele, die innerhalb einer definierten Zeit evaluiert und kontrolliert werden. Sanktionen können sein, dass Unternehmen ausgeschlossen werden.

Rahmenbedingungen

- Klare Zuständigkeiten schaffen. Eine zentrale Koordinierungsstelle im BMNT schaffen (Hietler und Pladerer, 2017).
- Nationale Strategie zur Erreichung der Halbierung der Lebensmittelabfälle bis 2030. Verbindliche Maßnahmenpakete, Zeitpläne und Reduktionsziele für alle Akteure der Wertschöpfungskette.
- Abfallvermeidungsgesetz novellieren und das Abfallwirtschaftskonzept für Lebensmittelunternehmen auf Maßnahmen zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen konzipieren. Abfallvermeidungsmaßnahmen für Lebensmittel gesetzlich festlegen (Hietler und Pladerer, 2017). Z. B. Veranstaltungen müssen Aspekte der Lebensmittelabfallvermeidung berücksichtigen (Hietler und Pladerer, 2017).
- Regelmäßige Datenerhebungen durchführen. Vor allem eine Datenerhebung in der Landwirtschaft und im Lebensmittelgroßhandel durchführen (Hietler und Pladerer, 2017).
- Klärung der Haftung bei Lebensmittelweitergabe, indem Produkthaftung und Verantwortlichkeiten geklärt werden. Als Vorbild kann „Good Samaritan Food Donation Law“ (Italien, USA) gelten. Dies sieht vor, dass der Letztverbraucher haftet und somit die Weitergabe von Lebensmitteln erleichtert wird.
- Erarbeitung einer Liste von Lebensmitteln, die kein Mindesthaltbarkeitsdatum benötigen (auf europäischer Ebene) (Hietler und Pladerer, 2017).

- Bewusstseinsbildungsinitiative zu
 - MHD und Verbrauchsdatum,
 - Bewusstsein für Lebensmittel und Ernährung an Schulen,
 - Europäisches Jahr gegen Lebensmittelverschwendung.
- Förderung von freiwilligen Vereinbarungen wie dem Mailänder Abkommen zu städtischer Ernährungspolitik.

5.5.6 Forstwirtschaft

Der Wald in Österreich umfasst eine Fläche von vier Mio. Hektar und somit 47,6 % der Fläche Österreichs (BMNT, 2019c). Im Jahr 2010 haben österreichische Wälder insgesamt 2.500 Mt CO₂eq gespeichert (Braun u. a., 2016). Wälder sind somit ein wichtiger **Kohlenstoffspeicher**. Daneben ist der stoffliche und energetische Einsatz von Holz eine vielversprechende **Substitutionsmöglichkeit** zu energieintensiven Bauträgern wie z. B. Beton und fossilen Energieträgern.

Im Bereich der Forstwirtschaft stellt der Entwurf-NEKP vor allem Maßnahmen zur Anpassung der Forstwirtschaft an den Klimawandel in den Vordergrund. Dabei betont der Entwurf-NEKP, dass die **Holzernte kontinuierlich gesteigert** werden soll und Rahmenbedingungen gesetzt werden, die eine stoffliche und energetische Nutzung von Holz fördern sollen. Gleichzeitig will die österreichische Regierung den **Kohlenstoffpool des Waldbodens** erhalten und Biomasse durch nachhaltige Waldbewirtschaftung und durch Steigerung des Holzzuwachses mit dem Ziel der **Kohlenstoffspeicherung** stärken. Als drittes Ziel wird die **Sicherung der Waldressource** angepeilt. Dabei sollen bestehende Förderungen im Zuge der „Forstförderung“ im Programm für die Entwicklung des ländlichen Raums 2014-2020 (LE 14-20) fortgesetzt werden. Für die Förderperiode von 2014-2020 standen dabei insgesamt 280 Mio. EUR zur Verfügung (BMNT, 2017a). Forstförderungen mit explizitem Klimaschutzbezug (M15 – Waldumwelt- und Klimadienleistungen und Erhaltung der Wälder; M08 – Investitionen in die Entwicklung von Waldgebieten und Verbesserung der Lebensfähigkeit von Wäldern)

sind mit ungefähr 81 Mio. EUR für 2014–2020 dotiert (ca. 12 Mio. EUR pro Jahr).

Im Entwurf-NEKP **fehlen konkrete Zielvorgaben** und ein **zeitlicher Rahmen** für geplante Maßnahmen. Eine zentrale Frage, die unbeantwortet bleibt, ist, wie sich eine Steigerung der Holzernte für materielle und energetische Nutzung, mit Biodiversität, Kohlenstoffspeicherung und Anpassung verträgt.

In einer Studie von Braun u. a. (2016) wurden, basierend auf der Kombination von mehreren Modellen (FOHOW2, YASSO, CALDIS, GEMIS), Szenarien für die Forstwirtschaft in Österreich erstellt. **Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Forstwirtschaft in Österreich zwischen 3,5 t CO₂eq/ha – 5,4 t CO₂eq/ha pro Jahr reduzieren könnte.** Die Substitution von herkömmlichen Einsatzmitteln in der energetischen und stofflichen Nutzung durch Holz kann zu einer jährlichen Reduktion der THG von 10.500 kt CO₂eq bis zu 14.500 kt CO₂eq führen. Die Nutzung von langlebigem Holz, insbesondere im Gebäudesektor, wird besonders gefördert. Das Szenario mit den größten THG-Reduk-

tionen geht davon aus, dass die Nutzung von Holz als Material für verschiedenste Produkte gefördert wird, während die Förderung für die direkte energetische Nutzung von Holz und der Import von Holz reduziert wird (Braun u. a., 2016). Die Modellberechnungen gehen davon aus, dass durch die Speicherung von CO₂ und energetische und materielle Substitution mit Holzprodukten **bis 2100 insgesamt 1.500 Mt CO₂eq eingespart werden könnten**, das entspricht dem 20-fachen der TGH-Emissionen Österreichs im Jahr 2016 (Braun u. a., 2016).

Für die Forstwirtschaft gilt somit, dass unterstützende Maßnahmen aus einem **guten Mix an ergänzenden Maßnahmen** bestehen. Dabei gilt es die teils in Konflikt stehenden Ziele der energetischen und stofflichen Nutzung auf der einen und den Erhalt bzw. Ausbau des Waldes auf der anderen Seite konstruktiv zu bearbeiten. Laut Braun u. a. (2016) ist **ein Pfad zu wählen, der den Waldbestand erhält und gleichzeitig die Substitution von herkömmlichen Energieträgern und Baumaterialien durch Holz fördert.**

Tab. 21: Übersicht von Maßnahmen in der Forstwirtschaft.

Kategorie ¹	Maßnahme	Art	Förderung (Mio. EUR)	THG-Einsparung (in kt CO ₂ eq)	Kommentar
FP	PLE 2014–2020 – Investitionen in Wälder (M08) ²	Bestehend	11,46	k. A.	
	PLE 2014–2020 – Waldumwelt- und Klimadienleistungen (M15) ²	Bestehend	0,10	k. A.	
BI	Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz	Bestehend		k. A.	
OP	Nitrat-Aktionsprogramm	Bestehend		k. A.	
FP	Steigerung der Holzernte (inkl. kaskadischer Nutzung als Baumaterial oder für Holzprodukte)	Geplant / Ergänzend		3,5–5,4 t CO ₂ eq pro Hektar und Jahr	Konkrete Ziele und Fahrpläne fehlen im Entwurf-NEKP
FP	Erhaltung des Kohlenstoffpools Waldboden	Geplant / Ergänzend			
FP	Sicherung der Waldressource	Geplant / Ergänzend			
FP, OP	Erhöhung der Speicherkapazitäten von Wäldern	Ergänzend			
FP, OP	Diversifizierung von Wäldern	Ergänzend			

¹ FP = Förderungspolitisch; ST = Steuerlich; OP = Ordnungspolitisch; BI = Beratung und Information.

² Daten aus dem aktuellen Programmdokument entnommen (BMNT, 2019b; Abschnitt 11.4.2).

Im Folgenden finden sich einige ergänzende Maßnahmen, wie die Forstwirtschaft die Erreichung der Paris-Ziele unterstützen kann:

- Förderung von Dauerwaldstrukturen gegenüber Kahlschlagwirtschaft.
- Förderung von Mischbaumarten. Fichtenanbau als Monokultur birgt hohes Risiko durch Schädlinge und Krankheiten. Die Fichte ist insbesondere in niedrigen Lagen anfällig. Alternative Baumarten sind u.a. Spitz- und Feldahorn, Wildobstarten, Vogelkirschen, Weiden, Aspen und Birken. Diese kommen auch gut mit Klimawandel zurecht. Die entsprechende Auswahl ist stark von den lokalen klimatischen Standortbedingungen abhängig.
- Begrenzung von Flächenversiegelungen für land- und forstwirtschaftliche Flächen (siehe Raumplanung, z. B. Abschnitt 5.1.1) (Getzner und Kadi, 2019; Land Steiermark, 2017).
- Die Förderung von Bäumen in Städten (Xu und Ramanathan, 2017).
- Ausarbeitung einer europäischen Waldkonvention (Mayer und Jandl, 2017).
- Durchforstung fördern, d. h. gezieltes Herausnehmen von schwachen und alten Bäumen und gleichzeitig Einsetzen von anderen Arten. Damit kann die Diversität und Resilienz des Waldes erhöht werden (Mayer und Jandl, 2017).
- Reduktion der Umtriebszeit und der Oberhöhe bei Fichten (Mayer und Jandl, 2017).
- Reduktion von Fichten und Förderung von standortgerechten Laubbaum- bzw. anderen Nadelbaum-Arten.
- Evtl. Förderung von standortgerechten fremdländischen Baumarten, die an Klimaveränderungen angepasst sind (Mayer und Jandl, 2017).
- Verkürzung der Umtriebszeit bei Eichen (Mayer und Jandl, 2017).
- Reduktion der Bäume pro ha. Durch mehr Platz werden sie stabiler (Mayer und Jandl, 2017).
- Regulierung des Wildes, da zu viel Wild den Wald schädigt (Mayer und Jandl, 2017).

- Mehr Geld für die Forschung von Substitutionsmöglichkeiten durch Holz (Leskinen u. a., 2018).

5.5.7 Bioökonomie

Einleitung

Die Bioökonomie beschreibt einen Ansatz, der bemüht ist, sektorübergreifend die Nutzung von Biomasse anstelle von fossilen Energieträgern und Rohstoffen darzustellen. Einige Nutzungspfade biogener Energieträger und Rohstoffe sind heute bereits gängig, gut beschrieben und statistisch erfasst; die Auslotung neuer, möglicher Nutzungsformen und ihrer Wirkungen ist noch keineswegs abgeschlossen und ihr Beitrag zur Erreichung des Pariser Klimazieles daher schwer abzuschätzen.

Ein besonderer Vorteil des bioökonomischen Ansatzes kann in einer positiven regionalwirtschaftlichen Koppelwirkung liegen. Da andere (effiziente) Klimaschutzmaßnahmen negative regionalwirtschaftliche Effekte hervorrufen können, könnte die Kombination mit bioökonomischen Maßnahmen ausgleichend wirken. Allerdings müssen Kriterien der ökologischen und sozioökonomischen Nachhaltigkeit eng mit den bioökonomischen Ansätzen verzahnt werden, um ökologische Gefahren (z. B. Vernachlässigung der Bodenfruchtbarkeit und der Biodiversität durch eine „nachhaltige Intensivierung“) oder ungerechte wirtschaftliche Bedingungen sowie fehlende gesellschaftliche Partizipation zu vermeiden. Zudem gilt es bei neuen technologischen Ansätzen die Ergebnisse einer umfassenden Technologiefolgenabschätzung und Nachhaltigkeitsbewertung (s. z. B. SAFA Guidelines der FAO) zu berücksichtigen.

Übersichtmäßig beruht der Beitrag der Bioökonomie zur Förderung des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel auf:

- der Bereitstellung nachhaltiger Biomasse, die in einer Weise angebaut wird, die die Klima- und Biodiversitätsziele respektiert und die Integrität der Ökosysteme und ihre Umwandlung in biobasierte Produkte und Nährstoffe garantiert,
- dem Ersatz von Petrochemikalien, fossiler Energie und nicht erneuerbaren Materialien durch biobasierte Materialien mit geringeren Treibhausgasemissionen,

- dem Ersatz von energieintensiven Verarbeitungsprozessen durch energieeffizientere biobasierte Prozesse wie Biokatalyse oder Gärung,
- der Berücksichtigung:
 - von Abfallvermeidung und Kreislaufwirtschaft,
 - der kaskadischen Nutzungsoptionen (stofflicher vor energetischer Nutzung),
 - der Ressourceneffizienz
 - und des „End of Life“-Prinzips in jeder bioökonomisch gesetzten Aktivität.

Tabelle 22 bietet eine Übersicht über Klimaschutzmaßnahmen der Bioökonomie. Auf den Beitrag zur Zielerreichung wird weiter unten eingegangen.

Tab. 22: Übersicht von Maßnahmen im Bereich der Bioökonomie (LW, FW, biobasierte Industrie).

Ziel	Maßnahme/Maßnahmenbündel	Instrument
Adaption an den Klimawandel	Diversifizierung der biogenen Rohstoffherzeugung für Nahrung, Futter und industrielle Produkte	Förderung alternativer Rohstoffherzeugung durch Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)
	Züchtung und Einsatz klimarobuster (dürre- und schädlingstoleranter) Pflanzen und Tiere	Höheres Budget für entsprechende Forschung
	Vorbeugende und adaptive Methoden im biotischen und abiotischen Katastrophenschutz (z. B. Schädlingsbefall, Sturm)	Höheres Budget für entsprechende Forschung, Weiterbildungsmaßnahmen
Verhinderung/Minderung von CO ₂ -Emissionen	Ersatz von fossilen Rohstoffen durch biogene Rohstoffe in der Herstellung von Chemikalien, Materialien und Konsumprodukten	Gesetzliche Rahmenbedingungen ändern
	Durchführung von Lebenszyklusanalysen (LCA) als Grundlage für Ersatzentscheidungen	Standardisierung der LCA-Berechnungen
	Erhöhung der Rücklaufquoten für biogene Abfälle und verstärkte materielle Nutzung dieser Abfälle, z. B. Erzeugung neuer höherwertiger Produkte (Kaskadennutzung)	Abfallwirtschaftsgesetze (verpflichtende Quoten), höhere Forschungsausgaben
	Verbesserung der Prozessmethoden in der gesamten Wertschöpfungskette, Erhöhung der Effizienz	Höheres Budget für entsprechende Forschung
	Förderung regionaler Biomasseherzeugung und Verarbeitung	Erhöhung der Mittel für ländliche Entwicklung
	Verstärkter Einsatz von biogenen Rohstoffen für dauerhafte Produkte (langfristige Bindung von CO ₂)	Anpassung der Bauordnung zur Erleichterung des Einsatzes von Holzprodukten
	Ersatz von fossiler Energie durch Bioenergie	Umstellung/Anpassung der Förderinstrumente
	CO ₂ einfangen und nutzen zur Herstellung von Chemikalien, Materialien und Konsumprodukten	

Eine wichtige Voraussetzung, um die Potenziale der Bioökonomie zur Einsparung der THG-Emissionen nachhaltig zu nutzen, ist, im Sinne einer Raumplanung verschiedene Landnutzungsalternativen gegeneinander abzuwiegen. In der Bioökonomie entsteht oft Flächenkonkurrenz zwischen den verschiedenen Funktionalitäten, die sie anbieten kann, z. B.: Lebensmittelproduktion vs. Pflanzenöle für Agrartreibstoffe oder erneuerbare Energien (z. B. großflächige PV-Anlagen). Wissenschaftliche Studien (Fargione u. a., 2008; Searchinger u. a., 2008) weisen dabei auf die potenziellen direkten und in-

direkten Landnutzungsänderungen durch eine Ausweitung der Bioökonomie, wie z. B. durch den Anbau von Energienutzpflanzen (und ggf. Abholzung von Wäldern) zur Gewinnung von Agrartreibstoffen, hin. Dies kann, muss aber nicht, zu unerwünschten negativen Effekten auf den CO₂-Ausstoß, Ökosystemdienstleistungen und Biodiversität führen. Maßnahmen, die negativen Effekten vorbeugen können, sind z. B. die Förderung von stationärer Nutzung von Biomasse sowie die Förderung der Nutzung von landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffen (Meyer und Priefer, 2012).

Treibhausgasemissionsreduktionen

Grundsätzlich können zwei Effekte zur Reduktion der Treibhausgasemissionen aus der Nutzung von Biomasse berücksichtigt werden:

1. Der Speichereffekt durch eine verstärkte und innovative Nutzung von Biomasse (in diesem Fall bisher ausschließlich in Bezug auf Holz), insbesondere in langfristigen Nutzungen (z. B. Bauwirtschaft). Es entsteht dadurch ein Speichereffekt im Sinne von Carbon-Capture-Maßnahmen. Dieser Effekt entsteht ausschließlich durch Nutzungsänderungen (Mehrnutzung und neue Anwendungen) und ist daher von entsprechenden Maßnahmen abhängig und relativ schwer abzuschätzen. Andererseits ist die Berechnung dieser Effekte und ein entsprechendes Reporting durch IPCC Guidelines geregelt. Unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien berichten Braun u. a. (2016) von Speichereffekten für Holzprodukte in Österreich im Bereich von durchschnittlich 2 bis 4 Mt CO₂eq pro Jahr über einen Zeitraum von 90 Jahren.
2. Der Substitutionseffekt durch eine Vermeidung fossiler und mineralischer Produkte, welche über den gesamten Lebenszyklus eine höhere Treibhausgasbilanz aufweisen als ihre biomassebasierten Ersatzprodukte. Dieser Effekt ist i. d. R. größer als jener aus der Speicherung. Auf Basis einer umfangreichen Analyse bestehender Studien berichten Leskinen u. a. (2018) von Substitutionseffekten im Bereich von 1 bis 2,8 kg Kohlenstoff je Kilogramm eingesetztem Holzkohlenstoff (im Durchschnitt 1,2 kg/kg) in verschiedenen Anwendungen. Braun u. a. (2016) berechneten für Österreich durchschnittliche jährliche Effekte von 11 bis 14 Mt CO₂eq über einen Zeitraum von 90 Jahren.

