

Der Carbon Footprint Österreichs

Eine Zeitreihenanalyse von 1970 bis 2012

Hanspeter Wieland

Einleitung

Ende des Jahres 2015 haben sich Delegierte aus 195 Staaten in Paris getroffen, um ein gemeinsames Post-Kyoto Klimaabkommen zur Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1.5–2° C auszuverhandeln. Eine wichtige Verhandlungsbasis für die Pariser Gespräche war unter anderem der 5. Sachstandsbericht des IPCC, welcher auf über 2000 Seiten den aktuellen Wissensstand zur globalen Erwärmung zusammenfasst (IPCC 2013). Darin wird gezeigt, dass die Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche zwischen 1880 und 2012 um 0.85° C gestiegen ist. Hauptverantwortlich ist dafür mit sehr großer Wahrscheinlichkeit (>98%) der Mensch. Die große Mehrheit der vom IPCC analysierten Szenarien prognostiziert bis zum Jahr 2100 einen weiteren Anstieg auf 1.5– 4.8° C. Das anvisierte 2° C-Ziel ist in den IPCC-Szenarien nur mit noch nie dagewesen strukturellen Veränderungen zu erreichen: Dabei wird in der Regel eine vollkommene Dekarbonisierung des Energie- und Wirtschaftssystems, inklusive negativer CO₂ Emissionen ab 2050 angenommen. Die Strategie einer *Low-Carbon Economy*, ein Synonym für Dekarbonisierung, wird auch von der Europäischen Kommission als eines der Schlüsselkonzepte für das Erreichen des 2° C-Ziels verfolgt. In ihrem *Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050* (Commission 2011) identifiziert die Kommission, ausgehend von Modellszenarien, eine Reihe von Etappenzielen (2020, 2030, 2040) je Wirtschaftszweig und die dafür notwendigen technologischen Innovationen. Zum Beispiel heißt es im Fahrplan über den Elektrizitätssektor: „Der Analyse zufolge kann erreicht werden, dass in diesem Sektor bis 2050 praktisch kein CO₂ [Anmerkung: -93 bis -99%] mehr emittiert wird.“ (Commission 2011, 6). Der flächendeckende Einsatz von bereits implementierbaren Technologien, wie etwa intelligente Stromnetze (Smart Grids), Photovoltaikanlagen und anderen erneuerbaren Energiequellen wie Wind und Wasserkraft, sind die wichtigsten Innovationen auf dem Weg zur Dekarbonisierung dieses zentralen Wirtschaftszweiges, so die Europäische Kommission.

Der *Fahrplan zu einer CO₂-armen Wirtschaft* steht exemplarisch für eine ganze Reihe von ähnlichen politischen Strategiepapieren (European Commission 2011; UNEP 2011) die in der Regel einen sehr ähnlichen Blickwinkel einnehmen, nämlich eine am nationalstaatlichen Territorium orientierte Produktionsperspektive. „Verantwortlich“ für die Emissionen sind in dieser Perspektive jene Länder, in denen diese physisch freigesetzt werden. Reduktionsziele für Treibhausgase werden daher in Bezug auf die Emissionen von inländischen Wirtschaftszweigen analysiert und definiert (wie zum Beispiel die europäischen Stromerzeuger). Diese Perspektive befördert jene Politikstrategien sehr stark, die auf Effizienz (intelligenter Stromnetze) und Konsistenz (neue Energiequellen) abzielen. Die Logik dahinter liegt auf der Hand: Die in der territorialen Produktionsperspektive berechneten inländischen Emissionen sind theoretisch durch die nationale Gesetzgebung im Rahmen von veränderter Umwelt- und/oder Wirtschaftspolitik beeinflussbar, weil die-

se innerhalb der Landesgrenzen freigesetzt werden. Das Monitoring von Treibhausgasemissionen im Rahmen des Kyoto-Protokolls ist entsprechend einer solchen territorialen Produktionsperspektive entworfen worden (De Boer 2008). Österreichs Kyoto-Ziel, die territorialen Treibhausgase zwischen 1990–2012 um 13 % zu reduzieren, wurde durch einen Anstieg um 5 % eklatant verfehlt. Andere europäische Staaten, wie etwa Deutschland oder Großbritannien, haben ihre Kyoto-Ziele (-21% bzw. -13%) mit -24 % und -23 % sogar übertroffen (EEA 2014). Nichtsdestotrotz sollten diese Zahlen mit Skepsis betrachtet werden.

Denn die Architektur der Kyoto-Ziele ermöglicht es Staaten, ihre nationalen Treibhausgasemissionen durch das Auslagern von energieintensiven Industrien zu reduzieren. Importiert ein Land Produkte aus dem Ausland anstatt sie auf dem eigenen Territorium herzustellen, werden die dabei emittierten Treibhausgase dem Exporteur und nicht dem Importeur zugerechnet. Der anvisierte Zweck des Monitorings von Treibhausgasemissionen, nämlich Fortschritte in Richtung Dekarbonisierung nationaler Ökonomien zu messen, wird dadurch bis zu einem gewissen Grad unterminiert (Peters 2008a). Die Existenz dieses Phänomens, welches in der Literatur auch als *Carbon Leakage* bezeichnet wird (Peters 2008b), lässt keine direkte Schlussfolgerung auf die Beobachtung von sinkenden nationalen Treibhausgasemissionen mehr zu. Zum Beispiel kann im Fall Großbritanniens nicht eindeutig festgestellt werden, ob die beobachtete Reduktion der territorialen Treibhausgase auf eine Dekarbonisierung des Wirtschaftssystems (durch gestiegene Effizienz oder verringerte Produktion) oder auf die Verlagerung der emissionsintensiven Industriezweige ins Ausland zurückzuführen ist.

