

**Auswirkungen des
COVID-19-bedingten
Konjunkturunbruchs
auf die Emissionen
von Treibhausgasen
in Österreich.** Ergeb-
nisse einer ersten Ein-
schätzung

Mark Sommer
Franz Sinabell
Gerhard Streicher

Auswirkungen des COVID-19-bedingten Konjunkturinbruchs auf die Emissionen von Treibhausgasen in Österreich. Ergebnisse einer ersten Einschätzung

Mark Sommer, Franz Sinabell, Gerhard Streicher

WIFO Working Papers 600/2020

Mai 2020

Inhalt

In der vorliegenden Analyse werden die Auswirkungen der Maßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung von COVID-19 auf die Treibhausgasemissionen in Österreich untersucht. Dazu wurde ein neues Modell, ALICE, entwickelt, das die kurz- bis mittelfristigen Auswirkungen von Produktions- und Konsumänderungen im Hinblick auf Wertschöpfung und Emissionen quantifiziert. Die Ergebnisse zeigen die direkten Konsequenzen wie auch die Folgewirkungen aufgrund der Verflechtungen der Wirtschaft. Die hier vorgestellte Analyse orientiert sich an der vom WIFO im April 2020 veröffentlichten Prognose, die für 2020 einen Rückgang der realen Bruttowertschöpfung um 5¼% prognostiziert. Demgemäß ist in Österreich ein Rückgang der Treibhausgasemissionen entsprechend der Abgrenzung der Treibhausgasinventur im Jahr 2020 gegenüber 2019 um 7,1% zu erwarten. Ungewissheit über den tatsächlichen Rückgang der Emissionen besteht durch die endgültigen Produktionsauswirkungen und das Verhalten der Haushalte.

E-Mail: mark.sommer@wifo.ac.at, franz.sinabell@wifo.ac.at, gerhard.streicher@wifo.ac.at

2020/098/W/0

© 2020 Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.

Medieninhaber (Verleger), Hersteller: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
1030 Wien, Arsenal, Objekt 20 | Tel. (43 1) 798 26 01-0 | <https://www.wifo.ac.at>
Verlags- und Herstellungsort: Wien

Die WIFO Working Papers beruhen nicht notwendigerweise auf einer abgestimmten Position des WIFO. Die Autorinnen und Autoren wurden über die Richtlinien der Österreichischen Agentur für wissenschaftliche Integrität (ÖAWI) zur Guten Wissenschaftlichen Praxis informiert, insbesondere bezüglich der Dokumentation aller Elemente, die für eine Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse notwendig sind.

Kostenloser Download: <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/65935>

Auswirkungen des COVID-19-bedingten Konjunkturerinbruchs auf die Emissionen von Treibhausgasen in Österreich

Ergebnisse einer ersten Einschätzung

Mark Sommer, Franz Sinabell und Gerhard Streicher

Kurzzusammenfassung

Die Maßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung des COVID-19, die in vielen Ländern gleichzeitig das Wirtschaftsleben erheblich einschränken, haben nicht nur Folgen auf Arbeitslosigkeit, Handel, Produktion, Einkommen und Wertschöpfung, sondern auch auf die Umwelt. In der vorliegenden Analyse werden die Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen in Österreich untersucht. Dazu wurde ein neues, schlankes und sehr flexibel einsetzbares Modell, ALICE entwickelt, das die kurz- bis mittelfristigen Auswirkungen von Produktions- und Konsumänderungen im Hinblick auf Wertschöpfung und Emissionen quantifiziert. Um die Konsequenzen möglichst genau bestimmen zu können, werden 74 wirtschaftliche Aktivitäten und die Haushalte unterschieden.

Die Modellergebnisse zeigen nicht nur die direkten Konsequenzen, sondern auch die Folgewirkungen, die sich aus der Verflechtung des Wirtschaftskreislaufes ergeben. Die hier vorgestellte Modellanalyse orientiert sich an der vom WIFO im April 2020 veröffentlichten Prognose, die für das Jahr 2020 einen Rückgang der realen Bruttowertschöpfung um 5¼ % prognostiziert. Die sektorspezifischen Produktionsrückgänge und erwartete Veränderungen im Konsumverhalten der Haushalte sind die Eingangsparameter für das Modell.

Demgemäß ist in Österreich ein Rückgang der Treibhausgasemissionen entsprechend der Abgrenzung der Treibhausgasinventur im Jahr 2020 im Vergleich zu 2019 im Umfang von 7,1 % zu erwarten. Dieser Rückgang ist auf die veränderte Wirtschaftslage und der Emissionsintensität der jeweiligen Wirtschaftsaktivitäten zurückzuführen. Faktoren, die ebenfalls die Emission beeinflussen, wie Umgebungstemperaturen, Änderungen der Landnutzung und das Waldwachstum, sind davon ausgeklammert. Gemäß den Konventionen der Treibhausgasinventur wird auch der internationale Flugverkehr nicht in Rechnung gestellt. Ungewissheit über den tatsächlichen Rückgang der Emissionen besteht nicht nur durch über die endgültige tatsächliche Verteilung der Produktionsauswirkungen, sondern auch über das Verhalten der Haushalte über das gesamte Jahr, vor allem im Hinblick auf ihre Reisetätigkeiten.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problemstellung	4
2. Datengrundlagen und Methode	6
2.1 <i>Grundlagen und Kernelemente der Treibhausgasinventur</i>	6
2.2 <i>Kernelemente der Input-Output-Analyse</i>	10
2.3 <i>Energiebilanzen und Emissionen von THG</i>	13
2.4 <i>Kernelemente des Modells ALICE</i>	15
3. Annahmen zum Untersuchungsszenario	17
4. Ergebnisse und Diskussion	18
5. Ausblick	23
Referenzen	21
Annex	23

Tabellen

Tabelle 1: Energiebilanz Österreichs im Überblick in Petajoule	15
Tabelle 1: Erwartete Änderung der Brutto-Wertschöpfung in den Wirtschaftssektoren gemäß der WIFO-Prognose vom April 2020	18
Tabelle 1: Erwartete Änderung der Brutto-Wertschöpfung gemäß der WIFO-Prognose (BIP minus 5¼%) vom April 2020 und Auswirkungen auf die Emission von CO ₂ in Prozent gegenüber dem Vorjahr	19
Tabelle 1: Die Auswirkung der Covid-19-Krise auf die Treibhausgasemissionen und deren Teilkomponenten im Jahr 2020 gegenüber 2019 gemäß der WIFO-Prognose vom April 2020	22
Tabelle 1: Schlüsselindikatoren der Physischen Energieflussrechnung in TJ	27
Tabelle 6a: Treibhausgasinventur für Österreich 1990 und 2018 – erster Teil	28

Abbildungen

Abbildung 1: THG-Emissionen Österreichs ohne LULUCF in 1.000 t gemäß Inventarberichterstattung (linke Skala) und die jährliche Änderung in % (rechte Skala) sowie deren Trends	5
Abbildung 1: Zusammensetzung der Gase der THG-Emissionen Österreichs ohne LULUCF in 1.000 t gemäß Inventurberichterstattung (gemessen in CO ₂ e) in 1990 und 2018	8
Abbildung 1: Quellen der THG-Emissionen Österreichs ohne LULUCF in 1.000 t gemäß Inventurberichterstattung (in CO ₂ e) in 1990 und 2018	9
Abbildung 4: Schematische Darstellung einer Input-Output-Tabelle (Güter x Güter) zu Herstellungspreisen	11
Abbildung 1: Übersicht zu den Brennstoffen und Energiequellen	14
Abbildung 1: Prognose des realen Bruttoinlandsprodukts der österreichischen Volkswirtschaft im April 2020	17

1. Einleitung und Problemstellung¹

Um die Gefahr der Infektion großer Bevölkerungsteile und die damit verbundenen Konsequenzen zu verringern, wurden in ganz Europa seit März 2020 die sozialen Kontakte und die wirtschaftlichen Aktivitäten massiv beschränkt. Da die Verringerung der Handels- und Wirtschaftsbeziehungen mit geringen zeitlichen Verzögerungen auch die wichtigsten Handelspartner betraf, kam es nicht nur zu einem starken Rückgang des Reiseverkehrs und einer Verringerung des Handelsvolumens, sondern auch zu deutlichen Senkung des Produktionsniveaus in vielen Branchen.

Die Einschränkungen erfolgten nach einem Plan, dessen Ziel die maximale Reduktion der Zahl der infizierten Personen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der lebenswichtigen Grundversorgung mit Gesundheitsdienstleistungen, Nahrung, Energie, öffentlichem Transport, Basisdienstleistungen und anderen Gütern des täglichen Bedarfs sicherzustellen. Die Einschränkung der persönlichen Mobilität auf das Nötigste, das De-facto-Verbot der Erbringung vieler persönlicher Dienstleistungen und die Einschränkung des Kultur- und Sportbetriebs erfasste 2020 viele Bereiche direkt, die im Zuge der großen Finanz- und Wirtschaftskrise 2008 und 2009 nur mittelbar über die verringerte Nachfrage vom Rückgang des Wirtschaftsgeschehens betroffen waren.

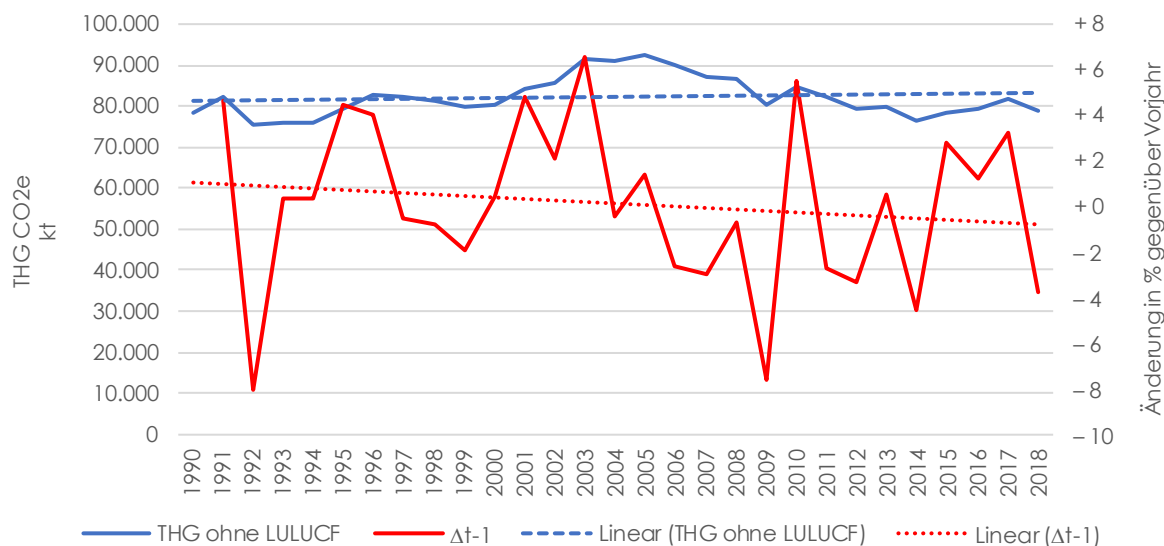
Nach wie vor ist unser Wirtschaftssystem eng mit dem Verbrauch fossiler Materialien und Energieträger verwoben (Köppl et al., 2020). Am deutlichsten wird dies dadurch sichtbar, dass ein starker Rückgang wirtschaftlicher Aktivitäten regelmäßig auch mit einer Abnahme der Emissionen verbunden ist. Sehr deutlich war dies etwa 2008 und 2009 zu beobachten als die Emissionen von Treibhausgasen (ohne LULUCF)² um 0,7 bzw. 7,6 Prozent zurückgegangen sind. In der Phase des darauffolgenden Aufschwungs nahmen die Emissionen wieder zu (im Jahr 2010 um 5,6% gegenüber 2009). Seitdem kam es viermal zu einer jährlichen Steigerung und in fünfmal zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 1).

