

Claudia Kettner, Mathias Kirchner, Daniela Kletzan-Slamanig, Angela Köppl, Ina Meyer, Franz Sinabell, Mark Sommer

Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2017

Sonderthema: Konsumbasierte Treibhausgasemissionen

Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2017. Sonderthema: Konsumbasierte Treibhausgasemissionen

Die vorliegende zehnte Ausgabe der WIFO-Schlüsselindikatoren zu Energiewirtschaft und Klimawandel zeigt auf der Basis der aktuellen statistischen Daten, dass im Jahr 2015 keine Entkoppelung von realer Wirtschaftsleistung (+1%) und Treibhausgasemissionen (+3,1%) bzw. Bruttoinlandsverbrauch an Energie (+2,4%) erzielt werden konnte. Die in den letzten Jahren beobachtete Entkoppelung von gesamtwirtschaftlichem Energieverbrauch und ökonomischer Aktivität konnte somit nicht fortgesetzt werden. Die konsumbasierte Treibhausgasinventur steht im Mittelpunkt des diesjährigen Schwerpunktthemas. Eine Analyse auf Basis der OECD-Daten zeigt, dass kleine entwickelte Volkswirtschaften einen hohen Nettoimportanteil an CO₂-Emissionen aufweisen, Flächenländer oder Schwellenländer hingegen geringere Nettoimporte bzw. Nettoexporte von CO₂-Emissionen.

Key Indicators of Climate Change and the Energy Sector in 2017. Special Topic: Consumption-based Greenhouse Gas Emissions

The tenth edition of the WIFO key indicators of the energy sector and climate change draws on the latest statistical data which show that, in 2015, it was not possible to decouple real economic performance (+1 percent) from greenhouse gas emissions (+3.1 percent) and gross domestic energy consumption (+2.4 percent). The process of decoupling total energy consumption from economic activity observed in the past years thus could not be continued. This year's focus was on a consumption-based greenhouse gas inventory. An analysis based on OECD data indicates that small but developed economies have a rather high net import share of CO₂ emissions, whereas large developed countries and emerging economies report lower net imports or net exports of CO₂ emissions, respectively.

Kontakt:

Mag. Claudia Kettner, MSc:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, claudia.kettner@wifo.ac.at
Dipl.-Ing. Dr. Mathias Kirchner:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, mathias.kirchner@wifo.ac.at
Mag. Daniela Kletzan-Slamanig:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, daniela.kletzan-slamanig@wifo.ac.at
Dr. Angela Köppl:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, angela.koepl@wifo.ac.at
Dipl.-Vw. Dr. Ina Meyer:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, ina.meyer@wifo.ac.at
Dipl.-Ing. Dr. Franz Sinabell:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, franz.sinabell@wifo.ac.at
Mag. Mark Sommer:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, mark.sommer@wifo.ac.at

JEL-Codes: Q41, Q42, Q43, Q52, Q53 • **Keywords:** Klimawandel, Energiepolitik, Umweltindikatoren, konsumbasierte Treibhausgasbilanzen

Begutachtung: Michael Böheim • **Wissenschaftliche Assistenz:** Katharina Köberl (katharina.koeberl@wifo.ac.at), Susanne Markytan (susanne.markytan@wifo.ac.at), Dietmar Weinberger (dietmar.weinberger@wifo.ac.at)

Der vorliegende zehnte WIFO-Bericht über Schlüsselindikatoren zu Energiewirtschaft und Klimawandel analysiert den Fortschritt in der Entkoppelung von Energieeinsatz, Treibhausgasemissionen und Wirtschaftswachstum. Auf der Basis der aktuellen Emissionsdaten für das Jahr 2015, einer Neukalkulation der Zeitreihe 1990/2014 sowie der vorläufigen Energiebilanz für das Jahr 2016 von Statistik Austria wird die energiewirtschaftliche Situation für Österreich anhand von sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Indikatoren aufgezeigt. Demnach stiegen die Treibhausgasemissionen im Jahr 2015 gegenüber 2014 deutlich um 3,1%, die Wirtschaftsleistung gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt (BIP) hingegen um nur 1% (nominell +2,9%). Demnach war keine Entkoppelung der Treibhausgasemissionen vom Wirtschaftswachstum zu verzeichnen. Die wesentlichen Treiber für diese Entwicklung waren die Energieträgersubstitution in der Stromerzeugung hin zu Erdgas wegen der geringeren Wasserkraftproduktion, ein Anstieg des Kraftstoffverbrauches im Verkehrssektor und die witterungsbedingte Zunahme der Nachfrage nach Heizenergie (siehe im Einzelnen die

folgenden Indikatoren). Durch diese Entwicklung entfernte sich Österreich im Jahr 2015 von den anspruchsvollen Klimaschutzziele des Paris-Übereinkommens ein Stück weit.

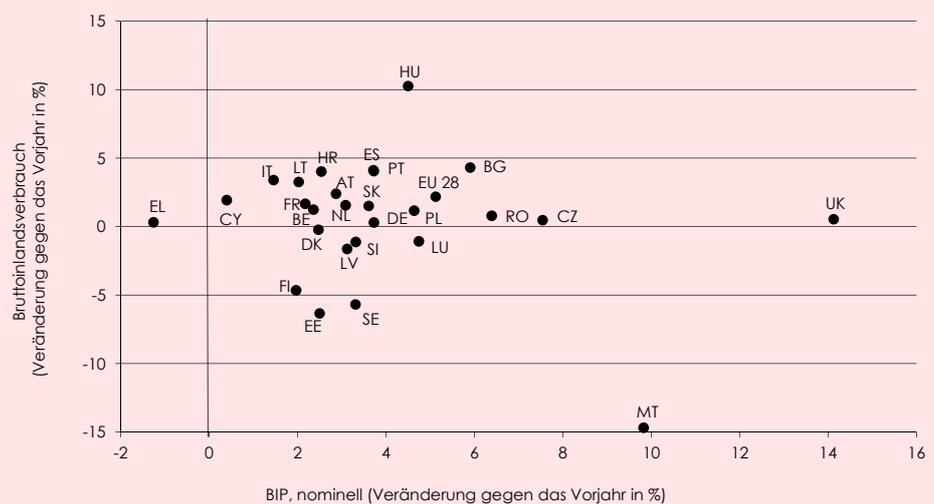
Das Schwerpunktthema befasst sich in diesem Jahr mit der konsumbasierten Treibhausgasbilanzierung. Diese berücksichtigt im Gegensatz zum bestehenden Ansatz der territorialen Treibhausgasinventur nicht nur die physisch in einem Land emittierten Emissionen, sondern auch jene, die in international gehandelten Vorleistungsgütern enthalten sind. Diese importierten Treibhausgasemissionen machen einen erheblichen Teil der Gesamtemissionsbilanz eines Landes aus. Zur umfassenderen Analyse von Treibhausgasen bietet sich eine komplementäre Untersuchung der konsumbasierten Treibhausgasemissionen an.

1. Indikatoren für Klima und Energie

2015 wuchs das nominelle Bruttoinlandsprodukt in Österreich um 2,9%. Im Gegensatz zu den Vorjahren stieg allerdings auch der Bruttoinlandsverbrauch an Energie wieder (+2,4%). Die in den letzten Jahren beobachtete Entkoppelung von gesamtwirtschaftlichem Energieverbrauch und ökonomischer Aktivität war somit 2015 nicht gegeben. Dagegen nahm im Durchschnitt der EU 28 der Bruttoinlandsverbrauch weniger stark zu (+1,3% gegenüber 2014), und das Wachstum des BIP erreichte 5,2% (Abbildung 1).

Acht Länder (Malta, Schweden, Finnland, Estland, Lettland, Luxemburg, Slowenien und Dänemark) wiesen entgegen dem allgemeinen Trend einen (leicht) sinkenden Bruttoinlandsverbrauch auf (zwischen -0,2% und -14,7% gegenüber 2014). Die größte Zunahme des Bruttoinlandsverbrauches verzeichnete 2015 Ungarn mit +10,3%. Insgesamt wuchs die Wirtschaft jedoch mit Ausnahme von Griechenland in allen Ländern der EU 28. Somit erreichte etwas mehr als ein Viertel der EU-Länder im Jahr 2014 eine absolute Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Bruttoinlandsverbrauch an Energie (im Gegensatz zu mehr als der Hälfte 2014).

Abbildung 1: Bruttoinlandsverbrauch an Energie in Relation zum BIP in den EU-Ländern 2015



Q: Eurostat. Ohne Irland.

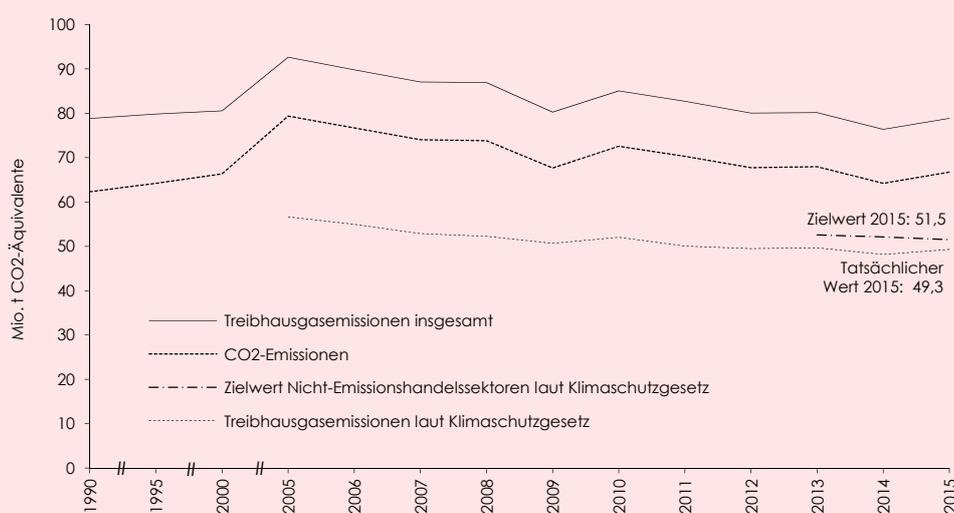
In Österreich stiegen die Treibhausgasemissionen gegenüber 2014 mit +3,1% (CO₂-Emissionen +3,8%) stärker als der Bruttoinlandsverbrauch. Sie erreichten 78,85 Mio. t gemessen in CO₂-Äquivalenten (Abbildung 2).

