



SPECIALISTS IN
EMPIRICAL ECONOMIC
RESEARCH

GWS DISCUSSION PAPER 2023/05

Regionale Unterschiede beim CO₂- Ausstoß privater Haushalte

Britta Stöver

Tim Neckermann

Impressum

AUTOREN

Dr. Britta Stöver

Tel: +49 (541) 40933-250, E-Mail: stoever@gws-os.com

Tim Neckermann

Tel: +49 (541) 40933-271, E-Mail: neckermann@gws-os.com

TITEL

Regionale Unterschiede beim CO₂-Ausstoß privater Haushalte

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, Dezember 2023

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung des Verfassers/der Verfasser und spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung der GWS mbH wider.

Das Discussion Paper im Überblick

1	Einleitung	1
2	Bestehende und zukünftige Unterschiede zwischen den Bundesländern bei CO₂-Emissionen privater Haushalte	2
2.1	Verteilung und Determinanten privater CO ₂ Emissionen	2
2.2	Empirische Erklärung der beobachtbaren privaten CO ₂ -Emissionen	5
2.3	Entwicklung 2019 bis 2035	7
3	Fazit	9
4	Literaturverzeichnis	11

1 Einleitung

Im Vergleich zur ökonomischen und sozialen Ungleichheit, abgebildet z. B. als Bildungsungleichheit, Einkommensungleichheit oder Geschlechterungleichheit, lag die ökologische Ungleichheit bisher weniger im Fokus von Untersuchungen. Der World Inequality Report 2022, thematisierte erstmalig auch die globale Verteilung von CO₂-Emissionen. Unter anderem wird hier darauf hingewiesen, dass die Ungleichheit bezüglich des pro-Kopf Ausstoßes von CO₂-Emissionen innerhalb eines Landes deutlich größer ausfallen können als zwischen verschiedenen Ländern (Chancel et al.).

Dies gab den Anstoß, die bestehenden und zukünftigen Unterschiede der privaten CO₂-Emissionen innerhalb Deutschlands genauer zu untersuchen. In diesem Beitrag sollen deshalb die regionalen Disparitäten beim CO₂-Ausstoß privater Haushalte zwischen den Bundesländern in Deutschland aufgezeigt, sowie mögliche Entwicklungspfade und deren Konsequenzen für die Ungleichheit dargestellt werden. Erkenntnisse über Ungleichheit in der Verteilung von CO₂-Emissionen können dann beispielsweise dazu dienen, Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen auf Bereiche zu fokussieren, die in besonderem Maße an den Gesamtemissionen beteiligt sind. Anders als in den oben genannten Bereichen Bildung, Einkommen etc. geht es also bei Emissionsungleichheiten nicht (oder nur nachrangig) um Gerechtigkeitsabwägungen.

Vorherige Studien haben bereits untersucht, welche Faktoren die pro-Kopf Emissionen verschiedener Städte beeinflussen. Korrelationen wiesen hier unter anderem die Faktoren Heizgradtage, Wirtschaftstätigkeit, Bevölkerungsdichte, Stromerzeugung, Technologie und Stadtgestaltung auf (Kennedy et al. 2009). Mithilfe der drei Faktoren Bevölkerungsdichte, Haushaltsgröße und Konsumausgaben pro Kopf werden wir in diesem Beitrag die Entwicklung der konsumbedingten privaten CO₂-Emissionen aus der Umweltgesamtrechnung empirisch erklären und regionale Unterschiede herausarbeiten. Um die Unterschiede in den zukünftigen privaten CO₂-Emissionen zwischen den Bundesländern zu untersuchen, werden die ermittelten Parameter mit der Haushalts- und Einkommensprojektion aus dem makro-ökonomischen Input-Output Modell INFORGE verknüpft. Über die ermittelten empirischen Zusammenhänge können die privaten Emissionen in die Zukunft projiziert werden. Auf Basis der regionalen Verteilung lässt sich der Grad der regionalen Ungleichheit auf Bundesländerebene darstellen und so erkennen, zwischen welchen Bundesländern sich die Disparitäten bei den Emissionen zukünftig verstärken werden.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Unterschiede in der Höhe der konsumbedingten CO₂-Emissionen pro Kopf zwischen den Bundesländern vor allem von der Höhe der privaten Konsumausgaben und der Bevölkerungsdichte bestimmt werden. In der Zukunft werden die regionalen Disparitäten auf Bundesländerebene weiter zunehmen. Regional eindeutige Muster lassen sich allerdings nicht erkennen.

Das verbleibende Papier ist wie folgt strukturiert. Abschnitt 2.1 gibt einen Überblick über bestehende Unterschiede konsumbedingter CO₂-Emissionen zwischen den Bundesländern und wichtige Einflussgrößen. In Abschnitt 2.2 wird die Höhe der privaten CO₂-Emissionen empirisch auf Basis zentraler Determinanten und Bundesländereigenschaften erklärt. Abschnitt 2.3 enthält eine Abschätzung zur zukünftigen Entwicklung. Abschnitt 3 schließt mit einem Fazit ab.