Da die wirtschaftlichen Aktivitäten nach wie vor eng an den Einsatz von Material und Energie, vor allem an den Verbrauch von fossilen Rohstoffen geknüpft sind, wird der derzeit beobachtete Rückgang der wirtschaftlichen Aktivitäten (gemessen an Produktion und Wertschöpfung) ebenfalls mit einer Abnahme der Treibhausgasemissionen verbunden sein. Wie groß dieser Rückgang sein wird, ist Gegenstand der vorliegenden Analyse. Die Veränderung der Emission wird gemäß der Abgrenzung der Treibhausgasinventur bestimmt. Die Emissionen des internationalen Flugverkehrs, welche 2018, global betrachtet, einen Anteil von ca. 2.4% bzw. 0.92 Gigatonnen haben (Graver et al., 2019), werden darin nicht berücksichtigt.

¹ Die Autoren bedanken sich für wertvolle Anregungen und Kommentare von Angela Köppl, Mathias Kirchner und Claudia Kettner zu einer früheren Fassung des Manuskripts. Verbliebene Mängel sind in der Verantwortung der Autoren.

² LULUCF ist die Abkürzung für Land Use, Land Use Change and Forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft), also die Speicherung bzw. Freisetzung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre im Boden und im stehenden Holz.

Abbildung 1: THG-Emissionen Österreichs ohne LULUCF in 1.000 t gemäß Inventarbericht-erstattung (linke Skala) und die jährliche Änderung in % (rechte Skala) sowie deren Trends



Q: IPCC Inventory 2020, Submission 2020 v2. Linke Skala: THG CO_{2e}; rechte Skala Δt-1. Die punktierten Linien stellen die Trends dar.

Das Ziel ist, die unmittelbar mit dem Rückgang der Wirtschaftsleistung verbundenen Effekte zu quantifizieren. Dies ist nur ein Teil der in der Treibhausgasinventur abgebildeten Effekte. Die jährlich vom Umweltbundesamt erstellte Übersicht zur Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen (THG) misst die tatsächlichen Änderungen, die auch von anderen Faktoren beeinflusst werden. Dazu zählen die Witterungsverhältnisse, die einen höheren oder geringeren Verbrauch an Raumwärme oder -kühlung induzieren, die Reaktion von Verbrauchern auf relative Preisänderungen gegenüber Nachbarländern etwa im Treibstoffverbrauch oder Veränderungen in der Landnutzung und im Waldwachstum. Die Absicht der vorliegenden Untersuchung ist nicht, die erwarteten Auswirkungen dieser weiteren Einflussfaktoren zu bestimmen, sondern im Gegenteil von diesen zu abstrahieren und somit die wirtschaftlichen Effekte zu isolieren. Das Ergebnis der vorliegenden Analyse ist daher keine Prognose, da eine solche diese Faktoren berücksichtigen müsste, sondern die Quantifizierung der unmittelbar mit der Wirtschaftskrise und der Emissionsintensität der Sektoren und Aktivitäten verbundenen Effekte. Die ersten Ergebnisse der Treibhausgasbilanz, in die jene Faktoren, die hier ausgeblendet werden, einbezogen werden, wird das Umweltbundesamt voraussichtlich Mitte 2021 vorlegen (vgl. die Ergebnisse für 2018 im Bericht von Umweltbundesamt, 2019a).

Im nun folgenden Abschnitt werden die Datengrundlage und die Methode der quantitativen Untersuchung der Emissionseffekte des wirtschaftlichen Lockdowns vorgestellt. Da es sich um bereits in vielen Anwendungsfällen bewährte Verfahren, wie u.a. der Input-Output-Analyse, handelt, wird dieser Abschnitt kurz gehalten. Ausführlicher wird die Vorgehensweise der Bestimmung der mit den wirtschaftlichen Aktivitäten verbundenen THG-Emissionen vorgestellt. Die

Inventur ist zunächst nicht einfach zu verstehen, da einzelne wichtige Emissionskategorien nicht zur Gesamtemission dazugerechnet werden. Da ihr Zweck vor allem ist, die Einhaltung internationaler Verträge sichtbar zu machen, sind die Konventionen aber nachvollziehbar. Zum Verständnis der vorgelegten Ergebnisse sind diese Besonderheiten wichtig und werden daher näher ausgeführt. Die zentrale Bilanzposition, die in weiterer Folge betrachtet wird, ist die Emission der THG ausgedrückt in CO₂e (also CO₂-Äquivalente)³ ohne LULUCF (Land Use Land Use Change and Forestry, also Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft). Diese CO₂-Äquivalente fassen die verschiedenen vom Kyoto-Protokoll erfassten Gase in einem Kennwert zusammen (vgl. Tabelle 6 im Annex)

In den folgenden Abschnitten werden die Annahmen der Szenario-Berechnung vorgestellt, die Ergebnisse präsentiert und diskutiert. Abschließend wird ein kurzer Ausblick geboten auf notwendige weitere Schritte, um die Validität der Ergebnisse weiter zu verbessern und um die Nützlichkeit der Anwendung zu steigern.

2. Datengrundlagen und Methode

2.1 Grundlagen und Kernelemente der Treibhausgasinventur

Im Jahr 1992 trat Österreich der *Klimarahmenkonvention* der Vereinten Nationen (UNFCCC) bei, deren oberstes Ziel die Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen vorsieht.⁴ In der Klimarahmenkonvention werden alle Treibhausgase erfasst, die nicht durch das Montreal-Protokoll (ozonabbauenden Gase) abgedeckt sind, konkret Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) sowie hydrierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Halogenkohlenwasserstoffe (PFC), Schwefelhexafluorid (SF₆) und Stickstofftrifluorid (NF₃).

Im Jahr 1997 wurde das *Kyoto-Protokoll*⁵ beschlossen. Dies ist ein Zusatzprotokoll, mit dem rechtsverbindliche Beschränkungen der Treibhausgasemissionen vertraglich vereinbart wurden. Industrieländer verpflichteten sich, die Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008-2012 um 5% unter das Niveau von 1990 zu senken. Die Europäische Union ist ebenfalls Vertragspartei und hat sich auf ein Reduktionsziel von 8% unter dem Niveau von 1990 während eines fünfjährigen Verpflichtungszeitraums geeinigt. Das für Österreich vorgesehene Reduktionsziel betrug minus 13% gegenüber 1990 (Umweltbundesamt, 2020a).

³ Anhand der CO₂-Äquivalente wird die Treibhauswirkung unterschiedlicher Gase auf einer einheitlichen Skala normiert. Eine Übersicht ist verfügbar unter: <https://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/09a02.pdf> (abgerufen 30. April 2020). Derzeit werden die Faktoren des 4. IPCC Sachstandsberichts (IPCC Fourth Assessment Report 4AR) verwendet. Der Faktor von Methan ist 25, jener von Lachgas ist 298 und jene der Fluor-Verbindungen reichen von 11 bis 22.800.

⁴ Siehe dazu BGBl. Nr. 414/1994: Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen samt Anlagen. Änderung durch BGBl. III Nr. 12/1999.

⁵ Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.

Nach fünf Jahre dauernden Verhandlungen (UN-Klimakonferenz auf Bali 2007 bis zur UN-Klimakonferenz in Doha 2012) einigten sich die Vertragsstaaten auf eine zweite Verpflichtungsperiode („Kyoto II“) von 2013 bis 2020. Diese ist jedoch noch nicht in Kraft getreten, da bis zum 18. Februar 2020 nur 137 von den benötigten 144 Vertragsparteien ihre Annahmeerkunden hinterlegt haben (Umweltbundesamt, 2020a). Die vereinbarte Reduktion für die EU bis 2020 beträgt 20% gegenüber den Emissionen von 1990, was im Einklang mit dem Klima- und Energiepaket 2020 der EU steht.

Die Europäische Union setzt die internationalen Verpflichtungen mit für die Mitgliedstaaten verbindlichen Zielen und Mechanismen um. Die wichtigsten sind der *Emissionshandel* und regulative Vorgaben, genannt *Lastenteilung*. Zu den rechtlichen Grundlagen zählt die sogenannten Lastenteilungsentscheidung⁶. Das im Anhang II dieser Entscheidung genannte Reduktionsziel bis 2020 für Österreich beträgt -16% bezogen auf 2005. Dieses Ziel betrifft jene Bereiche, die im Bereich der Lastenteilung (effort sharing) reguliert sind. Die übrigen Emissionsquellen, das sind Industrie und Wärmerzeugung und seit 2012 auch der Binnen-EU-Flugverkehr, sind im EU Emissionshandelssystem (EU ETS, EU Emission Trading System) reguliert.⁷ Dessen Ziel ist, die Emissionen im Jahr 2020 gegenüber 2005 um 21% zu reduzieren. Dieses Ziel wird in Etappen angestrebt, die dritte Handlungsperiode reicht von 2013 bis 2020. Internationaler Flugverkehr (also die Grenzen der EU-Mitgliedsländer überschreitend) ist *nicht* Teil des Kyoto-Protokolls und unterliegt derzeit auch innerhalb der EU keinen Beschränkungen.⁸

Als Vertragspartei des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) ist Österreich verpflichtet, nationale Treibhausgasinventur (THG-Inventur) zu erstellen und regelmäßig zu aktualisieren (siehe Tabelle 6 im Annex). Die Methodik, der Inhalt und das Format der Inventur werden vom IPCC in seinen Berichtsrichtlinien (IPCC, 2020) vorgeschrieben. Für eine vollständige Einreichung der Inventur sind ein Bericht über die nationale Inventur und die Tabellen im gemeinsamen Berichtsformat erforderlich: die THG-Inventur aus einem Nationalen Inventurbericht (NIR) und Common Reporting Format (CRF) - Tabellen. Der aktuelle Bericht des Umweltbundesamtes mit den Ergebnissen der THG-Inventur erschien Anfang 2020 (Umweltbundesamt, 2020a) und umfasst die Periode 1990 bis 2018. Die detaillierten Daten sind auf der Website des UNFCCC verfügbar.⁹ Die Zahlen von Umweltbundesamt (2020a) und IPCC weichen geringfügig ab.

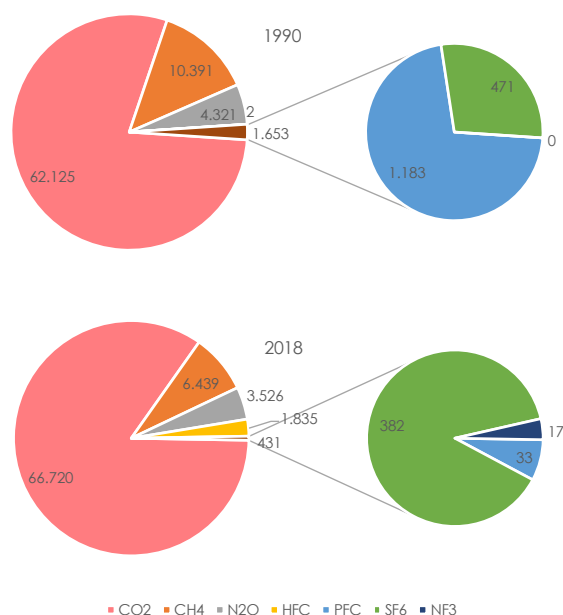
⁶ Entscheidung 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020.