Nationale Ökonomien sind durch wachsende Außenhandelsverflechtungen zunehmend in ein grenzübergreifendes globales Wirtschaftssystem integriert. Eine Vielzahl an Studien hat gezeigt, dass ca. 30 % der globalen Treibhausgasemissionen auf die Produktion von Exportgütern entfallen (Caldeira/Davis 2011; Aichele/Felbermayr 2012; Andrew u.a. 2013). Darüber hinaus sind jene Staaten, welche ihre Kyoto-Reduktionsziele erreicht haben, in der Regel auch jene Länder, welche den stärksten Anstieg an CO₂ intensiven Importen verzeichneten (Kanemoto u.a. 2014). Globale Märkte, internationale Arbeitsteilung und Spezialisierung von nationalen Ökonomien auf bestimmte Produktionsschritte haben zu einer räumlichen Ausdifferenzierung von Produktion und Konsum geführt.

Wenn also analysiert werden soll, ob sich eine nationale Ökonomie in Richtung Dekarbonisierung entwickelt, müssen auch immer die Außenhandelsbeziehungen miteinbezogen und abgebildet werden, um tiefergehende Interpretationen zu ermöglichen. Ein Indikator, der dies zulässt, ist der sogenannte Carbon Footprint (CO₂ Fußabdruck). Im Folgenden wird zuerst die Logik hinter seiner Berechnung erläutert und wie sich diese im Detail von der territorialen Produktionsperspektive des Kyoto-Protokolls unterscheidet. Nach einer kurzen Beschreibung der dahinter liegenden Datenbasis, wird die Zeitreihe des österreichischen Carbon Footprints von 1970–2012 diskutiert, um darauf aufbauend Österreichs Treibhausgasemissionen im internationalen Vergleich zu verorten. Am Ende wird der Bogen zurück zur Einleitung gespannt und erörtert, was eine Carbon Footprint-Analyse für innovative Politikstrategien leisten könnte.

Definition des Carbon Footprint

Der Carbon Footprint misst die Summe aller direkten und indirekten (vorgelagerten) Treibhausgasemissionen, die notwendig sind, um ein bestimmtes Produkt herzustellen, unabhängig davon wo auf der Welt diese freigesetzt werden. Im Footprint fließen alle Treibhausgase ein, die über den gesamten Lebenszyklus (von Rohstoffextraktion über Verarbeitung, Nutzungsphase und Entsorgung) des Produktes anfallen (Wiedmann/Minx 2007). Zum Beispiel beinhaltet der Carbon Footprint eines Autos nicht nur die direkten Emissionen, die der Autohersteller in seiner Fabrik selber ausstößt, sondern auch die der Endfertigung vorgelagerten Schritte: Die Emissionen bei der Herstellung des Stahls oder auch die Treibhausgase der Kokerei, die das Koks für den Hochofen produziert.

Seinen methodologischen Ursprung hat das Footprint-Konzept in der ingenieurwissenschaftlichen Analyse von Produktionsprozessen. In diesem Zusammenhang spricht man dann von einer Lebenszyklusanalyse¹, wobei die Untersuchung des Ausstoßes von Treibhausgasen nur eine Umweltdimension von vielen darstellt. Andere Aspekte sind zum Beispiel die Versauerung von Gewässern oder der Ausstoß von Feinstaub. Ganz allgemein können wir festhalten, dass die Lebenszyklusanalyse eine möglichst holistische Betrachtung der Umweltauswirkungen von Produkten und Produktionsprozessen erreichen will, um sogenanntes *Problem-Shifting*, gemeint ist damit das Lösen eines Umweltproblems durch das Erzeugen eines neuen, zu vermeiden (Weidema u.a. 2008).

Die im vorliegenden Artikel präsentierte Carbon Footprint-Analyse wendet diese Systemperspektive nicht auf die Mikroebene von einzelnen Produkten an, sondern auf die Makroebene der gesamten volkswirtschaftlichen Endnachfrage. Das ganze Bündel an Gütern und Dienstleistungen, welche in einem Jahr von den Endkonsumenten*innen² eines Landes nachgefragt, konsumiert bzw. verbraucht werden, sind Gegenstand dieses Carbon Footprints. Wichtig in diesem Kontext ist die Unterscheidung zwischen Endkonsum und Intermediärkonsum. Letzteres bezeichnet den Einsatz von Vorleistungen (Güter und Dienstleistungen) durch die Wirtschaftssektoren im Zuge ihrer Produktionsaktivitäten. Treibhausgase, die bei der Herstellung von Vorleistungen freigesetzt werden, bezeichnet man als indirekte bzw. vorgelagerte Emissionen (*embodied emissions*). Je nachdem ob eine Vorleistung in die Produktion eines im (a) Inland oder im (b) Ausland konsumierten Endproduktes einfließt, spricht man dann von (a) indirekten Emissionen der inländischen Nachfrage (*embodied emissions in domestic final demand*) oder von (b) indirekten Emissionen der Exporte (*embodied emissions in exports*). Der Carbon Footprint eines Landes misst ausschließlich die Summe aller direkten und indirekten Treibhausgasemissionen, die notwendig sind, um die Produkte für den Endkonsum (*final consumption*) eines Landes herzustellen. Da der Footprint auf den Endkonsum fokussiert, spricht man ganz allgemein auch von einer Konsumperspektive. Das folgende Mengendiagramm setzt die Konsumperspektive des Carbon Footprints in Beziehung zur territorialen Produktionsperspektive.