Die Nutzung von Holz mit bestehenden Technologien in Summe (Berücksichtigung der gesamten Kette inkl. Wald) führt jährlich zu einer Reduktion der österreichischen THG-Emissionen von 10–20 %. Diese Reduktionen können im Sinne des Pariser Klimazieles nur einen bedingten Beitrag leisten, da der Substitutionseffekt im Wesentlichen auch schon 2005 erbracht wurde und daher nur die Veränderung (teilweise, wenn nicht durch reine Konsumsteigerung/Wirtschaftswachstum) berücksichtigt werden kann. Tatsächlich wurde der Holzeinschlag seit 2005 gesteigert, wie weit es sich dabei um Mehrnutzung oder

Ersatznutzungen handelt, ist schwer zu eruieren. Die Speichereffekte (im Durchschnitt ca. 3 % der THG 2005) können dagegen einen entsprechenden Beitrag leisten, unterliegen aber kurzfristigen Schwankungen (Wirtschaftswachstum, Waldbrände) und langfristigen Sättigungseffekten. Die Nutzung anderer Formen von Biomasse, neue innovative und langlebige Nutzungsformen und Effizienzsteigerungen könnten zu weiteren Reduktionen beitragen, jedoch nur dann, wenn damit emissionsintensivere Materialien ersetzt werden oder bestehende Kohlenstoffpools erweitert werden. Weitere Möglichkeiten ergeben sich, wenn Reststoffe, die aktuell ungenutzt verrotten, genutzt werden sowie zusätzlich Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen genutzt wird. Dabei muss auf Zielkonflikte mit anderen Umweltindikatoren wie Biodiversität geachtet werden. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz von Kurzumtriebsholz, Miscanthus, Zwischenfrüchten oder Landschaftspflegeheu, die auf nicht für die Nahrungsmittelproduktion verwendeten Flächen produziert wurden. Besonders Kurzumtrieb reduziert die THG-Intensivität der Bewirtschaftung und erhöht die Kohlenstoffbindung in ober- und unterirdischer Biomasse, da von einjähriger auf mehrjährige Nutzung mit entsprechender Biomasseakkumulation umgestellt wird (Ledo u. a., 2018).

Exemplarisch zeigt eine Bewertung der Reduktionspotenziale verschiedener EU-weiter Substitutionsszenarien auf Basis einer Input-Output-Analyse, unter denen jeweils ein Teil der konventionellen Inputs durch holzbasierte Inputs ersetzt werden, folgende kurzfristige direkte und indirekte Effekte in Österreich:

- a) Holz im Bausektor (–400 kt CO₂eq/Jahr), unter Annahme einer Substitution konventioneller Inputs im Ausmaß von 30 % (Holzbauanteil in Finnland). End-of-Life-Effekte bleiben unberücksichtigt.
- b) Stoffliche Nutzung von Lignin in der chemischen Industrie (–100 kt CO₂eq/Jahr, zusätzlich bei Berücksichtigung von End-of-life-Effekten unter Idealbedingungen –240 kt CO₂eq/Jahr), unter Annahme einer Substitution konventioneller Inputs im Ausmaß von 50 % (aus der Sicht der Papierindustrie stofflich nutzbares Potenzial).

Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch

Der Beitrag der Biomasse am erneuerbaren Bruttoenergieverbrauch (zurzeit 16,8 % am Gesamtverbrauch) in Österreich kann bereits als relativ hoch bezeichnet werden. Nichtsdestotrotz sind weitere Beiträge durch die Weiterentwicklung der Bioökonomie möglich. Insbesondere, wenn Aspekte der Koppelproduktion und der kaskadischen Nutzung berücksichtigt werden. Eine verstärkte stoffliche Nutzung von Biomasse führt dabei zu einem erhöhten Aufkommen an Neben- und Koppelprodukten, welche sowohl stofflich als auch energetisch genutzt werden können. Zusätzlich führt die verstärkte stoffliche Nutzung mittelfristig auch zu einem erhöhten Aufkommen an biogenem Abfall, welcher wiederum stofflich oder energetisch genutzt werden kann.

Die Produktion von Strom aus Biomasse ist ohne Förderung nur unter günstigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich. Förderungen für Bioenergie können daher zur Forcierung von möglichst regionalem Biomasseeinsatz, effizienter Technik und möglichst niedrigen Schadstoffemissionen genutzt werden. Großes Potenzial hat dabei die verstärkte Verwertung von landwirtschaftlichen Reststoffen wie z. B. Waldhackgut. Der derzeitige Anteil von Biomasse am Strommix kann auch langfristig nur mithilfe erheblicher Förderungen aufrechterhalten werden, da im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien kaum Kostensenkungen durch technischen Fortschritt zu erwarten sind. Eine sinnvolle Förderung von Bioenergie zielt darauf ab,

- nachwachsende Rohstoffe aufgrund der Kohlenstoffspeicherfunktion und der Substitutionsfunktion in den Sektoren, in denen sie nachweislich zu besseren THG-Bilanzen führen, zu fördern und somit die treibhausgasmindernde Funktion zu maximieren,
- fossile Rohstoffe stärker zu besteuern und damit Biomasse attraktiver zu machen,
- Fördermittel zur Verbesserung von Wirkungsgraden von biomasseverarbeitenden Technologien in Sektoren bereitzustellen, die zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen.

Reduktion energetischer Endverbrauch um 25–30 % (vs. 2005)

Die Reduktion des energetischen Endverbrauchs durch eine verstärkte Nutzung von Biomasse ist möglich, da die Verarbeitung von Biomasse in der Regel weniger energieintensiv ist als jene mineralischer, metallischer oder fossiler Rohstoffe (siehe z. B. <https://www.ecoinvent.org/>). Diese geringere Energieintensität ist im Wesentlichen die Grundlage für die als Substitutionseffekte beschriebenen Reduktionen im Bereich der Treibhausgasemissionen, diese lassen sich ohne konkreten Anwendungsfall (inkl. funktionelle Einheit) aber kaum quantifizieren.

Bestehende und geplante Maßnahmen im Entwurf-NEKP

Die Bioökonomie basiert auf der Idee, den Energie- und Materialverbrauch einer Wirtschaft aus biogenen Rohstoffen zu generieren und fossile Energie- und Bauräger zu substituieren bzw. zu ergänzen.

Im Entwurf-NEKP wird auf die Bioökonomiestrategie der österreichischen Regierung (BMNT u. a., 2019) als wichtige Maßnahme zur Erreichung der österreichischen Klima- und Energieziele verwiesen. Richtigerweise wird auf die Potenziale der Bioökonomie verwiesen. Biogene Rohstoffe wie z. B. Holz binden zum einen Kohlenstoff aus der Atmosphäre und zum anderen kann Bioenergie zur Dekarbonisierung des Energiesystems beitragen. Außerdem können biobasierte Produkte am Ende des Nutzungszyklus auch thermisch verwertet werden.

Die Bioökonomiestrategie der österreichischen Regierung steckt die einzelnen Handlungsfelder der Bioökonomie ab. Dabei werden einige wichtige Punkte angesprochen. So werden Zielkonflikte zwischen der Nutzung von biogenen Rohstoffen, der Ernährungssicherheit, dem Wald als Kohlenstoffspeicher und anderen Landnutzungen thematisiert. Die Bundesregierung hat zum Ziel, nicht einfach fossile Energieträger durch Biomasse zu substituieren, sondern auch die Rahmenbedingungen zu setzen, damit es nicht zur Konkurrenz mit landwirtschaftlicher Produktion kommt. Dafür sieht der Entwurf-NEKP eine Reduktion der Bodenversiegelung und Intensivierung der agrarischen und forstlichen Produktion vor. Gleichzeitig soll die Bioökonomie durch Investitionen in Forschung und Innovation gefördert werden. Die Strategie thematisiert eine Reduktion von Verschwendung, das Pflanzen neuer Früchte und Baumarten, den Aufbau von Aquakulturen für Algen, Digitalisie-

rung der Landwirtschaft, Ausbau des Fasermaterials Hanf, Insekten und Algen als Teil der Ernährung.

Die Bioökonomiestrategie beinhaltet jedoch keine konkreten Zielgrößen, wie weit bestimmte Sektoren ausgebaut werden, wie viel Geld dafür bereitgestellt wird und wer die Verantwortlichkeiten trägt. Die Bioökonomiestrategie verweist dabei auf einen Aktionsplan zum Ausbau der Bioökonomie, der bis zum heutigen Stand noch nicht veröffentlicht wurde.

Die Pläne der Bioökonomiestrategie beinhalten durchwegs positive Elemente. Auch die Wissenschaft betont, dass die Bioökonomie einen wichtigen Beitrag zur Förderung des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel leisten kann. In Abschnitt 3.5 wurden Maßnahmen dahingehend ausformuliert.

Ergänzende Maßnahmen

Kalt u. a. (2016a) betonen im Gegensatz zur Bioökonomiestrategie, dass eine Transformation hin zu einer Bioökonomie ohne Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion machbar ist. Dafür müssen sich die Ernährungsgewohnheiten der ÖsterreicherInnen ändern (siehe Abschnitt 5.5.4 – Ernährung) und sowohl die Lebensmittelverschwendung (siehe Abschnitt 5.5.5 – Lebensmittelverschwendung) als auch die Flächenverluste reduziert werden.

In Bezug auf die Nutzung von Bioenergie betonen Amon u. a. (2008) eine integrierte Nutzung. Teil einer solchen integrierten Nutzung ist es, 20 % der landwirtschaftlichen Flächen durch ein Fruchtfolge-system von unterschiedlichen Energiepflanzen zu bewirtschaften. Darüber hinaus werden dabei auch Reste aus der Nahrungsmittelproduktion genutzt, z. B. Pflanzenreste, Gras, Reststoffe, Mist, Jauche, Biomüll, Zuckerrübenschnitt. So könnten rund 1,7 Mt Rohöleinheiten produziert werden. Ein weiteres Element einer integrierten Nutzung von Bioenergie ist

die Vergärung von Biomasse und die Nutzung von Biogas und den Gärrückständen als Mineraldüngersersatz. Wenn gleichzeitig die Milch- und Fleischproduktion reduziert wird und Grünlandflächen für Rohstoff und Energieerzeugung frei werden, könnten insgesamt 5,3 Mt Rohöleinheiten pro Jahr produziert werden. Dafür braucht es außerdem eine deutliche Effizienzsteigerung bei Biogasanlagen, die Diversifizierung von Einsatzmitteln, die Nutzung von Biomasse für Wärme und Strom sowie eine kleinräumige und dezentrale Erzeugung von Bioenergie.

Eine noch sehr kontrovers diskutierte Komponente der Bioökonomie ist „Bioenergy and carbon capture and storage“ (BECCS). Die Idee dahinter ist es, Bioenergie aus biogenen Rohstoffen zu nutzen und das entstehende CO₂ bei der energetischen Nutzung einzufangen und zu speichern, sodass der Atmosphäre Netto-CO₂-Emissionen entzogen werden. Wenn die geografischen Gegebenheiten eine Speicherung zulassen, ergibt sich in Modellsimulationen ein signifikantes Einsparungspotenzial von Biomasse-KWKs (Kraxner u. a., 2014). Diese Technologien werden bereits heute in den Klimaschutzenszenarien des IPCC miteinbezogen (Obersteiner u. a., 2018). Jedoch gibt es hinsichtlich der Technologien noch wenige Erfahrungswerte. Es gibt signifikante Risiken der Technologien wie z. B. die Lagerung von Kohlenstoff in tiefen geologischen Gesteinslagen. Außerdem ist die Technologie bis zum heutigen Tage noch sehr kostenintensiv und nicht wettbewerbsfähig. Als eine Alternative zu BECCS wären Aufforstungsmaßnahmen im großen Stil zu nennen (Creutzig u. a., 2015).

5.6 Abfallwirtschaft

5.6.1 Einleitung

Treibhausgasemissionen

Im Jahr 2016 verursachte der Sektor Abfallwirtschaft in Österreich Emissionen im Ausmaß von 3,1 Mt CO₂eq und lag somit um 0,2 Mt über der sektoralen Höchstmenge nach dem Klimaschutzgesetz. Der Sektor Abfall umfasst etwa 3,9 % der österreichischen Treibhausgasemissionen. Im Vergleich zu 2015 sind die Emissionen um 1,8 % gestiegen, bezogen auf das Jahr 1990 liegen sie um 28,1 % niedriger (Umweltbundesamt, 2018).

Die Treibhausgasemissionen des Sektors stammen aus der Abfallverbrennung, der Deponierung, der biologischen Abfallbehandlung (Kompostierung, Vergärung), der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung sowie der Abwasserbehandlung und -entsorgung. Die Abfallverbrennung ist aktuell für 49 % der Treibhausgasemissionen des Sektors verantwortlich, Deponien für 39 %. Die biologische Abfallbehandlung (vor allem die Kompostierung) sowie die Abwasserbehandlung und -entsorgung verursachten je 6 % der Treibhausgase in diesem Sektor. Während die Methanemissionen aus Deponien zurückgehen (-67 % gegenüber 1990), verzeichnen die Treibhausgasemissionen aus der Abfallverbrennung mit anschließender Energiegewinnung einen deutlich ansteigenden Trend (+318 %), allerdings von einem geringen Ausgangsniveau 1990 ausgehend.

Hinsichtlich der THG-Emissionen führt der Übergang von der Deponierung zur Müllverbrennung, bezogen

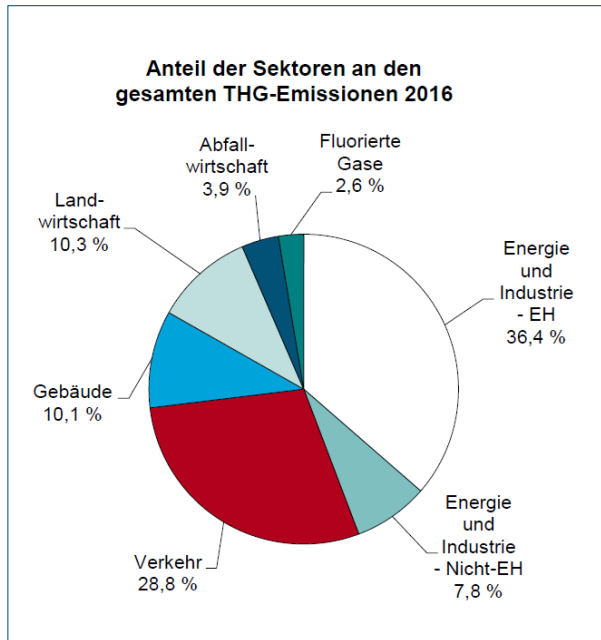


Abb. 9: Treibhausgasemissionen – Anteil an Sektoren 2018 (Umweltbundesamt, 2018)

auf eine Tonne unbehandelten Restmülls, zu verringerten Treibhausgasemissionen aus dem Sektor Abfall, da die Emissionen an CO₂eq bei der Verbrennung deutlich geringer sind als bei der Deponierung. Ebenso verursacht die Ablagerung von Rottereststoffen aus einer mechanisch-biologischen Vorbehandlung geringere Emissionen als die Ablagerung von unbehandeltem Restmüll (Umweltbundesamt, 2018).

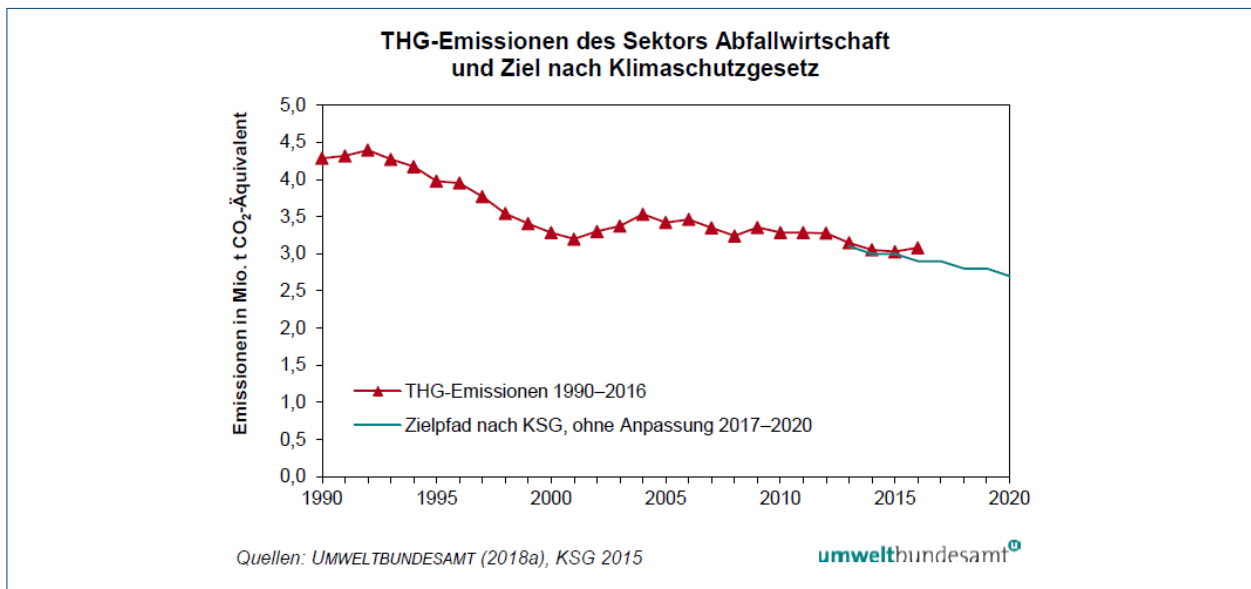


Abb. 10: Treibhausgasemissionen aus dem Sektor Abfallwirtschaft, 1990–2016, und Ziel nach KSG (Umweltbundesamt, 2018)

Treibhausgaspotenzial

Die Bewertung der Umweltauswirkungen mittels der Ökobilanzierung (Lebenszyklusanalyse) berücksichtigt alle (positive und negative) mit der Abfallwirtschaft einhergehenden Effekte. Positive Effekte abfallwirtschaftlicher Maßnahmen (wie die Erzeugung von Sekundärrohstoffen oder Energie aus Abfällen) können mittels Gutschriften berücksichtigt werden. Gutschriften bilden Emissionseinsparungen, welche z. B. durch Energieerzeugung aus Abfällen, Sekundärrohstoffeinsatz etc. dem abfallwirtschaftlichen System zuzurechnen sind, ab.