⁷ Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates (Emissionshandelsrichtlinie).

⁸ Verordnung (EU) 2017/2392 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2017 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zur Aufrechterhaltung der derzeitigen Einschränkung ihrer Anwendung auf Luftverkehrstätigkeiten und zur Vorbereitung der Umsetzung eines globalen marktbasierten Mechanismus ab 2021

⁹ <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020> (abgerufen am 26. April 2020).

Abbildung 2: Zusammensetzung der Gase der THG-Emissionen Österreichs ohne LULUCF in 1.000 t gemäß Inventurberichterstattung (gemessen in CO₂e) in 1990 und 2018



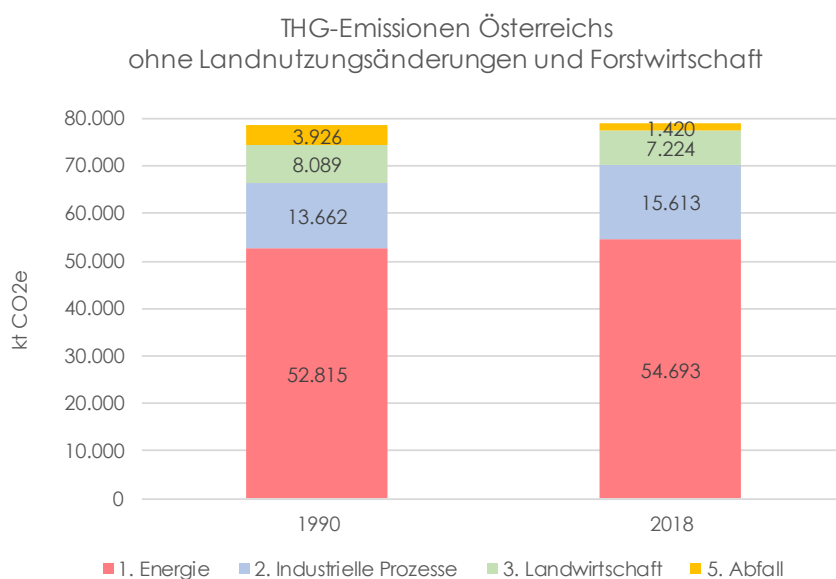
Q: IPCC Inventory 2020, Submission 2020 v2.

Das mengenmäßig wichtigste Treibhausgas, das Österreich emittiert, ist Kohlendioxid (CO₂). Der Anteil dieses Gases an den gesamten THG-Emissionen (in CO₂-Äquivalenten) betrug 85% im Jahr 2018. Die CO₂-Emissionen resultieren in erster Linie aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe und sind auch die Folge chemischer Prozesse (z.B. Zementherstellung). Methan (CH₄) entsteht unter anderem in der Tierhaltung und der Abfallentsorgung und trug 8,2% zu den gesamten nationalen THG-Emissionen bei. Die übrigen Komponenten sind Distickstoffoxid (N₂O), das aus landwirtschaftlichen Böden emittiert wird (4,5%), und Emissionen von fluorierten Verbindungen (2,9%), die größtenteils bei der Verwendung als Ersatz für ozonabbauende Stoffe in Kühlanlagen verwendet werden und teilweise entweichen (Umweltbundesamt, 2020a). In welchem Umfang welche Gase an den Treibhausgasemissionen Österreichs beteiligt sind, zeigt Abbildung 2 (gerechnet in CO₂e).

Im Jahr 2018 betragen die Treibhausgasemissionen Österreichs (ohne LULUCF) gemäß den Vorschriften zur Inventur 79,0 Millionen t CO₂-Äquivalente (CO₂e). Im Vergleich zum Basisjahr 1990 stiegen die THG-Emissionen um 0,6%, im Vergleich zu 2017 sanken sie um 3,7% (Umweltbundesamt, 2020a). Der dominierende Kategorie bei den Treibhausgasemissionen in Österreich ist der Sektor "1. Energie" (mit den Unterkategorien Energieerzeugung, verarbeitende Industrie und Bauwesen, Verkehr – siehe Tabelle 6a im Anhang), d.h. der energetischen Nutzung von Brennstoffen, der 69% der gesamten nationalen Treibhausgasemissionen im Jahr 2018 verursacht

(67% im Jahr 1990), gefolgt von den Kategorien "2. Industrielle Prozesse und Sonstige Produkt-nutzung" (20% im Jahr 2018; die englische Abkürzung ist IPPU und steht für Industrial Process and Product Use) und Landwirtschaft (9,2% im Jahr 2018). Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Treibhausgasemissionen nach den Quellen in Österreich in den Jahren 1990 und 2018.

Abbildung 3: Quellen der THG-Emissionen Österreichs ohne LULUCF in 1.000 t gemäß Inventurberichterstattung (in CO₂e) in 1990 und 2018



Q: IPCC Inventory 2020, Submission 2020 v2.

Die wichtigste Unterkategorie der Kategorie "Energie" ist Verkehr mit einem Anteil von 31% an den gesamten Emissionen (ohne LULUCF; vgl. Table A.I-1 in Umweltbundesamt, 2020a), der Anteil der Energieindustrien ist 13% im Jahr 2018 gewesen. Die drittwichtigste Quelle von Treibhausgasemissionen in Österreich ist die Metallindustrie (zugeordnet dem Sektor IPPU) mit einem Beitrag zu den nationalen Gesamtemissionen (ohne LULUCF) von 12% im Jahr 2018 (Umweltbundesamt, 2020a).

Beim Vergleich der Anteile bzw. der Entwicklung der verschiedenen Sektoren ist zu beachten, dass sich die hier verwendete Zuordnung gemäß UNFCC (vgl. Tabelle 6a und 6b) von jener nach dem österreichischen Klimaschutzgesetz unterscheidet (vgl. Umweltbundesamt, 2019b). Die Zuordnung der Sektoren nach dem Klimaschutzgesetz findest sich im Anhang 3 im Klimaschutzbericht (Umweltbundesamt, 2019b).

2.2 Kernelemente der Input-Output-Analyse

Mit der Input-Output-Rechnung gelingt es, die produktions- und gütermäßigen Verflechtungen einer Volkswirtschaft detailliert darzustellen. Dabei werden nicht nur die Wechselwirkungen innerhalb wirtschaftlicher Aktivitäten eines Landes abgebildet, sondern auch die Güterströme zwischen der Volkswirtschaft und der übrigen Welt. Im Mittelpunkt stehen insbesondere die Güterbewegungen, die den Produktionsprozess durchlaufen. Diese werden nicht in Form von Mengen, sondern wertmäßig erfasst. Die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR) baut auf der Input-Output-Analyse als Kernelement auf. Eine schematische Darstellung dieses Rechenwerks ist in Abbildung 4 wiedergegeben.

Unter *Input* versteht man den in Geldwerten ausgedrückten Einsatz von Vorleistungen, also Gütern und Dienstleistungen, die im Zuge der Produktion verbraucht, verarbeitet oder umgewandelt (siehe Vorleistungsmatrix) werden. Auch die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital (primäre Inputs) gehen in die Rechnung ein (Matrix der Primärinputs), sie sind aber nicht Teil der Vorleistungen. Boden und andere Elemente der belebten und unbelebten Natur werden in der Input-Output-Rechnung nicht berücksichtigt.

Als *Output* wird der Wert der produzierten Güter, Waren und Dienstleistungen bezeichnet, der Produktionswert. Dazu wird die Menge der produzierten Güter mit ihrem Preis multipliziert. Je nachdem, ob die Marktpreise zur Berechnung herangezogen werden oder auch Gütersteuern und Gütersubventionen berücksichtigt werden, unterscheiden sich die Produktionswerte. Sofern die Einflussnahme des Staates auf die Preise berücksichtigt wird, spricht man von einer Bewertung zu Herstellungspreisen. Die Unterscheidung ist nötig, um die Faktorentlohnung (siehe Block Komponenten der Wertschöpfung) korrekt zu berechnen. Eine solche Korrektur kommt etwa im Sektor Landwirtschaft zum Tragen.

Güter und Dienstleistungen jedes Sektors werden nicht nur an andere Sektoren (bzw. an andere Branchen) geliefert, sondern werden auch im gleichen Sektor weiterverarbeitet, von Haushalten konsumiert, als Investitionsgüter eingesetzt oder exportiert (siehe Block "Endnachfrage"). Die gesamte Verwendung muss gleich sein dem gesamten Aufkommen, damit die buchhalterische Ausgeglichenheit gegeben ist. Die Konsistenz stellt sicher, dass die Güterströme vollständig erfasst sind und der Wirtschaftskreislauf zur Gänze abgebildet ist.

Die vollständigen Input-Output-Tabellen der österreichischen Volkswirtschaft sind auf den Webseiten von EUROSTAT publiziert; Statistik Austria bietet darüber hinaus ergänzende Tabellen an, die für tiefergehende Analysen notwendig sind. Die Vorgehensweise zur Erstellung der Input-Output-Tabelle auf der Grundlage der Aufkommens- und Verwendungstabelle in Verbindung mit der Berechnung des Brutto-Inlandsprodukts am Beispiel der österreichischen Volkswirtschaft im Jahr 2015 ist in Statistik Austria (2020) ausführlich dargestellt.

In den Spalten der Vorleistungsmatrix wird in jeder Zelle angegeben, wie viele Vorleistungsgüter aus inländischer Produktion und aus Importen von einem Produktionsbereich verbraucht wurden.

Abbildung 4: Schematische Darstellung einer Input-Output-Tabelle (Güter x Güter) zu Herstellungspreisen

		(1)	(2)						(3)=(1)+(2)	
		VORLEISTUNGEN	ENDNACHFRAGE						GESAMT- VERWENDUNG	
		PRODUKTIONS- BEREICHE / GÜTER (ÖCPA)	KONSUMAUSGABEN			BRUTTOINVESTITIONEN		EXPORTE		
(1)	GÜTER (ÖCPA)	Vorleistungen nach Produktions- bereichen und Gütern zu Herstellungs- preisen	Private Haushalte	Staat	Private Dienste ohne Erwerbszweck	Bruttoanlageinvestitionen	Nettozugang an Wertsachen	Lagerveränderungen	Exporte, FOB	Verwendung nach Gütern
(2)	SUMME (1)	Vorleistungen nach Produktionsbereichen	Endnachfrage nach Kategorien						Gesamtverwendung	
(3)	Gütersteuer - Gütersubvent.	Nettogütersteuer auf Vorleistungen	Nettogütersteuer auf Endnachfrage						Nettogütersteuer insgesamt	
(4)	SUMME (2)+(3)	Vorleistungen zu Anschaffungspreisen	Endnachfrage zu Anschaffungspreisen						Verwendung zu Anschaffungspreisen	
(5)	WERT- SCHÖPFUNGS- KOMPO- NENTEN	Wertschöpfung nach Komponenten und Produktionsbereichen								
(6)	SUMME (5)	Wertschöpfung nach Produktionsbereichen								
(7)	SUMME (4)+(6)	Produktionswerte nach Produktionsbereichen								
(8)	IMPORTE	Importe nach Gütern, CIF								
(9)	SUMME (7)+(8)	Aufkommen nach Gütern								

Q: Statistik Austria, 2020, Seite 21.