Der stärkste Anstieg der Emissionen war im Sektor Energieerzeugung zu verzeichnen (+13,2% gegenüber 2014) vor den Bereichen private Haushalte und Dienstleistungen

(+11,8%). Ausschlaggebend für die Emissionssteigerung waren einerseits der wetterbedingte Anstieg der Zahl der Heizgradtage und andererseits die Ausweitung der Stromproduktion aus Erdgas. Auch die anderen Sektoren – mit Ausnahme der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft, die einen kleinen Rückgang aufwiesen – zeigten 2015 einen Anstieg der Treibhausgasemissionen.

Seit dem Jahr 2013 gelten in Österreich für die nicht vom EU-Emissionshandel (Emission Trading System – ETS) erfassten Sektoren Zielvorgaben für die Senkung der Treibhausgasemissionen entsprechend dem Klimaschutzgesetz (BGBl. I Nr. 106/2011). Diese Sektoren müssen demnach ihre Emissionen bis 2020 entlang eines linearen Pfades um insgesamt 16% (gegenüber 2005) auf 48,8 Mio. t p. a. verringern¹⁾. Der Zielwert für 2015 lag bei 51,5 Mio. t Treibhausgase. Die tatsächlichen Emissionen der Nicht-Emissionshandelssektoren blieben mit 49,3 Mio. t CO₂-Äquivalenten trotz der Emissionssteigerung um 2,2 Mio. t unter diesem Zielwert.

Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Österreich und Kyoto-Ziel



Q: Umweltbundesamt.

Die Anteile an den Treibhausgasemissionen blieben gegenüber 2014 im Wesentlichen unverändert (Abbildung 3): Industrie und Gewerbe gemeinsam verursachten 2015 knapp die Hälfte der Emissionen (34,9% und 12,7%), der Verkehrssektor mehr als ein Viertel (28,6%). Der Anteil der Energiewirtschaft war höher als 2014; gegenüber 2000 erhöhte sich vor allem der Anteil des Verkehrs (+5,3 Prozentpunkte). Der Anteil der Industrie stieg seit 2000 um 3,7 Prozentpunkte (Abbildung 3).

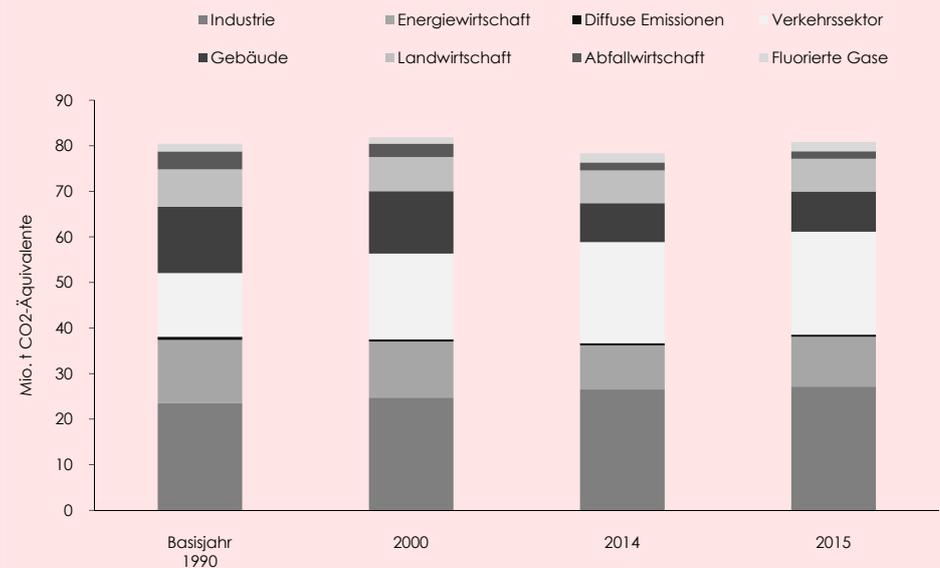
Auf Gebäude entfielen 2014 11,2% der heimischen Treibhausgasemissionen, auf die Landwirtschaft 9,1% und auf die Abfallwirtschaft 2,3%. In diesen Sektoren waren die Emissionen seit 2000 rückläufig.

In der Energieaufbringung zeigen die Daten für 2015 immerhin einen Rückgang der Emissionen um 21% seit 1990 (–11% seit 2000). Auch der Sektor Gebäude weist mit –39% im Vergleich mit 1990 signifikante Einsparungen auf, wobei der Großteil des Effektes zwischen 2000 und 2014 auftrat (–35%). Hier ist jedoch auch der Einfluss der jährlichen Schwankungen der Zahl der Heizgradtage zu berücksichtigen.

In den Sektoren Landwirtschaft und Abfallwirtschaft nahmen die Treibhausgasemissionen seit 1990 ebenfalls kontinuierlich ab (1990/2015 Landwirtschaft –12%, Abfallwirtschaft –58%).

¹⁾ KSG-Novelle 2015 (BGBl. I Nr. 128/2015); für die Emissionshandelssektoren im EU-ETS gilt ein EU-weit einheitliches Ziel von –21% gegenüber 2005.

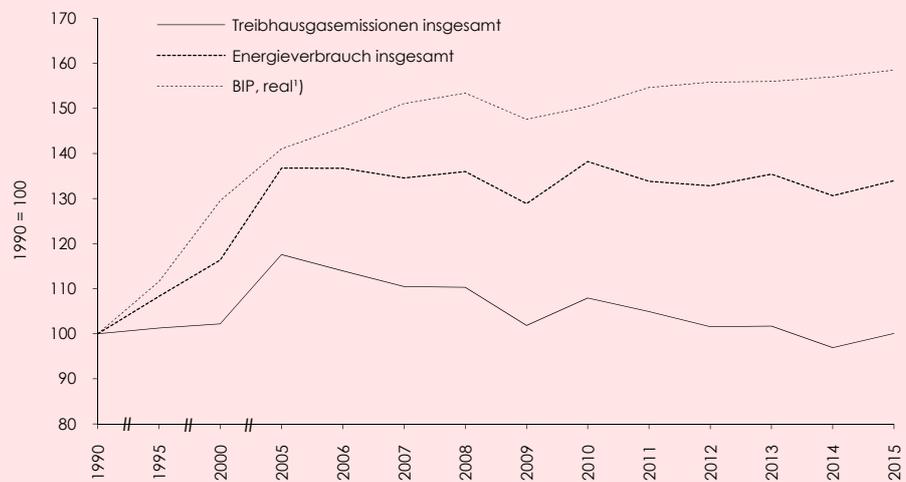
Abbildung 3: Verursacher der Treibhausgasemissionen in Österreich



Q: Umweltbundesamt.

Die absolute Entkoppelung der Entwicklung von BIP und Treibhausgasemissionen, die in den vergangenen Jahren zu beobachten gewesen war, setzte sich 2015 nicht fort (Abbildung 4). In diesem Jahr stiegen die Treibhausgasemissionen in Österreich erstmals wieder seit 2011 und lagen damit etwa auf dem Niveau von 1990.

Abbildung 4: Treibhausgasemissionen im Vergleich zum BIP in Österreich



Q: Umweltbundesamt; WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond. – ¹⁾ Referenzjahr 2010.

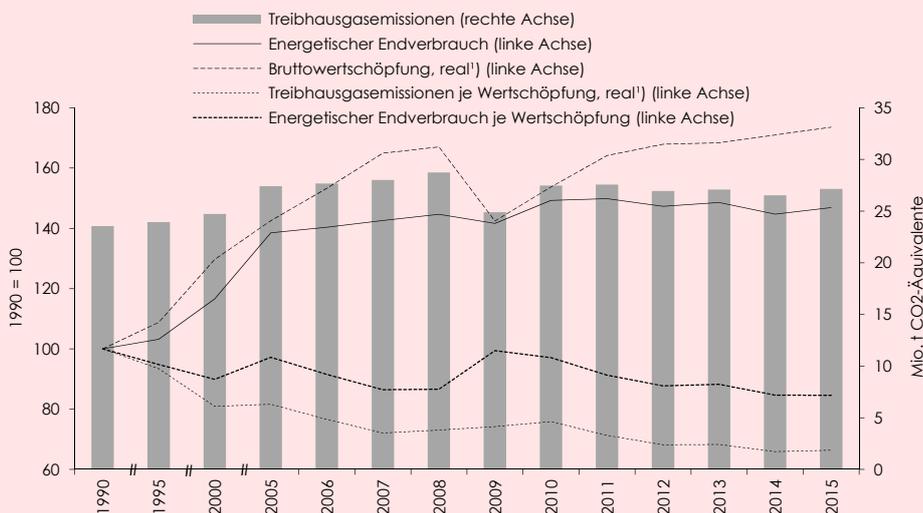
Die Treibhausgasintensität, d. h. die Relation der Treibhausgasemissionen zum realen BIP, betrug im Jahr 2015 in Österreich 0,25 kg CO₂-Äquivalente je Euro (im Jahr 2000 war dieser Wert noch bei 0,32 kg CO₂-Äquivalente je Euro gelegen). Der Energieverbrauch insgesamt nahm wie die Treibhausgasemissionen in Österreich insbesondere bis 2005 deutlich zu und stabilisierte sich seit 2011. Im Hinblick auf den Energieverbrauch ist somit in den letzten Jahren eine gewisse Entkoppelung zu beobachten. Der weiterhin zunehmende Einsatz erneuerbarer Energieträger und die Substitution emissionsintensiver durch emissionsärmere Energieträger tragen zu einem kontinuierlichen Rückgang der Emissionsintensität des Energieverbrauches (gemessen in Treibhausgasemissionen je Energieverbrauchseinheit) bei. 2015 nahm die Emissionsintensi-

tät hauptsächlich aufgrund der Ausweitung der Stromproduktion aus Erdgas etwas zu. Eine deutliche Verbesserung der gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienz ist somit ebenso erforderlich wie der weitere Ausbau des Einsatzes erneuerbarer Energieträger, um die Energiewende in Richtung einer weitestgehenden Dekarbonisierung zu erreichen, wie im Abkommen von Paris vorgesehen.