Laut Ökobilanz für das Jahr 2012, welche rund 17 Mt Abfälle berücksichtigt (Brunner u. a., 2015), können in Österreich durch abfallwirtschaftliche Maßnahmen in Summe rund 3,5 Mt CO₂eq eingespart werden. Anzumerken ist, dass alleine durch Recycling von Metallen, Kunststoffen, Altpapier und Glas 4 Mt an CO₂eq eingespart werden. Die Methode der Ökobilanz, Gutschriften für sekundär produzierte Materialien für die Einsparung der Primärressourcen zu berücksichtigen, wird im Klimaschutzbericht nicht angewendet (Umweltbundesamt, 2018). Weitere Unterschiede zum Klimaschutzbericht liegen im Bereich der Altlasten und bei der Berücksichtigung der Abfallverbrennung mit anschließender Energiegewinnung, welche dem Sektor Energieaufbringung zugeordnet wird.

Die Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ weist aufgrund von Gutschriften aus der stofflichen und thermischen Verwertung von Abfällen (Einsparung von Primärproduktion durch Einsatz von Sekundärprodukten und Ersatz fossiler Brennstoffe) positive Umweltauswirkungen auf. Die Gutschriften, also die durch die Bereitstellung von Sekundärressourcen vermiedenen Emissionen aus der Primärproduktion, überwiegen die negativen Umweltauswirkungen der Abfallwirtschaft. Das bedeutet, die abfallwirtschaftlichen Maßnahmen wirken sich insgesamt positiv auf unsere Umwelt aus. Zu beachten ist hier allerdings, dass sich dieses Ergebnis vor allem durch die hohen Gutschriften aus dem Bereich des Metallrecyclings ergibt. Diese überlagern und verdecken damit andere Auswirkungen der Abfallwirtschaft (Brunner u. a., 2015).

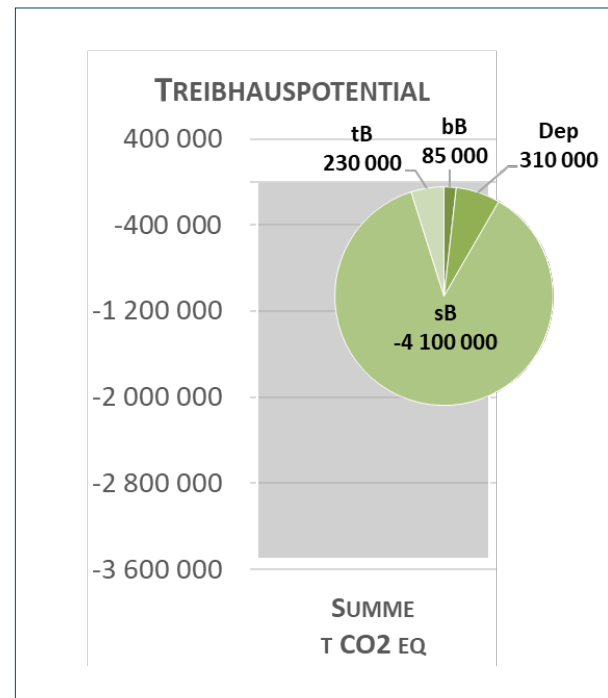


Abb. 11: Treibhauspotenzial in t CO₂eq (tB thermische Behandlung, bB biotechnische Behandlung (Kompostierung, Vergärung) Dep Deponierung, sb sonstige Behandlung (Sortierung und Recycling) (Brunner et al., 2015).

5.6.2 Maßnahmen

Dieser Überblick dient als Diskussionsgrundlage zur weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung.

Neue Kreislaufwirtschaftsmodelle, Recycling, Energie- und Materialeffizienz sowie neue Konsummuster haben ein erhebliches Potenzial auf die Verringerung der weltweiten Treibhausgasemissionen. Im EU-Kreislaufwirtschaftspakt wird deutlich ein Umdenken aller Stakeholder in ihren Innovations-, Produktions- und Konsumverhalten gefordert („circular economy package“). Vor allem die Änderung des Konsumverhaltens und die Änderung der Konsumgewohnheit hat oberste Priorität. Grün markierte Maßnahmen sind mögliche Ergänzungen zu schon bestehenden Maßnahmen.

1. Abfallvermeidung, Re-Use, Reparability and Recyclability und Erhöhung der Erfassung von Altstoffen

- Wiederverwendung (Erhöhung der Lebensdauer von Produkten) und Mehrwegsysteme.
- Erhöhung der getrennten Sammlung von Altstoffen für anschließende Verwertungsprozesse.
- „Design for Re-Use“, Reparability and Recyclability.

Reduktion von Lebensmittelabfällen im Restmüll und in der Biotonne sowie entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Scherhauser u. a., 2018).

2. Erhöhung der stofflichen Verwertung

- Optimierte Erfassung recyclingfähiger Abfallströme und ein verstärktes Recycling wirken sich positiv auf Klimawandelmitigation aus (ÖWAV, 2018).
- Reduktion des Treibhauspotenzials fällt meistens umso deutlicher aus, je höher die Recyclingrate ist.
- Recycling von Metallen bringt einen positiven Beitrag hinsichtlich des Treibhauspotenzials.
- Die stoffliche Verwertung von (nicht kontaminierten) Kunststoffabfällen ist hinsichtlich klimarelevanter Emissionen meist die beste Lösung.
- „Design for Recycling“

3. Urban Mining und Landfill Mining

- Rückgewinnung und Recycling von Materialien („anthropogenes Lager“) kann in erheblichem Maß zur Steigerung der Ressourceneffizienz beitragen.
- Weiternutzung bestehender Bauteile bringt Einsparungen aus Klima- und Ressourcensicht.
- Deponierte Abfälle weisen ein Ressourcenpotenzial auf, vor allem hinsichtlich der Metalle Kupfer, Eisen und Aluminium sowie der heizwertreichen Abfälle (Altholz, Leichtfraktion).

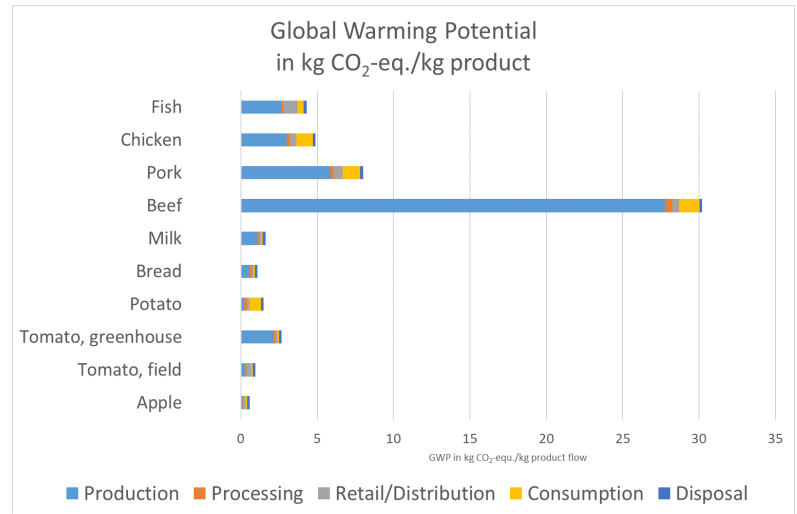


Abb. 12: Treibhauspotenzial unterschiedlicher Lebensmittel in kg CO₂eq pro kg Produkt (Scherhauser et al., 2018).

4. Verbesserung der Behandlung auf Prozessebene

Aerobe und anaerobe Behandlung

- Kompostierung leistet einen positiven Beitrag zum Klimaschutz (humifizierte organische Substanz und Nährstoffe werden in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt).
- Nationaler Beitrag der Kompostierung zum Treibhauseffekt beträgt (unabhängig vom Kompostierungsverfahren), zwischen 0,03 % und 0,06 % des klimawirksamen nationalen Gesamtausstoßes an CO₂eq (BMNT, 2017b).
- Reduktion gasförmiger Prozessverluste bei Biogasanlagen

Deponieverbot und Verlängerung der Nachsorge

- Methanemissionen aus der Deponierung sind weltweit Hauptverursacher der THG-Belastungen innerhalb der Abfallwirtschaft. Nur OECD-Länder, die (organische) Abfälle nicht oder kaum mehr deponieren, erreichen eine Entlastung (Umweltbundesamt[DE], 2015b).
- Verbot der Ablagerung von unbehandelten Siedlungsabfällen (ein Rückgang der klimarelevanten Emissionen wurde in Österreich schon dokumentiert).

- Optimierte Deponienachsorge unter Berücksichtigung langfristiger Emissionen (Belüftung und Stabilisierung durch aktive Maßnahmen)

Abfallverbrennung

- Durch die Verbrennung biogener Abfälle werden im Vergleich zur Deponierung Methanemissionen verringert und kein klimawirksames Kohlendioxid freigesetzt.
- Abfallverbrennung mit Energienutzung führt zu einem geringeren Einsatz fossiler Brennstoffe.
- Mengen der Abfallverbrennung sind deutlich gestiegen, was sich im Vergleich zur Deponierung positiv auf die österreichische THG-Bilanz auswirkt.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
AAU	Alpen-Adria-Universität Klagenfurt
AFOLU	Agriculture - Forestry - Other Land Uses / Landwirtschaft - Forstwirtschaft - Andere Landnutzungen
AIT	Austrian Institute of Technology
AK	Arbeiterkammer
AM	Additional Measures / zusätzliche Maßnahmen
APCC	Austrian Panel on Climate Change /
AW	Abfallwirtschaft
BFW	Bundesforschungszentrum für Wald
BGF	Bruttogeschoßfläche
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (jetzt BMNT)
BMNT	Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
C	Kohlenstoff
CCCA	Climate Change Center Austria
CCS	Carbon Dioxide Capture and Storage / CO ₂ -Abscheidung und -Speicherung
CCU	Carbon Dioxide Capture and Usage / CO ₂ -Abscheidung und -Nutzung
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ eq	Kohlendioxid-Äquivalent (Umrechnung anderer THG auf das Wärmepotenzial von CO ₂)
CPF	Carbon Price Floor
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
E-	Elektro(motor)-
EAG	Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz
EE	Erneuerbare Energien
EEffG	Bundes-Energieeffizienzgesetz (BGBl. I Nr. 72/2014)
EEG	Erneuerbare-Energie-Gesetz
EEÖ	Erneuerbare Energie Österreich
EEV	Energetischer Endverbrauch
Effort-Sharing	Rechtsvorschriften zum Klimaschutz für Mitgliedsstaaten für Sektoren, die nicht unter den EU-ETS fallen
E-Flotte	Elektromotorflotte
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Abkürzung	Erklärung
EK	Europäische Kommission
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
ELWOG	Elektrizitätswirtschafts- und Organisationsgesetz
EM	Existing Measures / bestehende Maßnahmen
E-Mobilität	Elektromobilität
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Entwurf-NEKP	Übermittelter Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplanes für Österreich an die Europäische Kommission (BMNT, 2018a)
ERA-NET	Networking the European Research Area
E-Roller	Elektromotorroller
ETS	Emissions Trading System / Emissionshandel
EU	Europäische Union
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations / Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
FIBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
FTI	Forschung - Technologie - Innovation
FW	Forstwirtschaft
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik der EU
GIS	Geoinformationssystem
GJ	Gigajoule
GVE	Großvieheinheiten
IG-L	Immissionsschutzgesetz-Luft
IIASA	International Institute of Applied Systems Analysis / Internationales Institut für Angewandte Systemanalyse
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change / Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen / „Weltklimarat“
IT	Informationstechnologie
JKU	Johannes Kepler Universität Linz
JPI	Joint Programming Initiativen / Gemeinsame Programmplanung
KEM	Klima- und Energie-Modellregionen
KLI.EN-FondsG	Klima- und Energiefondsgesetz
KLIEN	Klima- und Energiefonds
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KSG	Klimaschutzgesetz
KV	Kombinierter Verkehr
kW	Kilowatt
KW	Kreislaufwirtschaft
kWh	Kilowattstunde

Abkürzung	Erklärung
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
kWp	Kilowatt-Peak (Höchstleistung an kW einer PV-Anlage unter Idealbedingungen)
LCA	Life Cycle Assessment / Lebenszyklusanalyse
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LW	Landwirtschaft
MAB	UNESCO Man and the Biosphere Programme / Programm Der Mensch und die Biosphäre
MÖSt	Mineralölsteuer
MPM	Marktprämienmodell
MRG	Mietrechtsgesetz
MS	Mitgliedsstaaten
Mt	Megatonne
MW	Megawatt
N	Stickstoff
N ₂ O	Lachgas
NEKP	Nationaler Energie- und Klimaplan
NGO	Non-governmental organization / Nichtregierungsorganisation
NH ₃	Ammoniak
Nicht-ETS	Nicht-Emissionshandel (Emission Trading System)
NKK	Nationales Klimaschutzkomitee
NoVA	Normverbrauchsabgabe
ÖAW	Österreichische Akademie der Wissenschaften
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖGE	Österreichische Gesellschaft für Ernährung
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
ÖPUL	Österreichisches Programm für Umweltgerechte Landwirtschaft
ÖREK	Österreichische Raumordnungskonferenz
ÖSG	Ökostromgesetz
ÖV	Öffentlicher Verkehr
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
PET	Polyethylenterephthalat
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PLE	Programm der ländlichen Entwicklung
Power-to-X	bezeichnet verschiedene Technologien zur Speicherung bzw. anderweitigen Nutzung von Stromüberschüssen in Zeiten eines (zukünftigen) Überangebotes variabler erneuerbarer Energien wie Solarenergie, Windenergie und Wasserkraft
PV	Photovoltaik

Abkürzung	Erklärung
QM	Quotenmodell
Ref-NEKP	Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich
RTR	Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
S4F	Scientists for Future
SAFA	Sustainability Assessment of Food And Agriculture Systems / Nachhaltige Bewertung von Lebensmittel- und Agrarsystemen
SDG13	Take urgent action to combat climate change and its impacts / Maßnahmen zum Klimaschutz im Rahmen der SDG
SDGs	Sustainable Development Goal / Nachhaltigkeitsziele der UNO
SERI	Sustainable Europe Research Institute
SET-Plan	Strategieplan für Energietechnologie
SÖK	Sozial-ökologische Steuerreform
SoLaWi	Solidarische Landwirtschaft
StVO	Straßenverkehrsordnung
TCO	Total Cost of Ownership / Gesamtkosten des Betriebs
THG	Treibhausgas
tkm	Tonnenkilometer
TU	Technische Universität
TWh	Terrawattstunden
UBA	Umweltbundesamt
UFG	Umweltförderungsgesetz
UFI	Umweltförderung im Inland
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change / Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen
UniNetZ	Universitäten und nachhaltige Entwicklungsziele (https://www.uninetz.at/)
UNO	United Nations Organisation (Organisation der Vereinten Nationen)
VCÖ	Verkehrsclub Österreich
WAM	With Additional Measures / Mit zusätzlichen Maßnahmen
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (Deutschland)
WEG	Wohnungseigentumsgesetz
WEM	With Existing Measures / Mit bestehenden Maßnahmen
WHO	World Health Organization / Weltgesundheitsorganisation
WIFO	Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
WKO	Wirtschaftskammer
WU	Wirtschaftsuniversität
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
ZEV	Zero-Emission-Vehicles / Emissionsfreie Fahrzeuge

Literatur

- Adler, M., Peer, S., Sinozic, T., 2019. Autonomous, Connected, Electric Shared vehicles (ACES) and public finance: an explorative analysis. *Tinbergen Inst. Discuss. Pap.* <https://doi.org/10.2139/ssrn.3323618>
- Adler, M.W., van Ommeren, J.N., 2016. Does public transit reduce car travel externalities? Quasi-natural experiments' evidence from transit strikes. *J. Urban Econ.* 92, 106–119. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.01.001>
- AIT, 2018. Technologie-Roadmap Energiespeichersysteme in und aus Österreich. Klima- und Energiefonds, Wien. URL: https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/Technologie-roadmap_Energiespeichersysteme2018.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Albrecht, S., Engel, A., 2009. Weltagrarbericht: Synthesebericht. Hamburg University Press, Hamburg. URL: <https://blogs.sub.uni-hamburg.de/hup/products-page/publikationen/78/> (zugegriffen 26.8.19).
- AMA, 2019. Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauches von Fleisch inkl. Geflügel gesamt in Österreich. URL: https://amainfo.at/fileadmin/user_upload/Fotos_Dateien/amainfo/Presse/Marktinformationen/Allgemein/Pro_Kopf_Verbrauch_Fleisch.pdf (zugegriffen 16.4.2020).
- Amaducci, S., Yin, X., Colauzzi, M., 2018. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Appl. Energy* 220, 545–561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Amon, T., Bauer, A., Leonhartsberger, C., 2008. Integrierte Systeme. Sieben Fragen und Antworten zur Nutzung von Bioenergie, in: *Forum Wissenschaft & Umwelt* (Hrsg.), *Wissenschaft & Umwelt interdisziplinär*, 11/2008, Energiezukunft. *Forum Wissenschaft & Umwelt*, Wien, S. 162–171. URL: http://www.fwu.at/assets/userFiles/Wissenschaft_Umwelt/11_2008/2008_11_energiezukunft.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Andersen, M.S., 2004. Vikings and virtues: a decade of CO₂ taxation. *Clim. Policy* 4, 13–24. <https://doi.org/10.1080/14693062.2004.9685507>
- Angerer, F., Adensam, H., 2018. Anmerkungen der Unterarbeitsgruppe (UAG) Wärme und Gebäude zum Entwurf des Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich. Unterarbeitsgruppe Wärme und Gebäude.
- APCC, 2014. Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich. URL: <http://www.austriaca.at/7699-2> (zugegriffen 26.8.19).
- APCC, 2018. Österreichischer Special Report Gesundheit, Demographie und Klimawandel (ASR18). Verlag der ÖAW, Wien. URL: <https://austriaca.at/8427-0> (zugegriffen 17.6.19).
- APG, 2016. Netzentwicklungsplan (NEP) 2016 für das Übertragungsnetz der Austrian Power Grid AG (APG) - Planungszeitraum 2017 – 2026. Austrian Power Grid, Wien. URL: <https://www.e-control.at/marktteilnehmer/strom/netzentwicklungsplanung/konsultation-2016> (zugegriffen 26.8.19).
- Arbeiterkammer, 2015. Auf dem Weg zu einer Kreislaufwirtschaft, AK Positionspapier. Arbeiterkammer Österreich, Wien. URL: https://www.arbeiterkammer.at/infopool/wien/Stellungnahme_Kreislaufwirtschaft.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Arbeiterkammer, 2018. Stellungnahme der Bundesarbeiterkammer zum Entwurf des Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) für Österreich. Arbeiterkammer Österreich, Wien. URL: https://wien.arbeiterkammer.at/service/stellungnahmen/umwelt/BAK_Positionspapier_zum_Entwurf_des_NEKP.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Ausschuss Nachhaltiges Bauen, 2018. Mission 2030 Konkret. Austria Solar, Donau-Universität Krems, FH Campus Wien, Global 2000, IIBW, Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Passivhaus Austria, Passivhaus Institut, Plattform Baukulturpolitik, Technikum Wien, TU Wien, WIFO. URL: https://www.arching.at/fileadmin/user_upload/redakteure/Nachhaltigkeit/Mission_2030_Konkret/Massnahmenkatalog_MISSION_2030_KONKRET.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P., 2017. The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Associ-

