

Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns

Karl W. Steininger, Birgit Bednar-Friedl, Nina Knittel,
Gottfried Kirchengast, Stefan Nabernegg, Keith Williges,
Roland Mestel, Hans-Peter Hutter, Lukas Kenner

Juni 2020

Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns

Die AutorInnen:

Karl W. Steininger Birgit Bednar-Friedl	Universität Graz Wegener Center für Klima und Globalen Wandel und Institut für Volkswirtschaftslehre
Nina Knittel Gottfried Kirchengast Stefan Nabernegg Keith Williges	Universität Graz Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
Roland Mestel	Universität Graz Institut für Banken und Finanzierung
Hans-Peter Hutter	Medizinische Universität Wien Zentrum für Public Health, Abteilung für Umwelthygiene und Umweltmedizin
Lukas Kenner	Medizinische Universität Wien, Veterinärmedizinische Universität Wien und Christian Doppler Labor für Applied Metabolomics (CDL-AM)

Juni 2020

Diese Studie wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Austrian Climate Research Programme“ durchgeführt.



RB 1 | 2020 Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns

Juni 2020

Zitierung:

Steininger, K.W., Bednar-Friedl, B., Knittel, N., Kirchengast, G., Nabernegg, S., Williges, K., Mestel, R., Hutter, H.-P., Kenner, L. (2020), Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns, Wegener Center Research Briefs 1-2020, Wegener Center Verlag, Universität Graz, Austria, Juni 2020.
<https://doi.org/10.25364/23.2020.1>

(c) 2020 Wegener Center Verlag, Universität Graz, Austria

Die Verwendung einzelner Bilder, Tabellen oder Texte bei klarer und korrekter Zitierung dieses Research Briefs als Quelle ist für nicht-kommerzielle Zwecke gestattet.

Verlagskontakt bei allen weitergehenden Interessen: wegcenter@uni-graz.at

Für den Inhalt verantwortlich:

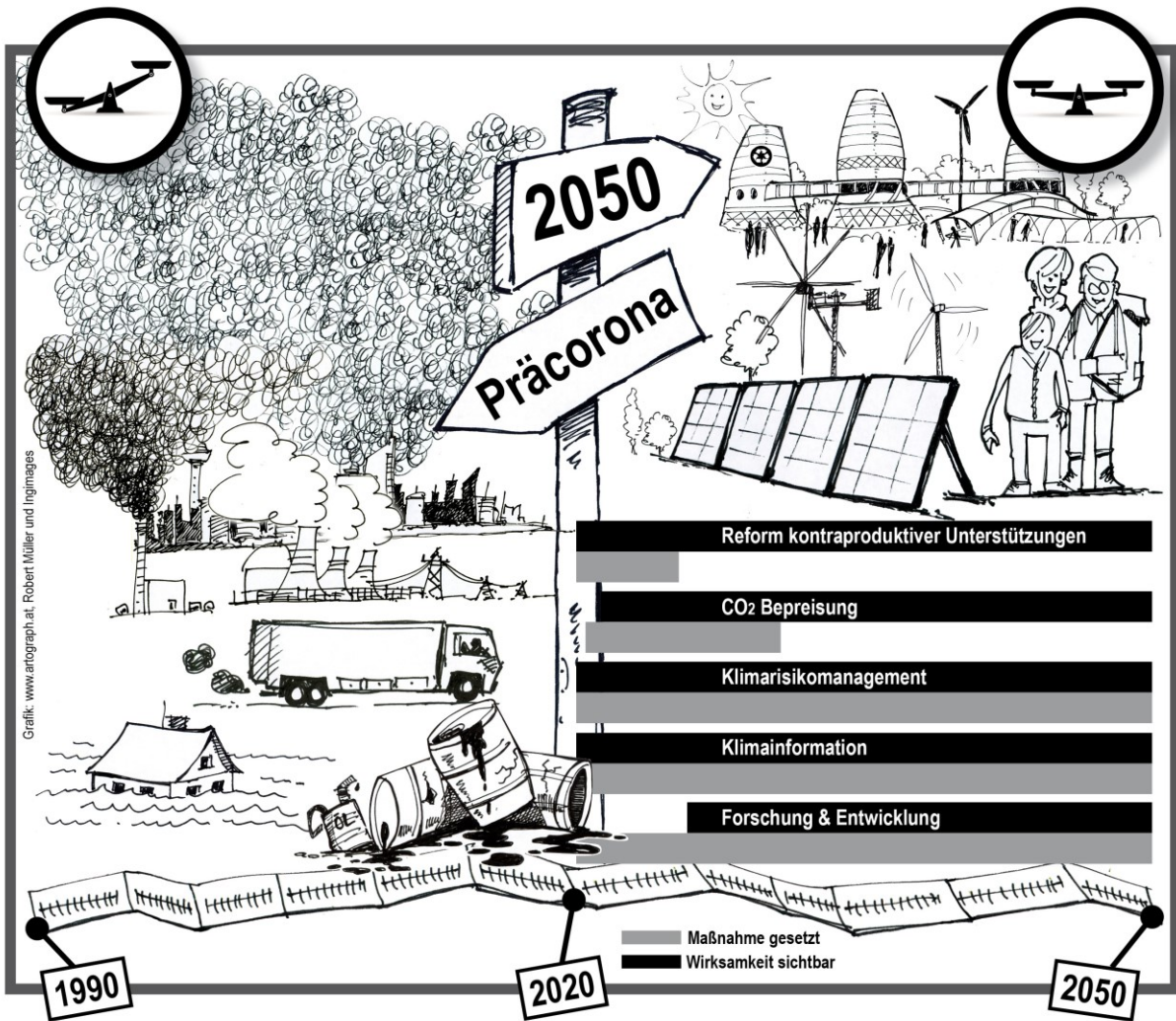
Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz

Brandhofgasse 5, 8010 Graz

Kontakt: karl.steininger@uni-graz.at



Abbildungen auf Seite iii, 4 und 12: www.artograph.at, Robert Müller und Ingimages



Inhaltsverzeichnis

Das Wichtigste in Kürze / Summary for Policy Makers	1
1 Gesamtüberblick / Executive Summary	5
Wie sich die Coronakrise als Chance für klimagerechte Innovation nutzen lässt	5
Schäden und Verluste durch Nicht-Handeln in der Klimapolitik	7
Die Budget-Wirkungen von Nicht-Handeln in der Klimapolitik	10
2 Folgekosten durch klimapolitisches Nicht-Handeln in der Coronakrise	13
Folgekosten bei nachfragepolitischem Nicht-Handeln	13
Folgekosten durch klimapolitisches Nicht-Handeln als Teil der Nachfragesimulation	13
3 Folgekosten durch klimawandelbedingte Schäden und Verluste in Österreich	15
Monetär bezifferbare Klimawandelfolgekosten	15
Hohe jährliche Fluktuation der Schäden und Verluste	17
Steigende Zukunftsrisiken besonders für Wälder und Gesundheit	18
4 Folgekosten durch klimawandelbedingte Schäden und Verluste in anderen Ländern	20
Grenzüberschreitende Klimawandelfolgen und die Ungleichheit direkter regionaler Betroffenheit von Klimawandelfolgen	20
Globale Auswirkungen regionaler klimabedingter Naturkatastrophen	21
Volkswirtschaftliche Auswirkungen grenzüberschreitender Klimawandelfolgen für Österreich	22
5 Kosten der Klimawandelanpassung zur Begrenzung der Schäden und Verluste	25
Die Kosten von Anpassung für den österreichischen Staatshaushalt	25
Volkswirtschaftliche Effekte von Anpassung in Österreich	26
Direkte und indirekte Effekte auf den österreichischen Staatshaushalt	27
6 Österreichs Finanzierungsbeitrag zur Abfederung internationaler Folgekosten	29
Österreichs Ausgaben für internationale Klimafinanzierung	29
Finanzierungslücke zwischen erforderlicher und zugesagter Finanzierung	30

7	Kosten und Folgen aus einer Nichterfüllung von Zielen im Rahmen der EU-Klima- und Energiepolitik	32
	Folgen und mögliche Kosten aufgrund einer Nichterfüllung des Effort Sharing im Non-ETS-Bereich	32
	Kosten aufgrund einer Nichterfüllung der Ziele für Erneuerbare und Energieeffizienz	34
8	Kosten durch kontraproduktive Regulierungen und fehlende klimaorientierte Wirtschaftspolitik	37
	Kosten aufgrund von umwelt- und klimaschädlichen Unterstützungsmaßnahmen	37
	Kosten aufgrund fehlender Reduktion von importierter fossiler Energie	38
9	Kosten durch fossilen Lock-In und mangelnde Innovation	40
	Wirtschaftliche Nachteile und Kosten durch blockierenden fossilen Lock-In	40
	Die Innovation zur Überwindung des fossilen Lock-In gestalten	41
10	Chancen und Risiken der Klimapolitik für den Finanzsektor	44
	Kosten im Finanzsektor durch fehlende Signale der Klimapolitik	44
	Finanzrisiken durch Ausgesetzt-Sein gegenüber „Stranded Assets“	45
	Klimawandelfolgen und Herausforderungen für den Finanzsektor	48
	Anhang	49
	Literatur	51

Das Wichtigste in Kürze / Summary for Policy Makers

Ein Nicht-Handeln in der Klimapolitik und seine wirtschaftlichen Konsequenzen für Österreich werden in zahlreichen laufenden und abgeschlossenen Forschungsprojekten analysiert. Durch die gegenwärtige Coronakrise hat das Thema wieder ganz besondere Brisanz erreicht, da die jetzt getroffenen politischen Richtungsvorgaben auch für die Bewältigung der Klimakrise entscheidend sind.

Dieser Bericht fasst die wesentlichen Erkenntnisse aus dieser Forschung zusammen, stellt sie in einen aktuellen Gesamtkontext und geht insbesondere auf folgende Bereiche ein: die Kosten unterlassener Klimapolitik im Zuge des wirtschaftlichen Wiederaufbaus nach dem Corona-Lockdown, die direkten und indirekten gesellschaftlichen Folgekosten von Klimaschäden, die Wirkungen von unterlassener Klimapolitik auf den Staatshaushalt, die Inlandswertschöpfung und den Finanzsektor sowie die gesellschaftlichen Folgekosten von klimaschädlichen Unterstützungsmaßnahmen und mangelnder Innovation. Wir fassen diese Erkenntnisse in drei Aussagen zusammen.

Die Folgekosten sind dabei so umfassend wie möglich dargestellt und wo verfügbar auch monetarisiert, um die Kosten und den Nutzen von Klimaschutz und Anpassung besser vergleichen zu können. Viele wesentliche Folgen, wie beispielsweise die Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität oder eine Reihe von gesundheitlichen Folgen, sind derzeit noch nicht quantifizierbar – obwohl von nicht minder großer Bedeutung. Nur der gemeinsame Blick auf die qualitativ diskutierten und die bereits auch monetär quantifizierbaren Folgen legt gesamthaft die vielfachen Wirkungsdimensionen offen. Diese werden hier analysiert als Folgen eines Nicht-Handelns in der Klimapolitik oder – aus umgekehrter Perspektive – als die vielfachen Chancen, die ein Handeln und eine somit nachhaltige Politik eröffnet.

Die Folgekosten durch Nicht-Handeln wären enorm – Wie sich die Coronakrise als Chance für klimagerechte Innovation nutzen lässt

Der wirtschaftliche Einbruch infolge des Corona-Lockdowns war stärker als erwartet. Es ist unumstritten, dass eine Stimulierung der Nachfrage durch die öffentliche Hand erforderlich ist, ein Nicht-Handeln hätte enorme gesellschaftliche Folgekosten. Öffentliche Ausgaben und Investitionen, noch dazu in solcher Höhe, sind jedoch nur dann auch volkswirtschaftlich gerechtfertigt, wenn sie zugleich auf zukunftsfähige Strukturen ausgerichtet sind, um eine dauerhaft gesunde Wirtschaftsstruktur zu generieren. Bildlich gesprochen: Einem Krisenpatienten kann mit Drogen in erhöhter Dosis vielleicht kurzfristig Linderung verschafft werden, dauerhaft geholfen werden kann ihm aber nur mit einem Gesundheitsprogramm.

Das Corona-Konjunkturpaket als ein solches Gesundheitsprogramm zu nutzen bedeutet, dass die Infrastruktur in den Bereichen Mobilität, Gebäude, Energie und industrielle Produktion so umgebaut wird, dass sie ein klimarobustes, eine Kreislaufwirtschaft der kurzen Wege dauerhaft unterstützendes Wirtschaftssystem ermöglicht. Dies gelingt zum einen direkt durch öffentliche Investitionen, zum anderen durch eine Reform des ordnungsrechtlichen Rahmens, der die Anreize für die Privatwirtschaft und Haushalte ausrichtet.

Die Covid-19-Krise schafft eine einzigartige Chance, staatliche Politik zugunsten nachhaltig gesunder Strukturen zu setzen, und dies zu geringeren finanziellen, sozialen und politischen Kosten, als das wohl je sonst möglich gewesen wäre: Fossile Energie-Preise auf einem Niedrigst-Niveau erleichtern den Abbau umweltschädlicher Subventionen, aber auch eine nun frühere Einführung der geplanten CO₂-Bepreisung. Vorübergehend könnte letztere auch helfen, die durch die Corona-Unterstützungsmaßnahmen stark belasteten öffentlichen Budgets zu sanieren.

Die potenziellen Schäden, die mit einem weiter ansteigenden Klimawandel verbunden sind, manifestieren sich zwar langsamer als jene dieser Pandemie, sind aber mittelfristig massiver und permanenter. Große Teile der Bevölkerung waren wohl kaum jemals so aufgeschlossen wie derzeit dafür, auch dieser potenziell viel stärkeren Klimakrise vorzubeugen. Je länger unser Land

zuwartet, dazu beizutragen, auch diese Kurve „flach zu halten“, umso größer wären die Folgekosten, insbesondere wäre durch Weiterführung des fossilen Lock-In der Umstieg erst mit Verzögerung umso teurer.

Abbildung SPM.1 zeigt zum einen den Einbruch in den über alle Sektoren in Europa gemittelten Unternehmensbewertungen durch die Coronakrise. Sie zeigt aber vor allem auch, wie sehr die fossilen Unternehmen schon seit einer Dekade durch eine deutlich schlechtere Performance gekennzeichnet sind. Die (Finanz-)Welt bewegt sich weg von diesen Unternehmen – Österreich ist gut beraten, diese Entwicklung nicht zu verpassen.

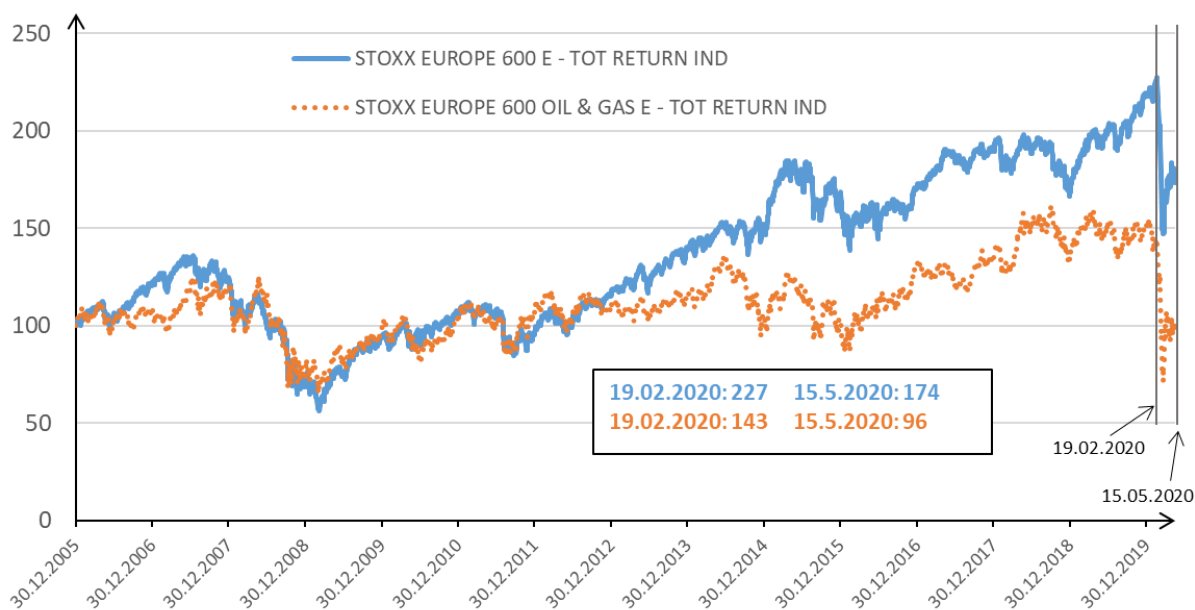


Abbildung SPM.1: Vergleich der Performance-Entwicklung (total return) des STOXX EURO 600 sowie des Sektor-Index STOXX EURO 600 Öl & Gas (22 Unternehmen). Werte sind normiert auf den Startwert am 30.12.2005 (= 100). Untersuchungszeitraum: 30.12.2005 – 15.5.2020. Datenquelle: Refinitiv Datastream.

Die direkten Kosten durch Nicht-Handeln in der Klimapolitik sind bereits heute beträchtlich und werden zukünftig markant ansteigen – Ein Kurswechsel ist gefragter denn je

Das Nicht-Handeln in der Klimapolitik belastet unsere Gesellschaft in Österreich bereits heute (2020): Durch fossile Importe entstehen Wertschöpfungsverluste in Höhe von rund 8 Mrd. Euro jährlich, umweltschädliche Förderungen kosten das öffentliche Budget rund 4 Mrd. Euro jährlich, für Klimawandelanpassung wird von öffentlicher Seite rund 1 Mrd. Euro jährlich ausgegeben, wetter- und klimabedingte Schäden liegen aktuell bei zumindest 2 Mrd. Euro im Jahresdurchschnitt¹. Letztere werden um 2030 im Bereich von zumindest 3 Mrd. bis 6 Mrd. Euro erwartet, um 2050 im Bereich von zumindest rund 6 Mrd. bis 12 Mrd. Euro – jeweils im Jahreschnitt. Auch nach verstärkter Anpassung verbleiben unvermeidbare Restschäden. Diese für die Zukunft absehbare weitere Entwicklung der Schäden verdeutlicht vor allem auch, dass heutiges klimapolitisches Nicht-Handeln mittel- und langfristig noch deutlich höhere Kosten verursacht, als sie sich gegenwärtig bereits abzeichnen.

Wie signifikant allein die bereits monetär quantifizierten Wirkungsketten (37 aus insgesamt 80 identifizierten Wirkungsketten im Inland, drei über den Außenhandel wirkende) die wetter- und klimawandelbedingten Schäden ansteigen lassen werden, zeigt Abbildung SPM.2 für die Entwicklung im Jahresdurchschnitt bis 2050.

¹ Diese und alle weiteren monetären Werte sind in Euro zu Preisen von 2019 angegeben.

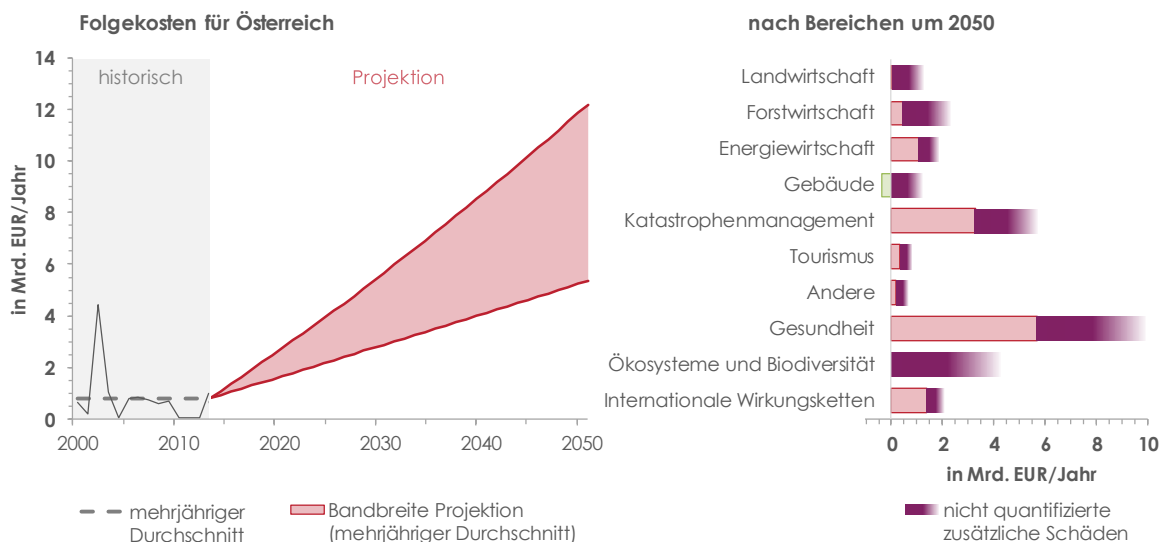


Abbildung SPM.2: Wetter- und klimawandelbedingte Schäden: bereits quantifizierte Wirkungsketten, Entwicklung bis 2050

Die Schäden werden in ihrem realen Auftreten eine enorme Variabilität nach Regionen, betroffenen Bevölkerungsgruppen und Unternehmen sowie Jahren aufweisen. Die Belastung wird für die tatsächlich Betroffenen somit weitaus größer sein, als es Durchschnittswerte widerspiegeln.

Das Nicht-Handeln in der Klimapolitik belastet insbesondere auch das öffentliche Budget – Konsequente Klimapolitik hilft, den Haushalt in Ordnung zu bringen

Nicht-Handeln in der Klimapolitik verursacht Mehrausgaben in drei Dimensionen (Abbildung SPM.3):

- Mehrausgaben zur Behebung von klimawandelbedingten Schäden sowie Ausgaben für Klimawandelanpassung (inklusive österreichischer Finanzierungsbeiträge auf globaler Ebene)
- Ausgaben im Falle einer Nichterfüllung der österreichischen Ziele in der EU-Klima- und Energiepolitik sowie
- Kosten von klimaschädlichen Unterstützungsmaßnahmen, v. a. in den Bereichen Energie und Verkehr.

Bereits heute (2020) fallen Ausgaben für Klimawandelanpassung von rund 1 Mrd. Euro jährlich an, und diese werden sich bis 2030 auf mehr als 1,5 Mrd. Euro und bis 2050 auf mehr als 2 Mrd. Euro pro Jahr erhöhen. Zusätzlich trägt Österreich etwas mehr als 200 Mio. Euro jährlich zur Finanzierung von Klimaschutz und Anpassung in Entwicklungsländern bei, mit einer potenziellen Verdoppelung bis 2030 und Vervielfachung bis 2050.

Für die Kosten aus einer möglichen Nichterfüllung der EU-Klima- und Energiepolitik liegen derzeit Schätzungen in großer Bandbreite vor. Eine engere Quantifizierung ist gegenwärtig, auch vor dem Hintergrund der Coronakrise, noch nicht möglich. Jedenfalls wäre mit einer solchen Nichterfüllung zudem ein Reputationsverlust für Österreich verbunden.

Klimaschädliche Unterstützungsmaßnahmen in den Bereichen Energie und Verkehr belasten derzeit das öffentliche Budget mit bis zu 4,4 Mrd. Euro pro Jahr. Ohne Restrukturierung bzw. Abschaffung dieser Maßnahmen werden diese Ausgaben jedenfalls nicht abnehmen bzw. mit der Wirtschaftsleistung mitwachsen.

In Summe ergeben sich durch das Nicht-Handeln bereits heute Kosten für das öffentliche Budget von einigen Milliarden Euro pro Jahr und diese Kosten dürften sich bis 2050 zumindest im Bereich Klimawandelfolgen und Anpassung deutlich erhöhen.



Abbildung SPM.3: Budgetwirkungen durch Nicht-Handeln in der Klimapolitik in Österreich

Den Mehrausgaben stehen zudem geringere Einnahmen gegenüber, die sich ergeben durch:

- eine durch die Folgen des Klimawandels verminderte Wirtschaftsleistung,
- mangelnde Innovation sowie
- einen möglichen Wettbewerbsnachteil, wenn Österreich eine klimaschonende Transformation nicht oder zu spät vollzieht.

Auch wenn sich die einnahmenseitigen Verluste schwer beziffern lassen, wird deutlich, dass die durch Nicht-Handeln in der Klimapolitik entstehende Budgetlücke durch zusätzliche ausgaben- oder einnahmenseitige Maßnahmen geschlossen werden müsste.

1 Gesamtüberblick / Executive Summary

Wie sich die Coronakrise als Chance für klimagerechte Innovation nutzen lässt

Der wirtschaftliche Einbruch infolge des Corona-Lockdowns war stärker als erwartet und übertrifft jenen der letzten Wirtschaftskrise 2007-2009 deutlich. Die Notwendigkeit einer Stimulierung der Nachfrage durch die öffentliche Hand ist unumstritten. Öffentliche Ausgaben und Investitionen, insbesondere wenn in aktuell erforderlicher Höhe, sind jedoch nur dann auch volkswirtschaftlich gerechtfertigt, wenn sie zugleich auf zukunftsfähige Strukturen ausgerichtet sind.

Die derzeit vorherrschende Bindung (Lock-In) an fossile Technologien und Strukturen kann durch Innovationen überwunden werden. Diese können durch preisliche Anreize, Investitionen und Forschung gefördert und damit die aus Lock-In und mangelnder Innovation entstehenden Kosten reduziert werden.

Unterlassene Klimapolitik reduziert auch für den Finanzsektor den Anreiz, Klimarisiken adäquat zu bepreisen und in Finanzierungs- und Investitionsentscheidungen zu berücksichtigen. Dies würde die potenzielle Gefahr von Stranded Assets erhöhen.

Die Folgen der Coronakrise erfordern öffentliche Nachfragestimulierung in sehr großem Umfang

Der wirtschaftliche Einbruch infolge des Corona-Lockdowns war stärker als zum Zeitpunkt der Verhängung der Maßnahmen erwartet. Der Einbruch in der wirtschaftlichen Aktivität übertrifft jedenfalls jenen der letzten Wirtschaftskrise 2007-2009, aller Wahrscheinlichkeit nach sogar deutlich.