Diese indirekten Wechselwirkungen werden in der Input-Output-Tabelle nicht unmittelbar sichtbar, mit Hilfe der Input-Output-Analyse oder anderen geeigneten Modellen können sie aber bestimmt werden. Zu den wesentlichen Vorteilen der Bewertung der volkswirtschaftlichen Wechselwirkungen mit Hilfe der Input-Output-Analyse zählen:

- die volkswirtschaftlichen Auswirkungen werden systematisch und in ihrer Gesamtheit erfasst, auch die Auswirkungen auf den Konsum werden quantifiziert;
- die verwendete Methode ist seit Jahrzehnten etabliert und wird sehr häufig in der Analyse von wirtschaftspolitischen Maßnahmen angewandt (solche Untersuchungen werden häufig Impact Analysen genannt);
- wegen der weiten Verbreitung dieses Zugangs können die Ergebnisse von einer großen Zahl von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern reproduziert bzw. geprüft werden, die Analyse basiert daher nicht auf einem Black-Box-Modell;
- die dem Modell zugrundeliegenden Annahmen sind einfach und transparent – eine zentrale Annahme ist jene zur Technologie (linear limitationale Produktionsfunktion; dies bedeutet, dass jeweils proportionale Änderungen abgebildet werden).

Die zuletzt genannte Annahme wird häufig als ein Nachteil der Methode ins Treffen geführt, da Produktionsanpassungen in vielen Fällen zuverlässiger mit Produktionsfunktionen anderer funktionaler Form (die auch Preisreaktionen berücksichtigen) abgebildet werden. Allfällige Fehler sind jedoch gering, solange die untersuchten Auswirkungen gemessen am Gesamtvolumen der Güter insgesamt gering sind und die Struktur der Wirtschaft und die Technologie noch gut abgebildet ist, also die Tabelle aktuell ist.

In der Analyse der Auswirkungen eines Szenarios wird unterstellt, dass das Gleichgewicht der Volkswirtschaft durch die angeführten Veränderungen gestört wird (es kommt zu Schocks, die den Output oder die Nachfrage in unterschiedlicher Weise treffen).

Die Auswirkungen eines derartigen Schocks (z.B. eine zusätzliche Nachfrage oder eine Verringerung der Nachfrage) haben mehrere Effekte zur Folge:

- *Direkte Effekte* stehen für den "Erstrundeneffekt" einer exogenen Maßnahme innerhalb des betroffenen Sektors. Beispielsweise ist die Ausdehnung der Nachfrage nach Baumaßnahmen direkt mit einer gesteigerten Anzahl der Beschäftigten in der Bauwirtschaft verbunden.
- *Indirekte Effekte*: Weiter gedacht wird im Szenario eine Nachfrage-Kettenreaktion ausgelöst, die eine Reihe von anderen Sektoren betreffen kann. Das heißt, dass auch diese Sektoren ihre Produktion verändern und ihrerseits Nachfrageänderungen weiterer Güter auslösen. Dieser *indirekte* Folgeeffekt verringert sich nach jedem Durchlauf, bis sich ein neues Gleichgewicht einstellt. In der Input-Output-Analyse wird zum Berechnen dieser Effekte die sogenannte *Leontief-Inverse vom Typ I* angewandt. Diese Matrix bildet die gesamte Nachfrage-Kettenreaktion ab und erlaubt es, die Summe der *indirekten Effekte* zu berechnen.

- *Induzierte Effekte*: Ein weiterer Effekt ist der so genannte *induzierte Effekt*, der mit Zuhilfenahme der *Leontief-Inversen vom Typ II* berechnet werden kann. In diesem Ansatz wird berücksichtigt, dass durch die Änderung der Produktion in den Sektoren auch die Einkommen betroffen sind. Da ein Teil des Einkommens für Konsum verwendet wird, verändert sich somit die Nachfrage nach Gütern, was wiederum die Produktion und Einkommen betrifft. Hier findet – wie bei den indirekten Effekten – eine Kettenreaktion statt, die von der Inversen erfasst wird.

Die Summe von *direkten*, *indirekten* und *induzierten* Effekten wird dann als *Gesamteffekt der exogenen Maßnahme* gewertet. Die Effekte können als „Multiplikatoren“ normiert werden. Damit wird der Umstand beschrieben, dass durch die vielfältigen Interaktionen in der Volkswirtschaft eine zusätzliche Nachfrage von 1 Euro Effekte auf Output und Wertschöpfung nach sich ziehen, die unter bestimmten Bedingungen größer als dieser Betrag sind. Die Größe der Multiplikatoren hängt dabei von zwei wesentlichen Faktoren ab:

- Der Struktur der nachgefragten Güter: Je nach Art der Nachfrage werden entweder vor allem Sachgüter (z.B. Autos durch private Haushalte) oder Dienstleistungen (z.B. Bildung durch die öffentliche Hand) nachgefragt.
- Dem Anteil der Importe in der Menge der nachgefragten Güter: Je mehr im Laufe des Produktionsprozesses aus dem „Ausland“ zugekauft wird, desto weniger Wertschöpfung verbleibt in der Empfängerregion.

Die Auswirkungen von Schocks können auf verschiedene Kennzahlen der Volkswirtschaft bezogen werden. Gebräuchlich sind in der Input-Output-Analyse die Auswirkungen auf *Wertschöpfung* und *Beschäftigung*. Möglich ist auch, die Folgen für Output (also die in Geld bewertete Menge an Gütern und Dienstleistungen) oder das Steueraufkommen zu bestimmen. Für die vorliegende Analyse steht die Auswirkung auf die Wertschöpfung im Vordergrund, da der wichtigste Indikator der Wirtschaftsprognose für das Jahr 2020 das Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist, das unmittelbar aus den Beiträgen der einzelnen Sektoren zur Gesamtwertschöpfung berechnet wird.

2.3 Energiebilanzen und Emissionen von THG

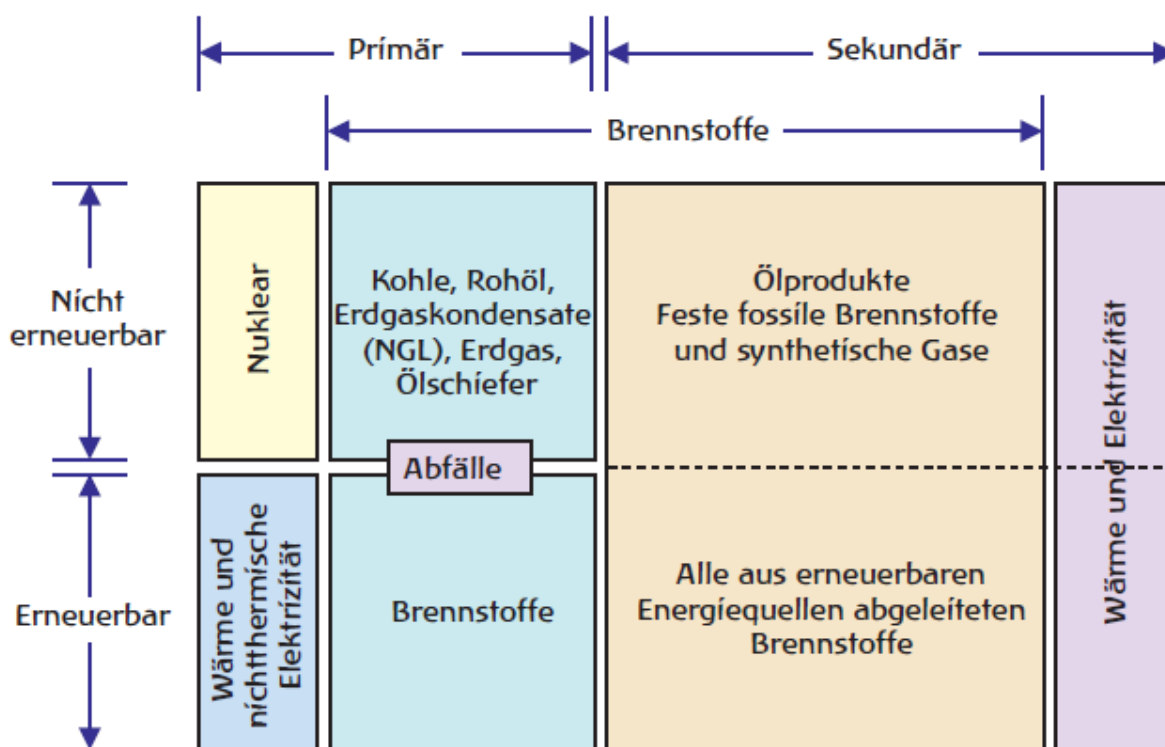
Für die Bewertung der Auswirkungen der Wirtschaftskrise auf die THG-Emissionen ist vor allem der Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Aktivität und Energieverwendung von Interesse. Die Relevanz von Energie liegt vor allem darin, dass – wie oben dargestellt – der allergrößte Anteil (85%) der Treibhausgase aus CO₂ besteht, das aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern stammt.

Eine zentrale Herausforderung, die THG-Emissionen mit ökonomischen Daten zu verknüpfen, da die relevanten wirtschaftlichen Kennwerte in monetären Einheiten vorliegen, die THG-Emissionen aber in physischen Einheiten gemessen werden. Eine zweite Herausforderung liegt darin, dass neben den Wirtschaftssektoren auch das Verhalten der Haushalte betrachtet werden muss. Dieses rückte bei der Analyse der Auswirkungen der COVID-19-Krise auf die Wirtschaft zunächst eher in den Hintergrund, da vor allem die Auswirkungen auf Produktion,

Wertschöpfung und Beschäftigung im Rampenlicht stehen. Ungeachtet dessen muss das Verhalten der Haushalte eingeschätzt und berücksichtigt werden, da für die langfristige Entwicklung der Konsum der privaten Haushalte entscheidend ist.

In Abbildung 5 ist eine Übersicht zu den Kernelementen der Energiebilanz dargestellt, die Brennstoffe und Energiequellen. Je nach Ausgangsquelle, Umwandlung, Technologie und Einsatz wird neben dem primären Zweck, der Nutzenergie oder Wärme, kein (Wasserkraft) bis sehr viel (Braunkohle) Treibhausgas freigesetzt. Energieträger biogenen Ursprungs (z.B. Brennholz, Treibstoff aus Biomasse) setzen im Zuge der Verbrennung ebenfalls Treibhausgase frei. Das ist in erster Linie CO₂, das zuvor aber durch die Pflanzen der Atmosphäre entzogen worden ist. Bezüglich der Fristigkeit ergeben sich daraus bisher wenig beachtete Probleme in der Umsetzung mit den Zielen der Paris-Abkommen (vgl. Norton et al., 2019)

Abbildung 5: Übersicht zu den Brennstoffen und Energiequellen



Q: OECD, IEA und EUROSTAT, 2005, Seite 21.

Einen hoch-aggregierten Überblick verschafft Tabelle 1. Die in dieser Tabelle vorgestellten Kernelemente der Energiebilanz für Österreich sind sehr detailliert aufgeschlüsselt für die einzelnen Wirtschaftssektoren, Haushalte, Bundesländer und nach Energieträgern verfügbar.