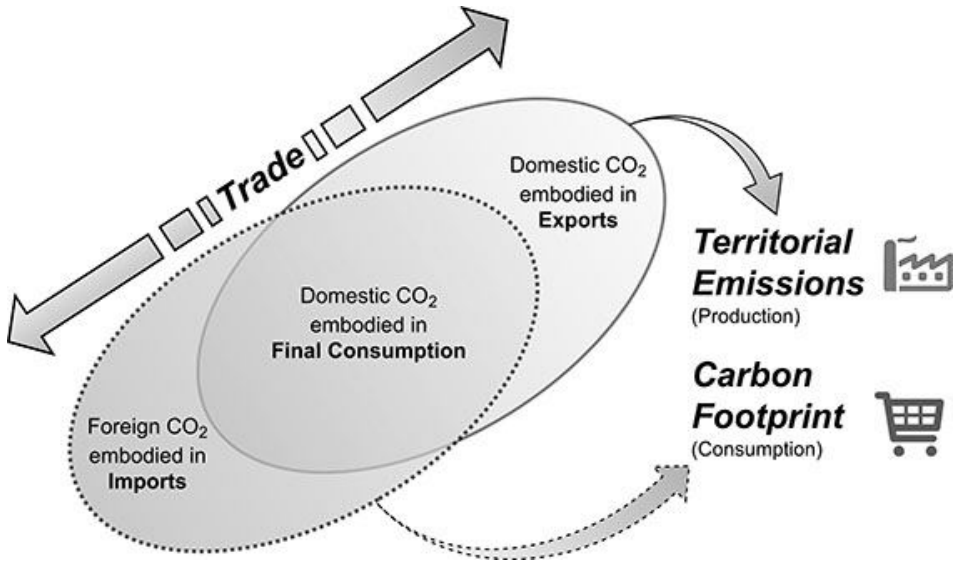


Abbildung 1: Venn-Diagramm zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Konsum- und Produktionsperspektive. (Eigene Illustration)

Die territorialen Emissionen eines Landes sind in obigem Diagramm als Ellipse mit durchgezogener Linie dargestellt. Alle Treibhausgase, die innerhalb der Landesgrenzen freigesetzt werden, lassen sich in zwei Gruppen einteilen: Die eine Gruppe setzt sich zusammen aus den nationalen Treibhausgasen, welche direkt (z.B. Emissionen privater PKWs) und indirekt (Emissionen des Stahlzulieferers) dem inländischen Endkonsum (*final consumption*) dienen. Die zweite Gruppe besteht aus den indirekten (*embodied*) Emissionen, welche von inländischen Wirtschaftssektoren bei der Produktion von Exportgütern ausgestoßen werden. All diese Emissionen haben gemein, dass sie physisch innerhalb der Landesgrenzen freigesetzt werden, weshalb wir hier auch von einer territorialen Produktionsperspektive sprechen. Die Konsumperspektive des Carbon Footprints ist im Diagramm als Ellipse mit strichlierte Linie dargestellt. Alle Treibhausgase, die direkt oder indirekt dem Endkonsum eines Landes dienen, sind wiederum in zwei Gruppen einzuteilen: Zum einen die Treibhausgase inländischen Ursprungs (*domestic emissions*), welche direkt und indirekt dem inländischen Endkonsum (*final consumption*) dienen und zum anderen die indirekten Emissionen ausländischen Ursprungs (*foreign emissions*), welche in den Importen stecken. All diese Emissionen haben gemein, dass sie letztendlich bei der Produktion von Gütern und Dienstleistungen für den inländischen Endkonsum emittiert werden, egal wo auf der Welt dies passiert.

Je stärker eine nationale Ökonomie in grenzüberschreitende Wertschöpfungsketten und Außenhandelsbeziehungen eingebunden ist (dargestellt als „Trade“-Pfeil in obigem Diagramm), desto stärker fällt die Ausdifferenzierung der Produktions- (durchgezogene Ellipse) und der Konsumperspektive (strichlierte Ellipse) aus. Eine wichtige Kenngröße in diesem Zusammenhang ist die CO₂-Handelsbilanz. Diese Bilanz aus CO₂ Importe minus CO₂ Exporte quantifiziert die Differenz zwischen territorialen Emissionen und Carbon Footprint.

Die im vorliegenden Artikel präsentierte Carbon Footprint-Analyse basiert auf Modellberechnungen einer globalen Input-Output-Datenbank. Im Folgenden werden kurz die dahinterliegenden Daten beschrieben.

