

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

Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2019

Sonderthema: Klimaschutz, Ressourcenproduktivität und das Konzept der Kreislaufwirtschaft

Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft 2019. Sonderthema: Klimaschutz, Ressourcenproduktivität und das Konzept der Kreislaufwirtschaft

Die reale Wirtschaftsleistung (+3%) und der Bruttoinlandsverbrauch an Energie (+2%) entwickelten sich 2017 ähnlich, zwischen der Entwicklung von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung konnte jedoch eine relative Entkoppelung erzielt werden. Die Zunahme der Treibhausgasemissionen (+3,3%) lag hingegen über dem Wirtschaftswachstum. Dies bedeutet eine Verfestigung der Emissionsintensität der österreichischen Wirtschaft. Der 2005 eingeleitete rückläufige Trend konnte somit nicht wiederaufgenommen werden. Dies war auf den Anstieg der Emissionen im Emissionshandelsbereich (+5,2%) zurückzuführen, insbesondere die CO₂-Emissionen der Industrie wuchsen kräftig (+4,8%), aber auch in der Energiewirtschaft (+6%) und im Verkehrssektor (+3,2%) nahmen die Emissionen zu. In einem Sonderthema befasst sich der vorliegende Bericht mit der Ressourcenintensität und dem potentiellen Beitrag einer Kreislaufwirtschaft zur Senkung von Treibhausgasemissionen.

Key Indicators of Climate Change and the Energy Sector in 2019. Special Topic: Climate Mitigation, Resource Management and the Concept of the Circular Economy

Real economic output (+3 percent) and gross domestic energy consumption (+2 percent) developed similarly in 2017, but a relative decoupling was achieved between the development of energy consumption and economic output. By contrast, the increase in greenhouse gas emissions (+3.3 percent) exceeded economic growth. This means a solidification of the emission intensity of the Austrian economy. The downward trend initiated in 2005 could therefore not be resumed. This was due to the increase in emissions in the emissions trading sector (+5.2 percent), in particular of industrial CO₂ emissions (+4.8 percent), but emissions also increased in the energy supply (+6 percent) and in the transport sectors (+3.2 percent). In a special topic, this report deals with resource intensity and the potential contribution of a circular economy to reducing greenhouse gas emissions.

Kontakt:

Mag. Claudia Kettner-Marx, MSc:	WIFO, 1030 Wien, Arsenal, Objekt 20, claudia.kettner@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, CO₂-Steuern

Begutachtung: Andreas Reinstaller • **Wissenschaftliche Assistenz:** Katharina Köberl (katharina.koeberl@wifo.ac.at), Dietmar Weinberger (dietmar.weinberger@wifo.ac.at)

Der vorliegende zwölfte WIFO-Bericht über die Schlüsselindikatoren zu Klimawandel und Energiewirtschaft dokumentiert und analysiert die Entwicklung in den Bereichen Treibhausgasemissionen, Energieverbrauch und Wirtschaftsentwicklung auf Basis der neuesten Daten zu den Treibhausgasemissionen in Österreich 2017 (*Umweltbundesamt*, 2019A). Die Darstellung der Energiewirtschaft basiert auf der aktuellsten österreichischen Energiebilanz von Statistik Austria (Stand 2017), die entsprechenden Wirtschaftsdaten wurden dem WIFO-Daten-System Macrobond entnommen. Demnach wuchs das reale Bruttoinlandsprodukt 2017 (+3%) stärker als der Energieverbrauch (+2%), jedoch schwächer als die Treibhausgasemissionen (+3,3%). Die Emissionen der Industrie (+1,3 Mio. t) und des Verkehrssektors (+0,75 Mio. t) waren hier die Treiber.

Das Schwerpunktthema des vorliegenden Berichtes befasst sich mit dem Thema Klimaschutz und Ressourcenproduktivität und diskutiert das Konzept der Kreislaufwirt-

schaft als ein Instrument für eine höhere Ressourceneffizienz und die Vermeidung von Treibhausgasemissionen.

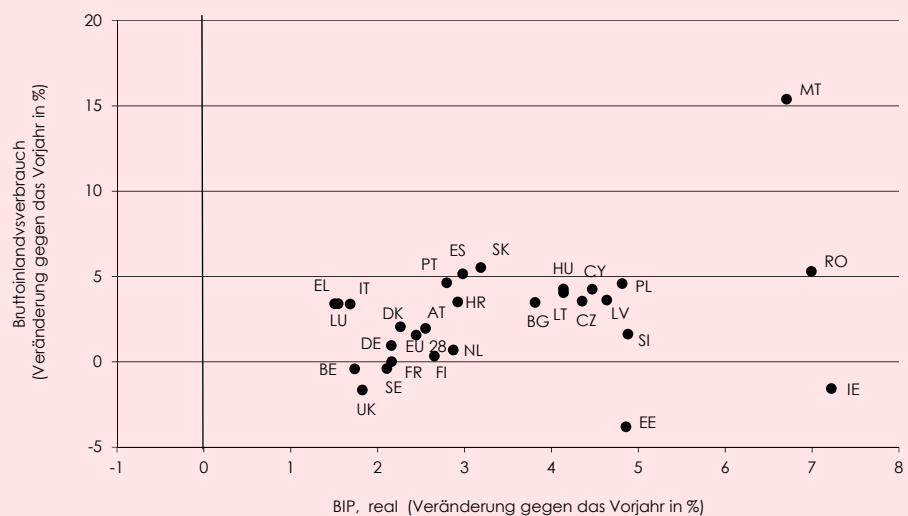
1. Indikatoren für Klima und Energie

1.1 Energetischer Bruttoinlandsverbrauch nimmt in der EU 28 zu

In der EU 28 wurde 2017 das dritte Jahr in Folge ein Anstieg des energetischen Bruttoinlandsverbrauches verzeichnet. Das Gesamtbild von Wirtschaftsentwicklung (BIP +2,4%) und Bruttoinlandsverbrauch (+1,6%) zeigt anhaltende relative Entkoppelung (Abbildung 1). Gedämpft wurde der Anstieg des Bruttoinlandsverbrauches vor allem durch den Rückgang des Einsatzes fossiler Festbrennstoffe (wie Kohle) in Deutschland (-301 PJ). Insgesamt nahm der Bruttoinlandsverbrauch 2017 jedoch aufgrund des Konjunkturaufschwunges in nur mehr 5 EU-Ländern ab (2016 in neun Ländern).

Überdurchschnittlich erhöhte sich der Bruttoinlandsverbrauch bei sonst recht gleichmäßiger Entwicklung in einigen osteuropäischen EU-Ländern. In Malta (+15,4%) wurde ein neues Gaskraftwerk¹⁾ in Betrieb genommen; der Wegfall von Stromimporten erhöht den Bruttoinlandsverbrauch an Energie. In Rumänien (+5,3%) schlug sich – nach mehreren Jahren schwacher Verbrauchssteigerung – die Beschleunigung des Wirtschaftswachstums in einer Zunahme der Endenergienachfrage von privaten Haushalten, Dienstleistungs- und Transportsektor nieder. In Irland hingegen stagnierte die Energienachfrage (-1,6%) nach zwei Jahren kräftiger Ausweitung. Ähnlich wie in Deutschland nahm in Irland vor allem der Einsatz fester fossiler Brennstoffe ab (-11,4 PJ).

Abbildung 1: Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauches an Energie in Relation zur BIP-Entwicklung in den EU-Ländern 2017



Q: Eurostat.

1.2 Stärkster Anstieg der Treibhausgasemissionen in Österreich seit der Finanzmarkt- und Wirtschaftskrise

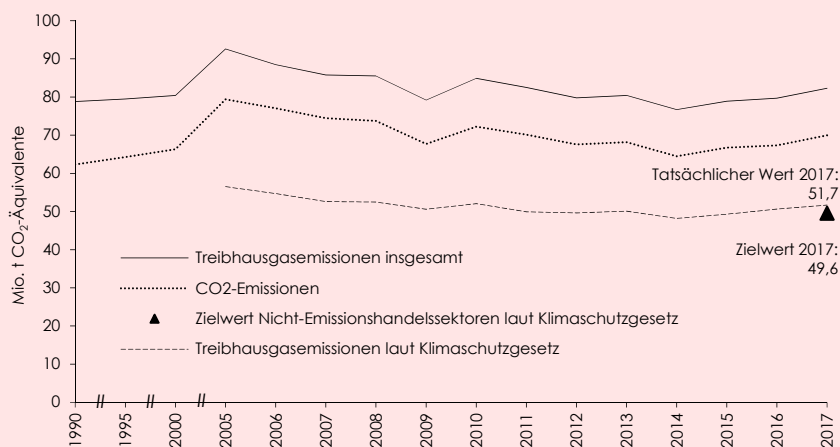
In Österreich stiegen die Treibhausgasemissionen (Abbildung 2) 2017 gegenüber 2016 um 3,3% (CO₂-Emissionen +4%). Der seit dem Jahr 2005 beobachtete rückläufige Trend setzt sich damit seit 2015 nicht fort. Die Emissionen erreichten nach aktuellen Berechnungen 2017 mit 82,3 Mio. t das Niveau von 2011 (82,5 Mio. t). Das österreichische Klimaschutzgesetz legt quantitative Einsparungsziele für Emissionen fest, die nicht dem EU-Emissionshandel unterliegen. Die entsprechende Obergrenze für das Jahr

¹⁾ <http://www.convex.at/projekte/kw-delimara/>.

2017 beträgt 49,6 Mio. t CO₂-Äquivalente²⁾. Die tatsächlichen Emissionen des Nicht-Emissionshandelsbereiches lagen mit 51,7 Mio. t CO₂-Äquivalenten um 2,1 Mio. t (4,3%) darüber.