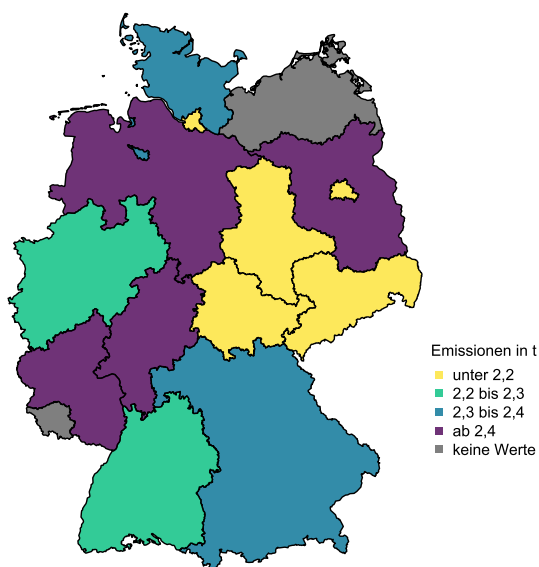
2 Bestehende und zukünftige Unterschiede zwischen den Bundesländern bei CO₂-Emissionen privater Haushalte

2.1 Verteilung und Determinanten privater CO₂ Emissionen

Um regionale Unterschiede bezüglich der pro-Kopf CO₂-Emissionen zu ermitteln, muss zunächst geklärt werden, welche Emissionen hierbei Berücksichtigung finden. Gemeinhin werden CO₂-Emissionen in drei Kategorien eingeteilt (Scope 1, Scope 2, Scope 3), die im Wesentlichen dazu dienen, direkte von indirekten CO₂-Emissionen zu unterscheiden. Im Fokus dieser Arbeit stehen die direkten Emissionen (Scope 1). Bei privaten Haushalten werden diese in erster Linie durch Raumwärme, Warmwasser und Mobilität determiniert. Nicht berücksichtigt werden entsprechend Emissionen, die beispielsweise bei der Produktion und dem Transport von Gütern und Dienstleistung entstehen. Es ist jedoch anzumerken, dass auf Ebene einzelner Städte die Einbeziehung indirekter Emissionen (Scope 2 und 3) die Gesamtemissionen der jeweiligen Stadt zwar deutlich erhöhen, womöglich aber zu einer Reduktion der Ungleichheit zwischen den Städten führen kann (Hillman und Ramaswami 2010). Im Folgenden verwenden wir zur besseren Lesbarkeit verallgemeinernd den Begriff „Emissionen“, wobei hiermit stets nur Scope 1 Emissionen gemeint sind.

Abbildung 1 zeigt die regionalen Unterschiede der privaten pro Kopf CO₂-Emissionen. Auffällig ist hierbei, dass kein deutliches Muster zu erkennen ist, also kein eindeutiges Ost-West oder Nord-Süd-Gefälle. So befinden sich Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt und Berlin mit unter 2,2 Tonnen konsumbedingter CO₂-Emissionen pro Kopf zwar im unteren Quartil, Brandenburg mit über 2,5 Tonnen jedoch im oberen Quartil. Mit Hessen, Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz befinden sich die südlichen Bundesländer allesamt in den oberen beiden Quartilen. Die nördlichen Bundesländer weisen größere Unterschiede untereinander auf, wobei für Mecklenburg-Vorpommern keine Daten vorliegen.

Abbildung 1: Konsumbedingte CO₂-Emissionen pro Kopf (in Tonnen), 2018



Quelle: Statistisches Bundesamt, Geodaten: ©GeoBasis-DE / BKG 2021

Die Unterschiede lassen sich erklären durch regionale Differenzen in den Bereichen Siedlungsstruktur, Demografie und Mobilität. Es lassen sich folgende Einflussfaktoren feststellen, die in besonderem Maße mit den pro-Kopf CO₂-Emissionen korrelieren: *Bevölkerungsdichte* ($r = -0,69$), *Haushaltsgröße* ($r = +0,73$), sowie die Energieeffizienz von Gebäuden, Geräten und Fahrzeugen. Als Proxy für den letztgenannten Einflussfaktor verwenden wir *Konsumausgaben pro Kopf* ($r = +0,32$) (Mattioli et al. 2020; Creutzig et al. 2015). Im Folgenden gehen wir kurz auf die drei Einflussfaktoren und deren mögliche Wirkmechanismen ein.

Bevölkerungsdichte ($r = -0,78$)

Während in ländlichen Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte Einfamilienhäuser verbreiteter sind, wohnen Menschen in Ballungsräumen vermehrt in Wohnungen und Mehrfamilienhäusern. Freistehende Einfamilienhäuser verfügen über größere Flächen, über die Wärme nach Außen gelangen kann. Bei Wohnungen in Mehrfamilienhäusern ist die Außenfläche anteilig kleiner. Dementsprechend höher sind die Emissionen von freistehenden Einfamilienhäusern.