- ation (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. URL: <http://ewastemonitor.info/> (zugegriffen 26.8.19).
- Balkovič, J., Skalský, R., Folberth, C., Khabarov, N., Schmid, E., Madaras, M., Obersteiner, M., Velde, M. van der, 2018. Impacts and Uncertainties of +2°C of Climate Change and Soil Degradation on European Crop Calorie Supply. *Earths Future* 6, 373–395. <https://doi.org/10.1002/2017EF000629>
- Baranzini, A., Goldemberg, J., Speck, S., 2000. A future for carbon taxes. *Ecol. Econ.* 32, 395–412. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00122-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00122-6)
- Barron-Gafford, G.A., Pavao-Zuckerman, M.A., Minor, R.L., Sutter, L.F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D.T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A.K., Nabhan, G.P., Macknick, J.E., 2019. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nat. Sustain.* 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- Behrendt, S., Henseling, C., Flick, C., Ludmann, S., Scholl, G., 2017. Zukünfte des Peer-to-Peer Sharing - Diskurse, Schlüsselfaktoren und Szenarien (PeerSharing Arbeitsbericht No. 5). Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) & Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU), Berlin. URL: https://www.peer-sharing.de/data/peersharing/user_upload/Dateien/PeerSharing_AP_5.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Bendell, J., 2018. Deep Adaptation: a map for navigating climate tragedy (IFLAS Occasional Paper No. 2). Institute of Leadership and Sustainability (IFLAS), University of Cumbria, Cumbria, UK. URL: <https://www.lifeworth.com/deepadaptation.pdf> (zugegriffen 26.8.19).
- Bergek, A., Jacobsson, S., 2010. Are tradable green certificates a cost-efficient policy driving technical change or a rent-generating machine? Lessons from Sweden 2003–2008. *Energy Policy, Security, Prosperity and Community – Towards a Common European Energy Policy? Special Section with Regular Papers* 38, 1255–1271. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.001>
- Beringer, T., Lucht, W., Schaphoff, S., 2011. Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. *GCB Bioenergy* 3, 299–312. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01088.x>
- Berry, A., 2019. The distributional effects of a carbon tax and its impact on fuel poverty: A micro-simulation study in the French context. *Energy Policy* 124, 81–94. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.09.021>
- BFW, 2019. Borkenkäfer April 2019 - BFW [WWW Document]. URL: <https://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=10535> (zugegriffen 27.6.19).
- Biermayr, P., Dißauer, C., Eberl, M., Enigl, M., Fechner, H., Fischer, L., Leonhartsberger, K., Maringer, F., Moidl, S., Schmidl, C., Strasser, C., Weiss, W., Wonisch, P., Wopienka, E., 2018. Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2017 - Biomasse, Photovoltaik, Solarthermie, Wärmepumpen und Windkraft. *Nachhalt. Wirtsch.* 4. URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/reports/marktstatistik-2017-endbericht.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Biermayr, P., Dißauer, C., Eberl, M., Enigl, M., Fechner, H., Fischer, L., Leonhartsberger, K., Moidl, S., Schmidl, C., Strasser, C., Weiss, W., Wonisch, P., Wopienka, E., 2019. Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2018 - Biomasse, Photovoltaik, Solarthermie, Wärmepumpen und Windkraft. *Nachhalt. Wirtsch.* 20. URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/schriftenreihe-2019-20-marktstatistik-2018-bf.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Bliem, M., Friedl, B., Aigner, M., Schmutzger, E., Haber, A., Bitzan, G., 2014. Smart Grids und volkswirtschaftliche Effekte: Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Smart-Grids-Lösungen (ECONGRID) (NACHHALTIGwirtschaften No. 12/2014), Smart Grids Begleitforschung. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien. URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/e2050_pdf/reports/endbericht_201412_smart_grids_und_volkswirtschaftliche_effekte_econgrid.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Block, P., Schlueter, A., Veenendaal, D., Bakker, J., Begle, M., Hischier, I., Hofer, J., Jayathissa, P., Maxwell, I., Echenagucia, T.M., Nagy, Z., Pigram, D., Svetozarevic, B., Torsing, R., Verbeek, J., Willmann, A., Lydon, G.P., 2017. NEST HiLo: Investigating lightweight construction and adaptive en-

- ergy systems. J. Build. Eng. 12, 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2017.06.013>
- BMLFUW, 2014. Evaluierung der Umweltförderungen des Bundes 2011-2013. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. URL: https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/publicconsulting/Evaluierung_der_Umweltfoerderungen_des_Bundes.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- BMLFUW, 2015. Masterplan Radfahren: 2015-2025. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Wien. URL: https://www.klimaaktiv.at/mobilitaet/radfahren/masterplan_RF_2025.html (zugegriffen 26.8.19).
- BMLFUW, 2017a. Evaluierung der Umweltförderungen des Bundes 2014-2016. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. URL: https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/publicconsulting/Effizienzbericht_2014_-_2016.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- BMLFUW, 2017b. Umweltinvestitionen des Bundes 2016. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. URL: https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/publicconsulting/Umweltfoerderungsbericht_2016.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- BMLFUW, bmvit, 2015. Masterplan Gehen: Strategie zur Förderung des FußgängerInnenverkehrs in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), Wien. URL: https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/fuss_radverkehr/downloads/masterplan-gehen.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- BMLFUW, bmvit, 2017. Aktionspaket zur Förderung der Elektromobilität mit erneuerbarer Energie. URL: <https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:adfad133-2fc3-4fb5-89d1-99b35224e845/BMLFUW%20Aktionspaket%20E-Mobilit%C3%A4t.pdf> (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2017a. Forst-Förderung im Programm für die Entwicklung des ländlichen Raums 2014–2020 [WWW Document]. URL: https://www.bmnt.gv.at/forst/oesterreich-wald/wald-le/le_14_20_forst.html (zugegriffen 11.6.19).
- BMNT, 2017b. Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017 - Teil 1. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien. URL: <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/abfall-ressourcen/bundes-abfallwirtschaftsplan/BAWP2017-Final.html> (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2018a. Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich - Periode 2012-2030. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/austria_draft-necp.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2018b. Umweltinvestitionen des Bundes 2017 - Zahlen & Fakten. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien. URL: https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/publicconsulting/Bericht_Umweltfoerderungen_2017_Zahlenteil.PDF (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2018c. Jahresbericht 2018 - klimaaktiv auf #mission2030. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. URL: <https://www.klimaaktiv.at/service/publikationen/klimaaktiv/jahresbericht2018.html> (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2018d. Grüner Bericht 2018 - Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien. URL: <https://gruenerbericht.at/cm4/jdownload/download/2-gr-bericht-sterreich/1899-gb2018> (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2018e. Das österreichische Programm für ländliche Entwicklung 2014-2020. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien. URL: <https://www.bmnt.gv.at/land/laendl-entwicklung/lebroschuere.html> (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2018f. Biologische Landwirtschaft in Österreich. BMNT, Wien. URL: https://www.bmnt.gv.at/land/bio-lw/Bio_Broschuere.html (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2018g. Lebensmittel sind kostbar, bmnt.gv.at [WWW Document]. URL: https://www.bmnt.gv.at/land/lebensmittel/kostbare_lebensmittel.html (zugegriffen 11.6.19).

- BMNT, 2019a. Veröffentlichung kontraproduktiver Anreize und Förderungen, bmnt.gv.at [WWW Document]. URL: <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/klimaschutz/Ver%C3%B6ffentlichung-kontraproduktiver-Anreize-und-F%C3%B6rderung.html> (zugegriffen 3.9.19).
- BMNT, 2019b. Austria - Rural Development Programme (National) - Version 5.0. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien. URL: https://www.bmnt.gv.at/land/laendl_entwicklung/leprogramm.html (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, 2019c. Der Wald als Klimaschützer. BMNT. URL: <https://www.bmnt.gv.at/forst/klimafitterwald/klimaschuetzer-wald/der-wald-als-klimaschuetzer.html> (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, BMBWF, BMVIT, 2019. Bioökonomie - Eine Strategie für Österreich. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien. URL: <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/klimaschutz/biooekonomie/Bio%C3%B6konomie-Strategie-f%C3%BCr-%C3%96sterreich.html> (zugegriffen 26.8.19).
- BMNT, bmvit, 2018. #Mission 2030 - Die österreichische Klima- und Energiestrategie. URL: <https://mission2030.info/> (zugegriffen 15.4.19).
- BMU, 2016. Klimaschutzplan 2050. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Berlin. URL: <https://www.bmu.de/publikation/klimaschutzplan-2050/> (zugegriffen 26.8.19).
- bmvit, 2012. Gesamtverkehrsplan für Österreich. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), Wien. URL: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/index.html> (zugegriffen 26.8.19).
- bmvit, BMLFUW, BMWFW, 2016. Nationaler Strategierahmen „Saubere Energie im Verkehr“ - In Erfüllung der österreichischen Umsetzungsverpflichtung von Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) und Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWFW), Wien. URL: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/elektromobilitaet/downloads/strategierahmen.pdf> (zugegriffen 26.8.19).
- Bogner, T., Schäppi, B., Gsellmann, J., Schifflleitner, A., Stachura, M., Wiener, J., Müller, A., 2012. Outlook „Life Style 2030“. Determinanten für den Stromverbrauch in österreichischen Haushalten. Österreichische Energieagentur, Wien. URL: https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/BGR0102012FS_Outlook-Life-Style-2030.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Böhler-Baedeker, S., Jansen, U., Müller, M., 2012. Konzepte für CO₂-arme Mobilität in der Stadt. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/35139805.pdf> (zugegriffen 26.8.19).
- Böhm, M., Getzner, M., 2017. Ökonomische Wirkungen der thermischen Sanierung von Wohngebäuden in Österreich. LIT Verlag, Münster, London, New York. ISBN: 978-3-643-50789-1
- Borchard, N., Schirrmann, M., Cayuela, M.L., Kammann, C., Wrage-Mönnig, N., Estavillo, J.M., Furler, T., Mendizábal, T., Sigua, G., Spokas, K., Ippolito, J.A., Novak, J., 2019. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N₂O emissions: A meta-analysis. *Sci. Total Environ.* 651, 2354–2364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.060>
- Börjesson Hagberg, M., Pettersson, K., Ahlgren, E.O., 2016. Bioenergy futures in Sweden – Modeling integration scenarios for biofuel production. *Energy* 109, 1026–1039. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.044>
- Brand, U., Niedermoser, M.K., 2019. The role of trade unions in social-ecological transformation: Overcoming the impasse of the current growth model and the imperial mode of living. *J. Clean. Prod.* 225, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.284>
- Brandstätt, C., Brunekreeft, G., Jahnke, K., 2011. How to deal with negative power price spikes?—Flexible voluntary curtailment agreements for large-scale integration of wind. *Energy Policy* 39, 3732–3740. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.082>

- Braun, M., Fritz, D., Weiss, P., Braschel, N., Büchsenmeister, R., Freudenschuß, A., Gschwantner, T., Jandl, R., Ledermann, T., Neumann, M., Pölz, W., Schadauer, K., Schmid, C., Schwarzbauer, P., Stern, T., 2016. A holistic assessment of greenhouse gas dynamics from forests to the effects of wood products use in Austria. *Carbon Manag.* 7, 271–283. <https://doi.org/10.1080/17583004.2016.1230990>
- Brink, C., van Ierland, E., Hordijk, L., Kroeze, C., 2005. Cost-effective emission abatement in agriculture in the presence of interrelations: cases for the Netherlands and Europe. *Ecol. Econ.* 53, 59–74. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.05.008>
- Brückler, M., Resl, T., Reindl, A., 2018. Comparison of organic and conventional crop yields in Austria. *Bodenkult. J. Land Manag. Food Environ.* 68, 223–236. <https://doi.org/10.1515/boku-2017-0018>
- Brunner, P.H., Allesch, A., Getzner, M., Huber-Humer, M., Pomberger, R., Müller, W., Grüblinger, G., Jandric, A., Kanitschar, G., Knapp, J., Kreindl, G., Mostbauer, P., Obersteiner, G., Pertl, A., Plank, L., Salhofer, S., Schwarz, T., Färber, B., 2015. Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft – Benchmarking for the Austrian waste management. Technische Universität Wien, Universität für Bodenkultur Wien, Montanuniversität Leoben, Universität Innsbruck. URL: https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_247861.pdf (zugriffen 26.8.19).
- Bund Deutscher Architekten, 2019. Das Haus der Erde - Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land. BDA, Berlin. URL: <https://www.bda-bund.de/wp-content/uploads/2019/07/DasHausDerErde.pdf> (zugriffen 26.8.19).
- Cambini, C., Franzi, D., 2013. Independent regulatory agencies and rules harmonization for the electricity sector and renewables in the Mediterranean region. *Energy Policy* 60, 179–191. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.078>
- CCCA, 2018. Sozial-ökologische Steuerreform in Österreich. Climate Change Centre Austria, Wien. URL: https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenu/02_Klimawissen/Papiere/Ansatzpunkte_einer_sozialoekologischen_Steuerreform_CCCA_final.pdf (zugriffen 6.9.19).
- CCCA, 2019. Gestaltungselemente einer sozial-ökologischen Steuerreform in Österreich. Climate Change Centre Austria, Wien. URL: https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenu/02_Klimawissen/Papiere/CCCA_wirtschaft-sozial-umweltgerechte_Steuerreform_final.pdf (zugriffen 6.9.19).
- CCCA, NKK, 2018. Stellungnahme zum „Entwurf des Integrierten Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich – Periode 2021-2030“. Climate Change Centre Austria (CCCA) & Nationales Klimaschutzkomitee (NKK), Wien. URL: https://wegcwww.uni-graz.at/publ/downloads/CCCA_NKK-Wiss_Stellungnahme-NEKP_6Dez2018.pdf (zugriffen 5.9.19).
- Chaloupka, C., Kölbl, R., Loibl, W., Molitor, R., Nentwich, M., Peer, S., Risser, R., Sammer, G., Schützenhofer, B., Seibt, C., 2015. Nachhaltige Mobilität aus sozioökonomischer Perspektive - Diskussionspapier der Arbeitsgruppe „Sozioökonomische Aspekte“ der ÖAW-Kommission „Nachhaltige Mobilität“ (ITA Manuscript No. ITA-15-02). Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA). URL: http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_15_02.pdf
- Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), 2016. Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ. MANZ Verlag Wien, Wien. ISBN: 978-3-214-09404-1
- Clementsitsch, L., Belazzi, T., Korab, R., Formayer, H., 2018. Das Übereinkommen von Paris und die Auswirkungen auf die heimische Bau- und Immobilienwirtschaft, StartClim2017. bauXund forschung und beratung GmbH, raum & kommunikation GmbH, Universität für Bodenkultur (Institut für Meteorologie), Wien. URL: http://www.startclim.at/fileadmin/user_upload/StartClim2017_reports/StCl2017A_lang.pdf (zugriffen 26.8.19).
- consentec, 2016. Konventionelle Mindesterzeugung – Einordnung, aktueller Stand und perspektivische Behandlung (Abschlussbericht). Consentec GmbH, Aachen. URL: <https://www.netztransparenz.de/portals/1/Content/Ver%C3%B6ffentlichungen/Studie%20zur%20Konventionellen%20Mindesterzeugung/Consentec>