Etwas mehr als ein Drittel der österreichischen Treibhausgasemissionen entfallen auf den Industriesektor, der damit der größte Verursacher von Treibhausgasemissionen in Österreich ist. Gegenüber dem Vorjahr nahmen die Treibhausgasemissionen des Sektors 2015 von 26,5 Mio. t CO₂-Äquivalente um 2,3% auf 27,1 Mio. t CO₂-Äquivalente zu (Abbildung 5) und damit stärker als die Bruttowertschöpfung des Sektors (+1,5%). Der Endenergieverbrauch der Industrie stieg im gleichen Ausmaß wie die Wertschöpfung. Die Energieintensität (gemessen in Endenergieverbrauch je Einheit der Bruttowertschöpfung) blieb demnach konstant, während sich die Treibhausgasintensität des Sektors erhöhte.

Die Verschlechterung der Treibhausgasintensität wurde primär durch einen Anstieg der prozessbedingten Treibhausgasemissionen getrieben: Diese wuchsen zwischen 2014 und 2015 um 3,4%, die energiebedingten Treibhausgasemissionen dagegen um nur 0,7% (also schwächer als die Bruttowertschöpfung; Umweltbundesamt, 2017).

Abbildung 5: Treibhausgasemissionen, Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung der Industrie



Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2015; WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond. – 1) Sachgütererzeugung einschließlich Bergbau, zu Herstellungspreisen, Referenzjahr 2010.

Der Energieverbrauch und die Emissionen des Verkehrssektors werden grundsätzlich auf Basis der in Österreich abgesetzten Treibstoffmengen berechnet. Auf den Verkehr entfielen 2015 rund 29% der gesamten Treibhausgasemissionen (22,6 Mio. t CO₂-Äquivalente) in Österreich. Gegenüber dem Vorjahr stiegen die Emissionen aus dem Verkehr um 1,8%, während sich der Endenergieverbrauch des Sektors sogar um 3,1% erhöhte und mit 378 PJ den dritthöchsten Wert seit 1990 erreichte. Damit wuchsen sowohl der Energieverbrauch als auch die Treibhausgasemissionen im Jahr 2015 stärker als das reale BIP, eine Entkoppelung zwischen dem Energieverbrauch im Verkehrssektor und dem Wirtschaftswachstum kann nicht mehr festgestellt werden (Abbildung 6).

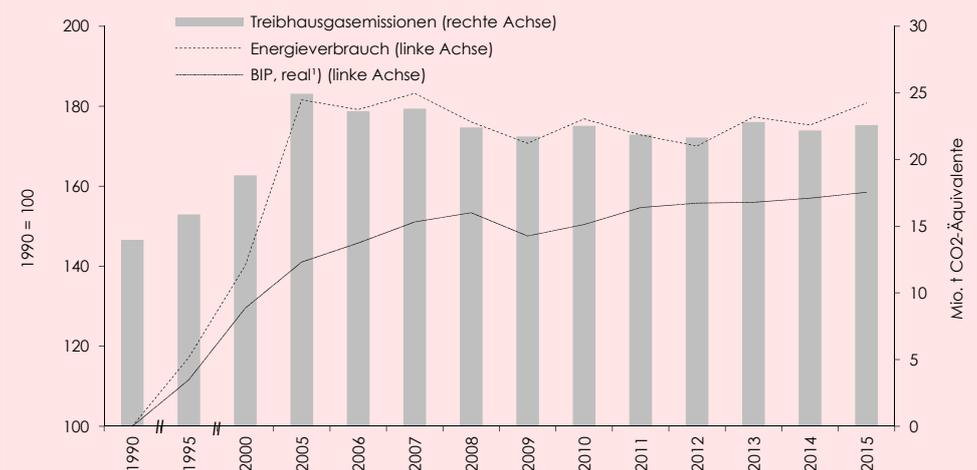
Knapp 87% des Energieverbrauches aus dem Verkehr (327 PJ) entfielen in Österreich 2015 auf den Straßenverkehr, 8% (31 PJ) auf den Flugverkehr. Beide Bereiche trugen zum Anstieg des Energieverbrauches bei (Straßenverkehr +2,5%, Flugverkehr

+7,3%)²⁾. Im Straßenverkehr stieg der Einsatz von Biokraftstoffen zwischen 2014 und 2015 jedoch um 0,6 Prozentpunkte auf 8,2% (27 PJ), sodass die Treibhausgasemissionen im Verkehr deutlich schwächer zunahm als der Energieverbrauch.

Knapp 97% der Treibhausgasemissionen aus dem Verkehrssektor entfielen 2015 in Österreich auf den Straßenverkehr, etwa 54% davon auf den Pkw-Verkehr (Benzin- und Dieselmotoren) und 39% auf den Betrieb von Schwerlastfahrzeugen und Bussen; 1990 hatten Pkw noch 65% der Treibhausgasemissionen aus dem Straßenverkehr ausgestoßen, Schwerlastfahrzeuge und Busse nur 27% (Umweltbundesamt, 2017).

Absolut erhöhten sich die Treibhausgasemissionen aus dem Pkw-Verkehr zwischen 1990 und 2015 von 8,8 Mio. t CO₂-Äquivalenten um 32% auf 11,7 Mio. t CO₂-Äquivalente; diese Treibhausgasemissionen aus in Österreich getanktem Treibstoff werden auch fast vollständig im Inland emittiert. Im schweren Nutzfahrzeugverkehr war im selben Zeitraum ein Anstieg von 3,7 auf 8,5 Mio. t CO₂-Äquivalente zu beobachten (+133%). In diesem Bereich verursachte der Verkehr 2015 im Inland Emissionen von 3,3 Mio. t CO₂-Äquivalenten, der "Kraftstoffexport in Fahrzeugtanks" – d. h. der Anteil an Kraftstoffen, die im Inland verkauft und im Ausland verfahren werden – 5,2 Mio. t CO₂-Äquivalente; dieser Kraftstoffexport ist einerseits durch die starke Internationalisierung und Exportorientierung der österreichischen Wirtschaft und andererseits durch Preisunterschiede zwischen Österreich und dem benachbarten Ausland zu erklären (Umweltbundesamt, 2017).

Abbildung 6: Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch des Verkehrssektors im Vergleich zum BIP



Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2015. – ¹⁾ Referenzjahr 2010.

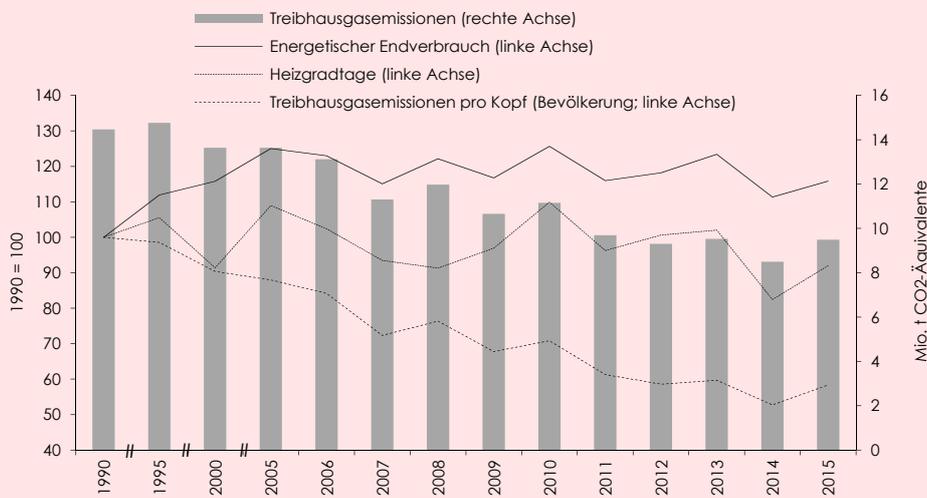
Auch in den anderen Sektoren (private Haushalte, Dienstleistungen, Landwirtschaft) nahm 2015 der Endenergieverbrauch gegenüber dem Tiefstwert von 380 PJ im Jahr 2014 zu (auf 395 PJ, +4%). Die Treibhausgasemissionen aus dem Kleinverbrauch stiegen sogar um 12% (Abbildung 7).

Die Erhöhung der Treibhausgasemissionen spiegelt in erster Linie die Zunahme des Energieverbrauches für Heizzwecke wider (2015 +12%): Auf die Nutzenergiekategorie "Raumheizungen und Klimaanlage" entfielen 2015 knapp zwei Drittel des energetischen Endverbrauches in den Sektoren private Haushalte, Dienstleistungen und Landwirtschaft (260 PJ). Gegenüber dem Vorjahr wuchs der Energieverbrauch für Raumheizungen und Klimaanlage in Österreich stärker als in den anderen Nutzenergiekategorien (+6%). Da im Bereich der Raumheizungen zum Teil noch immer vergleichsweise emissionsintensive Energieträger eingesetzt werden (der Anteil von

²⁾ Die Emissionen des Flugverkehrs werden in der Emissionsbilanz nicht auf Basis der im Inland abgesetzten Mengen berechnet.

Öl und Gas liegt in dieser Nutzenergiekategorie bei 37%), spiegelt sich dieser Anstieg auch in einer überproportionalen Zunahme der Treibhausgasemissionen (Statistik Austria, 2017).

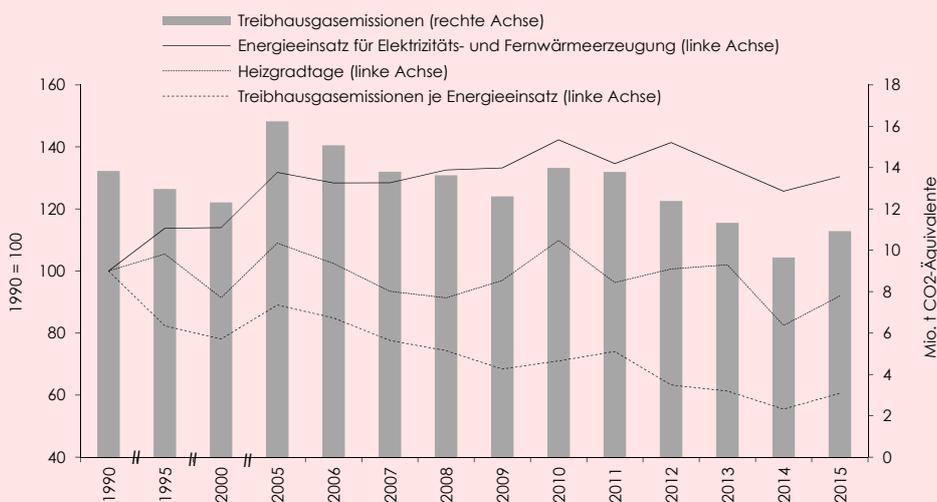
Abbildung 7: Treibhausgasemissionen der Gebäude, Energieverbrauch der Haushalte, Dienstleistungen und Landwirtschaft sowie Zahl der Heizgradtage



Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2015; WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond.