Im Emissionshandelsbereich stiegen die Treibhausgasemissionen gegenüber dem Jahr 2016 um 1,6 Mio. t³⁾. Die Emissionshandelsanlagen⁴⁾ verursachten im Jahr 2017 Emissionen an Treibhausgasen von 30,6 Mio. t; davon entfielen 7,8 Mio. t (+0,7 Mio. t) auf die Verbrennung von Brennstoffen sowie 22,8 Mio. t (+0,9 Mio. t) auf Industrieprozesse (gemessen in CO₂-Äquivalenten).

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



Q: Umweltbundesamt.

1.3 Leichte relative Entkopplung von Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum in Österreich

Seit 2014 entwickeln sich BIP, Bruttoinlandsverbrauch an Energie und Treibhausgasemissionen in Österreich weitgehend parallel (Abbildung 3) und kontinuierlich steigend. 2017 wuchs das BIP im Vorjahresvergleich um 3%, der Bruttoinlandsverbrauch um 2% und die Treibhausgasemissionen um 3,3%. Damit war eine leichte relative Entkopplung von Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum bzw. ein Rückgang der Energieintensität des Wirtschaftswachstums festzustellen, während die Treibhausgasintensität der Wirtschaftsleistung leicht zunahm, weil verstärkt emissionsintensive fossile Energieträger eingesetzt wurden.

1.4 Anstieg der Treibhausgasemissionen vor allem in Industrie, Energiewirtschaft und Verkehrssektor

Im Vorjahresvergleich stiegen die Treibhausgasemissionen 2017 vor allem in den Sektoren Industrie (+1,3 Mio. t CO₂-Äquivalente bzw. +4,8%), Energiewirtschaft (+0,6 Mio. t CO₂-Äquivalente bzw. +6%) und Verkehr (+0,7 Mio. t CO₂-Äquivalente bzw. 3,2%; Abbildung 4). In der Abfallwirtschaft und in der Landwirtschaft waren sie hingegen rückläufig (jeweils -0,1 Mio. t CO₂-Äquivalente, Landwirtschaft -0,8%, Abfallwirtschaft -4,7%).

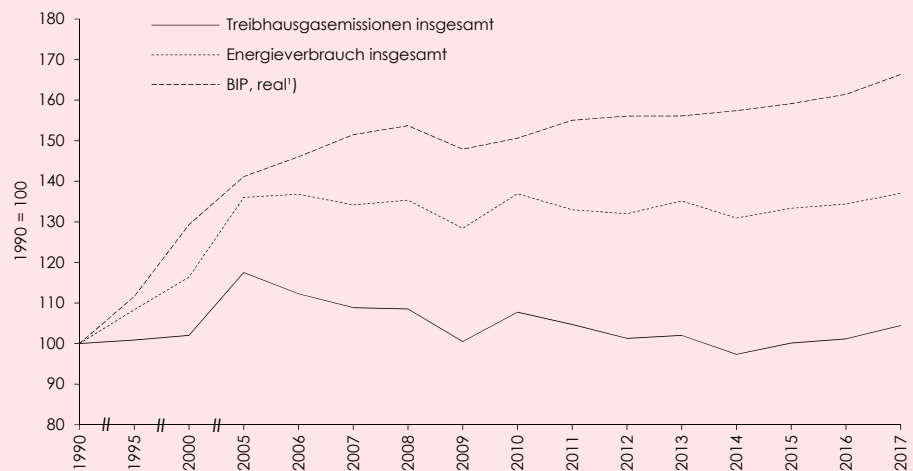
Der Anteil der Energiewirtschaft an den gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen stieg damit 2017 um 0,3 Prozentpunkte auf 13,6%. Der Anteil der Industrie erhöhte sich auf 34,3% (+0,5 Prozentpunkte), während jener des Verkehrssektors unverändert blieb (29,5%) und die Anteile von Kleinverbrauch (-0,3 Prozentpunkte auf 11,3%), Landwirtschaft (-0,4 Prozentpunkte auf 8,9%) und Abfallwirtschaft (-0,2 Prozentpunkte auf 1,8%) leicht zurückgingen.

²⁾ Angepasster Pfad ab 2017 gemäß Beschluss (EU) 2017/1471 der Europäischen Kommission vom 10. August 2017.

³⁾ Für die Emissionshandelssektoren im EU-ETS gilt ein EU-weit einheitliches Einsparungsziel von -21% gegenüber 2005.

⁴⁾ European Environment Agency, EU Emissions Trading System (ETS) data viewer.

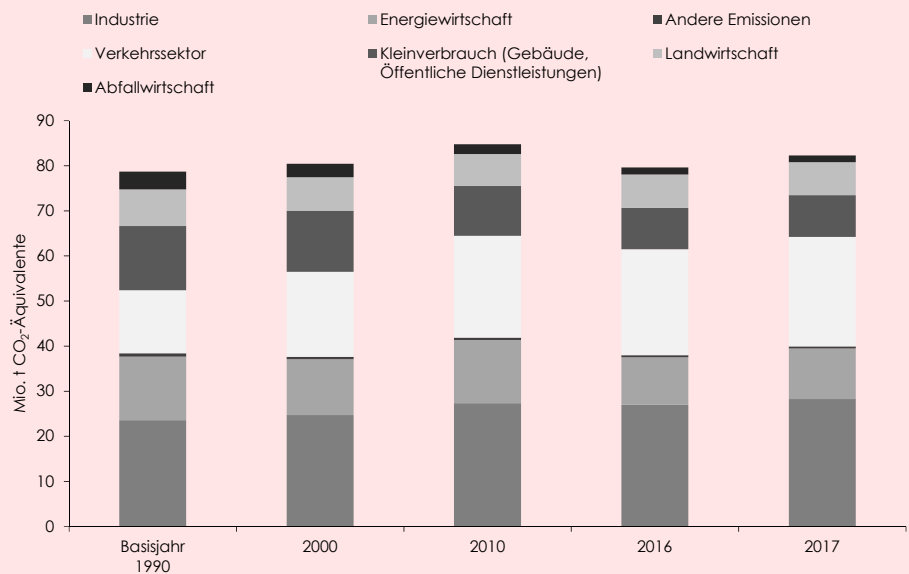
Abbildung 3: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Vergleich zum BIP in Österreich



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

Die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors waren 2017 um drei Viertel höher als 1990 (+73,6%), jene der Industrie um ein Fünftel (+19,9%). Die Emissionen des Verkehrssektors stiegen in der Teilperiode 1990/2000 am stärksten (+3,2% p. a.), die Emissionen der Industrie in der Teilperiode 2000/2010 (+1% p. a.). Alle anderen Sektoren senkten ihre Emissionen seit 1990 deutlich (Gebäude –34,8%, Energiewirtschaft –20,6%, Abfallwirtschaft –62,2%, Landwirtschaft –10,2%).

Abbildung 4: Verursacher der Treibhausgasemissionen in Österreich



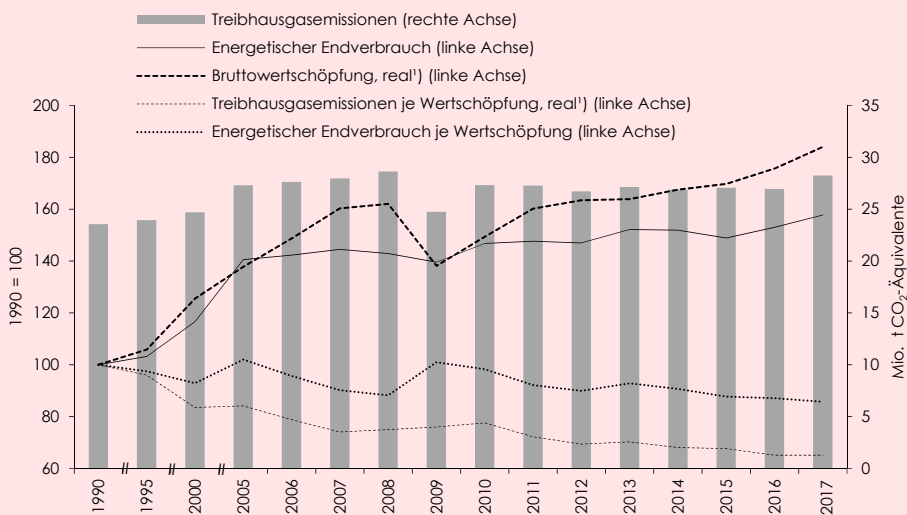
Q: Umweltbundesamt.

1.5 Treibhausgasemissionen der Industrie kräftig gestiegen

Die Treibhausgasemissionen der Industrie machen etwa ein Drittel der Gesamtemissionen aus und stagnierten seit Anfang der 2010er-Jahre (Abbildung 5). 2017 erhöhten sie sich um 4,8% auf 28,2 Mio. t CO₂-Äquivalente; das entsprach dem Zuwachs der realen Bruttowertschöpfung. Der Endenergieverbrauch wuchs hingegen um nur 3,1%. Daher sank die Energieintensität um 1,6% (Endenergieverbrauch je Bruttowertschöpfung), während die Treibhausgasintensität der Bruttowertschöpfung konstant blieb. Der Anstieg der Emissionen war insbesondere auf eine Zunahme der Prozessemissionen zurückzuführen, spiegelt aber auch ein deutliches Wachstum der energiebeding-

ten CO₂-Emissionen in der Eisen- und Stahlindustrie sowie in der chemischen Industrie wider.

Abbildung 5: Treibhausgasemissionen, Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung der Industrie



Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2017; WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond. – ¹⁾ Sachgüterzeugung einschließlich Bergbau, zu Herstellungspreisen, Referenzjahr 2010.