Die erforderliche öffentliche **Stimulierung der Nachfrage** ist in Wissenschaft und politischer Diskussion **unumstritten**. Sie könnte zudem deutlich größer und für eine deutlich längere Zeit erforderlich sein als in Österreich derzeit budgetiert. [Kapitel 2]

Investitionen in zukunftsfähige Strukturen lohnen sich

Öffentliche Ausgaben und Investitionen in einer Höhe, wie sie im Kontext der Corona-Wiederaufbauhilfe diskutiert werden, eignen sich ideal und sind **nur dann** auch **volkswirtschaftlich gerechtfertigt, wenn** sie zugleich **auf zukunftsfähige Strukturen ausgerichtet** sind. [Kapitel 2]

Umbau der Infrastruktur für Mobilität, Gebäude, Energie und industrielle Produktion

Das Corona-Konjunkturpaket zu einem solchen Umbau zu nutzen heißt, die Infrastruktur in den Bereichen Mobilität, Gebäude, Energie und industrielle Produktion demgemäß an einer klimarobusten Kreislaufwirtschaft der kurzen Wege neu auszurichten. Ermöglicht wird dieser Umbau zum einen direkt durch öffentliche Investitionen, zum anderen durch eine Reform des ordnungsrechtlichen Rahmens, der die Anreize für die Privatwirtschaft und privaten Haushalte entsprechend ausrichtet. [Kapitel 2, Kapitel 8, Kapitel 9]

Innovationschance Coronakrise

Fossile Energie-Preise auf einem Niedrigst-Niveau erleichtern den **Abbau umweltschädlicher Subventionen** [Kapitel 8], aber auch eine nun frühere Einführung der geplanten **CO₂-Bepreisung**. Vorübergehend könnte letztere auch helfen, die stark belasteten Budgets zu sanieren. [Kapitel 2]

Barriere Fossiler Lock-In

Rahmensetzungen, Politik und Investitionen, die in der Vergangenheit getätigt wurden, bestimmen die heute verfügbare Infrastruktur. In Wechselwirkung mit den dadurch jeweils entstandenen Systemen für Energie, Gebäude, Verkehr und industrielle Produktion prägen sie auch Verhaltensweisen und eine Kultur, die den Umstieg auf andere – gesell-

Innovationen können Lock-In überwinden

schaftlich längst verfügbare und wesentlich vorteilhaftere – Möglichkeiten, unsere Bedürfnisse zu erfüllen, hemmen. Dieser Lock-In impliziert somit signifikante gesellschaftlichen Kosten. [Kapitel 9]

Die **Bindung an fossile Technologien** und Strukturen kann **durch Innovationen überwunden** werden. Diese können durch preisliche Anreize, Investitionen und Forschung gefördert und damit die aus Lock-In und mangelnder Innovation entstehenden Kosten reduziert werden. [Kapitel 9] Die **Covid-19-Krise schafft eine einzigartige Chance**, staatliche Politik zugunsten nachhaltiger Strukturen zu setzen – zu geringeren finanziellen, sozialen und politischen Kosten, als dies vor der Krise möglich gewesen wäre. [Kapitel 2]

Anreiz zur Bepreisung von Klimarisiken durch den Finanzsektor stark von der Klimapolitik abhängig

Klimarelevante Risiken stellen auch den Finanzsektor vor beträchtliche Herausforderungen, gilt es doch, diese Risiken adäquat zu erfassen und in Finanzierungs- wie Investitionsentscheidungen entsprechend zu berücksichtigen. Der Klimawandel bzw. der politische Umgang mit diesem erfordert in vielen Fällen eine Neubewertung von Investitionen, insbesondere solchen in emissionsintensiven Sektoren. Das damit verbundene potenzielle Risiko von „Stranded Assets“ (Überraschende Abwertungen von Vermögenspositionen) ist stark von der Klimapolitik abhängig. Verbindliche und konsistente politische Vorgaben in Richtung einer raschen Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems (etwa durch eine langfristige Verpflichtung zur Kohlenstoffpreisgestaltung) ermöglichen es dem Finanzsektor, den notwendigen Ausstieg aus fossilen Brennstoffen zu erkennen und so Klimarisiken in Finanzierungs- und Investitionsentscheidungen entsprechend zu berücksichtigen. Eine zunehmende Anzahl von Marktakteuren hat aus diesem Grund begonnen, sich von Investments in Industrien mit hohem Verbrauch an fossilen Brennstoffen zu trennen („Divestment“) und ihre Kapitalflüsse in nachhaltige Investitionen zu transferieren. **Zögerliche oder unklare Signale der Klimapolitik können** indes **die Gefahr von Stranded Assets** und davon ausgehenden systemischen Risiken im Finanzsektor **deutlich erhöhen**. [Kapitel 10]

Starke Interdependenzen an den Finanzmärkten führen zu Zweitrundeneffekten

Der Gefahr einer Kohlenstoffblase (Carbon Bubble) infolge von Stranded Assets sind private wie auch institutionelle Investoren ausgesetzt. Für letztere gilt es zu beachten, dass nicht nur ein direktes Investment in kohlenstoffintensive Sektoren das Risiko substantieller Portfolioverluste erhöht, sondern es durch die starken Interdependenzen an den Finanzmärkten und insbesondere am sogenannten Interbankenmarkt auch zu Zweitrundeneffekten dergestalt kommt, dass Finanzinstitutionen, die selbst nur ein geringes Exposure gegenüber Unternehmen z. B. der Öl- und Gasindustrie aufweisen, durch Kredit- und Einlagenbeziehungen zu anderen Marktakteuren Verluste infolge schlagend werdender Stranded Assets erleiden. [Kapitel 10]

Abbildung ES.1 zeigt zum einen den Einbruch in den über alle Sektoren in Europa gemittelten Unternehmensbewertungen in der Coronakrise. Sie zeigt aber vor allem auch, wie sehr die **fossilen Unternehmen schon seit einer Dekade durch eine deutlich schlechtere Performance gekennzeichnet** sind. Österreich ist gut beraten, diese Entwicklung nicht zu verpassen.

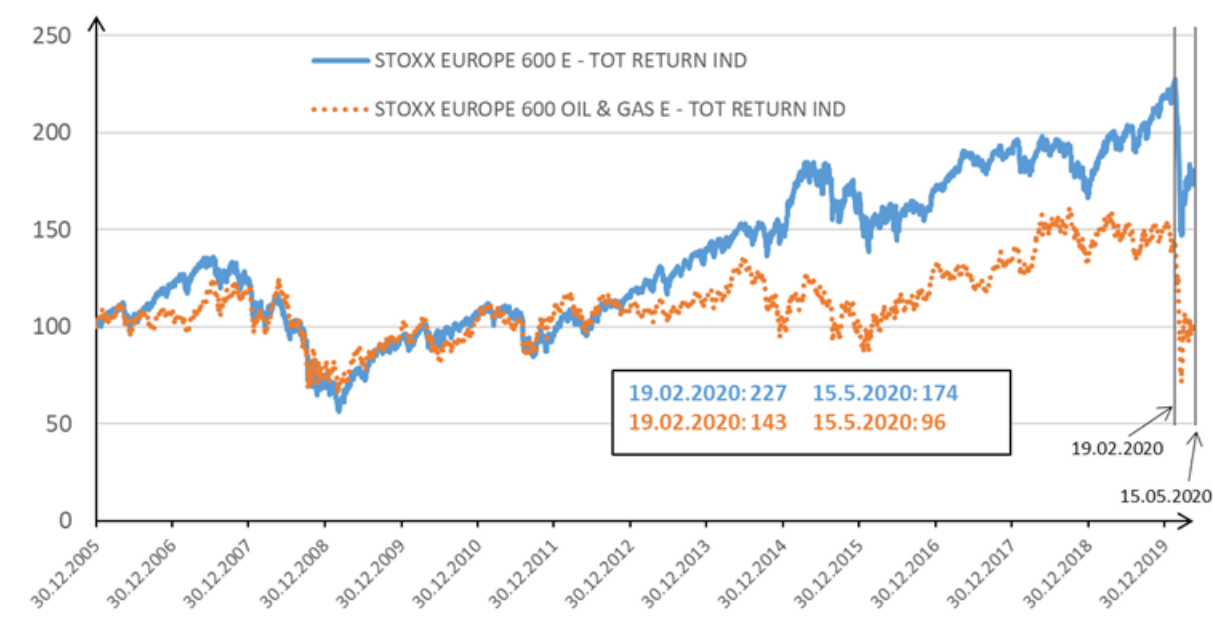


Abbildung ES.1: Vergleich der Performance-Entwicklung (total return) des STOXX EURO 600 sowie des Sektor-Index STOXX EURO 600 Öl & Gas (22 Unternehmen). Werte sind normiert auf den Startwert am 30.12.2005 (= 100). Untersuchungszeitraum: 30.12.2005 – 15.5.2020. Datenquelle: Refinitiv Datastream.

Schäden und Verluste durch Nicht-Handeln in der Klimapolitik

Das Nicht-Handeln in der Klimapolitik belastet unsere Gesellschaft in Österreich bereits heute (2020): Durch fossile Importe entstehen Wertschöpfungsverluste in Höhe von rund 8 Mrd. Euro jährlich, umweltschädliche Förderungen belasten das öffentliche Budget mit rund 4 Mrd. Euro jährlich, Klimawandelanpassung kostet die öffentlichen Budgets rund 1 Mrd. Euro jährlich, wetter- und klimawandelbedingte Schäden liegen bei zumindest 2 Mrd. Euro im Jahresdurchschnitt². Letztere werden um 2030 im Bereich von zumindest 3 Mrd. bis 6 Mrd. Euro erwartet, um 2050 im Bereich von zumindest rund 6 Mrd. bis 12 Mrd. Euro – jeweils jährlich im Schnitt. Auch nach verstärkter Anpassung verbleiben unvermeidbare Restschäden. Informationen zum Grad der Abdeckung und methodische Hintergründe werden in den jeweiligen Kapiteln angesprochen.

Die Schäden werden in ihrem realen Auftreten eine enorme Variabilität nach Regionen, betroffenen Menschen und Unternehmen sowie Jahren aufweisen. Die Belastung wird für die tatsächlich Betroffenen somit weitaus größer sein, als es Durchschnittswerte widerspiegeln.

Die für die Zukunft absehbare weitere Entwicklung der Schäden verdeutlicht vor allem auch, dass heutiges klimapolitisches Nicht-Handeln mittel- und langfristig noch deutlich höhere Kosten verursacht, als sie sich gegenwärtig bereits abzeichnen.

Aus globaler Perspektive gilt zudem, dass Österreich als ein hoch entwickeltes Land durch seine aktuellen jährlichen Emissionen weltweit höhere Klimawandelschäden verursacht als die entsprechenden Schäden im Inland betragen.

Bereits heute hohe Kosten des Nicht-Handelns in der Klimapolitik

Vergangenes Nicht-Handeln in der Klimapolitik belastet unsere Gesellschaft bereits heute (2020) mit hohen Kosten:

² Dieser und alle weiteren monetären Werte sind in Euro-Preisen von 2019 angeführt.

- **Wertschöpfungsverluste durch fossile Importe** belaufen sich auf jährlich rund **€ 8,2 Mrd.** [Kapitel 8].
- **Umwelt- und klimaschädliche Unterstützungen** kosten das öffentliche Budget im Jahresschnitt **€ 3,9 bis 4,4 Mrd.** [Kapitel 8].
- **Klimawandelanpassungsrelevante Kosten** umfassen in den öffentlichen Budgets im Jahresschnitt rund **€ 1 Mrd.** [Kapitel 5].
- **Wetter- und klimawandelbedingte Schäden** belaufen sich im Jahresschnitt auf zumindest **€ 2 Mrd.** [Kapitel 3].

Anstieg der wetter- und klimawandelbedingten Schäden

Die wetter- und klimawandelbedingten Schäden, die **aus Ereignissen in Österreich** erwachsen, werden von derzeit (2020) zumindest € 2 Mrd. im Jahresdurchschnitt ansteigen, und bis 2030 im Bereich von zumindest € 2,5 Mrd. bis 5,2 Mrd. erwartet, bis 2050 im Bereich von zumindest € 4,3 Mrd. bis 10,8 Mrd. im jährlichen Durchschnitt. Dies folgt aus Quantifizierungen von 37 Klimafolgenwirkungsketten, für die bereits Modellbewertungen vorliegen. Weitere 43 Wirkungsketten wurden dabei zwar identifiziert, konnten aber noch nicht quantitativ abgeschätzt werden. Als **besonders zunehmendes Risiko** wurden aus letzteren – bisher noch nicht quantifizierten Wirkungsketten – in der jüngsten Vergangenheit insbesondere die steigende **Gefahr von Waldbränden und Gesundheitsfolgen** unterschiedlichster Natur identifiziert [Kapitel 3].

Über den österreichischen Außenhandel übertragene Klimafolgen aus dem Ausland

Wichtige Handelspartner Österreichs, vor allem außerhalb der Europäischen Union, sind **deutlich stärker vom Klimawandel betroffen** als Österreich. Dies betrifft sowohl Zuliefer- als auch Absatzmärkte Österreichs. Unter Berücksichtigung nur dreier relevanter Klimawandelfolgen (Anstieg des Meeresspiegels, Veränderung der Arbeitsproduktivität durch Hitze und Auswirkungen auf landwirtschaftliche Produktion) in diesen Ländern verursachen grenzüberschreitende Klimawandelfolgen – also jene Folgen, die aus dem Ausland auf die österreichische Wirtschaft übertragen werden – bei einer globalen Erwärmung von 2 Grad bis zum Ende des Jahrhunderts für Österreich um das Jahr 2050 Schäden in Höhe von € 1,5 Mrd. jährlich. Bei einer globalen Erwärmung von 4 Grad bis zum Ende des Jahrhunderts und schlechterer sozioökonomischer Entwicklung steigen die Kosten durch grenzüberschreitende Klimawandelfolgen auf € 1,9 Mrd. [Kapitel 4].

Wie signifikant allein die bereits monetär quantifizierten Wirkungsketten (37 aus insgesamt 80 identifizierten Wirkungsketten im Inland, drei aus dem Ausland) die wetter- und klimabedingten Schäden ansteigen lassen werden, zeigt Abbildung ES.2 für die Entwicklung im Jahresschnitt bis 2050.

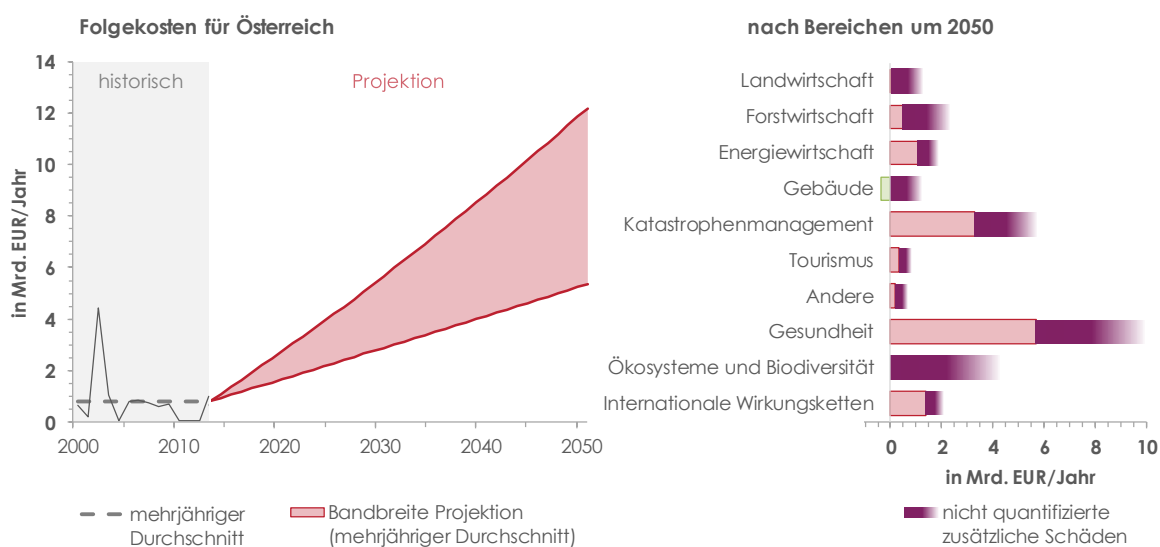


Abbildung ES.2: Wetter- und klimawandelbedingte Schäden: bereits quantifizierte Wirkungsketten, Entwicklung bis 2050

Anpassungsmaßnahmen können den Umfang der Schäden verringern, aber Residualschäden verbleiben

Werden adäquate Klimawandelanpassungsmaßnahmen gesetzt, reduzieren sich die Schäden durch den Klimawandel. Zusätzlich können **positive Effekte für die Volkswirtschaft** entstehen. Durch ein Paket von Anpassungsmaßnahmen in den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement sowie Verkehrsinfrastruktur reduzieren sich die volkswirtschaftlichen Schadenskosten gemessen in Wohlfahrtseinheiten um 30%. Zusätzlich entstehen positive Impulse für die Beschäftigung. Es ist davon auszugehen, dass adäquate Anpassung in anderen Bereichen ebenfalls zu positiven volkswirtschaftlichen Effekten führt. Dennoch verbleibt in den meisten Fällen ein Residualschaden, d. h. die negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels können nur teilweise durch Anpassung abgefangen werden. Die anpassungsrelevanten öffentlichen Ausgaben von derzeit (2020) rund € 1 Mrd. jährlich werden sich bis 2030 auf mehr als € 1,5 Mrd. pro Jahr und bis 2050 auf mehr als € 2 Mrd. pro Jahr erhöhen. [Kapitel 5]

Variabilität erhöht Schadenswirkung für die Betroffenen

In ihrem realen Auftreten werden wetter- und klimabedingte Schäden eine enorme **Variabilität nach Regionen, betroffenen Menschen und Unternehmen sowie Jahren** aufweisen. Die Belastung wird für die tatsächlich Betroffenen somit weitaus größer sein, als es Durchschnittswerte widerspiegeln.

Weltweite Folgen der Emissionen Österreichs

Österreichs aktuelle Treibhausgasemissionen liegen auf einem global deutlich überdurchschnittlichen Niveau (z. B. in einer Pro-Kopf-Betrachtung), insbesondere wenn sie konsumbasiert bilanziert werden, also die Emissionen dem letztlichen Endverbraucher angerechnet werden. Internationale Vergleichsstudien zeigen zudem, dass die zukünftigen Klimawandelfolgen für Österreich in etwa im europäischen Durchschnitt liegen und dass die zukünftigen Schäden in anderen Weltregionen, v. a. in Afrika, Südostasien und Südamerika, deutlich höher erwartet werden. Somit gilt für ein Land wie Österreich, dass die durch seine jährlichen Emissionen auf aktuellem Niveau weltweit verursachten Klimawandelschäden höher als die jährlichen Schäden im Inland sind. Dies macht die **Wichtigkeit konsequenten Handelns** statt Nicht-Handelns auch in Österreich als notwendigen Beitrag zum weltweiten Klimaschutz deutlich. [Kapitel 3, Kapitel 6]

Die Budget-Wirkungen von Nicht-Handeln in der Klimapolitik

Nicht-Handeln in der Klimapolitik belastet das öffentliche Budget ausgaben- und einnahmenseitig. Die Folgen des Klimawandels führen zu volkswirtschaftlichen Schäden und somit zu verminderten Steuereinnahmen. Letztere lassen sich für 2050 mit 720 Mio. Euro pro Jahr beziffern. Auch ein fossiler Lock-In ist mit möglichen Wettbewerbsnachteilen für die österreichische Wirtschaft verbunden, was das Budget ebenfalls einnahmenseitig belastet. Auf der Ausgabenseite wirkt sich Nicht-Handeln in zumindest drei Dimensionen aus: Mehrausgaben zur Behebung von klimawandelbedingten Schäden, Ausgaben für Klimawandelanpassung und Kosten von klimaschädlichen Unterstützungsmaßnahmen.

Bereits heute (2020) fallen anpassungsrelevante Ausgaben von rund 1 Mrd. Euro jährlich an und diese Kosten werden sich bis 2030 auf mehr als 1,5 Mrd. Euro pro Jahr und bis 2050 auf mehr als 2 Mrd. Euro pro Jahr erhöhen. Zusätzlich belasten klimaschädliche Unterstützungsmaßnahmen in den Bereichen Energie und Verkehr das öffentliche Budget mit bis zu 4,4 Mrd. Euro pro Jahr.

Neben den im Inland wirkenden Ausgaben hat sich Österreich dazu verpflichtet, Entwicklungsländer in ihren Klimaschutz- und Anpassungsprojekten finanziell zu unterstützen. Diese Kosten der internationalen Klimafinanzierung belasten das Budget derzeit mit rund 220 Mio. Euro pro Jahr und dürften sich bis 2030 verdoppeln und bis 2050 vervierfachen. Für die Kosten aus einer möglichen Nichterfüllung der EU-Klima- und Energiepolitik liegen derzeit Schätzungen in großer Bandbreite vor. Jedenfalls wäre mit einer solchen Nichterfüllung zudem ein Reputationsverlust verbunden. Um das Budget gegenüber all diesen Belastungen auszugleichen, müssen somit entweder andere Ausgaben gekürzt oder zusätzliche Einnahmen lukriert werden.

Verminderte Einnahmen

Die Steuereinnahmen vermindern sich durch die Folgen des Klimawandels, **bei gleichzeitig zunehmenden Ausgaben** zur Behebung von Schäden [Kapitel 3, Kapitel 5]. Auch fossiler Lock-In und vertane Chancen einer klimafreundlichen Transformation reduzieren die Wirtschaftsleistung und somit die Steuerbasis [Kapitel 8, Kapitel 9].

Anpassungsrelevante Ausgaben

Die Ausgaben des Bundes für Klimawandelanpassung betragen bereits heute **rund € 1 Mrd. jährlich** (in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Umwelt, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement). Diese Ausgaben werden sich auf Grund des fortschreitenden Klimawandels bei einer mittleren Erwärmung bis Mitte des Jahrhunderts mehr als verdoppeln. Bei stärkerer Erwärmung bzw. in einzelnen Jahren kann die Belastung deutlich höher sein. Insbesondere klimawandelbedingte Extremereignisse wie Überflutungen und Dürren führen zu erheblichen budgetären Belastungen in einzelnen Jahren. Durch die erwartete Zunahme von Schäden durch Extremwetterereignisse bis 2050 kann sowohl der Österreichische Katastrophenfonds als auch der Europäische Solidaritätsfonds an seine finanziellen Grenzen stoßen. [Kapitel 5]

Internationale Klimafinanzierung

Die Folgen eines globalen Nicht-Handelns im Klimaschutz sind in Entwicklungsländern, insbesondere in Afrika, Südostasien und Südamerika, deutlich höher als in Österreich. Österreich hat sich daher dazu bekannt, seinen Beitrag zur internationalen Finanzierung von Klimaschutz und Anpassung in Entwicklungsländern (sog. Internationale Klimafinanzierung) zu leisten. Österreichs Ausgaben für internationale Klimafinanzierung betragen jährlich rund € 260 Mio. (Durchschnitt 2017/18). Obwohl sich die erfassten Ausgaben gegenüber 2013/14 beinahe verdoppelt haben, ist der (Pro-Kopf-) Beitrag Österreichs, verglichen mit anderen Industriestaaten wie Deutschland, Japan oder den skandinavischen Ländern, bislang deutlich geringer. **Zusätzlich besteht global eine große Finanzierungslücke**, weshalb mit deutlichen Zunahmen bei

Nichterfüllung der Ziele der EU-Klima- und Energiepolitik

den Ausgaben für internationale Klimafinanzierung zu rechnen ist: Eine Verdopplung der österreichischen Beiträge zur internationalen Klimafinanzierung bis 2030 und eine Vervielfachung bis 2050 erscheinen plausibel. [Kapitel 6]

Die Kosten aus einer Nichterreicherung der EU-Klimaziele werden bestimmt durch die Möglichkeiten von flexiblen Mechanismen zur **Erreichung der Ziele im legislativen Sinn**. Zudem besteht als Risiko einer Zielverfehlung ein möglicher Reputationsverlust (Naming and Shaming). Ähnliches gilt für die Europäische Energiepolitik (Ausbau Erneuerbare und Energieeffizienz). [Kapitel 7]

Umweltschädliche Unterstützungsmaßnahmen

Umweltschädliche Unterstützungsmaßnahmen werden in Österreich breit und umfangreich gewährt, insbesondere in den Bereichen Energie und Verkehr. Allein im Verkehrsbereich werden in Österreich in diesem Sinne kontraproduktive Unterstützungen im Ausmaß von mehr als € 15 Mrd. pro Jahr gewährt. Im engeren Sinne direkt budgetwirksam werden aus Regulierungen in den Bereichen Verkehr und Energie bis zu € 4,4 Mrd. pro Jahr (d. h. geringere Einnahmen oder höhere Ausgaben der öffentlichen Hand). Ein wesentlicher Teil dieser Regulierungen ist hierbei **durch Österreich selbst reformierbar**. [Kapitel 8]

Überblick: Kosten des Nicht-Handelns

Zum Überblick fasst Abbildung ES.3 die Kostenbereiche nochmals zusammen, in denen sich ein Nicht-Handeln für Österreich widerspiegelt.

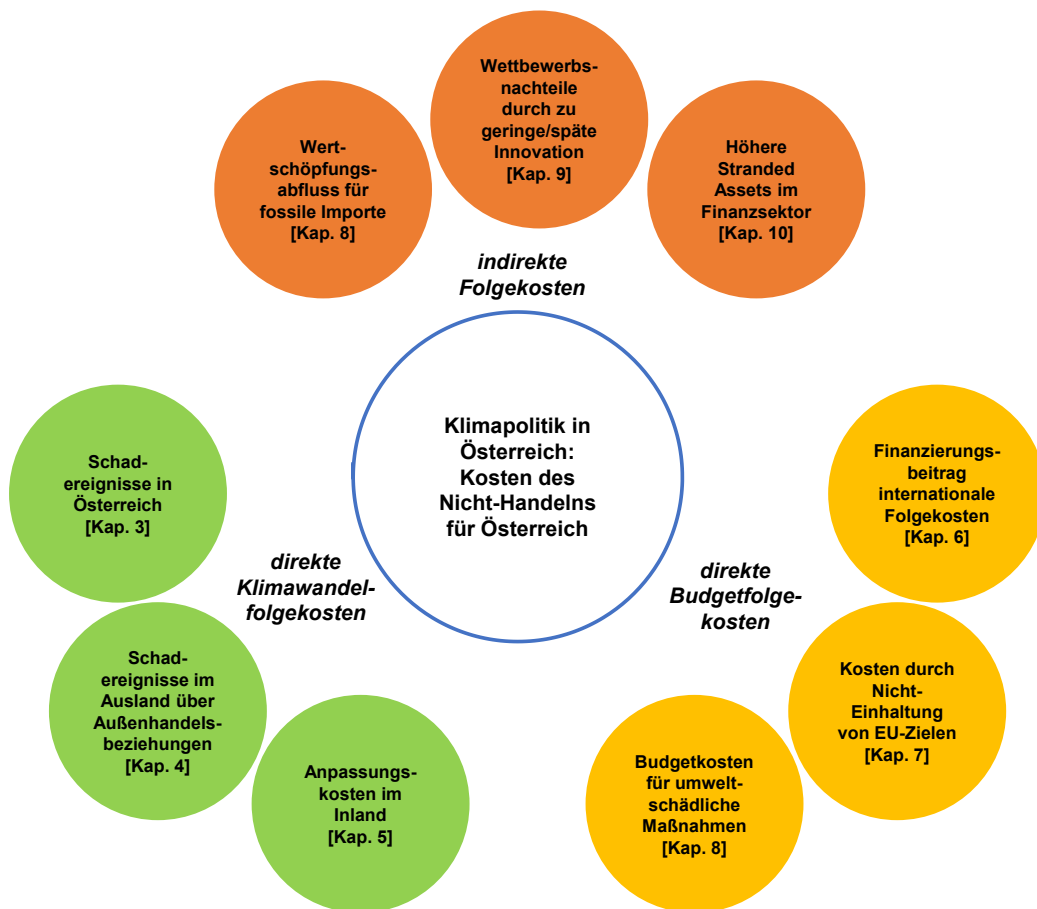


Abbildung ES.3: Kostenbereiche klimapolitischen Nicht-Handelns für Österreich

Klimapolitik: tu felix Austria?



2 Folgekosten durch klimapolitisches Nicht-Handeln in der Coronakrise

Folgekosten bei nachfragepolitischem Nicht-Handeln

Der wirtschaftliche Einbruch infolge des Corona-Lockdowns war stärker als erwartet und übertrifft jenen der letzten Wirtschaftskrise 2007-2009 deutlich. Die erforderliche öffentliche Stimulierung der Nachfrage ist unumstritten. Wirtschaftspolitisches Nicht-Handeln von öffentlicher Seite hingegen wäre fatal für den Arbeitsmarkt und das soziale Gleichgewicht und würde daher sowohl eine ausgeglichene weitere gesellschaftliche als auch klimagerechte Entwicklung gefährden.

