

Wirtschaft stärken und Klimaziele erreichen: Wege zu einem nahezu treibhausgas- emissionsfreien Österreich

Stefan P. Schleicher, Karl W. Steininger

November 2017

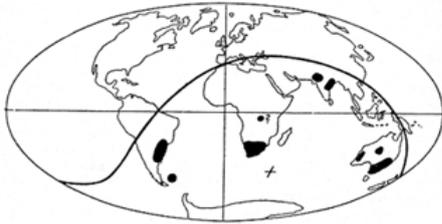


Wegener Center



Das **Wegener Center für Klima und Globalen Wandel** vereint als interdisziplinäres und international orientiertes Forschungsinstitut die Kompetenzen der Karl-Franzens-Universität Graz im Forschungsbereich "Klimawandel, Umweltwandel und Globaler Wandel". Forschungsgruppen und ForscherInnen aus Bereichen wie Geo- und Klimaphysik, Meteorologie, Volkswirtschaftslehre, Geographie und Regionalforschung arbeiten in unmittelbarer Campus-Nähe unter einem Dach zusammen. Gleichzeitig werden mit vielen KooperationspartnerInnen am Standort, in Österreich und international enge Verbindungen gepflegt. Das Forschungsinteresse erstreckt sich dabei von der Beobachtung, Analyse, Modellierung und Vorhersage des Klima- und Umweltwandels über die Klimafolgenforschung bis hin zur Analyse der Rolle des Menschen als Mitverursacher, Mitbetroffener und Mitgestalter dieses Wandels. (mehr Informationen unter www.wegcenter.at)

Der Bericht wurde auf Basis eines Wegener Center Forschungsprojekts zur Umsetzung des Pariser Klimaabkommens in Österreich im Vorfeld der Weltklimakonferenz 2017 in Bonn erstellt.



Alfred Wegener (1880–1930), Namensgeber des Wegener Center und Gründungsinhaber des Geophysik-Lehrstuhls der Universität Graz (1924–1930), war bei seinen Arbeiten zur Geophysik, Meteorologie und Klimatologie ein brillanter, interdisziplinär denkender und arbeitender Wissenschaftler, seiner Zeit weit voraus. Die Art seiner bahnbrechenden Forschungen zur Kontinentaldrift ist großes Vorbild–seine Skizze zu Zusammenhängen der Kontinente aus Spuren einer Eiszeit vor etwa 300 Millionen Jahren als Logo-Vorbild ist daher steter Ansporn für ebenso mutige wissenschaftliche Wege: Wege entstehen, indem wir sie gehen (Leitwort des Wegener Center).

Wegener Center Verlag • Graz, Austria

© 2017 Alle Rechte vorbehalten.

Auszugsweise Verwendung einzelner Bilder, Tabellen oder Textteile bei klarer und korrekter Zitierung dieses Berichts als Quelle für nicht-kommerzielle Zwecke gestattet. Verlagskontakt bei allen weitergehenden Interessen: wegcenter@uni-graz.at.

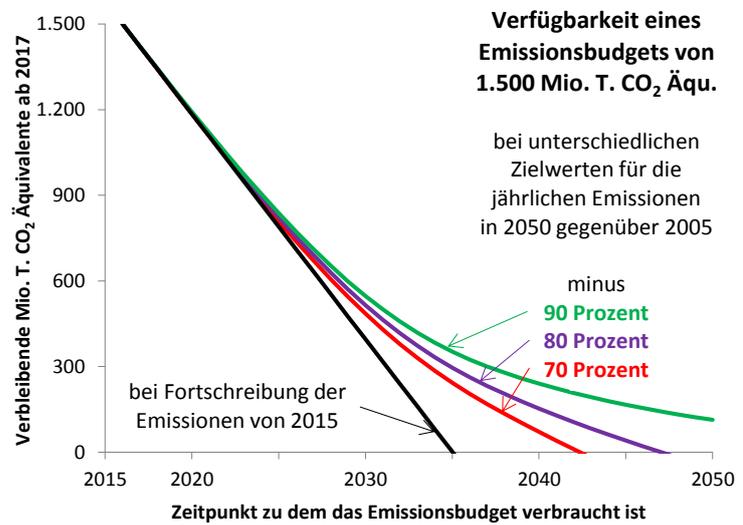
ISBN 978-3-9504501-1-8

November 2017

*Kontakt: Stefan Schleicher, stefan.schleicher@uni-graz.at
Karl Steininger, karl.steininger@uni-graz.at*

Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
Karl-Franzens-Universität Graz
Brandhofgasse 5
8010 Graz, Austria
www.wegcenter.at

WIRTSCHAFT STÄRKEN UND KLIMAZIELE ERREICHEN: WEGE ZU EINEM NAHEZU TREIBHAUSGAS- EMISSIONSFREIEN ÖSTERREICH



Stefan P. Schleicher, Karl W. Steininger

November 2017

Wegener Center Wissenschaftlicher Bericht 73-2017

ISBN: 978-3-9504501-1-8

Die Autoren danken Birgit Bednar-Friedl und Gottfried Kirchengast für die Diskussion und vielfältige Anregungen während der Forschungsarbeiten und der Erstellung dieses Berichts.

Inhalt

KURZFASSUNG	1
1 EINLEITUNG	3
2 EINIGE FAKTEN ZU DEN TREIBHAUSGASEMISSIONEN ÖSTERREICHS	5
2.1 Die Dynamik der Treibhausgasemissionen	5
2.2 Die Zusammensetzung der Treibhausgasemissionen	5
2.3 Strukturelle Veränderungen bei den Treibhausgasemissionen.....	6
3 WIE KÖNNEN RADIKALE REDUKTIONSPFADE GEFUNDEN WERDEN?	7
3.1 Ein vertieftes Verständnis der systemischen Zusammenhänge als Voraussetzung	7
3.2 Das Design für eine radikale Reduktion von Treibhausgasemissionen.....	7
3.3 Die Bedingungen für einen radikalen Transformationspfad.....	8
3.3.1 Die zu erfüllenden Funktionalitäten	9
3.3.2 Funktionalität Nieder-Temperatur	9
3.3.3 Funktionalität Hoch-Temperatur	10
3.3.4 Funktionalität Stationäre Antriebe	11
3.3.5 Funktionalität Mobile Antriebe	11
3.3.6 Funktionalität Beleuchtung, Elektronik	12
3.3.7 Die Dynamik der Veränderungen	12
3.3.8 Sonstige Treibhausgasemissionen.....	13
4 WELCHE REDUKTIONSPFADE ERFORDERN WELCHE EMISSIONSBUDGETS?	14
4.1 Fokus auf die Reduktion der energetischen Emissionen	14
4.2 Ergänzende Reduktion der nicht-energetischen Emissionen.....	15
4.3 Radikale Reduktion innerhalb des österreichischen Treibhausgasbudgets	16
4.4 Die Folgen im Kontext eines begrenzten Emissionsbudgets von Treibhausgasen.....	18
5 MASSNAHMEN ZUR ZIELERREICHUNG	19
5.1 Zugänge für ein vertieftes Systemverständnis.....	19
5.2 Maßnahmen für die Bereiche	20
5.2.1 Bereich Nieder-Temperatur	20
5.2.2 Bereich Hoch-Temperatur	20
5.2.3 Bereich Stationäre Antriebe.....	20
5.2.4 Bereich Mobile Antriebe.....	21

5.2.5	Bereich Beleuchtung und Elektronik.....	21
5.2.6	Bereich Prozesse.....	22
5.2.7	Bereich Landwirtschaft	22
5.2.8	Bereich Abfall.....	22
6	AUSBLICK	24
7	LITERATUR	25
8	ANHANG: ANMERKUNGEN ZUR METHODIK	27

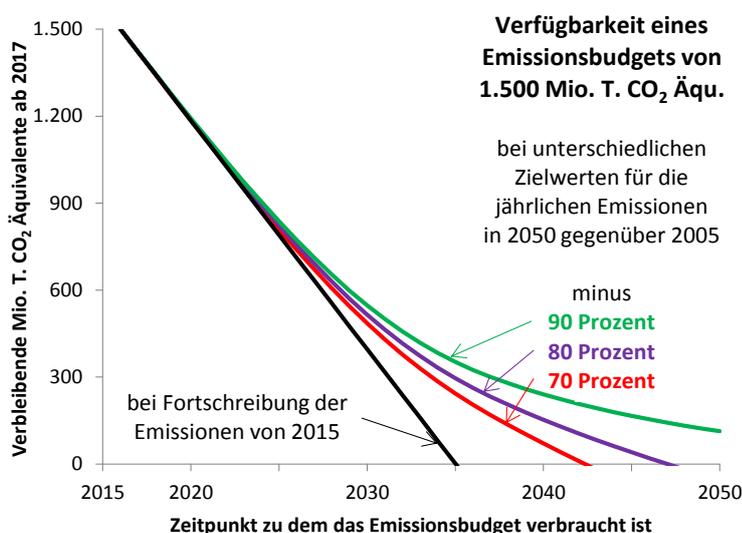
Kurzfassung

Der Wissensstand der Forschung zum Klimawandel ist mittlerweile so klar, dass die Wichtigkeit des Klimaschutzes und der notwendige substanzielle Beitrag Österreichs zur Reduktion von Treibhausgasen außer Zweifel stehen (IPCC, 2014; APCC, 2014; Kirchengast, 2017; UNEP, 2017; WMO, 2017). Unter welchen Bedingungen könnte es Österreich schaffen, bis 2050 mit einem Emissionsbudget für Treibhausgase auszukommen, das mit der Einhaltung des Pariser Klimaabkommens vereinbar und nach dem Kriterium globaler Fairness für Österreich verfügbar ist?

In mehrfacher Hinsicht sind die Antworten dafür nicht einfach verfügbar. Es stellt sich nämlich heraus, dass dafür extrem tiefgreifende Veränderungen beim Umgang mit Energie und jenen treibhauswirksamen Emissionen erforderlich sind, die beispielsweise bei der Produktion von Stahl und Zement aber auch in der Landwirtschaft und beim Abfall anfallen (in der wissenschaftlichen Fachliteratur hat sich für diese tiefgreifenden Veränderungen der Terminus „radikale Veränderung“ etabliert, der daher auch im vorliegenden Bericht verwendet wird).

Wie solche tiefgreifenden Reduktionspfade bis 2050 aussehen müssten, zeigt Abbildung K-1. Demnach wäre ein Emissionsbudget in Höhe von 1.500 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten, das für Österreich im höchsten Fall argumentiert werden kann (Meyer und Steininger, 2017), bei Fortschreibung der Emissionen von 2015 schon bis 2035 ausgeschöpft. Mit tiefgreifenden, in der einschlägigen Fachliteratur als radikal bezeichneten, strukturellen Veränderungen im Umgang mit Energie könnten bis 2050 die Treibhausgasemissionen aus energetischer Nutzung gegenüber 2005 um 90 Prozent reduziert werden (die Treibhausgasemissionen insgesamt um 70 Prozent) und das Emissionsbudget würde bis 2042 reichen. Erst darüberhinausgehende, nach heutigem Wissensstand als insgesamt extrem aufwendig zu bezeichnende, und daher hinsichtlich der Realisierbarkeit noch offene zusätzliche Verminderungen bei den Emissionen aus industriellen Prozessen und der Landwirtschaft sowie beim Abfall würden es erlauben mit dem Emissionsbudget bis 2050 auszukommen, und zwar falls es gelingt, die Emissionen bis 2050 um insgesamt zumindest 90 Prozent zu vermindern.