1.6 Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors wachsen leicht überdurchschnittlich

Der Verkehrssektor⁵⁾ war auch im Jahr 2017 mit einem Anteil von 29,5% (23,7 Mio. t CO₂-Äquivalente)⁶⁾ nach der Industrie der zweitgrößte Emittent von Treibhausgasen in Österreich. Die Emissionen nahmen 2017 das dritte Jahr in Folge zu (+2,9%), weil die Fahrleistung und der Absatz von Dieselmotoren stiegen, während jener von Biotreibstoffen sank. Die Beimischung von Biotreibstoffen übersteigt zwar mit 6,1% das in der Kraftstoffverordnung festgesetzte Substitutionsziel von 5,75%, war jedoch 2016 und 2017 rückläufig, weil die Reinverwendung von Biodiesel 2017 gegenüber dem Vorjahr um 59% abnahm (BMNT, 2018). Aus diesem Grund erhöhte sich der Energieverbrauch schwächer als die Treibhausgasemissionen. Der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors stieg 2017 um 1,3% auf 394 PJ, den höchsten Wert seit 1990.

Die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors stiegen 2017 im selben Ausmaß wie das reale BIP. Somit war weiterhin keine Trendwende oder Entkoppelung vom Wirtschaftswachstum zu verzeichnen (Abbildung 6). Insgesamt waren sie 2017 mit 23,7 Mio. t CO₂-Äquivalenten um 71,8% höher als 1990 (13,8 Mio. t CO₂-Äquivalente).

Knapp 97% der Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors entfielen im Jahr 2017 in Österreich auf den Straßenverkehr, etwa 61% davon auf den Pkw-Verkehr (Benzin- und Dieselmotoren) und 38% auf den Betrieb von Schwerlastfahrzeugen und Bussen (Umweltbundesamt, 2019A). Seit 1990 erhöhten sich die Emissionen des Straßenverkehrs von 8,8 Mio. t auf 14,2 Mio. t CO₂-Äquivalente. Die Emissionen von benzinbetriebenen Pkw sanken weiter, während jene von Diesel-Pkw neuerlich stiegen. Die Fahrleistung von Pkw war 2017 um 2%, jene von Lkw und Bussen (im hochrangigen Straßennetz) um 3% höher als im Vorjahr.

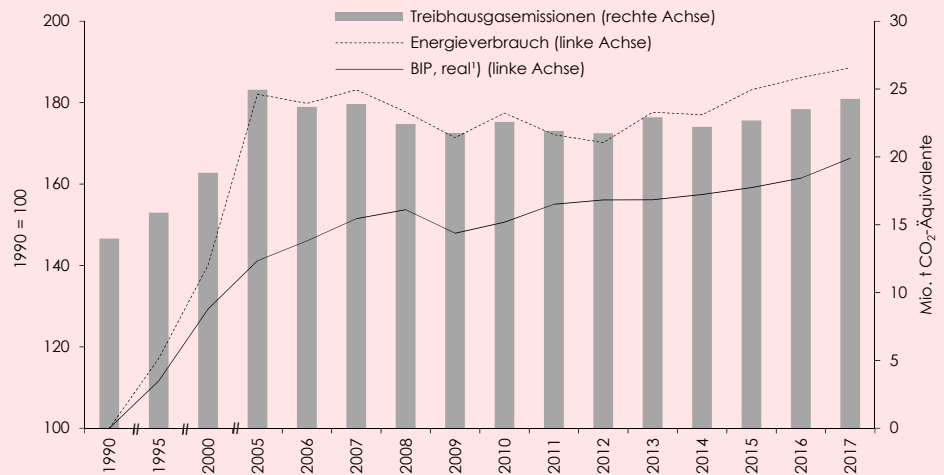
Die Emissionen des Verkehrs mit schweren Nutzfahrzeugen nahmen von 1990 bis 2017 von 3,5 auf 7,3 Mio. t CO₂-Äquivalente zu (+108%). Zwischen 2005 und 2015 war ein leichter Rückgang zu beobachten, seither ein neuerlicher Anstieg. Der Kraftstoffexport im Tank hat hier besondere Bedeutung: Ein Teil der im Inland verkauften Kraftstoffmengen wird im Ausland verfahren, da die Kraftstoffpreise in Österreich nach wie vor

⁵⁾ Der Energieverbrauch und die Emissionen des Verkehrssektors werden auf Basis der in Österreich abgesetzten Treibstoffmengen berechnet.

⁶⁾ Einschließlich des nationalen Flugverkehrs (0,1 Mio. t CO₂-Äquivalente).

niedriger sind als im benachbarten Ausland. Im Jahresdurchschnitt 2017 lag der Preis von Dieselkraftstoff mit 1,05 € je Liter auf Rang 21 in der EU und um 0,107 € unter dem EU-Durchschnitt bzw. um rund 0,06 € unter dem Preis in Deutschland und um 0,28 € unter jenem in Italien.

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

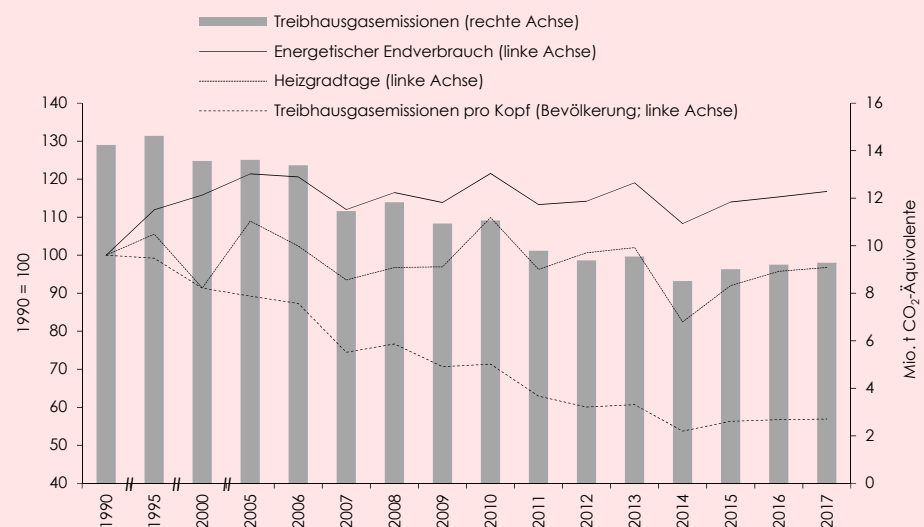


Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2017. – ¹⁾ Referenzjahr 2010.

1.7 Treibhausgasemissionen aus dem Kleinverbrauch nehmen unterdurchschnittlich zu

Auch in den Sektoren private Haushalte, Dienstleistungen und Landwirtschaft stiegen das dritte Jahr in Folge sowohl der Endenergieverbrauch als auch die Treibhausgasemissionen. Der Endenergieverbrauch betrug 398 PJ (+1% gegenüber dem Vorjahr und knapp +8% gegenüber dem Tiefstwert von 2014). Die Treibhausgasemissionen aus dem Kleinverbrauch waren 2017 ebenfalls höher als im Vorjahr (+1%; Abbildung 7).

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



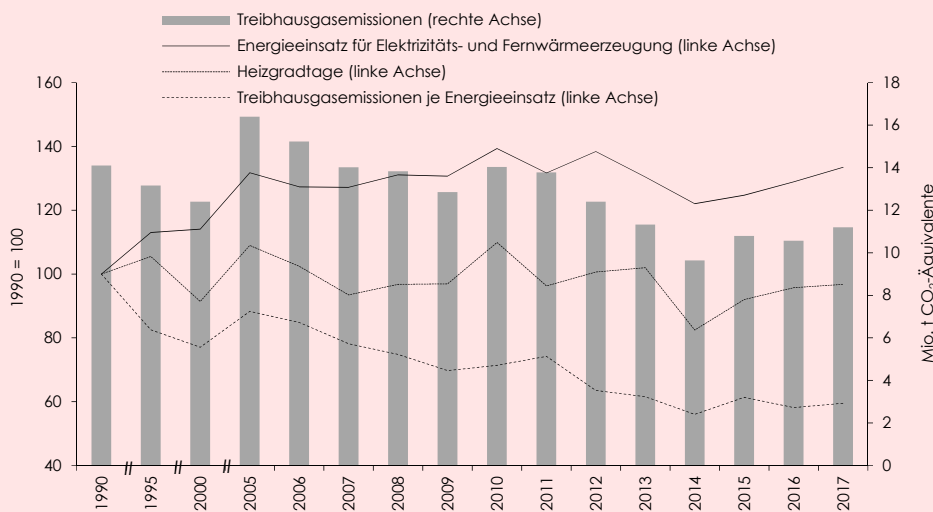
Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2017; WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond.

Der Anstieg der Treibhausgasemissionen spiegelt die Zunahme des Energieverbrauches für Heizzwecke wider, da die Zahl der Heizgradtage gegenüber 2016 ebenfalls in dieser Größenordnung zunahm. Auch im Bereich der Raumwärmeerzeugung gleicht die Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger den Mehrverbrauch an fossilen Energieträgern (vor allem Heizöl: +3,1%) nicht aus, eine Trendwende ist – unabhängig von den Wetterbedingungen – nicht zu beobachten. Die Zunahme der Treibhausgasemissionen ist somit ein Ergebnis des nach wie vor hohen Anteils fossiler Energieträger (43%) im Bereich der Raumwärmeerzeugung⁷⁾ (Statistik Austria, 2019). Insgesamt entfielen 2017 auf die Nutzenergiekategorie "Raumheizungen und Klimaanlagen" 67% des energetischen Endverbrauches der Sektoren private Haushalte, Dienstleistungen und Landwirtschaft.

1.8 Deutliche Zunahme der Treibhausgasemissionen aus der Bereitstellung von Elektrizität und Fernwärme

Im Gegensatz zum Vorjahr, als ein leichter Rückgang zu vermerken war, stiegen die Treibhausgasemissionen im Bereich der Bereitstellung von Elektrizität und Fernwärme 2017 (+6% von 10,6 Mio. t auf 11,2 Mio. t CO₂-Äquivalente). Der Energieeinsatz für die Erzeugung von Elektrizität und Fernwärme erhöhte sich etwas weniger (+3,6% gegenüber dem Vorjahr). Ausschlaggebend für diese Divergenz war eine massive Zunahme der Elektrizitätserzeugung in großen Gaskraftwerken. Die Erzeugung aus erneuerbaren Energieträgern blieb im Vorjahresvergleich weitgehend unverändert, der Rückgang der Wasserkraftproduktion wurde durch die Steigerung der Stromerzeugung aus Windkraft und Photovoltaik knapp überkompensiert. Insgesamt erhöhte sich die inländische Elektrizitätserzeugung im Jahr 2017 um 3,4% (Abbildung 8).