- [tec UeNB MinErz Ber AP1 2 20160415.pdf](#) (zugegriffen 5.9.19).
- Couture, T., Gagnon, Y., 2010. An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment. *Energy Policy* 38, 955–965. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.047>
- Creutzig, F., Ravindranath, N.H., Berndes, G., Bolwig, S., Bright, R., Cherubini, F., Chum, H., Corbera, E., Delucchi, M., Faaij, A., Fargione, J., Haberl, H., Heath, G., Lucon, O., Plevin, R., Popp, A., Robledo-Abad, C., Rose, S., Smith, P., Stromman, A., Suh, S., Masera, O., 2015. Bioenergy and climate change mitigation: an assessment. *GCB Bioenergy* 7, 916–944. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12205>
- de Abreu e Silva, J. de A., Melo, P.C., 2018. Does home-based telework reduce household total travel? A path analysis using single and two worker British households. *J. Transp. Geogr.* 73, 148–162. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.10.009>
- Dehmel, C., Gumbert, T., 2011. Der Einfluss von progressiven Tarifen auf den Stromkonsum in privaten Haushalten in Italien und Kalifornien (Transpose Working Paper No. 10). Universität Münster, FB Erziehungswissenschaft und Sozialwissenschaften, Institut für Politikwissenschaft; Freie Universität Berlin, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Münster. URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-257432> (zugegriffen 26.8.19).
- Der Standard, 2019. Steuerreform macht Kauf von emissionsreichen Autos teurer. Stand. URL: <https://www.derstandard.at/story/2000102761180/steuerreform-macht-kauf-von-emissionsreichen-autos-teurer> (zugegriffen 1.7.19).
- DGE, 2019. 10 Regeln der DGE [WWW Document]. URL: <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/> (zugegriffen 5.8.19).
- Diekmann, J., Kemfert, C., Neuhoff, K., Schill, W.-P., Traber, T., 2012. Erneuerbare Energien: Quotenmodell keine Alternative zum EEG. *DIW-Wochenber.* 79, 15–20. URL: <https://www.econstor.eu/handle/10419/67550> (zugegriffen 13.6.19).
- DLR, 2018. Development of the car fleet in EU28+2 to achieve the Paris Agreement target to limit global warming to 1.5°C. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - Institute of Vehicle Concepts. URL: https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/20180907_gp_eucarfleet_1.5.pdf (zugegriffen 26.8.19).
- Dumke, H., 2017. Erneuerbare Energien für Regionen - Flächenbedarfe und Flächenkonkurrenzen (Dissertation). Technische Universität Wien, Wien. URL: <http://repositum.tuwien.ac.at/obvutwhs/content/titleinfo/2429750> (zugegriffen 29.8.19).
- EASAC, 2019. Decarbonisation of transport: options and challenges, EASAC Policy Report. European Academies Science Advisory Council (EASAC), Halle (Saale). URL: <https://easac.eu/publications/details/decarbonisation-of-transport-options-and-challenges/> (zugegriffen 6.9.19).
- E-Control, 2018. Ökostrombericht 2018. E-Control, Wien. URL: <https://www.e-control.at/publikationen/oeko-energie-und-energie-effizienz/berichte/oekostrombericht> (zugegriffen 26.8.19).
- Edenhofer, O., Flachsland, C., Arlinghaus, J., Haywood, L., Kalkhul, M., Knopf, B., Koch, N., Kornek, U., Pahle, M., Pietzcker, R., Steckel, J., Ward, H., 2018. Eckpunkte einer CO₂-Preisreform für Deutschland (MCC Working Paper No. 1/2018). Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gemeinnützige GmbH. URL: https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3_Publications/Working%20Paper/2018_MCC_Working_Paper_1_CO2-Preisreform.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Edenhofer, O., Flachsland, C., Kalkhul, M., Knopf, B., Pahle, M., 2019. Optionen für eine CO₂-Preisreform - MCC-PIK-Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gemeinnützige GmbH, Berlin. URL: https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3_Publications/Working%20Paper/2019_MCC_Optionen_f%C3%BCr_eine_CO2-Preisreform_final.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Edenhofer, O., Flachsland, C., Wolff, C., Schmid, L.K., Leipprand, A., Koch, N., Kornek, U., Pahle, M., 2017. Decarbonization and EU ETS Reform: Introducing a price floor to drive low-carbon investments (Policy Paper). Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC)

- gemeinnützige GmbH, Berlin. URL: https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/Decarbonization_EU_ETS_Reform_Policy_Paper.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- EK, 2018. A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy (Communication No. COM/2018/773 final). Europäische Kommission, Brüssel. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN> (zugegriffen 27.8.19).
- EK, 2019. Assessment of the draft National Energy and Climate Plan of Austria - Accompanying the document Commission Recommendation on the draft integrated National Energy and Climate Plan of Austria covering the period 2021-2030 (No. SWD(2019) 226 final). Europäische Kommission, Brüssel. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/at_swd_en.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Ellen MacArthur Foundation, 2015. Growth within: a circular economy vision for a competitive europe. Ellen MacArthur Foundation. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundationGrowth-Within_July15.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- ENTSO-E, 2018. TYNDP 2018 Executive Report - Connecting Europe: Electricity - 2025 - 2030 - 2040. ENTSO-E AISBL, Brussels. URL: https://tyndp.entsoe.eu/Documents/TYNDP%20documents/TYNDP2018/consultation/Main%20Report/TYNDP2018_Executive%20Report.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Erb, K.-H., Lauk, C., Kastner, T., Mayer, A., Theurl, M.C., Haberl, H., 2016. Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation. Nat. Commun. 7, 11382. <https://doi.org/10.1038/ncomms11382>
- Erneuerbare Energie Österreich, 2019. Entwurf des Integrierten nationalen Energie- und Klimaplanes für Österreich. Periode 2021-2030. URL: <https://static1.squarespace.com/static/5b978be0697a98a663136c47/t/5c407e1e562fa7fc897b7fe7/1547730475466/20181206%2BNEKP%2BEEOe.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- FAO, 2017. Global database of GHG emissions related to feed crops: A life cycle inventory. Version 1. Live-stock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy. URL: <https://doi.org/10.1088%2F1748-9326%2F8%2F1%2F015009> (zugegriffen 5.8.19).
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., Hawthorne, P., 2008. Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. Science 319, 1235–1238. <https://doi.org/10.1126/science.1152747>
- Faruqui, A., Sergici, S., 2010. Household response to dynamic pricing of electricity: a survey of 15 experiments. J. Regul. Econ. 38, 193–225. <https://doi.org/10.1007/s11149-010-9127-y>
- Favier, A., De Wolf, C., Scrivener, K., Habert, G., 2018. A sustainable future for the European Cement and Concrete Industry: Technology assessment for full decarbonisation of the industry by 2050 (Report). ETH Zurich. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000301843>
- Fechner, H., Mayr, C., Schneider, A., Rennhofer, M., Peharz, G., 2016. Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich. Nachhalt. Wirtsch. URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/edz_pdf/1615_technologie_roadmap_photovoltaik.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Fink, C., Preis, D., 2014. Roadmap “Solarwärme 2025”. Eine Technologie- und Marktanalyse mit Handlungsempfehlungen. Nachhalt. Wirtsch. URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/1442_roadmap_solarwaerme_2025.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Flachsland, C., Pahle, M., Burtraw, D., Edenhofer, O., Elkerbout, M., Fischer, C., Tietjen, O., Zetterberg, L., 2018. Five myths about an EU ETS carbon price floor. CEPS Policy Insights 1–14. URL: https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2018/12/EU%20ETS%20Carbon%20Price%20Floor_Myths%20and%20enlightenment%20final.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Flemming, J., Brand, U., 2017. Positionen internationaler Gewerkschaften in der Klimapolitik, Information zur Umweltpolitik, 191. Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien, Wien. URL: <https://emedien.arbeiterkammer.at/viewer/ppnresolver?id=AC13463917>
- FAO, 2017. Global database of GHG emissions related to feed crops: A life cycle inventory. Version 1. Live-

- Font Vivanco, D., Kemp, R., van der Voet, E., 2016. How to deal with the rebound effect? A policy-oriented approach. *Energy Policy* 94, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.054>
- Fouquet, D., Johansson, T.B., 2008. European renewable energy policy at crossroads—Focus on electricity support mechanisms. *Energy Policy, Transition towards Sustainable Energy Systems* 36, 4079–4092. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.06.023>
- Frank-Stocker, A., 2019. meetPASS: meeting the Paris Agreement and Supporting Sustainability - Policy Brief. SERI Nachhaltigkeitsforschungs- und -kommunikations GmbH, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS), Wien. URL: http://meetpass.at/wp-content/uploads/2017/11/meetpass-BS_final.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Freudenschuß, A., Sedy, K., Zethner, G., Spiegel, H., 2010. Arbeiten zur Evaluierung von ÖPUL-Maßnahmen hinsichtlich ihrer Klimawirksamkeit - Schwerpunkt agrarische Bewirtschaftung (REPORT No. 0290). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0290.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Freyer, B., Dorninger, M., 2008. Bio-Landwirtschaft und Klimaschutz in Österreich: Aktuelle Leistungen und zukünftige Potentiale der Ökologischen Landwirtschaft für den Klimaschutz in Österreich. Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur, Wien. URL: https://www.edugroup.at/fileadmin/DAM/Gegenstandsportale/HLFS/Biologische_Landwirtschaft/Dateien/BIO_AUSTRIA_Klimastudie-2.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Gagnebin, M., Graichen, P., Lenck, T., 2019. Die Gelbwesten-Proteste: Eine (Fehler-)Analyse der französischen CO₂-Preispolitik. Agora Energiewende, Berlin. URL: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/CO2-Steuer_FR-DE_Paper/Agora-Energiewende_Paper_CO2_Steuer_FR-DE.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Gaub, F., 2019. Global Trends to 2030 - Challenges and Choices for Europe. European Strategy and Policy Analysis System (ESPAS). URL: https://ec.europa.eu/epsc/sites/epsc/files/espas_report2019.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Gawel, E., Purkus, A., 2013. Die Marktprämie im EEG 2012: Ein sinnvoller Beitrag zur Markt- und Systemintegration erneuerbarer Energien? *Zs. für Energiewirtschaft* 37, 43–61. <https://doi.org/10.1007/s12398-012-0097-x>
- Gawron, J.H., Keoleian, G.A., De Kleine, R.D., Wallington, T.J., Kim, H.C., 2018. Life Cycle Assessment of Connected and Automated Vehicles: Sensing and Computing Subsystem and Vehicle Level Effects. *Environ. Sci. Technol.* 52, 3249–3256. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04576>
- Geretschläger, B., 2016. Allgemeiner Teil: Nominales Energierecht (im engeren Sinne) - IX. Klimaschutzgesetz, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), *Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ*. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 229–237.
- Geretschläger, B., Kerschner, F., 2016a. Funktionales Energierecht (energierrelevante Rechtsmaterie) - XVII. Steuerliche Regelungen, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), *Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ*. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 453–485.
- Geretschläger, B., Kerschner, F., 2016b. Funktionales Energierecht (energierrelevante Rechtsmaterie) - XI. Verkehrsrecht, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), *Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ*. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 319–368.
- Getzner, M., 2009. Thermische Sanierung von Gebäuden in Österreich – Sanierungsrate, Qualität der Sanierung, und klimapolitische Instrumente. *Zs. für Angew. Umweltforsch.* 19, 117–133. URL: http://www.zau-net.de/ZAUarchiv/laufende_ausgaben/zusammenfassungen/ZAU_Jg19_Getzner_ThermischeSanierung.pdf (zugegriffen 6.9.19).
- Getzner, M., Kadi, J., 2019. Determinants of land consumption in Austria and the effects of spatial planning regulations. *Eur. Plan. Stud.* 0, 1–23. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1604634>
- Gilardi, F., 2002. Policy credibility and delegation to independent regulatory agencies: a comparative empirical analysis. *J. Eur. Public Policy* 9, 873–893. <https://doi.org/10.1080/1350176022000046409>

- Goers, S., Schneider, F., 2019. Austria's Path to a Climate-Friendly Society and Economy—Contributions of an Environmental Tax Reform. *Mod. Econ.* 10, 1369. <https://doi.org/10.4236/me.2019.105092>
- Gómez-Sanabria, A., Höglund Isaksson, L., Rafaj, P., Schöpp, W., 2018. Carbon in global waste and wastewater flows—its potential as energy source under alternative future waste management regimes. *Adv. Geosci.* 45, 105–113. <https://doi.org/10.5194/adgeo-45-105-2018>
- Grantham, J., 2018. The Race of Our Lives Revisited. URL: <https://mahb.stanford.edu/library-item/race-lives-revisited/> (zugegriffen 3.10.18).
- Grashof, K., Dröschel, B., 2018. Ausschreibungen für Windenergie an Land: Erfahrungen in acht Ländern. Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (IZES gGmbH), Berlin/Saarbrücken. URL: http://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/EM_17_083.pdf (zugegriffen 5.9.19).
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., Noble, I., 2013. Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495, 305–307. <https://doi.org/10.1038/495305a>
- Großmann, A., Wolter, M.I., Bernard, F., Mönning, A., Frank-Stocker, A., 2019. Evaluation von Klimaschutzmaßnahmen mit dem Modell e3.at (Working Paper No. 5), meetPASS: meeting the Paris Agreement and Supporting Sustainability. GWS (Gesellschaft für wirtschaftliche Struktur-forschung) & SERI (Sustainable Europe Research Institute), Osnabrück.
- Gruber, C.J., Flucher, S., Eisenberger, I., Sammer, G., San Nicoló, S., 2017. Analyse, Evaluierung und Anforderungen an innovative Anwendungen von autonomen Fahrzeugen aus verkehrspolitischer Sicht; Teil 1: Verkehrliche Auswirkungen und verkehrspolitische Aussagen. FFG Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH, Wien. URL: <https://projekte.ffg.at/projekt/1705825> (zugegriffen 27.8.19).
- Gutiérrez-i-Puigarnau, E., Ommeren, J.N.V., 2011. Welfare Effects of Distortionary Fringe Benefits Taxation: The Case of Employer-Provided Cars. *Int. Econ. Rev.* 52, 1105–1122. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2354.2011.00661.x>
- Haas, R., Resch, G., Burgholzer, B., Totschnig, G., Lettner, G., Auer, H., Geipel, J., 2017. Stromzukunft Österreich 2030 – Analyse der Erfordernisse und Konsequenzen eines ambitionierten Ausbaus erneuerbarer Energien (Endbericht). Energy Economics Group, TU Wien, Wien. URL: <https://www.igwindkraft.at/mmedia/download/2017.07.10/1499698755049626.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Hackbarth, A., Madlener, R., 2011. Consumer Preferences for Alternative Fuel Vehicles: A Discrete Choice Analysis (FCN Working Paper No. 20/2011). E.ON Energy Research Center, Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN). URL: https://econpapers.repec.org/paper/riscfnwpa/2011_5f020.htm (zugegriffen 25.1.18).
- Hagedorn, G., Loew, T., Seneviratne, S.I., Lucht, W., Beck, M.-L., Hesse, J., Knutti, R., Quaschnig, V., Schleimer, J.-H., Mattau, L., Breyer, C., Hübener, H., Kirchengast, G., Chodura, A., Clausen, J., Creutzig, F., Darbi, M., Daub, C.-H., Ekaradt, F., Göpel, M., Judith N., H., Hertin, J., Hickler, T., Köhncke, A., Köster, S., Krohmer, J., Kromp-Kolb, H., Leinfelder, R., Mederake, L., Neuhaus, M., Rahmstorf, S., Schmidt, C., Schneider, C., Schneider, G., Seppelt, R., Spindler, U., Springmann, M., Staab, K., Stocker, T.F., Steininger, K., Hirschhausen, E. von, Winter, S., Wittau, M., Zens, J., 2019. The concerns of the young protesters are justified: A statement by Scientists for Future concerning the protests for more climate protection. *GAIA* 28, 79–87. <https://doi.org/10.14512/gaia.28.2.3>
- Hietler, P., Pladerer, C., 2017. Abfallvermeidung in der österreichischen Lebensmittelproduktion. Österreichisches Ökologie-Institut, Wien. URL: http://www.ecology.at/files/pr886_6.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Hirst, D., 2018. Carbon Price Floor (CPF) and the price support mechanism (Briefing Paper No. 05927). House of Commons Library. URL: <https://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/SN05927#fullreport> (zugegriffen 27.8.19).
- Höglund-Isaksson, L., 2012. Global anthropogenic methane emissions 2005–2030: technical miti-

- gation potentials and costs. *Atmospheric Chem. Phys.* 12, 9079–9096. <https://doi.org/10.5194/acp-12-9079-2012>
- Höltinger, S., Salak, B., Schauppenlehner, T., Scherhauser, P., Schmidt, J., 2016. Austria's wind energy potential – A participatory modeling approach to assess socio-political and market acceptance. *Energy Policy* 98, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.08.010>
- Hood-Nowotny, R., Watzinger, A., Wawra, A., Soja, G., 2018. The Impact of Biochar Incorporation on Inorganic Nitrogen Fertilizer Plant Uptake; An Opportunity for Carbon Sequestration in Temperate Agriculture. *Geosciences* 8, 420. <https://doi.org/10.3390/geosciences8110420>
- Horner, N.C., Shehabi, A., Azevedo, I.L., 2016. Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology. *Environ. Res. Lett.* 11, 103001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/10/103001>
- Hörtenhuber, S., Lindenthal, T., Amon, B., Markut, T., Kirner, L., Zollitsch, W., 2010. Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems—model calculations considering the effects of land use change. *Renew. Agric. Food Syst.* 25, 316–329. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000025>
- Hörtenhuber, S.J., Lindenthal, T., Zollitsch, W., 2011. Reduction of greenhouse gas emissions from feed supply chains by utilizing regionally produced protein sources: the case of Austrian dairy production. *J. Sci. Food Agric.* 91, 1118–1127. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4293>
- Hülsbergen, K.-J., Küstermann, B., 2008. Optimierung der Kohlenstoffkreisläufe in Öko-Betrieben. *Ökol. Landbau* 145, 20–22. URL: <https://www.oekom.de/ausgabe/klimaschutz-und-oeko-landbau-80357> (zugegriffen 27.8.19).
- Hülsmann, F., Wiepking, J., Zimmer, W., Sunderer, G., Götz, K., Sprinke, Y., 2018. share-Wissenschaftliche Begleitforschung zu car2go mit batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen. Öko-Institut e.V. und ISOE - Institut für sozial-ökologische Forschung, Berlin. URL: http://www.isoepublikationen.de/fileadmin/redaktion/Projekte/share/share_Endbericht.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Idel, A., Beste, A., 2018. Technikgläubigkeit und Big-Data. Vom Mythos der Klimasmarten Landwirtschaft - oder warum weniger vom schlechten nicht gut ist. Die Grünen, Wiesbaden. URL: https://www.martin-haeusling.eu/images/Klimaschutz_kleiner_RZ_copi.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- IPCC, 2014. *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. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- IPCC, 2018. Summary for Policymakers, in: *Mason-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., Waterfield, T. (Hrsg.), Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, S. 32. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- IPCC, 2019. *IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems.* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). URL: <https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/> (zugegriffen 27.8.19).
- Jacobi, N., Haas, W., Wiedenhofer, D., Mayer, A., 2018. Providing an economy-wide monitoring framework for the circular economy in Austria: Status quo and challenges. *Resour. Conserv. Recycl.* 137, 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.022>