Abbildung K-1: Die Ausschöpfung des maximalst verfügbaren Emissionsbudgets bei unterschiedlichen radikalen Emissionsreduktionspfaden



Aus ethischen Prinzipien und einer Gleichverteilung des global verfügbaren Treibhausgasbudgets pro Kopf der Weltbevölkerung ergibt sich ein deutlich geringeres für Österreich bis 2050 noch verfügbares Treibhausgasbudget in Höhe von 1.000 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten oder darunter. Zur Einhaltung desselben wäre die Geschwindigkeit der genannten Emissionsreduktion um 3 bis 6 Jahre zu beschleunigen, sowie die Bindung von Treibhausgasen durch Humusaufbau aufgrund einer Änderung der Bewirtschaftungsform der landwirtschaftlichen Böden österreichweit vollständig auszuschöpfen.

Für den Umgang mit Energie sind die genannten radikalen Emissions-Reduktionen darstellbar, weil entsprechende Technologien entweder schon verfügbar oder absehbar sind. Neue Gebäude können schon jetzt so konzipiert werden, dass sie kaum mehr auf Energie von außen angewiesen sind und künftig eine Rolle bei der Bereitstellung und Speicherung von Energie übernehmen können. Bis 2050 könnte der gesamte Gebäudebestand diese Qualitäten aufweisen. Mobilität – verstanden als Zugang zu Personen, Gütern und Orten – könnte wegen der sich entfaltenden Kommunikationstechnologien nicht mehr immer mit Transportbewegungen verbunden sein. Letztere würden bis 2050 zudem weitgehend auf der Basis elektrischer Antriebe erfolgen. Neue Strukturen für energierelevante Netze folgen dann diesen tiefgreifenden Änderungen bei der Verwendung von Energie. Sowohl die Netze für Elektrizität als auch für Wärme sollten immer lokaler und immer intensiver Verwendung und Bereitstellung von Energie verschränken, was aber beachtliche Veränderungen gegenüber den jetzigen Netzstrukturen erfordert.

Weitaus ungesicherter sind Perspektiven für die Treibhausgasemissionen aus industriellen Prozessen, der Landwirtschaft und dem Abfall. Eine Absenkung auch in diesen Bereichen ist letztlich für die Erreichung von umfassenden Emissionsminderungszielen verantwortlich und erfordert intensive Anstrengungen für das Design künftiger Wirtschafts- und Lebensstile.

Der vorliegende Bericht zeigt die Dimension der erforderlichen Änderung anhand detaillierter Indikatoren und deren Entwicklung über die Zeit auf, identifiziert jeweils die Richtung, insbesondere anhand sich abzeichnender oder einzuleitender Trends. Die erforderlichen Änderungen betreffen dabei einerseits solche, die technologisch und organisatorisch bereits verfügbar sind, und andererseits solche, wo dies derzeit nicht gegeben, sondern erst durch Forschung und gesellschaftliche Diskussion zu erreichen ist.

1 EINLEITUNG

Österreich braucht eine Neuorientierung in der Ausgestaltung seiner Energie- und Klimapolitik.

In diesem Wissenschaftlichen Bericht machen wir aufmerksam, dass dafür mindestens die folgenden Inhalte bei Entscheidungen auf allen Ebenen der Politik, in Unternehmungen aber auch im persönlichen Umgang mit Energie zu bedenken wären:

- Es reicht nicht aus, punktuelle Zielsetzungen für die Reduktion von Treibhausgasen zu setzen, wie die absehbaren EU-Ziele für 2030 und 2050.
- Aus den im Pariser Klimaabkommen festgelegten Begrenzungen beim Temperaturanstieg folgen damit verträgliche Budgets für die noch zulässigen Treibhausgasemissionen.
- Die Energie- und Klimapolitik sollte sich deshalb an diesen verfügbaren Emissionsbudgets orientieren und auf dieser Basis langfristige Pfade für eine tiefgreifende Veränderung der für Energie und Emissionen relevanten Infrastruktur und erbrachter Dienstleistungen entwickeln.

Zu dieser Neuorientierung der österreichischen Energie- und Klimapolitik liefert dieser Wissenschaftliche Bericht eine Reihe von Aussagen:

- Es sind tiefgreifende Veränderungen im Umgang mit Energie erforderlich, damit Österreich mit einem unter dem Kriterium globaler Fairness festgelegten Emissionsbudget bis 2050 auskommen kann. Als erster Schritt wäre dafür die zugrundeliegende gesellschaftliche Konsensfindung einzuleiten, für die in Österreich der Prozess bisher weder aufgesetzt noch initiiert ist.
- Für den Bereich Energie bedeutet das jedenfalls eine Halbierung des gegenwärtigen Energieverbrauchs bis längstens zur Mitte des Jahrhunderts verbunden mit einer Erneuerung des gesamten Gebäudebestands und weitgehend elektrischen Antrieben bei allen Fahrzeugen.
- Eine besondere Herausforderung sind jedoch jene Emissionen, die aus den Prozessen der industriellen Produktion, der Landwirtschaft und dem Abfall stammen, weil dafür fundamentale Änderungen bei Technologien und Lebensstilen erforderlich sind.

Für die Fundierung dieser Aussagen gehen wir eine Reihe von neuen Wegen:

- Wir verwenden ein vertieftes Verständnis der für Energie und Emissionen verantwortlichen Systeme, wobei wir als Ausgangspunkt die zu erfüllenden wohlstandsrelevanten Funktionalitäten in Gebäuden, Mobilität und Produkten wählen.
- Wir betonen die enormen Potenziale für Innovation bei der Anwendung, Transformation und Bereitstellung von Energie, die zu ganz neuen Entwicklungen in der für Energie relevanten Infrastruktur führen werden.
- Wir empfehlen ein weitsichtiges und überlegtes Carbon Management für das noch verfügbare Emissionsbudget, das intensive Anstrengungen bei Forschung und Entwicklung erfordert.

Wie umfassend die Änderungen im Wirtschafts- und Lebensstil sein müssen, um Transformationspfade zu erreichen, die einerseits unsere Wohlstandserwartungen erfüllen und andererseits mit verantwortbaren Emissionsbudgets verträglich sind, zeigen die Details der dafür durchgeführten Analysen.

Große Umwälzungen haben die Menschheitsgeschichte seit jeher begleitet. Etwa als der Buchdruck erfunden wurde – was war die Schreibkunst des handschriftlichen Übertrags noch wert? Mit der Digitalisierung wird heutzutage ein ähnlich revolutionärer Umbruch möglich und kann gestaltet werden, um damit den Herausforderungen unserer Zeit zu begegnen, von sozialen Verbesserungen bis zum Carbon Management (der Kreislauf-Führung der Kohlenstoffströme).

Dass eine radikale Emissionsreduktion gangbar ist, zeigte Österreich etwa in den beiden letzten Dekaden des 20. Jahrhunderts, als die Emissionen von Schwefeldioxid um 90%, jene von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) um die Hälfte gesenkt wurden. Die Verringerung der Treibhausgasemissionen ist zwar eine viel umfassendere Fragestellung als es die – letztlich auch technische Lösung bei – Schwefeldioxid- und VOC-Emissionen war, weil die Verwendung fossiler Energie viel grundsätzlicher und inhärenter in unser Wirtschaftssystem verflochten ist.

Die Notwendigkeit und Angemessenheit einer umfassenden Reduktion auch der österreichischen Treibhausgas-Emissionen stehen im weltweiten Kontext des fortschreitenden Klimawandels außer Zweifel (IPCC, 2014; UNEP, 2017; WMO, 2017; APCC, 2014; Kirchengast, 2017), sodass diese herausfordernde Transformation jedenfalls unter bestmöglicher Nutzung der Chancen anzugehen ist. Damit der gesellschaftliche und politische Konsens dazu erzielt werden kann, soll diese Studie beitragen die Diskussion dafür zu öffnen und inhaltlich zu vertiefen.

2 EINIGE FAKTEN ZU DEN TREIBHAUSGASEMISSIONEN ÖSTERREICHS

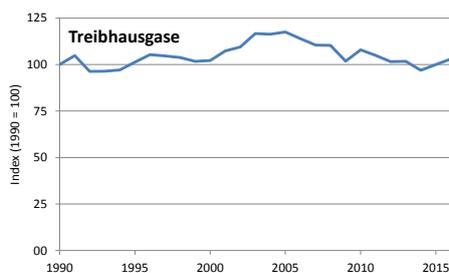
Für ein besseres Verständnis der Fakten zu den Treibhausgasemissionen Österreichs ist es zielführend eingangs zwei Fragestellungen zu beleuchten:

- Welche Dynamik weisen die Emissionen seit 1990 auf, das als Referenzjahr für viele künftige Ziele verwendet wird?
- Wie setzen sich die Emissionen nach Gasen und nach Bereichen zusammen?

2.1 Die Dynamik der Treibhausgasemissionen

Aus Abbildung 2-1 ist zu ersehen, dass die österreichischen Treibhausgasemissionen derzeit über dem Wert für 1990 liegen. Nach einem Höhepunkt um 2005 sanken die Emissionen für einige Jahre, wofür vor allem auch warme Wintertemperaturen und geringere wirtschaftliche Aktivität verantwortlich waren. Seit 2015 ist jedoch wieder ein Anstieg zu verzeichnen.

Abbildung 2-1: Die Dynamik der Treibhausgasemissionen Österreichs seit 1990



Datenquelle: Umweltbundesamt (2017a) sowie eigene Schätzung für 2016

2.2 Die Zusammensetzung der Treibhausgasemissionen

Aufgeteilt nach Gasen ergeben sich aus Tabelle 2-1 für 2015 folgende Anteile für die einzelnen Treibhausgase:

- 85 Prozent **Kohlendioxid** (CO₂),
- 8 Prozent **Methan** (CH₄),
- 4 Prozent **Lachgas** (N₂O) und
- 3 Prozent **Fluorierte Gase** (F-Gase).

Aufschlussreich ist die Aufteilung der Treibhausgasemissionen nach Bereichen:

- 68 Prozent aus **Energie**, hauptsächlich CO₂ durch die Verwendung von fossilen Energieträgern für energetische Zwecke,
- 21 Prozent aus **Prozessen**, durch Freisetzung von CO₂ und F-Gasen bei bestimmten Produktionsvorgängen, wie für Stahl und Zement,
- 9 Prozent aus der **Landwirtschaft**, wo durch die Viehzucht und Düngung Methan und Lachgas freigesetzt werden, und
- 2 Prozent aus dem **Abfall**, wenn dabei Methan emittiert wird.