Tabelle 1: Energiebilanz Österreichs im Überblick in Petajoule

	1990	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Inländ. Erzeugung v. Rohenergie	341	413	413	507	512	524	529	502
Importe aus dem Ausland	776	926	1,240	1,259	1,261	1,333	1,343	1,327
Lager	-13	12	-8	36	48	17	-3	7
Exporte ans Ausland	51	125	206	343	410	448	411	412
Bruttoinlandsverbrauch	1,052	1,225	1,438	1,458	1,411	1,426	1,457	1,423
Umwandlungseinsatz	774	804	882	873	882	868	886	883
Umwandlungsausstoß	669	711	765	759	787	775	786	791
Verbrauch des Sektors Energie	105	106	126	126	117	105	118	102
Nichtenergetischer Verbrauch	65	72	67	76	76	79	71	78
Energetischer Endverbrauch (EE)	763	936	1,104	1,116	1,096	1,124	1,141	1,126

Q: Statistik Austria, 2020b

Für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung ist eine Detailauswertung der Energiebilanz besonders wichtig, und zwar die "Physische Energieflussrechnung" (PEFR), die seit 2017 von Statistik Austria veröffentlicht wird (siehe Tabelle 5 im Annex)¹⁰. Es werden zwei unterschiedliche Statistiken veröffentlicht, und zwar über Eurostat gemäß der EUROSTAT Nomenklatur und national eine für nationale Zwecke harmonisierte Version. In dieser Statistik wird der emissionsrelevante Energieverbrauch dargestellt und je nach Energieträger den einzelnen Sektoren der Volkswirtschaft in Energieeinheiten (konkret Terajoule, TJ) zugewiesen. Auch der Energieeinsatz der Haushalte (differenziert nach Raumheizung und Klimatisierung, KFZ-Nutzung und sonstige Energieeinsätze) kann aus dieser Statistik für die Jahre 2013 bis 2017 abgelesen werden (siehe Tabelle 2 im Anhang).

2.4 Kernelemente des Modells ALICE

Das zur Analyse verwendete Modell ist relativ kompakt gehalten um die Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten und wegen den geringen Datenanforderungen auch flexibel einsetzbar. Es trägt den Namen ALICE (A Laboratory to Investigate Carbon Emissions). Die wichtigste Datengrundlagen ist neben Input-Output-Tabellen für Österreich aus dem Jahr 2016 die physische Energieflussrechnung für Österreich. Beide Datenquellen wurden von Statistik Austria (2020 b, c) veröffentlicht. Die physische Energieflussrechnung (PEFR) wird ab dem Jahr 2014 veröffentlicht und steht auch für die meisten EU-Mitgliedsstaaten auf Eurostat zur Verfügung. Die PEFR gibt Werte in Terajoule an, die Input-Output-Tabellen liegen in monetären Einheiten vor, die angestrebten Ergebnisse sind Mengen an Treibhausgasen in CO₂e (also Äquivalenten von CO₂ skaliert im Hinblick auf ihre Wirksamkeit zur Erwärmung der Atmosphäre). Es sind daher

¹⁰ siehe https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/physische_energieflussrechnungen/index.html (abgerufen 27. April 2020)

Koeffizienten nötig, aus denen von Energieträgern angegeben in Einheiten des Energiegehalts auf CO₂e umgerechnet wird. Dazu wurden die Umrechnungsfaktoren gemäß UBA (2007) verwendet und an die Berechnungsmethode der österreichischen Energiebilanz (Heizwert) angepasst.

In einem Simulationslauf wird die Endnachfrage in Anschaffungspreisen f^{AP} (jenem Preis, den der Käufer des Gutes bezahlt) eines bestimmten Gutes verändert. Dieser Wert wird in (1) unter Berücksichtigung von netto Gütersteuern f und von Transport- und Handelsspannen m , in (2), in Endnachfrage in Herstellungspreisen f^{HP} (also den Betrag, den der Hersteller oder Importeur der Ware erhält) umgerechnet (3).

$$f_{Steuer}^{AP} = f^{AP} \alpha_{Steuer} \quad (1)$$

$$f_{Spanne}^{AP} = f_{Steuer}^{AP} \alpha_{Spanne}^{pos} - \text{sum}(f_{Steuer}^{AP} \alpha_{Spanne}^{pos}) \alpha_{Spanne}^{neg} \quad (2)$$

$$f^{HP} = (f^{AP} - f_{Steuer}^{AP} - f_{Spanne}^{AP}) \quad (3)$$

Da hier nur die Wirkung auf die heimische Wertschöpfung bzw. die heimischen Emissionen von Interesse sind, werden zur Berechnung die Tabellen der inländischen Produktion verwendet. Also werden in (4) die direkten Importe, unter Verwendung der Importneigung n , abgezogen da nur die Güter, die aus dem Inland nachgefragt werden, für die heimische Wertschöpfung relevant sind.

$$f_{heim}^{HP} = f^{HP} (1 - \alpha_{Importe}) \quad (4)$$

Der heimische Endnachfragevektor f_{heim}^{HP} wird in (5) mit den Input-Output-Koeffizienten multipliziert um auf Basis der wirtschaftlichen Verflechtungen der Industrie- und Dienstleistungssektoren (repräsentiert durch die Technologiematrix A) das notwendige Produktionsniveau q zu berechnen. Diese Produktion ist notwendig um die Endnachfrage und die jeweiligen Vorleistungen bereitzustellen.

$$q = (I - A)^{-1} f_{heim}^{HP} \quad (5)$$

Das Ergebnis ist somit ein neuer Produktionsvektor q der Güter, aus dem die Emissionen e und die neue Wertschöpfung v , die mit der veränderten Güternachfrage verbunden sind, mittels der Multiplikatoren in (6) und (7) errechnet werden.

$$e^{sektor} = \varepsilon^{sektor} q \quad (6)$$

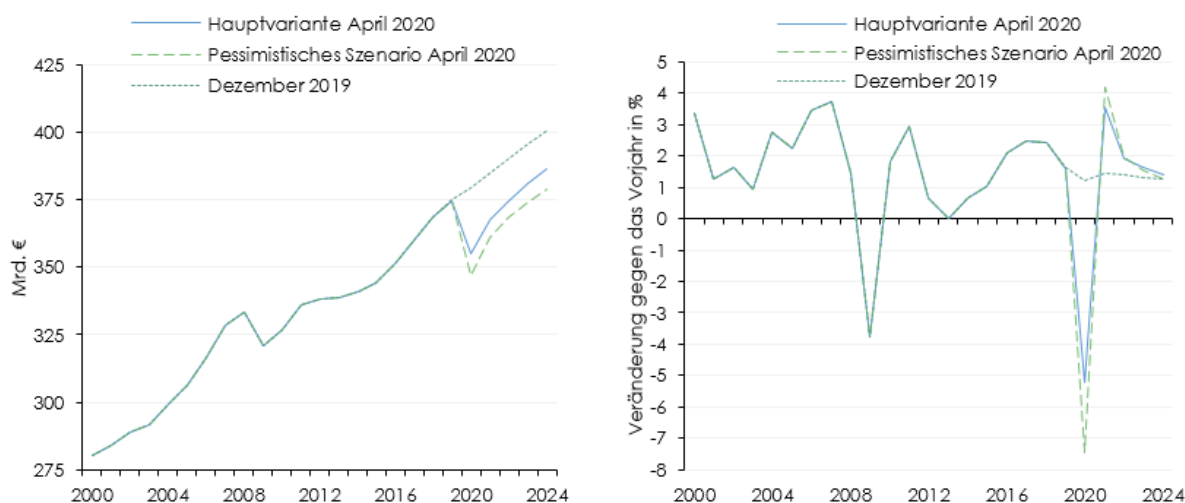
$$v = \sigma q \quad (7)$$

Aus dem Vergleich der Aktivitätsniveaus, der Wertschöpfung und der Emissionen vor und nach dem Schock werden die Veränderungen abgeleitet. Diese bilden die Grundlage für die weitere Analyse, in der Annahmen zum Verhalten der Haushalte getroffen und daraus folgende Konsequenzen für die THG-Emissionen berechnet werden.

3. Annahmen zum Untersuchungsszenario

Die Modellanalyse orientiert sich an der vom WIFO am 23. April 2020 veröffentlichten Prognose. Der Befund dieser Prognose ist zunächst, dass die COVID-19-Pandemie bzw. die Maßnahmen zu deren Eindämmung die internationale und auch österreichische Wirtschaft im März 2020 in einen markanten Abschwung gestoßen haben. Im II. Quartal 2020 wird mit einer globalen Rezession in bisher noch nie dagewesener Größe und Synchronizität gerechnet. Das WIFO erwartet gemäß dieser Prognose daher für 2020 in Österreich einen Rückgang der Wirtschaftsleistung und der Beschäftigung um 5¼% bzw. 1¼% und einen Anstieg der Arbeitslosenquote auf 8¼%. Die Kernergebnisse der Prognose sind in Abbildung 6 dargestellt. Die linke Grafik zeigt die Entwicklung des realen Bruttoinlandsprodukts von Österreich, wobei zwischen dem Prognoseverlauf des Dezembers 2019, der im April vorgelegten Hauptvariante und einer pessimistischen Variante unterschieden wird. Die rechte Grafik zeigt die Änderungsraten des realen Bruttoinlandsprodukts je Quartal gegenüber dem gleichen Quartal des Vorjahres.

Abbildung 6: Prognose des realen Bruttoinlandsprodukts der österreichischen Volkswirtschaft im April 2020



Q: WIFO, 2020

Der Prognose für die gesamte Volkswirtschaft liegen Detailprognosen zur Entwicklung einzelner Sektoren zugrunde. Die Annahmen zur sektoralen Entwicklung werden in Tabelle 2 zusammenfassend dargestellt. Aus den erwarteten Änderungen der realen Wertschöpfung zu Herstellungspreisen gegenüber 2019 errechnet sich nach Hochaggregation der einzelnen Sektoren und Anrechnung des Saldos aus Gütersteuern und Gütersubventionen das Bruttoinlandsprodukt. Die Ergebnisse der Hauptvariante der mittelfristigen Prognose, in der die COVID-19-Maßnahmen und Anpassungen berücksichtigt werden, ist jene, die für die Szenarioberechnung der THG-Emissionen herangezogen wurde (siehe Tabelle 3).

Tabelle 2: Erwartete Änderung der Brutto-Wertschöpfung in den Wirtschaftssektoren gemäß der WIFO-Prognose vom April 2020

	2018	2019	2020 April	2018	2019	2020 März	2020 April
Real (berechnet auf Basis von Vorjahrespreisen)							
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	4.336	4.365	4.059	+4,1	+0,7	-5,0	-7,0
Herstellung von Waren, einschließlich Bergbau	67.310	67.915	61.803	+5,1	+0,9	-4,0	-9,0
Energie- und Wasserversorgung, Abf.ents.	10.117	10.429	10.273	+5,4	+3,1	-1,5	-1,5
Bauwirtschaft	20.870	21.396	20.433	+3,9	+2,5	-4,0	-4,5
Handel, Instandhaltung/ Reparatur Kfz	38.501	38.890	36.751	+1,9	+1,0	-1,8	-5,5
Verkehr	19.211	20.060	18.556	+4,5	+4,4	-5,0	-7,5
Beherbergung und Gastronomie	16.554	16.943	12.283	+3,0	+2,3	-10,5	-27,5
Information und Kommunikation	11.914	12.284	12.468	+2,7	+3,1	+2,5	+1,5
Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	13.715	14.197	13.913	-0,5	+3,5	-2,5	-2,0
Grundstücks- und Wohnungswesen	30.708	31.246	30.933	+0,9	+1,8	-0,5	-1,0
Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen ¹⁾	32.342	33.082	32.421	+3,0	+2,3	-1,2	-2,0
Öffentliche Verwaltung ²⁾	55.587	55.907	57.026	+0,7	+0,6	+2,0	+2,0
Sonstige Dienstleistungen ³⁾	8.848	8.908	6.681	-0,4	+0,7	-13,0	-25,0
Wertschöpfung der Wirtschaftsbereiche ⁴⁾	329.908	335.511	317.599	+2,6	+1,7	-2,4	-5,3

Q: Baumgartner, Kaniovski et al., 2020. – ¹⁾ Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen, technischen und sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen (ÖNACE 2008, Abschnitte M bis N). – ²⁾ Einschließlich Sozialversicherung, Verteidigung, Erziehung, Unterricht, Gesundheits- und Sozialwesen (ÖNACE 2008, Abschnitte O bis Q). – ³⁾ Einschließlich Kunst, Unterhaltung und Erholung, private Haushalte (ÖNACE 2008, Abschnitte R bis U). – ⁴⁾ Vor Abzug der Gütersubventionen und vor Zurechnung der Gütersteuern.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die im vorigen Abschnitt angeführten erwarteten Änderungen der Wertschöpfung der verschiedenen Sektoren wurden in dem Modell ALICE als Input verwendet und in Form eines über alle Sektoren verteilten Nachfrageschocks implementiert. Die wichtigste Kenngröße zur Reproduktion der Ergebnisse der WIFO-Prognose ist die erwartete Wertschöpfungsänderung in den einzelnen Wirtschaftssektoren. Die Modellergebnisse zeigen nicht nur die direkten Konsequenzen der Auswirkungen der COVID-19 bedingten Veränderungen auf die Wertschöpfung und Produktion der einzelnen Sektoren, sondern auch die indirekten Effekte aus den Folgewirkungen, die sich aus der Verflechtung des Wirtschaftskreislaufes ergeben.