Starker Rückgang der wirtschaftlichen Aktivität als Folge des Corona-Lockdowns

Der wirtschaftliche Einbruch infolge des Corona-Lockdowns war stärker als zum Zeitpunkt der Verhängung der Maßnahmen erwartet. Die – aktuell weiterhin unsicheren – Szenarien für die absehbare BIP-Entwicklung sehen – je nach Dauer der stark verringerten Nachfrage – Rückgänge für das Gesamtjahr 2020 im Bereich von 5,25 bis 7,5% [1]. Der Einbruch in der wirtschaftlichen Aktivität übertrifft damit jedenfalls jenen der letzten Wirtschaftskrise 2007-09, aller Wahrscheinlichkeit nach sogar deutlich.

Öffentliche Nachfragemulierung als Gebot der Stunde

Die erforderliche öffentliche Stimulierung der Nachfrage ist nicht nur in der politischen Diskussion, sondern auch in der Wissenschaft und in der wirtschaftspolitischen Beratung [2, 3] unumstritten. Sie könnte zudem deutlich größer ausfallen müssen und für eine deutlich längere Zeit erforderlich sein als in Österreich derzeit budgetiert.

Wirtschaftspolitisches Nicht-Handeln von öffentlicher Seite hingegen **würde** die Unsicherheit am Arbeitsmarkt weiter verstärken und damit das soziale Gleichgewicht sowie eine **gedeihliche gesellschaftliche** und gleichzeitig klimagerechte **Entwicklung signifikant gefährden**.

Folgekosten durch klimapolitisches Nicht-Handeln als Teil der Nachfragesimulation

Öffentliche Ausgaben und Investitionen, insbesondere in einer Höhe, wie sie im Kontext der Coronakrise diskutiert werden, eignen sich ideal und sind nur dann auch volkswirtschaftlich gerechtfertigt, wenn sie zugleich auf zukunftsfähige Strukturen ausgerichtet sind. Es gilt die Infrastruktur in den Bereichen Mobilität, Gebäude, Energie und industrielle Produktion so umzubauen, dass sie ein klimarobustes, eine Kreislaufwirtschaft der kurzen Wege dauerhaft unterstützendes Wirtschaftssystem ermöglicht.

Erreicht wird dieser Umbau zum einen direkt durch öffentliche Investitionen, zum anderen durch eine Reform des ordnungsrechtlichen Rahmens, der die Anreize für die Privatwirtschaft und privaten Haushalte ausrichtet.

Die Covid-19-Krise schafft eine einzigartige Chance für solch einen Umbau in klimagerechter Weise. Die Schäden, die mit einem weiter ansteigenden Klimawandel verbunden sind, manifestieren sich zwar langsamer als jene dieser Pandemie, sind aber massiver und permanenter. Auch die Bevölkerung war wohl kaum jemals so aufgeschlossen wie derzeit dafür, auch dieser potenziell viel stärkeren Krise vorzubeugen. Je länger unser Land zuwartet, dazu beizutragen, auch diese Kurve „flach zu halten“, umso größer wären die Folgekosten, insbesondere wäre durch Weiterführung des fossilen Lock-In der Umstieg erst mit Verzögerung umso teurer.

Investitionen lohnen sich in zukunftsfähige Strukturen

Öffentliche Ausgaben und Investitionen, in einer Höhe wie sie im Kontext der Corona-Wiederaufbauhilfe diskutiert werden, eignen sich ideal und sind nur dann auch **volkswirtschaftlich gerechtfertigt, wenn sie zugleich auf zukunftsfähige Strukturen ausgerichtet** sind.

Umbau der Infrastruktur für Mobilität, Gebäude, Energie und industrielle Produktion

Das Corona-Konjunkturpaket zu einem solchen Umbau zu nutzen heißt, die Infrastruktur in den Bereichen Mobilität, Gebäude, Energie und industrielle Produktion umzubauen [4]. Zum einen erfolgt dies direkt durch öffentliche Investitionen, zum anderen durch eine Reform des ordnungsrechtlichen Rahmens, der die Anreize für die Privatwirtschaft und privaten Haushalte ausrichtet.

Innovationschance Coronakrise für eine klimagerechte Entwicklung

Die Covid-19-Krise schafft eine einzigartige Chance, staatliche Politik zugunsten nachhaltig gesunder und klimagerechter Strukturen zu setzen, zu geringeren finanziellen, sozialen und politischen Kosten, als das sonst wohl je möglich gewesen wäre. Fossile Energie-Preise auf einem Niedrigst-Niveau erleichtern den **Abbau umweltschädlicher Subventionen** wie auch eine nun **frühere Einführung der geplanten CO₂-Bepreisung**. Vorübergehend könnte letztere auch helfen, die stark belasteten Budgets zu sanieren [3]. Gerade das Betreiben, die (bisher) fossil-basierte Wirtschaft aus dem Stillstand wieder zurückzuholen, bietet die Chance diese durch Investitionen in eine klimafreundliche Infrastruktur neu auszurichten, und damit deutlich den Arbeitsmarkt zu beleben. Niedrige Zinssätze machen es zumindest aktuell zudem billig.

Die Bereitschaft zum Umbau zu krisenfesteren Strukturen ist hoch

Covid-19 hat uns gelehrt, dass unser Wirtschaftssystem und Wohlergehen auf letztlich sehr tönernen Füßen stehen. Katastrophen, über die wir lange Bescheid wussten und die wir lange ignoriert haben, können plötzlich hereinbrechen und eine zuvor empfundene Stabilität erschüttern. Die Schäden, die mit einem weiter ansteigenden Klimawandel verbunden sind, manifestieren sich zwar langsamer als jene dieser Pandemie, sind aber massiver und viel länger anhaltend (vgl. Kapitel 2 bis 6). Schritte, dem nun politisch vorzubeugen trafen wohl noch kaum jemals auf eine dafür so aufgeschlossene Bevölkerung wie derzeit. Dies gilt für Österreich, wo die Klimakrise als größere Gefahr als die Corona-Pandemie (aber auch als die Flüchtlingskrise) gesehen wird [5], aber auch weltweit [6].

3 Folgekosten durch klimawandelbedingte Schäden und Verluste in Österreich

Monetär bezifferbare Klimawandelfolgekosten

Wetter- und klimabedingte Ereignisse in Österreich führen aktuell (2020) zu wirtschaftlichen Schäden in Höhe von zumindest 2 Mrd. Euro im Jahresschnitt.³ Der bereits beobachtete Anstieg dieser Schäden stellt Folgekosten vergangenen globalen klimapolitischen Nicht-(ausreichend)-Handelns dar. Die für die Zukunft absehbare weitere Entwicklung dieser Schäden macht deutlich, mit welchen langfristigen Kosten heutiges klimapolitisches Nicht-Handeln verbunden ist.

In der bisher umfassendsten Studie für Österreich zur ökonomischen Bewertung des weiter fortschreitenden Klimawandels wurden 80 Wirkungsketten an Klimawandelfolgen, die in Österreich auftreten können, identifiziert (von Arbeitsproduktivitätsverlusten durch Hitze im Handel bis zu Verkehrsunterbrechungen durch Wetterextreme). Für 37 dieser Wirkungsketten gibt es bereits ausreichend verlässliches Wissen, um die Folgen auch zu quantifizieren, mit folgendem Ergebnis im Durchschnitt über die Jahre, Regionen und betroffenen Menschen und Unternehmen: Mit einer Klimaentwicklung, die global bis 2050 eine 2-Grad-Erwärmung nicht übersteigt, werden in Österreich in einigen Bereichen auch Vorteile (Heizkostenreduktion, Ausweitung der Vegetationsperiode) erwartet, in der Mehrheit der Bereiche überwiegen jedoch die Schäden (Hochwasser, Dürren, Schneemangel im Wintertourismus etc.).

In der Periode um 2030 werden die Schäden insgesamt deutlich überwiegen und die Netto-Schäden allein in diesen schon quantifizierten Bereichen bei zumindest 2,5 bis 5,2 Mrd. Euro im Jahresdurchschnitt liegen, in der Periode um 2050 bei zumindest 4,3 bis 10,8 Mrd. Euro im Jahresdurchschnitt. Die Netto-Schäden werden dabei über die Jahre ungleich verteilt sein, in Einzeljahren allein Hochwasserschäden Schwellen von 5 bis 8 Mrd. Euro jedenfalls überschreiten.

Beobachtete wetter- und klimabedingte Schäden

Die weltweit tätigen Rückversicherer wie die Münchner Rück oder die Swiss Re erfassen wetter- und klimabedingte Extremereignisse auf einer mehrteiligen Skala. Werden hieraus nur Ereignisse der obersten zwei Stufen herangezogen, so zeigen sich für Österreich für die Dekade 2001-2010 im Schnitt Schäden in Höhe von € 850 Mio. pro Jahr. Davon waren bisher rund 20% versicherte Schäden. Die Schäden betreffen überwiegend Hochwasser, Starkregen, Vermurungen, Stürme, Frostereignisse und Dürreschäden. Darüber hinaus verursachen Hitzewellen in Österreich bisher 240 vorzeitige Todesfälle im Jahresschnitt (2.300 verlorene Lebensjahre). Werden diese mit in der EU üblichen Sätzen monetarisiert, erhöhen sich die Gesamtschäden im Jahresschnitt in der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts auf zumindest € 1,2 Mrd. [7] Um das Jahr 2020 liegen die **Gesamtschäden im Jahresschnitt bei zumindest € 2 Mrd.** [für Details siehe Anhang A.1]

Szenarien zukünftiger Entwicklung

Abschätzungen der weiteren Entwicklung von Nutzen und Schäden durch Klimaänderungen in Österreich beruhen auf **Szenarien, die die Klimaentwicklung wie die sozioökonomische Entwicklung umfassen.** Für die vorliegende Zusammenfassung wird eine Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen unterstellt, die global bis 2050 zu nicht

³ €-Werte beziehen sich durchgehend auf die Preisbasis 2019. Die Umrechnung aus Studien mit anderer Preisbasis erfolgt mittels des von Statistik Austria ausgewiesenen BIP-Deflator. Das vorliegende Kapitel 3 bezieht sich beispielsweise insbesondere auf die COIN-Studie (Steininger et al. 2015), die die Ergebnisse mit Preisbasis 2010 auswies. Die Veränderung des BIP-Deflator zwischen Preisbasis 2010 und 2019 beträgt 19,97%.

mehr als 2 Grad Erwärmung führt. Modelle der regionalen Klimaentwicklung zeigen die Bandbreite der erwarteten Entwicklung in Österreich auf. Je nach Schadensbereich sind zudem sozioökonomische Entwicklungen entscheidend, für die Folgen von Hitzewellen etwa der Anteil der älteren Bevölkerung sowie deren soziale Entwicklung, die bestimmt, ob sie sich z. B. wärmeregulierte Wohnungen leisten können. Mit den Dimensionen regionaler Klima- und sozioökonomischer Entwicklung lassen sich Bandbreiten der Folgekosten durch Klimawandel abstecken. [8]

Klimafolgewirkungen werden in allen Sektoren sichtbar

In der Periode um 2030 sind im jährlichen Durchschnitt durch Klimawandelfolgen, die sich direkt in Österreich ereignen, folgende Netto-Schäden zu erwarten (in der Klammer sind jeweils die Werte für die Periode um 2050 angegeben): In der **Landwirtschaft** werden die höheren Erträge durch die längeren Vegetationsperioden allein durch erwartete Dürreschäden ausgeglichen, dazu kommen weitere (für die Zukunft noch nicht quantifizierte) Schäden durch Ereignisse wie Spätfröste; im Bereich **Forstwirtschaft** summieren sich die schon quantifizierbaren Wirkungsketten auf Netto-Schäden in Höhe von € 300 Mio. (€ 470 Mio.); für die **Energiewirtschaft** ergibt sich eine Lastverschiebung hin zu den Sommermonaten (erhöhter Kühlbedarf), der eine eingeschränkte Erzeugung aufgrund stärkerer Trockenperioden gegenübersteht und Kosten von € 285 Mio. (€ 760 bis 1.070 Mio.) verursacht, dabei ist u. a. die Gefahr von extrem teuren großräumigen Stromausfällen (Black-Outs) noch nicht berücksichtigt; im **Gebäudebereich** überwiegt ein reduzierter Heizbedarf im Winterhalbjahr die zusätzlichen Kosten für Kühlung während der Sommermonate und führt zu Kosteneinsparungen von € 100 bis 210 Mio. (€ 140 bis 350 Mio.); im Bereich **Naturkatastrophen** belaufen sich die Kosten durch Fluss-Hochwasser auf zumindest € 1.700 bis 2.000 Mio. (€ 2.500 bis 3.300 Mio.), andere Extremereignisse wie Sturmschäden sind darin nicht quantifiziert; bereits quantifizierbare **Gesundheitsschäden** belaufen sich auf € 270 bis 2.300 Mio. (€ 520 bis 5.700 Mio.); im **Tourismus** übersteigen die Einbußen im Wintertourismus die Zunahme im Sommertourismus und summieren sich auf Netto-Schäden in der Höhe von € 35 bis 330 Mio. (€ 350 Mio.); in den anderen Bereichen **Wasser- und -entsorgung, Handel, Verkehr und städtische Grünräume** ergeben sich Kosten von zumindest € 70 Mio. (€ 120 Mio.). Insgesamt werden die Netto-Schäden allein in diesen schon quantifizierten Bereichen in der Periode um 2030 bei zumindest € 2,5 bis 5,2 Mrd. im Jahresdurchschnitt liegen, in der Periode um 2050 bei zumindest € 4,3 bis 10,8 Mrd. im Jahresdurchschnitt (siehe Abbildung 1). [7, 9]

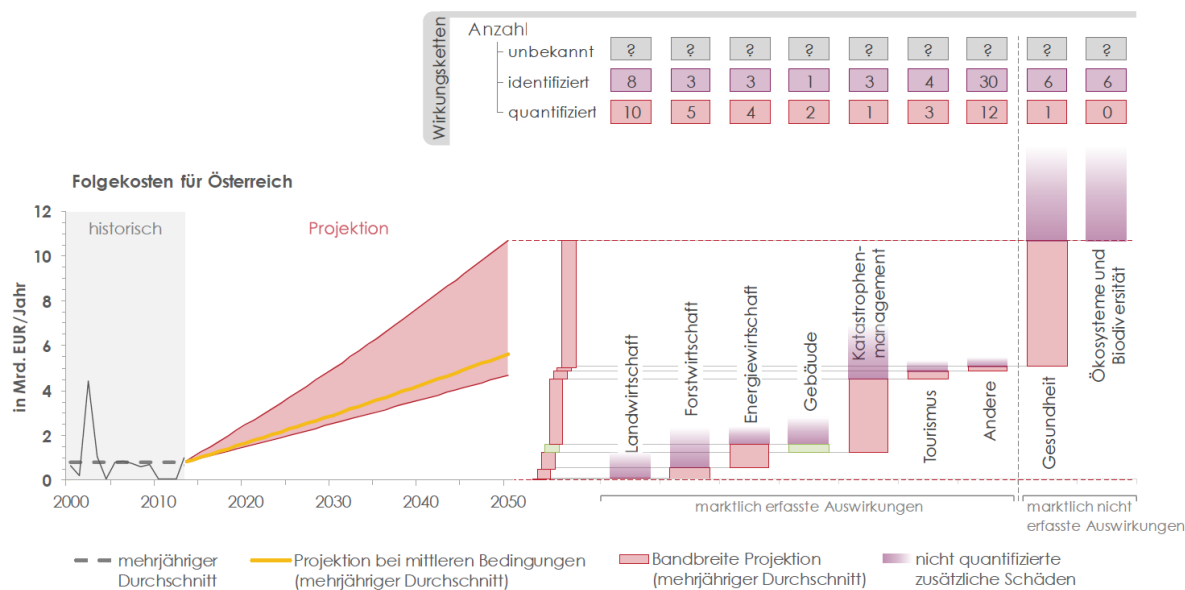


Abbildung 1: Wetter- und klimawandelbedingte Folgekosten in Österreich: bereits monetär quantifizierte Wirkungsketten aus Schäden im Inland. Angegeben sind zudem die Anzahl der quantifizierten Wirkungsketten, sowie die der darüber hinaus identifizierten, jedoch noch nicht quantifizierten Wirkungsketten. Datenbasis: Steininger et al., 2015

Hohe jährliche Fluktuation der Schäden und Verluste

In ihrem realen Auftreten werden wetter- und klimabedingte Schäden eine enorme Variabilität nach Regionen, betroffenen Menschen und Unternehmen sowie Jahren aufweisen. Die Belastung wird für die tatsächlich Betroffenen somit weitaus größer sein, als es Durchschnittswerte widerspiegeln.

Hohe Varianz der Auswirkungen

In der Landwirtschaft werden beispielsweise die Ertragssteigerungen vor allem im Grünland in Westösterreich erwartet, während die Dürreschäden vor allem und verstärkt in Ostösterreich (pannonische Tiefebene, Marchfeld, Oststeiermark) auftreten werden. Die Ertragsvariabilität über die Jahre wird dabei stark zunehmen. Unberücksichtigt bleiben hier zudem Wirkungsketten über internationale Märkte wie höhere Futtermittelpreise, die sowohl Variabilität wie auch Schadenshöhe weiter ansteigen lassen. Während Hochwasserschäden um 2050 im Jahresdurchschnitt auf rund € 2 Mrd. ansteigen werden, führen hundertjährige Hochwasserereignisse zu Schäden von dann wesentlich höheren € 5 bis 8,5 Mrd. Es fallen somit **in tatsächlichen Schadensjahren wesentlich höhere Belastungen** für öffentliche Budgets, Unternehmen und private Haushalte an. [10]

Steigende Zukunftsrisiken besonders für Wälder und Gesundheit

Zu den darüber hinaus besonders relevanten Wirkungsketten, für die das steigende Risiko zunehmend evident wird, die jedoch derzeit noch nicht monetär quantifizierbar sind, zählen:

- Ein erwartetes markantes Ansteigen des Risikos von Waldbränden auch in Österreich, zuzüglich zu den anderen zunehmenden Risiken durch Hitze- und Trockenstress, Baumschädlinge und Starkregen- und Sturmereignisse im Bereich der Forstwirtschaft.
- Gesundheitliche Folgekosten, wie insbesondere durch zunehmende Verbreitung von Infektionskrankheiten, ein weiteres Vordringen von Überträger-Vektoren wie Stechmücken aber auch potenzielle Gefahren durch das Auftauen des Permafrosts.

Waldbrände als zusätzliches Hauptrisiko auch in Österreich

Neben ungewöhnlichen Waldbränden auch heuer (April 2020) schon in Österreich [11] sind etwa die Rekordbrände im Sommer 2018 in Nordeuropa (besonders Schweden) [12] und die verheerenden Australischen Buschfeuer im Sommerhalbjahr 2019/20 [13] in Erinnerung.⁴ Die starke Zunahme verheerender Waldbrände in den vergangenen Jahren in vielen Ländern der Erde auch in mittleren geographischen Breiten ist bereits ein klarer Fingerabdruck des Klimawandels. Starke Erwärmung über Landgebieten und stärker stationäre Wetterlagen resultieren in extrem heißen und trockenen Perioden im Sommerhalbjahr, bei oft schon zuvor ausgetrockneten Böden und entzündungsempfindlichen Wäldern und Wiesen [14, 15]. Die **Häufung solcher extremen Bedingungen** sowie das Zusammenwirken von natürlichen Auslösern (wie Blitzeinschläge bei Gewittern) und menschlichem Fehlverhalten (etwa Brandstiftung aus unterschiedlichsten Motiven) führen zukünftig zu einem **massiv erhöhten Waldbrandrisiko** auch in Österreich.

Forschungsbedarf zu Waldbrandrisiken und weitere Risikozunahmen und Risikobewertung

Insgesamt hat Österreich als sehr wald- und wiesenreiches und dahingehend verwundbares Land im Licht des aktuellen Wissensstandes zu zunehmenden Waldbrandrisiken, ergänzend zu anderen Risikozunahmen etwa durch Baumschädlinge und direkten Hitze- und Trockenstress sowie Starkregen- und Sturmereignisse, mehrfach guten Grund, in diesem Bereich substanzielle ökonomische und ökologische Risikovorkehrungen zu treffen. Fundierte Abschätzungen des Schadenspotenzials und Quantifizierungen des Investitionsbedarfs bedürfen vertiefter Forschung und einer entsprechenden Risikobewertung.

Klimawandel, Ressourcenverbrauch und Gesundheitsfolgen

Der Klimawandel ist mit dadurch bedingt, dass eine enorme Ausbeutung an Ressourcen stattfindet. Wenn Ressourcen in Ökosystemen übernutzt werden, die auch potenziell Tieren mit einer entsprechenden Viren- oder Bakterienbesiedelung als Habitat dienen, wird ein **Überspringen pathogener Mikroorganismen vom Tier auf den Menschen wahrscheinlicher**.

Corona- und Klimakrise

Der derzeit angenommene Ursprung des SARS Corona-Virus aus einem tropischen Wildtier demonstriert eindrücklich, dass der respektlose Umgang mit der Natur unvorhersehbare Folgen für die Menschheit nach sich ziehen kann. Die Klimakrise ist Ursache und Resultat des verhängnisvollen Verhaltens gegenüber der Natur. Die Ausdehnung von Siedlungs- und Agrargebieten zerstört den Lebensraum vieler Wildtiere oder engt ihn ein, wodurch es zu einem **Verlust der Biodiver-**

⁴ Beispielsweise haben letztere in Australien fünfmal stärker als bei den „üblichen Waldbrandsaisonen“ rund 21% der Laub- und Mischwälder des Landes verbrannt; neben unzähligen weiteren Schäden und Verlusten (wie rund einer Milliarde verbrannter Tiere) wurden allein die Schäden für den Tourismus auf rund € 4 Mrd. geschätzt [13].

sität kommt. Durch das Vordringen des Menschen in bisher unberührte tropische Naturräume kommt es zu häufigeren und intensiveren Kontakten mit Wildtieren. In der Folge könnten Krankheitserreger, die bisher beim Menschen unbekannt waren und gegen die sich noch kein immunologisches Gedächtnis gebildet hat, auf diesen übertragen werden (siehe z. B. HIV, MERS, Ebola Virus, SARS CoV1/2). Die Klimakrise führt daher **zu einem höheren (viralen) Outbreak-Risiko für** durch **von Tieren** auf Menschen **übertragene Krankheitserreger** (Zoonosen).

Weiters ist an die Folgen des dadurch hervorgerufenen Biodiversitätsverlusts zu denken [16]. So legt der Bericht zur Artenvielfalt des Weltbiodiversitätsrats der Vereinten Nationen [17] nahe, dass von geschätzt acht Millionen Tier- und Pflanzenarten (weltweit) rund eine Million vom Aussterben bedroht sind. Die Auswirkungen dieser Veränderungen auf die menschliche Gesundheit sind noch nicht in all ihren Facetten überschaubar [18], aber die Corona-Pandemie war weder Zufall noch wird sie eine Ausnahme bleiben.

Steigende Gesundheitsgefahren

Die WHO unterstrich bereits 2008 den **Effekt des Klimawandels auf die Verbreitung von Infektionskrankheiten**. Bisher in unseren Breitengraden nicht verbreitete Erreger können durch die Erhöhung der Temperaturen bei uns heimisch werden und Krankheiten auslösen, die zuvor nur in tropischen oder subtropischen Gebieten vorkamen. Ein Vordringen von Vektoren wie etwa verschiedene Aedes-Arten (z. B. Asiatische Tigermücke, *Aedes albopictus*; Asiatische Buschmücke, *Aedes japonicus*) wird durch den globalen Temperaturanstieg in Zusammenspiel mit weltweit vernetzten Handels-, Transport- und Reisetätigkeiten ermöglicht. Aber auch heimische Mückenarten (z. B. Gemeine Stechmücke, *Culex pipiens*) könnten Vektorkompetenz erlangen und Überträger von bisher tropischen Infektionserkrankungen werden. Beispiele dafür sind etwa durch das West-Nil-Virus, Chikungunya-Virus oder Usutsu-Virus hervorgerufene Erkrankungen bzw. auch das Dengue-Fieber [19].

Auftauender Permafrost und potenzielle Gesundheitsfolgen

Da es unter Permafrost-Bedingungen quasi zu einer Form von Konservierung diverser Mikroorganismen kommen kann, stellen Permafrost und Permafrostböden auch einen geeigneten Speicher von Bakterien und Viren dar. Forschungsergebnisse zeigen, dass selbst sehr alte, unbekannte Bakterien- und Virenstämme unter diesen Verhältnissen scheinbar Jahrtausende überdauern und rekultiviert, also „wiederbelebt“ werden können. Welches gesundheitliche Risiko dies darstellt, ist zwar unklar, es zeigt aber erneut auf, welche vielfältigen und schwer abschätzbaren Folgen die Klimakrise in sich birgt. [siehe Anhang A.1]

4 Folgekosten durch Klimawandelbedingte Schäden und Verluste in anderen Ländern

Grenzüberschreitende Klimawandelfolgen und die Ungleichheit direkter regionaler Betroffenheit von Klimawandelfolgen

Wichtige Handelspartner Österreichs, vor allem außerhalb der Europäischen Union, sind deutlich stärker vom Klimawandel betroffen als Österreich. Dies betrifft sowohl Zuliefer- als auch Absatzmärkte Österreichs. So sind China und Indien beispielsweise wichtige Zulieferer von Vorleistungen für die Produktion in Österreich und gleichzeitig sind sie starken klimatischen Veränderungen ausgesetzt. Wichtige Absatzmärkte österreichischer Güter und Dienstleistungen inkludieren die USA mit mittlerer Betroffenheit und wiederum das vulnerable China. Aber auch Japan und Mexiko zählen zu den wichtigen Handelspartnern außerhalb Europas und sind zugleich durch Klimawandelfolgen gefährdet.

Neben der Übertragung über den Handel beeinflussen Klimawandelfolgen anderer Länder Österreich auch über Migration, Finanztransaktionen oder die gemeinsame Nutzung natürlicher Ressourcen.

Grenzüberschreitende Klimawandelfolgen

In einer zunehmend globalisierten Welt kann sich kein Land gänzlich von den Auswirkungen des Klimawandels, die außerhalb seiner Grenzen auftreten, abschirmen. Das Stockholm Environment Institute identifiziert vier Kanäle, wie Klimawandelfolgen global übertragen werden können [20]: Über den **Außenhandel** eines Landes werden Klimawandelfolgen entlang internationaler Lieferketten übertragen. Ein Beispiel dafür sind klimawandelbedingte Ernteausfälle in landwirtschaftlichen Erzeugerländern. Eine dadurch verursachte Knappheit und damit einhergehende Preissteigerung wirkt über die Weltmärkte auch auf Absatzländer.