- Jasinevičius, G., Lindner, M., Verkerk, P.J., Aleinikovas, M., 2017. Assessing Impacts of Wood Utilisation Scenarios for a Lithuanian Bioeconomy: Impacts on Carbon in Forests and Harvested Wood Products and on the Socio-Economic Performance of the Forest-Based Sector. *Forests* 8, 133. <https://doi.org/10.3390/f8040133>
- Kalt, G., Baumann, M., Lauk, C., Kastner, T., Kranzl, L., Schipfer, F., Lexer, M., Rammer, W., Schaumberger, A., Schriefl, E., 2016a. Transformation scenarios towards a low-carbon bioeconomy in Austria. *Energy Strategy Rev.* 13–14, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2016.09.004>
- Kalt, G., Höher, M., Lauk, C., Schipfer, F., Kranzl, L., 2016b. Carbon accounting of material substitution with biomass: Case studies for Austria investigated with IPCC default and alternative approaches. *Environ. Sci. Policy* 64, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.022>
- Kammann, C., Ippolito, J., Hagemann, N., Borchard, N., Cayuela, M.L., Estavillo, J.M., Fuertes-Mendizabal, T., Jeffery, S., Kern, J., Novak, J., Rasse, D., Saarnio, S., Schmidt, H.-P., Spokas, K., Wrage-Mönnig, N., 2017. Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs. *J. Environ. Eng. Landsc. Manag.* 25, 114–139. <https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1319375>
- Kerschner, F., 2016. Funktionales Energierecht (energierelevante Rechtsmaterie) - X. Stellplatzverordnung, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), *Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ*. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 313–317.
- Kettner-Marx, C., Kletzan-Slamanig, D., 2018. Energy and Carbon Taxes in the EU. Empirical Evidence with Focus on the Transport Sector (No. 555), WIFO Working Papers. WIFO. URL: <https://ideas.repec.org/p/wfo/wpaper/y2018i555.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Kettner-Marx, C., Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., Meyer, I., Sinabell, F., Sommer, M., 2019. Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2019. Sonderthema: Klimaschutz, Ressourcenproduktivität und das Konzept der Kreislaufwirtschaft. WIFO Monatsberichte Mon. Rep. 92, 529–545. URL: <https://ideas.repec.org/a/wfo/monber/y2019i7p529-545.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Khazzoom, J.D., 1980. Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances. *Energy J.* 1, 21–40. <https://www.jstor.org/stable/41321476?seq=1>
- Kirchner, M., 2018. Mögliche Auswirkungen der Digitalisierung auf Umwelt und Energieverbrauch. WIFO-Monatsberichte 91, 899–908. URL: <https://ideas.repec.org/a/wfo/monber/y2018i12p899-908.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Kirchner, M., Schmidt, J., Kindermann, G., Kulmer, V., Mitter, H., Pretenthaler, F., Rüdissler, J., Schauppenlehner, T., Schönhart, M., Strauss, F., Tappeiner, U., Tasser, E., Schmid, E., 2015. Ecosystem services and economic development in Austrian agricultural landscapes — The impact of policy and climate change scenarios on trade-offs and synergies. *Ecol. Econ.* 109, 161–174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.11.005>
- Kirchner, M., Schönhart, M., Schmid, E., 2016. Spatial impacts of the CAP post-2013 and climate change scenarios on agricultural intensification and environment in Austria. *Ecol. Econ.* 123, 35–56. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.009>
- Kirchner, M., Sommer, M., Kratena, K., Kletzan-Slamanig, D., Kettner-Marx, C., 2019. CO₂ taxes, equity and the double dividend – Macroeconomic model simulations for Austria. *Energy Policy* 126, 295–314. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.030>
- Kirchner, M., Strauss, F., Heumesser, C., Schmid, E., 2012. Integrative model analysis of adaptation measures to a warmer and drier climate. *Jahrb. Österr. Ges. Für Agrarökon.* 21, 177–186. URL: http://oega.boku.ac.at/fileadmin/user_upload/Tagung/2011/Band_21_1/18-13_Kirchner_et_al_OEGA-Jahrbuch_2011.pdf
- Klenert, D., Mattauch, L., Combet, E., Edenhofer, O., Hepburn, C., Rafaty, R., Stern, N., 2018. Making carbon pricing work for citizens. *Nat. Clim. Change* 8, 669–677. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0201-2>

- Klessmann, C., Wigand, F., Tiedemann, S., Maurer, C., Tersteegen, B., 2015. Ausschreibungen für erneuerbare Energien und Gestaltungselemente (Projektbericht No. DESDE15240). Ecofys. URL: <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Hintergrundinformationen/ausschreibungen-fuer-erneuerbare-energien.pdf?blob=publicationFile&v=3> (zugegriffen 27.8.19).
- Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., 2016a. Subventionen und Steuern mit Umweltrelevanz in den Bereichen Energie und Verkehr (No. 2016/012-3/S/WIFO-Projektnummer: 6414). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Wien. URL: <https://www.umweltdachverband.at/assets/Umweltdachverband/Themen/Nachhaltigkeit/WIFO-Studie-Subventionen-und-Steuern-mit-Umweltrelevanz-2016.pdf> (zugegriffen 12.4.16).
- Kletzan-Slamanig, D., Köppl, A., 2016b. Umweltschädliche Subventionen in den Bereichen Energie und Verkehr. WIFO-Monatsberichte 89(8), 605–615. URL: https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=58978&mimetype=application/pdf. (zugegriffen 27.8.19).
- KLIEN, 2018. Jahresbericht 2017. Klima- und Energiefonds, Wien. URL: https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/Jahresbericht2017_barrierefrei.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Knoflacher, H., 1985. Katalysatoren für Nichtmotorisierte. Knoflacher, Wien. ISBN: 978-3-900657-00-9
- Knoflacher, H., 1996. Zur Harmonie von Stadt und Verkehr: Freiheit vom Zwang zum Autofahren, 2., verbesserte und erweiterte Auflage. ed. Böhlau Verlag, Wien - Köln - Weimar. ISBN: 3-205-98586-9
- Knoflacher, H., 2007a. Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung: Verkehrsplanung, 1. ed. Böhlau Wien, Wien. ISBN: 978-3-205-77626-0
- Knoflacher, H., 2007b. Success and failures in urban transport planning in Europe—understanding the transport system. *Sadhana* 32, 293–307. <https://doi.org/10.1007/s12046-007-0026-6>
- Knoflacher, H., 2012. Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung: Siedlungsplanung, 408. ed. Böhlau Wien, Wien. ISBN: 978-3-205-78693-1
- Kollmann, A., Moser, S., 2016. Smart Metering im Kontext von Smart Grids (NACHHALTIGwirtschaften No. 6/2014), Smart Grids Begleitforschung. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien. URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/e2050_pdf/reports/endbericht_201406_smart_metering_im_kontext_von_smart_grids.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Köppl, A., Kettner-Marx, C., Schleicher, S., Hofer, C., Köberl, K., Schneider, J., Schindler, I., Krutzler, T., Gallauner, T., Bachner, G., Schinko, T., Steininger, K.W., Jonas, M., Zebrowski, P., 2016. Modelling Low Energy and Low Carbon Transformations. The ClimTrans2050 Research Plan (No. 2016/192/S/WIFO project no: 6814). Austrian Institute of Economic Research – Federal Environment Agency Ltd – University of Graz, Wegener Center for Climate and Global Change – International Institute for Applied System Analysis, Vienna. URL: <https://ideas.repec.org/b/wfo/wsturdy/58890.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Kostyk, T., Herkert, J., 2012. Societal implications of the emerging smart grid. *Commun. ACM* 55, 34. <https://doi.org/10.1145/2366316.2366328>
- Kranzl, L., Müller, A., Maia, I., Büchele, R., Hartner, M., 2018. Wärmезukunft 2050: Erfordernisse und Konsequenzen der Dekarbonisierung von Raumwärme und Warmwasserbereitstellung in Österreich. Energy Economics Group, TU Wien, Wien. URL: https://www.eeg.tuwien.ac.at/fileadmin/user_upload/projects/import-downloads/PR_469_Waermewende_finalreport.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Kraxner, F., Aoki, K., Leduc, S., Kindermann, G., Fuss, S., Yang, J., Yamagata, Y., Tak, K.-I., Obersteiner, M., 2014. BECCS in South Korea—Analyzing the negative emissions potential of bioenergy as a mitigation tool. *Renew. Energy*, World Renewable Energy Congress – Sweden, 8–13 May, 2011, Linköping, Sweden 61, 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.09.064>

- Kromp-Kolb, H., 2019. Klimakrise und die Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft, in: Sihn-Weber, A., Fischler, F. (Hrsg.), CSR und Klimawandel: Unternehmenspotenziale und Chancen einer nachhaltigen und klimaschonenden Wirtschaftstransformation, Management-Reihe Corporate Social Responsibility. Gabler Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-59748-4>
- Küblböck, K., 2015. Internationale Rohstoffpolitik: vom Rohstoffimperialismus zur globalen Ressourcenfairness?, in: ÖFSE (Hrsg.), Rohstoffe und Entwicklung, Österreichische Entwicklungspolitik 2015. Österreichische Forschungsstiftung für Internationale Entwicklung (ÖFSE), Wien. URL: https://www.oefse.at/fileadmin/content/Downloads/Publikationen/Oepol/Artikel2015/Teil1_01_Resource_Governance_kkue.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Küstermann, B., Kainz, M., Hülsbergen, K.-J., 2008. Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renew. Agric. Food Syst.* 23, 38–52. <https://doi.org/10.1017/S1742170507002062>
- Lal, R., Negassa, W., Lorenz, K., 2015. Carbon sequestration in soil. *Curr. Opin. Environ. Sustain., Environmental change issues* 15, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.09.002>
- Land Steiermark, 2017. Klima-und Energiestrategie Steiermark 2030. Steiermärkische Landesregierung, Graz. URL: http://www.technik.steiermark.at/cms/dokumente/12449173_128523298/f9e55343/KESS2030_Web_Seiten.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Lawley, C., Thivierge, V., 2016. Refining the Evidence: British Columbia's Carbon Tax and Household Gasoline Consumption (SSRN Scholarly Paper No. ID 2874417). Social Science Research Network, Rochester, NY. URL: <https://papers.ssrn.com/abstract=2874417> (zugegriffen 24.1.19).
- Ledo, A., Heathcote, R., Hastings, A., Smith, P., Hillier, J., 2018. Perennial-GHG: A new generic allometric model to estimate biomass accumulation and greenhouse gas emissions in perennial food and bioenergy crops. *Environ. Model. Softw.* 102, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.12.005>
- Lehnert, W., 2012. Markt- und Systemintegration der Erneuerbaren-Energien: Eine rechtliche Analyse der Regeln zur Direktvermarktung im EEG 2012. *Zs. für Umweltr.* 4–16. URL: https://www.zur-nomos.de/fileadmin/zur/doc/Aufsatz_ZUR_12_01.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Leskinen, P., Cardellini, G., González-García, S., Hurmekoski, E., Sathre, R., Seppälä, J., Smyth, C., Stern, T., Verkerk, P.J., 2018. Substitution effects of wood-based products in climate change mitigation. URL: https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_fstp_7_2018.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Lindenthal, T., Markut, T., Hörtenhuber, S., Theurl, M., Rudolph, G., 2010. Greenhouse gas emissions of organic and conventional foodstuffs in Austria, in: Notarnicola, B., Settani, E., Tassielli, G., Giungato, P. (Hrsg.), Proceedings of the International Conference on LCA in the Agri-Food sector. Bari, Italy, S. 319–324. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/fb30/d35f88420f9df57c16c9cb531d66dd7a-6d6e.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Lund, H., Østergaard, P.A., Connolly, D., Mathiesen, B.V., 2017. Smart energy and smart energy systems. *Energy* 137, 556–565. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.123>
- Lutter, S., Giljum, S., Randles, M., 2016. Regionale Kreislaufwirtschaft - Inputpapier für die Implementierung von RESET2020. Institute for Ecological Economics, Wirtschaftsuniversität Wien. URL: https://www.wu.ac.at/fileadmin/wu/d/i/ecocon/PDF/RESET2020_Regionale_Kreislaufwirtschaft_Report.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U., 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296, 1694–1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>
- Martin, C.J., 2016. The sharing economy: A pathway to sustainability or a nightmarish form of neoliberal capitalism? *Ecol. Econ.* 121, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.11.027>
- Martin, R., de Preux, L.B., Wagner, U.J., 2014. The impact of a carbon tax on manufacturing: Evidence from microdata. *J. Public Econ.* 117, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2014.04.016>
- Material Economics, 2018. The Circular Economy - A Powerful Force for Climate Mitigation. Transformative innovation for prosperous and low-carbon

- industry. Sitra, European Climate Foundation, Climate-KIC, Energy Transitions Commission, Ellen MacArthur Foundation, Mava, Climate-Works Foundation. URL: <https://media.sitra.fi/2018/06/12132041/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Mattauch, L., Creutzig, F., aus dem Moore, N., Franks, M., Funke, F., Jakob, M., Sager, L., Schwarz, M., Voß, A., Beck, M.-L., Daub, C.-H., Drupp, M., Ekarth, F., Hagedorn, G., Kirchner, M., Kruse, T., Loew, T., Neuhoﬀ, K., Neuweg, I., Peterson, S., Roesti, M., Schneider, G., Schmidt, R., Schwarze, R., Siegmeier, J., Thalmann, P., Wallacher, J., 2019. Antworten auf zentrale Fragen zur Einführung von CO₂-Preisen. Gestaltungsoptionen und ihre Auswirkungen für den schnellen Übergang in die klimafreundliche Gesellschaft. Diskuss. Sci. Future. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3371150>
- May, N., 2017. The impact of wind power support schemes on technology choices. Energy Econ. 65, 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.eneeco.2017.05.017>
- Maydl, P., Eustacchio, E., Passer, A., 2010. Zur Umsetzung der Grundanforderung Nr. 7 in der künftigen Bau- produkteverordnung. OIB Aktuell – Fachmag. Für Baur. Tech. 4, 16–23. URL: <https://graz.pure.elsevier.com/en/publications/das-europ%C3%A4ische-regelwerk-f%C3%BCr-nachhaltiges-bauen> (zugegriffen 20.6.19).
- Maydl, P., Passer, A., 2012. Das europäische Regelwerk für Nachhaltiges Bauen. OIB Aktuell – Fachmag. Für Baur. Tech. 4, 16–21. URL: https://www.oib.or.at/sites/default/files/heft_4_2012_redaktioneller_teil.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Mayer, J., Bachner, G., Steininger, K.W., 2019a. Macroeconomic implications of switching to process-emission-free iron and steel production in Europe. J. Clean. Prod. 210, 1517–1533. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.118>
- Mayer, J., Steininger, K., Türk, A., 2019b. Technologische Optionen und Risiken einer wasserstoffbasierten Eisen- und Stahlproduktion (No. 25), CCCA Fact Sheet. CCCA, Graz. URL: https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/25_stahl_v1_20190503.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Mayer, J., Türk, A., 2018. Understanding risks related to the decarbonisation of the European steel sector, TRANSrisk policy brief #3. URL: <http://transrisk-project.eu/sites/default/files/page-files/Policy%20Brief%20%233%20-%20Understanding%20risks%20related%20to%20the%20decarbonisation%20of%20the%20European%20steel%20sector.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Mayer, P., Jandl, R., 2017. Wege zum klimafitten Wald. BFW.Praxisinformation, BFW.Praxisinformation. URL: https://bfw.ac.at/cms_stamm/050/PDF/BFW_Praxisinformation44_klimafitterWald.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Meyer, I., Sommer, M., Kratena, K., 2018. Energy Scenarios 2050 for Austria (No. 2018/117–1/S/WIFO project no: 2116). Austrian Institute of Economic Research, Centre of Economic Scenario Analysis and Research, Vienna. URL: <https://ideas.repec.org/b/wfo/wstudy/61089.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Meyer, L., Steininger, K., 2017. Das Treibhausgas-Budget für Österreich (Wissenschaftlicher Bericht No. 72–2017). Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz. URL: <http://unipub.uni-graz.at/obvugrfodok/download/pdf/2283308?originalFilename=true> (zugegriffen 27.8.19).
- Meyer, R., Priefer, C., 2012. Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung - Zielkonflikte und Lösungsansätze (Arbeitsbericht No. 151). TAB, Berlin. URL: <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab151.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Mihai, F.-C., Ingrao, C., 2018. Assessment of biowaste losses through unsound waste management practices in rural areas and the role of home composting. J. Clean. Prod. 172, 1631–1638. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.163>
- Mitter, H., Larcher, M., Schönhart, M., Stöttinger, M., Schmid, E., 2019. Exploring Farmers' Climate Change Perceptions and Adaptation Intentions: Empirical Evidence from Austria. Environ. Manage. 63, 804–821. <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01158-7>
- Mitter, H., Schmid, E., Sinabell, F., 2015. Integrated modelling of protein crop production responses to climate change and agricultural policy scenar-