Auch die Treibhausgasemissionen aus der Bereitstellung von Elektrizität und Fernwärme waren 2015 höher als im Vorjahr (+13% von 9,7 Mio. t auf 10,9 Mio. t CO₂-Äquivalente). Im Gegensatz dazu blieb der Energieeinsatz für die Erzeugung von Elektrizität und Fernwärme trotz eines signifikanten Anstieges der Zahl der Heizgradtage etwa auf dem Vorjahresniveau. Die Zunahme der Treibhausgasemissionen aus der Bereitstellung von Elektrizität und Fernwärme war demnach auf eine Verschiebung des Energieträgermix zu emissionsintensiveren Energieträgern zurückzuführen (Abbildung 8).

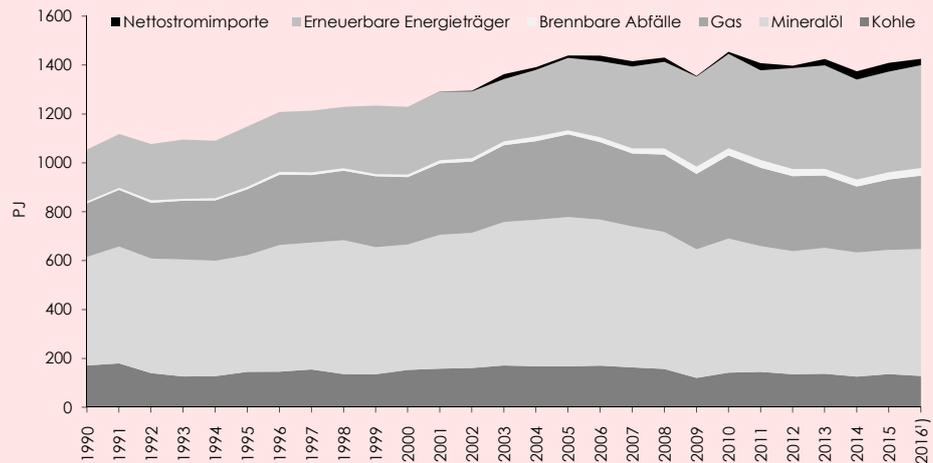
Abbildung 8: Treibhausgasemissionen und Energieeinsatz für Elektrizitäts- und Fernwärmeerzeugung



Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2015; WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond.

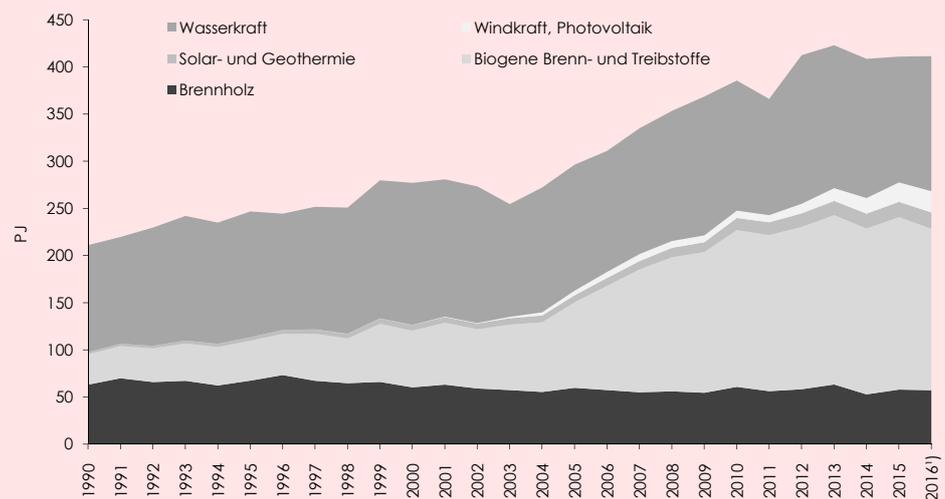
In der Periode von 1990/2005 wuchs der Bruttoinlandsverbrauch mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von +2,1% stetig, seither stabilisierte er sich. Die jährlichen Schwankungen spiegeln u. a. die Wetterbedingungen wider. Der Rückgang im Jahr 2009 war auf den Einbruch der Wirtschaftsleistung durch die Finanzmarkt- und Wirtschaftskrise zurückzuführen. Die letzten zwei Jahre waren wieder durch beträchtliche Zuwächse charakterisiert, 2015 erreichte der Bruttoinlandsverbrauch 1.409 PJ, der vorläufige Wert für 2016 liegt bei 1.425 PJ. Vor allem an Erdöl, Erdgas und Kohle wurde mehr verbraucht als im Vorjahr. Die hohe Steigerung des Kohlenverbrauches im Jahr 2015 (+8,2%) wurde 2016 durch einen Rückgang um 5,6% weitgehend wettgemacht (Abbildung 9).

Abbildung 9: Bruttoinlandsverbrauch nach Energieträgern in Österreich



Q: Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2015. – 1) Vorläufige Energiebilanz Österreich 2016.

Abbildung 10: Bruttoinlandsverbrauch an erneuerbaren Energieträgern



Q: Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2015. – 1) Vorläufige Energiebilanz Österreich 2016.

Die Struktur des Bruttoinlandsverbrauches verlagerte sich seit 2005 weg von den fossilen Energieträgern (Anteil seit 2005 rund –9 Prozentpunkte) zu den erneuerbaren Energieträgern. Fossile Energieträger machen aber noch immer etwa 70% des Bruttoinlandsverbrauches aus, und in den letzten fünf Jahren stagnierte dieser Anteil. Brennbare Abfälle gewannen erheblich an Bedeutung, wenngleich ihr Anteil mit 2%

sehr gering ist. Der Handel mit Strom wies seit 2005 einen Importüberschuss auf, sein Anteil am Bruttoinlandsverbrauch steigt tendenziell.

Der Bruttoinlandsverbrauch an erneuerbaren Energieträgern – Solarthermie, Geothermie, Windkraft und Photovoltaik (Abbildung 9) – nahm in den letzten Jahren stetig zu und erreichte laut vorläufiger Energiebilanz im Jahr 2016 421 PJ (knapp +10 PJ bzw. +2,4% gegenüber dem Vorjahr). Der Verbrauch von Energie aus Photovoltaik und Windkraft erhöhte sich seit 2005 pro Jahr durchschnittlich um 15%, aus Solarthermie und Geothermie um durchschnittlich 8%. Insbesondere die Nachfrage nach Solarthermie ist schon weitaus länger kräftig. Zusammen trugen diese erneuerbaren Energieträger im Jahr 2016 40 PJ bzw. 9,5% zum Bruttoinlandsverbrauch bei. Seit 2008 haben die biogenen Brenn- und Treibstoffe (einschließlich Brennholz) unter den erneuerbaren Energieträgern größere Bedeutung als Wasserkraft (Bruttoinlandsverbrauch 2015: 183 PJ, 2016: 180 PJ).

Österreichs Auslandsabhängigkeit ist im Bereich der Energielieferungen sowohl gemessen an den Mengen als auch am Wert hoch. Während die Energieimportmengen zwischen 2010 und 2016 gesteigert wurden, gingen die nominellen Ausgaben für Energieimporte zurück, weil die Energiepreise und insbesondere die Rohölpreise sanken. Insgesamt gab Österreich 2016 8,5 Mrd. € für Energieimporte aus und erlöste knapp 2 Mrd. € aus Energieexporten, sodass insgesamt 6,6 Mrd. € für Energie ins Ausland abflossen (Übersicht 1).

Übersicht 1: Außenhandel mit Energieträgern

	Exporte			Importe			Saldo		
	2010	2015	2016 ¹⁾	2010	2015	2016 ¹⁾	2010	2015	2016 ¹⁾
	Mio. €								
Kohle	3	2	1	719	476	440	- 716	- 475	- 439
Erdöl	0	0	0	3.049	3.097	2.178	- 3.049	- 3.097	- 2.178
Heizöl	76	121	100	111	33	27	- 36	88	72
Benzin	376	476	362	689	499	427	- 313	- 23	- 65
Dieselmotorkraftstoff	570	478	383	3.342	2.177	2.177	- 2.771	- 1.699	- 1.793
Erdgas	813	315	285	2.867	2.701	2.332	- 2.055	- 2.387	- 2.047
Strom	1.289	857	786	810	1.103	910	479	- 246	- 124
Insgesamt	3.126	2.249	1.916	11.586	10.086	8.491	- 8.460	- 7.838	- 6.574
	PJ								
Kohle	0,2	0,3	0,0	140,8	116,0	120,7	- 140,7	- 115,7	- 120,7
Erdöl	0,0	0,0	0,0	287,5	344,6	311,6	- 287,5	- 344,6	- 311,6
Heizöl	9,9	21,6	23,7	7,0	0,5	0,6	2,9	21,1	23,0
Benzin	26,6	38,6	34,6	34,4	33,5	32,6	- 7,8	5,1	2,0
Dieselmotorkraftstoff	34,9	34,0	32,7	171,6	155,7	176,5	- 136,7	- 121,8	- 143,9
Erdgas	170,6	186,0	238,5	426,6	394,8	496,5	- 256,0	- 208,9	- 257,9
Strom	62,9	69,5	69,1	71,7	105,7	94,8	- 8,8	- 36,2	- 25,8
Insgesamt	305,1	349,9	398,6	1.139,7	1.150,9	1.233,5	- 834,7	- 801,0	- 834,9

Q: Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2015, Außenhandelsstatistik; WDS – WIFO Daten System. –
¹⁾ Vorläufige Energiebilanz Österreich 2016.