Das Input-Output Modell

Input-Output (IO) Modelle beschreiben das komplexe Netzwerk des Austausches von Gütern und Dienstleistungen zwischen Wirtschaftssektoren und Endverbraucher*innen innerhalb einer Ökonomie. Die Basis einer jeden IO-Analyse sind die sogenannten Input-Output-Tabellen. Dabei handelt es sich um Matrizen, welche die Transaktionen bzw. die Lieferungen zwischen Wirtschaftssektoren in monetären Einheiten darstellen. Die IO-Tabellen geben Auskunft darüber, wie viel von welchen Vorleistungen (Güter und Dienstleistungen) ein jeder Sektor für seine Produktion benötigt. Je Wirtschaftszweig lässt sich dann nicht nur der direkte Bedarf an Vorleistungen ermitteln, sondern auch der indirekte Bedarf (das heißt, die Vorleistungen der Vorleistungen oder auch die Vorleistungen der Vorleistungen der Vorleistungen usw.). Durch eine Transformation der IO-Tabellen erhält man dann die sogenannten Multiplikatoren. Diese geben an, wie viele Vorleistungen in Summe notwendig sind, um eine bestimmte Menge eines Produkts für den Endkonsum herzustellen. Erweitert man diese Multiplikatoren um Informationen zur Emissionsintensität der einzelnen Wirtschaftssektoren, so lässt sich der Carbon Footprint ermitteln. Interessierte Leser*innen können im Artikel von Kitzes (2013) die genauen Beschreibungen der Rechenschritte einer IO-Analyse nachlesen.

Die vorliegende Carbon Footprint-Analyse basiert auf dem globalen Input-Output-Modell Eora (Lenzen u.a. 2013; Lenzen u.a. 2012). Globale IO-Modelle verknüpfen nationale IO-Tabellen mittels bilateraler Handelsdaten, wodurch es erstmals möglich ist, für eine größere Anzahl von Ländern und Sektoren eine ganze Reihe von konsumbasierten Umweltindikatoren sehr detailliert und konsistent zu berechnen. Die Datenbank beinhaltet in seiner aktuellen Version Daten für 189 Länder und die Jahre 1970–2012. Die Anzahl der Sektoren variieren je nach Land zwischen 26 und 511. Für die vorliegende Berechnung wurde Eora26, eine einheitlich aggregierte Version, verwendet. Die Datenbank ist im Internet, für nicht kommerzielle Zwecke, frei verfügbar und kann unter www.worldmrrio.com heruntergeladen werden.

Um eine bessere Vorstellung von den Größenordnungen zu bekommen und um Emissionen zwischen dichtbesiedelten und dünnbesiedelten Ländern vernünftiger einordnen zu können, werden die hier präsentierten Zahlen vor allem auf einer pro Kopf Basis dargestellt.

Resultate

Österreichs Footprint im Detail

Abbildung 2a zeigt die pro Kopf Emissionen Österreichs zwischen 1970 und 2012 von einer Produktionsperspektive (strichpunktierte Linie) sowie einer Konsumperspektive (strichlierte Linie). Die Fläche zwischen den beiden Linien steht für die Summe der CO₂ Netto-Importe bzw. der CO₂ Handelsbilanz. Weiters sind die direkten Emissionen der Haushalte, welche sowohl Teil der territorialen Emissionen als auch des Carbon Footprints sind, als dünne Linie im unteren Bereich der Abbildung eingezeichnet.

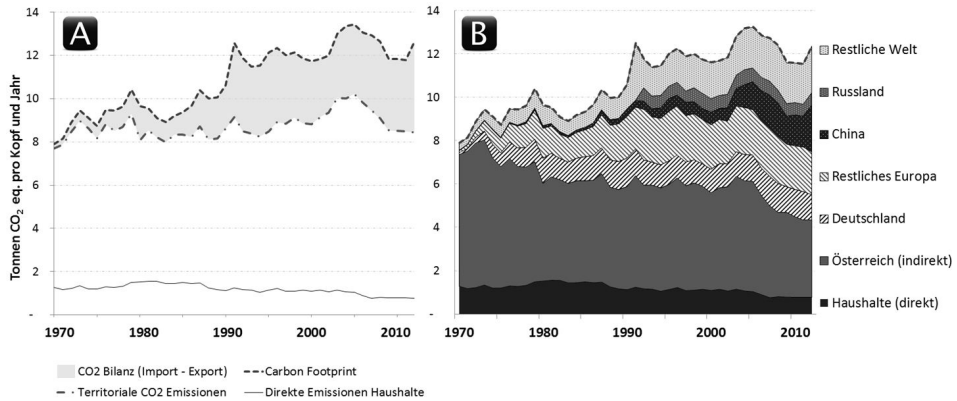


Abbildung 2a: Zeitreihe der pro Kopf Emissionen Österreichs aus einer Produktions- und Konsumperspektive. Abbildung 2b: Carbon Footprint Österreichs nach Ursprungsregionen der Emissionen [Einheit: t CO₂ eq.]

Über den betrachteten Zeitraum hinweg war der Carbon Footprint³ (ca. 12,6 t CO₂ eq. im Jahr 2012) stets größer als die territorialen Emissionen (ca. 8,5 t CO₂ eq. im Jahr 2012). Beliefen sich die CO₂ Netto-Importe im Jahr 1970 noch auf ca. 0,2 t/Kopf, stieg diese Bilanz bis 2012 auf 4,2 t/Kopf an. Diese 4,2 t CO₂ eq. pro Kopf entsprechen in etwa 50% der territorialen Treibhausgasemissionen. Die direkten Emissionen der Haushalte sind hingegen über die Jahre gesunken (von 1,28 auf 0,77 t CO₂ eq. pro Kopf). Allgemein kann somit festgehalten werden, dass der österreichische Endkonsum weitaus emissionsintensiver ist als die österreichische Produktion. Besonders auffällig an der Zeitreihe des Carbon Footprints ist ein relativ starker Anstieg um das Jahr 1990. Die zweite Grafik soll Aufschluss über diese sprunghafte Entwicklung geben, indem gezeigt wird, in welchen Ländern und Regionen die Emissionen des österreichischen Carbon Footprints physisch ausgestoßen wurden.