Zur Ermittlung der Effekte der Wirtschaftskrise auf die THG-Emissionen wird in drei Schritten vorgegangen:

1. zunächst werden die Änderungen der CO₂-Emissionen (ohne LULUCF) ermittelt, die unmittelbar aus dem Modell ALICE berechnet werden
2. im nächsten Schritt werden die erwarteten Änderungen der Emissionen der übrigen Gase (ohne LULUCF) ermittelt und

3. schließlich werden die THG-Emissionen (CO₂ + übrige Gase) entsprechend der Treibhausgasinventur (ohne LULUCF) als CO₂e ausgewiesen.

Die Ableitung der Ergebnisse der Änderung der Treibhausgasemission aufgrund des wirtschaftlichen Rückgangs wird in den folgenden Absätzen Schritt für Schritt dargestellt.

Tabelle 3: Erwartete Änderung der Brutto-Wertschöpfung gemäß der WIFO-Prognose (BIP minus 5¼%) vom April 2020 und Auswirkungen auf die Emission von CO₂ in Prozent gegenüber dem Vorjahr

	Änderung	Wertschöpfung	Abweichung	Änderung
	Benchmark Prozent	I-O-Modell Prozent	in Prozentpunkten	Kohlendioxid- Emissionen In Prozent
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	-7,0	-7,0	0,04	-7,7
Herstellung von Waren, einschl. Bergbau	-9,0	-9,0	0,04	-8,9
Energie-, Wasserversorgung, Abf.ents.	-1,5	-1,5	0,04	-0,7
Bauwirtschaft	-4,5	-4,5	0,04	-4,4
Handel, Instandhaltung/ Reparatur, Kfz	-5,5	-5,6	-0,07	-5,5
Verkehr	-7,5	-7,5	0,04	-5,1
Beherbergung und Gastronomie	-27,5	-27,5	0,04	-27,5
Information und Kommunikation	+1,5	+1,5	0,04	4,0
Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	-2,0	-2,0	0,04	-2,3
Grundstücks- und Wohnungswesen	-1,0	-1,0	0,04	-1,0
Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	-2,0	-2,0	0,04	-2,8
Öffentliche Verwaltung	+2,0	+2,0	0,04	2,0
Sonstige Dienstleistungen	-25,0	-7,3	17,68	-13,5

Q: eigene Berechnungen basierend auf Baumgartner, Kaniovski et al., 2020

In Tabelle 3 werden die erwarteten Änderungen an CO₂-Emission der Sektoren ausgewiesen, die mit dem Rückgang der Wertschöpfung in den einzelnen Sektoren gemäß der Prognose von Baumgartner, Kaniovski et al. (2020) konsistent sind. Eine vollständige Gleichheit der Wertschöpfungsänderungen in dem verwendeten Modell ALICE mit jenen der Prognose des WIFO ist nicht möglich. Ein Grund ist, dass in der Prognose nicht-lineare Zusammenhänge unterstellt wurden, die mit dem Input-Output-Modell nicht abgebildet werden können. Es gibt daher Abweichungen, deren Größe nicht nach Belieben verringert werden kann.

In den in Tabelle 3 vorgestellten Ergebnissen wurde mit einer Ausnahme im Sektor "sonstige Dienstleistungen" die Abweichung auf maximal 0,04 Prozentpunkte begrenzt, um möglichst nah zur ökonomischen Prognose der emissionsintensiven Sektoren zu kommen. Abweichungen in den negativen Bereich werden ebenfalls begrenzt, jedoch nicht durch eine Restriktion, sondern durch den Simplex-Algorithmus, der den Zielwert, die aggregierte Wertschöpfung der Sektoren, maximiert. Eine Folge davon ist, dass der Rückgang im Sektor "sonstige Dienstleistungen" gemäß dem Input-Output-Modell 7,32% beträgt und nicht 25% wie von Baumgartner, Kaniovski et al. (2020) prognostiziert. Diese wirtschaftlichen Aktivitäten wurden nicht restringiert, weil die damit verbundenen Emissionen je Wertschöpfungseinheit vergleichsweise gering sind. Eine weitere Folge ist, dass die Wertschöpfung in den Branchen Handel, Instandhaltung/ Reparatur, Kfz

etwas stärker abnimmt als prognostiziert, und zwar um 0,7 Prozentpunkte. Die sektor-spezifische Änderung der Emission von Kohlendioxid (CO₂) aufgrund des Einbruchs der Wirtschaft ist in der äußersten rechten Spalte von Tabelle 3 wiedergegeben.

Neben der sektoralen Betrachtung ist es wichtig, das Verhalten einzelner Unternehmen im Auge zu behalten. Das Unternehmen mit der höchsten Treibhausgasemission in Österreich ist die voestalpine AG: Derzeit wird eine Technologie eingesetzt, bei der mit der Stahlproduktion einhergehende THG-Emissionen unvermeidbar sind. Angesichts der gegebenen Technologie besteht ein unmittelbarer Zusammenhang von Produktion und Emission. Der Anteil der Eisen- und Stahlerzeugung an den Gesamtemissionen (ohne LULUCF) betrug 12% im Jahr 2018 (Umweltbundesamt, 2020a). Änderungen des Produktionsvolumens haben daher deutlich wahrnehmbare Folgen für die Gesamtemission von CO₂ zur Folge. Die Roheisenkapazität am Standort Linz wurde um rund 20 % durch die temporäre Stilllegung eines kleinen Hochofens verringert (Voestalpine, 2020). In der Szenarioanalyse wird die Annahme getroffen, dass der Betrieb nach einer Stilllegungsphase wieder aufgenommen werden wird und sich somit die für den Gesamtsektor relevante Produktionsänderung ergibt.

Die WIFO-Prognose weist keine Ergebnisse aus im Hinblick auf das Verhalten der Haushalte, die für die Einschätzung der Emission von Treibhausgasen wichtig ist. Dabei ist vor allem von Relevanz, wie sich der Konsum der Haushalte bezüglich der Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme und -kühlung, die Nutzung von Treibstoffen im KfZ-Verkehr und die übrige Energienutzung (z.B. Gas zum Kochen) verhält. Für die Szenarioberechnung wurde unterstellt, dass der sonstige Energiebedarf der Haushalte um 5% steigen wird, da vermehrt im Haushalt gekocht wird und auch der übrige Energieverbrauch durch Bürotätigkeiten im Haushalt ansteigen wird (vgl. dazu Bock-Schappelwein, 2020). Der Rückgang des KfZ-Verkehrs wurde über das gesamte Jahr gerechnet mit -20% angenommen. Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass während der Zeit der Ausgangsbeschränkungen der PKW-Verkehr um 50% bis 80% zurückgegangen ist (Ungerböck, 2020). Während der kommenden Monate wird gemäß den getroffenen Annahmen der Individualverkehr nicht ausgedehnt werden gegenüber dem Vorjahresniveau und auch der Urlaubsreiseverkehr wird schwächer sein. Treffen diese Annahmen zu, so nimmt der direkt von den Haushalten verursachte Ausstoß von CO₂ um knapp 13,5% gegenüber dem Vorjahr ab.

Über alle Sektoren und unter Berücksichtigung der Emissionen der Haushalte gerechnet ergibt sich aufgrund der erwarteten Verringerung der Wirtschaftsleistung im Umfang von 5 ¼ % eine Abnahme der CO₂-Emission von 7,9% im Jahr 2020.

Einige Aktivitäten der österreichischen Volkswirtschaft, die THG-relevant sind, werden durch den wirtschaftlichen Einbruch kaum beeinflusst. Dazu zählen die mit dem Management des Wirtschaftsdüngers und dem Rinderbestand und den Deponien einhergehenden Emissionen. Das relevante Gas ist in diesem Bereich Methan. In der Szenarioanalyse wird folglich angenommen, dass sich nur die mit der Energienachfrage der Wirtschaftssektoren im Zusammenhang stehende Methanfreisetzung verändert. Weiters wird angenommen, dass auch die Emission der

übrigen Treibhausgase von der wirtschaftlichen Eintrübung nicht erfasst wird, wie im Folgenden ausgeführt wird.

Die Emissionen der Deponien betreffend dürfte die Annahme, dass sich die Emission nicht ändern wird, mit hoher Wahrscheinlichkeit zutreffen. Das Düngermanagement dürfte durch die Wirtschaftskrise ebenfalls nicht unmittelbar beeinflusst werden. Auf den Bestand der Nutztiere haben die Entwicklungen auf den Märkten einen Einfluss, es ist aber nicht klar, ob dadurch die Emissionen von Methan beeinflusst werden, und wenn ja, in welche Richtung. Im letzten Jahrzehnt hat der Rinderbestand pro Jahr um etwa 1% abgenommen. Demzufolge würde die Trendentwicklung eine Reduktion um 1% gegenüber 2019 nahelegen. Andererseits ist es seit März zu einem deutlichen Rückgang der Schlachtungen gekommen¹¹, sodass der Tierbestand sich derzeit zunimmt. Ein Abbau ist nur möglich, wenn die Verarbeitungskapazität verfügbar ist. Wegen der langen Produktionszyklen von einem Jahr wird daher in der Rinderwirtschaft im Jahr 2020 mit stabilem Tierbestand, wenn nicht sogar einer leichten Ausweitung zu rechnen sein. Sollte allerdings die Futtermittelversorgung wegen der sich bereits im Frühjahr abzeichnenden Dürre zusammenbrechen, so wird es zu Notschlachtungen kommen. Angesichts dieser Unwägbarkeiten wird die Annahme getroffen, dass sich die mit der landwirtschaftlichen Produktion im Zusammenhang stehende Methanemission ebenfalls nicht ändern wird.

Die sektorspezifischen Produktionsrückgänge und Veränderungen im Konsumverhalten der Haushalte sind die Eingangsparameter für das Modul der Emissionsauswirkungen im Modell ALICE. In diesem Modul werden die mit dem Energieverbrauch im Zusammenhang stehenden Emissionen und die übrigen Emissionen unterschieden. Weiters werden die in der Treibhausgasinventur gültigen Buchungsansätze berücksichtigt. So wird etwa der durch den die EU-Grenzen überschreitenden internationalen Flugverkehr bedingte Ausstoß von Treibhausgasen nicht angerechnet, und das Verbrennen von Biomasse wird als klimaneutral gewertet. Auch Veränderungen der Landnutzung und der Forstwirtschaft gehen nicht in die Rechnung ein.