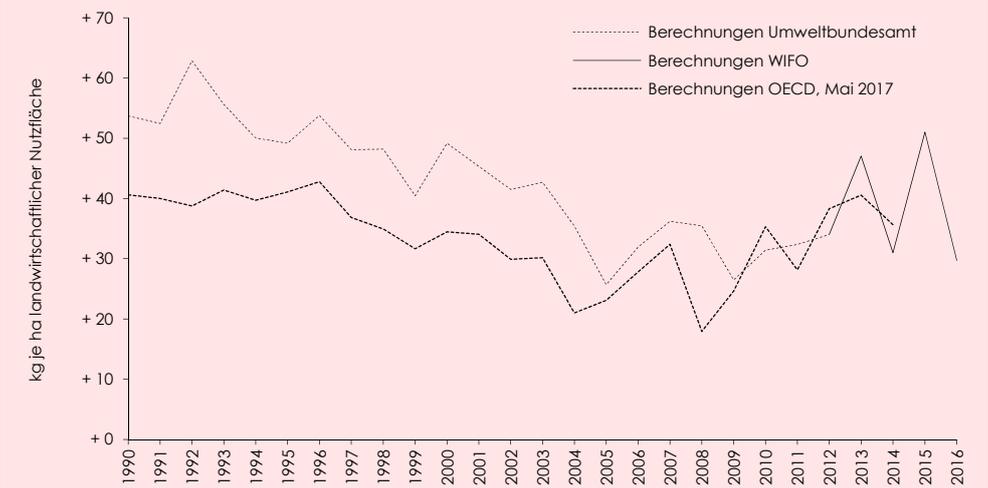
1.1 Landwirtschaft: Stickstoffbilanz und Produktion von Biomasse

Stickstoff ist ein essentieller Pflanzennährstoff und neben Kalk, Phosphor und Kalium die wichtigste Düngerart in der Landwirtschaft. Da bestimmte Stickstoffverbindungen chemisch einfach zu mobilisieren sind, werden Nährstoffe, die von Pflanzen nicht aufgenommen werden, bei ausreichender Wasserversorgung relativ leicht ins Grundwasser verlagert.

Unabhängig von Umweltbedenken legt auch das betriebswirtschaftliche Kalkül einen sparsamen Einsatz von Stickstoff nahe, da der ineffiziente Einsatz die Produktionskosten erhöht. Dieser Aspekt fällt seit einigen Jahren stark ins Gewicht, weil die relativen Preise von Dünger im letzten Jahrzehnt kontinuierlich gestiegen sind. Betriebe mit Tierhaltung können zudem die im Wirtschaftsdünger enthaltenen Nährstoffe in der Pflanzenproduktion rezyklieren und so den Stoffumsatz optimieren.

Der gänzliche Verzicht auf Stickstoff in mineralischer Form ist ein wesentliches Charakteristikum der biologischen Landwirtschaft. In diesem Bewirtschaftungssystem wird die notwendige Pflanzenversorgung vor allem aus zwei Quellen gewährleistet: Zum einen werden Nährstoffe über die Atmosphäre eingetragen, die zum Teil aus Emissionen von Verkehr, Haushalten und Industrie stammen. Zum anderen verfügen bestimmte Pflanzen über die Fähigkeit, Nährstoffe im Wurzelsystem aus Luftstickstoff zu synthetisieren. Durch geschickte Wahl der Fruchtfolge steht ein Teil dieses Depots auch für andere Pflanzen zur Verfügung.

Abbildung 11: Stickstoffbilanz



Q: Kletzan-Slamanig et al. (2014), OECD. Die Daten wurden anhand der OECD-Methode bis 2012 vom Umweltbundesamt und danach vom WIFO ermittelt. Die Methoden von Eurostat und OECD unterscheiden sich im Hinblick auf die erfassten Flächen und Quellen (z. B. atmosphärische Deposition); Details dazu Kletzan-Slamanig et al. (2014).

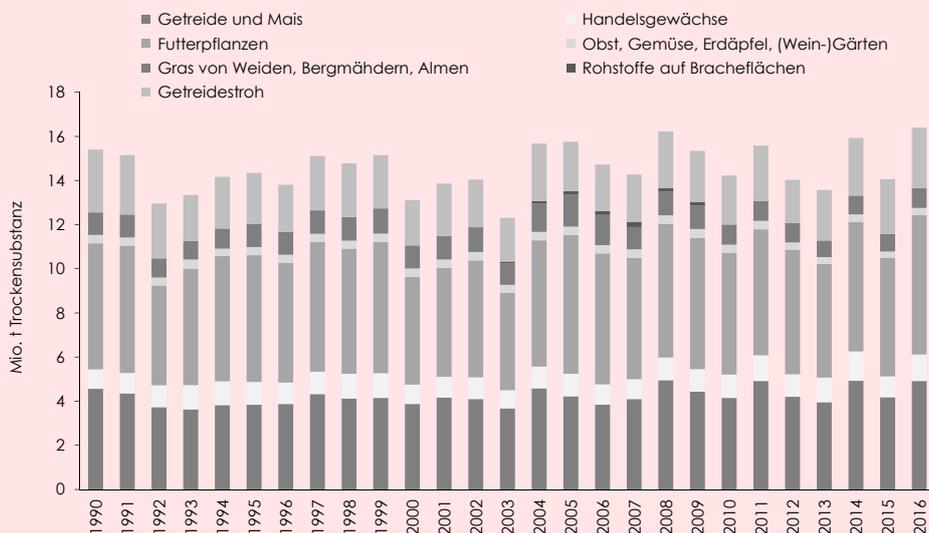
Die Stickstoffbilanz gemäß der von der OECD entwickelten Methode trägt diesen Zusammenhängen Rechnung (Abbildung 11). Die Nährstoffmengen aller Stickstoffquellen werden addiert und dem Entzug durch Pflanzen im Erntegut gegenübergestellt. Wenn der Saldo positiv ist, wurden mehr Nährstoffe in den Kreislauf der Landwirtschaft eingebracht als entzogen. Je höher der Bilanzüberschuss ist, umso höher ist die Gefahr, dass die Speicherfähigkeit des Bodens überschritten wird und unerwünschte Verlagerungen mit potentiellen negativen Umweltwirkungen erfolgen. Dieser generelle Befund erlaubt jedoch keine exakten Rückschlüsse auf die Belastung des Grundwassers, da neben dem Bilanzüberschuss von Stickstoff auch die Wasserbilanz großen Einfluss hat (BMLFUW, 2014). Die vergleichsweise hohen Überschüsse der Stickstoffbilanz in den Jahren 2013 und 2015 sind in erster Linie auf den geringeren Entzug durch das Erntegut zurückzuführen. Im Jahr 2016 waren die Erntemengen – abgesehen von Obst und Wein – deutlich höher als 2015. Wegen des höheren Nährstoffentzuges verringerte sich der berechnete Stickstoffüberschuss je Hektar auf knapp 30 kg.

Die Entscheidung über die Düngeintensität wird zu einem Zeitpunkt getroffen, zu dem noch nicht absehbar ist, ob die erforderlichen Nährstoffe auch benötigt werden. Ausgehend von rund 70 kg je ha folgten die Überschüsse Ende des 20. Jahrhunderts einem sinkenden Trend; seit etwa zehn Jahren ist der durchschnittliche Überschuss deutlich niedriger. Die starken Schwankungen zwischen einzelnen Jahren sind neben dem Entzug durch das Erntegut auch auf statistische Faktoren zurückzuführen: In die Berechnung geht nicht die angewandte Mineraldüngermenge ein, sondern die auf dem Markt abgesetzte. Ob diese Menge tatsächlich im jeweiligen Jahr ausgebracht wird, ist nicht bekannt.

Im Jahr 2015 war die Ernte sehr niedrig (Abbildung 12). Hohe Temperaturen und geringe Niederschläge verursachten signifikante Ernteeinbußen (Statistik Austria, 2017). Besonders betroffen war die Getreide- und Erdäpfelproduktion. Auch im restlichen

Ackerbau, im Obstbau, Gartenbau und der Grünlandwirtschaft wurde 2015 weniger Biomasse produziert als im Jahr zuvor. Das Jahr 2016 begann mit Spätfrösten, die große Ernteaussfälle von Obst und Wein zur Folge hatten. Die Feldfrüchte waren davon nicht betroffen. Günstige Produktionsbedingungen im Sommer ermöglichten eine hohe Ernte von Getreide und Futterpflanzen.

Abbildung 12: Produktion von wirtschaftlich nutzbarer Biomasse durch die österreichische Landwirtschaft



Q: WIFO-Berechnungen auf Basis von Buchgraber – Resch – Blashka (2003); DLG Futterwertabelle; Resch (2007). Stroh ist ein Nebenprodukt der Getreideerzeugung (ohne Mais); unterstellt wird ein einheitliches Korn-Stroh-Verhältnis von 1 : 0,9. Verlustfaktoren Futterwirtschaft gemäß Buchgraber – Resch – Blashka (2003), Versorgungsbilanzen laut Statistik Austria.

Der physische Output an Biomasse schwankt von Jahr zu Jahr erheblich und folgt keinem steigenden Trend, die Biomasseproduktion stagniert. Angesichts steigender Nachfrage und wachsender Bevölkerung trägt die heimische Landwirtschaft immer weniger zur Sicherung der Versorgung mit Lebensmitteln und agrarischen Rohstoffen bei. Die Stagnation der Biomasseproduktion ist vor allem eine Folge des ständigen Verlustes an landwirtschaftlichen Flächen durch Verbauung. Pro Tag werden über 22 ha Fläche, die bisher überwiegend landwirtschaftlich genutzt wurde, für andere Zwecke verwendet (BMLFUW, 2013). Weitere Gründe sind die Produktionsaufgabe auf marginalen Standorten, das Ausbleiben von Produktivitätsfortschritten im Bereich wichtiger Kulturpflanzen und die Umstellung auf Produkte mit höherer Qualität, aber geringeren Mengenerträgen.

2. Sonderthema: Konsumbasierte Treibhausgasemissionen – eine notwendige Ergänzung zum bestehenden Ansatz der Treibhausgasinventur

Österreich ist verpflichtet, sowohl der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change) als auch der Europäischen Kommission (Verordnung (EU) Nr. 525/2013) jährlich eine Treibhausgasinventur vorzulegen (Umweltbundesamt, 2017). Diese Inventur entspricht den Richtlinien des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2008) und soll all jene Treibhausgasemissionen erfassen, die in einem Land physisch³⁾

³⁾ Eine gewisse Unschärfe ergibt sich hier, weil z. B. zur Ermittlung des Treibstoffverbrauches nur die im Inland abgesetzte Treibstoffmenge berücksichtigt wird, die im Transitland Österreich zu einem beträchtlichen Anteil im Ausland verbraucht wird (2015 rund 26%; Umweltbundesamt, 2017, und Kapitel 1).

emittiert werden. Da dieser Ansatz zum Großteil die Emissionen berücksichtigt, die bei der Produktion von Gütern und Dienstleistungen entstehen, wird er oft als "produktionsbasiert" bezeichnet, er erfasst aber auch Emissionen, die beim Endkonsum von Treibstoffen z. B. für Mobilität und Heizen anfallen.