Die dicke strichlierte Linie in Abbildung 2b zeigt (wie in 2a) den Verlauf des pro Kopf Carbon Footprints Österreichs. Dieser setzt sich zusammen aus den Emissionen, die innerhalb Österreichs, innerhalb Europas (schraffiert) sowie außerhalb Europas (punktiert) freigesetzt wurden.

Die Analyse der Ursprungsregionen zeigt, dass zwei Wachstumsphasen des Carbon Footprints unterschieden werden können, welche sich um das Jahr 1990 ablösen. Die erste Phase ist charakterisiert durch die Europäisierung und die zweite Phase durch die Globalisierung des österreichischen Carbon Footprints. Der in Abbildung 2a beobachtete Anstieg bei der CO₂-Handelsbilanz zwischen 1970–1990 ist auf das Wachstum von innereuropäischen Emissionen (vor allem bei Importen aus Deutschland) zurückzuführen. Ab 1990 verschiebt sich der Ursprung der Emissionen zunehmend von Europa in andere Weltregionen. Der Anteil der in Österreich freigesetzten Emissionen am Carbon Footprint fiel von 93 % im Jahr 1970 auf 34 % im Jahr 2012. Besonders Emissionen in bzw. aus China spielen seit dem WTO-Beitritt der Volksrepublik im Jahr 2002 eine zunehmend gewichtige Rolle. Belief sich der Anteil chinesischer Emissionen am österreichischen Carbon Footprint 2002 noch auf 5%, hat sich dieser bis zum Jahr 2012 auf 17 % mehr als verdreifacht.

In der gleichen Weise wie wir die Ursprungsregionen hinter dem Carbon Footprint analysieren können, lassen sich mit einem globalen IO-Modell auch die Ursprungssektoren bestimmen, welche die Emissionen physisch freisetzen. Die folgende Abbildung 3 kombiniert diese Perspektive mit einer differenzierteren Darstellung des österreichischen Carbon Footprints auf der Ebene von 20 verschiedenen Endprodukten. Sie visualisiert den Fluss von *embodied emissions* ausgehend vom Ursprungssektor (Zeilen) zum Endkonsumsektor bzw. Endprodukt in Österreich (Spalten). Die Flächen der Blasen bzw. Kreise im Diagramm korrespondieren mit der Größe der in den Produkten enthaltenen Emissionen.

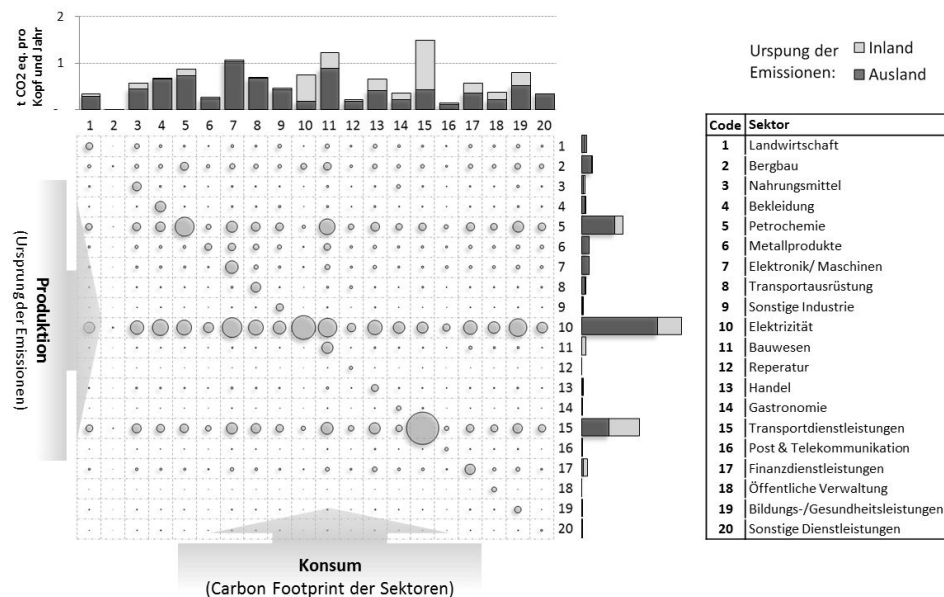


Abbildung 3: Sektorale Verflechtungen hinter dem österreichischen Carbon Footprint, 2012.