Auf **biophysikalischer Ebene** sind hier grenzüberschreitende Ökosysteme wie Wasserläufe relevant. Starkregen flussaufwärts kann Überschwemmungen in flussabwärts gelegenen Ländern verursachen; Dürreperioden in Quellgebieten verringern die Wasserverfügbarkeit in Delta-Städten. Klimaauswirkungen auf im Ausland gehaltene Vermögenswerte und Kapitalflüsse werden auf **finanzieller Ebene** berücksichtigt. Schäden im Zuge des Klimawandels verringern die Rentabilität und Erträge dieser Vermögenswerte durch kurzfristig geringere Erträge oder längerfristige Abwertungen. Auf **personeller Ebene** spielt jegliche Bewegung von Menschen zwischen Ländern eine Rolle, vom Tourismus bis zur Migration. Hier ist Klimawandel ein möglicher Verstärker bestehender Risiken.

In der Konsequenz können Länder, die unter Berücksichtigung national auftretender Klimawandelfolgen nicht als allzu vulnerabel gelten, durchaus stark von grenzüberschreitenden Klimawandelfolgen betroffen sein. Dies gilt besonders für hochgradig vernetzte und offene Volkswirtschaften, die wie Österreich stark in globalen Wertschöpfungsketten eingebunden sind.

Betroffenheit von Klimawandelfolgen weist große regionale Unterschiede auf

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sind durch starke regionale Unterschiede geprägt, wobei stärkere Auswirkungen im globalen

Süden und weniger schwerwiegende Auswirkungen im globalen Norden zu erwarten sind. Abbildung 2 zeigt die Vulnerabilität⁵ einzelner Länder gegenüber klimatischen Veränderungen um das Jahr 2050 sowie heutige Import- und Exportströme Österreichs für wichtige Handelspartner innerhalb und außerhalb der Europäischen Union.

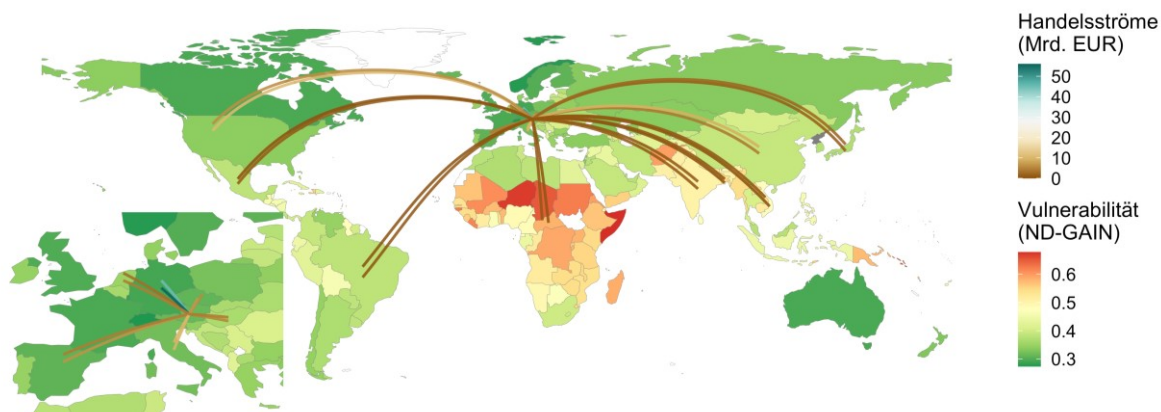


Abbildung 2: Vulnerabilität einzelner Länder, basierend auf dem ND-GAIN [21], und wichtige Handelsströme Österreichs innerhalb und außerhalb Europas, basierend auf Handelsdaten für 2018 [22]

Österreich führt auch Handelsbeziehungen mit vulnerablen Ländern

Zwar betreibt Österreich den Großteil seines Handels mit europäischen Partnern (rund 80% der Ein- und Ausfuhren im Jahr 2018), die außereuropäischen Ströme sind jedoch weit vulnerabler gegenüber klimatischen Einflüssen und sie nahmen wertmäßig in den letzten Jahren immer weiter zu. Im Jahr 2018 stammen 13% der Einfuhren aus asiatischen Ländern und 9% der Exporte gehen in diese Region, in der mit Vietnam, Thailand und Bangladesch die vulnerabelsten Länder zu finden sind [21, 22]. Auch Indien und Japan sind stark betroffene Länder, die vor allem importseitig relevant für Österreichs Außenhandel sind. Mit einer mittleren Vulnerabilität, aber großem Importvolumen ist auch China ein potenzieller Überträger von Klimawandelfolgen auf die österreichische Wirtschaft. Ein sowohl import- als auch exportseitig wichtiger Handelspartner im außereuropäischen Raum mit mittlerer Vulnerabilität sind die USA.

Globale Auswirkungen regionaler klimabedingter Naturkatastrophen

Der Grad der internationalen Spezialisierung sowie die Komplexität und Länge von Zulieferketten nahmen in den letzten Jahrzehnten deutlich zu und führten zu einem markanten Anstieg internationaler Handelsbeziehungsabhängigkeit. Extremwetterereignisse wie die Thailandflut 2011 und die damit einhergehende Unterbrechung in der Halbleitererzeugung sowie in der Automobilindustrie wirkten sich so global aus.

Extremwetterereignisse haben Auswirkungen auf globale Lieferkettennetze

Mehrere Extremwetterereignisse in der Vergangenheit haben gezeigt, dass die Folgen von klimatischen Ereignissen in entfernten Ländern Auswirkungen zeigen. Dies **gilt insbesondere für ein Land wie Österreich**, das fest in einem europäischen und internationalen Netzwerk verankert ist [23]. Unterbrochene Lieferketten oder die Abhängigkeit von Gütern,

⁵ Die Vulnerabilität wird durch den Notre Dame Global Adaptation Index repräsentiert (ND-GAIN), der 36 Indikatoren in den Sektoren Nahrungsversorgung, Wasserverfügbarkeit, Gesundheit, Verfügbarkeit von Lebensraum, Ökosystemdienstleistungen und Infrastruktur umfasst [24].

die fast ausschließlich aus einer Region kommen, können bei unvorhergesehenen Ereignissen schnell knapp werden [24]. Selbst das jüngste Beispiel der Coronakrise lässt keinen Zweifel darüber bestehen, dass Produktionsausfälle in fernen Ländern zu Engpässen auf heimischen Märkten führen.

Die Thailandflut 2011 führt zu globalen Produktionseinbußen und Knappheit auf Märkten für elektronische Güter

Während es robuste Evidenz gibt, dass Extremwetterereignisse mit dem fortschreitenden Klimawandel zunehmen (IPCC SREX 2012), ist deren zeitliches und räumliches Auftreten schwieriger vorherzusehen. Die ökonomische Literatur fokussiert daher auf vergangene Ereignisse, um aus den beobachteten Mechanismen für zukünftige Betroffenheit lernen zu können. Ein Beispiel, das sich hier besonders gut anbietet, ist das Hochwasser in Thailand 2011. Die Überschwemmungen trafen unter anderem die wichtige Elektronikindustrie Thailands und hatten schwerwiegende Auswirkungen auf diese Branche, aber auch auf die gesamte Wirtschaft in Thailand und global [25]. Die Weltbank schätzte, dass die reale BIP-Wachstumsrate Thailands im Jahr 2011 von erwarteten 4,1% auf 2,9% zurückging [26], während ein Bericht der UN ESCAP den weltweiten Rückgang der Industrieproduktion durch die Überschwemmungen mit 2,5% bezifferte [27].

Der größte Hersteller von Festplatten (Western Digital) verlor fast die Hälfte seiner Produktion, während andere Festplattenhersteller zwar selbst produzieren konnten, aber durch das Fehlen von Vorleistungsgütern aufgrund betroffener Lieferanten ebenso gezwungen waren, die Produktion zu drosseln. Der weltweite Mangel an Festplatten führte zu erheblichen Teuerungen, sogar sechs Monate nach der Wiederherstellung der überfluteten Industrieparks verblieb der Preis auf einem höheren Niveau. [25]

Volkswirtschaftliche Auswirkungen grenzüberschreitender Klimawandelfolgen für Österreich

Unter Berücksichtigung dreier relevanter Klimawandelfolgen – Anstieg des Meeresspiegels, Veränderung der Arbeitsproduktivität durch Hitze und Auswirkungen auf landwirtschaftliche Produktion – verursachen grenzüberschreitende Klimawandelfolgen, also jene Folgen, die aus dem Ausland auf die österreichische Wirtschaft übertragen werden, den Großteil der aus diesen drei Klimawandelfolgen in Österreich spürbaren Schäden. Bis zu 80% dieser Schäden werden in diesen quantifizierten Wirkungsketten durch Klimawandelfolgen im außereuropäischen Ausland ausgelöst, da der Anstieg des Meeresspiegels beispielsweise keine direkten Folgen für Österreich als Binnenland darstellt. Auch in den Bereichen Landwirtschaft und Reduktion von Arbeitsproduktivität sind die direkten Folgen im Ausland größer als in Österreich.

Bei einer globalen Erwärmung von 2 Grad bis zum Ende des Jahrhunderts sind für Österreich 2050 dennoch Schäden in Höhe von 1,5 Mrd. Euro jährlich zu erwarten. Das bedeutet ein jährlich um 0,3% niedrigeres BIP gegenüber dem Referenzszenario ohne Klimawandel.⁶ Bei einer globalen Erwärmung von 4 Grad bis zum Ende des Jahrhunderts und schlechterer sozioökonomischer Entwicklung steigen die Kosten durch grenzüberschreitende Klimawandelfolgen auf 1,9 Mrd. Euro jährlich für die Periode um 2050 an.⁷ Die österreichische Anpassungsstrategie, die derzeit auf Klimawandelfolgen in Österreich beschränkt ist, sollte demnach um die internationale Komponente erweitert werden.

⁶ Die zugrundeliegende sozioökonomische Entwicklung von Bevölkerung, Wirtschaftswachstum etc. basiert auf einer global mittleren Entwicklung entsprechend dem Shared Socioeconomic Pathway 2 (SSP2) der IIASA Datenbank [28]. Das zugrundeliegende Klimaszenario entspricht dem Representative Concentration Pathway 4.5 (RCP4.5) und somit einer Erwärmung von 2 Grad bis zum Ende des Jahrhunderts. Der angegebene Wert stellt den Median über drei globale Klimamodelle dar.

⁷ Sozioökonomische Entwicklung: SSP3; Klimaszenario: RCP8.5.

Quantifizierte Wirkungsketten im internationalen Kontext

Der **Meeresspiegelanstieg** führt global zu Zerstörung von produktivem Land und Kapital in Küstennähe und hat besonders große Auswirkungen auf nördliche EU-Länder, wo viele Vermögenswerte an Küsten angesammelt sind [29]. Der negative Einfluss **zunehmender Hitze auf die Arbeitsproduktivität** ist vor allem für Tätigkeiten im Freien, aber auch für schwere körperliche Arbeit signifikant. Besonders betroffen sind hier Regionen im asiatischen Raum und in Äquatornähe, wo die Durchschnittstemperatur bereits heute hoch ist. Aber auch bei Österreichs wichtigem Handelspartner Italien werden Produktivitätsrückgänge erwartet [30]. Bei den **landwirtschaftlichen Klimawandelfolgen** wird in der monetären Bewertung die Veränderung der vier Hauptanbausorten Weizen, Reis, Soja und Mais berücksichtigt. Der Klimawandel führt in den nördlichen Weltregionen zu Ertragssteigerungen, jedoch in den gemäßigten Breiten der Nordhalbkugel und im globalen Süden zu deutlichen Rückgängen [29].

Regional unterschiedliche Betroffenheit führt zu Verschiebungen österreichischer Handelsbeziehungen

Insgesamt gilt bei diesen drei Wirkungsketten, dass europäische Regionen volkswirtschaftlich weniger stark direkten Folgen des Klimawandels ausgesetzt sind als Länder in Regionen außerhalb Europas. Vor allem Österreichs Außenhandel reagiert auf diese unterschiedliche Betroffenheit im Ausland, bei mittlerer Erwärmung sind Einfuhren 2050 um rund € 880 Mio. niedriger als ohne Erwärmung. Bei den Ausfuhren kommt es netto zu einem leichten Anstieg von rund € 190 Mio. Als Folge des komparativen Vorteils europäischer Länder setzt sich dieser Effekt aus dem Rückgang der Handelsbeziehungen mit außereuropäischen Ländern und einer Intensivierung innereuropäischer Handelsbeziehungen zusammen. Die Abnahme des Handels mit Regionen außerhalb der EU kann aber nur bis zu einem gewissen Grad durch Zunahme von Handel mit Regionen innerhalb der EU kompensiert werden (siehe Abbildung 3).

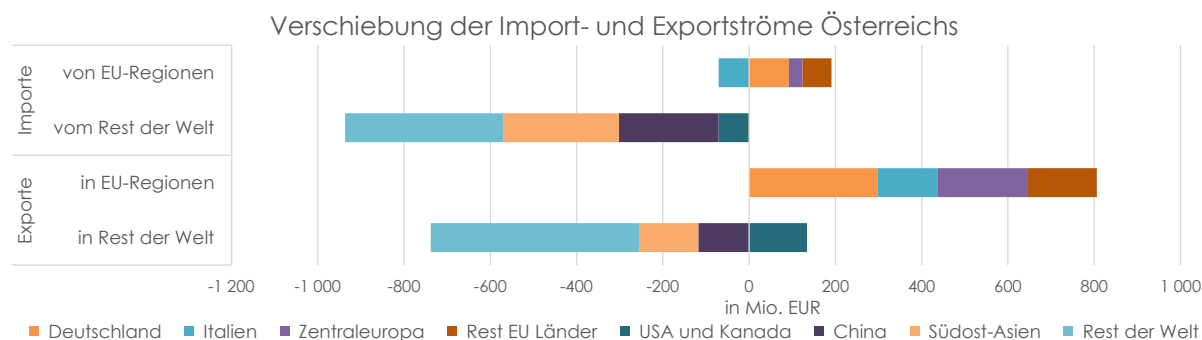


Abbildung 3: Veränderung von Österreichs Import- und Exportströmen für wichtige Handelspartner innerhalb der EU und im Rest der Welt 2050 für eine mittlere Erwärmung. Berücksichtigte Klimawandelfolgen: Anstieg des Meeresspiegels, Veränderung der Arbeitsproduktivität durch Hitze und Auswirkungen auf landwirtschaftliche Produktion für eine mittlere Erwärmung

Grenzüberschreitende Klimawandelfolgen führen zu niedrigerem BIP und Wohlfahrt für Österreich 2050

Trotz Verbesserung der Handelsbilanz sind die Auswirkungen auf BIP und Wohlfahrt in Österreich negativ – d. h. auch wenn Österreich im Vergleich zu anderen Ländern weniger vulnerabel ist, ist das nur eine relative Besserstellung, aber keine absolute. Bei mittlerer Erwärmung sind um 2050 Schäden gemessen in BIP-Einheiten in Höhe von jährlich rund € 1,5 Mrd. (€ 1,9 Mrd. bei Überschreitung des 2-Grad-Ziels) zu erwarten,

wenn keine adäquaten Gegenmaßnahmen getroffen werden. Gemessen in Wohlfahrtseinheiten belaufen sich die Kosten auf jährlich knapp € 1 Mrd. bzw. € 1,4 Mrd. bei starker Erwärmung⁸.

Ein zusätzlicher Faktor, der nur schwer quantitativ erhoben werden kann, ist die Kritikalität bestimmter Intermediärgüter. Die Folgen, die durch das Ausfallen eines nicht austauschbaren Produktionsinputs entstehen, können disruptiver Natur sein und zu gänzlichen Produktionsausfällen führen.

⁸ Zur Modellierung der Wirkungsketten siehe Peter et al. (2020).

5 Kosten der Klimawandelanpassung zur Begrenzung der Schäden und Verluste

Die Kosten von Anpassung für den österreichischen Staatshaushalt

Die Ausgaben des Bundes für Klimawandelanpassung betragen bereits heute rund 1 Mrd. Euro jährlich (in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Umwelt, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement). Diese Ausgaben werden sich bis Mitte des Jahrhunderts auf Grund des fortschreitenden Klimawandels bei einem mittleren Klimaszenario mehr als verdoppeln.

Bei stärkerer Erwärmung bzw. in einzelnen Jahren kann die Belastung deutlich höher sein und der Anpassungsbedarf könnte das dafür vorgesehene Budget, beispielsweise die aktuelle Dotierung des Katastrophenfonds, übersteigen.

Was ist Anpassung?

Klimawandelanpassung zielt darauf ab, sowohl die **Folgen der aktuellen Klimavariabilität** als auch der zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf ökologische, soziale und ökonomische Systeme **zu vermeiden, zu verringern oder** sich daraus ergebende **Chancen zu nutzen**. Typische Beispiele für Klimawandelanpassung sind Hochwasserschutz, Frühwarnsysteme für Hitze oder der Wechsel zu trockenheitsresistenten Ackerkulturen. Unternehmen und Haushalte setzen Anpassungsmaßnahmen, um ihr Privatvermögen zu schützen sowie um wirtschaftliche Risiken des Klimawandels zu reduzieren [31, 32]. Obwohl Anpassung im Eigeninteresse der Betroffenen ist und viele Anpassungshandlungen autonom gesetzt werden, nimmt der Staat eine Schlüsselrolle in der Klimawandelanpassung ein. Öffentliche Anpassung betrifft hier einerseits die Verkehrsinfrastruktur sowie die Wasser- und Energieversorgung. Der Staat unterstützt aber auch die Anpassung privater Akteure durch die Bereitstellung beispielsweise von Information und Frühwarnsystemen, trägt zur Überwindung beispielsweise finanzieller Anpassungsbarrieren bei und koordiniert das Zusammenspiel zwischen unterschiedlichen Akteuren [33, 34].

Kosten öffentlicher Anpassung heute

Klimawandelanpassung verursacht Kosten bei Unternehmen, Haushalten und dem Staat. Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel besteht aus 132 Handlungsempfehlungen, von denen rund die Hälfte private Akteure betrifft. Die Kosten privater Anpassung konnten bislang noch nicht systematisch abgeschätzt werden, **die im Bundesbudget enthaltenen anpassungsrelevanten Ausgaben** belaufen sich im Zeitraum 2014-2020 auf durchschnittlich **€ 1.056 Mio. pro Jahr** [35]. Diese Kosten umfassen Ausgaben für öffentliche Anpassung in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Verkehr und Katastrophenmanagement.

In diesem Betrag nicht enthalten sind Ausgaben für koordinative Aufgaben in den Resorts Gesundheit und Inneres, wofür primär personelle Ressourcen, nicht aber finanzielle Ressourcen verwendet werden. Anpassungsrelevante Ausgaben fallen zudem auf Landes- und Gemeindeebene an und sind wie auch der Finanzausgleich in diesem Betrag nicht berücksichtigt.

Verdoppelung der Kosten bis 2050

Mit fortschreitendem Klimawandel werden sich die Kosten öffentlicher Anpassung für den Bundshaushalt bis 2050 mehr als verdoppeln (bei einem Szenario mittlerer Erwärmung, basierend auf einem indikativen

Anpassungspfad): In der Periode 2021-2030 betragen die anpassungsrelevanten Kosten € 1.681 Mio. pro Jahr, in der Periode 2031-2050 € 2.338 Mio. Die Kostenzunahmen entstehen dabei durch [36]:

- einen Übergang von baulichen/strukturellen zu ökosystembasierten Maßnahmen (Ausweitung von Retentionsflächen, Waldbaumanagement),
- Mehrausgaben für informatorische Maßnahmen (Prognose-, Frühwarn- und Messsysteme),
- Mehrkosten durch Anpassung bei Reinvestitionen in Versorgungsinfrastruktur (bauliche/strukturelle Maßnahmen) sowie
- Ausgaben für Forschungs- und Entwicklung zu Klimawandelfolgen und Anpassung.

Bereits bei einem mittleren Klimaszenario können diese Mehrausgaben den Druck auf das öffentliche Budget erhöhen [37]. Bei stärkerer Erwärmung bzw. in einzelnen Jahren kann die Belastung deutlich höher sein und der Anpassungsbedarf beispielsweise im Bereich Hochwasserschutz kann das dafür derzeit gewidmete Budget zumindest in extremen Jahren deutlich übersteigen [38].

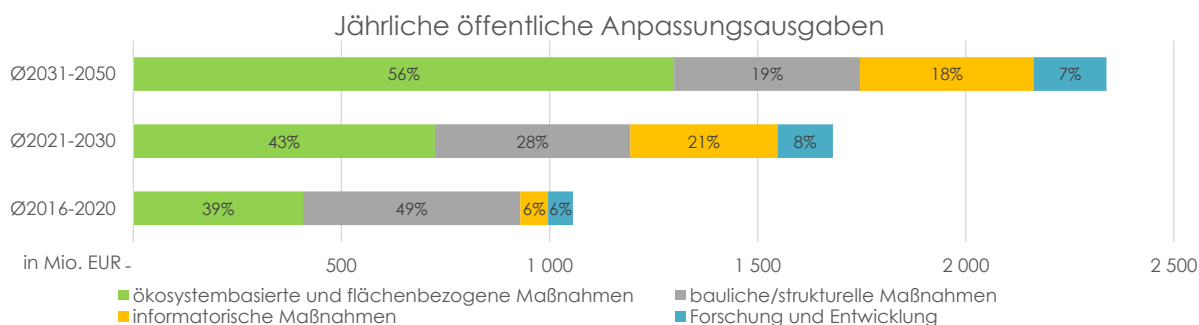


Abbildung 4: Struktur und indikative Entwicklung der anpassungsrelevanten Ausgaben für den Bundeshaushalt, 2016 bis 2050

Daten: Bachner et al., 2019 [37]

Volkswirtschaftliche Effekte von Anpassung in Österreich

Werden adäquate Klimawandelanpassungsmaßnahmen gesetzt, reduzieren sich die Schäden durch den Klimawandel. Zusätzlich können positive Effekte für die Volkswirtschaft entstehen. Durch ein Paket von Anpassungsmaßnahmen in den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement sowie Verkehrsinfrastruktur reduzieren sich die volkswirtschaftlichen Schadenskosten gemessen in Wohlfahrtseinheiten um 30%. Zusätzlich entstehen positive Impulse für die Beschäftigung.

Es ist davon auszugehen, dass adäquate Anpassung in anderen Bereichen ebenfalls zu positiven volkswirtschaftlichen Effekten führt. Dennoch verbleibt in den meisten Fällen ein Residualschaden, d. h. die negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels können nur teilweise durch Anpassung abgefangen werden.

Adäquate Anpassung zur Vermeidung von Fehlanpassung

Damit Anpassung effektiv ist, bedarf es eines **adäquaten Mix aus unterschiedlichen Maßnahmen**, von baulichen über informatorische bis hin zu ökosystembasierten Maßnahmen. Die Ausgestaltung des Maßnahmenpakets hängt von den konkreten räumlichen Gegebenheiten, den Gefährdungsniveaus, der verfügbaren Finanzierung und dem politischen Willen ab [39]. Anpassung sollte flexibel, d. h. an sich ändernde Rahmenbedingungen adaptierbar sein. Fehlanpassung [40], auch in der Form von Zielkonflikten mit Klimaschutz (z. B. wenn eine Anpas-

Positive volkswirtschaftliche Effekte durch Anpassung

sungsmaßnahme einen hohen Energiebedarf aufweist) oder einem reduzierten Anreiz zu (privater) Anpassung, sollte bei der Auswahl der Maßnahmen und deren Ausgestaltung vermieden werden.

Auch wenn öffentliche Anpassung Kosten für den Staat, beispielsweise durch verbesserten Hochwasserschutz und Ausbau von Frühwarnsystemen, verursacht, entstehen netto positive volkswirtschaftliche Effekte. Die Gründe hierfür sind einerseits positive Effekte durch anpassungsspezifische **Produktivitätssteigerungen** (beispielsweise in der Landwirtschaft), aber auch positive **Beschäftigungseffekte**, da informatorische und ökosystembasierte Maßnahmen vergleichsweise arbeitsintensiv sind. Zugleich **verringert** Anpassung die direkten und indirekten **negativen Auswirkungen** des Klimawandels.

Ein Paket von Anpassungsmaßnahmen in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Schutz vor Naturgefahren und Katastrophenmanagement (siehe Abbildung 5) zeigt eine Reduktion der volkswirtschaftlichen Folgekosten durch den Klimawandel von rund 30% (gemessen in Wohlfahrtseinheiten) [37]. D. h. rund ein Drittel der Schäden für die Gesellschaft, die durch Klimawandelfolgen um 2050 in diesen drei Sektoren entstehen, können durch adäquate Klimawandelanpassung abgedeckt werden. Die Effekte auf die Wirtschaftsleistung sind sogar noch stärker (-70% der Schadenskosten gemessen in BIP-Einheiten) und es entstehen auch positive Impulse für die Beschäftigung: rund 50% der Zunahme der Arbeitslosigkeit durch Klimawandelfolgen können durch Anpassung wettgemacht werden [37]. Auch die Anpassung von Straßen- und Schieneninfrastruktur weist eine günstige volkswirtschaftliche Kosten-Nutzenrelation auf: Wohlfahrtseffekte können durch Anpassung um rund ein Drittel, BIP-Effekte um rund die Hälfte reduziert werden [41].

Direkte und indirekte Effekte auf den österreichischen Staatshaushalt

Anpassung führt zu Mehrausgaben für den Staat, aber sie reduziert auch die volkswirtschaftlichen Schäden des Klimawandels, was positive Effekte auf die Staatseinnahmen hat. Während die Ausgaben für Anpassung in öffentlichen Budgets mitgeplant werden können, führen klimawandelbedingte Extremereignisse wie Überflutungen und Dürren zu erheblichen budgetären Belastungen in einzelnen Jahren.

Durch die erwartete Zunahme von Schäden durch Extremereignisse bis 2050 kann sowohl der Österreichische Katastrophenfonds als auch der Europäische Solidaritätsfonds an seine finanziellen Grenzen stoßen. Neue Risikotransfermechanismen, beispielsweise Public-Private-Partnership-Lösungen zwischen Rückversicherern und dem Staat, könnten hier zu Entlastungen des Staatsbudgets führen und zusätzlich positive Anreizstrukturen bei den Versicherten setzen.

Anpassung verursacht Kosten, aber erhöht auch die Steuereinnahmen

Neben den direkten Effekten auf der Ausgabenseite, z. B. für klimafitte öffentliche Infrastruktur (z. B. Gebäudehochwasserschutz) und das Katastrophenmanagement (z. B. Ex-post-Zahlungen für den Wiederaufbau), sind öffentliche Budgets von Klimawandelfolgen und Anpassung auch indirekt, d. h. über die Veränderung der Wirtschaftsleistung, betroffen. Auf der Einnahmenseite führen die Auswirkungen des Klimawandels zu einer verringerten Steuerbasis. Die öffentliche Hand ist also mit einem Wechselspiel von steigenden Ausgaben und sinkenden Einnahmen konfrontiert, was Instrumente erfordert, die die Bereitstellung öffentlicher Güter und Dienstleistungen (wie Infrastruktur, Bildung, Gesundheitsversorgung) sicherstellen können [35].

Im Vergleich dazu hat adäquate **öffentliche Anpassung** das Potenzial, die **Staatseinnahmen** aufgrund der höheren wirtschaftlichen Aktivität **zu steigern**. Auf der Ausgabenseite führt die öffentliche Anpassung zu einer teilweisen Umverteilung der Staatsausgaben zugunsten der Anpassung, aber auch zu einem geringeren Bedarf an Zahlungen für die Katastrophenhilfe. Außerdem gehen mit einer geringeren Arbeitslosigkeit auch weniger Transfers für Arbeitslosengeld einher [37].