Diese Konvention bildet die Basis für vergangene (Kyoto-Protokoll) und aktuelle (Paris-Abkommen) Klimaschutzabkommen und nationale Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen. Politische Maßnahmen konzentrieren sich zumeist darauf, die direkten produktionsbasierten Emissionen zu senken, und laufen Gefahr, den letztlich bestimmenden Faktor zu vernachlässigen: das Aufkommen an Treibhausgasen bedingt durch den Endkonsum.

Um die ehrgeizigen Ziele des Paris-Abkommens zu erreichen (Kettner-Marx et al., 2016), wird es nicht ausreichen, nur produktionsseitig einzugreifen. Vielmehr muss der Fokus verstärkt auch auf die konsumbasierten Treibhausgasemissionen gerichtet werden und somit die Gesamtheit der Emissionen von Konsumgütern und -dienstleistungen berücksichtigt werden, auch jene, die durch den Handel mit Vorleistungsgütern implizit in der inländischen Endnachfrage enthalten sind. Das gilt besonders angesichts der weitreichenden Globalisierung mit tiefgreifenden internationalen Handelsverflechtungen und weltweiten Wertschöpfungsketten. In den letzten Jahren erhielt deswegen ein alternativer Berechnungsansatz vermehrt Aufmerksamkeit: Die konsumbasierte Treibhausgasinventur berücksichtigt alle direkten und indirekten Treibhausgasemissionen des Endkonsums eines Landes. Hier werden z. B. alle Treibhausgasemissionen, die im Lebenszyklus eines Smartphone emittiert werden, dem Land zugerechnet, in dem es gekauft wurde, unabhängig davon in welchem Land sie physisch während der Herstellung, Benutzung oder Entsorgung des Gerätes emittiert wurden. Im konventionellen Ansatz hingegen würden die Treibhausgasemissionen immer dem Land zugerechnet, in dem sie physisch auftreten.

2.1 Berechnungsmethoden für konsumbasierte Treibhausgasemissionen

Es gibt zwei grundlegende Methoden, um konsumbasierte Treibhausgasemissionen zu berechnen: Berechnungen basierend auf umweltweiteren (environmentally extended) multiregionalen Input-Output-Modellen (EE-MRIO) und Lebenszyklusanalysen (LCA – Life Cycle Assessments).

Der EE-MRIO-Ansatz ist ein makroökonomischer Top-down-Ansatz, der versucht, die direkten und indirekten Treibhausgasemissionen aggregierter Produkt-Dienstleistungskategorien dem Endkonsum zuzuordnen (Peters – Hertwich, 2008). Der große Vorteil dieses Ansatzes liegt in der Rückverfolgung internationaler Handels- und Wertschöpfungsketten (und damit unterschiedlicher nationaler Produktionstechnologien und Umwelteffekte) und dem geringeren Informationsbedarf. Diese Methode ist daher bis jetzt weiter verbreitet als der LCA-Ansatz. Der Nachteil besteht im sehr hohen Aggregationsniveau der Daten sowie in der Unsicherheit, der Unvollständigkeit und der Schwierigkeit der Harmonisierung von Umwelt- und ökonomischen Daten in den MRIO-Tabellen.

Der Lebenszyklusansatz ist ein technischer Bottom-up-Ansatz, der versucht, die direkten und indirekten Treibhausgasemissionen einzelner Produkte und Dienstleistungen zu berechnen, die in der Herstellung, Produktion und Entsorgung anfallen (Finnveden et al., 2009). Der Vorteil besteht hier vor allem im hohen Detailgrad der Berechnungen und der bereitgestellten Information (Windsperger, 2015). Als nachteilig erweisen sich das hohe Ausmaß an benötigter Information und die damit einhergehende Komplexität und Unsicherheit sowie Aggregationsprobleme. Da LCA-Ergebnisse auf nationaler oder gar weltweiter Ebene noch kaum verfügbar sind und sich meist auf einzelne Produktgruppen oder Dienstleistungen beschränken, wird hier nicht näher darauf eingegangen. Für Österreich wird jedoch in Kürze eine vollständige Berech-

nung der nationalen konsumbasierten Treibhausgasemission auf Basis der LCA-Methode vorliegen (Windsperger, 2015)⁴.

2.2 Empirische Evidenz

Der Großteil der in Wiedmann *et al.* (2007) und Wiedmann (2009) zitierten Studien weist für Länder mit hohem Einkommen höhere konsumbasierte als produktionsbasierte Treibhausgasemissionen auf. Entscheidend für die Größe der Differenz sind vor allem die Handelsbilanz und Unterschiede in der Treibhausgasintensität von Handelsgütern (kg CO₂ je €)⁵.

2.2.1 Ergebnisse auf weltweiter Ebene

Wie weltweite EE-MRIO-Studien zeigen, ist der Anteil der impliziten CO₂-Emissionen im Handel mit Gütern und Dienstleistungen hoch und nimmt weiter zu. Unterschiedliche Studien kommen zu Werten zwischen 4,3 Gt CO₂-Emissionen im Jahr 1990 (20% der weltweiten CO₂-Emissionen) und 10,2 Gt CO₂ (37% der weltweiten CO₂-Emissionen) im Jahr 2004⁶. Auch die OECD hat Daten zu konsumbasierten CO₂-Emissionen für den Zeitraum 1995/2011 vorgelegt, um das Verständnis für den Einfluss weltweiter Konsummuster auf die Entwicklung von CO₂-Emissionen zu verbessern (Wiebe – Yamano, 2016). Demnach ist der Anteil der importierten CO₂-Emissionen an den konsumbasierten Emissionen im Regelfall in den hochentwickelten Volkswirtschaften deutlich höher als in den Schwellen- und Entwicklungsländern, wobei kleine Volkswirtschaften einen deutlich höheren Importanteil aufweisen. Österreich weist demzufolge einen der höchsten Anteile an importierten CO₂-Emissionen auf (2011: 52,5%), der jedoch stagniert, während er in der Schweiz, in Schweden und Dänemark deutlich steigt (Abbildung 13).

Abbildung 13: Importanteil konsumbasierter CO₂-Emissionen in ausgewählten Ländern



Q: OECD, WIFO-Berechnungen.

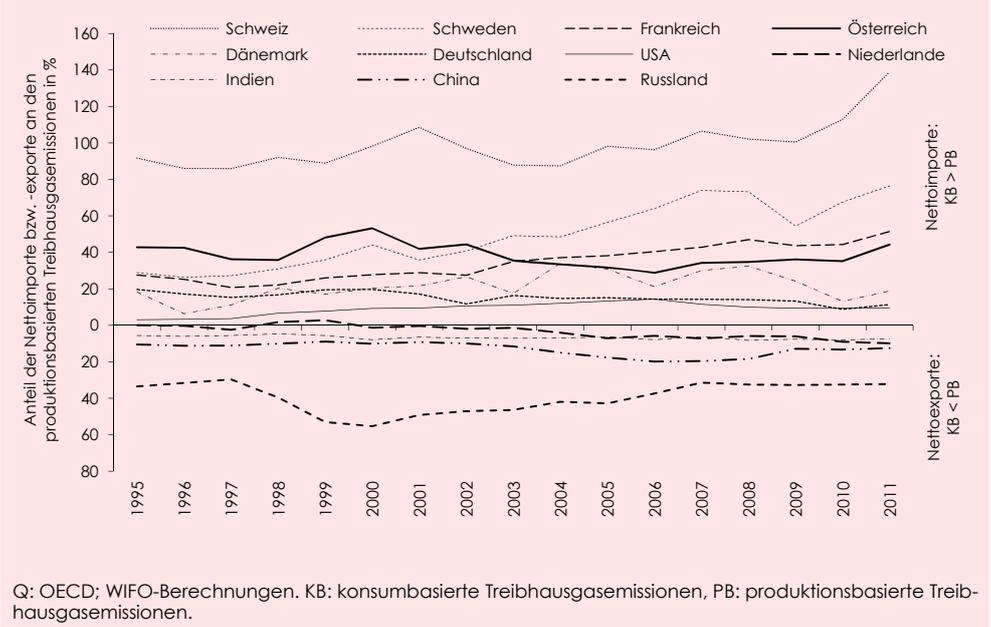
⁴ Treibhausgasemissionen könnten zudem gemäß ihrer Wertschöpfung oder Extraktion (Steininger *et al.*, 2015) oder anhand eines hybriden Ansatzes (gemeinsame Verwendung von LCA und MRIO) zugeordnet werden.

⁵ So exportiert China sehr treibhausgasintensive Handelsgüter (vor allem aufgrund des hohen Kohleanteils in der Energiebereitstellung und der niedrigen Exportpreise). Reiche Industrieländer wie Österreich exportieren Handelsgüter mit relativ niedriger Treibhausgasintensität (vor allem aufgrund des hohen Anteils an erneuerbaren Energieträgern in der Energiebereitstellung und hoher Exportpreise). Bereinigt um die gehandelten Treibhausgasemissionen gleicht sich die Treibhausgasintensität des BIP (kg CO₂ je €) zwischen Ländern mit hohem und niedrigem Einkommen häufig eher an (Davis – Caldeira, 2010).

⁶ Peters – Hertwich (2008), Davis – Caldeira (2010), Peters *et al.* (2011), Davis – Peters – Caldeira (2011).

Übereinstimmend definieren die meisten Studien Nettoexporteure und -importeure von impliziten CO₂-Emissionen⁷): Während Länder mit hohem Einkommen, also vor allem OECD-Länder (Schweiz, Schweden, Frankreich, Österreich, Dänemark, Deutschland, USA), meist Nettoimporteure von Emissionen sind, sind Länder mit mittlerem oder niedrigem Einkommen (China, Russland; Abbildung 14) eher Nettoexporteure. Zwischen 1990 und 2010 wuchsen die konsumbasierten CO₂-Emissionen mancher Nettoimporteure stärker als die territorialen (z. B. USA, Kanada, Großbritannien), bei anderen schwächer (z. B. Deutschland, Japan; *Peters et al.*, 2011). In den OECD-Ländern stagnierten die konsumbasierten CO₂-Emissionen zwischen 1995 und 2005 nach *Wiebe et al.* (2012), während die produktionsbasierten Emissionen leicht zurückgingen.