Drei unterschiedliche Arten von Informationen sind in dieser Grafik kombiniert. Erstens lässt sich der Beitrag einzelner Endprodukte am gesamten österreichischen Carbon Footprint ablesen. Dieser entspricht der Höhe des Balkens über jeder Spalte der Matrix. Hier sehen wir, dass die drei Endprodukte mit dem größten Carbon Footprint in Österreich Transportdienstleistungen (Sektor 15 mit ca. 1,5 t CO₂ eq. pro Kopf), das Bauwesen (Sektor 11 mit ca. 1,25 t/Kopf) sowie elektronische Produkte und Maschinen (Sektor 7 mit 1,1 t/Kopf) sind. Zweitens zeigen die Blasen für jedes der Endprodukte (Spalte) die jeweiligen Ursprungssektoren (Zeile) der *embodied emissions* an. In dieser Perspektive ist gut erkennbar, wie sich die *embodied emissions* vom Elektrizitätssektor (Sektor 10) kommend, vor allem auf die Endprodukte der verarbeitenden Industrien verteilen (Sektoren 3 – 9). Drittens wird in Abbildung 3 an Hand der Balkenfarben deutlich gemacht, ob die abgebildeten Emissionsflüsse im Inland (hell) oder im Ausland (dunkel) entspringen. Abbildung 3 liefert somit einen wertvollen Einblick in die Zusammensetzung des österreichischen Carbon Footprints. Zum Abschluss der Footprint-Analyse soll dieser noch in einem internationalen Vergleich eingeordnet werden.

Österreich im globalen Vergleich

In Summe wurden im Jahr 2012 global ca. 34 Giga Tonnen CO₂ eq. ausgestoßen. Dividiert man diese Gesamtmenge durch die Weltbevölkerung von ca. 7 Milliarden Menschen ergibt dies einen durchschnittlichen pro Kopf Emissionsausstoß von ca. 4,9 t CO₂ eq. Da die globalen Summen von nationalen Carbon Footprints und territorialen Emissionen gleich sein müssen, ist diese Zahl auch ein Bezugspunkt für den durchschnittlichen globalen Carbon Footprint. Österreichs durchschnittlicher pro Kopf Carbon Footprint von ca. 12,6 t CO₂ eq. übersteigt den globalen Durchschnitt um mehr als das Doppelte. Hinsichtlich der pro Kopf Emissionen des Konsums gehört Österreich damit zu den obersten 10 % der Weltbevölkerung. Mit anderen Worten, bezogen auf den nationalen Durchschnitt hatten im Jahr 2012 90% der Weltbevölkerung einen niedrigeren pro Kopf Carbon Footprint als die Konsument*innen Österreichs.

In Abbildung 4 wird die globale Ungleichverteilung des Carbon Footprint visualisiert. Sie zeigt zwei Weltkarten, in der die Länderflächen entsprechend einer bestimmten Eigenschaft, in diesem Fall der nationale Carbon Footprint und die Bevölkerung des Landes, verzerrt dargestellt werden. Die Flächensummen beider Weltkarten sind gleich und werden bei der Verzerrung konstant gehalten.

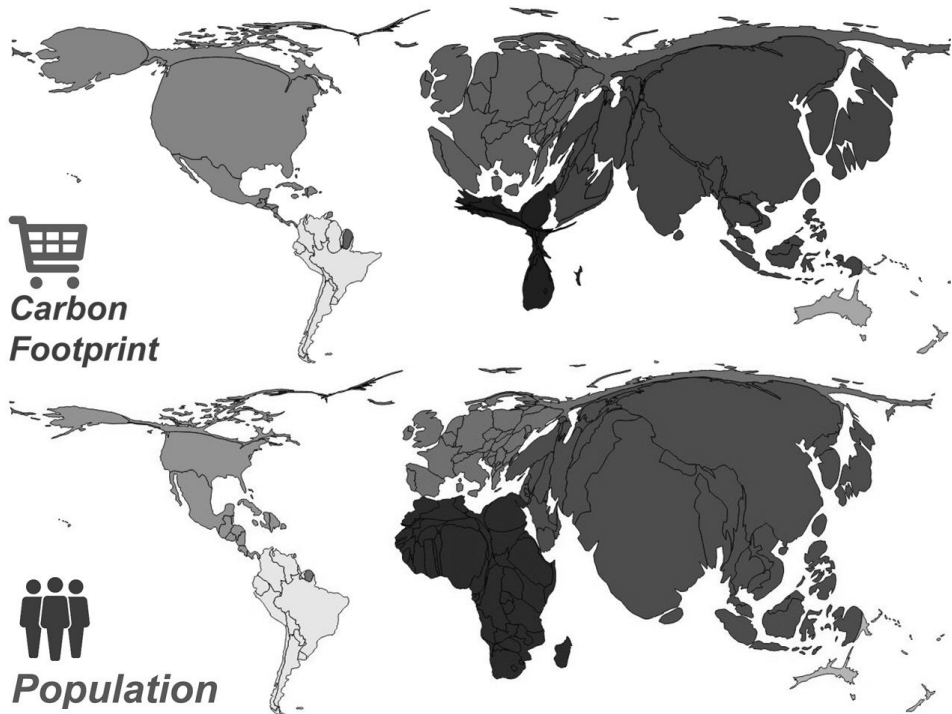


Abbildung 4: Weltkarten zur globalen Verteilung des Carbon Footprints (oberhalb) und der Bevölkerung (unterhalb).