Extremereignisse belasten öffentliche Budgets erheblich, und der Druck nimmt zu

Klimawandelanpassung belastet öffentliche Budgets fortlaufend und planbar, klimawandelbedingte Extremereignisse wie Überflutungen und Dürren führen teilweise zu erheblichen budgetären Belastungen in den jeweiligen (Folge-)Jahren, wenn solche auftreten. So musste der Österreichische **Katastrophenfonds** nach den schweren Überschwemmungen 2002 sowie 2005 und 2013 aufgestockt werden, um die Wiederherstellung der zerstörten Infrastruktur zu unterstützen. Während momentan die Ausstattung des Katastrophenfonds jedoch im Durchschnitt ausreichend ist, würde 2030 und insbesondere 2050 eine **Unterdeckung** auftreten, da die erwarteten durchschnittlichen Schäden stärker zunehmen als die aus Steuereinnahmen finanzierte Ausstattung des Fonds [38].

Zusätzlich können Mitgliedstaaten im Fall von schweren Naturkatastrophen um Unterstützung beim **Europäischen Solidaritätsfonds** ansuchen. Auch Österreich bekam nach den schweren Hochwässern von 2002 sowie nach den Ereignissen von 2005, 2013 und 2018 Unterstützung aus diesem Fonds für die Wiederinstandsetzung [42]. Schäden durch Extremereignisse und insbesondere Überschwemmungen nahmen jedoch in den letzten Jahrzehnten in Europa deutlich zu und bis 2050 werden weitere Zunahmen in Schäden durch Überschwemmungen erwartet [43]. Die momentane finanzielle Bedeckung des Fonds wird daher ebenfalls nicht ausreichen, um diese zunehmenden Risiken abzufangen.

Risikotransfermechanismen können Abhilfe schaffen

Eine Reform der Hochwasser-Versicherungsvereinbarungen und der Kompensation nicht versicherter Schäden durch den Katastrophenfonds wurde wiederholt diskutiert, da das momentane System weder Anreize zur freiwilligen Versicherung von Hauseigentümern noch zur Eigenvorsorge bietet. Die Versicherungsrate und das versicherte Risiko sind daher in Österreich sehr niedrig. Um diese Anreize zu stärken und zusätzlich eine planbarere Belastung für die öffentlichen Budgets zu gewährleisten, werden auf europäischer Ebene Public-Private-Partnership-Lösungen zwischen dem Versicherungssektor und dem Staat diskutiert [44, 45]. Maßnahmen zur Risikoreduzierung auf Haushaltsebene können beispielsweise durch einen stärkeren Zusammenhang zwischen Risikoreduzierung und den erhobenen Prämien gefördert werden [46]. Die Versicherbarkeit von Überflutungsschäden auch für Haushalte mit niedrigerem Einkommen kann zudem durch eine Risikoaufteilung zwischen Hoch- und Niedrigrisiko-Haushalten gewährleistet werden [47].

6 Österreichs Finanzierungsbeitrag zur Abfederung internationaler Folgekosten

Österreichs Ausgaben für internationale Klimafinanzierung

Österreichs Ausgaben für internationale Klimafinanzierung betragen rund 260 Mio. Euro (Durchschnitt 2017/18). Diese Zahlungen dienen dazu, Klimaschutz und Anpassung in Entwicklungsländern zu unterstützen. Gegenüber 2013/14 haben sich die erfassten Ausgaben beinahe verdoppelt, was aber auch auf eine umfassendere Erhebung zurückzuführen ist. Dennoch ist der (Pro-Kopf-)Beitrag Österreichs, verglichen mit anderen Industriestaaten wie Deutschland, Japan oder den skandinavischen Ländern, deutlich geringer.

Ausgaben für Klimafinanzierung

Die Folgen eines globalen Nicht-Handelns im Klimaschutz sind in Entwicklungsländern, insbesondere in Afrika, Südostasien und Südamerika, deutlich höher als in Österreich, bei gleichzeitig geringerer Anpassungskapazität [48–50]. Österreich hat sich daher dazu bekannt, seinen **Beitrag zur internationalen Finanzierung von Klimaschutz und Anpassung in Entwicklungsländern** (sog. Internationale Klimafinanzierung) zu leisten.

Österreichs Ausgaben für Klimafinanzierung haben seit 2010 stetig zugenommen, wobei seit 2013 ein systematisches Reporting erfolgt. In den Jahren 2013/14 wurden rund € 151,3 Mio. jährlich ausgegeben, in den Jahren 2017/18 waren es bereits **€ 263,1 Mio.** [51–55].⁹ Bei den bilateralen Zuschüssen wurden in den ersten Jahren faktisch nur Klimaschutzprojekte unterstützt, in den letzten beiden Jahren wurde rund 20% für Anpassungsprojekte ausgegeben. Auch nahm der Anteil der mobilisierten privaten Finanzierung zu (auf rund 20% der gesamten Finanzierung). Die Zunahme der Klimafinanzierung ist auch auf eine umfassendere Erhebung zurückzuführen, sowohl im Bereich der mobilisierten privaten Klimafinanzierung also auch im Bereich der anderen Finanzierungsinstrumente (Kredite, Garantien, Anteilskapital) [55].

Im Vergleich zu anderen europäischen Staaten waren Österreichs Beiträge zur internationalen Klimafinanzierung deutlich geringer: Während Deutschland, Japan, Frankreich, Dänemark und Schweden jährlich rund € 36 pro Kopf ausgeben (in den Jahren 2011-15), lagen Österreichs Pro-Kopf-Ausgaben bei weniger als € 9. Norwegen liegt mit Ausgaben von über € 144 auf Platz 1 [57]. Ähnliches gilt auch für den Green Climate Fund, über den ein wesentlicher Teil der österreichischen Klimafinanzierung abgewickelt wird. Während rund die Hälfte der beitragenden Länder ihre Beiträge für die vierjährige Periode ab 2020 gegenüber der Vorperiode 2015-2018 verdoppelten, wurden Österreichs zugesagte Beiträge zum Green Climate Fund von € 29 Mio. (€ 26 Mio. in Preisen 2014) auf € 30 Mio. erhöht [58, 59].¹⁰

⁹ Wie international üblich werden auf Grund von jährlichen Schwankungen 2-Jahres-Durchschnittswerte angegeben [56]. Alle Werte ausgedrückt in Euro 2019.

¹⁰ Gemäß Planung der Bundesministerin für Klimaschutz (Stand Mai 2020) soll in der Periode 2020-2023 zum Green Climate Fund nunmehr jedoch jährlich € 30 Mio. beigetragen werden. In der zugehörigen UNFCCC Konferenz im September 2019 war dieser Betrag ursprünglich nur kumuliert für die Gesamtperiode zugesagt worden.

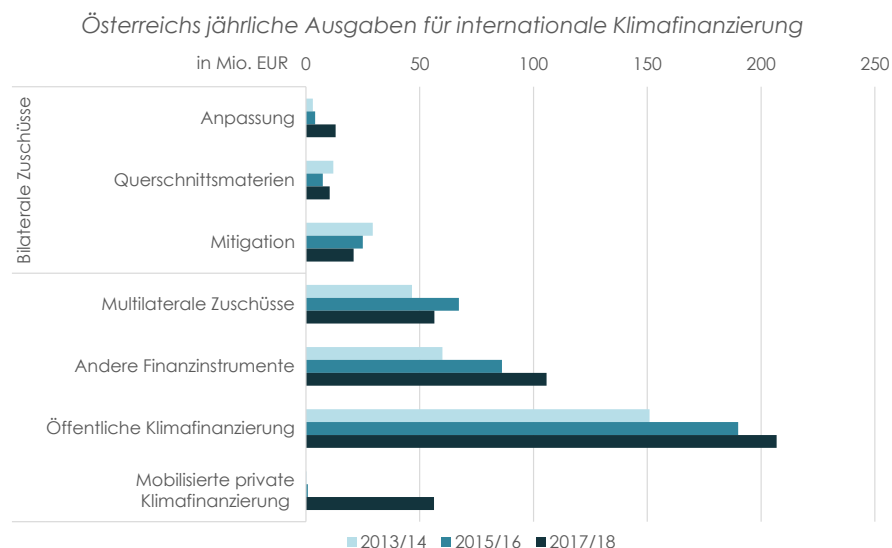


Abbildung 5: Österreichs Ausgaben für internationale Klimafinanzierung in Mio. Euro pro Jahr, 2013-2018
Daten: BMLFUW (2014, 2015, 2016), BMNT (2019a,b)

Finanzierungslücke zwischen erforderlicher und zugesagter Finanzierung

Global ist die Finanzierungslücke zwischen erforderlicher und zugesagter Klimafinanzierung, v. a. im Bereich der Anpassung, groß. Die durch Österreichs Treibhausgasemissionen zuzurechnenden weltweiten Kosten durch klimawandelbedingten Schäden und Verluste in Entwicklungsländern werden höher geschätzt als die im Inland zu tragenden Kosten. Dies verdeutlicht die große ökonomische Mitverantwortung Österreichs bei der internationalen Klimafinanzierung.

Berücksichtigt man zusätzlich, dass Österreichs Beiträge zur Klimafinanzierung bisher im Vergleich zu anderen Industriestaaten unterdurchschnittlich waren, ist mit einer deutlichen Zunahme der österreichischen Ausgaben für Klimafinanzierung bis Mitte des Jahrhunderts zu rechnen.

Österreichs Beitrag zu den globalen Folgekosten

Internationale Vergleichsstudien zu den weltweiten sektor-übergreifenden Klimawandelfolgen [48, 49, 60] zeigen zudem, dass die zukünftigen Klimawandelfolgen für Österreich in etwa im europäischen Durchschnitt liegen und dass die zukünftigen Schäden in anderen Weltregionen, v.a. in Afrika, Südostasien und Südamerika, deutlich höher erwartet werden. Österreichs derzeitige Treibhausgasemissionen liegen auf einem global deutlich überdurchschnittlichen Niveau (z.B. in einer pro Kopf-Betrachtung), insbesondere wenn sie konsumbasiert bilanziert werden, also die Emissionen dem letztlichen Endverbraucher angerechnet werden [61]. Die durch Österreich jährlich verursachten weltweiten zukünftigen Klimawandelfolgekosten werden in monetärer Bewertung in der Größenordnung von zumindest € 12,5 Mrd. eingeschätzt¹¹, wovon **zumindest €**

¹¹ Die konsum-basierten Treibhausgasemissionen durch Österreichs Bevölkerung beliefen sich im Jahr 2019 auf rund 120 Mio. tCO₂äq (ca. 50 % höher als die produktions-basierten Emissionen von rund 80 Mio. tCO₂äq) [61, 62]. Bewertet man diese mit einer unteren Schranke [63] für die mit dem Ausstoß von jeder Tonne CO₂ verbundenen zukünftigen Schadenskosten in Höhe von € 103 pro Tonne CO₂ [64], ergibt sich für die zukünftigen weltweiten Klimawandelfolgeschäden durch Österreichs jährliche Emissionen eine Untergrenze bei rund € 12,5 Mrd.

8 Mrd. die stark verwundbaren **Entwicklungsländer treffen**.¹² Diese Schätzungen verdeutlichen zusätzlich die große ökonomische Mitverantwortung Österreichs für die internationale Klimafinanzierung und die Begrenzung des Klimawandels auch weltweit.

Finanzierungslücke

Global ist die Finanzierungslücke zwischen erforderlicher und zugesagter Finanzierung sowohl im Bereich Emissionsminderung als auch in der Anpassung erheblich [67]. Global wurden bis 2019 € 517 Mrd. an Klimafinanzierung zugesagt [56], diesen stehen ein durchschnittlicher jährlicher Finanzierungsbedarf für Anpassung von rund € 110 Mrd. bis € 240 Mrd. um 2030 bzw. € 220 Mrd. bis € 400 Mrd. um 2050 [68] sowie einem Investitionsbedarf für eine Dekarbonisierung des Energiesystems von rund € 1,9 Billionen bis € 4 Billionen pro Jahr für die Periode 2016-2050 gegenüber [69].

Auch wenn die Finanzierungslücke schwierig zu quantifizieren ist, so übersteigt der globale Finanzierungsbedarf die zugesagten Mittel somit um ein Vielfaches. Es ist daher davon auszugehen, dass die österreichischen **Beiträge** zur internationalen Klimafinanzierung **zunehmen** werden. Schreibt man die zweijährlichen Wachstumsraten der Periode 2013-2018 fort, so betragen die durchschnittlichen jährlichen Ausgaben für öffentliche Klimafinanzierung € 505 Mio. in der Periode 2021-2030 und € 960 Mio. in der Periode 2031-2050. Dies entspricht einer mehr als Vervielfachung bis Mitte des Jahrhunderts.

¹² Die weltweiten zukünftigen Klimaschadenskosten pro Land im Vergleich zu dessen Emissionen sind ausgesprochen ungleich verteilt und breit gestreut [65]. Es zeigt sich aber die klare Gesamtrichtung, dass Schwellen- und Entwicklungsländer gegenüber OECD Staaten wie Österreich sowie auch China ökonomisch überproportional stark auf der Verliererseite stehen [63, 65]. Wenn man daher als einen groben plausiblen Indikator der relativen Betroffenheit der für die internationale Klimafinanzierung relevanten Entwicklungsländer den Bevölkerungsanteil der Nicht-OECD-Länder und ohne China nimmt (ca. 4.92 Mrd. Menschen = 64.5 % der Weltbevölkerung von ca. 7.63 Mrd. gegenüber 35.5% in OECD-Staaten und China [66]), ergibt dies einen Klimaschadenskostenanteil von rund 65%, der auf die Entwicklungsländer entfällt.

7 Kosten und Folgen aus einer Nichterfüllung von Zielen im Rahmen der EU-Klima- und Energiepolitik

Folgen und mögliche Kosten aufgrund einer Nichterfüllung des Effort Sharing im Non-ETS-Bereich

Die budgetwirksamen Kosten aus einer Nichterreichung der EU-Klimaziele, wie sie im Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) und der Effort-Sharing-Verordnung festgelegt sind, werden bestimmt durch die Möglichkeiten von flexiblen Mechanismen zur Erreichung der Ziele im legislativen Sinn. Für diese Kosten liegen derzeit indikative Schätzungen in großer Bandbreite vor. Eine engere Quantifizierung ist gegenwärtig, auch vor dem Hintergrund der Coronakrise und der für 2021-2030 noch nicht zugeteilten nationalen Emissionsallokationen, noch nicht robust möglich.

Aufgrund der großen Freiheit der Mitgliedstaaten, ihre eigene Strategie zur Zielerreichung selbst zu wählen, ist ein weiteres, allenfalls größeres Risiko einer Zielverfehlung im möglichen Reputationsverlust zu sehen. Das neue 2030 Framework für die Energie- und Klimapolitik baut nämlich auf Koordination, Berichtspflichten und verstärkter Transparenz und somit letztlich auf "Naming and Shaming" auf.

Minus 36% Reduktion im Non-ETS-Bereich bis 2030 gegenüber 2005

Entsprechend der derzeit gültigen (und noch nicht im Rahmen des EU Green Deal weiterentwickelten) **Effort-Sharing-Verordnung** hat Österreich seine Emissionen im Non-ETS-Bereich bis 2030 um 36% gegenüber 2005 zu reduzieren. Diese Emissionen betragen im Jahr 2005 56,5 Mio. Tonnen CO₂äq. Der Zielwert für 2030 ist somit 36,2 Mio. Tonnen. Die absolute Reduktion gegenüber 2005 macht somit 20,3 Mio. Tonnen aus.

2018, dem letzten Jahr mit derzeit von der Europäischen Umweltagentur verfügbaren Daten, waren die Emissionen im Non-ETS-Bereich bei 50,6 Mio. Tonnen. Dieser Wert liegt 1,7 Mio. Tonnen über dem gemäß Effort-Sharing-Entscheidung vorgesehenen Wert von 48,9 Mio. Tonnen.

Bis 2030 sind noch ca. 12 bis 20 Mio. Tonnen Emissionen im Non-ETS-Bereich zu reduzieren

Bis 2020, dem letzten Jahr, für das die derzeitige Effort-Sharing-Entscheidung anwendbar ist, sollen die Emissionen im Non-ETS-Bereich nicht mehr als 47,8 Mio. Tonnen ausmachen, entsprechend einer Reduktion von 16% gegenüber 2005. Bis 2030 müsste dann Österreich nach derzeitiger Effort-Sharing-Verordnung zusätzlich rund 12 Mio. Tonnen reduzieren. Falls diese Richtlinie im Sinn des Green Deal auf voraussichtlich -50% bis -55% nachgeschärft und als Folge für Österreich ein Ziel von z. B. minus 50% angenommen wird, würde sich ein Reduktionsbedarf bis 2030 in Höhe von rund 20 Mio. Tonnen ergeben. Der zulässige Emissionswert wird nach derzeitiger Verordnung, wie für alle Mitgliedstaaten, in **jährliche Emissionsallokationen (Annual Emission Allocations, AEAs)** aufgeteilt.

Nicht-pekuniäre Strafe von 8% der Fehlmenge

Sollte Österreich seine jährlichen Emissionsallokationen überschreiten (nach eventueller Berücksichtigung der sogenannten flexiblen Mechanismen), dann wird auf die Fehlmengen eine **Nichterfüllungsstrafe** (Compliance Penalty) von 8% aufgeschlagen. Somit wird dann im Folgejahr das Emissionsziel strenger. Dieser nicht-pekuniäre Strafe macht Nichterfüllung unattraktiv, da eine Verfehlung des Zieles in einem Jahr die Erfüllung der Ziele in den Folgejahren erschwert.

Flexibilitäten zur Zielerfüllung

Es gibt eine Reihe von Flexibilitäten, um die durch die jährliche Emissionsallokationen festgelegten Jahresziele zu erreichen.

Rückstellung (Banking)	Wenn die Emissionen unterhalb des jährlichen Zielwertes bleiben, dann kann der Überschuss voll in das Jahr 2021 und bis zu 30% auf die Summe der AEAs für 2022 bis 2029 übertragen werden.
Borgen (Borrowing)	Zwischen 2021 und 2025 können 10% der AEAs des Folgejahres geborgt werden, zwischen 2026 und 2029 jedoch nur 5%.
Transfers zwischen Mitgliedstaaten	Zwischen 2021 und 2025 können 5% der AEAs eines Jahres an andere Mitgliedstaaten transferiert werden, zwischen 2026 und 2030 10%.
Annullierung von EU-ETS-Emissionszertifikaten (EUAs)	Ein Mitgliedstaat kann EU-ETS-Emissionszertifikate im Ausmaß bis zu 2% seines Emissionsvolumens von 2005 annullieren und diese Menge für Erfüllung unter der Effort-Sharing-Verordnung verwenden.
LULUCF-Übereerfüllung	Falls das LULUCF-Ziel übererfüllt ist (LULUCF: Land use, land use change and forestry; Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft), können bis zu 2,5 Mio. Tonnen für die Erfüllung des im Effort Sharing festgelegten Ziels verwendet werden.
Mögliche Quantifizierungen der Optionen	Falls Österreich nicht die Jahresziele der jährlichen Emissionsallokationen erreicht, sind neben Rückstellung und Borgen folgende Optionen verfügbar .
Zukauf von jährlichen Emissionsallokationen (AEAs)	<p>Falls andere Mitgliedstaaten zum Verkauf ihrer AEAs bereit sind, kann Österreich Fehlmengen zukaufen. Diese Transaktionen basieren auf bilateralen Vereinbarungen mit einem auszuhandelnden Preis, wobei der Zertifikatspreis des EU ETS ein Benchmark sein könnte, dessen Höchstwert der Strafe im EU ETS bei € 130 ist. Beim derzeitigen Preis von EUAs von rund € 20 pro Tonne beträgt der Wert der Non-ETS-Emissionen Österreichs im Jahr 2030 rund € 720 Mio. (36,2 Mio. Tonnen x € 20 pro Tonne).</p> <p>Allerdings könnte der Preis, zu dem Mitgliedstaaten zu einem Verkauf ihrer AEAs bereit sind, bis 2030 höher sein, genauso wie der Preis für EU-ETS-Zertifikate. Österreich wird aber nicht für sein gesamtes Non-ETS-Emissionsziel für 2030 AEAs zukaufen müssen. Würde Österreich beispielsweise sein derzeitiges Ziel im Jahr 2030 um 10% verfehlen – bzw. je 10%-Punkte Zielverfehlung –, wären AEAs für rund 3,6 Mio. Tonnen zuzukaufen. Die Verkaufsbereitschaft anderer Mitgliedstaaten vorausgesetzt würden deren Kosten € 72 Mio. bei einem Zertifikatspreis von € 20 und € 360 Mio. bei einem Zertifikatspreis von € 100 ausmachen.</p> <p>Auch in jedem der Jahre von 2021 bis 2029 würden solche Kosten für alle Jahre mit einer Zielverfehlung anfallen. Da es für 2021 bis 2030 noch keine Zuteilung der Annual Emission Allocations (AEAs) gibt, wobei insbesondere auch das Erstjahresniveau erst festzulegen ist, sind Schätzungen über Fehlmengen noch nicht robust möglich. Im Hinblick auf die Preiskomponente, mit denen diese Fehlmengen dann zu bewerten wären, ist die zentrale offene Frage, wie sich der Markt für diese AEAs entwickeln wird. Diese Entwicklung hängt einerseits von den in anderen Ländern verfügbaren Überschüssen ab, andererseits auch von der Interaktion mit dem ETS-Markt. Würde – rein hypothetisch – die AEA-Zuteilung Österreichs aus der effektiven Zuteilung 2020 in das Jahr 2021 übernommen, so würde die Umsetzung all der Maßnahmen, die im von Österreich an die Europäische Kommission im Dezember 2019 abgegebenen Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) vorgesehen sind, zu einer kumulierten Fehlmenge 2021-2030 von rund 40 Mio. Tonnen führen. Je nachdem, welche Emissionsentwicklung man – nach der durch den Corona-Lockdown bedingten zumindest im Jahr 2020 niedrigeren – für die Folgejahre unterstellt, könnte die kumulierte Zielverfehlung z. B. rund 30 Mio. Tonnen betragen.</p>

Wenn im Zuge einer Umsetzung der strikteren Emissionsreduktionen gemäß Green Deal der EU (Erhöhung von -40% auf -50% bis -55% bis 2030) Österreichs Effort-Sharing-Ziele nachgeschärft würden, beispielsweise auf minus 50%, würde die Zielverfehlung höher sein.

Je nachdem, ob es in Hinkunft Länder und mit wie großen Überschüssen geben wird, ergibt sich die Preiskomponente und Kostenschätzung für Österreich. Eine kumulierte Zielverfehlung 2021-2030 von z. B. 30 Mio. Tonnen (bei Umsetzung der gemäß NEKP geplanten Klimapolitik, weiteren emissionsmindernden Annahmen, aber keiner Green-Deal-Nachschärfung) würden sich bei einem effektiven mittleren Preis von beispielsweise € 20 bis € 60 pro Tonne potenzielle durchschnittliche jährliche Kosten von € 60 Mio. bis 180 Mio. ergeben. Nicht-Handeln in der Klimapolitik würde diese – derzeit nur indikativ mögliche – Schätzung vervielfachen.

Allerdings sollten auch bereits die nicht-pekuniäre Strafe von 8% und der Reputationsverlust genug Grund sein, um die Verpflichtungen aus dem Effort Sharing zu erfüllen.

Annullierung von EU-ETS-Emissionszertifikaten (EUAs)

Damit können die Jahresziele im Non-ETS-Bereich unterstützt werden. Allerdings gehen durch die **Annullierung** mögliche Einnahmen aus der Versteigerung von EUAs verloren. Das Volumen für diese mögliche Annullierung macht 1,85 Mio. Tonnen aus, das sind 2% der 92,6 Mio. Tonnen Emissionen im Jahr 2005. Beim derzeitigen Preis für EUAs von rund € 20 repräsentiert diese Annullierung Kosten von € 37 Mio. oder € 74 Mio. bei einem EU ETS Preis von € 40.

LULUCF-Übererfüllung

Bis zu 2,5 Mio. Tonnen können für die Erfüllung im Non-ETS-Bereich verwendet werden. Die Kosten dieser Flexibilität hängen allerdings von den Kosten dieser zusätzlichen **Netto-Reduzierungen im LULUCF** ab.

Kosten aufgrund einer Nichterfüllung der Ziele für Erneuerbare und Energieeffizienz

Allein die Formulierung der EU-Ziele für 2030 bei Erneuerbaren und Energieeffizienz reflektiert die Schwierigkeiten bei den Verhandlungen dieser Ziele. Im Gegensatz zum Emissionsziel werden diese Gemeinschaftsziele nicht auf die Mitgliedstaaten aufgeteilt. Diese haben bei der Gestaltung der nationalen Politiken weite Handlungsmöglichkeiten, deren Wirksamkeit allerdings durch ein umfangreiches Reporting transparent gemacht wird.

Trotz fehlenden verbindlichen nationalen Zielen hohe Reputationskosten bei Nichterfüllung

Obwohl das 2030 Framework für die Klima- und Energiepolitik keine verbindlichen nationalen Ziele für Erneuerbare und Energieeffizienz enthält, verstärken die neuen Mechanismen für Einhaltung durch Koordination und Berichtspflicht an die Europäische Kommission die Transparenz der Politikgestaltung und der Implementierung. Mit dieser verstärkten Sichtbarkeit könnte ein Naming and Shaming zu hohen Reputationskosten für die Mitgliedstaaten bei Nichterfüllung führen. Zusätzlich wird durch die Flexibilitäten, die Mitgliedstaaten bei der Gestaltung ihrer Zielerfüllung haben, deren Verantwortung für die Gestaltung der nationalen Politiken sichtbar. Neben dem Risiko des Reputationsverlusten wird bei Nichteinhaltung von so zentralen Zielen wie der Erfüllung des Pariser Klimavertrages auch das Verhandlungsgewicht bei anderen Materien in den komplexen Entscheidungsprozessen, also sogenannter politische Kuhhandel infrage gestellt.