Tabelle 2-1: Treibhausgasemissionen Österreichs nach Bereichen und Gasen

Treibhausgase	Insgesamt	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-Gase
Mio. T. CO ₂ Äquivalente					
2015	78,9	66,7	6,6	3,5	2,0
Energie	53,4	52,1	0,6	0,6	0,0
Prozesse	16,7	14,4	0,0	0,2	2,0
Landwirtschaft	7,2	0,1	4,6	2,5	0,0
Abfall	1,7	0,1	1,3	0,3	0,0

Datenquelle: Umweltbundesamt (2017a); Bezugsjahr 2015; Global Warming Potential: aao., S. 49.

2.3 Strukturelle Veränderungen bei den Treibhausgasemissionen

In Tabelle 2-2 werden die strukturellen Veränderungen bei den Treibhausgasemissionen seit 1990 sichtbar. Bemerkenswert sind der Anstieg von CO₂ bis 2005 und der Rückgang danach. Methan und Lachgas nehmen tendenziell ab. Die F-Gase haben eine steigende Tendenz. Die Emissionen aus dem Bereich Energie reflektieren die Dynamik der CO₂-Emissionen. Der Bereich Prozesse weist steigende, der Bereich Landwirtschaft stagnierende und der Bereich Abfall fallende Trends auf.

Tabelle 2-2: Strukturelle Veränderungen bei den Treibhausgasemissionen Österreichs

Tausend Tonnen CO ₂ Äquivalente	1990	2000	2005	2010	2015
Treibhausgase	78.805	80.534	92.642	85.059	78.851
nach Gasen					
CO ₂	62.293	66.346	79.369	72.547	66.724
CH ₄	10.514	8.447	7.808	7.211	6.575
N ₂ O	4.342	4.354	3.633	3.399	3.517
F-Gase	1.656	1.387	1.832	1.902	2.035
nach Bereichen					
Energie	53.028	55.422	67.134	59.881	53.351
CO ₂			65.939	58.666	52.198
Sonstige Gase			1.195	1.215	1.153
Prozesse	13.663	14.642	15.612	15.926	16.676
CO ₂	10.872	12.082	13.315	13.773	14.415
Metall-Industrie	8.177	8.483	9.577	10.227	10.772
Sonstige Sektoren	2.695	3.599	3.738	3.546	3.643
Sonstige Gase	2.791	2.560	2.297	2.153	2.261
Landwirtschaft	8.189	7.506	7.104	7.094	7.168
Abfall	3.925	2.963	2.791	2.158	1.656
CO₂ nach Bereichen					
CO₂	62.293	66.346	79.369	72.547	66.724
Energie	51.299	54.152	65.939	58.666	52.198
Prozesse	10.872	12.082	13.315	13.773	14.415
Landwirtschaft und Abfall	122	112	115	108	111

Datenquelle: Umweltbundesamt (2017a)

3 WIE KÖNNEN RADIKALE REDUKTIONSPFADE GEFUNDEN WERDEN?

Nur auf den ersten Blick erscheinen Reduktionsstrategien plausibel, die für die gesamten Treibhausgasemissionen für ein gewähltes Zieljahr – etwa 2050 – eine radikale Emissionsreduktion – etwa 90 Prozent oder mehr – einfordern und diesen Reduktionswert weitgehend identisch für alle Bereiche festlegen. Es stellt sich nämlich heraus, dass die einzelnen Bereiche sehr unterschiedlich verfügbare Potenziale für die Minderung der Treibhausgasemissionen aufweisen und dementsprechend differenzierte Strategien zu entwerfen sind.

3.1 Ein vertieftes Verständnis der systemischen Zusammenhänge als Voraussetzung

Die Treibhausgasemissionen aus den vier angesprochenen Bereichen – Energie, Prozesse, Landwirtschaft und Abfall – reflektieren den Wirtschafts- und Lebensstil unserer Gesellschaft. Besonders gewichtig ist dabei der Umgang mit Energie, dessen Bereich derzeit für rund zwei Drittel der Treibhausgasemissionen verantwortlich ist.

Deshalb basieren die weiterführenden Analysen auf einem vertieften Verständnis des Energiesystems, um langfristige Transformationsvorgänge sowohl hinsichtlich der Potentiale als auch hinsichtlich der vielfältigen Wirkungen – vom Bedarf an Infrastruktur bis zum Bedarf an Koordination und Anreizen – besser beurteilen zu können. Zugrunde liegt den nachfolgenden Analysen deshalb ein detailliertes analytisches Modell (Schleicher et al., 2017) für das österreichische Energiesystem, das eine Reihe von innovativen Elementen aufweist.

Das Energiesystem wird dabei in allen im folgenden aufgegliederten Bereichen entlang der gesamten energetischen Wertschöpfungskette beschrieben, beginnend mit den zu erfüllenden Funktionalitäten für thermische, mechanische und spezifisch-elektrische Dienstleistungen, über die Technologien für Anwendungen und Transformation bis zum Bedarf an Primärenergie.

Dieses analytische Modell ist im Web verfügbar unter <http://energyfutures.net/>. Dieses Tool erleichtert nicht nur den Zugang zum propagierten vertieften Verständnis von Energie und Emissionen sondern ermöglicht auch eigene Abschätzungen über selbst gewählte Transformationspfade. Weitere Informationen über dieses Tool finden sich im Anhang.

3.2 Das Design für eine radikale Reduktion von Treibhausgasemissionen

Ausgangspunkt ist die Feststellung der vom Energiesystem letztlich zu erbringenden Aufgaben, die wir in folgende Funktionalitäten für zu erbringende Dienstleistungen aufteilen:

- Funktionalitäten für **Nieder-Temperatur**, wie die Temperierung von Gebäuden.
- Funktionalitäten für **Hoch-Temperatur**, wie in industriellen Prozessen.
- Funktionalitäten für **Stationäre Antriebe**, wie durch Motoren aller Größenordnungen.
- Funktionalitäten für **Mobile Antriebe**, für alle mit Transport verbundenen Aufgaben.

- Funktionalitäten für **Beleuchtung und Elektronik**, die nur mit Elektrizität zu erfüllen sind.

Treibhausgasemissionen (*C*) resultieren im Bereich Energie grundsätzlich aus der Verknüpfung von **Emissions-Intensität** (*C/E*), **Energie-Produktivität** (*A/E*) und **Aktivität** (*A*):

$$\text{Energie} = (1 / \text{Energie-Produktivität}) \cdot \text{Aktivität}$$

$$\text{Emissionen} = \text{Emissions-Intensität} \cdot (1 / \text{Energie-Produktivität}) \cdot \text{Aktivität}$$

oder

$$E = (1 / (A/E)) \cdot A$$

$$C = (C/E) \cdot (1 / (A/E)) \cdot A$$

Die relevanten Aktivitäten hängen davon ab, welche Komponente des Energiesystems auf der energetischen Wertschöpfungskette angesprochen wird. Bei der Anwendung von Energie beschreiben die Funktionalitäten das Aktivitätsniveau der gewünschten Funktionalitäten. Bei der Transformation von Energie ist es der Output, wie Elektrizität und Wärme. Wird das Gesamtsystem angesprochen, so werden im Folgenden die Funktionalitäten als Aktivität mit den Emissionen verbunden, die auf allen dahinterliegenden Ebenen (Anwendung und Transformation) ausgelöst werden. Drei Schlüsselparameter bestimmen somit die langfristig angestrebten Veränderungen im Umgang mit Energie und den damit verbundenen Emissionen:

- Die Anforderungen an **Funktionalitäten**, wie das Volumen von angenehm temperierten Gebäuden.
- Die **Energie-Produktivitäten**, die von der thermischen Gebäudequalität bis zum Wirkungsgrad von Turbinen reichen.
- Der **Energie-Mix**, der bei Anwendung und Transformation gewählt wird.

Mit diesen drei Schlüsselparameter-Sets und deren Äquivalenten für den nicht-energetischen Bereich wird nachfolgend – unter der Annahme von unterschiedlicher Diffusion bei diesen strukturellen Änderungen, die Funktionalitäten, Energie-Produktivitäten und Energie-Mix betreffen – ein umfassender Transformationspfad (in der Folge als radikaler Transformationspfad bezeichnet) bis zum Jahr 2050 entwickelt.

3.3 Die Bedingungen für einen radikalen Transformationspfad

Nachfolgend wird gezeigt, welche einschneidenden Veränderungen bei den Schlüsselparametern im Umgang mit Energie, bei Produktionsprozessen, in der Landwirtschaft und beim Abfall notwendig sind, um eine radikale Reduktion bei den Treibhausgasen zu erreichen. Im Detail dargelegt wird dieser Übergang für CO₂ wegen dessen dominierender Rolle im Spektrum der Emissionen. In der anschließenden Darstellung der mit diesen Änderungen verbundenen Treibhausgasemissionen wird sodann wieder auf alle Treibhausgase Bezug genommen.

Startpunkt in der Darstellung sind die CO₂-Emissionen bei der Verwendung von Energie. Die zur erfüllenden energetischen Dienstleistungen beschreiben die einzelnen Funktionalitäten, deren relative Bedeutung anhand der zuordenbaren Anteile von Endenergie abgeschätzt werden kann:

- 28 Prozent für **Nieder-Temperatur**
- 22 Prozent für **Hoch-Temperatur**
- 11 Prozent für **Stationäre Antriebe**
- 36 Prozent für **Mobile Antriebe**
- 3 Prozent für **Beleuchtung und Elektronik**

Für jede dieser Funktionalitäten werden nun umfassende Transformationspfade dargestellt. Drei Parameter sind dafür bestimmend:

- Die erwartete Entwicklung über die zu erfüllenden **Funktionalitäten**
- Die nach derzeitigem Wissen argumentierbaren Verbesserungen bei den **Energie-Produktivitäten**
- Die emissionsreduzierenden Veränderungen im **Energiemix**

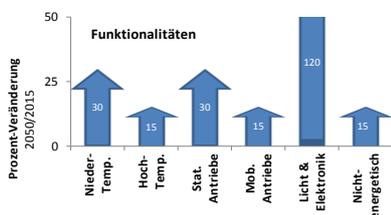
Es wird damit beispielhaft ein möglicher Gesamttransformationspfad dargestellt. Unsicherheiten bestehen sowohl hinsichtlich der konkreten Pfade in den Teilbereichen als auch in der Zuteilung der Emissionsbudgets auf die Teilbereiche. Alle dabei verwendeten Annahmen werden jedoch transparent gemacht und sollen damit zwei Zwecke erfüllen. Erstens Hinweise geben, wie ungemein einschneidend die Veränderungen bei diesen Parametern sein müssten, um solch radikale Emissionsreduktionen zu erreichen. Zweitens die Möglichkeit öffnen, um abweichende eigene Vorstellungen über Transformationspfade darzustellen.

Als Zeithorizont für die zu entwickelnden Transformationspfade wird 2050 gewählt.