Die 35 OECD Mitgliedsländer (also Europa, USA, Japan, u.a.) vereinen ca. 15 % der Weltbevölkerung, jedoch rund 46 % des globalen Carbon Footprints auf sich. Im Schnitt entspricht dies einem pro Kopf Footprint von 14,8 t. Zieht man die Länderklassifikation der Weltbank heran und summiert die Länder der niedrigsten Einkommensgruppe⁴ (vor allem afrikanische Staaten), ergibt dies ca. 7 % der Weltbevölkerung und 0,4 % des globalen Carbon Footprint. Diese Ländergruppe hat im Schnitt einen pro Kopf Carbon Footprint von nur 0,3 t CO₂ eq. pro Jahr. Die pro Kopf Emissionen des Konsums unterscheiden sich zwischen den reichsten und ärmsten Ländern somit um nicht weniger als einen Faktor 50.

Schlussfolgerungen

Der pro Kopf Carbon Footprint Österreichs betrug im Jahr 2012 ca. 12,6 t CO₂ eq. und lag somit etwa 50 % über den territorialen pro Kopf Emissionen (ca. 8,5 t CO₂ eq.). Vereinfacht kann man diese beiden Blickwinkel auf zwei Fragen reduzieren: „wie emissionsintensiv wird in einem Land Geld ausgegeben“ und „wie emissionseffizient wird Geld verdient“? Österreich steht hier als Beispiel für die meisten anderen früh industrialisierten Länder der Erde, die heute den größten Teil ihrer Wertschöpfung im Dienstleistungssektor erwirtschaften. Die Emissionen des Produzierens („Geld verdienen“) sind im Laufe der Zeit für diese Länder nur moderat gestiegen oder sogar rückläufig gewesen. Die Emissionen des Konsumierens („Geld ausgeben“) haben dagegen in der Regel meist stärker zugenommen.

Das Wachstum des österreichischen Carbon Footprints ist vor 1990 vor allem auf inner-europäische und danach auf außereuropäische Emissionen zurückzuführen. In gewisser Weise spiegelt die geografische Verschiebung der Emissionen die derzeit stattfindende industrielle Transformation in vielen außereuropäischen Ländern wider. Betrachtet man den Anteil der fossilen Energieträger am gesamten Energiekonsum eines Landes als Indikator für den Industrialisierungsgrad der nationalen Ökonomien, zeigt dies, dass sich Länder wie Indien oder China gerade mitten in einer Transition ihres Energiesystems befinden (Pallua 2013). Fischer Kowalski und Kolleg*innen (2014) schätzen, dass für das Jahr 2000 etwa 50 % der Weltbevölkerung in eine agrarisch geprägte Gesellschaftsform bzw. Subsistenzweise einzuordnen waren. Der Hälfte der Weltbevölkerung stehen Industrialisierung und die engere Einbindung in das globale Wirtschaftssystem also erst noch bevor. So sind zum Beispiel 50 % der Arbeitskräfte in Indien noch in der Landwirtschaft beschäftigt. In der Eurozone beläuft sich dieser Anteil auf lediglich 3 % (World Bank 2016). Die Verlagerung der Konsumemissionen in weit entfernte Weltregionen spiegelt somit die Industrialisierung und Globalisierung der prosperierenden Ökonomien in Asien, Lateinamerika und Afrika wider.

Der internationale Vergleich des durchschnittlichen pro Kopf Carbon Footprints hat gezeigt, dass der Endkonsum in Österreich (12,6 t CO₂ eq.) etwa um den Faktor 30 emissionsintensiver ist als in den ärmsten Ländern der Welt (0,3 t CO₂ eq.). Teixido-Figueres und Kolleg*innen (2016) fanden in ihrer Analyse heraus, dass Konsumindikatoren (insbesondere der Carbon Footprint) generell eine stärker ausgeprägte internationale Ungleichheit aufweisen als territoriale Produktionsindikatoren. Globale Input-Output Modelle bieten die Möglichkeit, Carbon Footprints nicht nur für Länder, sondern auch für bestimmte Einkommens- oder Bildungsgruppen zu berechnen. Minx und Kolleg*innen (2013) haben am Beispiel von Großbritannien illustriert, dass es auch auf dem subnationalen Level ein starkes Ungleichheitsgefälle zwischen Regionen und den verschiedenen sozio-ökonomischen Schichten gibt.

Die Analyse der sektoralen Verflechtungen hinter dem Carbon Footprint Österreichs (Abbildung 3) hat veranschaulicht, dass nicht nur die direkt emissionsintensiven Sektoren (Transport, Elektrizität und Mineralölverarbeitung), sondern auch alle anderen Wirtschaftszweige indirekt von Treibhausgasemissionen abhängig sind. Da die übrigen Wirtschaftszweige (vor allem das Bauwesen und die verarbeitenden Industrien) weiterhin Produkte und Vorleistungen von den emissionsintensiven Sektoren nachfragen werden, ist eine Dekarbonisierungsstrategie zu eng konzipiert, wenn sie nur auf jene Sektoren fokussiert, welche die Emissionen physisch ausstoßen. Produktion und Konsum von Gütern und Dienstleistung bedingen sich gegenseitig. Um den sektoralen Interdependenzen Rechnung zu tragen, muss eine Dekarbonisierung der Wirtschaft nicht nur produktionsseitig, sondern auch konsumseitig ansetzen.

Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass heute kein Produkt ohne Treibhausgasausstoß hergestellt werden kann, erscheint der Plan einer vollständigen Dekarbonisierung unseres Wirtschaftssystems geradezu utopisch. Wie eine solche Dekarbonisierungsstrategie ausschauen oder funktionieren könnte, kann eine Carbon Footprint-Analyse alleine nicht feststellen. Sie kann jedoch eine fundierte Datenbasis liefern, um einen informierten Diskurs darüber zu ermöglichen und prioritäre Handlungsfelder für politische und unternehmerische Aktivitäten zu identifizieren.