Abbildung 8: Treibhausgasemissionen und Energieeinsatz für Elektrizitäts- und Fernwärmeerzeugung



Q: Umweltbundesamt; Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2017; WDS – WIFO-Daten-System, Macrobond.

1.9 Anteil erneuerbarer Energie am Bruttoinlandsverbrauch etwas niedriger

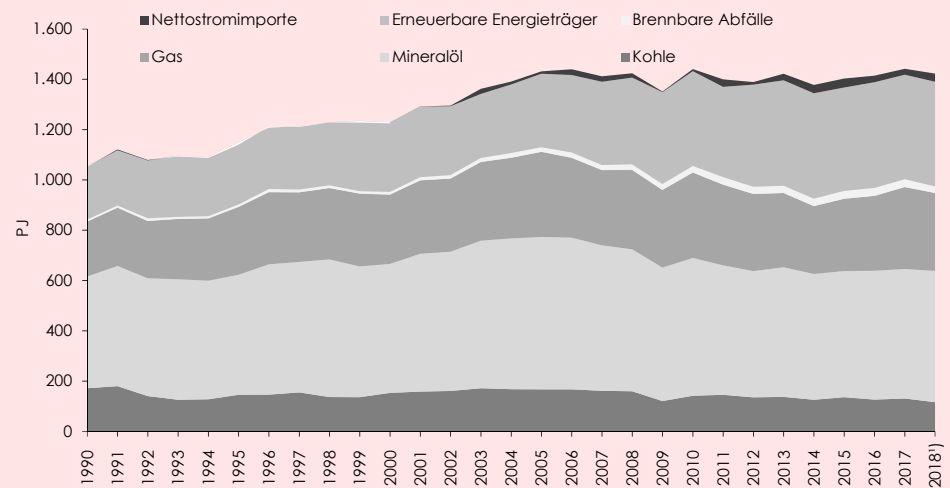
Der Bruttoinlandsverbrauch an Energie wuchs in Österreich im langfristigen Trend (1990/2017) um 1,2% p. a. Das Energieangebot aus erneuerbaren Energieträgern hat sich in diesem Zeitraum mit +2,5% p. a. von 211 PJ auf 416 PJ fast verdoppelt. Dieser langfristige Zuwachs der Nutzung erneuerbarer Energie ändert aber nichts an der dominanten Rolle fossiler Energieträger im österreichischen Energiesystem, da der Bruttoinlandsverbrauch noch stärker zunahm. Nach einer geringfügigen Abnahme zwi-

⁷⁾ Laut Kategorie "Raumheizungen und Klimaanlagen" der Nutzenergieanalyse.

schen 2002 und 2016 erhöhte sich der Anteil fossiler Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch 2017 um 0,8 Prozentpunkte auf 71,2%.

Die im Sommer 2019 von Statistik Austria veröffentlichte vorläufige Energiebilanz für 2018 geht von einem Bruttoinlandsverbrauch von 1.422 PJ aus. Das würde eine Abnahme gegenüber der Energiebilanz 2017 um 19,5 PJ bzw. 1,4% bedeuten, sofern keine weiteren Datenrevisionen erfolgen. Schwankungen des Energieverbrauches spiegeln Veränderungen des BIP und der Außentemperaturen wider. 2018 hatten die milden Temperaturen größeren Einfluss als die Wirtschaftsentwicklung – das reale BIP stieg 2018 um 2,7% (Abbildung 9).

Abbildung 9: Bruttoinlandsverbrauch nach Energieträgern in Österreich



Q: Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2017. – 1) Vorläufige Energiebilanz Österreich 2018.

Die Struktur des Bruttoinlandsverbrauches an Energie verlagert sich langfristig (1990/2017) zwar zugunsten der erneuerbaren Energieträger (von etwa 20% im Jahr 1990 auf knapp 30% 2017), allerdings flachte diese Tendenz in den letzten Jahren ab. 2017 ging der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch um knapp 1 Prozentpunkt zurück. Der Verbrauch an fossilen Energieträgern erhöhte sich von 2016 auf 2017 um 3,2% (Erdgas +9,6%, Kohle +3,6%).

1.10 Vorläufige Energiebilanz 2018: deutlicher Zuwachs der Nettostromimporte

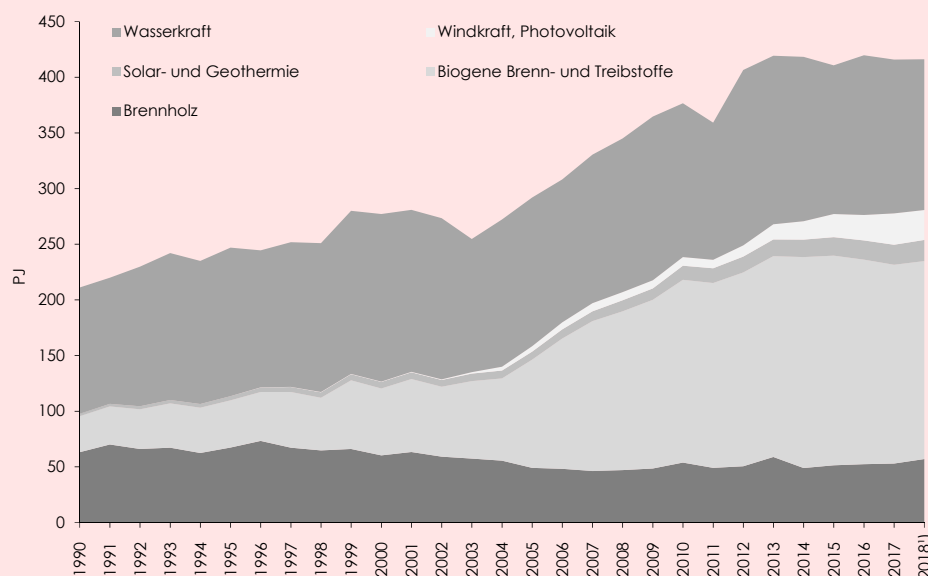
Seit 1990 drehte sich die Nettostromimportquote (Anteil der Nettostromimporte am Endverbrauch an Elektrizität) von einem leichten Exportüberschuss zu einem Importüberhang von 10,4% 2017. Die Nettostromimporte fielen 2017 geringer aus als im Vorjahr (Abbildung 9): Die Stromexporte stiegen um 18,8%, die Stromimporte um nur 11,3%. 2017 wurden 29.362 GWh importiert (2016: 26.366 GWh) und 22.816 GWh exportiert (2016: 19.206 GWh; Übersicht 1). Diese Entwicklung war jedoch nicht durch einen Rückgang der inländischen Elektrizitätsnachfrage, sondern durch den Anstieg der heimischen Stromproduktion um 3,3% (von 65.271 GWh auf 67.442 GWh) zu erklären.

Laut der vorläufigen Energiebilanz 2018 erhöhten sich die Nettostromimporte deutlich, vor allem weil die Stromexporte um 13 PJ sanken (Stromimporte –1,4 PJ; Übersicht 1). Der Verbrauch an erneuerbaren Energieträgern verharrte mit 416 PJ auf dem Niveau von 2017, wegen des Rückganges des Bruttoinlandsverbrauches insgesamt nahm ihr Anteil aber auf 29,3% zu. Gegenüber dem Ziel einer Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energie am Bruttoinlandsverbrauch auf 34% bis zum Jahr 2020 bestand auch 2018 eine beträchtliche Lücke.

Die Abflachung der langfristigen Strukturverschiebung zu den erneuerbaren Energieträgern wird auch durch die vorläufige Energiebilanz für 2018 bestätigt (Abbildung 9).

gen 9 und 10). Innerhalb der erneuerbaren Energiequellen veränderte sich die Verbrauchsstruktur erheblich: Waren Anfang der 1990er-Jahre 80% auf die beiden Energiequellen Wasserkraft und Brennholz entfallen, so waren biogene Brenn- und Treibstoffe 2017 mit einem Anteil von 43% bzw. 119 PJ die wichtigsten Energieträger. Der Anteil von Wasserkraft verringerte sich von 54% im Jahr 1990 auf ein Drittel 2017. Die neuen erneuerbaren Energieträger – Solarthermie, Geothermie, Windkraft und Photovoltaik – trugen 2017 11,1% zum Gesamtverbrauch an erneuerbarer Energie bei. Ihr Anteil am gesamten Bruttoinlandsverbrauch an Energie vervielfachte sich von 1% Anfang der 1990er-Jahre auf 11,1% 2017.

Abbildung 10: Bruttoinlandsverbrauch an erneuerbaren Energieträgern



Q: Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2017. – 1) Vorläufige Energiebilanz Österreich 2018.

1.11 2018 hohe Ausgaben für Energieimporte wegen Rohölverteuerung

Österreich ist in erheblichem Maße vom Energieimport abhängig; dies spiegelt sich sowohl in der Energiebilanz als auch in der monetären Außenhandelsbilanz. Die nominellen Ausgaben für Energie waren 2018 um fast 20% höher als 2017, vor allem wegen der Rohölverteuerung. 1 PJ Erdöl war 2018 mit 11 € um 2 € teurer als 2017; Dieselkraftstoff und Benzin kosteten 2017 mit 14 € je PJ gleich viel wie im Vorjahr, 2018 verteuerte sich Dieselkraftstoff mit +3 € je PJ deutlich stärker als Benzin (+1 € je PJ). Dieser Preisauftrieb ging zum Teil auf die niedrige Wasserführung der Flüsse in Deutschland zurück, die die üblichen Vertriebswege von Dieselkraftstoff beeinträchtigte und temporäre Knappheiten bewirkte.