Infringement Proceedings bei Non-Compliance

Wie bei allen legislativen Entscheidungen auf der Ebene der EU hat Österreich die Verpflichtung, diese Entscheidungen in nationales Recht zu übernehmen und zu erfüllen. Sollte das nicht der Fall sein, so sind dafür

	<p>Rechtsverletzungsverfahren gemäß Artikel 258 – 260 der TFEU vorgesehen, mit der Möglichkeit von Strafzahlungen aufgrund von EU-Rechtsverletzungen. Solche Zahlungen sind erfahrungsgemäß eher unbedeutend. Das Reputationsrisiko überwiegt somit bei weitem das Finanzrisiko.</p>
Die Ziele Erneuerbare und Energieeffizienz	<p>Für 2030 gilt für die gesamte EU ein Anstieg des Anteils von Erneuerbaren auf 32% ein Anstieg der Energieeffizienz auf mindestens 32,5%</p>
Korrektive Maßnahmen durch die Europäische Kommission	<p>Die Europäische Kommission ist hinsichtlich der Erfüllung der Ziele für 2030 verantwortlich für die Beurteilung und Behandlung von nicht ausreichender Ambition in den NEKPs („Ambition Gap“, Art. 31 Governance Verordnung) und nicht ausreichender Erfüllung („Delivery Gap“, Art. 32 Governance Verordnung)). In beiden Fällen gibt die Europäische Kommission öffentliche Empfehlungen (Art. 34 (2) Governance Verordnung), das ist das Hauptinstrument für korrektive Maßnahmen.</p>
Ambition Gap: Keine Strafzahlungen	<p>Bezüglich des Ambition Gap gibt es keine finanziellen Strafen ausgenommen in Fällen von groben Verletzungen, ein unter fast allen denkbaren Umständen nicht sehr plausibles Szenario.</p>
Maßnahmen bei einem Delivery Gap	<p>Bezüglich des Delivery Gap hat die Europäische Kommission neben Empfehlungen mehr Möglichkeiten, die unterschiedlich bei Erneuerbaren und Energieeffizienz sind.</p>
Delivery Gap bei Erneuerbaren	<p>Bei Erneuerbaren ist es den Mitgliedstaaten nicht erlaubt, unter den minimalen Zielwert für 2020 oder die nationalen Referenzwerte für 2022, 2025 und 2027 (von der Europäische Kommission bestimmt) zu fallen.</p>
Finanzierungsmechanismus für erneuerbare Energie und Kooperations-Mechanismen	<p>Sollte das der Fall sein, so wird die Europäische Kommission korrigierende Maßnahmen veranlassen. Dafür gibt es Erfahrungen aus der Vergangenheit, beispielsweise Verhandlungen über ein ambitionierteres langfristiges Ziel. Österreich könnte aber auch</p> <ul style="list-style-type: none"> • eine freiwillige Zahlung für den Finanzierungsmechanismus für erneuerbare Energie leisten (Art. 33 Government Verordnung) • den Kooperationsmechanismus der vorherigen Erneuerbaren Energierichtlinie (EU) 2018/2001 (Art. 8, 9-12, 13) verwenden für Statistische Transfers, Gemeinsame Projekte und Gemeinsame Förderregelungen.
Delivery Gap bei Energieeffizienz	<p>Bei Energieeffizienz ist die Situation anders. Da die zugehörige Richtlinie eine große Zahl von zu implementierenden Politiken enthält, kann die Europäische Kommission – zusätzlich zu veröffentlichten Empfehlungen – die Implementierung dieser Politiken als „Hüterin des EU-Vertrags“ veranlassen.</p>
Mögliche Quantifizierungen bei Erneuerbaren: Österreichs 2030-Ziel für Erneuerbare: 46 bis 50%	<p>In den möglichen Quantifizierungen zunächst zu den Erneuerbaren. In der finalen Version des im Dezember 2019 an die Europäische Kommission übermittelten Nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) setzt sich Österreich bis 2030 ein Ziel für Erneuerbare von 46 bis 50% (somit höher als das 2020 Ziel von 34%). Zusätzlich sind im NEKP folgende indikative Ziele enthalten: 36,2 bis 36,9% bis 2022; 39,2 bis 40,9% bis 2025, 41,8 bis 44,4 bis 2027; 46 bis 50% bis 2020.</p>
Renewable Financing Mechanism und Kooperations-Mechanismen	<p>Entsteht für Erneuerbare ein 'Delivery Gap', dann kann dieses durch eine Zahlung an den Finanzierungsmechanismus für erneuerbare Energie der Union oder die Verwendung der Kooperations-Mechanismen geschlossen werden. Um die daraus entstehenden Kosten zu beurteilen, wären folgende Informationen erforderlich: a) die Menge des Delivery Gap z. B. in MWh; b) die Opportunitätskosten des kaufenden Mitgliedstaates; c) die Produktionskosten des verkaufenden Mitgliedstaates.</p>

Mögliche Quantifizierungen bei Energieeffizienz

Die Ziele für **Energieeffizienz** wurden entsprechend der Energieeffizienzrichtlinie in Österreich im Energieeffizienzgesetz festgelegt. Vorgesehen ist dabei bis 2020 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs auf 1.050 PJ und kumulative Einsparungen von Endenergie bis 2020 um 310 PJ. Aufgrund der Coronakrise erscheint die Erreichung dieser Ziele möglich.

Empfehlung von zusätzlichen Politiken und Maßnahmen

Die Europäische Kommission hat Österreich empfohlen, zusätzlich Politiken und Maßnahmen zu aktivieren, um damit bis 2030 das Gemeinschaftsziel der EU für Energieeffizienz zu stützen. Dafür sollen konkrete zeitliche Abläufe für die Ziele, die Implementierung sowie die erwarteten Auswirkungen festgelegt werden.

Schwierige Schätzung der Kosten bei Nichterfüllung

Für das Ziel Energieeffizienz ist es somit viel schwieriger, eine glaubwürdige Schätzung der Kosten von Nichterfüllung zu machen. Zielerfüllung wird sichergestellt durch die normalen Kontrollmechanismen der EU, die von Empfehlungen bis zu Verfahren wegen EU-Rechtsverstößen reichen. Die höchsten Kosten von Nichteinhaltung resultieren wahrscheinlich aus dem Risiko von Reputationsverlust.

8 Kosten durch kontraproduktive Regulierungen und fehlende klimaorientierte Wirtschaftspolitik

Kosten aufgrund von umwelt- und klimaschädlichen Unterstützungsmaßnahmen

Umweltschädliche Unterstützungsmaßnahmen werden in Österreich breit gewährt, insbesondere in den Bereichen Energie, Verkehr und Landwirtschaft. Im weiteren Sinne versteht die OECD darunter alle finanziellen Unterstützungen und ordnungsrechtlichen Festlegungen, die im Zusammenspiel mit dem aktuellen Steuersystem (unbeabsichtigt) gegen umweltschonende Praxis diskriminieren. Allein im Verkehrsbereich werden in Österreich in diesem Sinne kontraproduktive Unterstützungen im Ausmaß von mehr als 15 Mrd. Euro pro Jahr gewährt.

Im engeren Sinne direkt budgetwirksam werden aus Regulierungen in den Bereichen Verkehr und Energie bis zu 4,4 Mrd Euro pro Jahr (d. h. geringere Einnahmen oder höhere Ausgaben der öffentlichen Hand). Ein signifikanter Teil dieser Regulierungen ist durch Österreich selbst reformierbar.

Der Abbau umweltschädlicher Fördermaßnahmen bringt viele Vorteile

Die Durchleuchtung und die Reform von Fördermaßnahmen, die – un-intendiert – die Umweltqualität beeinträchtigen, werden seit den 1990er Jahren insbesondere von der OECD gefordert (z. B. bereits im Ministerratstreffen im Mai 1996). Es handelt sich um Fördermaßnahmen, wie sie aus den unterschiedlichsten ursprünglichen wirtschaftlichen und sozialen Beweggründen implementiert sind und nicht nur umweltschonendes Verhalten verhindern, sondern vielfach auf ihr eigentliches Ziel heute kaum oder gar nicht mehr wirken. Eine Reform könnte einem dreifachen Ziel Genüge tun:

- **Entlastung öffentlicher Budgets**
- **Erhöhung wirtschaftlicher Effizienz**
- **Verbesserung der Umweltqualität**

Von Österreich hat u. a. die Europäische Kommission eine Reform und einen konkreten Zeitplan für den Abbau der umweltschädlichen Fördermaßnahmen gefordert, so etwa 2019 in ihrer Bewertung des Entwurfs des Nationalen Energie- und Klimaplan, den die österreichische Regierung übermittelt hatte. In der Überarbeitung des Nationalen Energie- und Klimaplan werden – mit dem Ziel ihrer Identifikation und ihrem stufenweisem Abbau – Maßnahmen dann als im Sinne des NEKP kontraproduktiver Anreiz bzw. direkte oder indirekte Förderung/Subvention definiert, „wenn ihre Effekte der Einhaltung der völkerrechtlich und unionsrechtlich verbindlichen Klima- und Energieziele entgegenwirken und die Implementierung der Maßnahme somit (i) eine Erhöhung des THG-Emissionsniveaus, (ii) eine Reduktion des Anteils Erneuerbarer Energie am Bruttoendenergieverbrauch und/oder (iii) eine Reduktion der Energieeffizienz zur Folge hat [...] (inkl. Langfristeffekten).“ [70]

Das Volumen umweltschädlicher Fördermaßnahmen in Österreich

Die OECD [71] definiert umweltschädliche Fördermaßnahmen als „alle finanziellen Unterstützungen und ordnungsrechtlichen Festlegungen, die im Zusammenspiel mit dem aktuellen Steuersystem (unbeabsichtigt) gegen umweltschonende Praxis diskriminieren.“ Für Österreich wurden diese erstmals umfassend im Jahr 2003 für die Bereiche Landwirtschaft, Energie und Verkehr erhoben. Die Ergebnisse zu den letzteren

beiden Bereichen wurden publiziert (2004) [72]. Im Verkehrsbereich umfassen diese Maßnahmen sowohl Ordnungsrecht (Stellplatzverpflichtung, kontraproduktive Elemente in Wohnbauförderung und Raumordnung) als auch fiskalische Maßnahmen (Ausgestaltung der Pendlerpauschale wie des amtlichen Kilometergeldes und KfZ-Versicherungsystems, Straßeninfrastruktur, Grundsteuerbefreiung). Im Jahr 2004 wurde allein für den **Verkehrsbereich ein Volumen von jährlich € 15 Mrd.** als untere Schranke für die umweltschädlichen Förderungen identifiziert. Für einen Anteil aus den umweltkontraproduktiven Förderungen, und zwar im Wesentlichen für jenen, der sich gemäß einer engeren Definition direkt in öffentlichen Budgets – durch verringerte Einnahmen oder höhere Ausgaben – niederschlägt, erfolgte 2016 eine Bewertung einer oberen Schranke, die dieses Volumen (in den Bereichen Energie und Verkehr) mit € 4,9 Mrd. bezifferte [73]. Das öffentliche **Budget** kosten diese Förderungen **jährlich € 3,9 bis 4,4 Mrd.** [A.3]¹³ Für einen Teil dieser Förderungen gilt, dass sie nicht allein auf nationaler Ebene gestaltbar sind (etwa die Steuerbefreiung von Kerosin), oder eine ersatzlose Streichung (etwa der Pauschalierung des Pendelverkehr-Aufwands) anstelle einer Reform andere budgetäre Folgeeffekte nach sich ziehen könnte. Im Nationalen Energie- und Klimaplan setzt sich Österreich die Identifizierung und den Abbau der umweltschädlichen Förderungen explizit in den Bereichen Verkehr, Gebäude, Energie und Industrie, Land-, Forst- und Abfallwirtschaft als Ziel. [70]

Kosten aufgrund fehlender Reduktion von importierter fossiler Energie

Durch die Reduktion von Netto-Importen von Energie kann an das Ausland abfließende Wertschöpfung wieder in das Inland gebracht werden. Wenn Österreich bis 2030, somit auf halber Strecke auf seinem Weg zur Treibhausgasneutralität, die Netto-Importe halbieren würde, könnten damit in diesem Jahr bereits 4 Mrd. Euro für energie- und klimapolitische Aktivitäten im Inland verfügbar werden bzw. im Durchschnitt bis dahin jährlich 2 Mrd. Euro.

Netto-Importe von Energie im Durchschnitt bei € 8,2 Mrd. pro Jahr

Österreich verzeichnet Netto-Importe von Energie, die gemessen im Energiegehalt vor 15 Jahren bei knapp über 1.000 Peta Joule lagen, seit 2009 bei rund 900 Peta Joule jährlich liegen. Wertmäßig ist die jährliche Fluktuation aufgrund schwankender Energiepreise größer. Im Durchschnitt der vergangenen Jahre liegen die Netto-Importe bei jährlich € 8,2 Mrd. (vgl. Abbildung 6). Der Brutto-Inlandsverbrauch an Energie wird dabei zu rund zwei Drittel durch diese Importe abgedeckt. Der **Anteil der Fossilen** an diesen Importen betrug 2018 **insgesamt 95%**, wobei Erdöl und Erdölprodukte für einen Gesamtanteil von 53% verantwortlich zeichnen, Erdgas für 30% sowie Kohle und Abfälle für 12%. Die verbleibenden 5% entfallen auf Elektrizität (4%) und Erneuerbare (1%).

¹³ Das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus veröffentlichte im September 2019 eine "Teiliste an kontraproduktiven Anreizen basierend auf wissenschaftlichen Publikationen und offiziellen Dokumenten", die damals auf seiner Homepage abrufbar war und Förderungen im Umfang von € 3,25 Mrd. auflistete. Derzeit (Stand Juni 2020) werden weitere Ergänzungen erarbeitet, „eine vollständige Liste wird nach Abschluss der interministeriellen Gespräche vorliegen“.

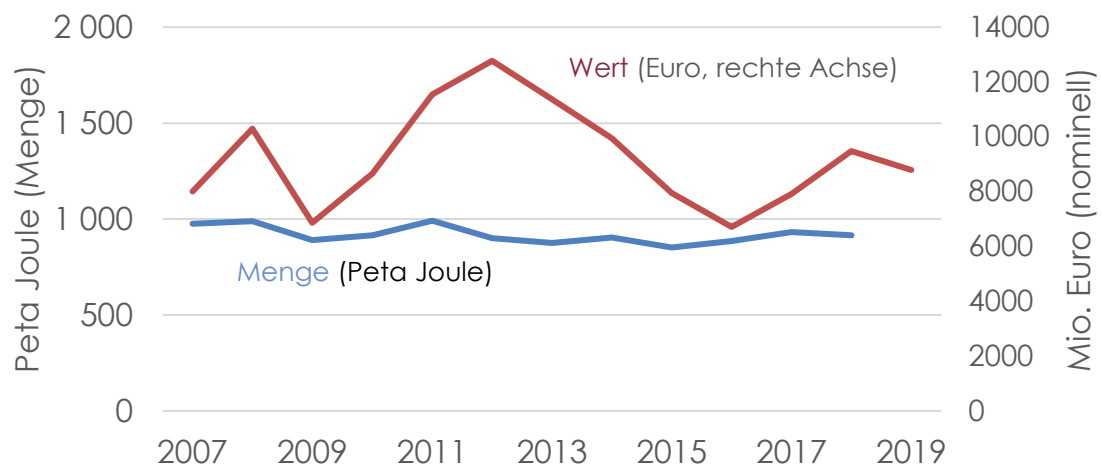


Abbildung 6: Menge und Wert der Netto-Energie-Importe Österreichs, 2007-2019
 Daten: Statistik Austria (Gesamtenergiebilanz, Außenhandel nach Hauptgruppen)

Verringerung der Netto-Importe von Energie durch Effizienz und Erneuerbare

Durch effektive Energie- und Klimapolitik könnten diese Netto-Importe von Energie verringert werden, sowohl durch eine Erhöhung der Energieeffizienz als auch durch Substitution durch Erneuerbare. Bei Erdöl bietet sich in beiderlei Hinsicht der bisherige Einsatz im Bereich Mobilität und Raumwärme dafür an, bei Erdgas dessen bisherige Nutzung für Hoch- und Niedertemperatur, bei Kohle der Ersatz in industriellen Prozessen.

Energie- und Klimapolitik zur Halbierung der Netto-Importe bis 2030

Mit einer solchen Politik könnten die Netto-Importe bis 2030 halbiert werden. Im Jahr 2030 würden damit € 4 Mrd. Wertschöpfung wieder zusätzlich im Inland entstehen. Durchschnittlich wären es bis 2030 **jährlich € 2 Mrd.**, die **für Aktivitäten im Inland neu verfügbar** werden, in der Summe bis 2030 somit € 20 Mrd.

9 Kosten durch fossilen Lock-In und mangelnde Innovation

Wirtschaftliche Nachteile und Kosten durch blockierenden fossilen Lock-In

Rahmensetzungen durch die Politik und Investitionen, die in der Vergangenheit getätigt wurden, prägen die heute verfügbare Infrastruktur. In Wechselwirkung mit den dadurch jeweils entstandenen Systemen für Energie, Gebäude, Verkehr und industrielle Produktion prägten sich auch Verhaltensweisen und eine Kultur aus, die den Umstieg auf andere – gesellschaftlich längst verfügbare und wesentlich vorteilhaftere – Möglichkeiten, unsere Bedürfnisse zu erfüllen, hemmen. Dieser Lock-In impliziert signifikante gesellschaftliche Kosten.

Barrieren durch Lock-In

Die gebaute Umwelt und bestehende Infrastruktur in Energieversorgung, Mobilitätssystem, Gebäuden und industrieller Produktion bestimmen unsere aktuellen Handlungsmöglichkeiten. **Rahmensetzungen** durch die Politik und Investitionen, die in der Vergangenheit getätigt wurden, **beschränken uns in der Gegenwart**. Einkaufsmöglichkeiten zum Beispiel haben sich am Stadtrand oder im ländlichen Umland angesiedelt, sind vielfach ohne Auto nicht erreichbar. Ein extrem hoher Zersiedelungsgrad in den „Flächenbundesländern“ Niederösterreich, Oberösterreich oder Steiermark fördert darüber hinaus die Pkw-Abhängigkeit an den Wohnorten. Die Verpflichtung zur Errichtung von Pkw-Stellplätzen bei Wohngebäude Neubauten wie Einkaufszentren subventioniert die Pkw-Nutzung aus Wohnbauförderung oder Geschäftsmieten.

Das Beispiel Ausrichtung am Auto

Die Gesellschaft hat dabei nicht nur in die jeweilige **Technologie** selbst investiert, wie in diesem Beispiel in das Auto, sondern auch ein Transportsystem und eine Reihe von **Verhaltensweisen** aufgebaut, die vom Auto abhängig sind, und eine **Kultur** geprägt, in deren Mittelpunkt insbesondere der private Autoverkehr steht. Darüber hinaus trug der Aufstieg des Privatautos dazu bei, dass die Öl- und die Automobilindustrie zu gewichtigen Kräften in der nationalen wie Weltwirtschaft wurden. Diese **Kombination von Kräften** hat dazu beigetragen, die Dominanz des erdölbetriebenen Autos aufrechtzuerhalten und hat es für uns so schwierig gemacht, alternative Transportoptionen in dem Umfang in Betracht zu ziehen oder auf sie umzusteigen, wie es mittlerweile gesellschaftlich längst als lohnenswert betrachtet wird.

Kosten durch fossilen Lock-In

Die Vorteile eines solchen Umstiegs wären mannigfaltig. Zunächst in Hinblick auf die Kosten: Das Pkw-System ist in seinen Gesamtkosten eines der teuersten Mobilitätsformen überhaupt. In Österreich lassen wir uns allein die direkten Mobilitätskosten 15% unserer privaten Haushaltsbudgets kosten, dazu kommt noch ein Äquivalent von knapp 4% des BIP an öffentlicher Subvention allein des Straßenverkehrs. [72] Zudem könnte durch einen Umstieg weg von flächenintensiver Pkw-Mobilität der Lebensraum Straße zurückgewonnen werden, wie es in Fußgängerzonen schon erlebbar ist, auch Platz für Bäume und Grün wäre in Städten gewinnbar, all dies zur deutlichen **Erhöhung der Lebensqualität**. Diese Vorteile nicht zu lukrieren stellt als Kehrseite der Medaille „Kosten“ des fossilen Lock-In dar.

Energiesystem, Gebäude und industrielle Produktion

Der gleiche Befund gilt für unser fossil orientiertes Energiesystem, dessen Betrieb auf erneuerbarer Basis gesamtwirtschaftlich billiger wäre [74].

Ebenso trifft er auf die am Individualobjekt, oft mit Fokus Einfamilienhaus, orientierte Wohnbauplanung zu, obwohl ganzheitliche Quartiersplanung (samt integrierter Strom-, Wärme-, Kälte-, und Informationsvernetzung) für einen Lebensraum der kurzen Wege in ökologisch und baubiologisch verträglicher, ressourcenschonender Bauweise nicht nur die viel besser leistbare Wohnversorgung, sondern auch höhere Lebensqualität gewährleisten würde. Der Befund gilt ebenso für die an sektoralen individuellen Produktlinien ausgerichtete industrielle Erzeugung, obwohl gesamthafte Kreislaufwirtschaftskonzepte nicht nur ressourcenschonender, sondern durch das Vermeiden von Folgekosten und Verringerung der Inputkosten auch gesellschaftlich billiger wären [75].

Die Innovation zur Überwindung des fossilen Lock-In gestalten

Die Bindung an fossile Technologien und Strukturen kann durch Innovationen überwunden werden. Diese können durch preisliche Anreize, Investitionen und Forschung gefördert und damit die aus Lock-In und mangelnder Innovation entstehenden Kosten reduziert werden.

Die Motivation für die Beiseitigung des Lock-In

Die Motivation für politische Entscheidungsträger (und Investoren), die Risiken des Lock-in zu vermeiden, ist vielfältig:

- sicherzustellen, dass die eigene Volkswirtschaft in einer klimaneutralen Zukunft **wettbewerbsfähig** ist,
- das Risiko von **Stranded Assets** zu **begrenzen**,
- **Besorgnis über eine "Kohlenstoffverstrickung"**, einen Prozess, durch den Regierungen so abhängig von Renten aus Produktion und Vertrieb fossiler Ressourcen werden, dass sie sich den Bemühungen, diese zu begrenzen, widersetzen, sowie
- sicherzustellen, dass Entscheidungen über die Infrastruktur das Erreichen von **Klimaschutzziele**n **gewährleisten**.

Strategien zur Überwindung

Wenn in Österreich langfristige Strategien abgewogen werden, ist es daher wichtig, neben dem Aufbau einer kohlenstoffarmen Wirtschaft darauf zu achten, jedenfalls neue fossile Abhängigkeiten zu vermeiden und Schritte zu setzen, die bereits entstandenen Abhängigkeiten zu verringern.

Erstens: Keinen weiteren Schaden anrichten

Der einfachste Weg, Abhängigkeiten zu verringern, besteht darin, **neue kohlenstoffreiche Entwicklungen von vornherein zu vermeiden**. In langfristigen Strategien gilt es zudem, die Verlagerung – weg von neuen Investitionen in kohlenstoffintensive Industrien – in einem mit dem Pariser Klimaabkommen kompatiblen Zeitrahmen zu planen. Langlebige fossile Infrastrukturen gilt es ebenso zu vermeiden wie Technologien, bei denen weitere Investitionen nur kohlenstoffintensive Institutionen stärken würden anstatt notwendige kohlenstoffarme Alternativen [76].

Zweitens: Strategische Ziele gemeinsam mit den Betroffenen in Pläne überführen

Den Ausstieg aus kohlenstoffintensiver Produktion zu planen und umzusetzen kann **sorgfältige Konsultationen mit den Betroffenen** und Interessengruppen erfordern, um sicherzustellen, dass Pläne und Maßnahmen auch umsetzbar sind.

Beispielhaft für eine solche grundlegende Strategie sei hier auf das österreichische Regierungsprogramm 2020-2024 verwiesen (§. 117): „Umfassende, sektorübergreifende Klima- und Kreislaufwirtschaftsstrategie mit prioritärer Ausrichtung auf die besonders energie- und emissionsintensiven Sektoren Stahlerzeugung, Chemie und Zement sowie die Abfallwirtschaft. Sie orientiert sich einerseits an den Pariser und europäischen Klimazielen, andererseits an der EU Circular Economy Strategy

und dem EU Circular Economy Action Plan. Die zentrale Herausforderung besteht in der Technologieentwicklung in Richtung industrieller Skalierung und Umsetzung neuer, CO₂-armer bzw. CO₂-zirkulärer Prozesstechnologien sowie deren wirtschaftlicher Darstellbarkeit. Die sektorübergreifende Koppelung von Klima- und Kreislaufwirtschaftsstrategie erfordert eine rasche Transformation des Energiesystems hin zu gesamtsystemischer Energieeffizienz und zu erneuerbaren Energietechnologien bei gleichzeitigem Erhalt internationaler Wettbewerbsfähigkeit, nachhaltiger Standortsicherung und der Positionierung Österreichs als internationaler Vorreiter.“

Drittens: Maßnahmen umsetzen

Die **richtigen Preissignale** im Markt wirksam werden zu lassen ist zentral. Insbesondere eine zu niedrige Bepreisung von Emissionen verzerrt nicht nur die aktuellen Input- und Output-Entscheidungen von Unternehmen und Verbrauchern, sie beeinflusst auch Entscheidungen mit Bedeutung für den technologischen Wandel. In anderen Worten: Ein Anreiz für eine kohlenstoffintensive Wirtschaft ist das Fehlen von Kosten- bzw. Preissignalen für die Umweltqualität. Sobald dieses Preissignal sichtbar wird, ist es für Unternehmen und Haushalte sinnvoll, nicht nur ihr Verhalten auf der Grundlage der vorhandenen Technologie zu ändern, sondern auch neue umweltfreundliche Technologien und Verhaltensweisen zu entwickeln. Dementsprechend wird der technologische Wandel in diese Richtung entwickelt und es ist sinnvoll, auch die Anreizstrukturen zu setzen, die diesen Wandel beeinflussen [77, 78]. Wenn die öffentlichen Einnahmen aus einer solchen Bepreisung zudem noch für zielgerichtete Bonusprogramme für technologische Entwicklungen (Unternehmen) oder Aufbau von energieeffizienten Strukturen (Haushalte) eingesetzt werden, kann das die Wirkung vervielfachen.

Die Bedeutung von Preissignalen in den drei Phasen der Innovationsentwicklung

Das **Fehlen geeigneter Anreize** hingegen in diesem Prozess des technologischen Wandels kann die **Umstellung** auf neue Technologien und Verhalten weiter **erschweren**. Zum Beispiel könnten Erfinder nicht genügend Anstrengungen in die Entwicklung neuer Modelle investieren, die weniger umweltschädlich sind. Dies gilt nicht nur für Forschung und Entwicklung (F&E) in großen Unternehmen, sondern auch für Einzelerfinder. Auch in der zweiten Phase der Entwicklung, der Innovationsphase, wäre es für neue grüne Ideen schwierig, sich zu neuen Technologien oder Produkten zu entwickeln, die in der Welt Anwendung finden sollen. Dasselbe gilt für die dritte Phase, in der neue Ideen normalerweise festen Boden erreichen. In dieser Phase verbreiten sich neue Technologien in der Regel in der gesamten Gesellschaft und werden in großem Umfang umgesetzt – ohne adäquate Bepreisung ist dies weitaus schwieriger [79].

Bepreisung und Innovationsforcierung

Für den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft im umfassenden Sinne des Green Deal der Europäischen Kommission [80, 81] sind somit als zentrale Maßnahmen zu sehen:

- **Reform kontraproduktiver Unterstützungsmaßnahmen**
- **CO₂-Bepreisung**
- **Forschungs- & Entwicklungs- sowie Investitionsunterstützungen**

Technologische Vorreiterposition Österreichs im Bereich Schienentechnologien

Aus einer Verschränkung der Analyse technologischer Vorteile (überdurchschnittliche Anzahl an Patenten) und Außenhandels-Wettbewerbsfähigkeit (überproportionales Export/Import Verhältnis) lassen sich – wie in Abbildung 7 für den Verkehrsbereich dargestellt – jene Subfelder identifizieren, für die Österreich in beiden Dimensionen Vorreiter ist, also eine Stärke besitzt. Beispielhaft ist im Verkehrsbereich Österreich Vorreiter am Weltmarkt im Feld Schienentechnologien und -fahrzeuge. Die Entwicklung von Verbrennungskraft-Fahrzeugen weist

noch leichte Vorteile auf, Hybrid- und Batterie-elektrischen Fahrzeugen mangelt es vergleichsweise an technologischer Entwicklung im Inland (Stand in der Analyseperiode 2010-2014). Solch orientierte Technologieanalysen erlauben die **Identifikation von** bereits vorhandenen **Stärkefeldern**, aber auch von Bedrohungen, die abgewendet werden können, **und** von **potenziellen Chancen**, die sich zudem anbieten als Felder besonders attraktiver Innovationen.