Um die Konsequenzen des Rückgangs der Wirtschaftsleistung auf die Emissionen bewerten zu können, ist es nötig, das Augenmerk auf drei Aspekte zu lenken:

- Von der Wirtschaftskrise sind alle Sektoren erfasst, die relativ emissionsintensiv sind. Betrachtet man lediglich diese Sektoren, würde man erwarten, dass die Treibhausgasemission stärker abnehmen als die 5¼% der Wirtschaftsleistung des Landes. Tatsächlich ist Industrie und Güterverkehr stark betroffen und die Emissionsrückgänge in diesen Sektoren fallen stärker aus als die Abnahme der Produktion.
- Für die Gesamtemission von THG sind aber auch Sektoren verantwortlich, deren Produktion sich kaum ändert, zumindest kurzfristig innerhalb des Jahres 2020 und als Folge ist daher von unveränderten Emissionen wie im Jahr 2019 auszugehen. Dies betrifft vor allem die Emissionsquellen von Methan (CH₄) und Distickstoffoxid (N₂O). In einigen

¹¹ Laufend aktualisierte Daten zum Tierbestand und zu den Schlachtungen bieten Agrarmarkt Austria: <https://www.ama.at/Marktinformationen/Vieh-und-Fleisch/Produktion> und Statistik Austria unter https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/viehbestand_tierische_erzeugung/schlachtungen/index.html (abgerufen 29.4.2020).

Sektoren kommt es als Folge der COVID-19-Krise zu einer Ausweitung der Produktion (z.B. Telekommunikationsdienstleistungen) und auch in den Haushalten sind nicht nur Verringerungen der Emissionen (weniger Autofahrten) zu beobachten, sondern auch Steigerungen (höherer Energieverbrauch zum Kochen mit Gas) und auch der Heizbedarf wird durch die Quarantäne wahrscheinlich höher ausgefallen sein.

- Nach Berücksichtigung der Faktoren, die die Emissionen von Treibhausgasen erhöhen oder verringern, und der Überleitung der Änderung der Treibhausgasemissionen in das Berechnungsschema der Treibhausgasinventur, wird demgemäß ein Rückgang der Treibhausgasemissionen in Österreich im Jahr 2020 im Vergleich zu 2019 im Umfang von 7,1% zu erwarten sein (vgl. Tabelle 4). Dieser Rückgang ist auf die Maßnahmen zur Vermeidung der Verbreitung des Virus und die daraus entstehenden Folgewirkungen in Österreich und den anderen Ländern zurückzuführen.

Tabelle 4: Die Auswirkung der COVID-19-Krise auf die Treibhausgasemissionen und deren Teilkomponenten im Jahr 2020 gegenüber 2019 gemäß der WIFO-Prognose vom April 2020

Position der Treibhausgasinventur	Δ in Prozent gegenüber Vorjahr
THG gesamt ohne LULUCF gemessen als CO ₂ e	-7,1
davon Energie	-7,9
davon Landwirtschaft	0,0
davon Fester Abfall	0,0
davon übrige Sektoren	-7,9

Q: Eigene Berechnungen basierend auf IPCC, 2020 und Baumgartner, Kaniovski et al., 2020. Die Abgrenzung der Sektoren entspricht der Treibhausgasinventur für UNFCCC (also ohne LULUCF, ohne internationalen Flugverkehr).

Tabelle 4 zeigt die erwarteten Änderungen der Emissionen von THG in Österreich im Jahr 2020 verglichen mit 2019 aufgrund des Rückgangs der Wirtschaftsleistung von 5¼% wie vom WIFO im April 2020 prognostiziert. Auf der Grundlage der Modellergebnisse und der getroffenen Annahmen errechnet sich ein erwarteter Rückgang der THG-Emissionen von 7,1%.

Die Änderung der THG-Emissionen wurde anhand der Änderungen der Wertschöpfung der Sektoren der Volkswirtschaft berechnet. Andere Einflussfaktoren wie Heizgradtage (relevant für den tatsächlichen Energieverbrauch) oder Waldwachstum (relevant für LULUCF) sind ausgeklammert. Ungewissheit besteht zum Zeitpunkt der Analyse nicht nur über die tatsächliche Verteilung der Produktionsauswirkungen, sondern auch über das Verhalten der Haushalte, vor allem im Hinblick auf ihre Reisetätigkeiten und Änderungen im Verhalten, die Konsequenzen auf den Energieverbrauch und als Folge davon auf die Emissionen haben.

5. Ausblick

In der vorliegenden Analyse wurde am Beispiel der mittelfristigen Prognose des WIFO für das Jahr 2020 gezeigt, dass das Modell ALICE geeignet ist, auf der Grundlage von Eingangsdaten, die unmittelbar aus der Prognose abgeleitet werden, und weiteren ergänzende Annahmen rasch Ergebnisse zu Umweltwirkungen zu liefern. Durch die Modellstruktur eignet sich das Modell auch, im Zuge von Monte-Carlo-Analysen die Unsicherheit der Ergebnisse aufgrund der Ungewissheit der Eingangsparameter zu bestimmen. Somit kann – wie für WIFO-Prognosen üblich – auch der Erwartungsraum der Ergebnisse bestimmt werden. Für die vorliegende Analyse wurde diese Möglichkeit der Auswertung noch nicht umgesetzt.

Der Bericht zeigt, dass mehrschichtige, mehrere Sektoren und die Haushalte gleichermaßen betreffende Änderungen simultan analysiert werden können. Das Modell berücksichtigt neben den direkten auch die indirekten und induzierten Auswirkungen, also die gesamten Folgewirkungen, mit den Wechselwirkungen auf andere Sektoren und das Haushaltseinkommen. Es ist folglich nicht nur ein Werkzeug, das geeignet ist, Aussagen über die Auswirkungen auf die Emission von Treibhausgasen zu ermöglichen, sondern kann auch zur Beurteilung wirtschaftspolitischer Maßnahmen herangezogen werden.

Bereits in der derzeit vorliegenden Form ist das Modell ALICE dazu geeignet, nicht nur Folgen der Wirtschaftskrise auf die Treibhausgasemission zu bestimmen, sondern auch Maßnahmen zur Konjunkturstabilisierung dahingehend zu reihen, wie gut sie unmittelbar bzw. mittelfristig auf folgende Entscheidungsgrößen wirken: Produktion, Wertschöpfung, Treibhausgasemissionen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Modell nur ein Hilfswerkzeug ist, das quantitative Grundlagen für Entscheidungen liefert. Die Modellergebnisse müssen mit Expertinnen- und Expertenwissen ergänzt werden, da in einem Modell nicht alle Wechselwirkungen oder das Aufkommen innovativer, strukturändernder Technologien berücksichtigt werden können, die für praktische Fragestellungen relevant sind.

Modellerweiterungen sind daher nötig, um weitere für die Wirtschaftspolitik relevante Größen zu quantifizieren. Dazu zählt vor allem die Wirkung auf die Beschäftigung und insbesondere auf die regionalen Arbeitsmärkte. Ein Modell, das wirtschaftliche Folgewirkungen und Emissionen auf Regionsebene quantifiziert und die hier vorgestellten Module verwendet, kann dafür ein geeigneter Ansatzpunkt sein.

Einen weiteren wichtigen Bereich, der in der vorliegenden Modellversion noch nicht implementiert ist, betrifft die Veränderungen der Technologie und die daraus erwachsenden Konsequenzen für die Treibhausgasemissionen. Mit der vorliegenden Modellversion ist es etwa möglich, die unmittelbar mit der Errichtung von Anlagen zur Elektrifizierung von Bahnstrecken verbundenen Effekte zu quantifizieren. Die langfristig damit verbundenen Einsparungen an Treibhausgasen resultieren aus der Veränderung der Technologie des Bahnverkehrs und möglicherweise auch aus der zusätzlichen Attraktivität für Verbraucherinnen und Verbraucher. Derartige Folgewirkungen müssen derzeit mit Zusatzmodulen analysiert werden. Da diese und ähnliche

Fragestellungen sehr spezifisch sind, wird es nicht sinnvoll sein, alle denkbaren Technologien und Verhaltensreaktionen in dem Modell zu integrieren, sondern diese als ergänzende Module je nach Fragestellung zu implementieren.

Die bessere Berücksichtigung der Technologie und deren Veränderung über die Zeit hinweg legt es nahe, einen Modelltyp zu verwenden, der in der Lage ist, die dynamischen Prozesse genauer abzubilden und das Verhalten der Haushalte genauer repräsentiert. Das Modell DYNK bringt die wichtigsten Voraussetzungen dazu mit und wurde auch bereits im Zusammenhang mit mehreren Fragestellungen angewandt (vgl. Sommer und Kratena, 2017; Sommer und Kratena, 2019; Kirchner et al., 2019; Sinabell und Kirchner, 2018; Sinabell et al., 2019). Das hier vorgestellte Modell ALICE reiht sich in das Gefüge spezialisierter Modelle am WIFO ein, die weitere Aspekte in den Fokus rücken, z.B. die regionale Wirtschaft Österreichs im Modell ASCANIO (Streicher et al, 2017) oder das Weltmodell ADAGIO (Kratena et al, 2017). Die Klimamodule dieser Modelle werden derzeit weiterentwickelt und aktualisiert.

Neben den angeführten methodischen Verbesserungen des Modells muss auch die Aktualisierung der Datenbasis im Auge behalten werden. Die Verzögerung der Basis-Tabelle (aus 2016) von vier Jahren gegenüber dem aktuellen Zeitraum (2020) verursacht Ungewissheit, deren Ausmaß nicht genau einschätzbar ist. Die Erleichterung des Zugangs zu zeitnahen Daten ist daher ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung der Aussagekraft der Szenarioberechnungen mit dem Modell ALICE.

Sobald die Nahzeitprognose der Emissionen Österreichs für 2019 vorliegt (diese wird vom Umweltbundesamt Mitte 2020 veröffentlicht werden), sollten die vorliegenden Berechnungen in Verbindung mit den Ergebnissen der Juni- oder September-Prognose des WIFO aktualisiert werden. Auf diese Weise können die Ergebnisse der hier vorgestellten Simulation laufend aktualisiert werden.