3.3.1 Die zu erfüllenden Funktionalitäten

Die für die Entwicklung der Funktionalitäten getroffenen Annahmen sind in Abbildung 3-1 ausgewiesen. Zugrunde liegt die Überlegung, dass durchwegs ein zunehmender Bedarf erwartet wird, der einerseits mit Wohlstandserwartungen und andererseits mit der Bevölkerungsentwicklung zu argumentieren ist. Damit soll Einwänden begegnet werden, die radikale Emissionsreduktionen mit Einschränkungen bei den wohlstandsbestimmenden Funktionalitäten verbinden.

Abbildung 3-1: Annahmen über die zu erfüllenden Funktionalitäten



Welche weiteren Annahmen bezüglich der Verbesserungen bei den energetischen Produktivitäten und bei den Veränderungen im Energiemix getroffen werden, ist in den nachfolgenden Abschnitten ausgewiesen. Quellen dafür sind beispielsweise die laufenden Jahrgänge des Schweizer Energiefachbuchs und die Publikation zu Folgenabschätzungen für österreichische Energie- und Klimastrategien (Schleicher et al. 2017).

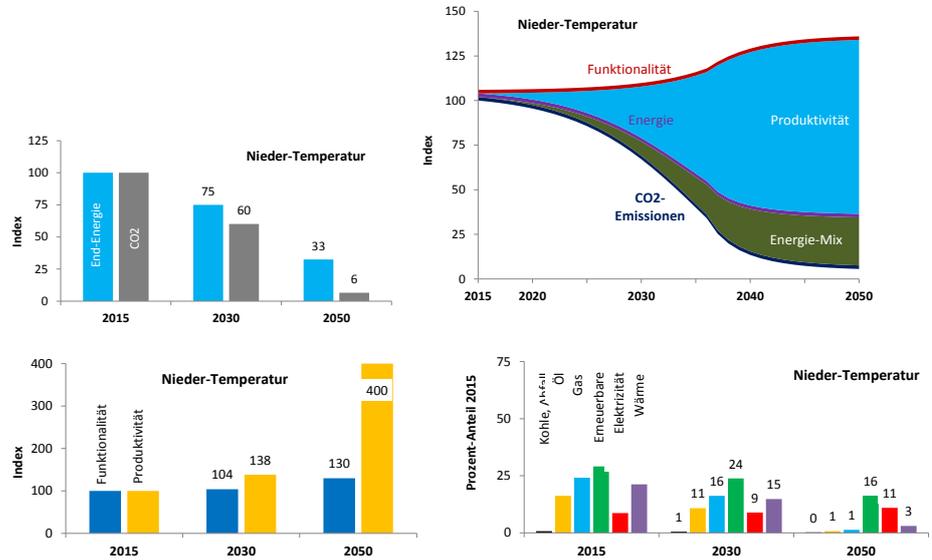
Ausdrücklich ist zu betonen, dass die Realisierung der damit verbundenen gravierenden Restrukturierungen einen gesellschaftlichen Konsens erfordert. Für einen Teil dieser Veränderungen ersehen wir diesen bereits, für einen wesentlichen Teil gilt es den Prozess zu einer solchen Konsensfindung einzuleiten. Die folgende Darstellung kann dafür eine der Quellen für Grundlageninformationen sein.

3.3.2 Funktionalität Nieder-Temperatur

Für die mit Nieder-Temperatur verbundenen energetischen Dienstleistungen sind die Wohn- und Wirtschaftsgebäude verantwortlich. Unter der großzügigen Annahme einer Ausweitung der Funktionalitäten um bis zu 30 Prozent, bedingt durch Bevölkerungswachstum und wachsende Komfortansprüche, wird mit schon heute in Österreich verfügbaren Gebäudetechnologien, wie aus Abbildung 3-2 ersichtlich, bis 2050 eine Reduktion der Energiemengen auf ein Drittel fast emissionsfrei erreichbar. Verantwort-

lich dafür ist vor allem die Erhöhung der Energie-Produktivität der Gebäude über eine hochwertige thermische Qualität und nachrangig die Verbesserung im Energiemix.

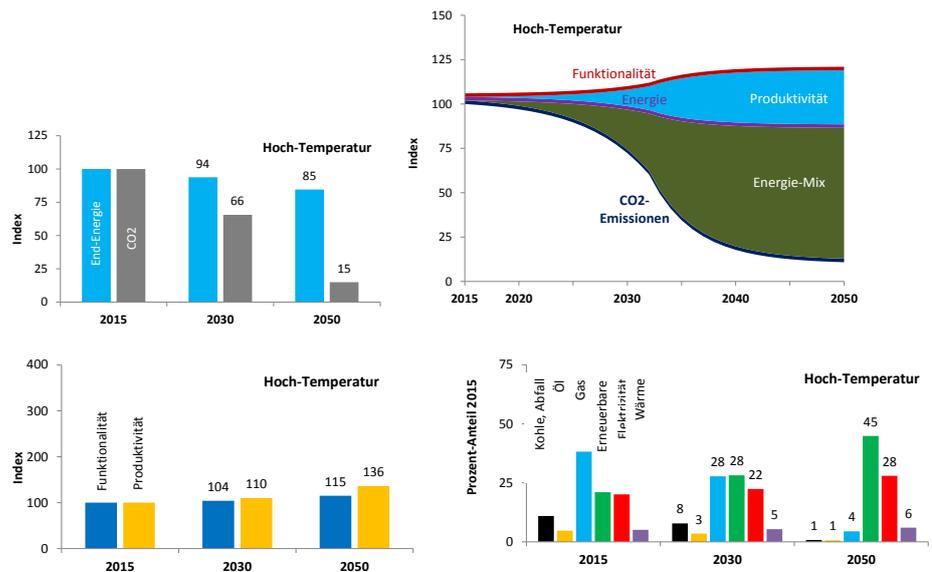
Abbildung 3-2: Radikale Transformation bei der Funktionalität Nieder-Temperatur



3.3.3 Funktionalität Hoch-Temperatur

Funktionalitäten im Bereich der Hoch-Temperatur betreffen vor allem Produktionsvorgänge mit Dampf und Brennstoffen. Trotz eines Anstiegs der Produktionsaktivitäten um 15 Prozent – beispielsweise über verbesserte Steuerungen – wird vor allem durch eine Änderung im Energie-Mix eine Absenkung der Emissionen auf ein Siebentel darstellbar, weil erneuerbare Energieträger eine bedeutende Rolle bei der Substitution von Fossilen übernehmen können.

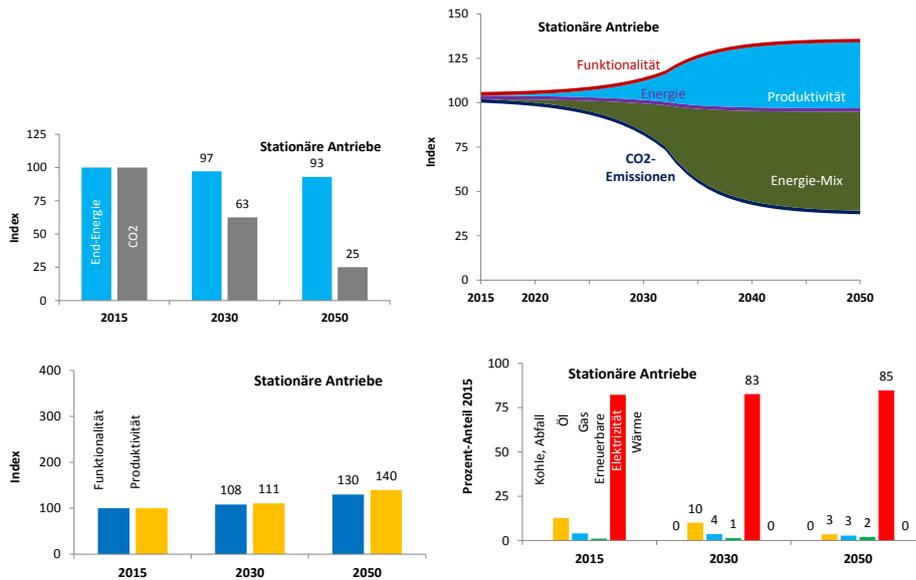
Abbildung 3-3: Radikale Transformation bei der Funktionalität Hoch-Temperatur



3.3.4 Funktionalität Stationäre Antriebe

Für die Funktionalität Stationäre Antriebe durch Motoren unterschiedlichster Dimensionen werden allein durch die fortschreitende Automatisierungen kräftige Ausweitungen erwartet. Durch einen weitgehenden Übergang auf elektrische Motoren ist dennoch eine Absenkung des Energieverbrauchs darstellbar. Die noch verbleibenden CO₂-Emissionen reflektieren indirekte Emissionen über den Bezug von Elektrizität.

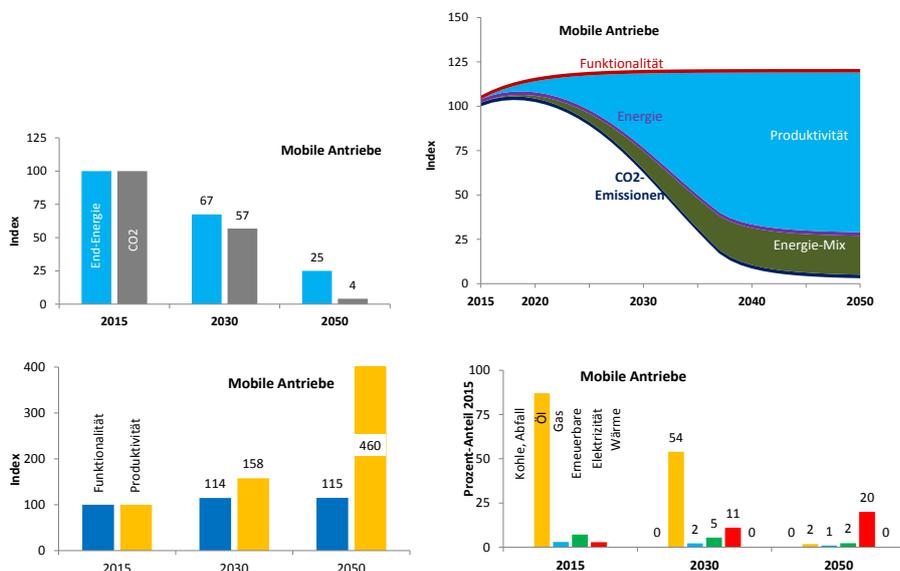
Abbildung 3-4: Radikale Transformation bei der Funktionalität Stationäre Antriebe



3.3.5 Funktionalität Mobile Antriebe

Die Funktionalität Mobile Antriebe wird derzeit fast ausschließlich über den Transport mit Fahrzeugen erfüllt. Künftig ist auch von Kommunikationstechnologien ein nicht zu unterschätzender Beitrag für den Zugang zu Personen, Gütern und Orten – dem neuen Verständnis für Mobilität – zu erwarten.