Weiterhin ist zu vermuten, dass sich das Mobilitätsverhalten in ländlichen Gebieten von dem in Ballungsräumen unterscheidet und so zur negativen Korrelation von Bevölkerungsdichte und pro-Kopf Emissionen beiträgt. So wurde beispielsweise gezeigt, dass sich der Energieverbrauch im Verkehr, sowie die dadurch bedingten CO₂-Emissionen umgekehrt proportional zur Bevölkerungsdichte entwickeln (Kennedy et al. 2009). Grund hierfür könnte sein, dass die höhere Bevölkerungsdichte in Ballungszentren dazu führt, dass der öffentliche Personennahverkehr effizienter genutzt werden kann und dieser auf pro-Kopf Basis günstiger wird. In weniger dicht besiedelten Gebieten sind die Grenzkosten der Bereitstellung des ÖPNV höher, weswegen hier der CO₂-intensivere Individualverkehr relativ günstiger wird. Hierfür spricht auch die deutlich geringere KFZ-Dichte in großen Städten im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (Többen et al. 2023b). Weiterhin kann die relative Nähe von Wohnungen und Geschäften das Zufußgehen, das Radfahren und die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs anstelle des motorisierten Individualverkehrs fördern (Dodman 2009).

Haushaltsgröße ($r = +0,75$)

Mit steigender Haushaltsgröße steigen die pro-Kopf CO₂-Emissionen. Oder anders ausgedrückt: Je mehr Menschen in einem Haushalt leben, desto mehr CO₂ stoßen diese tendenziell aus. Das wirkt zunächst kontraintuitiv, da Emissionen für bspw. Raumwärme in größeren Haushalten auf mehrere Personen umgelegt werden und somit die pro-Kopf Emissionen sinken sollten. Der positive Zusammenhang könnte mit den unterschiedlichen Lebensumständen derer zusammenhängen, die in kleinen bzw. großen Haushalten leben. Single Haushalte existieren beispielsweise vor allem bei Studierenden oder älteren, alleinstehenden Personen. Studierende verfügen über ein geringeres Einkommen und können dadurch weniger konsumieren und besitzen seltener ein eigenes Auto. Mit dem Berufseinstieg verändern sich diese Umstände. Aus dem Single Haushalt wird womöglich ein 2-Personen Haushalt, der Berufseinstieg ermöglicht mehr Konsum und die Anschaffung von einem oder mehreren motorisierten Fahrzeugen sind nun möglich. Zwar werden nun die Emissionen für Raumwärme geteilt, viele andere Emissionen steigen jedoch. Der Wechsel von einem Single-Haushalt in einen größeren Haushalt geht also häufig einher mit

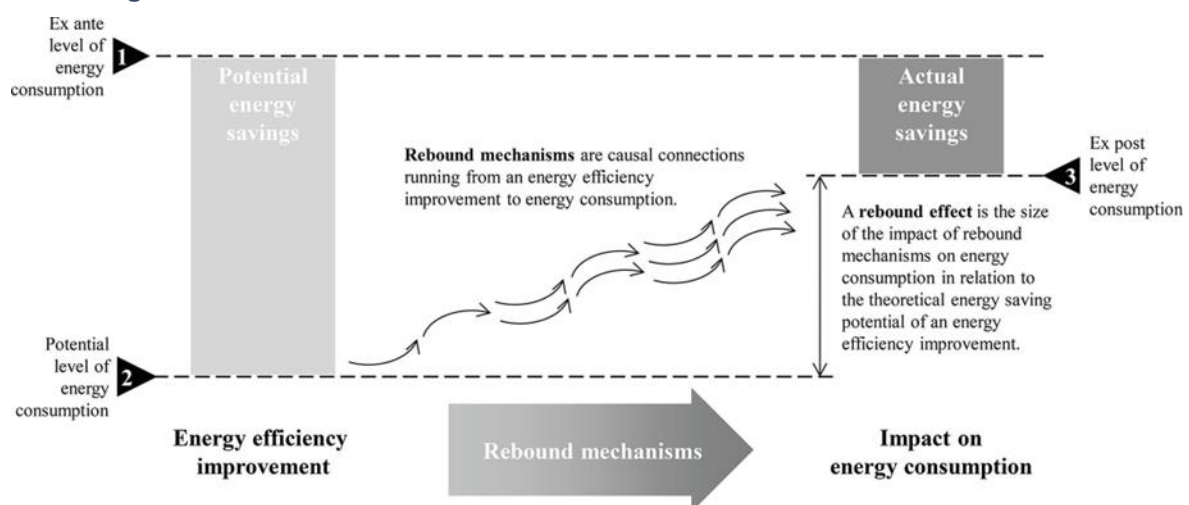
einer Veränderung im Konsumverhalten durch gestiegenes Einkommen, was sich wiederum auf die pro-Kopf Emissionen auswirkt. Es ist anzumerken, dass beispielsweise Creutzig et al. (2015) bei ihrer Untersuchung von 274 Städten weltweit eine *negative* Korrelation zwischen Haushaltgröße und pro-Kopf Emissionen beobachten. Die Differenz zwischen unseren Beobachtungen und denen Creutzigs deutet auch darauf hin, dass möglicherweise wichtige weitere erklärende Variablen in unserem Datensatz fehlen, was zu einem späteren Zeitpunkt eingehender untersucht werden sollte.