- ios in Austria. *Clim. Res.* 65, 205–220. <https://doi.org/10.3354/cr01335>
- Mo, Y., Kim, T.H.J., Brancik, K., Dickinson, D., Lee, H., Perrig, A., Sinopoli, B., 2012. Cyber-Physical Security of a Smart Grid Infrastructure. *Proc. IEEE* 100, 195–209. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2161428>
- Möckel, S., Gawel, E., Kästner, M., Knillmann, S., Liess, M., Bretschneider, W., 2015. Einführung einer Abgabe auf Pflanzenschutzmittel in Deutschland, Studien zu Umweltökonomie und Umweltpolitik. Duncker & Humblot, Berlin. URL: https://www.ufz.de/export/data/global/86986_Zusammenfassung_Gutachten.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Moore, G.E., 1965. Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics* 38, 114–117. URL: <https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2018/05/moores-law-electronics.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Moser, S., Schmutzger, E., Friedl, C., Mayr, J., 2015. Flex-Tarif: Entgelte und Bepreisung zur Steuerung von Lastflüssen im Stromnetz. Handlungsempfehlungen. *Nachhalt. Wirtsch.* URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/e2050_pdf/reports/enderbericht_201501i_flextarif.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Muller, A., Schader, C., Scialabba, N.E.-H., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Klocke, P., Leiber, F., Stolze, M., Niggli, U., 2017. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nat. Commun.* 8, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>
- Murray, B., Rivers, N., 2015. British Columbia's revenue-neutral carbon tax: A review of the latest "grand experiment" in environmental policy. *Energy Policy* 86, 674–683. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.011>
- Nadel, S., 2016. The Potential for Additional Energy Efficiency Savings Including How the Rebound Effect Could Affect This Potential. *Curr. Sustain. Energy Rep.* 3, 35–41. <https://doi.org/10.1007/s40518-016-0044-2>
- Nelson, D., 2018. Can Seaweed Cut Methane Emissions on Dairy Farms? [WWW Document]. UC Davis. URL: <https://www.ucdavis.edu/news/can-seaweed-cut-methane-emissions-dairy-farms> (zugegriffen 12.6.19).
- Niggli, U., Earley, J., Ogorzalek, K., 2007. Organic Agriculture and the Environmental Stability of Food Supply, in: Proceedings of the International Conference on Organic Agriculture and Food Security. Gehalten auf der International Conference on Organic Agriculture and Food Security, May 3-5, FAO, Rome. URL: https://www.researchgate.net/publication/253297571_Organic_Agriculture_and_the_Environmental_Stability_of_Food_Supply (zugegriffen 27.8.19).
- Niggli, U., Fließbach, A., Hepperly, P., Scialabba, N., 2009. Low greenhouse gas agriculture: mitigation and adaptation potential of sustainable farming systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. URL: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/ai781e/ai781e00.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- NKK, 2018. Stellungnahme NEKP – auf Basis NKK-Sitzungsstatement 26.11.2018. Nationales Klimaschutzkomitee (NKK). URL: https://wegcwww.uni-graz.at/publ/downloads/NKK-Wiss_Statement26.11.Stellungnahme-NEKP_30Nov2018.pdf (zugegriffen 5.9.19).
- NKK, 2019a. Stellungnahme NEKP – Unterlage zum NKK-Sitzungsstatement 08.07.2019. Nationales Klimaschutzkomitee (NKK). URL: https://wegcwww.uni-graz.at/publ/downloads/NKK-Wiss_Statement08.07.Stellungnahme-NEKP_1Jul2019.pdf (zugegriffen 5.9.19).
- NKK, 2019b. Stellungnahme NEKP – Unterlage zum NKK-Sitzungsstatement 13.03.2019. Nationales Klimaschutzkomitee (NKK). URL: https://wegcwww.uni-graz.at/publ/downloads/NKK-Wiss_Statement13.03.Stellungnahme-NEKP_5Mar2019.pdf (zugegriffen 5.9.19).
- ÖBB Infra, 2018. Rahmenplan 2018-2023. URL: https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:7d6fc576-565f-41da-ade7-822bca60d1d2/rahmenplan_oebb_2018.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Obersteiner, M., Bednar, J., Wagner, F., Gasser, T., Ciais, P., Forsell, N., Frank, S., Havlik, P., Valin, H., Janssens, I.A., Peñuelas, J., Schmidt-Traub, G., 2018. How to spend a dwindling greenhouse gas

- budget. *Nat. Clim. Change* 8, 7–10. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0045-1>
- Oenema, O., Ju, X., Klein, C., Alfaro, M., del Prado, A., Lesschen, J.P., Kroeze, C., 2013. Reducing N₂O emissions from agricultural sources, in: UNEP (Hrsg.), *Drawing Down N₂O to Protect Climate and the Ozone Layer. A UNEP Synthesis Report*. . United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, S. 17–25. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/29216733.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- ÖGE, 2019. 10 Ernährungsregeln der ÖGE [WWW Document]. URL: <https://www.oege.at/index.php/bildung-information/empfehlungen> (zugegriffen 5.8.19).
- ÖH BOKU, 2018. Position der ÖH BOKU zur Klima- und Energiestrategie. ÖH Boku. URL: https://www.oehboku.at/fileadmin/user_upload/OEH_BOKU_Klima-_und_Energiestrategie.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Ökobüro, 2018. Stellungnahme zum Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich. URL: <https://www.global2000.at/sites/global/files/Stellungnahme-OE-Energie-und-Klimaplan.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Ortner, A., Resch, G., 2017. Mögliche Entwicklungen des Unterstützungsvolumens für Windkraft bis 2021. Energy Economics Group, TU Wien, Wien. URL: <https://www.igwindkraft.at/mmedia/download/2017.05.08/1494267446498695.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Österreichisches MAB-Nationalkomitee, 2017. Positionspapier des Österreichischen Nationalkomitees für das UNESCO-Programm „Man and the Biosphere (MAB)“ zur Nutzung von erneuerbaren Energien in österreichischen Biosphärenparks. Österreichisches MAB-Nationalkomitee an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. URL: https://www.unesco.at/fileadmin/user_upload/Positionspapier_Energie_deutsch_0410_1_.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- ÖWAV, 2018. Strategien der österreichischen Recycling- und Abfallwirtschaft (ÖWAV Positionspapier). Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV). URL: <https://www.oewav.at/Publikationen?current=323524&mode=form> (zugegriffen 27.8.19).
- Passer, A., Balouktsi, M., Lützkendorf, T., Kreiner, H., 2017. IEA EBC ANNEX 57 - Guideline for Construction Product Manufactures. Graz University of Technology, Graz. <https://doi.org/10.3217/978-3-85125-519-5>
- Passer, A., Röck, M., 2017. Lebenszyklusorientierte Nachhaltigkeit im digitalisierten Planungsprozess. OIB Aktuell – Fachmag. Für Baur. Tech. 17, 14–20. URL: <https://www.oib.or.at/node/3547659> (zugegriffen 27.8.19).
- Perino, G., 2018. New EU ETS Phase 4 rules temporarily puncture waterbed. *Nat. Clim. Change* 8, 262–264. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0120-2>
- Pernestål Brenden, A., Kristoffersson, I., 2018. Effects of driverless vehicles: A review of simulations (No. 11), CTS Working Paper. CTS-Centre for Transport Studies Stockholm (KTH and VTI). URL: <https://www.cts.kth.se/polopolyfs/1.827829.1550154649!/CTS2018-11.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Pezzey, J.C.V., 2019. Why the social cost of carbon will always be disputed. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change* 10, e558. <https://doi.org/10.1002/wcc.558>
- Piskernik, L., 2017. Ansätze der Mobilität zur Unterstützung der klimaziele 2050 aus Sicht eines Eisenbahninfrastrukturbetreibers. ÖBB Infrastruktur AG. URL: <http://docplayer.org/76581187-Ansaetze-der-mobilitaet-zur-unterstuetzung-der-klimaziele-2050-aus-sicht-eines-eisenbahninfrastrukturbetreibers.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Pretenthaler, F.E., Steininger, K.W., 1999. From ownership to service use lifestyle: the potential of car sharing. *Ecol. Econ.* 28, 443–453. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00109-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00109-8)
- Ragwitz, M., Held, A., Resch, G., Faber, T., Huber, C., Hass, R., 2006. Monitoring und Bewertung der Förderinstrumente für Erneuerbare Energien in EU Mitgliedsstaaten, *Climate Change. Umweltbundesamt[DE]*. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/monitoring-bewertung-foerderinstrumente-fuer> (zugegriffen 5.9.19).

- Raschauer, B., 2016a. Funktionales Energierecht (energierelevante Rechtsmaterie) - VIII. Raumordnungsrecht, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 303–311.
- Raschauer, B., 2016b. Funktionales Energierecht (energierelevante Rechtsmaterie) - IX. Baurecht, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 293–302.
- Regina, K., Heikkinen, J., Maljanen, M., 2019. Greenhouse Gas Fluxes of Agricultural Soils in Finland, in: Shurpali, N., Agarwal, A.K., Srivastava, V. (Hrsg.), Greenhouse Gas Emissions: Challenges, Technologies and Solutions, Energy, Environment, and Sustainability. Springer Singapore, Singapore, S. 7–22. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3272-2_2
- Richards, M., Pogson, M., Dondini, M., Jones, E.O., Hastings, A., Henner, D.N., Tallis, M.J., Casella, E., Matthews, R.W., Henshall, P.A., Milner, S., Taylor, G., McNamara, N.P., Smith, J.U., Smith, P., 2017. High-resolution spatial modelling of greenhouse gas emissions from land-use change to energy crops in the United Kingdom. *GCB Bioenergy* 9, 627–644. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12360>
- Rogelj, J., Forster, P.M., Kriegler, E., Smith, C.J., Séférian, R., 2019. Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets. *Nature* 571, 335. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1368-z>
- Rust, P., Hasenegger, V., König, J., 2017. Österreichischer Ernährungsbericht 2017. Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (BMGF), Wien. URL: <https://broschuerenservice.sozialministerium.at/Home/Download?publicationId=528> (zugegriffen 27.8.19).
- Sachs, J.D., 2012. From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals. *The Lancet* 379, 2206–2211. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60685-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60685-0)
- Sammer, G., 2009. Non-Negligible Side Effects of Traffic Demand Management, in: Saleh, W., Sammer, Gerd (Hrsg.), Travel Demand Management and Road User Pricing: Success, Failure and Feasibility. Routledge, London. URL: <https://doi.org/10.4324/9781315549743> (zugegriffen 27.8.19).
- Sammer, G., 2012a. Wirkungen und Risiken einer City-Maut als zentrale Säule eines städtischen Mobilitätskonzepts, in: Proff, H., Schönharting, J., Schramm, D., Ziegler, J. (Hrsg.), Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität: Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte. Gabler Verlag, Wiesbaden, S. 479–491. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-7117-3_38
- Sammer, G., 2012b. Transport Systems, in: Grubler, A., Fisk, D., Fisk, D. (Hrsg.), Energizing Sustainable Cities: Assessing Urban Energy. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203110126>
- Sanders, J., Heß, J., 2019. Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft (Thünen Report No. 65). Thünen Institut, Braunschweig. URL: https://literatur.thuenen.de/digbib_external/dn060722.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Santarius, T., 2014. Der Rebound-Effekt: ein blinder Fleck der sozial-ökologischen Gesellschaftstransformation Rebound Effects: Blind Spots in the Socio-Ecological Transition of Industrial Societies. *GAIA - Ecol. Perspect. Sci. Soc.* 23, 109–117. <https://doi.org/10.14512/gaia.23.2.8>
- Schallenberg-Rodriguez, J., Haas, R., 2012. Fixed feed-in tariff versus premium: A review of the current Spanish system. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.155>
- Scherhauser, P., Höltinger, S., Salak, B., Schauppenlehner, T., Schmidt, J., 2017. Patterns of acceptance and non-acceptance within energy landscapes: A case study on wind energy expansion in Austria. *Energy Policy* 109, 863–870. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.057>
- Scherhauser, S., Moates, G., Hartikainen, H., Waldron, K., Obersteiner, G., 2018. Environmental impacts of food waste in Europe. *Waste Manag.* 77, 98–113. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.038>
- Schlatter, M., 2011. Tierproduktion und Klimawandel: ein wissenschaftlicher Diskurs zum Einfluss der Ernährung auf Umwelt und Klima, 2., überarbeitete Auflage. ed, Bioethik. Lit, Wien. URL: <http://www.lit-verlag.at/isbn/3-643-50146-2> (zugegriffen 27.8.19).

- Schlatter, M., Lindenthal, T., 2018. 100 % Biolandbau in Österreich - Machbarkeit und Auswirkungen. Auswirkungen einer kompletten Umstellung auf die Ernährungssituation sowie auf ökologische und volkswirtschaftliche Aspekte. FiBL, Wien. URL: https://archiv.muttererde.at/motherearth/uploads/2018/05/FiBL_gWN_-Bericht_-100P-Bio_Finalversion_21Mai18.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Schleicher, S., Köppl, A., Sommer, M., Lienin, S., Treberspurg, M., Österreicher, D., Grüner, R., Lang, R., Mühlberger, M., Steininger, K.W., Hofer, C., 2018. Welche Zukunft für Energie und Klima? Folgenabschätzungen für Energie- und Klimastrategien – Zusammenfassende Projektaussagen (No. 2018/082-1/S/WIFO-Projektnummer: 9616). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien. URL: <https://ideas.repec.org/b/wfo/wstudy/61014.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Schleicher, S., Steininger, K.W., 2017. Wirtschaft stärken und Klimaziele erreichen: Wege zu einem nahezu treibhausgas-emissionsfreien Österreich (Wissenschaftlicher Bericht No. 73–2017). Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz. URL: <https://wegcwww.uni-graz.at/publ/wegcreports/2017/WCV-WissBer-Nr73-SSchleicherKSteininger-Nov2017.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Schleicher, S., Steininger, K.W., 2018. Dekarbonisierung und Carbon Management für Österreich – Diskussionsbeiträge für Strategien (Wissenschaftlicher Bericht No. 79–2018). Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz, Graz. URL: <https://wegcwww.uni-graz.at/publ/wegcreports/2018/WCV-WissBer-Nr79-SSchleicherKSteininger-Nov2018.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Schmid, B., Jokubauskaite, S., Aschauer, F., Peer, S., Hössinger, R., Gerike, R., Jara-Diaz, S.R., Axhausen, K.W., 2019. A pooled RP/SP mode, route and destination choice model to investigate mode and user-type effects in the value of travel time savings. *Transp. Res. Part Policy Pract.* 124, 262–294. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.03.001>
- Schmidt, H.-P., Anca-Couce, A., Hagemann, N., Werner, C., Gerten, D., Lucht, W., Kammann, C., 2019. Pyrogenic carbon capture and storage. *GCB Bioenergy* 11, 573–591. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12553>
- Schmidt, J., Lehecka, G., Gass, V., Schmid, E., 2013. Where the wind blows: Assessing the effect of fixed and premium based feed-in tariffs on the spatial diversification of wind turbines. *Energy Econ.* 40, 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.004>
- Schmidt, J., Wehrle, S., Rusbeh, R., 2016. A reduction of distribution grid fees by combined PV and battery systems under different regulatory schemes. *IEEE, S.* 1–5. <https://doi.org/10.1109/EEM.2016.7521339>
- Schmitz, C., Biewald, A., Lotze-Campen, H., Popp, A., Dietrich, J.P., Bodirsky, B., Krause, M., Weindl, I., 2012. Trading more food: Implications for land use, greenhouse gas emissions, and the food system. *Glob. Environ. Change* 22, 189–209. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.013>
- Schneider, C., Lechtenböhrer, S., Bauer, T., Nitz, P., Hettesheimer, T., Wietschel, M., Meulenber, W., Gurtner, R., 2017. Low-Carbon-Industrie: Elektrifizierung und geschlossene Kohlenstoffkreisläufe. Gehalten auf der Innovationen für die Energiewende: Beiträge zur FVEE-Jahrestagung 2017, Forschungsverbund Erneuerbare Energien, Berlin, S. 38–48. URL: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7089/file/7089_Schneider.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Schönhart, M., Schauppenlehner, T., Kuttner, M., Kirchner, M., Schmid, E., 2016. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment: Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria. *Agric. Syst.* 145, 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.02.008>
- Schönhart, M., Schauppenlehner, T., Schmid, E., Muhar, A., 2011. Integration of bio-physical and economic models to analyze management intensity and landscape structure effects at farm and landscape level. *Agric. Syst.* 104, 122–134. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.014>
- Schönhart, M., Zessner, M., Trautvetter, H., Parajka, J., Blaschke, A.P., Hepp, G., Kirchner, M., Mitter, H., Schmid, E., Strenn, B., 2018. Modelled impacts of policies and climate change on land use and water quality in Austria. *Land Use Policy* 76, 500–514. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.02.031>

- Schriegl, E., 2017. Stakeholderpositionen zur Bioökonomie - BioTransform.at - Using domestic land and biomass resources to facilitate a transformation towards a low-carbon society in Austria (No. 4.1), Deliverable. energieautark consulting GmbH, Wien. URL: https://www.energyagency.at/fileadmin/dam/pdf/projekte/klimapolitik/Deliverable_4.1_Stakeholderpositionen_zur_Biooekonomie.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Schröder, C., Dahms, T., Paulitz, J., Wichtmann, W., Wichmann, S., 2015. Towards large-scale paludiculture: addressing the challenges of biomass harvesting in wet and rewetted peatlands. *Mires Peat* 16, 1–18. URL: http://mires-and-peat.net/media/map16/map_16_13.pdf
- Schroten, A., van Essen, H., van Wijngaarden, L., Sutter, D., Andrew, E., 2019. Sustainable Transport Infrastructure Charging and Internalisation of Transport Externalities: Executive Summary - May 2019. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2832/246834>
- Schultz, P.W., Estrada, M., Schmitt, J., Sokolowski, R., Silva-Send, N., 2015. Using in-home displays to provide smart meter feedback about household electricity consumption: A randomized control trial comparing kilowatts, cost, and social norms. *Energy* 90, 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.06.130>
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, T.-H., 2008. Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science* 319, 1238–1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>
- Searchinger, T.D., Wiersenius, S., Beringer, T., Dumas, P., 2018. Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature* 564, 249–253. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0757-z>
- Seebauer, S., Fruhmann, C., Kulmer, V., Soteropoulos, A., Berger, M., Getzner, M., Böhm, M., 2018. Dynamik und Prävention von Rebound-Effekten bei Mobilitätsinnovationen. Bericht an das BMVIT im Rahmen des Programms Mobilität der Zukunft. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien. URL: https://projekte.ffg.at/anhang/5bc98d97c48b5_Rebound-Endbericht_final.pdf (zugegriffen 5.9.19).
- Sinabell, F., Pennerstorfer, D., Streicher, G., Kirchner, M., 2016. Wirkungen des Programms der Ländlichen Entwicklung 2007/2013 in Österreich auf den Agrarsektor, die Volkswirtschaft und ausgewählte Bereiche der Lebensqualität (No. 2016/084-2/S/WIFO-Projekt Nummer: 1015). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO) und Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien. URL: http://www.wifo.ac.at/publikationen?detail-view=yes&publikation_id=58641 (zugegriffen 12.4.16).
- Sinabell, F., Schönhart, M., Schmid, E., 2015. Austrian Agriculture 2010-2050. Quantitative Effects of Climate Change Mitigation Measures – An Analysis of the Scenarios WEM, WAM and a Sensitivity Analysis of the Scenario WEM. (No. 2015/294–4/S/WIFO). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien. URL: https://www.wifo.ac.at/pubma-datensaetze?detail-view=yes&publikation_id=58400 (zugegriffen 27.8.19).
- Sinabell, F., Schönhart, M., Schmid, E., 2018. Austrian Agriculture 2020-2050 - Scenarios and Sensitivity Analyses on Land Use, Production, Livestock and Production Systems (No. 2018/376/S/WIFO). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wien. URL: https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jart?publikationsid=61571&mimetype=application/pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Smith, P., 2016. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Glob. Change Biol.* 22, 1315–1324. <https://doi.org/10.1111/gcb.13178>
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenko, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J., 2007. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 363, 789–813. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>
- Sommer, M., Kratena, K., Meyer, I., Kirchner, M., 2017. Energieszenarien 2030/2050: Energieökonomische Auswirkungen der Realisierung von