Abbildung 3-5: Radikale Transformation bei der Funktionalität Mobile Antriebe

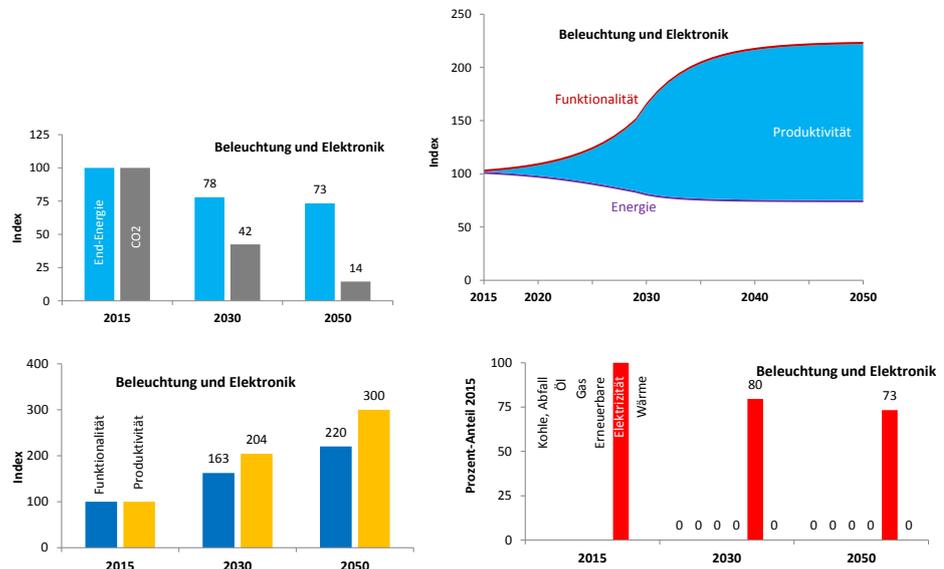


Angesichts der gewohnten raschen Erneuerung des Fahrzeugbestandes und der sich abzeichnenden Attraktivität von elektrischen Antrieben ist argumentierbar, dass sogar eine zunehmende Funktionalität – wie sie der bisherigen historischen Entwicklung entspräche – künftig mit einem Viertel der Energiemenge und einem Siebentel der aktuellen Emissionen auskommen könnte.

3.3.6 Funktionalität Beleuchtung, Elektronik

Die Funktionalität für Beleuchtung und Elektronik ist nur mit Elektrizität erfüllbar. Trotz mindestens einer Verdoppelung dieser Funktionalität vor allem aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung ist wegen der hohen Potentiale für eine verbesserte Energieproduktivität auch in diesem Bereich ein Rückgang bei Elektrizität und deren impliziten Emissionen darstellbar.

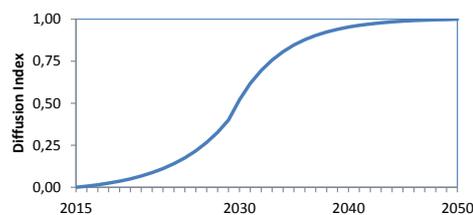
Abbildung 3-6: Radikale Transformation bei der Funktionalität Beleuchtung und Elektronik



3.3.7 Die Dynamik der Veränderungen

Für alle bisher angesprochenen Veränderungen bei den Funktionalitäten, den Energie-Produktivitäten und beim Energie-Mix sind noch Überlegungen bezüglich der zeitlichen Dynamik anzustellen. Grundsätzlich werden dafür, wie in Abbildung 3-7 ersichtlich, logistische Verläufe, verwendet.

Abbildung 3-7: Dynamik der Veränderungen



Begründet werden solche Verläufe mit Beobachtungen über die Durchdringung von Innovationen, deren Geschwindigkeit in einer ersten Phase langsam zunimmt und dann bis zur Sättigung wieder abnimmt (z.B. Dawson et al., 2014). Durch Variation der

Parameter dieser Diffusionsverläufe können unterschiedliche Ambitionen bei der Implementierung von Veränderungen dargestellt werden.

3.3.8 Sonstige Treibhausgasemissionen

Der Bereich Energie ist, wie aus Tabelle 2-1 zu entnehmen, für rund 68 Prozent der österreichischen Treibhausgasemissionen verantwortlich. 98 Prozent dieser energetischen Emissionen betreffen CO₂.

Für die noch verbleibenden Bereiche, denen rund 32 Prozent der Treibhausgasemissionen zuzuordnen sind, ist es wesentlich schwieriger, künftige Perspektiven und Potentiale abzuschätzen, weil damit fundamentale Änderungen in der Wirtschaftsstruktur verbunden sind.

Die Herausforderungen betreffen vor allem die prozessbedingten Emissionen bei Stahl, Zement und Kalk (mit einem Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen von 21 Prozent), die Landwirtschaft (mit einem Anteil von 9 Prozent) und den Abfall (mit einem Anteil von 2 Prozent).

In allen diesen Bereichen zeichnen sich für Emissionsreduktionen Optionen ab, die sich jedoch noch im ersten Stadium von Forschung und Entwicklung befinden. Diese Bereiche verdienen aber besondere Aufmerksamkeit, weil sie für rund ein Drittel des aktuellen Volumens an Treibhausgasemissionen in Österreich verantwortlich sind.

Für die Abschätzung von Reduktionspfaden in diesem Bereich werden vorerst Trends fortgeschrieben und dann die Folgen von tiefgreifenden Veränderungen sichtbar gemacht.

4 WELCHE REDUKTIONSPFADE ERFORDERN WELCHE EMISSIONSBUDGETS?

Welche gravierenden Änderungen im Wirtschafts- und Gesellschaftssystem bis 2050 erforderlich und anzustreben sind, um radikale Emissionsreduktionen innerhalb des verfügbaren Emissionsbudgets zu erreichen, wird in drei Schritten sichtbar gemacht:

- Reduktion der energetischen Emissionen
- Ergänzende Reduktion der nicht-energetischen Emissionen
- Umfassende Reduktion innerhalb des österreichischen Treibhausgasbudgets

Bedingt durch das Inkrafttreten des Pariser Klimaabkommens im November 2016 wird jenes österreichische Treibhausgasbudget ausgewiesen, das ab 2017 verfügbar bzw. aufgebraucht wird, äquivalent der Definition in Meyer und Steiningger (2017).

4.1 Fokus auf die Reduktion der energetischen Emissionen

Der Transformationspfad der Reduktion der energetischen Emissionen verbindet die in Abschnitten 3.3.2 bis 3.3.6 dargestellten grundlegenden Änderungen in der Erfüllung eines jeweils erhöhten Volumens an Funktionalitäten des Energiesystems. Er ist überaus ambitioniert. Aus heutiger Einschätzung ist der gesellschaftliche und politische Konsens dafür noch nicht gegeben, ihn zu erreichen daher zentral für die Realisierung. Der vorliegende Bericht möchte mit der Bereitstellung von Grundlageninformationen einen solchen Prozess anregen. Das sind einige Eckdaten des Transformationspfades:

- Der gesamte Energieverbrauch ist um die Hälfte zu reduzieren.
- Die Emissionsziele bis 2030 sind viel höher zu setzen als die von der EU für Österreich im Non-ETS Sektor zu erwartenden.

Tabelle 4-1: Zielwerte der Emissionen für 2050 bei Fokus auf Reduktion der energetischen Emissionen (Verminderung der gesamten THG Emissionen um 70 Prozent bis 2050 gegenüber 2005)

Treibhausgase	Insgesamt	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-Gase
Mio. T. CO ₂ Äquivalente					
2015	78,9	66,7	6,6	3,5	2,0
Energie	53,4	52,1	0,6	0,6	0,0
Prozesse	16,7	14,4	0,0	0,2	2,0
Landwirtschaft	7,2	0,1	4,6	2,5	0,0
Abfall	1,7	0,1	1,3	0,3	0,0
Reduktion 70%					
2050	27,4	17,7	6,5	1,8	1,4
Energie	5,3	5,2	0,1	0,0	0,0
Prozesse	13,9	12,5	0,0	0,0	1,4
Landwirtschaft	6,8	0,0	5,1	1,7	0,0
Abfall	1,4	0,0	1,3	0,1	0,0
2050/2005 [%]	-70	-78	-17	-51	-24
Energie	-92				
Prozesse	-11				
Landwirtschaft	-4				
Abfall	-50				

Tabelle 4-2: Kumulierte Emissionen bei Fokus auf Reduktion der energetischen Emissionen (Verminderung der gesamten THG Emissionen um 70 Prozent bis 2050 gegenüber 2005)

Kumulierte Emissionen ab 2017	2015	2030	2040	2050
Mio. T. CO ₂ Äquivalente				
Treibhausgasemissionen	79	1.015	1.429	1.715
Energie	53	669	849	910
Prozesse	17	224	374	517
Landwirtschaft	7	99	169	237
Abfall	2	22	37	52

Unter diesen gravierenden Annahmen würde das Emissionsbudget von 2017 bis 2050 mehr als 1.700 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente erreichen und somit weit über jenen Werten liegen, die unter Fairness-Überlegungen für Österreich zuzuordnen wären. Ein Emissionsbudget von 1.500 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente wäre um das Jahr 2042 erschöpft.

4.2 Ergänzende Reduktion der nicht-energetischen Emissionen

Für noch ambitioniertere Reduktionen sind vor allem die Möglichkeiten bei den Emissionen aus Prozessen und aus der Landwirtschaft relevant.

Das sind die dafür getroffenen Annahmen:

- Der Reduktionspfad für Energie ist identisch mit der im Abschnitt 4.1 dargestellten Reduktion.
- Prozesse, Landwirtschaft und Abfall emittieren nur 60 Prozent der Mengen des im Abschnitt 4.1 dargestellten Pfades.

Tabelle 4-3: Zielwerte für 2050 bei ergänzender Reduktion der Emissionen aus Prozessen, Landwirtschaft und Abfall (Verminderung der gesamten THG Emissionen um 80 Prozent bis 2050 gegenüber 2005)

Treibhausgase	Insgesamt	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-Gase
Mio. T. CO ₂ Äquivalente					
2015	78,9	66,7	6,6	3,5	2,0
Energie	53,4	52,1	0,6	0,6	0,0
Prozesse	16,7	14,4	0,0	0,2	2,0
Landwirtschaft	7,2	0,1	4,6	2,5	0,0
Abfall	1,7	0,1	1,3	0,3	0,0
Reduktion 80%					
2050 [Mio. T.]	18,5	12,7	3,9	1,1	0,8
Energie	5,3	5,2	0,1	0,0	0,0
Prozesse	8,3	7,5	0,0	0,0	0,8
Landwirtschaft	4,1	0,0	3,1	1,0	0,0
Abfall	0,8	0,0	0,8	0,0	0,0
2050/2005 [%]	-80	16	50	30	45
Energie	-92				
Prozesse	-47				
Landwirtschaft	-43				
Abfall	-70				

Tabelle 4-4: Kumulierte Emissionen bei ergänzender Reduktion der Emissionen aus Prozessen, Landwirtschaft und Abfall (Verminderung der gesamten THG Emissionen um 80 Prozent bis 2050 gegenüber 2005)

Kumulierte Emissionen ab 2017	2015	2030	2040	2050
	Mio. T. CO ₂ Äquivalente			
Treibhausgasemissionen	79	985	1.347	1.556
Energie	53	669	849	910
Prozesse	17	205	323	417
Landwirtschaft	7	90	143	188
Abfall	2	20	32	42

Mit dieser ergänzenden Reduktion der Emissionen aus Prozessen, Landwirtschaft und Abfall könnte die Erschöpfung des Emissionsbudgets bis ungefähr 2047 gestreckt werden.