Die Einnahmen aus den Energieexporten nahmen 2018 um knapp 15% zu.

Sowohl im Export (-3%) als auch im Import (-0,3%) blieben die gehandelten Mengen gemäß der vorläufigen Energiebilanz 2018 leicht unter dem Vorjahresniveau. Die importierten Mengen von Erdöl nahmen jedoch um 15% zu. Die Export- und Importströme von Erdgas spiegeln die Transitfunktion Österreichs wider: Ein Teil der Importe wird direkt ins Ausland, insbesondere nach Italien weitergeleitet.

Im Außenhandel mit Energie ergab sich 2018 ein Defizit von 9,5 Mrd. €, das um 16 Mrd. € höher war als im Vorjahr. Gemessen an den Energiemengen verschlechterte sich der Außenhandelssaldo 2018 um 10 PJ.

Übersicht 1: Außenhandel mit Energieträgern

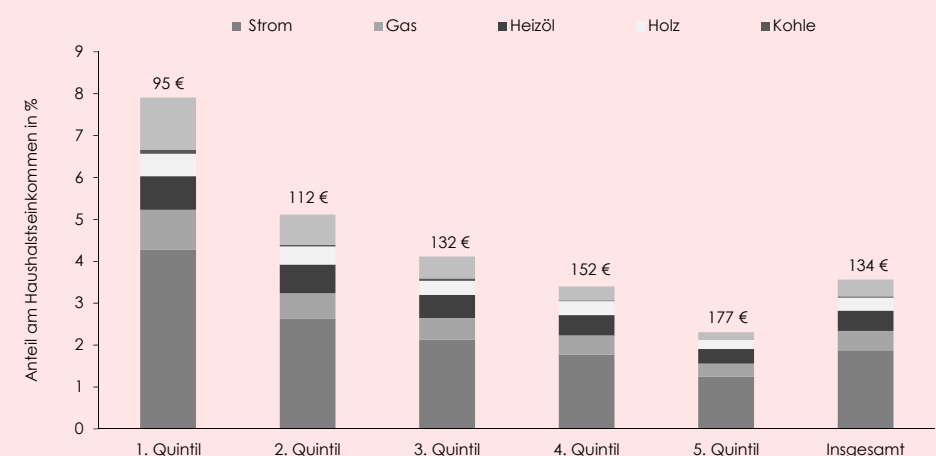
	Exporte				Importe				Saldo			
	2010	2015	2017	2018	2010	2015	2017	2018	2010	2015	2017	2018
	Mio. €											
Kohle	3	2	2	2	719	476	817	733	- 716	- 475	- 815	- 731
Erdöl	0	1	2	3	3.049	3.097	2.697	3.838	- 3.049	- 3.096	- 2.695	- 3.835
Heizöl	76	121	115	161	111	33	36	27	- 36	88	79	135
Benzin	376	476	430	583	689	499	434	436	- 313	- 23	- 4	146
Dieselmotorkraftstoff	570	478	513	679	3.342	2.177	2.538	2.989	- 2.771	- 1.699	- 2.026	- 2.311
Erdgas	813	315	333	337	2.867	2.701	2.605	2.997	- 2.055	- 2.387	- 2.272	- 2.660
Strom	1.289	857	964	943	810	1.103	1.074	1.144	479	- 246	- 111	- 201
Insgesamt	3.126	2.250	2.357	2.708	11.586	10.086	10.201	12.164	- 8.460	- 7.837	- 7.844	- 9.456
	PJ											
Kohle	0,2	0,3	0,0	0,1	141,5	118,0	130,3	113,6	- 141,3	- 117,7	- 130,3	- 113,5
Erdöl	0,0	0,0	0,0	0,0	288,8	344,6	306,8	354,2	- 288,8	- 344,6	- 306,8	- 354,2
Heizöl	9,9	21,6	18,0	19,2	7,1	0,5	2,8	2,7	2,8	21,1	15,2	16,5
Benzin	26,6	38,6	33,8	41,4	34,5	33,3	30,2	28,5	- 7,9	5,3	3,7	12,9
Dieselmotorkraftstoff	34,9	34,0	37,6	39,3	177,9	155,6	179,3	177,8	- 143,0	- 121,6	- 141,7	- 138,5
Erdgas	170,6	200,1	189,4	181,3	426,6	409,0	483,2	453,1	- 256,0	- 208,9	- 293,7	- 271,8
Strom	62,9	69,6	82,1	68,9	71,7	105,8	105,7	101,1	- 8,8	- 36,2	- 23,6	- 32,2
Insgesamt	305,1	364,1	361,1	350,2	1.148,2	1.166,8	1.238,3	1.230,9	- 843,1	- 802,6	- 877,2	- 880,7

Q: Statistik Austria, Energiebilanz Österreich 1970-2017, vorläufige Energiebilanz 2018, Außenhandelsstatistik; WDS – WIFO-Daten-System. Außenhandel in PJ für 2018 aus der vorläufigen Energiebilanz.

1.12 Energieausgaben belasten vor allem Haushalte im unteren Einkommensfünftel

Die Energieausgaben für Wohnen (z. B. Raumwärme, Elektrizität für Kochen, Energie für Warmwasser) machten 2017 im untersten Einkommensfünftel mehr als das Dreifache des Ausgabenanteils eines Haushaltes im obersten Fünftel aus (Abbildung 11). Absolut waren die Ausgaben im obersten Fünftel jedoch nur knapp doppelt so hoch wie in der einkommensschwächsten Gruppe. Die Ausgaben pro Haushalt und Monat spiegeln damit eine breite Spreizung nach dem Einkommen wider. Die Unterschiede ergeben sich aus Abweichungen hinsichtlich Energieeffizienz, Wohnungsgröße und Energiepreisen, aber auch Verhalten im Umgang mit Energie.

Abbildung 11: Anteil der Energieausgaben am Haushaltseinkommen 2017



Q: EU-SILC.

Knapp 8% des Haushaltseinkommens entfielen 2017 im untersten Einkommensfünftel auf Energieausgaben, während die Haushalte im obersten Fünftel nur 2,3% ihres Einkommens für Energie aufwandten.

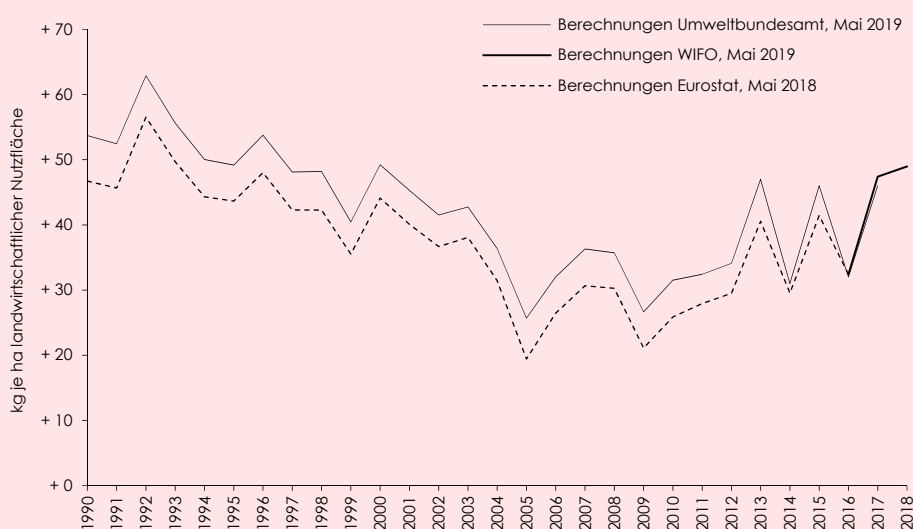
2. Stickstoffbilanz und Produktion von Biomasse in der österreichischen Landwirtschaft

Die wichtigsten Düngerarten der Landwirtschaft sind die essentiellen Pflanzennährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium. Weil bestimmte Stickstoffverbindungen chemisch leicht zu mobilisieren sind, werden Nährstoffe, die von Pflanzen nicht aufgenommen werden, bei ausreichender Wasserversorgung und abhängig von der Bodengüte relativ rasch ins Grundwasser verlagert. Andere Stickstoffverbindungen sind gasförmig und entweichen während oder nach dem Vorgang der Düngung in die Luft und gelangen in veränderter Form mit den Niederschlägen in den Wasserkreislauf.

Unabhängig von Umweltbedenken ist eine sparsame Nutzung von Stickstoff angebracht, 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 anziehen. Betriebe mit Tierhaltung können zudem die im Wirtschaftsdünger enthaltenen Nährstoffe in der Pflanzenproduktion rezyklieren und so den Stoffumsatz optimieren.

In der biologischen Landwirtschaft wird auf leicht lösliche mineralische Stickstoffdünger verzichtet. 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 Verkehrssektor, Haushalten, Landwirtschaft und Industrie stammen. Zum anderen können bestimmte Pflanzen Nährstoffe im Wurzelsystem aus Luftstickstoff synthetisieren. Durch geschickte Wahl der Fruchtfolge steht ein Teil dieses Depots auch für andere Pflanzen zur Verfügung.