Vielen Dank an Mirko Lieber für das Erstellen der Weltkarten (Abbildung 4) sowie Stefan Giljum und Martin Bruckner für das wertvolle Feedback.

Literatur

- Aichele, Rahel/Gabriel Felbermayr (2012): Kyoto and the carbon footprint of nations; in: *Journal of Environmental Economics and Management* 63(3), 336–354
- Andrew, Robbie/Steven J. Davis/Glen Peters (2013): Climate policy and dependence on traded carbon; in: *Environmental Research Letters* 8(3), 034011
- Caldeira, Ken/Steven J. Davis (2011): Accounting for carbon dioxide emissions. A matter of time; in: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(21), 8533–8534
- Commission, E. (2011): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. European Commission
- De Boer, Yvo (2008): Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount. Paper presented at United Nations Framework Convention on Climate Change
- EEA (2014): Progress towards 2008–2012 Kyoto targets in Europe. Luxembourg: European Environment Agency
- European Commission (2011): A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy. COM(2011) 21. European Commission, Brüssel
- Fischer-Kowalski, Marina/Fridolin Krausmann/Irene Pallua (2014): A sociometabolic reading of the Anthropocene. Modes of subsistence, population size and human impact on Earth; in: *The Anthropocene Review*, 2053019613518033
- IPCC (2013): *Climate Change 2013. The physical science basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change
- Kanemoto, Keiichiro/Daniel Dean Moran/Manfred Lenzen/Arne Geschke (2014): International trade undermines national emission reduction targets. New evidence from air pollution; in: *Global Environmental Change* 24, 52–59
- Kitzes, Justin (2013): An introduction to environmentally-extended input-output analysis; in: *Resources* 2(4), 489–503

- Lenzen, Manfred/Keiichiro Kanemoto/Daniel Moran/Arne Geschke (2012): Mapping the structure of the world economy; in: *Environmental Science & Technology* in press
- Lenzen, Manfred/Daniel Moran/Keiichiro Kanemoto/Daniel Geschke (2013): Building EORA. A Global Multi-Region Input–Output Database at High Country and Sector Resolution; in: *Economic Systems Research* 25(1), 20–49
- Minx, Jan/Giovanni Baiocchi/Thomas Wiedmann/John Barrett/Felix Creutzig/Kuishuang Feng/Michael Förster/Peter-Paul Pichler/Helga Weisz/Klaus Hubacek (2013): Carbon footprints of cities and other human settlements in the UK; in: *Environmental Research Letters* 8(3), 035039
- Pallua, Irene (2013): Historische Energietransitionen im Ländervergleich. Energienutzung, Bevölkerung, Wirtschaftliche Entwicklungsthesis, Master Thesis in Social and Human Ecology, Alpen-Adria University
- Peters, Glen (2008a): From Production-Based to Consumption-Based National Emission Inventories; in: *Ecological Economics* 65(1), 13–23
- Peters, Glen (2008b): Reassessing Carbon Leakage. Paper presented at Eleventh Annual Conference on Global Economic Analysis – Future of Global Economy, 12–14 June 2008, Helsinki, Finland
- Teixidó-Figueras, Jordi/Julia Steinberger/Fridolin Krausmann/Helmut Haberl/Thomas Wiedmann/Glen P. Peters/Juan A. Duro/Thomas Kastner (2016): International inequality of environmental pressures. Decomposition and comparative analysis; in: *Ecological Indicators* 62, 163–173
- UNEP (2011): Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski, Marina/Mark Swilling/Ernst Ulrich von Weizsäcker/Yong Ren/Yuichi Moriguchi/Wendy Crane/Fridolin Krausmann/Nina Eisenmenger/Stefan Giljum/Peter Hennicke/Paty Romero Lankao/Anna Siriban Manalang/Sebastian Sewerin
- Weidema, Bo P/Mikkel Thrane/Per Christensen/Jannick Schmidt/Søren Løkke (2008): Carbon footprint; in: *Journal of Industrial Ecology* 12(1), 3–6
- Wiedmann, Thomas/Jan Minx (2007): A Definition of ‘Carbon Footprint’. Durham: ISA/UK Research & Consulting
- World Bank (2016): World Development Indicators, International Comparison Program database, online unter: <http://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS> (04.07.2016)

Anmerkungen

- 1 Auch genannt Life Cycle Assessment, LCA oder Ökobilanzierung.
- 2 In dieser Betrachtung beinhaltet die Endnachfrage eines Landes den Konsum der privaten Haushalte (Wohnen, Mobilität, Ernährung) des Staates (Gesundheitswesen, Verwaltung) und die Ausgaben für Investitionen (etwa Maschinen, Gebäude und Infrastruktur).
- 3 Alle im Text genannten Emissionen meinen immer die Gesamtheit aller Treibhausgase. Neben CO₂ sind das zum Beispiel CH₄, N₂O oder H₂O (mittels GWP100 Faktoren umgerechnet in CO₂ Äquivalente).
- 4 Bruttonationaleinkommen pro Kopf und Jahr unter 1.035 USD (2012)