4.3 Radikale Reduktion innerhalb des österreichischen Treibhausgasbudgets

Um innerhalb des aus globalen Gerechtigkeitsüberlegungen abgeleiteten Treibhausgasbudgets (maximal stehen bis 2050 für Österreich noch 1.000 bis 1.500 Mio. T. CO₂ Äquivalente zur Verfügung; vgl. Meyer und Steininger, 2017) zu bleiben, sind weitere Schritte zur Vermeidung der Emissionen erforderlich.

Dafür werden noch gravierendere Restriktionen unterstellt, die fundamentale Änderungen in Technologien voraussetzen. Dafür liegt die gesellschaftliche Konsensfindung noch vor uns. Nur unter dieser Voraussetzung ist allerdings ein Reduktionsziel von 90% bezüglich der THG-Emissionen im Jahr 2050 gegenüber 2005 erreichbar, das in die Nähe eines Treibhausgasbudgets für Österreich führt, das mit dem Kriterium globaler Fairness vereinbar ist. Das sind die dafür getroffenen Annahmen:

- Die Emissionen aus Energie werden um weitere 30 Prozent vermindert (somit auf 5 Prozent des Niveaus von 2005).
- Die Emissionen aus Prozessen, Landwirtschaft und Abfall sinken gegenüber dem Pfad mit dem Fokus auf Energie (Abschnitt 4.1) um 80, 70 bzw. 60 Prozent.

Dafür wären Technologien erforderlich, die derzeit wohl in Diskussion, jedoch zumindest in großskaliger Industrieanwendung noch weit von einer Realisierbarkeit entfernt sind. Denkbare technologische Weichenstellungen könnten beispielsweise der Übergang zu auf Wasserstoff basierenden Technologien für die Erzeugung von Roheisen und emissionsarme Technologien für Zement sein.

Signifikante Netto-Emissionsreduktionen können auch durch die Erhöhung der Senkenfunktion durch Humusaufbau in der Landwirtschaft erreicht werden. Durch eine bewusste Umstellung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsform zum Humusaufbau, wie dies an einigen Orten in Österreich bereits praktiziert wird, kann ein Prozess der erhöhten Bindung von Treibhausgasen im Boden eingeleitet werden, der über die kommenden drei Jahrzehnte einen Teil der Emissionen dauerhaft bindet (Griscom et al., 2017; Lal, 2016; Liu et al., 2016; Nakajima et al., 2016; Steininger und Steininger, 2002; Dunst, 2011). Das Potential, das damit aggregiert über diesen Zeitraum gebunden werden kann, wird für Österreich auf 200 bis 350 Mio. T. CO₂äqu geschätzt. Jene Teile einer solchen Senkenfunktion, auf die in den Änderungen – wie im Landwirtschaftsbereich in Tabelle 4-6 dargestellt – noch nicht zurückgegriffen wird, wären noch zusätzlich verfügbar.

Tabelle 4-5: Zielwerte für 2050 bei radikalen zusätzlichen Reduktionen der Emissionen (Verminderung der gesamten THG Emissionen um 90 Prozent bis 2050 gegenüber 2005)

Treibhausgase	Insgesamt	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-Gase
Mio. T. CO ₂ Äquivalente					
2015	78,9	66,7	6,6	3,5	2,0
Energie	53,4	52,1	0,6	0,6	0,0
Prozesse	16,7	14,4	0,0	0,2	2,0
Landwirtschaft	7,2	0,1	4,6	2,5	0,0
Abfall	1,7	0,1	1,3	0,3	0,0
Reduktion 90%					
2050 Mio. T.]	9,1	6,1	2,1	0,6	0,3
Energie	3,7	3,7	0,0	0,0	0,0
Prozesse	2,8	2,5	0,0	0,0	0,3
Landwirtschaft	2,0	0,0	1,5	0,5	0,0
Abfall	0,6	0,0	0,5	0,0	0,0
2050/2005 [%]	-90	8	27	15	15
Energie	-94				
Prozesse	-82				
Landwirtschaft	-71				
Abfall	-80				

Tabelle 4-6: Kumulierte Emissionen bei radikalen zusätzlichen Reduktionen der Emissionen (Verminderung der gesamten THG Emissionen um 90 Prozent bis 2050 gegenüber 2005)

Kumulierte Emissionen ab 2016	2015	2030	2040	2050
Mio. T. CO ₂ Äquivalente				
Treibhausgasemissionen	79	1.031	1.338	1.465
Energie	53	717	888	935
Prozesse	17	203	288	333
Landwirtschaft	7	90	132	159
Abfall	2	21	31	38

Erst bei radikalen zusätzlichen Reduktionen der Emissionen wäre ein für Österreich unter strengeren Fairness-Kriterien ermitteltes noch geringeres Emissionsbudget bis 2050 ausreichend: Meyer und Steininger (2017) leiten für eine gleichmäßige globale Pro-Kopf-Gleichverteilung des globalen Treibhausgasbudgets ein österreichisches Treibhausgasbudget von maximal 1.000 Mio. T. CO₂ Äquivalenten für 2017-2050 ab.

Insbesondere wäre eine Beschleunigung des Zeitpfades des Übergangs zu bedenken: Kann der in Tabelle 4-5 dargestellte Transformationspfad so gestaltet werden, dass die Reduktionsmenge zur Mitte der Transformationszeit (2033) bereits früher erreicht wird, so bedeutet das folgende Entlastungen für das erforderliche Treibhausgasbudget (über jene in Tabelle 4-6 dargestellten hinaus):

- 1 Jahr früher – rund 75 Mio. T. CO₂äqu weniger
- 2 Jahre früher – rund 150 Mio. T. CO₂äqu weniger
- 3 Jahre früher – rund 225 Mio. T. CO₂äqu weniger

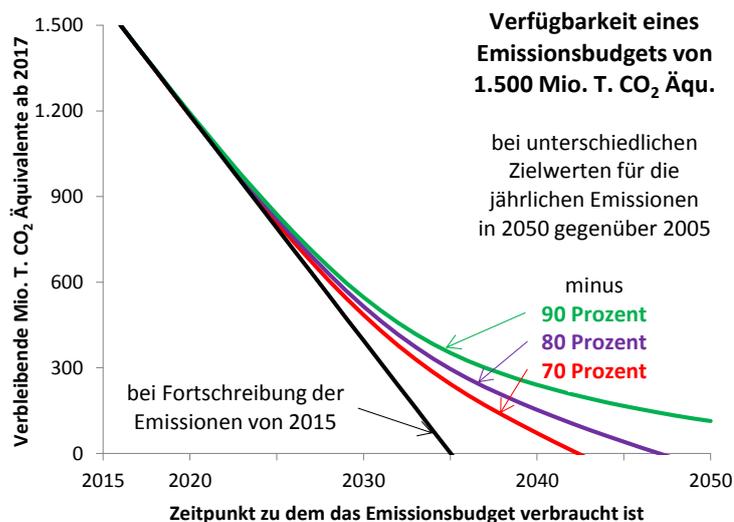
4.4 Die Folgen im Kontext eines begrenzten Emissionsbudgets von Treibhausgasen

Das mit dem Pariser Klimaabkommen vereinbare Treibhausgasbudget für Österreich für den Zeitraum 2017 bis 2050 liegt bei maximal 1.500 Mio. T. CO₂-Äquivalenten, wenn Österreich aufgrund seiner heutigen global überdurchschnittlich hohen Emissionen ein in gleicher Proportion überdurchschnittlich hohes Budget zugeordnet wird. Wenn das global noch verfügbare Treibhausgasbudget hingegen gleichmäßig pro Kopf verteilt wird, liegt das für Österreich verfügbare Emissionsbudget bei maximal 1.000 Mio. T. CO₂ Äquivalenten (Meyer und Steininger, 2017).

Abbildung 4-1 zeigt in welchem Zeitraum verschiedene radikale Emissionsreduktionspfade das für Österreich verfügbare Treibhausgasbudget bereits vorzeitig ausschöpfen. Nur ein Emissionsreduktionspfad von zumindest 90 Prozent (2050 gegenüber 2005) führt an eine Entwicklung heran, die mit dem allerhöchsten bis 2050 verfügbaren Treibhausgasbudget vereinbar ist.

Für ein Auskommen mit einem noch geringeren, nämlich innerhalb eines global gleichmäßig pro Kopf zugeteilten Treibhausgasbudget (für Österreich maximal 1.000 Mio. T. CO₂ Äquivalente) ist zudem zumindest erforderlich eine darüber hinausgehende beschleunigte Emissionsreduktion (zur Mitte der Transition bereits um 3 Jahre frühere Erreichung der jeweiligen Reduktionsziele).

Abbildung 4-1: Ausschöpfung eines begrenzten Emissionsbudgets bei unterschiedlichen radikalen Emissionsreduktionspfaden



5 MASSNAHMEN ZUR ZIELERREICHUNG

5.1 Zugänge für ein vertieftes Systemverständnis

Als Zugänge für die Gestaltung dieser radikalen Low-Carbon Transformation sind drei Prinzipien zentral:

- **Inversion**
bedeutet quasi die Umkehr der gewohnten Analyse von Energie, nämlich von den zu erfüllenden Funktionalitäten auszugehen und nicht von der Primärenergie.
- **Innovation**
sucht auf allen Schichten des Energiesystems nach Innovationspotentialen, die für die energetische Produktivität und den Energiemix relevant sind.
- **Integration**
bezieht immer mehr Komponenten bei der Verwendung, Transformation und Bereitstellung von Energie ein, um Synergien zu gewinnen.

Auf Basis dieser Prinzipien ergeben sich – wie in Schleicher et al. (2017) dargestellt – die folgenden **Handlungsfelder für die radikale Transformation**.