Abbildung 12: Stickstoffbilanz



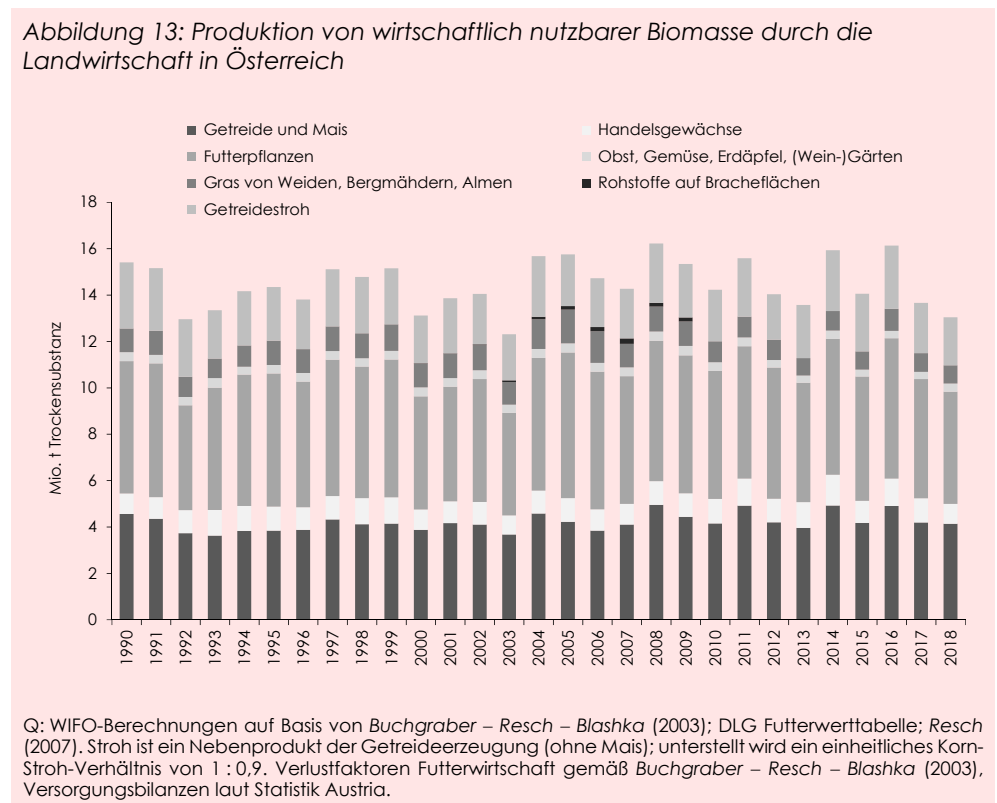
Q: Kletzan-Slamanig et al. (2014), OECD. Die Daten wurden anhand der OECD-Methode bis 2012 vom Umweltbundesamt (UBA) und ab 2013 vom WIFO ermittelt. Die Methoden von Eurostat und OECD unterscheiden sich im Hinblick auf die erfassten Flächen und Quellen (z. B. atmosphärische Deposition); Details dazu Kletzan-Slamanig et al. (2014).

Die Stickstoffbilanz gemäß der ursprünglich von der OECD entwickelten und nunmehr von Eurostat modifizierten Methode trägt diesen Zusammenhängen Rechnung (Abbildung 12). Die Nährstoffmengen aller Stickstoffquellen werden addiert und dem Entzug durch Pflanzen im Erntegut gegenübergestellt. Ist die Bilanz positiv, dann wurden mehr Nährstoffe in den Kreislauf der Landwirtschaft eingebracht als entzogen. Je höher der Bilanzüberschuss ist, umso größer ist die Gefahr einer Überschreitung der Speicherkapazität des Bodens und unerwünschter Verlagerungen mit potentiellen negativen Wirkungen auf das Grundwasser. 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 Stickstoffbilanzüberschüsse der Jahre 2013, 2015, 2017 und

2018 waren in erster Linie auf den geringeren Entzug von Nährstoffen durch das Erntegut zurückzuführen. 2016 waren die Erntemengen – abgesehen von Obst und Wein – deutlich höher als 2015. Wegen der niedrigen Nährstoffaufnahme erhöhte sich der berechnete Stickstoffüberschuss im Jahr 2018 auf 49 kg je Hektar. Gemäß den Berechnungen von Eurostat war der Überschuss in der Vergangenheit etwas kleiner (Abbildung 12). Methodische Unterschiede erklären die Abweichungen (Kletzan-Slamanig et al., 2014). Für das Jahr 2017 liegen noch keine Eurostat-Werte vor, allerdings sind seit Kurzem Ergebnisse des Umweltbundesamtes (2019B) verfügbar, die anhand einer aktualisierten Methode berechnet wurden (Abbildung 12).

Die Entscheidung über die Düngeintensität wird zu einem Zeitpunkt getroffen, zu dem noch nicht absehbar ist, ob die eingebrachten Nährstoffe auch benötigt werden. Seit etwa zehn Jahren folgt der Überschuss einem steigenden Trend und war zuletzt dennoch wesentlich niedriger als Ende der 1990er-Jahre (rund 70 kg je Hektar). Die großen Schwankungen zwischen einzelnen Jahren sind neben dem Entzug durch das Erntegut auch auf statistische Faktoren zurückzuführen: In die Berechnung geht nicht die tatsächlich ausgebrachte Mineraldüngermenge ein, sondern die auf dem Markt abgesetzte. Ob diese Menge im jeweiligen Jahr auch ausgebracht wird, ist nicht bekannt, da die Vorratshaltung nicht überprüft wird.

Abbildung 13: Produktion von wirtschaftlich nutzbarer Biomasse durch die Landwirtschaft in Österreich



2018 fiel die geerntete Menge landwirtschaftlicher Rohstoffe auf den niedrigsten Wert seit 15 Jahren (Abbildung 13). Das Produktionsvolumen von Getreide nahm neuerlich ab und war 2018 um etwa 8% niedriger als im Durchschnitt der zehn Jahre zuvor. Dafür waren in erster Linie ungünstige Wetterbedingungen ausschlaggebend, und zwar ein Mangel an Niederschlägen im April und Mai. Die Erntemenge von Weizen blieb um 4,6% unter dem bereits niedrigen Vorjahreswert, die Erntemenge von Roggen erhöhte sich, da die Flächen ausgedehnt worden waren. Da Mais erst im Herbst geerntet wird, stabilisierten bessere Wetterbedingungen im Spätsommer den Körnermaisertrag einigermaßen, die Erntemenge lag um 2,6% über dem Vorjahreswert. Auch die Erntemengen von Ölsaaten und Ölfrüchten lagen leicht über dem Vorjahreswert. Neben dem Wassermangel wurden Zuckerrüben im Jahr 2018 stark von Schädlingen befallen. Die Ernte fiel in der Folge um mehr als ein Drittel geringer aus als im Zehnjahresdurchschnitt (-28% gegenüber 2017). Die Menge der geernteten Erdäpfel war um 6,8% höher als 2017, sie konnte aber nicht im gewohnten Umfang vermarktet werden, da Schädlinge

die Qualität beeinträchtigten. Die Erntemenge von Futterpflanzen entwickelte sich unterschiedlich: Silo- und Grünmais wurde annähernd im gleichen Umfang wie 2017 geerntet (+2,2%), die Ernte von Klee, Luzerne und Klee gras fiel um 5% niedriger aus als 2017.

Das Jahr 2016 hatte mit Spätfrösten begonnen, die sehr hohe Ernteausfälle von Obst und Wein zur Folge hatten, und auch 2017 waren die Ertragsbedingungen nicht besonders gut. 2018 waren die Bedingungen für Obst und Wein und damit auch die Ernten deutlich besser als in den Jahren zuvor.

Der physische Output an Biomasse schwankt von Jahr zu Jahr erheblich und folgt keinem steigenden Trend, die Biomasseproduktion stagniert in Österreich längerfristig. Vor dem Hintergrund 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. Auch die Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen in Forstflächen spielt eine Rolle. Pro Tag werden über 22 ha, die zuvor überwiegend landwirtschaftlich genutzt wurden, für andere Zwecke verwendet (BMLFUW, 2013). Pro Person standen im Jahr 2018 nur noch 2.990 m² landwirtschaftlicher Nutzfläche zur Verfügung – 1999 waren es noch über 4.200 m² gewesen.

3. Sonderthema: Klimaschutz, Ressourcenproduktivität und das Konzept der Kreislaufwirtschaft

Das Klimaschutzabkommen von Paris⁸⁾ verfolgt das Ziel, den weltweiten Temperaturanstieg gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung auf deutlich unter 2°C zu begrenzen und die Bemühungen fortzusetzen, den Temperaturanstieg auf 1,5°C zu beschränken. Damit sollen eine gefährliche Störung des Klimasystems sowie unumkehrbare Klimarisiken vermieden und klimabedingte Kosten für Wirtschaft und Gesellschaft so gering wie möglich gehalten werden (Kettner-Marx et al., 2016, Steininger et al., 2015). Die Stabilisierung der Temperaturerhöhung auf deutlich unter 2°C erfordert ein rasches Absenken der Treibhausgasemissionen, sodass eine CO₂-neutrale Wirtschaft bis Mitte des Jahrhunderts erreicht wird⁹⁾. Die Erreichung dieser Ziele macht weitreichende – von ökologischen Beschränkungen getriebene – Transformationsprozesse in der Wirtschaft und Gesellschaft nötig. Von zentraler Bedeutung in diesem Zusammenhang ist eine deutliche Steigerung der Ressourceneffizienz¹⁰⁾, da Abbau und Verarbeitung von Primärressourcen für etwa die Hälfte der weltweiten energiebedingten CO₂-Emissionen bestimmend sind (IRP, 2019)¹¹⁾. Ressourcenmanagement muss daher in den Fokus der Klimapolitik rücken.

In den letzten 50 Jahren gab es keine längere Periode der Stabilisierung oder des Rückganges der weltweiten Ressourcennachfrage. Vielmehr wuchs die Ressourcengewinnung weltweit rasant: Die Förderung erreichte 2017 92 Mrd. t, verglichen mit 27 Mrd. t im Jahr 1970 (IRP, 2019). In dieser Zeit hat sich die Weltbevölkerung verdoppelt und das weltweite Bruttoinlandsprodukt vervierfacht. Dabei spielen zwei Trends eine Rolle: eine Zunahme der Nachfrage nach dem Aufbau neuer Infrastruktur insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern sowie die Verlagerung von Produktionsschritten in der Wertschöpfungskette aus Ländern mit höherem Einkommen und

⁸⁾ <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (abgerufen am 28. Juni 2019).