Konsumausgaben pro Kopf ($r = + 0,24$)

Die nur leicht positive Korrelation der Konsumausgaben mit den pro-Kopf Emissionen rührt vermutlich aus einer Vermengung gegenläufiger Effekte. Einerseits haben Personen und Haushalte mit höherem Einkommen häufig Zugang zu energie- und emissionseffizienteren Technologien (Többen et al. 2023a). Andererseits gehen höhere Konsumausgaben nicht nur mit energieeffizienteren Produkten einher, sondern auch mit mehr Konsum. Die leicht positive Korrelation lässt darauf schließen, dass die Energieeffizienz der konsumierten Produkte nicht ausreicht, um die negativen Effekte des Mehrkonsums auszugleichen.

Die zugrundeliegenden Prinzipien dieses Phänomens werden als Rebound-Effekte bezeichnet. Der Rebound-Effekt beschreibt allgemein die Situation, in der die tatsächliche Energieeinsparung durch Effizienzsteigerung nicht proportional mit der potenziellen (oder technisch möglichen) Energieeinsparung durch ebendiese Effizienzsteigerung wächst. Die Ursachen dieser Effekte sind mannigfaltig: Substitutionseffekte führen beispielsweise in der Automobilbranche dazu, dass Effizienzverbesserungen nicht zu Energieeinsparungen führen, sondern durch höhere Leistungen der Fahrzeuge substituiert werden (Knittel 2009). Einkommenseffekte, die durch Kosteneinsparungen bei der Effizienzsteigerung entstehen führen zu einem Mehrkonsum an anderer Stelle, der wiederum einen Teil der Energieeinsparung zunichtemacht. Darüber hinaus gibt es aber auch weniger operationalisierbare Ursachen psychologischer Natur: So kann eine Effizienzsteigerung der benutzten Geräte dazu führen, dass man diese mit einem besseren Gewissen (und entsprechend länger oder intensiver) nutzt („Moral-Licensing-Effekt“) (Santarius 2012). Abbildung 2 verdeutlicht das Phänomen des Rebound-Effekts.

Abbildung 2: Rebound Effekte



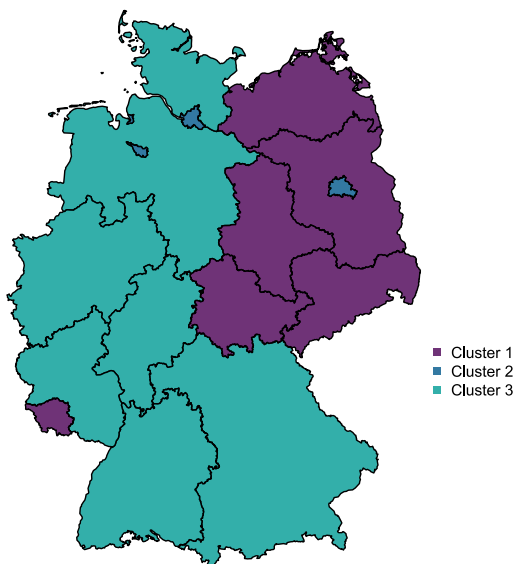
Quelle: Lange et al. 2021

2.2 Empirische Erklärung der beobachtbaren privaten CO₂-Emissionen

Die drei oben beschriebenen Einflussfaktoren Bevölkerungsdichte, Haushaltsgröße und Konsumausgaben pro Kopf sind in den jeweiligen Bundesländern unterschiedlich stark ausgeprägt. Mithilfe einer Clusteranalyse lassen sich für das Jahr 2018 drei unterschiedliche Typen von Bundesländern ausmachen, die unterschiedliche Charakteristika aufweisen.

Die Cluster wurden mit der K-Means Methode bestimmt. Dazu wurden die Indikatoren zentriert und skaliert. Abbildung 3 zeigt die räumliche Aufteilung dieser Cluster. Cluster 1 besteht aus sechs Bundesländern (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen), Cluster 2 aus drei Bundesländern (Berlin, Bremen und Hamburg) und Cluster 3 aus sieben (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein). Anders als bei den pro-Kopf-Emissionen lässt sich bei den Clustern ein räumliches Muster erkennen: Cluster 1 besteht überwiegend aus ostdeutschen und Cluster 3 aus westdeutschen Flächenländern. In Cluster 2 finden sich die Stadtstaaten.

Abbildung 3: Bundesländer-Cluster, 2018



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamtes

Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Merkmale der einzelnen Cluster. Cluster 2 hat relativ hohe Konsumausgaben pro Kopf, unterscheidet sich aber vor allem in der Bevölkerungsdichte und der Haushaltsgröße von den anderen Clustern. In den dicht besiedelten Stadtstaaten leben mit 1,8 Personen vor allem kleinere Haushalte. Cluster 1 und 3 sind im Schnitt wesentlich geringer besiedelt und mit unter 300 Personen je qkm ländlich geprägt. Zudem sind die Haushalte mit 1,9 bzw. 2 Personen etwas größer als in Cluster 2. Der Unterschied zwischen Cluster 1 und 3 liegt vor allem in der Höhe der Konsumausgaben. Cluster 1 zeichnet sich mit im Schnitt 17.600 Euro pro Kopf durch die niedrigsten Ausgaben für den privaten Konsum aus. Bei Cluster 3 liegen sie mit durchschnittlich fast 20.000 Euro pro Kopf am höchsten.