- **Multifunktionale Gebäude**
werden zur neuen Infrastruktur für Energie, weil sie in der Lage sind, nicht nur mehr Energie einzusammeln als sie selbst brauchen, sondern weil sie auch eine Rolle als Ort für elektrische und thermische Speicher übernehmen können.
- **Verschränkte Mobilität**
versteht sich als Zugang zu Personen, Gütern und Orten, wofür nicht mehr immer eine Transportleistung erforderlich ist, wenn man die immer attraktiver werdenden Technologien für Kommunikation einbezieht. Die bestehenden Verkehrsträger – von den Wegen für Fußgeher und Radfahrer, bis zum Straßen- und Schienenverkehr – werden eng miteinander vernetzt und redundante Mobilität eliminiert.
- **Integrierte Netze**
verbinden von der Anwendung von Energie in Gebäuden, Mobilität und Produktion bis zur Bereitstellung und Speicherung von Energie alle Komponenten. Diese Vernetzungen finden auf immer kleineren Strukturen statt und sind auch für Elektrizität, Wärme und Gas bidirektional, d.h. nicht mehr streng nach Lieferanten und Abnehmern unterscheidbar.
- **Nicht-energetische Emissionen**
betreffen die besonderen Herausforderungen bei industriellen Prozessen, Landwirtschaft und Abfall und stimulieren die Entwicklung von neuen Werkstoffen, Prozessen aber auch eine Reflexion über die Ernährungsbasis.

Überraschung in dieser Darstellung der Handlungsfelder löst vielleicht das Fehlen einer expliziten Rolle für erneuerbare Energien aus. Um Missverständnisse zu vermeiden ist deshalb zu erklären, dass die Rolle von Erneuerbaren durchgehend in allen abgebildeten Funktionalitäten behandelt wurde mit der Intention, wo immer es darstellbar ist, jene Erneuerbaren zu forcieren, deren Quantität und Qualität für eine gegebene Funktionalität verfügbar ist. Erneuerbare werden somit voll in die vorgeschlagenen Transformationsvorgänge eingebunden.

5.2 Maßnahmen für die Bereiche

5.2.1 Bereich Nieder-Temperatur

Prioritäre Maßnahmen im Bereich Nieder-Temperatur:

- Multifunktionale Konzepte für Gebäude, die bei immer geringerem Bedarf an externer Energie Verwendung, Speicherung und Bereitstellung von Energie integrieren.
- Sofortige Implementierung dieser Konzepte im Neubau wegen der langfristigen Lock-In Effekte. Anreize zur Erneuerung des gesamten Gebäudebestandes bis 2050.

Ein Zukunftsbild:

Alle Gebäude (Bestand und Neubau) sind so konzipiert, dass sie kaum mehr auf Energie von außen angewiesen sind und zudem eine Rolle bei der Bereitstellung und Speicherung von Energie übernehmen.

Der Weg:

Bis 2050 ist der gesamte Gebäudebestand so anzupassen, damit er diese Qualitäten aufweist. Das bedeutet, dass ab sofort im Neubau diese Standards zu erfüllen sind und für alle Gebäude des heutigen Bestandes Konzepte und Umsetzungsstrategien für Ersatz oder Adaptierungen zu entwickeln sind.

5.2.2 Bereich Hoch-Temperatur

Prioritäre Maßnahmen im Bereich Hoch-Temperatur:

- Implementierung von Erneuerbaren über Wärmepumpen, biogene Energie und möglicherweise Wasserstoff aus Erneuerbaren.
- Regelung, Speicherung und Rezyklierung von Wärme auf hohen Temperaturniveaus.

Ein Zukunftsbild:

Vor allem durch eine Änderung im Energie-Mix ist – bei einer Erhöhung der Aktivität – eine Absenkung der Emissionen aus dem Bereich Hochtemperatur auf ein Siebentel oder weniger gegenüber jenen des Jahres 2015 erfolgt, weil erneuerbare Energieträger eine bedeutende Rolle bei der Substitution von Fossilen übernommen haben.

Der Weg:

Forcierte Forschung und Entwicklung, sowie Hochskalierung auf industrielle Niveaus und Diffusion der Anwendungen in der Bereitstellung aus Erneuerbaren, inklusive der Prüfung der Optionen für eine Nutzung von Wasserstoff aus Erneuerbaren. Verbesserte Steuerung der Prozesse verbunden mit Speicherung und Rezyklierung von Hochtemperatur-Wärme.

5.2.3 Bereich Stationäre Antriebe

Prioritäre Maßnahmen im Bereich Stationäre Antriebe:

- Übergang zu elektrischen Antrieben
- Steuerungen zur Vermeidung von redundanten Funktionalitäten

Ein Zukunftsbild:

Während allein durch fortschreitende Automatisierungen kräftige Ausweitungen der Funktionalität durch stationäre Motoren-Antriebe unterschiedlichster Dimensionen erfolgt ist, wurde durch einen weitgehenden Übergang auf elektrische Motoren und deren vielfach höheren Wirkungsgrad dennoch eine Absenkung des Energieverbrauchs gegenüber 2015 erreicht. Die noch verbleibenden Treibhausgas-Emissionen reflektieren indirekte Emissionen über den Bezug von Elektrizität.

Der Weg:

Beschleunigt durch Anreize aus der Standardsetzung werden die Motoren weitgehend auf elektrischen Antrieb umgestellt und für einige Spezialaufgaben Treibstoffe aus Erneuerbaren verwendet.

5.2.4 Bereich Mobile Antriebe*Prioritäre Maßnahmen im Bereich Mobile Antriebe:*

- Verschränkung aller Möglichkeiten um die Funktionalität Mobilität zu erfüllen, d.h. den Zugang zu Personen, Gütern und Orten zu ermöglichen.
- Laufende Überprüfung aller für Mobilität relevanten Investitionen in Infrastruktur, ob damit die gewünschten strukturellen Veränderungen unterstützt werden.

Ein Zukunftsbild:

Mobilität – verstanden als Zugang zu Personen, Gütern und Orten – ist wegen der sich entfaltenden Kommunikationstechnologien nicht mehr immer mit Transportbewegungen verbundensein. Physische Transportvorgänge erfolgen zunehmend – und letztlich praktisch durchgängig – auf der Basis elektrischer Antriebe.

Der Weg:

Eine den Mobilitätsverbund unterstützende und ressourcen-schonende Raumplanung gewährleistet an allen Wohn- und Arbeitsorten die modale Flexibilität (Wege zu Fuß, mit dem Rad, mit dem öffentlichen Verkehr, im Individualverkehr) sowie der Aufbau von intermodaler Infrastruktur die kombinierte Nutzungsmöglichkeit dieser Verkehrsformen in zukünftigen Verhaltensformen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit werden die verbleibenden Fahrzeuge des Individualverkehrs in Sharing-Modellen verfügbar, so dass dadurch zudem der Flächenbedarf (Parkraum) auf einen Bruchteil sinkt sowie der höhere Nutzungsgrad des Individualverkehrs die individuellen Kosten reduziert. Mit einem höheren Niveau des nicht-motorisierten Verkehrs sind zudem bedeutende Zusatznutzen im Gesundheitsbereich verbunden.

5.2.5 Bereich Beleuchtung und Elektronik*Prioritäre Maßnahmen im Bereich Beleuchtung und Elektronik:*

- Übergang zu hoch-effizienten Komponenten für Beleuchtung und Elektronik
- Steuerungen zur Vermeidung redundanter Funktionalitäten

Ein Zukunftsbild:

Die Funktionalität für Beleuchtung und Elektronik wird auf gegenüber 2015 zumindest doppelt so hohem Niveau erfüllt. Der daraus erwachsende Elektrizitätsbedarf ist durch die Nutzung der hohen Potentiale für eine verbesserte Energieproduktivität dennoch gesunken. Durch den nunmehrigen Bereitstellungsmix dieser Elektrizität sind die damit verbundenen impliziten Emissionen in noch weit stärkerem Ausmaß gesunken.

Der Weg:

Forschung, Entwicklung und Diffusion von hocheffizienten Komponenten für Beleuchtung und Elektronik. Sensoren und Steuerung passen den Einsatz an den tatsächlichen Bedarf der Funktionalitäten an

5.2.6 Bereich Prozesse

Prioritäre Maßnahmen im Bereich Prozesse:

- Entwicklung von Konzepten für ein Carbon Management bei Prozessen
- Intensivierung von Forschung und Entwicklung bei neuen Technologien für Prozesse und Werkstoffe

Ein Zukunftsbild:

Die Funktionalitäten werden über ein breiteres und stark verändertes Spektrum an Materialien bedient. Neue Prozesse mit signifikant geringeren oder nicht mehr entstehenden Treibhausgasemissionen werden verfügbar. Bei der Produktion von Stahl wird Wasserstoff aus Erneuerbaren als Reduktionsmittel verwendet. Bei der Produktion von Zement können durch Verminderung des Klinkereinsatzes und Zumischung von Ersatzstoffen die prozessbedingten Emissionen wesentlich gesenkt werden.

Der Weg:

Forschung und Entwicklung in der Industrie in Kollaboration mit den nationalen und europäischen Forschungsinstitutionen, Entwicklung und Prüfung von Konzepten der Wasserstoffwirtschaft und anderen Optionen im Bereich „power-to-x“. Akkordierte auch öffentliche Unterstützung für Pilotanlagen zur Erzielung vertiefter Dissemination.

5.2.7 Bereich Landwirtschaft

Prioritäre Maßnahmen im Bereich Landwirtschaft:

- Re-Design für eine emissionsarme Landwirtschaft
- Bewusster Humusaufbau

Ein Zukunftsbild:

Bis 2050 gelingt eine Restrukturierung der Landwirtschaft, die eine ausreichende Ernährung durch nicht die globalen Kohlenstoffkreisläufe belastende Praktiken schafft.

Der Weg:

Experimentieren und beständiges Verbessern aus dem Lernen mit Fruchtfolgen und emissionsarmen bzw. kohlenstoff-bindenden Bewirtschaftungsformen in Ackerbau und Tierhaltung und deren wechselseitiger Abstimmung. Die Nahrungsmittelversorgung wird umgestaltet anhand einer weltweit wirksamen Strategie für nachhaltige Lebensmittelversorgung zugunsten gesünderer Menüs mit geringerem Fleischanteil und verringerten Lebensmittelabfällen – mit substantiellen Zusatznutzen wie Verringerung der Fettleibigkeit, Krankheiten und Ökosystemerhaltung (Biodiversität).

5.2.8 Bereich Abfall

Prioritäre Maßnahmen im Bereich Abfall:

- Schließung der Lecks von Methanemissionen
- Implementierung der Konzepte für eine Kreislaufwirtschaft (Circular Economy)

Ein Zukunftsbild:

Das Circular Economy Package der Europäischen Kommission mit der Intention, Abfall durch Schließung von Stoffkreisläufen weitgehend zu vermeiden, hat den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft mit geringem Treibhausgas-Ausstoß initiativ vorangetrieben.

Der Weg:

Unterstützung und Implementierung der im Circular Economy Package der EU enthaltenen Aktivitäten, wie Vermeidung und Wiederverwendung von Abfall, Clusterung von Industrien, die Abfälle als Rohstoffe weiterverwenden, sowie Produkt-Designs, bei denen über den Lebenszyklus viel weniger Abfall anfällt.

6 AUSBLICK

Die vorliegende Analyse der detaillierten Aufgliederung nach zu erbringenden Funktionalitäten und damit jeweils aktuell und zukünftig verbundenen Treibhausgasemissionen ermöglicht die Schlussfolgerungen

- wie tiefgreifend die Veränderung in Lebens-, Wirtschaftsstil, Organisation und Technologien sein muss um
- die erforderliche Transformation so zu schaffen, dass Österreich bis zur Jahrhundertmitte mit dem aus globalen Fairnessüberlegungen durch dieses Land beanspruchbaren Treibhausgasbudget auskommt, es nicht überzieht.