⁹⁾ Zu neuen Berechnungen des verbleibenden weltweiten Emissionsbudgets siehe Rogelj et al. (2019).

¹⁰⁾ Unter Ressourceneffizienz versteht man den Zusammenhang zwischen Bruttoinlandsprodukt und Materialverbrauch. Je mehr BIP ein Land pro Einheit Materialverbrauch erwirtschaften kann, desto höher ist seine Ressourceneffizienz. Ressourcen sind fossile Energieträger, mineralische Materialien und Biomasse. Eine Erhöhung der Ressourceneffizienz beinhaltet daher auch eine Energiewende, die eine deutlich höhere Energieproduktivität in der Produktion und im Konsum sowie den Umstieg auf erneuerbare Energieträger für den verbleibenden Energiebedarf sicherstellt.

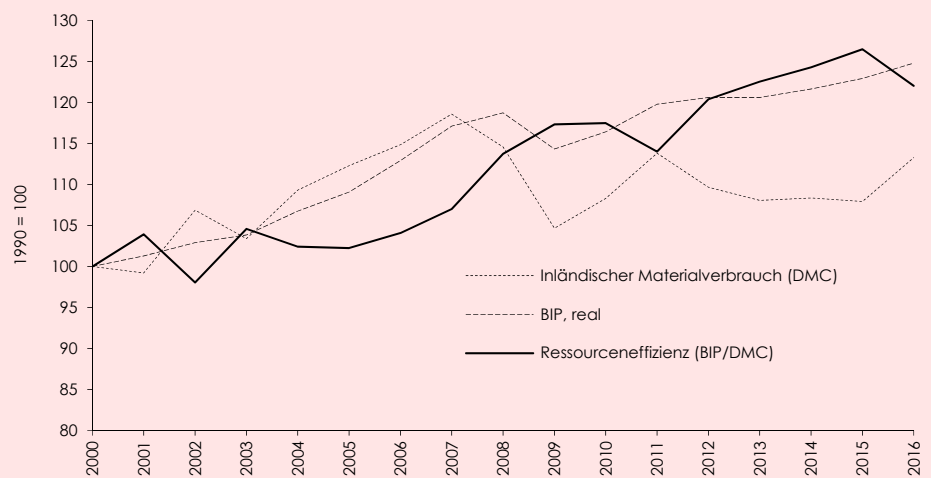
¹¹⁾ Darüber hinaus sind der Abbau und die Verarbeitung von Primärressourcen für mehr als 90% der globalen Auswirkungen auf die Biodiversität und Wasserstress verantwortlich. Dies gilt jedoch vornehmlich für biogene Ressourcen (im Vergleich zu mineralischen Ressourcen; IRP, 2019).

tendenziell energieeffizienteren Produktionsverfahren in Länder mit (noch) niedrigerem Einkommen und dynamischer Wirtschaftsentwicklung (IRP, 2019).

In Österreich zeigt sich jüngst wieder ein Anstieg des inländischen Materialverbrauchs (Domestic Material Consumption – DMC) und damit ein Rückgang der Ressourceneffizienz (Abbildung 14). Der inländische Materialverbrauch ist ein direktes Maß für die Menge an Ressourcen, die in einer Volkswirtschaft konsumiert werden. Er berechnet sich als inländische Ressourcenextraktion zuzüglich der Nettoimporte an Materialien und misst somit die physische Menge an Ressourcen, die in einer Volkswirtschaft konsumiert werden, unabhängig davon ob diese kurzfristig verbraucht und rasch in Abfall und Emissionen umgewandelt werden (wie die meisten fossilen Brennstoffe) oder über einen längeren Zeitraum im Kapitalstock verbleiben (z. B. Metalle und Baustoffe in Fahrzeugen und Gebrauchsgütern, Gebäuden, Verkehrsmitteln und anderer Netzinfrastruktur) und erst längerfristig als Abfall oder Emission in die Umwelt zurückgeführt werden. Der DMC kann daher als ein Indikator für das langfristige Abfallpotential einer Volkswirtschaft angesehen werden. Weltweit betrachtet entspricht der Materialverbrauch (DMC) der Ressourcenextraktion.

Eine Steigerung der Ressourceneffizienz war in Österreich in den Perioden 2005/2009 sowie 2011/2015 zu verzeichnen (Abbildung 14). Der absolute inländische Materialverbrauch bestehend aus fossilen Materialien, Biomasse und mineralischen Materialien lag im Jahr 2016 wieder auf dem Niveau von 2011 und unterschritt im Zeitraum 2001/2016 das Niveau von 2001 nicht mehr. Sollten der Ressourcenverbrauch und die damit einhergehenden CO₂-Emissionen anhaltend zunehmen, dann wird es schwierig werden, die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen.

Abbildung 14: Inländischer Materialverbrauch und Ressourceneffizienz in Österreich



Q: NAMEA, Statistik Austria.

3.1 Konzept der Kreislaufwirtschaft

Als ein nachhaltiges Modell der Ressourcenbewirtschaftung, das ökonomische und ökologische Ziele gleichermaßen verfolgt, gewann das Konzept der Kreislaufwirtschaft in jüngster Zeit bei unterschiedlichen Akteuren an Bedeutung. So etablierte sich die Kreislaufwirtschaft als wirtschaftspolitisches Ziel u. a. vor dem Hintergrund steigender Rohstoffpreise, des Klimawandels sowie geänderter geopolitischer Gegebenheiten und des weltweiten Handels mit Abfällen. Die Europäische Kommission legte einen Aktionsplan für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft vor, dessen Umsetzung den Übergang zu einer nachhaltigen Entwicklung stützen soll sowie hochrangige Prioritäten der EU in den Bereichen Beschäftigung, Wachstum, Investitionen, Klima und Energie sowie Stärkung der Produktionsbasis adressieren soll (Europäische Kommission, 2015). Beiträge zur Erfüllung der UNO-Nachhaltigkeitsziele (u. a. nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion – SDG 12, Klimaschutz – SDG 13) werden von der Errichtung einer Kreislaufwirtschaft ebenfalls erwartet.

Aus wissenschaftlicher Perspektive ist das Konzept der Kreislaufwirtschaft in der ökologischen Ökonomie (speziell in der "Industrial Ecology"; Haas et al., 2016) bzw. in der Umweltökonomie verankert und baut auf den Grundgedanken der endlichen Verfügbarkeit von Ressourcen in einer begrenzten Welt und der planetaren ökologischen Grenzen (Steffen et al., 2015) auf. Aus dieser Sicht beruhen nachhaltige Zukunftsperspektiven auf den an ökologischen Kreisläufen orientierten Prinzipien Wieder- bzw. Weiterverwendung und Recycling von Materialien.

Eine einheitliche Definition der Kreislaufwirtschaft gibt es nicht, jedoch wird oftmals ein Vergleich mit der "linearen Ökonomie" herangezogen, um eine Begriffsbestimmung vorzunehmen: Ziel der Kreislaufwirtschaft ist es dabei, sich von dem aktuellen ökonomischen Modell zu lösen, das unter dem Begriff "Take-Make-Use-Dispose" abstrahiert wird und mit linearen Ressourcenströmen in Form von beträchtlichen Rohstoff-Inputs und Abfall-Outputs ressourcenintensiv ist. Dagegen beruht das Modell der Kreislaufwirtschaft auf der Wiederverwendung und dem Recycling von Materialien und trägt somit der endlichen Verfügbarkeit von Energie, Wasser und anderen Ressourcen auf der Erde ebenso Rechnung wie einer nachhaltigen Zukunft. Die Leitidee der Kreislaufwirtschaft besteht darin, Materialien und Ressourcen möglichst langfristig in Wirtschaftskreisläufen zu halten und eine ineffiziente Ressourcennutzung durch vorzeitiges Wegwerfen und übermäßige Primärproduktion zu vermeiden (EMAF, 2013, 2015, Stahel, 2016). Vorgeschlagen werden unterschiedliche Kreislaufwirtschaftsprinzipien ("Geschäftsmodelle"), die die Abfallvermeidung und ein Zirkulieren von Ressourcen und zugleich Wertschöpfung ermöglichen. In absteigender Rangfolge gehören dazu die Prozesse: Instandhaltung, Wiederverwendung (Re-Use), Reparatur, Refurbishment und Recycling. Erst nach Ausschöpfen dieser Kreisläufe erfolgt im Idealfall eine energetische Verwertung der Produkte bzw., als letzte Instanz, die Deponierung. Unterschieden wird dabei zwischen biologischen Rohstoffkreisläufen (Bioökonomie) und mineralischen Rohstoffkreisläufen (Metalle und Nicht-Metalle).

Von öffentlichem und wirtschaftspolitischem Interesse sind dabei die wirtschaftlichen, umweltbezogenen und sozialen Vorteile, die durch einen Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft lukriert werden sollen. Zu den häufig genannten spezifischen Vorteilen gehören eine Verbesserung der Umweltbilanz der Produktions- und Konsummuster, etwa eine deutliche Verringerung der Treibhausgasemissionen, eine Steigerung der biologischen Vielfalt und Nachhaltigkeit im Wasserkonsum. Weitere Vorteile sind eine Steigerung der Wertschöpfung und die Schaffung von (lokalen) Arbeitsplätzen, die durch neue Geschäftsmodelle in unterschiedlichen Branchen getrieben werden, sowie eine Verringerung des Rohstoffversorgungsrisikos, das entweder kurzfristig – aufgrund geopolitischer Faktoren – oder langfristig aufgrund der Erschöpfung der natürlichen Ressourcen bei gleichzeitig steigender Nachfrage in den Schwellen- und Entwicklungsländern besteht (OECD, 2017).