Tabelle 1: Clustereigenschaften

Cluster	Clustergröße	Bevölkerungsdichte (Personen/qkm)	Haushaltsgröße (Personen)	Konsumausgaben pro Kopf (€)
1	6	122	1,9	17.644
2	3	2.987	1,8	18.688
3	7	259	2,0	19.963

Quelle: Eigene Berechnungen

Die Clustereigenschaften können wie folgt zusammengefasst werden:

- Cluster 1: Ländlich geprägt mit größeren Haushalten und vergleichsweise geringem pro-Kopf-Konsum
- Cluster 2: Metropoleregionen mit kleineren Haushalten und mittlerem pro-Kopf-Konsum
- Cluster 3: Ländlich geprägt mit größeren Haushalten und hohem pro-Kopf-Konsum

Die Variablen Bevölkerungsdichte, Haushaltsgröße und Konsumausgaben sowie die Clusterzugehörigkeit werden verwendet, um einen empirischen Zusammenhang zu den konsumbasierten CO₂-Emissionen herzustellen. Auf Basis einer unsymmetrischen Pooled Panel Schätzung ergibt sich der in Tabelle 2 abgebildete Zusammenhang. Die Cluster gehen dabei als Faktoren in die Schätzung ein, wobei Cluster 1 die Referenz ist.

Tabelle 2: Koeffizienten einer unsymmetrischen Pooled Panel Schätzung zur Erklärung konsumbedingter CO₂-Emissionen

Variable	Koeffizient		Signifikanz
Konstante	-1624,6050		
Bevölkerungsdichte	-0,8224		***
Haushaltsgröße	1092,2013		
Konsumausgaben	113,1932		***
Cluster 2	897,9147		
Cluster 3	892,9103		*
	Adj R ²	0,99	
	Beobachtungen (N)	106	
	Signifikanzniveaus	***	**
		≤ 0,001	≤ 0.01
			≤ 0.1

Quelle: Eigene Berechnungen

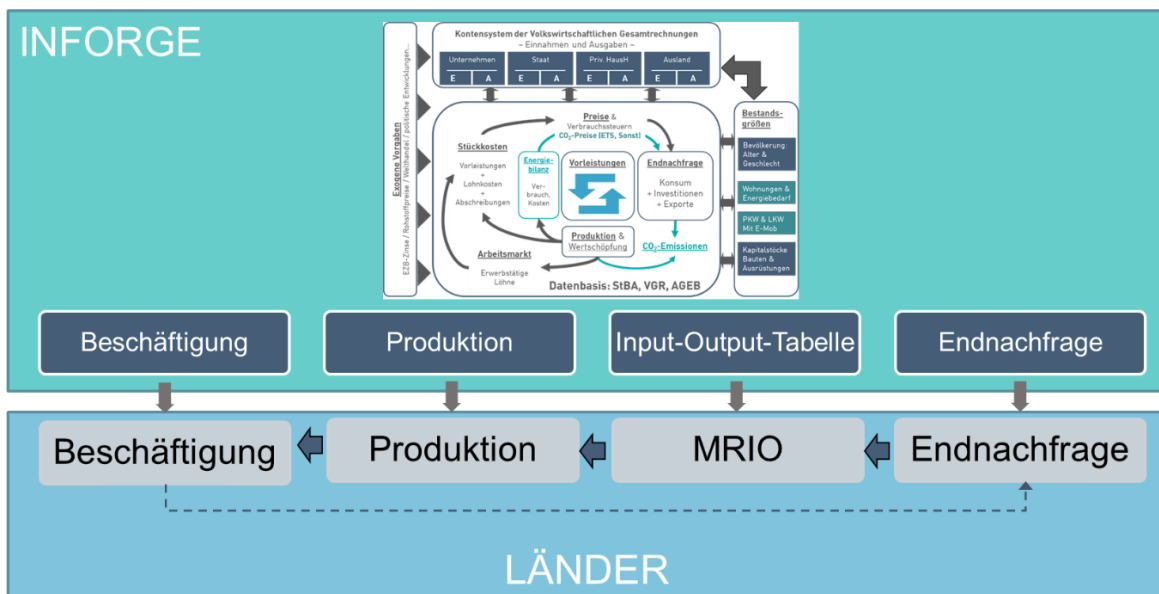
Es zeigt sich, dass die privaten Konsumausgaben einen signifikant positiven Einfluss auf die konsumbedingten CO₂-Emissionen haben, d.h. mit steigenden Konsumausgaben nehmen auch die privaten CO₂-Emissionen zu. Die Haushaltsgröße hat keine nachweisbare Wirkung auf die konsumbedingten CO₂-Emissionen, da sie nicht signifikant von Null verschieden ist. Unter Umständen werden die Einflüsse der Haushaltsgröße über die Clustereigenschaften aufgefangen. Die Bevölkerungsdichte hat einen nachweislich negativen Einfluss auf die CO₂-Emissionen. Je dicht besiedelter also ein Bundesland ist, desto geringer werden die CO₂-Emissionen. Bei den Clustern sind nur die Koeffizienten für Cluster 3 signifikant von 0 verschieden. Die konsumbedingten privaten CO₂-Emissionen sind also in Cluster 3 systematisch höher als in Cluster 1, was sich vor allem mit den höheren Konsumausgaben in diesem Cluster begründen lässt.