- Effizienzpotentialen in Industrie und Haushalten (No. 2017/311-1/S/WIFO-Projektnummer: 9913). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO) und Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Wien. URL: https://www.wifo.ac.at/en/pubma_entries?detail-view=yes&publikation_id=60784 (zugegriffen 27.8.19).
- Sorrell, S., 2009. Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy* 37, 1456–1469. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.12.003>
- Sperka, G., Krase, S., 2018. Anmerkungen des Vorsitzes der Unterarbeitsgruppe (UAG) Verkehr zum Entwurf des Nationalen Energie- und Klimaplanes für Österreich hinsichtlich Ambition und Zielerreichung. Unterarbeitsgruppe (UAG) Verkehr zum Entwurf des Nationalen Energie- und Klimaplanes für Österreich.
- Sporer, J., Steininger, K., 2019. SHIFT - Policy shift for the low-carbon transition in a globally embedded economy (ACRP Project KR16AC0K13367) (Projektbericht & Bilaterale Kommunikation). URL: <http://wegcwww.uni-graz.at/wp/shift/results/> (zugegriffen 27.8.19).
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., Vries, W. de, Vermeulen, S.J., Herrero, M., Carlson, K.M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L.J., Zurek, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Rockström, J., Willett, W., 2018. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature* 562, 519–525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>
- Stangl, M., Formayer, H., Hofstätter, M., Orlik, A., Andre, K., Hiebl, J., Steyrer, G., Michl, C., 2019. Klimastatusbericht 2018. Climate Change Centre Austria (CCCA), Wien. URL: <https://ccca.ac.at/wissenstransfer/klimastatusbericht> (zugegriffen 27.8.19).
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C.P., Barnosky, A.D., Cornell, S.E., Crucifix, M., Donges, J.F., Fetzer, I., Lade, S.J., Scheffer, M., Winkelmann, R., Schellnhuber, H.J., 2018. Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *PNAS* 115, 8252–8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- Stern, N., 2008. The Economics of Climate Change. *Am. Econ. Rev.* 98, 1–37. <https://doi.org/10.1257/aer.98.2.1>
- Stiglitz, J., Stern, N., Duan, M., Edenhofer, O., Giraud, G., Heal, G., la Rovere, E.L., Morris, A., Moyer, E., Pangestu, M., Shukla, P.R., Sokona, Y., Winkler, H., 2017. Report of the High-Level Commission on Carbon Prices. World Bank, Washington, DC. URL: <https://www.carbonpricingleadership.org/report-of-the-highlevel-commission-on-carbon-prices> (zugegriffen 27.8.19).
- Stöglehner, G., Emrich, H., Koch, H., Narodoslowsky, M., 2017. Impulse für eine kommunale Energie-raumplanung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. URL: <https://www.klimaaktiv.at/mobilitaet/mobilitaetsmanagem/kommunalregional/Brosch-re--Impulse-f-r-eine-kommunale-Energieraum-planung.html> (zugegriffen 27.8.19).
- Stöglehner, G., Erker, S., Neugebauer, G., 2013. Tools für Energieraumplanung. Ein Handbuch für deren Auswahl und Anwendung im Planungsprozess. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. URL: <https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:f481d74e-6a2b-42ff-8527-3f1694f31742/Tools%20ERP%2031%201%202013.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Stöglehner, G., Erker, S., Neugebauer, G., 2014. Energieraumplanung - Ergebnisrapport der ExpertInnen. ÖREK-Partnerschaft. URL: https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:d4bca9b0-f8da-4ffc-b101-5534c5254163/MLO_ZeSt_EnergyAgency%20Broschuere_A4%20Raumplanung_barrierefrei.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Stoifl, B., Bernhardt, A., Karigl, B., Lampert, C., Neubauer, M., Thaler, P., 2017. Kunststoffabfälle in Österreich. Aufkommen und Behandlung. Umweltbundesamt GmbH, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0650.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Stollenwerk, T., 2017. Die Politik kann Anreize für bessere Nahrungsmittelproduktion schaffen [WWW Document]. BIORAMA. URL: https://www.biorama.eu/nahrungsmittel_politik/ (zugegriffen 12.6.19).

- Stolze, M., Weissshaidinger, R., Bartel, A., Schwank, O., Müller, A., Biedermann, R., 2019. Chancen der Landwirtschaft in den Alpenländern: Wege zu einer raufutterbasierten Milch- und Fleischproduktion in Österreich und der Schweiz. ISBN: 978-3-258-08099-4
- Su, Q., DeSalvo, J.S., 2008. The Effect of Transportation Subsidies on Urban Sprawl. *J. Reg. Sci.* 48, 567–594. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2008.00564.x>
- Tews, K., 2011. Progressive Stromtarife für Verbraucher in Deutschland? *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 61, 47. URL: https://www.polsoz.fu-berlin.de/polwiss/forschung/systeme/ffu/publikationen/2011/11_tews_stromtarife/Tews_ET_10_2011.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Tews, K., 2019. Privilegierte Marktzugangschancen für Bürgerenergie als Akzeptanzinstrument? Lehren aus dem Scheitern des deutschen Ausschreibungsdesigns für Windenergie, in: Fraune, C., Knodt, M., Gözl, S., Langer, K. (Hrsg.), *Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation: Gesellschaftliche Herausforderungen jenseits von Technik und Ressourcenausstattung, Energietransformation*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S. 275–298. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24760-7_13
- Thiesen, J., Christensen, T.S., Kristensen, T.G., Andersen, R.D., Brunoe, B., Gregersen, T.K., Thrane, M., Weidema, B.P., 2008. Rebound effects of price differences. *Int. J. Life Cycle Assess.* 13, 104. <https://doi.org/10.1065/lca2006.12.297>
- Thomas, B.A., Azevedo, I.L., 2013. Estimating direct and indirect rebound effects for U.S. households with input–output analysis Part 1: Theoretical framework. *Ecol. Econ., Sustainable Urbanisation: A resilient future* 86, 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.12.003>
- Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E.A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Gensior, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Laggner, A., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M., Drösler, M., 2020. A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecol. Indic.* 109, 105838. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>
- Transport & Environment, 2018. How to decarbonise European transport by 2050. Transport & Environment, Brussels. URL: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_11_2050_synthesis_report_transport_decarbonisation.pdf (zugegriffen 6.9.19).
- Tsydenova, O., Bengtsson, M., 2011. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. *Waste Manag.* 31, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.08.014>
- Tvinnereim, E., Mehling, M., 2018. Carbon pricing and deep decarbonisation. *Energy Policy* 121, 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.020>
- Umweltbundesamt, 2013. GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria - Reporting under Decision 280/2004/EC, 15 March 2013 (No. REP-0412). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0412.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2015a. *Energiewirtschaftliche Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050 - Szenario WAM plus - Synthesebericht 2015* (No. REP-0535). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0535.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2015b. *Industrieszenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050* (No. REP-0531). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0531.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2016. *Szenario Erneuerbare Energie 2030 und 2050* (No. REP-0576). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0576.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2017a. *Energie- und Treibhausgas-Szenarien im Hinblick auf 2030 und 2050 - Synthesebericht 2017* (No. REP-0628). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0628.pdf> (zugegriffen 27.8.19).

- Umweltbundesamt, 2017b. Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen des Programms LE 14-20 auf die Querschnittsthemen Umwelt und Klima. (Endbericht). Umweltbundesamt, Wien. URL: https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:d3f7fc3c-0381-44c0-8270-1fbcaf978ecb/Evaluierungsbericht%20LE%2014-20_Paket%20M_Querschnitt_Umwelt_und_Klima.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2018. Klimaschutzbericht 2018 (No. REP-0660). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0660.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2019a. Sachstandsbericht Mobilität - Mögliche Zielpfade zur Erreichung der Klimaziele 2050 mit dem Zwischenziel 2030 (Report No. REP-0688). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0688.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2019b. GHG Projections and Assessment of Policies and Measures in Austria - Reporting under Regulation (EU) 525/2013, 15 March 2019 (No. REP-0687). Umweltbundesamt, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0687.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt, 2019c. Nahzeitprognose der österreichischen Treibhausgas-Emissionen für 2018 (Nowcast 2019) - Projektbericht (No. REP-0701). Umweltbundesamt GmbH, Wien. URL: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0701.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt[DE], 2015a. Umweltprobleme der Landwirtschaft - 30 Jahre SRU-Sondergutachten. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltprobleme_in_der_landwirtschaft_30_jahre_sru-sondergutachten.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt[DE], 2015b. Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft (No. 46/2015), Texte. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_46_2015_klimaschutzpotenziale_der_abfallwirtschaft_0.pdf (zugegriffen 18.6.19).
- Umweltbundesamt[DE], 2016a. Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes, Position. Umweltbundesamt Deutschland, Dessau-Roßlau. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/170601_uba_pos_kunststoffrecycling_dt_bf.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt[DE], 2016b. Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden? Umweltbundesamt Deutschland, Dessau-Roßlau. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rebound-effekte_wie_koennen_sie_effektiv_begrenzt_werden_handbuch.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt[DE], 2017. Strategien gegen Obsoleszenz, Position. Umweltbundesamt Deutschland. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017_11_17_uba_position_obsoleszenz_dt_bf.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Umweltbundesamt[DE], 2019a. Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-30-zur-ermittlung-von> (zugegriffen 10.8.19).
- Umweltbundesamt[DE], 2019b. Recycling (Schwerpunkt No. 01/2018), Das Magazin des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt Deutschland. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2018-recycling> (zugegriffen 27.8.19).
- UNFCCC, 2015. Adoption of the Paris Agreement (No. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1). United Nations Framework Convention on Climate Change, Paris. URL: <https://undocs.org/FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1> (zugegriffen 27.8.19).
- United Nations, 2015. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Resolut. Adopt. Gen. Assem. URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- van Huis, A., 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. Annu. Rev. En-

- tomol. 58, 563–583. <https://doi.org/10.1146/annu-rev-ento-120811-153704>
- VCÖ, 2015. Großes Klimaschutz-Potenzial beim Güterverkehr (Fact Sheet). Verkehrsclub Österreich. URL: <https://www.vcoe.at/news/details/grosses-klimaschutz-potenzial-beim-gueterverkehr> (zugegriffen 27.8.19).
- VCÖ, 2017. Personenmobilität auf Klimakurs bringen, VCÖ-Schriftenreihe „Mobilität mit Zukunft“. VCÖ, Wien. URL: <https://www.vcoe.at/themen/personenmobilitaet-auf-klimakurs-bringen> (zugegriffen 27.8.19).
- VCÖ, 2018a. Öffentlicher Verkehr für Mobilitätswende zentral. VCÖ Mag. 2018–01. URL: <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/Magazin/2018/2018-01%20Oeffentlicher%20Verkehr%20der%20Zukunft/VC%C3%96-Magazin%202018-01%20%C3%96ffentlicher%20Verkehr%20der%20Zukunft.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- VCÖ, 2018b. CO₂-Emissionen durch Flugverkehr in Österreich seit 1990 mehr als verdoppelt [WWW Document]. URL: <https://www.vcoe.at/presse/presseaussendungen/detail/20181205-co2-emissionen-flugverkehr-oesterreich> (zugegriffen 1.7.19).
- VCÖ, 2019. Klimaziele nur mit mehr aktiver Mobilität erreichbar (Fact Sheet No. 2019–07), Verkehr aktuell. Verkehrsclub Österreich. URL: <https://www.vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/vcoe-factsheet-2019-07-klimaziele-nur-mit-mehr-aktiver-mobilitaet-erreichbar> (zugegriffen 27.8.19).
- Veigl, A., 2017. Energie- und Klimazukunft. Szenario für 2030 und 2050. WWF, GLobals 2000, Greenpeace, Wien. URL: https://www.global2000.at/sites/global/files/Energie_und_Klimazukunft_Oesterreich_2017.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Wagner, E., 2011. Energieeffizienz - Rechtsfragen insbesondere in der Raumordnung und im Gebäudereich, in: Jahrbuch des österreichischen und Europäischen Umweltrechts 2011. S. 173 ff.
- Wagner, E., 2016a. Allgemeiner Teil: Nominales Energierecht (im engeren Sinne) - I. Energieeffizienzgesetz, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 59–116.
- Wagner, E., 2016b. Allgemeiner Teil: Nominales Energierecht (im engeren Sinne) - VIII. Geothermie, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), Rechtsrahmen für eine Energiewende Österreichs: REWÖ. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 217–228.
- Wagner, G., Weitzman, M.L., 2015. Climate shock: The economic consequences of a hotter planet. Princeton University Press, Princeton. ISBN: 978-0-691-15947-8
- Wahl, H., 2015. Multimodale Mobilität: Potenziale für klimafreundliche Fortbewegung. Gehalten auf der EXPO2015:Österreich, FH Technikum Wien. URL: https://www.alpenverein.at/a-bas01_wGlobal/wGlobal/scripts/accessDocument.php?forceDownload=0&document=%2Fportal_wAssets%2Fdocs%2Fservice%2Fpresse%2F2015%2Fmission-zero-emission%2F3_150804-Pressetext-Studie-Multimodale-Mobilitaet-end.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Waldrop, M.M., 2016. The chips are down for Moore's law. Nat. News 530, 144. <https://doi.org/10.1038/530144a>
- Wallace-Wells, D., 2019. The Uninhabitable Earth: A Story of the Future. Allen Lane, Place of publication not identified. ISBN: 978-0-241-35521-3
- Wang, D., Law, F.Y.T., 2007. Impacts of Information and Communication Technologies (ICT) on time use and travel behavior: a structural equations analysis. Transportation 34, 513–527. <https://doi.org/10.1007/s11116-007-9113-0>
- WBGU, 2019. Unsere gemeinsame digitale Zukunft. WBGU - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Berlin. URL: https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2019/pdf/WBGU_HGD2019_Z.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Weiß, R., Kerschner, F., 2016. Funktionales Energierecht (energierelevante Rechtsmaterie) - XIX. Wohnbauförderungsrecht, in: Christian, R., Kerschner, F., Wagner, E.M. (Hrsg.), Rechtsrah-

- men für eine Energiewende Österreichs: REWÖ. MANZ Verlag Wien, Wien, S. 489–527.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393, 447–492.
- Wilson, I.A.G., Staffell, I., 2018. Rapid fuel switching from coal to natural gas through effective carbon pricing. *Nat. Energy* 3, 365–372. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0109-0>
- Windsperger, A., Schick, M., Windsperger, B., 2018. Perspektiven der Decarbonisierung für die chemische Industrie in Österreich. Institut für industrielle Ökologie, St. Pölten. URL: https://www.fcio.at/media/11061/decharb_bericht-fcio_end.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Winiwarter, W., Höglund-Isaksson, L., Klimont, Z., Schöpp, W., Amann, M., 2018. Technical opportunities to reduce global anthropogenic emissions of nitrous oxide. *Environ. Res. Lett.* 13, 014011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9ec9>
- Winkler, J., Altmann, M., 2012. Market Designs for a Completely Renewable Power Sector. *Zs. für Energiewirtschaft* 36, 77–92. <https://doi.org/10.1007/s12398-012-0073-5>
- Winkler, T., Winiwarter, W., 2016. Greenhouse gas scenarios for Austria: a comparison of different approaches to emission trends. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 21, 1181–1196. <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9642-3>
- Wirz, A., Tennhardt, L., Lindenthal, T., Griese, S., Opielka, M., Peter, S., 2018. Vergleich von ökologischer und konventioneller Landwirtschaft als Beispiel einer vergleichenden Nachhaltigkeitsbewertung landwirtschaftlicher Systeme. TAB-Endbericht. Deutscher Bundestag, Berlin. URL: <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/tab-brief/TAB-Brief-050.pdf> (zugegriffen 27.8.19).
- WKO, 2019. New York ist mit seiner geplanten City Maut nationaler Vorreiter [WWW Document]. URL: <https://www.wko.at/service/aussenwirtschaft/new-york-city-maut.html> (zugegriffen 1.7.19).
- World Bank, 2018. State and Trends of Carbon Pricing 2018. The World Bank, Washington DC. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29687> (zugegriffen 27.8.19).
- Worrell, E., Bernstein, L., Roy, J., Price, L., Harnisch, J., 2009. Industrial energy efficiency and climate change mitigation. *Energy Effic.* 2, 109–123. <https://doi.org/10.1007/s12053-008-9032-8>
- Xu, Y., Ramanathan, V., 2017. Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 10315–10323. <https://doi.org/10.1073/pnas.1618481114>
- Xue, J., 2017. Photovoltaic agriculture - New opportunity for photovoltaic applications in China. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 73, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.098>
- Yamazaki, A., 2017. Jobs and climate policy: Evidence from British Columbia's revenue-neutral carbon tax. *J. Environ. Econ. Manag.* 83, 197–216. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.03.003>
- Zessner, M., Helmich, K., Thaler, S., Weigl, M., Wagner, K., Haider, T., Mayer, M., Heigl, S., 2011. Ernährung und Flächennutzung in Österreich. *Österr. Wasser- Abfallwirtsch.* 63, 95–104. URL: https://iwr.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-wasserguete/Projekte/GERN/download/Zessner_et_al_2_OEWAW.pdf (zugegriffen 27.8.19).
- Zessner, M., Schönhart, M., Parajka, J., Trautvetter, H., Mitter, H., Kirchner, M., Hepp, G., Blaschke, A.P., Strenn, B., Schmid, E., 2017. A novel integrated modelling framework to assess the impacts of climate and socio-economic drivers on land use and water quality. *Sci. Total Environ.* 579, 1137–1151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.092>
- Zhang, X., Davidson, E.A., Mauzerall, D.L., Searchinger, T.D., Dumas, P., Shen, Y., 2015. Managing nitrogen for sustainable development. *Nature* 528, 51–59. <https://doi.org/10.1038/nature15743>