Abbildung 14: Anteil der CO₂-Handelsüberschüsse und -defizite an den produktionsbasierten CO₂-Emissionen



2.2.2 Ergebnisse für Österreich

Auch für Österreich finden sich Schätzungen in manchen der oben zitierten Studien mit weltweitem Fokus. Die konsumbasierten CO₂-Emissionen sind dabei meist wesentlich höher als die produktionsbasierten, nämlich um 40% (im Jahr 1997) bis 55% (im Jahr 2004)⁸). Relativ große Unterschiede zwischen konsumbasierten und territorialen Treibhausgasemissionen findet auch die EE-MRIO-Studie von *Muñoz – Steininger* (2010), die die Entwicklung von konsumbasierten und produktionsbasierten CO₂-Emissionen in Österreich zwischen 1997 und 2004 vergleicht. Demnach sind die konsumbasierten CO₂-Emissionen um 36% (1997) bzw. 44% (2004) höher als die produktionsbasierten. Den größten Teil der CO₂-Emissionen importiert Österreich dabei (2004) aus Deutschland, den Ländern der früheren UdSSR, China, dem übrigen Mitteleuropa, den USA, Italien und Polen. Nach neueren Ergebnissen gingen sowohl die konsumbasierten als auch die territorialen Treibhausgasemissionen in Österreich seit 2004 leicht zurück (*Muñoz – Steininger*, 2015). Die konsumbasierten Emissionen waren 2011 um rund 52% höher als die produktionsbasierten.

Gemäß der Zeitreihenanalyse von *Wieland* (2016) waren die konsumbasierten Treibhausgasemissionen durchwegs höher als die produktionsbasierten, der Unterschied war aber Anfang der 1970er-Jahre sehr gering und nahm in der Folge zunächst leicht und dann immer stärker zu. Ab den 1990er-Jahren entwickelten sich die kon-

⁷) Siehe z. B. *Davis – Peters – Caldeira* (2011), *Davis – Caldeira* (2010), *Nakano et al.* (2009), *Peters et al.* (2011), *Peters – Hertwich* (2008), *Wiebe et al.* (2012).

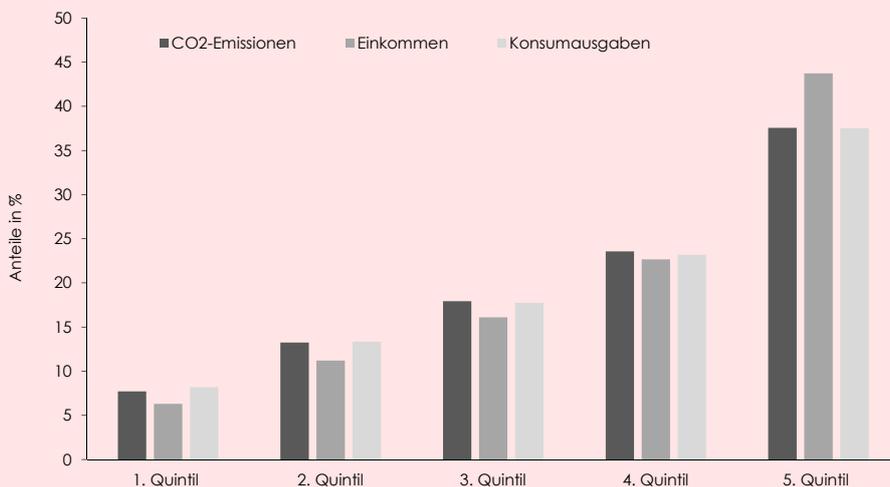
⁸) *Nakano et al.* (2009), *Davis – Caldeira* (2010), *Davis – Peters – Caldeira* (2011), *Peters et al.* (2011).

summbasierten Treibhausgasemissionen ähnlich wie die territorialen und waren meist um ungefähr 50% höher. Während der Anstieg zwischen 1970 und 1990 auf die Ausweitung des Handels innerhalb Europas zurückzuführen war (vor allem mit Deutschland), nahm nach 1990 der CO₂-Import aus anderen Weltregionen und im letzten Jahrzehnt besonders aus China zu⁹⁾.

2.2.3 Konsumbasierte Treibhausgasemissionen von privaten Haushalten

In den letzten Jahren wurde der konsumbasierte Berechnungsansatz um den Fokus auf Verteilungsaspekte von privaten Haushalten und damit auf nationale Konsummuster und CO₂-Emissionsmuster erweitert (Chancel – Piketty, 2015). Weber – Matthews (2008) finden in einer Analyse des Einflusses von Haushaltscharakteristika auf konsumbasierte CO₂-Emissionen in den USA einen positiven Zusammenhang zwischen Einkommen und konsumbasierten CO₂-Emissionen, der jedoch mit steigendem Einkommen schwächer wird, da CO₂-intensive Güterkategorien (z. B. Mobilität, Heizen, Lebensmittel) den Großteil des Einkaufskorbes von Haushalten mit niedrigem Einkommen ausmachen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Ivanova et al. (2017) für 117 Regionen in der EU 27.

Abbildung 15: Anteile der Haushaltsquintile an basierten CO₂-Emissionen, Einkommen und Konsumausgaben in der EU im Jahr 2015



Q: WIFO-Berechnungen auf Basis von Sommer – Kratena (2017). Ohne Kroatien.

Aktuelle Berechnungen mit dem Modell WIFO.DYNK (Sommer – Kratena, 2017) verdeutlichen die unterschiedlichen Konsum- und CO₂-Emissionsmuster nach Haushaltseinkommensquintilen für die EU 27: Die konsumbasierten CO₂-Emissionen steigen absolut (in t CO₂ je Haushalt) mit dem Einkommen und betragen im Jahr 2015 zwischen 6,6 t CO₂ pro Person im ersten Quintil und 32,0 t CO₂ pro Person im fünften Quintil (Durchschnitt 17,0 t CO₂ pro Person). Der Anteil des ersten bis vierten Quintils an den gesamten CO₂-Emissionen ist jedoch etwas höher als der jeweilige Anteil am gesamten Haushaltseinkommen (Abbildung 15). Damit zeigt sich eine leichte relative Entkoppelung von Einkommen und konsumbasierten CO₂-Emissionen, besonders zwischen dem vierten und fünften Quintil. Dies bestätigen die Berechnungen zur Einkommenselastizität für die konsumbasierten CO₂-Emissionen: Die Einkommenselastizität verringert sich mit steigendem Einkommen von 1,32 (direkte CO₂-Emissionen) und

⁹⁾ In Österreich wurde im Rahmen des Climate Change Center Austria (CCCA) unter Beteiligung des WIFO die Arbeitsgruppe "Consumption Based GHG Accounting" (AG CBA) gegründet, um den Austausch und die Vernetzung der verschiedenen Ansätze und Modelle zur konsumbasierten Treibhausgas-Emissionsbilanz für Österreich zu forcieren (<https://www.ccca.ac.at/de/ccca-aktivitaeten/arbeitsgruppen/thematische-ag/>).

0,89 (indirekte CO₂-Emissionen) im ersten Quintil auf 0,69 bzw. 0,62 im fünften Quintil. Diese relative Entkoppelung hat zwei Hauptgründe: In Haushalten mit höherem Einkommen werden mehr Güter mit relativ geringerer CO₂-Intensität konsumiert, und die höhere Sparquote in diesen Quintilen bewirkt im Modell geringere positive makroökonomische Einkommens- und Konsumeffekte (die mit geringeren CO₂-Emissionen einhergehen). Diese relative Entkoppelung kompensiert aber nicht den absoluten Mehrkonsum der oberen Quintile an Gütern und damit CO₂-Emissionen. Will die Politik also eine gleichere Verteilung des Einkommens erreichen, so muss ceteris paribus mit einem Anstieg der CO₂-Emissionen gerechnet werden. Die Einführung einer konsumbasierten CO₂-Steuer mit gleichzeitiger Rückvergütung an Haushalte mit niedrigem Einkommen könnte beide Ziele – Klimaschutz und gerechte Einkommensverteilung – gleichermaßen bedienen.

2.3 Diskussion

Ein konsumbasierter Ansatz für die Treibhausgasinventur ermöglicht eine umfassende Analyse von Treibern der weltweiten Treibhausgasemissionen und von konsumorientierten Klimaschutzmaßnahmen. Konsumbasierte Ansätze im Klimaschutz können einen substanziellen Beitrag zur weltweiten Verringerung der Treibhausgasemissionen leisten. So finden *Barrett – Scott* (2012) für Großbritannien höhere Treibhausgaseinsparungspotentiale für konsumseitige Klimaschutzmaßnahmen (z. B. im Bereich der Ernährung, der Lebensdauer von Produkten, in der öffentlichen Beschaffung) als für produktionsseitige Ansätze (z. B. im Bereich Abfallvermeidung, Substitution von Rohstoffen, Recycling).

Wie die Literatur auch weitgehend übereinstimmend zeigt, kann der konsumbasierte Ansatz – im Gegensatz zum produktionsorientierten Ansatz – den Anreiz für Wettbewerbsnachteile und carbon leakage¹⁰⁾ deutlich verringern¹¹⁾. Weitere für den weltweiten Klimaschutz kontraproduktive Anreize der produktionsorientierten Treibhausgasinventur könnten vermieden werden. So könnten die inländischen Treibhausgasemissionen durch Forcierung einer Kreislaufwirtschaft potentiell steigen, bei gleichzeitiger absoluter Verringerung der weltweiten Emissionen, wenn etwa eine Steigerung der inländischen Reuse- oder Recycling-Quote die weltweiten Treibhausgasemissionen durch die Vermeidung des Abbaues von Primärressourcen (meist im Ausland) und des weltweiten Transportes senkt. Die alleinige Betrachtung von produktionsbasierten Treibhausgasbilanzen würde entsprechende Aktivitäten negativ erscheinen lassen, obwohl sie weltweit betrachtet ein wichtiges Potential zur Senkung der Treibhausgasemissionen aufweisen¹²⁾.