2.3 Entwicklung 2019 bis 2035

Die Regressionsergebnisse werden dazu verwendet, um eine Abschätzung der zukünftigen konsumbasierten CO₂-Emissionen vorzunehmen und Rückschlüsse auf zukünftige Entwicklungen der CO₂ Disparitäten zwischen den Bundesländern Deutschlands zu ziehen. Dazu werden Projektionen zu Bevölkerungsdichte, Haushaltsgröße und Konsumausgaben aus dem nationalen, makroökonomischen Modell INFORGE in Kombination mit den regionalen Teilmodell LÄNDER eingesetzt.

INFORGE gehört zur Gruppe der Input-Output basierten makroökonomischen Modelle. Anders als allgemeine Gleichgewichtsmodelle folgt INFORGE als ökonometrisches Modell nicht dem neoklassischen Ansatz mit einer Gleichgewichtslösung (West 1995), sondern bedient sich vielmehr bei Ansätzen der Evolutionsökonomik (Nelson und Winter 1982) und unterstellt somit begrenzt rational agierende Agenten (Mönning 2016). INFORGE beruht auf zwei wesentlichen Grundlagen: Der bottom-up Struktur sowie der vollständigen Integration. Erstere bezeichnet die Modellierung jedes einzelnen Wirtschaftsbereiches und die Berechnung makroökonomischer Variablen durch explizite Aggregation. Jeder Sektor ist in den wirtschaftlichen Kontext eingebettet und industrielle Verflechtungen werden explizit integriert und genutzt, um wirtschaftliche Interaktionen zu erklären. Letztere beschreibt den komplexen und simultanen Lösungsprozess des Modells, der interindustrielle Abhängigkeiten, Einkommensverteilung und staatliche Umverteilungseffekte ebenso wie die Einkommensverwendung berücksichtigt. Das Modell kombiniert endogene Schätzungen auf Basis von Zeitreihendaten mit exogenen Vorgaben und ist nicht durch die Randbedingung einer Nutzenoptimierung oder eines Gleichgewichts eingeschränkt. Eine Übersicht über die Modellstruktur mit ausführlicherer technische Beschreibung findet sich in Becker et al. (2022).

Abbildung 4: makroökonomischer Modellrahmen für Projektionen wichtiger regionaler Kenngrößen



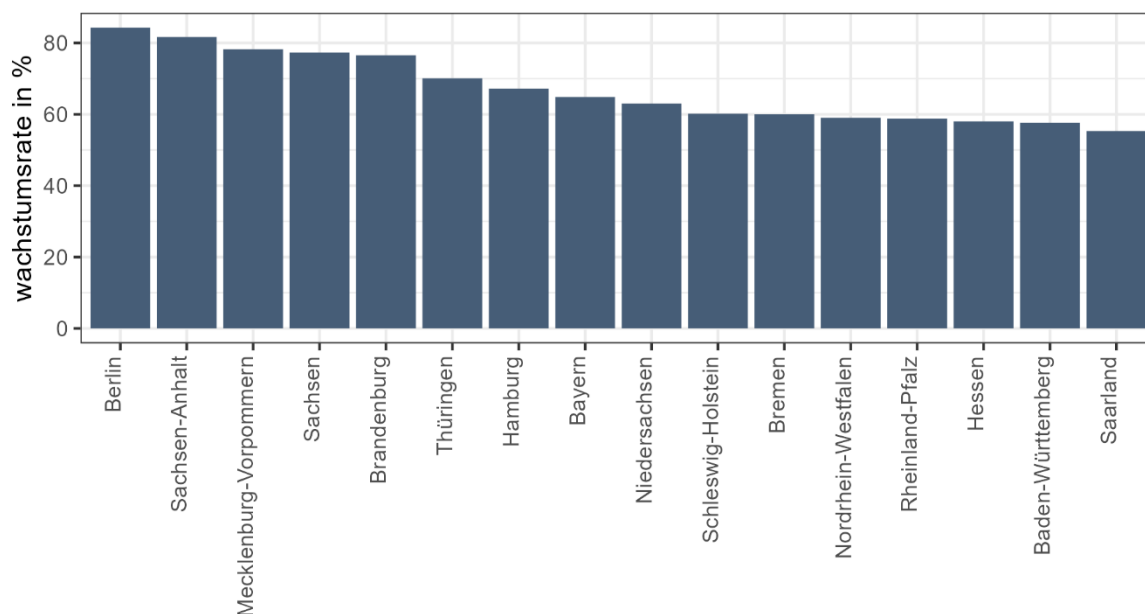
Quelle: Ulrich et al. (2022)

Wichtige zentrale nationale Größen aus INFORGE, wie Produktionswerte und Endnachfragekomponenten, werden an das Teilmodell LÄNDER übergeben. Die Interaktion mit dem Modell LÄNDER ist in Abbildung 4 dargestellt. Das LÄNDER-Modell enthält in seinem Kern bundesländerspezifische Input-Output-Tabellen, d.h. bundesländer-spezifische Wirtschaftsstrukturen werden explizit abgebildet. Zudem stehen die Input-Output-Tabellen über den Handel in einem multiregionalen System bzw. Kontext miteinander in Verbindung. Aus der nationalen wirtschaftlichen Entwicklung lassen sich also regionalspezifische Einflüsse ableiten, indem man Unterschiede in der Konsum-, Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung auf der einen und unterschiedliche Produktionsstrukturen auf der anderen Seite integriert abbildet. Eine detaillierte Beschreibung zum LÄNDER-Modell findet sich in Ulrich et al. (2022) und Zika et al. (2023).