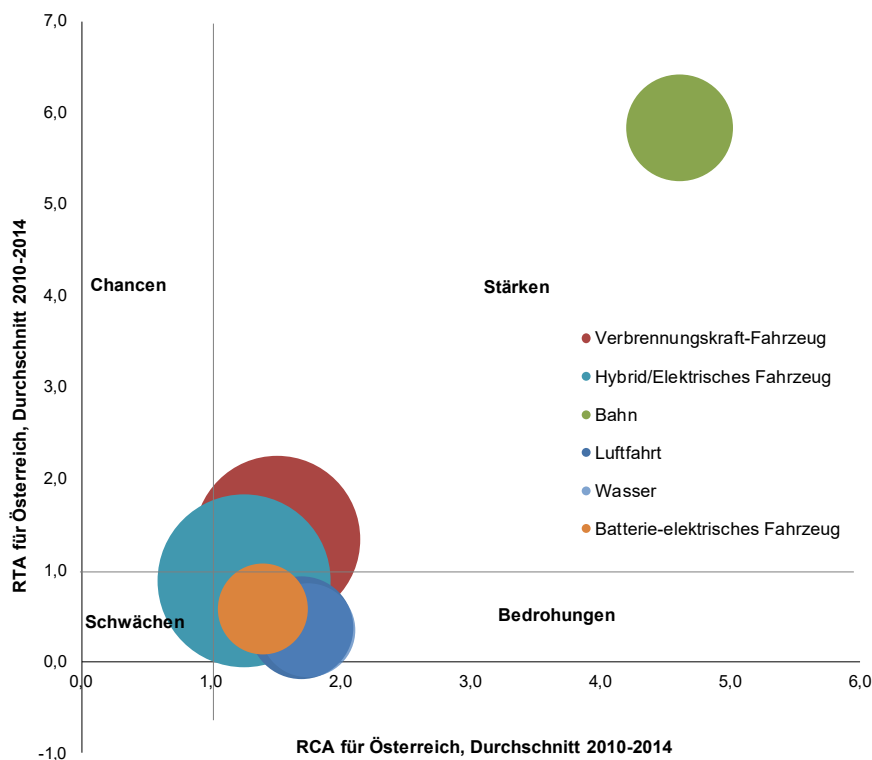


Abbildung 7: Relative Technologische (RTA) und Außenhandels-kompetitive (RCA) Vorteile Österreichs in Verkehrstechnologien. Anm.: Relative technological advantage (RTA) nach Patentanalyse OECD-Datenbank, Relative comparative advantage (RCA) nach SITC Außenhandelsdatenbank. Quelle: Vogel und Geiger (2019) [82].

Synergie von Nachhaltigkeits- und ökonomischer Innovation auch auf der Unternehmensebene

Die Stärkung von Anreizen zu klima- und umweltorientierter Innovation im wirtschaftspolitischen Rahmen unterstützt die ökonomische Entwicklung auch auf der Unternehmensebene – quer über die Sektoren. Empirische Studien zeigen regelmäßig, dass nachhaltigkeitsbezogene Innovationsleistungen einen signifikant **positiven Einfluss auf den wirtschaftlichen Innovationserfolg** haben (z.B. [83]). Das Vorliegen von Synergien auf der Ebene des Innovationsportfolios sollte damit auch auf der Unternehmensebene dazu motivieren, nachhaltigkeitsbezogene und wirtschaftsbezogene Innovationsziele gleichzeitig zu verfolgen.

10 Chancen und Risiken der Klimapolitik für den Finanzsektor

Kosten im Finanzsektor durch fehlende Signale der Klimapolitik

Klimarelevante Risiken stellen den Finanzsektor vor beträchtliche Herausforderungen, gilt es doch, diese Risiken adäquat zu erfassen und in Finanzierungs- wie Investitionsentscheidungen entsprechend zu berücksichtigen. Der Klimawandel bzw. der politische Umgang mit diesem erfordert aus diesem Grund in vielen Fällen eine Neubewertung von Investitionen, insbesondere solchen in emissionsintensive Sektoren. Das damit verbundene potenzielle Risiko von Stranded Assets (überraschende Abwertungen von Vermögenspositionen) ist stark von der Klimapolitik abhängig.

Strikte und konsistente politische Vorgaben in Richtung einer raschen Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems (etwa durch eine langfristige Verpflichtung zur Kohlenstoffpreisgestaltung) ermöglichen es dem Finanzsektor, den notwendigen Ausstieg aus fossilen Brennstoffen zu erkennen und so Klimarisiken in Finanzierungs- und Investitionsentscheidungen entsprechend zu berücksichtigen. Eine zunehmende Anzahl an Marktakteuren hat aus diesem Grund begonnen, sich von Investments in Industrien mit hohem Verbrauch an fossilen Brennstoffen zu trennen (Divestment) und ihre Kapitalflüsse in nachhaltige Investitionen zu transferieren. Zögerliche oder unklare Signale der Klimapolitik können indes die Gefahr von Stranded Assets und davon ausgehenden systemischen Risiken im Finanzsektor deutlich erhöhen.

Risiko substantieller Abwertung von Vermögen, die auf fossilen Technologien basieren

Die Transition auf ein emissionsarmes, ressourcenschonendes Wirtschaftssystem hat für das Finanzsystem beträchtliche Auswirkungen. Ausgangspunkt ist zunächst die von Finanzanalysten und Investmentbanken angestoßene Diskussion über eine Kohlenstoffblase (Carbon Bubble). In Anlehnung an die Erfahrungen bezüglich spekulativer Preisblasen auf Immobilien-, Rohstoff- oder Aktienmärkten (Stichwort Dot-Com Bubble) versteht man unter einer **Carbon Bubble** die sukzessive Überbewertung von Unternehmen, deren Geschäftsmodelle direkt oder indirekt und vorwiegend auf der Verarbeitung, Verwertung oder Nutzung fossiler Energieträger basieren. Die blasenähnliche Entwicklung der Marktpreise derartiger Unternehmen resultiert daraus, dass ein Gutteil der prinzipiell nutzbaren Erdöl-, Erdgas- und Kohlevorkommen ökonomisch nicht verwertet werden darf, wenn das 2-Grad-Ziel der internationalen Klimapolitik erreicht werden soll, dieser Effekt jedoch (noch) nicht ausreichend in der Ertragskraft und damit den Marktwerten der betroffenen Unternehmen berücksichtigt ist.

Vorausschauende, konsistente Klimapolitik stellt für den Finanzsektor ein Signal zur adäquaten Erfassung und Bepreisung von Klimarisiken im Zuge von Finanzierungs- und Investitionsentscheidungen dar

Die Bewertung derartiger als Stranded Assets bezeichneter Reserven und Technologien – und damit die Bewertung der Unternehmen, die über diese verfügen – ist zentral vom künftig eingeschlagenen Pfad der Klimapolitik abhängig. Eine rasche und konsequente Transition auf eine dekarbonisierte Wirtschaftsweise (Low-Carbon Breakthrough) führt zu einer unmittelbaren Abwertung fossiler Reserven und der damit in Beziehung stehenden Assets. Verbunden damit ist ein entsprechender Rückgang der Investitionstätigkeiten in diesem Bereich (**Divestment**). Mercure et al. [84] führen aus, dass Stranded Assets in kohlenstoffintensiven Wirtschaftssektoren aufgrund der bereits eingeschlagenen Technologiepfade für erneuerbare Energien und entsprechende Preissenkungen sehr wahrscheinlich sind, zumal viele Investitionen in diesen Sek-

toren eine lange Lebensdauer aufweisen (man denke etwa an die Errichtung eines Gaskraftwerkes oder einer Pipeline). Gleichzeitig stellt eine konsequente Klimapolitik für den Finanzsektor als Intermediär ein klares Signal dar, Klimarisiken in Bewertungsmodellen adäquat zu erfassen und im Zuge von Finanzierungs- und Investitionsentscheidungen wie auch bei der Produktgestaltung entsprechend zu berücksichtigen. Für Investoren werden so ökonomische Anreize geschaffen, ihre Vermögensverteilung (Asset Allocation) in Richtung klimafreundlicher Kapitalanlagen zu verändern und damit Kapital für notwendige Investitionen für eine treibhausgasarme Wirtschaftsweise zu allozieren.

Ein **fossiler Lock-In** (etwa in Folge unklarer Signale der Politik hinsichtlich der künftigen Klimastrategie) bewirkt hingegen weitere Investitionen in die Exploration und Nutzung fossiler Energieträger, da die Realisation von Stranded Assets ungewiss erscheint und Klimarisiken in Finanzierungs- und Investitionsentscheidungen nicht entsprechend eingepreist werden. Eine dann erst in Zukunft umgesetzte abrupte Abkehr von fossilen Energieträgern würde zu einer **starken Abwertung** dieser Assets führen und damit die Marktwerte der betroffenen Unternehmen stark verringern.

Die Transformation in Richtung eines dekarbonisierten Wirtschaftssystems verursacht demnach unweigerlich Verwerfungen an den Finanzmärkten, deren Ausmaß jedoch zentral von der Konsequenz und Stringenz der Klimapolitik abhängig ist. Zahlreiche Autoren (z. B. [84–88]) betonen in diesem Zusammenhang, dass das **Risiko von Stranded Assets durch** eine langfristige, **konsistente Klimapolitik verringert** werden kann, die es den Finanzmarktakteuren ermöglicht, den bevorstehenden Ausstieg aus fossilen Brennstoffen zu erkennen (etwa durch eine langfristige Verpflichtung zur Kohlenstoffpreisgestaltung) und in ihrer Portfolio-Zusammensetzung (Asset Allocation) zu berücksichtigen. Zahlreiche Marktakteure haben aus diesem Grund begonnen, sich von Industrien mit hohem Verbrauch an fossilen Brennstoffen zu trennen (Divestment), während klare Signale der Klimapolitik anderen Sektoren, die auf diese Industrien angewiesen sind, einen zeitlichen Rahmen schaffen, um kohlenstoffarme Alternativen zu entwickeln.

Finanzrisiken durch Ausgesetzt-Sein gegenüber „Stranded Assets“

Rund ein Viertel der globalen Energiereserven ist im Besitz privater Unternehmen. Deren Kapitalgeber sind demnach unmittelbar dem Risiko einer Klimapolitik-bedingten Neubewertung fossiler Energieressourcen und damit einer Carbon Bubble ausgesetzt.

Ausmaß des Risiko-Exposure

Rund ein Viertel der globalen Energiereserven ist gemäß Weyzig et al. [88] im Besitz privater Unternehmen. Deren Kapitalgeber sind demnach unmittelbar dem Risiko einer Klimapolitik-bedingten Neubewertung fossiler Energieressourcen und damit einer Carbon Bubble ausgesetzt. Das sind einerseits **private**, andererseits vor allem aber auch **Institutionelle Investoren wie Banken, Versicherungen, Pensionskassen, betriebliche Vorsorgekassen und Investmentfonds**. An Finanzierungsinstrumenten kommen sowohl Eigen- (vor allem Aktien) als auch Fremdkapitalinstrumente (Anleihen, Kredite) in Frage. Battiston et al. [85] führen in diesem Zusammenhang aus, dass vor allem Pensionskassen und Investmentfonds überwiegend durch Eigenkapitaltitel als Finanzierer von Klimapolitik-relevanten Sektoren auftreten, während Banken primär als Kreditgeber und damit Gläubiger der betreffenden Unternehmen fungieren.

Weyzig et al. [88] ermitteln auf Basis von Modellrechnungen und Daten aus dem Jahr 2012 ein geschätztes **Gesamtexposure** von in der EU domizilierten Finanzinstitutionen gegenüber Unternehmen der betroffenen Sektoren in Höhe von **€ 260-330 Mrd.** (rund 5% der gehaltenen Assets) **für Pensionsfonds, € 300-400 Mrd.** (4% des Gesamtvermögens) **für Versicherungsgesellschaften** und **€ 460-480 Mrd.** (1,4% des Gesamtvermögens) **für Banken**. Auf diese Zahlen aufsetzende Risikomodelle (z. B. Value-at-Risk) erscheinen indes problematisch, da die Wahrscheinlichkeitsfunktionen zukünftiger Asset Returns von der Unsicherheit über die künftige Klimapolitik stark beeinflusst werden [85].

Überdies gilt es zu beachten, dass die genannten Zahlen nur die direkten Exposures der Finanzinstitutionen gegenüber Unternehmen aus kohlenstoffintensiven Sektoren umfassen. Tatsächlich gilt es noch beträchtliche Zweitrundeneffekte zu berücksichtigen, die vor allem durch die starken Interaktionen zwischen den Finanzinstitutionen am sogenannten Interbankenmarkt entstehen. Über diesen Übertragungskanal sind selbst solche Finanzinstitutionen von einer Carbon Bubble betroffen, die selbst nur ein geringes Exposure gegenüber Unternehmen z. B. der Öl- und Gasindustrie aufweisen.

Die Risiken von Erst- und Zweitrundeneffekten sind sehr unterschiedlich verteilt

Für eine Stichprobe ausgewählter Banken in der EU zeigen Battiston et al. [85], dass die Verteilung zwischen Erst- und Zweitrundeneffekten bei den analysierten Banken sehr unterschiedlich ausfällt. Während beispielsweise die Deutsche Bank oder die Nordea Bank überwiegend von Erstrundeneffekten betroffen wären, weisen etwa die Crédit Agricole oder auch die Raiffeisen Bank International ausschließlich Zweitrundeneffekte infolge starker Verkopplung mit anderen Finanzinstitutionen auf.

Für **EU-Pensionsfonds** beziffern die Autoren das direkte **Exposure** gegenüber kohlenstoffintensiven Sektoren mit **etwa 8,3% ihrer gesamten Vermögenswerte**, während **indirekte Exposures** durch Beteiligungen und Kredite an Investmentfonds und Banken praktisch **das gleiche Niveau** aufweisen (8%).

Die Risiken auf Länderebene

Auf Länderebene liegen bislang einige Untersuchungen hinsichtlich der spezifischen Auswirkungen von Stranded Assets auf Finanzinstitutionen und -märkte im Zusammenhang mit der Klimapolitik vor, so etwa für die Schweiz [69], Deutschland [89] oder Frankreich [90]. Für **Österreich** haben ESGplus, Günsberg Politik- und Strategieberatung und Green Alpha [91] das Carbon Exposure von Fonds österreichischer Kapitalanlagegesellschaften untersucht. Dabei zeigt sich, dass viele KAGs zwar ein breites Angebot an nachhaltigen Geldanlagen anbieten, jedoch nur von wenigen Gesellschaften Investitionen in Unternehmen mit fossilen Reserven als Nachhaltigkeitskriterium explizit berücksichtigt werden. Rund **drei Viertel der untersuchten Fonds** halten der Studie zufolge **Investments im Fossilbereich** und sind demnach dem Risiko von Stranded Assets ausgesetzt. Für die zunehmend an Bedeutung gewinnenden passiv gemanagten Indexfonds (Exchange Traded Funds, ETF) gilt es zu berücksichtigen, dass diese häufig Benchmark-Indizes replizieren, in denen kohlenstoffintensive Sektoren stark gewichtet sind. Die Branchenstruktur des wichtigsten österreichischen Aktienindex ATX weist beispielsweise einen Anteil von Öl- und Gasunternehmen von 15% auf.

Eine quantitative Einschätzung der Exponiertheit aller österreichischen Finanzinstitutionen, insbesondere der Banken, gegenüber einer Carbon Bubble liegt bislang nicht vor.

Stranded Assets sind bereits Realität

Das Risiko von Stranded Assets im Zusammenhang mit Investitionen in fossile Unternehmen (Öl, Gas und Kohle) und kohlenstoffintensive Ver-

mögensanlagen lässt sich aus Abbildung 8 ablesen. Diese zeigt die zeitliche Entwicklung des STOXX EURO 600 (umfasst die Aktien von 600 Unternehmen aus 17 europäischen Staaten) im Vergleich zum Sektor-Index STOXX EURO 600 Öl & Gas (22 Unternehmen) für den Zeitraum 31.12.2005 bis 15.5.2020. Zur besseren Vergleichbarkeit der zeitlichen Dynamik sind die Werte der beiden Zeitreihen normiert auf den jeweiligen Wert am 31.12.2005 (= 100) dargestellt. Bei den Zeitreihen handelt es sich jeweils um Performance-Indizes, bei denen im Gegensatz zu reinen Preis-Indizes zusätzlich auch die Dividendenzahlungen und Bezugsrechte der in ihnen enthaltenen Unternehmen berücksichtigt werden. Damit gibt ein Performance-Index Auskunft über die vollständige Wertentwicklung (total return) eines Portfolios. Es zeigt sich, dass Gesamtindex und Öl/Gas-Sektorindex bis etwa 2012 eine sehr ähnliche Entwicklung aufweisen, in den Folgejahren jedoch insofern deutlich auseinanderlaufen als dass **der fossile Sektorindex eine deutliche Underperformance** gegenüber dem Gesamtmarkt **aufweist**. Per 15.5.2020 verzeichnet der Öl/Gas-Sektorindex gegenüber seinem Ausgangsniveau Ende 2005 einen Rückgang im total return von rund 4%, das heißt Investoren haben in diesem Sektor selbst unter Berücksichtigung aller im Untersuchungszeitraum erfolgten Ausschüttungen im Schnitt eine negative Rendite erzielt. Für den Gesamtindex ergibt sich über den gleichen Zeitraum indes ein positiver total return von 74%. Die Abbildung zeigt überdies die massiven unmittelbaren Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Marktwerte der größten europäischen Aktiengesellschaften. So verzeichnet der Gesamtindex zwischen 19.2. und 15.5.2020 einen Rückgang um rund 23%, der Öl/Gas-Sektorindex sogar einen Rückgang um rund 33%. Unabhängig von diesen kurzfristigen massiven Kurseinbrüchen bleibt jedoch die zentrale Erkenntnis, dass Investoren in der Vergangenheit bereits beträchtliche Verluste infolge von Stranded Assets bei fossilen Unternehmen hinnehmen mussten.

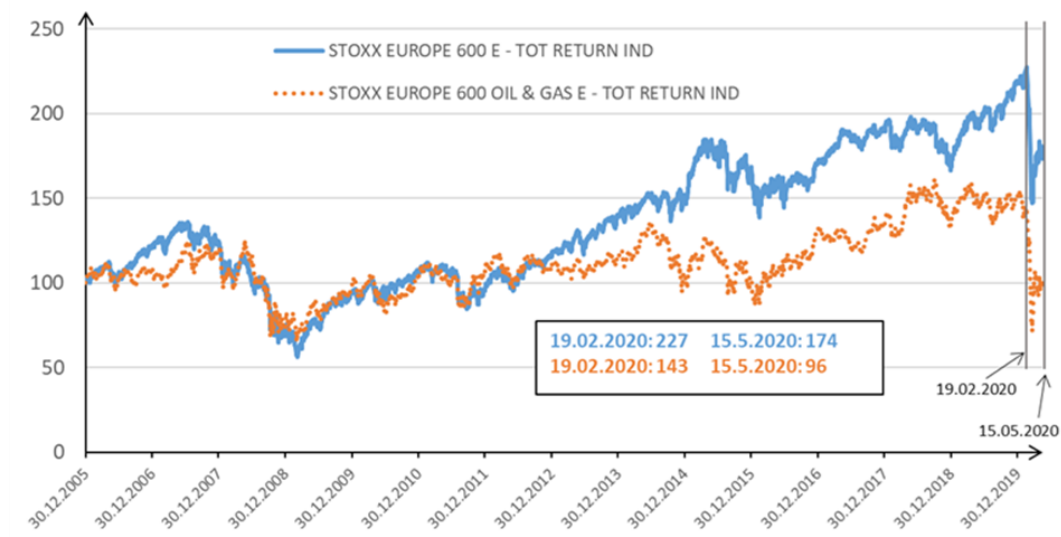


Abbildung 8: Vergleich der Performance Entwicklung (total return) des STOXX EURO 600 sowie des Sektor-Index STOXX EURO 600 Öl & Gas (22 Unternehmen). Werte sind normiert auf den Startwert am 30.12.2005 (= 100). Untersuchungszeitraum: 30.12.2005 – 15.5.2020. Datenquelle: Refinitiv Datastream

Klimawandelfolgen und Herausforderungen für den Finanzsektor

Nicht nur Investitionen in kohlenstoffintensive Projekte gefährden das Finanzkapital, sondern auch die direkten Folgen des Klimawandels. Die diesbezüglichen Vorbereitungen des Finanzsektors stehen erst am Anfang.

Klimawandelfolgen und der Finanzsektor

Nicht nur Investitionen in kohlenstoffintensive Projekte gefährden das Finanzkapital, sondern auch die direkten Folgen des Klimawandels. Eine Abschätzung zeigt, dass bis Ende des Jahrhunderts durchschnittlich knapp 2% des globalen Finanzkapitals gefährdet sein könnten. Die Bandbreite der Auswirkungen ist jedoch groß: beim 99. Perzentil wären die Schäden fast 17% [92].

Während sich der Finanzsektor zunehmend mit der Problematik von Stranded Assets und den daraus resultierenden finanzwirtschaftlichen Risiken auseinandersetzt, sind Vorbereitungen gegenüber Klimawandelfolgen erst relativ am Anfang [93, 94]. Die **Task Force on Financial Disclosure** erarbeitete daher **Empfehlungen**, wie diese physischen Risiken in das Risikomanagement von Unternehmen einbezogen werden können [95, 96]. Diese wurden von der Europäischen Kommission als Richtlinien herausgegeben [97].

Anhang

A.1. Klimawandelfolgekosten in Österreich

Zu den Klimawandelfolgekosten in Österreich liegt eine umfangreiche Literatur vor. Auf Basis der dadurch vorliegenden sektoralen Wirkungsmodelle wurden diese in Steininger et al. (2015) [8] erstmals in ein konsistentes Gesamtsystem zusammengeführt, um für gemeinsam definierte Szenarien auch über die Schadensbereiche vergleichbare und konsistente Aussagen zu ermöglichen. In der vorliegenden Analyse wird insbesondere auf Steininger et al. (2015) zurückgegriffen. Wie in der ersten Fußnote des Kapitels erläutert, sind alle € Werte daraus auf die Preisbasis 2019 aktualisiert.

Tabelle A1.1 führt beispielhaft identifizierte Wirkungsketten aus jedem der Bereiche an, die bereits monetär quantifizierten sind darin durch Fettsetzung markiert.

Gebäude	<p>[1] Verringerter Energiebedarf in Heizperiode [2] Erhöhter Energiebedarf in Kühlperiode [3] Geringerer Komfort in Gebäuden durch Sommerhitze ohne Kühlmöglichkeit</p>
Landwirtschaft	<p>[4] Höheres Pflanzenwachstum durch längere Vegetationsperiode [5] Ernteaufschläge durch häufigere Dürren [6] Begrenzte Wasserverfügbarkeit als limitierender Faktor [7] Pflanzenbefall durch Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter</p>
Forstwirtschaft	<p>[8] Höheres Waldwachstum durch längere Vegetationsperiode [9] Verringerter Waldwachstum durch längere Trockenperioden [10] Höhere Anfälligkeit für und Verbreitung von Borkenkäfer [11] Erhöhte Anzahl von Sturmereignissen</p>
Energiewirtschaft	<p>[12] Veränderte Wasserführung für Wasserkraftwerke [13] Änderung Elektrizitätsmix aufgrund saisonal veränderten Nachfrageprofil [14] Verringerte Kühlwasserverfügbarkeit durch veränderte Wasserführung und -temperatur [15] Höheres Risiko von Stromausfällen durch Verschiebung Lastenprofil und Extremereignisse</p>
Katastrophenmanagement	<p>[16] Gebäudeschäden durch häufigere Fluss-Hochwässern [17] Infrastrukturschäden durch häufigere Fluss-Hochwässern [18] Höherer Arbeitsbedarf für Katastrophenhilfskräfte [19] Erhöhte Anzahl von Sturmereignissen</p>
Tourismus	<p>[20] Veränderte Übernachtungszahlen durch veränderte Niederschläge und Temperatur [21] Veränderte Übernachtungszahlen durch veränderte Schneesituation [22] Veränderte Verfügbarkeit von für Tourismus wichtigen Umweltressourcen [23] Geschäftsunterbrechungen durch häufigere Extremereignisse</p>
Andere	<p>[24] Verringerte Arbeitsproduktivität durch höhere Temperaturbelastung [25] Häufigere Verkehrsunterbrechungen aufgrund von Extremereignissen [26] Wiederherstellungskosten von Wasserver- und entsorgung nach Überflutungen [27] Verringerter Städtetourismus aufgrund Hitzebelastungen in Sommermonaten</p>
Gesundheit	<p>[28] Vorzeitige Todesfälle durch Hitze [29] Verletzungs- und Todesfälle durch Extremereignisse (Hochwasser) [30] Wasser- und Lebensmittelübertragene Krankheiten</p>
Ökosysteme und Biodiversität	<p>[31] Verringerte Schädlingskontrolle durch verschobene Arteninteraktion [32] Verringerte Bestäubungsleistung aufgrund veränderter Temperatur- und Niederschlagsmuster [33] Lokaler Artenverlust durch Temperatur und Niederschlagsänderungen</p>

Tabelle A1.1: Auszug aus identifizierten Wirkungsketten; fett hervorgehobene wurden monetär quantifiziert. Quelle: Steininger et al. (2015).

Zu zukünftigen Gefahren durch auftauende Permafrostböden: Durch den Klimawandel tauen Permafrostböden auf, die seit vielen Tausenden von Jahren gefroren sind [98]. Die Klimaerwär-

mung kann selbst in der Arktis das Risiko eines Auftretens von Zoonosen aufgrund der Ausdehnung der Vektorlebensräume bzw. der verbesserten Überlebenschancen der Vektoren erhöhen [99]. Als Folge des Schmelzens des Permafrosts könnten theoretisch die Überträger tödlicher Infektionen des 18. und 19. Jahrhunderts zurückkehren, im Permafrost enthaltene Krankheitserreger wie die Pocken [84] oder die Influenza von 1918 [100] können Ausgangspunkt für kommende Pandemien sein. Im Permafrost könnten sogar Viren aufzufinden sein, die bereits beim *Homo neanderthalensis* (siedelte in Sibirien) zu Infektionen geführt haben. Der Permafrost stellt aufgrund von Temperatur- und Sauerstoffverhältnissen ein optimales Habitat für Bakterien und Viren dar. Zudem ist es Forschern gelungen, tausende Jahre alte Pilze, Bakterien und auch Viren *in vitro* zu rekultivieren [101–103].

A.2. Folgekosten durch klimawandelbedingte Ereignisse in anderen Ländern

Die in Kapitel 4 beschriebenen globalen Unterschiede der Betroffenheit von Klimawandelfolgen werden hier näher ausgeführt. **Besonders vulnerable Länder liegen in der Nähe des Äquators**, wo vor allem steigende Temperaturen ein großes Problem darstellen. In weiten Teilen Afrikas und Zentralamerikas drohen Landschaften zu versteppen oder gar zu verwüsten, einhergehend mit drastischen Folgen für die Landwirtschaft und somit der Lebensgrundlage von Millionen von Menschen [104, 105]. Als Folgen der Abnahme von kalten Perioden und dem Anstieg von warmen Perioden sind außerdem verstärkt Hitzewellen, ein Anstieg der Sterblichkeitsrate und der Anfälligkeit für Krankheiten in Europa, Asien und Australien sowie in Nordamerika zu erwarten. Auch die veränderte Verfügbarkeit von Wasser trägt maßgeblich zur Vulnerabilität eines Landes bei und betrifft unter anderem Südamerika, den arabischen Raum, Teile Afrikas und Australien. [69] Aufgrund veränderter Niederschlagsmuster ist Wasserknappheit aber auch in europäischen Regionen zu erwarten. (ISIMIP Impact-Modelldaten [106]) Ebenso einen wesentlichen Beitrag zur Vulnerabilität leistet der Meeresspiegelanstieg; Hotspots sind hierbei Inselstaaten wie die Marshallinseln, Kiribati oder die Malediven. Jedoch sind auch Festlandregionen mit langen Küstenlinien den Gefahren eines Meeresspiegelanstiegs ausgeliefert, was sich besonders bei südostasiatischen Ländern zeigt [107, 108].