Ein Schwerpunkt der Kreislaufwirtschaft liegt auf Mechanismen, die den Fluss von Produkten und Materialien durch die Wirtschaft verändern und letztlich die Raten der Extraktion und Gewinnung von Primärressourcen sowie die Abfallströme verringern. Drei Strategien werden hervorgehoben (OECD, 2017, 2019, Europäische Kommission, 2019):

- Schließung von Ressourcenkreisläufen durch Umleitung von Abfällen aus der Entsorgung über getrennte Sammlung und anschließende Aufbereitung zu Sekundärrohstoffen (Recycling),
- Verlangsamung von Ressourcenkreisläufen oder -strömen durch Verlängerung der Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten und ihren Bestandteilen über Änderungen des Produktdesigns, Reparatur oder Wiederverwendung,
- Vermeidung von Ressourcenströmen durch neue Geschäftsmodelle und Verhaltensänderungen, z. B. Teilen ("Sharing") und Steigerung der Wertschöpfung bei geringerem Bedarf an natürlichen Ressourcen für bestimmte Konsumbedürfnisse.

Das Design von Produkten ist dabei als ein übergeordneter Ansatz einer Verlängerung der Produktlebensdauer und einer Verlangsamung von Ressourcenströmen von zentraler Bedeutung. Mit dem Ökodesign-Arbeitsprogramm 2016–2019 stärkt die Europäische Kommission das kreislaforientierte Design von Produkten durch Vorschriften zur

Materialeffizienz, zur Verfügbarkeit von Ersatzteilen und zur Erleichterung von Reparaturen (*Europäische Kommission, 2016*). Darüber hinaus sollen Ökodesign-Regelungen zu den Themen "einfachere Zerlegung von Produkten und Materialien" und "Recycling" formuliert werden.

3.2 Ausgewählte Szenarien einer Kreislaufwirtschaft und deren Auswirkungen

Verschiedene Studien untersuchen unterschiedliche Aspekte einer Ressourcenwende hin zu einer Kreislaufwirtschaft und evaluieren deren ökonomische oder klimarelevante Effekte modellbasiert. Nach Berechnungen der Ellen MacArthur Foundation könne in der EU die Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe bis zum Jahr 2030 die Ressourcenproduktivität um 3% p. a. erhöhen und die Nettoressourcenausgaben um jährlich rund 600 Mrd. € senken. Dies kann unter Berücksichtigung von Multiplikatoreffekten und Vermeidung externer Kosten einen Gesamtnutzen von rund 1,8 Bio. € pro Jahr bewirken (*EMAF, 2015*).

Für Österreich wurden die volkswirtschaftlichen Effekte des Recyclings der Stoffgruppen Eisen und Stahl, Aluminium, Papier und Glas einschließlich der Primärrohstoffsubstitution in der Produktion mit etwa 0,5% des BIP oder 1,7 Mrd. € berechnet (2014). Damit einhergehend konnten ceteris paribus lebenszyklusbasierte Treibhausgasemissionen von rund 7,9 Mio. t CO₂-Äquivalenten vermieden werden (*Meyer et al., 2016, Meyer – Sommer, 2018*).

In der Abfallwirtschaft der EU, die die (getrennte) Sammlung und Aufbereitung von Abfällen zu Sekundärrohstoffen besorgt, könne laut der *Europäischen Kommission* (2015) die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft bis 2030 direkt 170.000 Arbeitsplätze schaffen.

Auch mit einer Forcierung von Reparaturen, die die Lebens- und Nutzungsdauer von Produkten verlängert, kann je nach Preiskonstellation gesamtwirtschaftlicher Nutzen verbunden sein. So kann ein höherer Reparaturanteil die Abhängigkeit von (kritischen) Importgütern verringern bzw. den Import von Ersatzteilen erhöhen und in Summe zu einer günstigeren Außenhandelsbilanz sowie zu lokaler Beschäftigung und Wertschöpfung beitragen (*Deloitte, 2016*).

Material Economics (2018) berechnet schließlich den Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Erreichung von Kohlenstoffneutralität. Demnach können unter den gegebenen Annahmen ab Mitte des Jahrhunderts die CO₂-Emissionen in der europäischen Schwerindustrie durch ein Wiedereinspeisen von Materialien (Re-Use, Recycling) um rund 56% gesenkt werden. Die Kapitalstöcke der Wirtschaft akkumulieren große Mengen an Metallen und Kunststoffen und werden zur Mitte des Jahrhunderts abgeschrieben sein, sodass sie einen erheblichen Teil des Bedarfs an Primärrohstoffen substituieren können (75% des Stahlbedarfs und 50% des Aluminiumbedarfs). Die Produktion von Sekundärressourcen ist mit deutlich geringerem Energieeinsatz möglich als die der Primärressourcen.

3.3 Schlussfolgerungen

Eine der Schlussfolgerungen zu den vorliegenden Impactstudien der energieökonomischen Effekte der Kreislaufwirtschaft ist, dass die Etablierung der Kreislaufwirtschaft in die Klimaschutzagenda aufgenommen werden sollte. Darüber hinaus gilt es, die Analysen zu den Auswirkungen einer Kreislaufwirtschaft auf Wirtschaft und Klimaschutz zu verfeinern, da bisherige Studien diesbezüglich fragmentarisch bleiben. Somit besteht großer Forschungsbedarf in Bezug auf die Konzeption und Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft für den Klimaschutz und in Bezug auf Modellanalysen und die zugrundeliegenden Modelle. Forschung in diesem Bereich muss interdisziplinär sein und alle Facetten einer Kreislaufwirtschaft berücksichtigen sowie im Dialog mit der Wirtschaft entwickelt werden, um mögliche Strategien und Hemmnisse einer Konzeption und Umsetzung frühzeitig erkennen zu können.

4. Literaturhinweise

- 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-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG – Österreichischer Bericht der Ist-Bestandsanalyse 2013, Wien, 2014.
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), Biokraftstoffe im Verkehrssektor, Wien, 2018.
- Deloitte, Study on socioeconomic impacts of increased reparability, Endbericht an die Europäische Kommission, GD ENV, Brüssel, 2016.
- Europäische Kommission, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft, COM(2015) 614 final, Brüssel, 2015.
- Europäische Kommission, Ecodesign Working Plan 2016-2019. Mitteilungen der Kommission, COM(2016) 773 final, Brüssel, 2016.
- Europäische Kommission, Sustainable Products in a Circular Economy – Towards an EU Product Policy Framework Contributing to the Circular Economy, SWD(2019) 91 final, Brüssel, 2019.
- Ellen MacArthur Foundation (EMAF), Towards the Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition, Cowes, 2013.
- Ellen MacArthur Foundation (EMAF), Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe, Cowes, 2015.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Heinz, M., "How Circular Is the Global Economy? A Sociometabolic Analysis", *Journal of Industrial Ecology*, 2015, 19(5), S. 765-777, <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>.
- International Resource Panel (IRP), Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want, Kenia, 2019.
- Kettner-Marx, C., Kirchner, M., Kletzan-Slamanic, 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, <https://monatsberichte.wifo.ac.at/58910>.
- Kletzan-Slamanic, D., Sinabell, F., Pennerstorfer, D., Böhs, G., Schönhart, M., Schmid, E., Ökonomische Analyse 2013 auf der Grundlage der Wasserrahmenrichtlinie, WIFO, Wien, 2014, <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/50929>.
- Material Economics, The Circular Economy. A Powerful Force For Climate Mitigation – Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry, Sitra, Helsinki, 2018, <https://www.sitra.fi/en/publications/circular-economy-powerful-force-climate-mitigation/>.
- Meyer, I., Sommer, M., "Macht Recycling Sinn. Eine Analyse aus volkswirtschaftlicher Sicht", in Pomberger, R., et al., Recy & DepoTech 2018: Recycling & Abfallverwertung, Abfallwirtschaft & Ressourcenmanagement, Deponietechnik & Altlasten. Internationale Abfallwirtschaft & Spezielle Recyclingthemen. Konferenzband zur 14. Recy & DepoTech-Konferenz, Leoben, 2018, S. 77-84.
- Meyer, I., Sommer, M., Kratena, K., Tesar, M., Neubauer, Ch., Volkswirtschaftliche Effekte durch Recycling ausgewählter Altstoffe und Abfälle, WIFO, Wien, 2016, <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/59158>.
- OECD, Business Models for the Circular Economy – Opportunities and Challenges from a Policy Perspective, ENV/EPOC/WPRPW(2017)1/Final, Paris, 2017.
- OECD, Business Models for the Circular Economy. Opportunities and Challenges for Policy, Paris, 2019.
- Rogelj, J., Forster, P. M., Kriegler, E., Smith, C. J., Séférien, R., "Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets", *Nature*, 2019, (571), S. 335-342.
- Resch, R., Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum. 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 2007.
- Resch, R., Guggenberger, T., Wiedner, G., Kasal, A., Wurm, K., Gruber, L., Ringdorfer, F., Buchgraber, K., "Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum", *Der Fortschrittliche Landwirt*, 2006, (24), Sonderbeilage.
- Stahel, W., "The circular economy", *Nature*, 2016, (531), S. 435-438.
- Statistik Austria, Nutzenergieanalyse 1995-2017, Wien, 2019.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S., "Planetary boundaries. Guiding human development on a changing planet", *Science*, 2015, 347(6223).
- Steininger, K. W., König, M., Bednar-Friedl, B., Kranzl, L., Loibl, W., Pretenthaler, F. (Hrsg.), Economic Evaluation of Climate Change Impacts. Development of a Cross-Sectoral Framework and Results for Austria, Springer Verlag, Heidelberg, 2015.
- Umweltbundesamt (2019A), Austria's National Inventory Report, Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol, Wien, 2019.
- Umweltbundesamt (2019B), Umstellung der österreichischen Stickstoff- und Phosphorbilanz der Landwirtschaft auf EUROSTAT-Vorgaben, Endbericht AVH 3249, Wien, 2019.