Auf Basis der projizierten Entwicklungen zu Bevölkerungsdichte, Konsumausgaben und Haushaltsgröße lassen sich mit den geschätzten Parametern die zukünftigen konsumbedingten CO₂-Emissionen ermitteln. Da die Regression allerdings nur die in der Vergangenheit zu beobachtenden Zusammenhänge abbildet wird implizit die Annahme unterstellt, dass sich das Konsumverhalten nicht unerwartet ändert. Verhaltensanpassungen für z.B. mehr Klimaschutz und einen deutlich reduzierten CO₂-Verbrauch werden so nicht abgebildet. Die folgende Projektion zeigt also eine Entwicklung, in der es nicht zu einem klimabewussteren Verhalten kommt, als das, welches zum letzten beobachtbaren Zeitpunkt festgestellt wurde.

Die Entwicklung der privaten konsumbedingten pro-Kopf-Emissionen für das Jahr 2035 gegenüber 2019 ist in Abbildung 5 dargestellt. Getrieben durch Steigerungen im Konsum der privaten Haushalte werden die konsumbedingten CO₂-Emissionen pro Kopf in allen Bundesländern steigen. Die Zuwächse zeigen eine Bandbreite in der Veränderung von +55% im Saarland bis +84% in Berlin.

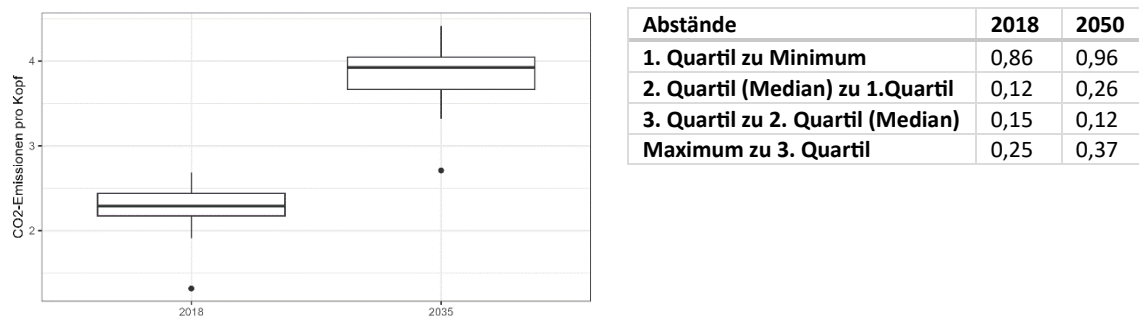
Abbildung 5: Veränderung der konsumbedingten CO₂-Emissionen pro Kopf 2035 ggü. 2019



Quelle: Eigene Berechnungen

Um abzuschätzen, ob sich die Unterschiede zwischen den Bundesländern verstärkt haben, ist in Abbildung 6 die Verteilung der CO₂-Emissionen (Grafik) und die Quartilsabstände (Tabelle) dargestellt. Erkennbar ist, dass sich die Unterschiede zwischen den Quartilen 2035 gegenüber 2018 erhöht haben, die Quartile also weiter auseinander gehen. Ausschließlich der Abstand vom dritten Quartil zum Median verringert sich. Die Bundesländer werden also unterschiedlicher. Insbesondere der Abstand vom 1. Quartil zum Median wird deutlich größer. Das heißt, dass sich 2035 nun mehr Bundesländer bei den unteren Werten der CO₂-Emissionen ansiedeln, anders als noch 2018.

Abbildung 6: Konsumbedingte CO₂-Emissionen pro Kopf nach Quartilen für 2018 und 2035



Quelle: Eigene Berechnungen

3 Fazit

Unsere Untersuchung betrachtet regionale Emissionsdisparitäten auf Ebene der Bundesländer unter Verwendung der Determinanten Haushaltsgröße, Konsumausgaben und Bevölkerungsdichte als Einflussfaktoren. Auf Ebene der Bundesländer lassen sich Unterschiede in der Höhe der konsumbedingten CO₂-Emissionen pro Kopf finden, die vor allem von der Höhe der privaten Konsumausgaben und der Bevölkerungsdichte bestimmt werden. Regional eindeutige Muster sehen wir hingegen nicht. Unter der Annahme, dass sich das in der Vergangenheit beobachtbare Verhalten nicht grundlegend ändert, werden die regionalen Disparitäten auf Bundesländerebene weiter zunehmen.