Mit Blick auf **Europa** sind die zukünftigen Vulnerabilitäten laut ND-GAIN eher als gering einzuschätzen [21]. Eine wichtige Einschränkung stellt hier jedoch die unzureichende Erfassung der Veränderungen von Frequenz und Intensität von Extremwetterereignissen in den Modellen, die dem Index zugrunde liegen, dar. So waren in den letzten 20 Jahren beispielsweise die wichtigen Handelspartner Deutschland und Italien sehr stark von Extremwetterereignissen wie Hitzeperioden oder Überflutungen betroffen [109].

A.3. Umwelt- und klimaschädliche Fördermaßnahmen

Die erste umfassende Quantifizierung der umweltschädlichen Fördermaßnahmen in Österreich wurde auf Basis der Abgrenzung der OECD für umweltkontraproduktive Regulierungen in Landwirtschaft, Energie und Verkehr in den frühen 2000ern durchgeführt und für die Bereiche **Energie** und **Verkehr** im Jahr 2004 publiziert [72]. Für den Bereich **Verkehr** identifizierte diese Studie ein Fördervolumen von zumindest (untere Schranke) **14,8 bis 15 Mrd. Euro pro Jahr**. Für einen Teil der Förderungen in den Bereichen Energie und Verkehr quantifizierte eine Studie [73], die im Jahr 2016 erschien, ein Volumen (als obere Schranke) von (je nach Annahme) 4 bis 4,9 Mrd. Euro pro Jahr (wie in der Studie selbst angegeben, zu Preisen 2016, waren dies 3,8 bis 4,7 Mrd. Euro). Darin enthalten ist auch ein umweltkontraproduktives Fördererelement durch die ordnungsrechtliche Stellplatzverpflichtung, das mit 120 bis 542 Mio. Euro jährlich (zu Preisen 2016 waren dies 114 bis 517 Mio. Euro) quantifiziert wird. Abseits dieses Fördererelements sind alle anderen in dieser Studie enthaltenen Elemente direkt **wirksam für öffentliche Budgets** (in Form verringerter Einnahmen oder erhöhter Ausgaben). Diese Summe (als untere Schranke) beläuft sich auf **jährlich 3,9 bis 4,4 Mrd. Euro**.

Literatur

1. WIFO. (2020). Wirtschaftliche Entwicklung im Zeichen der COVID-19-Krise, Pressemitteilung, 23. April 2020. WIFO. Abgerufen von https://www.wifo.ac.at/jart/prj3/wifo/resources/person_dokument/person_dokument.jar?t?publikationsid=65902&mime_type=application/pdf
2. Url, T. (2020). Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der COVID-19-Pandemie in Österreich und die Möglichkeiten der Stabilisierungspolitik. *WIFO Monatsberichte*, 93(4), 267–273.
3. Köppl, A., Schleicher, S., Schratzenstaller, M., & Steininger, K. W. (2020). *COVID-19, Klimawandel und Konjunkturpakete* (WIFO Research Briefs No. 2020–1) (S. 14). Wien: WIFO. Abgerufen von https://www.wifo.ac.at/publikationen/publikationssuche?detail-view=yes&publikation_id=65874
4. Schleicher, S. P., & Steininger, K. W. (2017). Wirtschaft stärken und Klimaziele erreichen: Wege zu einem nahezu treibhausgas-emissionsfreien Österreich. *Scientific Report*, (73–2017).
5. Market Agent. (2020, Mai). Wahrnehmung von Krisen in Österreich: Corona, Flüchtlingskrise und Klimawandel. Abgerufen 29. Mai 2020, von <http://www.marktmeinungsmensch.at/>
6. IPSOS MORI. (2020). Two thirds of citizens around the world agree climate change is as serious a crisis as Coronavirus, Poll result, April 22, 2020. *Two thirds of citizens around the world agree climate change is as serious a crisis as Coronavirus*. Abgerufen 29. Mai 2020, von <https://www.ipsos.com/en/two-thirds-citizens-around-world-agree-climate-change-serious-crisis-coronavirus>
7. Steininger, K. W., Bednar-Friedl, B., Formayer, H., & König, M. (2016). Consistent economic cross-sectoral climate change impact scenario analysis: Method and application to Austria. *Climate Services*, 1, 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.02.003>
8. Steininger, K. W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., & Prettenhaler, F. (Hrsg.). (2015). *Economic evaluation of climate change impacts: development of a cross-sectoral framework and results for Austria*. Cham: Springer Verlag.
9. Unterberger, C., Brunner, L., Nabernegg, S., Steininger, K. W., Steiner, A. K., Stabentheiner, E., ... Truhetz, H. (2018). Spring frost risk for regional apple production under a warmer climate. *PLOS ONE*, 13(7), e0200201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200201>
10. Steininger, K. W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., & Prettenhaler, F. (Hrsg.). (2015). *Economic Evaluation of Climate Change Impacts*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12457-5>
11. Müller, M. M. (2020). Brandintensiver April - Waldbrand-Blog Österreich | Institut für Waldbau, BOKU Wien. Abgerufen von <https://fireblog.boku.ac.at/2020/05/15/brandintensiver-april/>
12. European Environment Agency. (2019). Forest fires: Indicator assessment – Data and maps. *Forest fires: Indicator assessment – Data and maps*. Indicator Assessment. Abgerufen 16. Mai 2020, von <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/forest-fire-danger-3/assessment>
13. Climate Council. (2020). *Summer of Crisis* (authors: Hughes, L., Steffen, W., Mullins, G., Dean, A., Weisbrodt, E., Rice, M.). (S. 34). Climate Council of Australia. Abgerufen von <https://www.climatecouncil.org.au/resources/summer-of-crisis>
14. Herring, S. C., Christidis, N., Hoell, A., Hoerling, M. P., & Stott, P. A. (2020). Explaining Extreme Events of 2018 from a Climate Perspective. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(1), S1–S134. <https://doi.org/10.1175/BAMS-ExplainingExtremeEvents2018.1>
15. Zscheischler, J., Westra, S., van den Hurk, B. J. J. M., Seneviratne, S. I., Ward, P. J., Pitman, A., ... Zhang, X. (2018). Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change*, 8(6), 469–477. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>
16. Johnson, C. K., Hitchens, P. L., Pandit, P. S., Rushmore, J., Evans, T. S., Young, C. C. W., & Doyle, M. M. (2020). Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors

- of virus spillover risk. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287(1924), 20192736. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2736>
17. IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3553579>
 18. Aerts, R., Honnay, O., & Van Nieuwenhuysse, A. (2018). Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces. *British Medical Bulletin*, 127(1), 5–22. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldy021>
 19. Stark, K., Niedrig, M., Biederbick, W., Merkert, H., & Hacker, J. (2009). Die Auswirkungen des Klimawandels: Welche neuen Infektionskrankheiten und gesundheitlichen Probleme sind zu erwarten? *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 52(7), 699–714. <https://doi.org/10.1007/s00103-009-0874-9>
 20. Benzie, M., Hedlund, J., & Carlsen, H. (2016). *Introducing the Transnational Climate Impacts Index: Indicators of country-level exposure -methodology report* (Working Paper No. 2016– 07). Stockholm, Sweden: Stockholm Environment Institute.
 21. Chen, C., Noble, I., Hellmann, J., Coffee, J., Murillo, M., & Chawla, N. (2015). *Country Index Technical Report*. University of Notre Dame.
 22. Statistik Austria. (2020). Der Außenhandels Österreich - Ergebnisse im Überblick. Abgerufen von https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/aussenhandel/hauptdaten/index.html
 23. Kulmer, V., Kernitzkyi, M., Köberl, J., & Niederl, A. (2015). *Global Value Chains: Implications for the Austrian economy*. FIW Research Reports. Abgerufen von <https://www.econstor.eu/handle/10419/121235>
 24. PricewaterhouseCoopers, (PwC). (2013). International threats and opportunities of climate change for the UK. Abgerufen von <http://www.pwc.co.uk/services/sustainability-climate-change/insights/international-threats-and-opportunities-of-climate-change-to-the-uk.html>
 25. Haraguchi, M., & Lall, U. (2015). Flood risks and impacts: A case study of Thailand's floods in 2011 and research questions for supply chain decision making. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 256–272. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.09.005>
 26. The World Bank. (2012). *Thai Flood 2011: Rapid assessment for resilient recovery and reconstruction planning*. Washington, DC.
 27. UN ESCAP (Hrsg.). (2011). *Economic and Social Survey of Asia and the Pacific 2011: Sustaining Dynamism and Inclusive Development: Connectivity in the Region and Productive Capacity in Least Developed Countries*. Bangkok: United Nations, ESCAP.
 28. Riahi, K., van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., ... Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>
 29. Peter, M., Guyer, M., Füssler, J., Bednar-Friedl, B., Knittel, N., Bachner, G., ... von Unger, M. (2020). *Folgen des globalen Klimawandels für Deutschland - Abschlussbericht: Analysen und Politikempfehlungen* (No. 15/2020). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
 30. Knittel, N., Jury, M. W., Bednar-Friedl, B., Bachner, G., & Steiner, A. K. (2020). A global analysis of heat-related labour productivity losses under climate change—implications for Germany's foreign trade. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02661-1>
 31. Pinkse, J., & Gasbarro, F. (2019). Managing Physical Impacts of Climate Change: An Attentional Perspective on Corporate Adaptation. *Business & Society*, 58(2), 333–368. <https://doi.org/10.1177/0007650316648688>
 32. Meinel, U., & Abegg, B. (2017). A multi-level perspective on climate risks and drivers of entrepreneurial robustness – Findings from sectoral comparison in alpine Austria. *Global Environmental Change*, 44, 68–82. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.03.006>
 33. Eakin, H. C., & Patt, A. (2011). Are adaptation studies effective, and what can enhance their practical impact? *WIREs Climate Change*, 2, 141–153.
 34. Cimato, F., & Mullan, M. (2010). Adapting to climate change: analysing the role of government. *Defra Evidence and Analysis Series, Paper, 1*.
 35. Bachner, G., & Bednar-Friedl, B. (2019). The Effects of Climate Change Impacts on Public

- Budgets and Implications of Fiscal Counterbalancing Instruments. *Environmental Modeling and Assessment*, 24(2), 121–142. <https://doi.org/10.1007/s10666-018-9617-3>
36. Bednar-Friedl, B., Knittel, N., & Bachner, G. (2017). Volkswirtschaftliche Effekte von öffentlicher Klimawandelanpassung / Federal spending on climate change adaptation. *PACINAS Factsheet*, 5. Abgerufen von <http://anpassung.ccca.at/pacinas>
 37. Bachner, G., Bednar-Friedl, B., & Knittel, N. (2019). How does climate change adaptation affect public budgets? Development of an assessment framework and a demonstration for Austria. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. <https://doi.org/10.1007/s11027-019-9842-3>
 38. Schinko, T., Mechler, R., & Hochrainer-Stigler, S. (2017). A methodological framework to operationalize climate risk management: managing sovereign climate-related extreme event risk in Austria. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 22(7), 1063–1086. <https://doi.org/10.1007/s11027-016-9713-0>
 39. Jongman, B. (2018). Effective adaptation to rising flood risk. *Nature Communications*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04396-1>
 40. Barnett, J., & O'Neill, S. (2010). Maladaptation. *Global Environmental Change*, 20(2), 211–213. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.004>
 41. Bachner, G. (2017). Assessing the economy-wide effects of climate change adaptation options of land transport systems in Austria. *Regional Environmental Change*, 17(3), 929–940. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1089-x>
 42. European Commission. (2019). European Solidary Fund Interventions 2002-2019. Abgerufen 10. Mai 2020, von https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/thefunds/doc/interventions_since_2002.pdf
 43. Jongman, B., Hochrainer-Stigler, S., Feyen, L., Aerts, J. C. J. H., Mechler, R., Botzen, W. J. W., ... Ward, P. J. (2014). Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods. *Nature Clim. Change, advance online publication*. Abgerufen von <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2124>
 44. Kesitalo, E. C. H., Vulturius, G., & Scholten, P. (2014). Adaptation to climate change in the insurance sector: examples from the UK, Germany and the Netherlands. *Natural Hazards*, 71(1), 315–334. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0912-7>
 45. Surminski, S., Aerts, J. C. J. H., Botzen, W. J. W., Hudson, P., Mysiak, J., & Pérez-Blanco, C. D. (2015). Reflections on the current debate on how to link flood insurance and disaster risk reduction in the European Union. *Natural Hazards*, 79(3), 1451–1479. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1832-5>
 46. Golnaraghi, M., Surminski, S., & Schanz, K. (2017). *An Intergrated Appraoch to Managing Extreme Events and Cliamte Risks*. Zurich: The Geneva Association.
 47. Hudson, P., Botzen, W. J. W., & Aerts, J. C. J. H. (2019). Flood insurance arrangements in the European Union for future flood risk under climate and socioeconomic change. *Global Environmental Change*, 58, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101966>
 48. Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527(7577), 235–239. <https://doi.org/10.1038/nature15725>
 49. Byers, E., Gidden, M., Leclère, D., Balkovic, J., Burek, P., Ebi, K., ... Riahi, K. (2018). Global exposure and vulnerability to multi-sector development and climate change hotspots. *Environmental Research Letters*, 13(5), 055012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf45>
 50. NDGAIN. (2020). Notre Dame Global Adaptation Initiative: Country Index. *Notre Dame Global Adaptation Initiative*. Abgerufen 29. Mai 2020, von <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/>
 51. BMLFUW. (2014). *Bericht zur internationalen Klimafinanzierung 2013*. Wien.
 52. BMLFUW. (2015). *Bericht zur internationalen Klimafinanzierung 2014* (S. 18). Wien.
 53. BMLFUW. (2016). *Bericht zur Internationalen Klimafinanzierung 2015* (S. 16). Wien.
 54. BMNT. (2019). *Bericht zur internationalen Klimafinanzierung 2016 und 2017* (S. 18). Wien.
 55. BMNT. (2019). *Bericht zur internationalen Klimafinanzierung 2018* (S. 18). Wien.
 56. Buchner, B., Clark, A., Falconer, A., Macquarie, R., Meattle, C., Tolentino, R., & Wetherbee, C. (2019). *Global Landscape of Climate Finance 2019*. Climate Policy Initiative. Abgerufen von <https://climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2019/>

57. Klöck, C., Molenaers, N., & Weiler, F. (2018). Responsibility, capacity, greenness or vulnerability? What explains the levels of climate aid provided by bilateral donors? *Environmental Politics*, 27(5), 892–916. <https://doi.org/10.1080/09644016.2018.1480273>
58. GCF. (2020). *Status of Pledges and Contributions (Initial Resource Mobilization)*. Status Date: 12 May 2020. (S. 2). Songo, Korea: Green Climate Fund. Abgerufen von <https://www.greenclimate.fund/document/status-pledges-and-contributions-initial-resource-mobilization>
59. GCF. (2020). *Status of Pledges and Contributions (First Replenishment: GCF-1)*. Status Update: 12 May 2020 (S. 2). Songo, Korea: Green Climate Fund. Abgerufen von <https://www.greenclimate.fund/document/status-pledges-and-contributions-made-green-climate-fund-gcf1>
60. Harrison, P. A., Dunford, R. W., Holman, I. P., Cojocar, G., Madsen, M. S., Chen, P.-Y., ... Sandars, D. (2019). Differences between low-end and high-end climate change impacts in Europe across multiple sectors. *Regional Environmental Change*, 19(3), 695–709. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1352-4>
61. Steininger, K. W., Munoz, P., Karstensen, J., Peters, G. P., Strohmaier, R., & Velázquez, E. (2018). Austria's consumption-based greenhouse gas emissions: Identifying sectoral sources and destinations. *Global Environmental Change*, 48, 226–242. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.011>
62. CCCA. (2020). *Stellungnahme von Expertinnen und Experten des CCCA zum Factsheet „Kostenwahrheit CO2“ des BMK*. (Kernteam: Graßl, H., Kirchner, M., Kromp-Kolb, H., Stagl, S., Steininger, K.; Mitwirkende: Getzner, M., Kettner-Marx, C., Kirchengast, G., Köppl, A., Meyer, I., Sommer, M., Uhl-Hädicke, I.). Wien, Graz, Salzburg: CCCA.
63. IPI. (2019). *A Lower Bound: Why the Social Cost of Carbon does not capture critical climate damages and what that means for policymakers*. New York: Institute for Policy Integration (IPI), New York University–School of Law. Abgerufen von <https://policyintegrity.org/publications/detail/a-lower-bound>
64. van den Bergh, J. C. J. M., & Botzen, W. J. W. (2014). A lower bound to the social cost of CO₂ emissions. *Nature Climate Change*, 4(4), 253–258. <https://doi.org/10.1038/nclimate2135>
65. Ricke, K., Drouet, L., Caldeira, K., & Tavoni, M. (2018). Country-level social cost of carbon. *Nature Climate Change*, 8(10), 895–900. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0282-y>
66. OECD. (2020). *Population of OECD and world countries (source: population and vital statistics, latest available population data 2015-2018)*. Paris, France: OECD. <https://doi.org/10.1787/d434f82b-en>
67. UNEP. (2018). *The Adaptation Gap Report 2018*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP).
68. Olhoff, A., Bee, S., & Puig, D. (2015). *The Adaptation Finance Gap Update - with insights from the INDCs*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP).
69. IPCC. (2018). *Summary for Policy Makers*. In: *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* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Geneva: World Meteorological Organisation. Abgerufen von https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf
70. NEKP. (2019). *Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich: Periode 2021-2030*. Wien: Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. Abgerufen von https://www.bmlrt.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/nationaler-energie-und-klimaplan.html
71. OECD. (1998). *Improving the Environment through Reducing Subsidies: Part I: Summary and Conclusions - Part II: Analysis and Overview of Studies*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264162679-en>
72. Köppl, A., & Steininger, K. W. (2004). *Reform umweltkontraproduktiver Förderungen in Österreich: Energie und Verkehr*. Graz: Leykam.

73. Kletzan-Slamanig, D., & Köppl, A. (2016). *Subventionen und Steuern mit Umweltrelevanz in den Bereichen Energie und Verkehr*. Wien: WIFO. Abgerufen von <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58641>
74. Köppl, A., & Schleicher, S. (2018). What Will Make Energy Systems Sustainable? *Sustainability*, 10(7), 2537. <https://doi.org/10.3390/su10072537>
75. Köppl, A., & Schleicher, S. (2019). Material Use: The Next Challenge to Climate Policy. *Intereconomics*, 54(6), 338–341. <https://doi.org/10.1007/s10272-019-0850-z>
76. Schleicher, S., Köppl, A., Sommer, M., Lienin, S., Treberspurg, M., Österreicher, D., ... Hofer, C. (2018). *Welche Zukunft für Energie und Klima? Folgenabschätzungen für Energie- und Klimastrategien – Zusammenfassende Projektaussagen (Monographien)*. Wien: WIFO. Abgerufen von https://www.wifo.ac.at/publikationen/publikationssuche?detail-view=yes&publikation_id=61014
77. Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R.N. (2003). Technological change and the environment. In K. G. Mäler & J. R. Vincent (Hrsg.), *Handbook in Environmental Economics*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
78. Popp, D. C., Newell, R. G., & Jaffe, A. B. (2010). Energy, the environment, and technological change. In *Handbooks in Economics* (Bd. 2). Dordrecht: Elsevier.
79. Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2005). A tale of two market failures: Technology and environmental policy. *Ecological Economics*, 54(2–3), 164–174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027>
80. European Commission. 'A Clean Planet for all – A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy'', Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank, COM(2018) 773 final. (2018).
81. Rizos, V., Elkerbout, M., & Egenhofer, C. (2019). *Circular economy for climate neutrality: Setting the priorities for the EU* (No. 2019/04).
82. Vogel, J., & Geiger, K. (2019). *Identifying the potential for eco-innovation in Austria* (SHIFT Working Paper No. 3). Graz, Wien: Universität Graz und Umweltbundesamt. Abgerufen von http://wegcwww.uni-graz.at/wp/shift/wp-content/uploads/sites/4/2019/02/Shift_Working-Paper-3-Potential-for-eco-innovation-in-AT.pdf
83. Globocnik, D., Rauter, R., & Baumgartner, R. J. (2020). Synergy or conflict? The relationships among organisational culture, sustainability-related innovation performance, and economic innovation performance. *International Journal of Innovation Management*, 24(01), 2050004. <https://doi.org/10.1142/S1363919620500048>
84. Mercure, J.-F., Pollitt, H., Viñuales, J. E., Edwards, N. R., Holden, P. B., Chewpreecha, U., ... Knobloch, F. (2018). Macroeconomic impact of stranded fossil fuel assets. *Nature Climate Change*, 8(7), 588–593. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0182-1>
85. Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I., Schütze, F., & Visentin, G. (2017). A climate stress-test of the financial system. *Nature Climate Change*, 7(4), 283–288. <https://doi.org/10.1038/nclimate3255>
86. ESRB Advisory Scientific Committee. (2016). *Too late, too sudden: Transition to a low-carbon economy and systemic risk* (No. ESRB ASC Report No 6) (S. 22). Frankfurt, Germany: European Systemic Risk Board.
87. Kalkuhl, M., Steckel, J. C., & Edenhofer, O. (2020). All or nothing: Climate policy when assets can become stranded. *Journal of Environmental Economics and Management*, 100, 102214. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.01.012>
88. Weyzig, F., Kuepper, B., van Gelder, J. W., & van Tilburg, R. (2014). *The Price of Doing Too Little Too Late: The impact of the carbon bubble on the EU financial system* (Report prepared for the Greens/EFA Group - European Parliament No. Volume 11). Belgium: Green European Foundation. Abgerufen von <https://reinhardbuetikofer.eu/wp-content/uploads/2014/03/GND-Carbon-Bubble-web1.pdf>
89. Deutsches Bundesfinanzministerium. (2016). *Monatsbericht vom 19.08.2016. Relevanz des Klimawandels für die Finanzmärkte*. Berlin: Deutsches Bundesfinanzministerium. Abgerufen von <http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Monatsberichte/2016/08/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-2-Relevanz-des-Klimawandels-fuer-die-Finanzmaerkte.html>

90. French Treasury. (2015). *Assessing climate change-related risks in the banking sector. Synthesis of the project report submitted for public consultation with regard to Article 173 (V°) of the 2015 French Energy Transition Act*. Paris. Abgerufen von <http://www.tresor.economie.gouv.fr/File/433465>
91. Günsberg, G., Fucik, J., Colard, A., Frischer, C., & Rattay, W. (2017). *Carbon Bubble & Divestment. Grundlagen und Analyse zur Bewertung fossiler Investitionen im österreichischen Fondsmarkt*. Wien: Günsberg Politik- und Strategieberatung, ESG Plus, Green Alpha. Abgerufen von http://guensberg.at/wp-content/uploads/2017/07/CarbonBubbleDivestment_Analyse_final_0407.pdf
92. Dietz, S., Bowen, A., Dixon, C., & Gradwell, P. (2016). 'Climate value at risk' of global financial assets. *Nature Climate Change*, 6(7), 676–679. <https://doi.org/10.1038/nclimate2972>
93. Swart, R. (2019). Assessing physical climate risks for investments: A risky promise. *Climate Services*, 14, 15–18. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2019.04.001>
94. Bank of England. (2019). A framework for assessing financial impacts of physical climate change - a practitioner's aide for the general insurance sector, 85.
95. TCFD. (2017). *Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate related Financial Disclosures*. Abgerufen von <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/12/FINAL-TCFD-Annex-Amended-121517.pdf>
96. TCFD. (2017). *Recommendations of the Task Force on Climate related Financial Disclosures* (S. 74).
97. European Commission. (2019). *Guidelines on reporting climate-related information* (Communication from the Commission No. C(2019) 4490 final) (S. 44). Brussels: European Commission, Directorate-General for Financial Stability, Financial Services and Capital Markets Union.
98. Emerson, J. B., Roux, S., Brum, J. R., Bolduc, B., Woodcroft, B. J., Jang, H. B., ... Sullivan, M. B. (2018). Host-linked soil viral ecology along a permafrost thaw gradient. *Nature Microbiology*, 3(8), 870–880. <https://doi.org/10.1038/s41564-018-0190-y>
99. Revich, B. A., & Podolnaya, M. A. (2011). Thawing of permafrost may disturb historic cattle burial grounds in East Siberia. *Global Health Action*, 4(1), 8482. <https://doi.org/10.3402/gha.v4i0.8482>
100. Reid, A. H., Fanning, T. G., Hultin, J. V., & Taubenberger, J. K. (1999). Origin and evolution of the 1918 „Spanish“ influenza virus hemagglutinin gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(4), 1651–1656. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.4.1651>
101. Bidle, K. D., Lee, S., Marchant, D. R., & Falkowski, P. G. (2007). Fossil genes and microbes in the oldest ice on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33), 13455–13460. <https://doi.org/10.1073/pnas.0702196104>
102. Pikuta, E. V., Marsic, D., Bej, A., Tang, J., Krader, P., & Hoover, R. B. (2005). *Carnobacterium pleistocenium* sp. nov., a novel psychrotolerant, facultative anaerobe isolated from permafrost of the Fox Tunnel in Alaska. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(1), 473–478. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63384-0>
103. Legendre, M., Bartoli, J., Shmakova, L., Jeudy, S., Labadie, K., Adrait, A., ... Claverie, J.-M. (2014). Thirty-thousand-year-old distant relative of giant icosahedral DNA viruses with a pandoravirus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4274–4279. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320670111>
104. Oppenheimer, M., Campos, M., Warren, R., Birkmann, J., Luber, G., O'Neill, B., & Takahashi, K. (2014). Emergent Risks and Key Vulnerabilities. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.
105. Mirzabaev, A., Wu, J., Evans, J., García-Oliva, F., Hussein, I. A. G., Iqbal, M. H., ... Weltz, M. (2019). Desertification. In *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].

106. Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), 485–498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>
107. Oppenheimer, M., Glavovic, B. C., Hinkel, J., van de Wal, R., Magnan, A. K., Abd-Elgawad, A., ... Pereira, J. (2019). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. *In press*. (S. 126).
108. Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A. T., Perrette, M., Nicholls, R. J., Tol, R. S. J., ... Levermann, A. (2014). Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3292–3297. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222469111>
109. Kreft, S., Eckstein, D., Melchior, I., & Germanwatch. (2016). *Global Climate Risk Index 2017 Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2015 and 1996 to 2015*.

(c) 2020 Wegener Center Verlag, Universität Graz, Austria

Die Verwendung einzelner Bilder, Tabellen oder Texte bei klarer und korrekter Zitierung dieses Research Briefs als Quelle ist für nicht-kommerzielle Zwecke gestattet.

Verlagskontakt bei allen weitergehenden Interessen: wegcenter@uni-graz.at



Für den Inhalt verantwortlich:

Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz
Brandhofgasse 5, 8010 Graz