Als weitere Vorteile eines konsumbasierten Treibhausgasemissionsansatzes werden genannt¹³⁾:

- Gleichheit und Gerechtigkeit (Übertragung der Verantwortung auf den Endkonsum) sowie das Fairness-Prinzip im Paris-Abkommen (und des Kyoto-Protokolls; größere Verantwortung für Länder mit hohen Treibhausgasemissionen in der Vergangenheit: "common but differentiated responsibilities and respective capabilities") können besser berücksichtigt werden.

¹⁰⁾ Unter carbon leakage versteht man zum einen die Verlagerung von treibhausgasintensiven Branchen in andere Länder angesichts strenger Umweltauflagen (strong carbon leakage) und zum anderen den Anstieg der weltweiten Treibhausgasemissionen durch erhöhten Konsum (weak carbon leakage). Carbon leakage wird dabei oft als (ungewollter) Transfer von Emissionen von Ländern mit hohem Einkommen bzw. Annex-I-Ländern des UNFCCC hin zu Ländern mit niedrigerem oder mittlerem Einkommen bzw. Nicht-Annex-I-Ländern des UNFCCC gesehen (siehe z. B. *Barrett et al.*, 2011, *Peters – Hertwich*, 2008).

¹¹⁾ So könnte bei der Einführung von konsumbasierten CO₂-Steuern eine border tax adjustment umgesetzt werden, d. h. importierte Güter würden auf Grundlage ihres impliziten CO₂-Gehaltes an der Grenze besteuert. Die Effizienz und realistische Umsetzung einer solchen Steuer ist aber umstritten (z. B. *Jakob – Steckel – Edenhofer*, 2014); ohne Umverteilungsmechanismen könnten negative Wohlstandseffekte auf Länder mit niedrigerem Einkommen und hoher CO₂-Intensität die Folge sein (*Afionis et al.*, 2017).

¹²⁾ Recycling oder Reuse-Aktivitäten können natürlich ebenfalls ins Ausland verlagert werden.

¹³⁾ *Chakravarty et al.* (2009), *Davis – Caldeira* (2010), *Wiebe et al.* (2012), *Wiedmann* (2009), *Ivanova et al.* (2017), *Peters – Hertwich* (2008), *Wiedmann* (2009), *Afionis et al.* (2017), *Barrett et al.* (2011), *Barrett – Scott* (2012), *Wiedmann* (2009).

- Weltweite Standards für die Berechnung von konsumbasierten Treibhausgasemissionen können gesetzt werden.
- Kommunikation und Verhalten von Konsumenten und Konsumentinnen können besser beeinflusst werden.

Als nachteilig erweisen sich die großen Unsicherheiten in den Berechnungen, der Bedarf an internationalen Übereinkünften hinsichtlich Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung der Bilanzen sowie mühsame Verhandlungen zu weltweiten Standards.

Eine konsumbasierte Treibhausgasinventur sollte aber nicht als Ersatz für die bestehende Treibhausgasinventur gesehen werden, sondern als eine notwendige *Ergänzung*. Es wäre demnach sinnvoll, sowohl produktions- als auch konsumseitige Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen zu setzen. Die derzeit wohl realistischste Umsetzung ist die der freiwilligen Umsetzung bzw. der verpflichtenden Berichterstattung über konsumbasierte Treibhausgasemissionen.

3. Literaturhinweise

- Afionis, S., Sakai, M., Scott, K., Barrett, J., Gouldson, A., "Consumption-based carbon accounting: does it have a future?", Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2017, 8(1), <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcc.438/abstract>.
- Barrett, J., Le Quéré, C., Lenzen, M., Peters, G., Roelich, K., Wiedmann, T., UK Energy Research Centre Response to the Energy and Climate Change Committee Consultation on Consumption-based Emission Reporting, UKERC, London, 2011.
- Barrett, J., Scott, K., "Link between climate change mitigation and resource efficiency: A UK case study", Global Environmental Change, 2012, 22, S. 299-307, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.003>.
- Buchgraber, K., Resch, R., Blashka, A., Entwicklung, Produktivität und Perspektiven der österreichischen Grünlandwirtschaft. 9. Alpenländisches Expertenforum 27.-28. März 2003, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein, 2003.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Indikatoren-Bericht MONE Juni 2013, "Arbeitsgruppe Indikatoren" des Komitees für ein Nachhaltiges Österreich in Abstimmung mit den NachhaltigkeitskoordinatorInnen der Länder, Wien, 2013.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), EU-Wasser-rahmenrichtlinie 2000/60/EG – Österreichischer Bericht der Ist-Bestandsanalyse 2013, Wien, 2014.
- Chakravarty, S., Chikkatur, A., de Coninck, H., Pacala, S., Socolow, R., Tavoni, M., "Sharing global CO2 emission reductions among one billion high emitters", Proceedings of the National Academy of Sciences, 2009, 106, S. 11884-11888, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0905232106>.
- Chancel, L., Piketty, T., Carbon and inequality: from Kyoto to Paris, Paris School of Economics, Paris, 2015.
- Davis, S. J., Caldeira, K., "Consumption-based accounting of CO2 emissions", Proceedings of the National Academy of Sciences, 2010, 107, S. 5687-5692, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0906974107>.
- Davis, S. J., Peters, G. P., Caldeira, K., "The supply chain of CO2 emissions", Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011, 108, S. 18554-18559, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1107409108>.
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S., "Recent developments in Life Cycle Assessment", Journal of Environmental Management, 2009, 91, S. 1-21, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>.
- IPCC, "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme", in Egglestone, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Hrsg.), IGES, Kanagawa, 2008.
- Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R., Hertwich, E. G., "Mapping the carbon footprint of EU regions", Environmental Research Letters, 2017, 12(5), <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6da9>.
- Jakob, M., Steckel, J. C., Edenhofer, O., "Consumption- Versus Production-Based Emission Policies", Annual Review of Resource Economics, 2014, 6, S. 297-318, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-resource-100913-012342>.
- Kettner-Marx, C., Kirchner, M., Kletzan-Slamani, D., Köppl, A., Meyer, I., Sinabell, F., "Aktuelle Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft. Sonderthema: Das Klimaschutzabkommen von Paris", WIFO-Monatsberichte, 2016, 89(7), S. 511-524, <http://monatsberichte.wifo.ac.at/58910>.
- Kletzan-Slamani, D., Sinabell, F., Pennerstorfer, D., Böhs, G., Schönhart, M., Schmid, E., Ökonomische Analyse 2013 auf der Grundlage der Wasserrahmenrichtlinie, WIFO und Universität für Bodenkultur Wien, Wien, 2014, <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/50929>.
- Köppl, A., Kettner-Marx, C., Schleicher, St., Hofer, Ch., Köberl, K., Schneider, J., Schindler, I., Krutzler, Th., Gallauner, Th., Bachner, G., Schinko, Th., Steininger, K. W., Jonas, M., Zebrowski, P., ClimTrans2050 – Modelling Low Energy and Low Carbon Transformations. The ClimTrans2050 Research Plan, WIFO, Umweltbundesamt, Wegener Center und IIASA, Wien, 2016, <http://www.wifo.ac.at/www/pubid/58890>.

- Muñoz, P., Steininger, K. W., "Austria's CO2 responsibility and the carbon content of its international trade", *Ecological Economics*, 2010, 69, S. 2003-2019, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.017>.
- Muñoz, P., Steininger, K. W., Consumption-Based Emissions of Austria. Fact Sheet, Innovate – Austrian Climate Research Programme, Wegener Center, Graz, 2015.
- Nakano, S., Okamura, A., Sakurai, N., Suzuki, M., Tojo, Y., Yamano, N., "The Measurement of CO2 Embodiments in International Trade", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2009, <http://dx.doi.org/10.1787/227026518048>.
- Peters, G. P., "From production-based to consumption-based national emission inventories", *Ecological Economics*, 2008, 65, S. 13-23, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.10.014>.
- Peters, G. P., Hertwich, E. G., "CO2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy", *Environmental Science & Technology*, 2008, 42, S. 1401-1407, <http://dx.doi.org/10.1021/es072023k>.
- Peters, G. P., Minx, J. C., Weber, C. L., Edenhofer, O., "Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108, S. 8903-8908, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1006388108>.
- Resch, R., Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum, 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 2007.
- Rowley, H. V., Lundie, S., Peters, G. M., "A hybrid life cycle assessment model for comparison with conventional methodologies in Australia", *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2009, 14, S. 508-516, <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-009-0093-5>.
- Sommer, M., Kratena, K., "The Carbon Footprint of European Households and Income Distribution", *Ecological Economics*, 2017, 136, S. 62-72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.12.008>.
- Statistik Austria, Landwirtschaftliche Gesamtrechnung für Österreich 2016. Schnellbericht, Wien, 2017.
- Steininger, K. W., Lininger, C., Meyer, L. H., Muñoz, P., Schinko, Th., "Multiple carbon accounting to support just and effective climate policies", *Nature Climate Change* advance online publication, 2015, <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2867>.
- Umweltbundesamt, "Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2015 – Submission under Regulation (EU) No 525/2013", Report, 2017, (0598).
- Weber, C. L., Matthews, H. S., "Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint", *Ecological Economics*, 2008, 66, S. 379-391, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.021>.
- Wiebe, K. S., Bruckner, M., Giljum, S., Lutz, C., "Calculating Energy-Related CO2 Emissions Embodied in International Trade Using a Global Input-Output Model", *Economic Systems Research*, 2012, 24, S. 113-139, <http://dx.doi.org/10.1080/09535314.2011.643293>.
- Wiebe, K. S., Yamano, N., "Estimating CO2-Emissions Embodied in Final Demand and Trade Using the OECD ICIO 2015: Methodology and Results", OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2016, (2016/05), <http://dx.doi.org/10.1787/5f1ircm216xkl-en>.
- Wiedmann, T., "A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting", in "Special Section: Analyzing the global human appropriation of net primary production – processes, trajectories, implications", *Ecological Economics*, 2009, 69(2), S. 211-222, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.026>.
- Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K., Barrett, J., "Examining the global environmental impact of regional consumption activities – Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade", *Ecological Economics*, 2007, 61(1), S. 15-26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.003>.
- Wieland, H., "Der Carbon Footprint Österreichs: Eine Zeitreihenanalyse von 1970 bis 2012", *Klimapolitik und Systemwandel*, 2016, 3, S. 19-29.
- Windspurger, A., climAconsum – Modellierung von lebenszyklusbasierten Treibhausgasemissionen des österreichischen Konsums (7th Call Austrian Climate Research Programme, Publizierbarer Zwischenbericht KR14AC7K11791), Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten, 2015.