Quellen

- Baumgartner, J., Kaniowski, S., Bierbaumer-Polly, J., Glocker, Ch., Huemer, U., Leoni, Th., Loretz, S., Mahringer, H., Pitlik, H., (2020), Die Wirtschaftsentwicklung in Österreich im Zeichen der COVID-19-Pandemie, Mittelfristige Prognose der österreichischen Wirtschaft bis 2024, WIFO-Monatsberichte 93(4), im Erscheinen.
- Bock-Schappelwein, J., 2020, Welches Home-Office-Potential birgt der österreichische Arbeitsmarkt? (How Much Home Office Potential is there in the Austrian Labour Market?). WIFO Research Brief 2020 (4). Online verfügbar unter: <https://www.wifo.ac.at/www/pubid/65899> (abgerufen am 24. April 2020).
- Graver, B., Zhang, K. and Rutherford, D., (2019), CO2 emissions from commercial aviation, 2018. The International Council on Clean Transportation (ICCT), Working paper 2019-16, URL: https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_CO2-commercial-aviation-2018_20190918.pdf (abgerufen 04. Mai 2020)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2020, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Task Force on national Greenhouse Gas Inventories. Online verfügbar unter <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (abgerufen 26. April 2020).
- Kirchner, M., Sommer, M., Kratena, K., Kletzan-Slamanic, D., Kettner-Marx, C., 2019. CO2 taxes, equity and the double dividend Macroeconomic model simulations for Austria. Energy Policy 126, 295314. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.11.030>
- Köppl, A., St. Schleicher, M. Schratzenstaller und K. Steinigner, 2020, COVID-19, Klimawandel und Konjunkturpakete. WIFO Research Briefs, 2020, (1). Online verfügbar unter: <https://www.wifo.ac.at/www/pubid/65874> (abgerufen am 24. April 2020).
- Kratena, K., Streicher, G., Salotti, S., Sommer, M., Valderas Jaramillo, J. M., 2017, FIDELIO 2: Overview and theoretical foundations of the second version of the Fully Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output model for the EU-27, Publications Office of the European Union 2017
- Norton, M., Baldi, A., Buda, V., Carli, B., Cudlin, P., Jones, M. B., Korhola, A., Michalski, R., Novo, F., Oszlányi, J., Santos, F. D., et al., "Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy", GCB Bioenergy, 2019, 11(11), pp. 1256–1263.
- OECD, IEA, EUROSTAT, 2005, Handbuch Energiestatistik. Head of Publications Service, OECD, Paris.
- Sinabell, F., J. Bock-Schappelwein, M. Firgo, K. Friesenbichler, P. Piribauer, G. Streicher, L. Gerner, J. Kantelhardt, M. Kirchner, A. Niedermayer, E. Schmid, M. Schönhart, C. Mayer, 2019, Eine Zwischenbilanz zu den Wirkungen des Programms der Ländlichen Entwicklung 2014 – 2020. WIFO-Monographien, Eigenverlag, Wien, Juni 2019.
- Sinabell, F., M. Kirchner, C. Kettner-Marx, 2018, Landwirtschaftliche Biomasse und Bioenergie in Österreich – Eine Analyse ihrer volkswirtschaftlichen und umweltpolitischen Bedeutung. WIFO-Monographien, Eigenverlag, Wien, Dezember 2018.
- Sommer, M., Kratena, K., 2017. The Carbon Footprint of European Households and Income Distribution. Ecol. Econ. 136, 6272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.12.008>

- Sommer, M., Kratena, K., 2019. Consumption and production-based CO₂ pricing policies: macroeconomic trade-offs and carbon leakage. *Econ. Syst. Res.* <https://doi.org/10.1080/09535314.2019.1612736>
- Statistik Austria, 2016, Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zur Input-Output-Statistik, Bearbeitungsstand 5.3.2020. Eigenverlag, Statistik Austria.
- Statistik Austria, 2020b, energiebilanzen. Online verfügbar unter: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energiebilanzen/index.html (abgerufen 26. April, 2020).
- Statistik Austria, 2020c, Physische Energieflussrechnung. Online verfügbar unter: https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/physische_energieflussrechnungen/index.html (abgerufen 26. April, 2020).
- Streicher, G., Fritz, O., Gabelberger, F., 2017, Österreich 2025 – Regionale Aspekte weltweiter Wertschöpfungsketten. Die österreichischen Bundesländer in der Weltwirtschaft; WIFO-Monatsberichte, 2017, 90(4), S.347-367
- Umweltbundesamt, 2007, Austria's Inventory Report 2007. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Eigenverlag, Wien.
- Umweltbundesamt, 2019a, Nahzeitprognose der österreichischen Treibhaus-Emissionen für 2018 (Nowcast 2019). Reports Rep 0701, Eigenverlag, Wien.
- Umweltbundesamt, 2019b, Klimaschutzbericht. Analyse der Treibhausgas-Emission bis 2017. Reports Rep-0702, Eigenverlag, Wien.
- Umweltbundesamt, 2020a, Austria's Inventory Report 2020. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Eigenverlag, Wien.
- Umweltbundesamt, 2020b, Hintergrundinformation Treibhausgas-Bilanz 2019. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/aktuelles/veranstaltungen/2020/IHG-Bilanz_2018_Hintergrundinformation.pdf (abgerufen am 30. April 2020).
- Ungerböck, L., 2020, Coron fährt ASFINAG in die Parade, Der Standard vom 29. April 2020. Online verfügbar unter: <https://www.derstandard.at/story/2000117187046/corona-faehrt-asfinag-in-die-parade> (abgerufen 29.4.2020).
- Voestalpine, 2020, Pressemitteilung vom 20. März 2020. Online verfügbar unter: <https://www.voestalpine.com/group/de/media/presseaussendungen/2020-03-23-coronavirus-pandemie-trifft-voestalpine-und-ihre-kunden-wirtschaftlich-voll-kurzarbeit-in-oesterreich-und-weiteren-europaeischen-laendern-unumgaenglich> (abgerufen 26. April, 2020).
- WIFO (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung), 2020, WIFO erwartet für 2020 einen Rückgang des BIP um 5¼% - bei pessimistischerem Szenario um 7½%. Pressemitteilung vom 23. April 2020. Online verfügbar unter: https://www.wifo.ac.at/news/wirtschaftliche_entwicklung_im_zeichen_der_covid-19-krise (abgerufen 23. April 2020).

ANHANG

Tabelle 5: Schlüsselindikatoren der Physischen Energieflussrechnung in TJ

	Aus der Umwelt entnommene Primärenergieträger1)	Inländische Produktion von Energieträgern2)	Intermediärer Energieträgerverbrauch	Brennbare Abfälle, Hausmüll Bioanteil sowie Pellets+Holzbriketts	(Brutto-) Inländerverbrauch3)	Totaler Energie-Einsatz/Ausstoß
NACE Sektoren Insgesamt	450,183	1,022,063	1,394,011	64,063	886,193	1,908,256
Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei	129,963	129,747	21,833	0	22,050	151,796
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	74,068	73,968	13,816	0	13,916	87,884
Herstellung von Waren	49,996	484,621	888,545	36,608	490,528	975,149
Energieversorgung	191,388	333,727	237,154	27,431	122,246	455,973
Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung	32	0	6,686	0	6,718	6,718
Bau	4	0	19,884	24	19,912	19,912
Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen	481	0	23,014	0	23,495	23,495
Verkehr und Lagerei	664	0	103,702	0	104,366	104,366
Beherbergung und Gastronomie	314	0	12,342	0	12,656	12,656
Information und Kommunikation	126	0	3,747	0	3,873	3,873
Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	83	0	3,849	0	3,933	3,933
Grundstücks- und Wohnungswesen	20	0	5,178	0	5,198	5,198
Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen	396	0	4,365	0	4,760	4,760
Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen	248	0	5,601	0	5,849	5,849
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	935	0	9,880	0	10,814	10,814
Erziehung und Unterricht	871	0	9,335	0	10,206	10,206
Gesundheits- und Sozialwesen	28	0	16,035	0	16,063	16,063
Kunst, Unterhaltung und Erholung	16	0	5,030	0	5,046	5,046
Erbringung von sonstigen Dienstleistungen	548	0	4,017	0	4,565	4,565
Private Haushalte mit Hauspersonal etc.	0	0	0	0	0	0
Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	0	0	0	0	0	0
Haushalte Energieeinsatz insgesamt				0	395,250	395,250
Produktion von brennbaren Abfällen						64,063
Total	450,183	1,022,063	1,394,011	64,063	1,281,444	2,367,569

Q: Statistik Austria, 2020c.

Tabelle 6a: Treibhausgasinventur für Österreich 1990 und 2018 – erster Teil

	1990	2018	1990	2018
	CO ₂ e in kt		CO ₂ in kt	
1. Energy	52,815	54,693	51,176	53,482
A. Fuel combustion (sectoral approach)	52,114	54,323	51,073	53,355
1. Energy industries	14,034	10,098	13,984	9,973
2. Manufacturing industries and construction	9,844	10,933	9,762	10,788
3. Transport	13,976	24,426	13,777	24,142
4. Other sectors	14,223	8,815	13,516	8,401
5. Other	36	52	35	51
B. Fugitive emissions from fuels	702	370	102	127
1. Solid fuels	333	NO,IE,NA	NO,IE,NA	NO,IE,NA
2. Oil and natural gas and other emissions from energy production	369	370	102	127
C. CO ₂ transport and storage	NO	NO	NO	NO
2. Industrial Processes	13,662	15,613	10,871	13,115
A. Mineral industry	3,092	2,908	3,092	2,908
B. Chemical industry	1,555	644	644	542
C. Metal industry	8,177	9,529	6,786	9,524
D. Non-energy products from fuels and solvent use	349	142	349	142
E. Electronic industry	134	83		
F. Product uses as ODS substitutes	NO	1,830		
G. Other product manufacture and use	355	478	NO,NA	NO,NA
H. Other	NA	NA	NA	NA
3. Agriculture	8,089	7,224	50	120
A. Enteric fermentation	4,821	4,118		
B. Manure management	980	986		
C. Rice cultivation	NO	NO		
D. Agricultural soils	2,237	1,999		
E. Prescribed burning of savannas	NO	NO		
F. Field burning of agricultural residues	2	1		
G. Liming	46	97	46	97
H. Urea application	4	24	4	24

Q: IPCC, 2020, Submission 2020 v2

Hinweise; Da die Beschriftung Englisch ist, stehen die "," in den Spalten für den Separator von 1000. CO₂e sind Äquivalente von Kohlendioxid, CO₂ ist Kohlendioxid. Fortsetzung siehe nächste Seite.

Tabelle 6b: Treibhausgasinventur für Österreich 1990 und 2018 – Fortsetzung

	1990 CO ₂ e in kt	2018	1990 CO ₂ in kt	2018
4. Land use, land-use change and forestry LULUCF	-11,988	-5,153	-12,157	-5,311
A. Forest land	-10,862	-4,280	-10,892	-4,306
B. Cropland	190	128	176	105
C. Grassland	650	314	626	291
D. Wetlands	42	66	42	66
E. Settlements	642	440	570	375
F. Other land	457	166	444	159
G. Harvested wood products	-3,122	-2,001	-3,122	-2,001
H. Other	NO	NO	NO	NO
5. Waste	3,926	1,420	28	2
A. Solid waste disposal	3,644	1,045	NO,NA	NO,NA
B. Biological treatment of solid waste	36	179		
C. Incineration and open burning of waste	28	2	28	2
D. Waste water treatment and discharge	219	194		
E. Other	NO	NO	NO	NO
Total CO ₂ equivalent emissions without LULUCF = 1+2+3+5	78,493	78,950	62,125	66,720
Total CO ₂ equivalent emissions with LULUCF = 1+2+3+5+4	66,504	73,798	49,968	61,408
Memo items:				
International bunkers	950	2,599	935	2,574
Aviation	896	2,551	886	2,530
Navigation	55	47	49	44
Multilateral operations	NO	NO	NO	NO
CO ₂ emissions from biomass	10,403	22,656	10,403	22,656
CO ₂ captured	NO	NO	NO	NO
Long-term storage of C in waste disposal sites	22,779	30,287	22,779	30,287
Indirect N ₂ O	15	14		

Q: IPCC, 2020, Submission 2020 v2

Hinweise; Da die Beschriftung Englisch ist, stehen die "," in den Spalten für den Separator von 1000. CO₂e sind Äquivalente von Kohlendioxyd, CO₂ ist Kohlendioxyd. Die Reihenfolge der Positionen weicht von der Originaltabelle ab.