Die detailliertere Ausarbeitung einer innovativen Klima- und Energiestrategie kann auf dieser Analyse und den aus ihr abgeleiteten Indikatoren aufbauen. Ein solches Einhalten des Treibhausgasbudgets ist aus den Paris-Zielen sehr klar geboten, die Schritte dahin somit zügig zu setzen, um dies zu gewährleisten.

Während eine solche umfassende Veränderung einerseits mit Herausforderungen verbunden ist, können damit auch sehr große Chancen eröffnet werden – mit Verbesserungen in vielen Dimensionen wie

- Innovation als Standort stärkender Faktor mit Schwerpunkten bei Gebäuden, industriellen Prozessen und neuen Strukturen bei der Bereitstellung und Verteilung von Energie,
- Verringerung der Gesamtkosten zur Abdeckung von Funktionalitäten (Summe aus Betriebs- und Investitionskosten) als soziale Verbesserung wodurch vor allem die Kosten des Wohnens reduziert werden,
- Verringerung der Gesundheitsschäden und damit Erhöhung der Lebensqualität und –erwartung, da insbesondere Emissionen und Lärm durch mit Verbrennungsmotoren betriebene Fahrzeuge abgesenkt werden,
- Erhöhung der sozialen Zugänglichkeit und damit Stärkung der persönlichen Netzwerke durch eine bessere räumliche Integration von privaten und beruflichen Aktivitäten,
- Erfüllung der erwarteten wohlstandsrelevanten Funktionalitäten, wie Wohnen, Bildung und Kommunikation, und damit eine Erhöhung der Lebensqualität.

7 LITERATUR

APCC - Austrian Panel on Climate Change (2014), Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel, Austrian Assessment Report 2014, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, 1096 S.

Dawson, D.A., P. Purnell, K. Roelich, J. Busch, J.K. Steinberger (2014). Low Carbon Technology Performance vs Infrastructure Vulnerability: Analysis through the Local and Global Properties Space, *Environ. Sci. Technol.* 48, 12970–12977; [dx.doi.org/10.1021/es500902b](https://doi.org/10.1021/es500902b)

Dunst, G. (2011). Humusaufbau - Chance für Landwirtschaft und Klima. Verein Ökoregion Kaindorf.

Griscom, B.W., J. Adams, P.W. Ellis, R. A. Houghton, G. Lomax et al. (2017), Natural climate solutions, *PNAS* 114 (44): 11645–11650, October 31, 2017, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1710465114

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Kirchengast, G. (2017). Wissensstand der Klimaforschung und Herausforderung Klimaschutz: Können wir den Klimawandel noch einbremsen? In Klimaschutzrecht zwischen Wunsch und Wirklichkeit (Kirchengast/Schulev-Steindl/Schnedl, Hg.), Boehlau Verlag, Wien-Köln-Graz, im Druck (pdf online verfügbar).

Köppl, A., C. Kettner-Marx, S.P. Schleicher, C. Hofer, K. Köberl, J. Schneider, I. Schindler, T. Krutzler, T. Gallauner, G. Bachner, T. Schinko, K.W. Steininger, M. Jonas, P. Zebrowsky (2016). Modelling Low Energy and Low Carbon Transformations - The ClimTrans2050 Research Plan. Austrian Institute of Economic Research (WIFO), Vienna.

Köppl, A., Schleicher, S.P., Steininger, K.W., (2017). Policy Brief: Energie radikal verändern – Die Niedrig-Strukturen: Energie, Emissionen und Netze. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Wien.

Köppl, A., Schleicher, S.P., Steininger, K.W. (2016). Policy Brief: Energie umfassend verstehen – Die energetische Wertschöpfungskette: Von den Funktionalitäten zur Primärenergie. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Wien.

Lal, R. (2016). Biochar and soil carbon sequestration. *Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers* 63:175-197.

Liu, M., D.A.N. Ussiri and R. Lal (2016). Soil organic carbon and nitrogen fractions under different land uses and tillage practices. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47(12):1528-1541.

Meyer, L., Steininger, K.W. (2017). Das Treibhausgasbudget für Österreich. Wissenschaftlicher Bericht 2017-72, Wegener Center Verlag, Graz, Österreich.

Nakajima, T., R.K. Shrestha, P.-A. Jacinthe, R. Lal, S. Bilen and W. Dick. 2016. Soil organic carbon pools in ploughed and no-till Alfisols of central Ohio. *Soil Use and Management* 32(4):515-524.

Schleicher, S., A. Köppl, S. Lienin, M. Treberspurg, D. Österreicher, R. Grüner, R. Lang, M. Mühlberger, C. Hofer (erscheint 2017). Welche Zukunft für Energie und Klima? Folgenabschätzungen für Energie und Klimastrategien. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO).

Schleicher, S.P., C. Hofer, T. Schinko, K.W. Steininger, M. Jonas and P. Zebrowski (2016). Energy modelling that matters for reality. A handbook for deepened structural modelling approaches. ClimTrans2050.

Schinko, T., Bachner, G., Schleicher, S.P., Steininger, K.W. (2017). Modeling for insights not numbers: The long-term low-carbon transformation. *Atmósfera* 30 (1): 137-161.

Schweizer Energiefachbuch (laufende Jahrgänge). Kömedia Verlag, St. Gallen, Schweiz.

Steininger, K.W., Steininger, K.C. (2002). Contribution of Alpine Agriculture and Forestry to Climate Change – Status Quo and Future Pathways. In Steininger and Weck-Hannemann (Eds., 2002), *Global Environmental Change in Alpine Regions*: 163-186.

Umweltbundesamt (2017a). Austria's National Inventory Report 2017 - Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol, REP-0608, Vienna 2017

Umweltbundesamt (2017b). Klimaschutzbericht 2017. Umweltbundesamt, REP-0622.

UNEP (2017). The Emissions Gap Report 2017. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.

WMO (2017), WMO Greenhouse Gas Bulletin No. 13, 30 October 2017.

8 ANHANG: ANMERKUNGEN ZUR METHODIK

Der umfangreichen Datenanalyse für dieses Dokument liegt das Modell sGAIN Energy Austria zugrunde, das auch im Web unter <http://energyfutures.net/> erreichbar ist.

Dieses analytische Werkzeug ermöglicht vor allem die Untersuchung von radikalen Veränderungen im Umgang mit Energie und basiert auf einem vertieften Verständnis der Strukturen von Energiesystemen und den damit verbundenen Emissionen (Schleicher et al., 2017). Essentielle Elemente dieses neuen Konzeptes zur Analyse von langfristigen und radikalen Transformationen sind:

- Der Fokus auf Funktionalitäten für thermische, mechanische und spezifisch elektrische energetische Dienstleistungen
- Die Berücksichtigung der gesamten energetischen Wertschöpfungskette von den Funktionalitäten über die Technologien für Anwendung und Transformation bis zur Primärenergie.
- Die Transparenz von Aktivitäten zur Restrukturierung des Energiesystems durch die nachvollziehbaren Indikatoren für Funktionalitäten, energetische Produktivitäten und den Energie-Mix.

Mehrere Zwecke sollen mit diesem Werkzeug erreicht werden:

- Die getroffenen Aussagen sollen hinsichtlich der verwendeten Argumente und Annahmen nachvollziehbar werden.
- Es wird bewusst auf einen prognostischen Anspruch verzichtet, sehr wohl aber die Gestaltbarkeit des für Energie und Emissionen relevanten Systems aufgezeigt.
- Andere Reduktionspfade können von daran interessierten Personen leicht selbst entwickelt werden. Es wird dabei sichtbar werden, dass zentrale Aussagen des vorliegenden Wissenschaftlichen Berichts sich dadurch aber kaum verändern.
- Sichtbar soll aber vor allem werden, welche radikalen Veränderungen notwendig wären, um die angesprochenen radikalen Reduktionen bei Treibhausgasen zu erreichen.
- Zu erinnern ist deshalb nochmals, dass sich in Österreich dafür bisher weder ein ausreichendes Bewusstsein noch ein gesellschaftlicher Konsens, oder zumindest ein Prozess einen solchen zu erreichen, abzeichnet.
- Schließlich ist zu erkennen, dass die bisher innerhalb der EU für Österreich sich abzeichnenden Ziele nicht für die dargestellten radikalen Transformationen ausreichend sind.

Auf einen besonderen Aspekt der Berücksichtigung der CO₂-Emissionen bei Energie soll verwiesen werden. Neben den direkten Emissionen, durch die Verwendung von fossiler Energie bei Nieder-Temperatur, Hoch-Temperatur, Stationären und Mobilen Antrieben, werden auch die indirekten Emissionen über die Verwendung von Elektrizität und Wärme bei deren Transformation berücksichtigt.

Zum Inhalt:

Unter welchen Bedingungen könnte es Österreich schaffen, bis 2050 mit einem Emissionsbudget für Treibhausgase auszukommen, das mit der Einhaltung des Pariser Klimaabkommens vereinbar und nach dem Kriterium globaler Fairness für Österreich verfügbar ist?

Wie solche tiefgreifenden Reduktionspfade bis 2050 aussehen müssten, zeigt dieser wissenschaftliche Bericht auf. Ein Emissionsbudget in Höhe von 1.500 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten, das für Österreich im höchsten Fall argumentiert werden kann (Meyer und Steininger, 2017), wäre bei Fortschreibung der Emissionen von 2015 schon 2035 ausgeschöpft. Mit tiefgreifenden strukturellen Veränderungen im Umgang mit Energie könnten bis 2050 die Treibhausgasemissionen aus energetischer Nutzung gegenüber 2005 um 90 Prozent reduziert werden (die Treibhausgasemissionen insgesamt um 70 Prozent) und das Emissionsbudget würde bis 2042 reichen. Erst darüberhinausgehende zusätzliche Verminderungen bei den Emissionen aus Prozessen und der Landwirtschaft sowie beim Abfall würden es erlauben mit dem Emissionsbudget bis 2050 auszukommen, und zwar falls es gelingt, die Emissionen bis 2050 um insgesamt zumindest 90 Prozent zu vermindern.

Aus ethischen Prinzipien und einer Gleichverteilung des global verfügbaren Treibhausgasbudgets pro Kopf der Weltbevölkerung ergibt sich ein deutlich geringeres für Österreich bis 2050 noch verfügbares Treibhausgasbudget in Höhe von 1.000 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten oder darunter. Zur Einhaltung desselben wäre die Geschwindigkeit der zuvor genannten Emissionsreduktion um 3 bis 6 Jahre zu beschleunigen, sowie die Bindung von Treibhausgasen durch Humusaufbau aufgrund einer Änderung der Bewirtschaftungsform der landwirtschaftlichen Böden österreichweit vollständig auszuschöpfen.