Sowohl die regionale Granularität als auch die Auswahl der Determinanten können jedoch in Frage gestellt werden. Bezüglich der Granularität gibt es Anzeichen dafür, dass eine kleinräumigere Rasterung (bspw. auf Ebene von Städten oder Landkreisen) zu aufschlussreicheren Ergebnissen führen kann. So zeigen Többen et al. (2023a) beispielsweise, dass sich die Kfz-Dichte und die Einkommensunterschiede zwischen Haushalten viel deutlicher auf Landkreis- und Stadtebene unterscheiden als zwischen verschiedenen Bundesländern. Nach wie vor ist hier auch noch ein stärkeres Ost-West-Gefälle erkennbar. Ähnliches finden die Autoren bei der Verteilung des privaten Haushaltsverbrauchs fossiler Energieträger für Raumwärme und Warmwasser: Es gibt ein deutliches Ost-West-Gefälle, aber auch starke Unterschiede, die unterhalb der Bundesländerebene auf kommunaler Ebene stattfinden.

Hinsichtlich der Determinanten könnten weitere bzw. andere Einflussgrößen wie die Kfz-Dichte, verfügbares Haushaltseinkommen, Ausgaben für einzelne, besonders CO₂-intensive Konsumverwendungszwecke, Altersstruktur der Haushalte etc. zu besseren Schätzergebnissen führen. Für nicht alle Größen sind aber Projektionen aus dem

Regionalmodell verfügbar. Zudem handelt es sich hier um eine erste Abschätzung. Für spätere Arbeiten könnte die regionale Ebene und die Auswahl der Erklärenden erweitert werden. Zudem sollten Entwicklungen hin zu einer höheren CO₂-Neutralität auch bei den privaten Haushalten mitgedacht werden.

4 Literaturverzeichnis

Becker, L., Bernardt, F., Bieritz, L., Mönnig, A., Parton, F., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2022): INFORGE in a Pocket, Osnabrück. GWS-Kurzmitteilung 2022/02. Online verfügbar unter <https://www.gws-os.com/de/publikationen/gws-kurzmitteilungen/detail/inforge-in-a-pocket>, abgerufen am 27.09.2023.

Chancel, L., Piketty, T., Saez, E. & Zucman, G. e. a.: World Inequality Report 2022. In: Online verfügbar unter wir2022.wid.world, abgerufen am 19.10.2022.

Creutzig, F., Baiocchi, G., Bierkandt, R., Pichler, P.-P. & Seto, K. C. (2015): Global typology of urban energy use and potentials for an urbanization mitigation wedge. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (20), S. 6283–6288. DOI: 10.1073/pnas.1315545112.

Dodman, D. (2009): Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. In: *Environment and Urbanization* 21 (1), S. 185–201. DOI: 10.1177/0956247809103016.

Kennedy, C., Steinberger, J., Gasson, B., Hansen, Y., Hillman, T., Havránek, M., Pataki, D., Phdungsilp, A., Ramaswami, A. & Villalba Mendez, G. (2009): Greenhouse gas emissions from global cities. In: *Environmental Science & Technology* 43 (19), S. 7297–7302. DOI: 10.1021/es900213p.

Knittel, C. (2009): *Automobiles on Steroids: Product Attribute Trade-Offs and Technological Progress in the Automobile Sector*, Cambridge, MA.

Mattioli, G., Roberts, C., Steinberger, J. K. & Brown, A. (2020): The political economy of car dependence: A systems of provision approach. In: *Energy Research & Social Science* 66, S. 101486. DOI: 10.1016/j.erss.2020.101486.

Mönnig, A. (2016): The European Monetary Union break-up – an economic experiment on the return of the deutsche mark. In: *Economic Systems Research* 28, 2016 (4), S. 497–517.

Nelson, R. & Winter, S. G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge, London.

Santarius, T. (2012): *Der Rebound-Effekt: Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz*. Hg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal. Impulse zur WachstumsWende. Online verfügbar unter <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/4219/file/ImpW5.pdf>, abgerufen am 16.11.2022.

Többen, J., Pichler, P.-P., Jaccard, I. S., Kratena, K., Moran, D., Zheng, H. & Weisz, H. (2023a): Unequal carbon tax impacts on 38 million German households: assessing spatial and socio-economic hotspots. In: *Environ. Res.: Climate*. DOI: 10.1088/2752-5295/aceea0.

Többen, J., Pichler, P.-P., Jaccard, I. S., Kratena, K., Moran, D., Zheng, H. & Weisz, H. (2023b): Unequal carbon tax impacts on 38 million German households: assessing spatial and socio-economic hotspots. In: *Environ. Res.: Climate* (2), S. 45006. DOI: 10.1088/2752-5295/aceea0.

Ulrich, P., Bernardt, F., Parton, F., Sonnenburg, A. & Többen, J. (2022): *Das neue LÄNDER-Modell – Beispielszenario zum Ausbau der Photovoltaik*. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS), Osnabrück. GWS Discussion Paper 2022/02. Online verfügbar

unter <https://www.gws-os.com/de/publikationen/alle-publikationen/detail/das-neue-laendermodell>, abgerufen am 27.09.2023.

West, G. R. (1995): Comparison of Input-Output, Input-Output Econometric and Computable General Equilibrium Impact Models a the Regional Level. In: *Economic Systems Research* 7 (2), S. 209–227. DOI: 10.1080/09535319500000021.

Zika, G., Hummel, M., Maier, T. & Wolter, M. I. (Hg.) (2023): Das QuBe-Projekt: Modelle, Module, Methoden. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). 1. Auflage, Bielefeld. wbv Publikation. Online verfügbar unter <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.3278/9783763973712>.