

Sandra Achten, Christian Leßmann und Arne Steinkraus*

Die Umwelt-Kuznets-Kurve und internationaler Handel

Wachstum und sektoraler Wandel allein haben in näherer Zukunft wahrscheinlich keinen dämpfenden Effekt auf die globalen Treibhausgasemissionen. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass Carbon-Leakage ein Phänomen ist, welches auch im Kontext der Umwelt-Kuznets-Kurve relevant ist. Werden Emissionsexporte bzw. -importe berücksichtigt, so zeigt sich, dass der absteigende Ast der Umwelt-Kuznets-Kurve ein Trugschluss ist. Wollte man den ökologischen Fußabdruck eines Landes korrekt bestimmen, dann müssten die Emissionen bei der Herstellung aller konsumierten Güter unabhängig vom Emissionsstandort berücksichtigt werden. Hierbei wären eben auch die Emissionen von solchen Gütern miteinzubeziehen, die importiert und im Inland verbraucht bzw. veredelt und weiter exportiert werden.

Gemäß der Umwelt-Kuznets-Hypothese weisen Staaten in frühen Entwicklungsstadien in der Regel geringe Treibhausgasemissionen auf. Im Entwicklungsprozess setzt ein Wandel der sektoralen Anteile an der Wertschöpfung ein, häufig hin zu emissionsintensiver industrieller Produktion. Weiteres Wachstum verschiebt dann die Wertschöpfungsanteile hin zu Dienstleistungssektoren. Diese Länder adaptieren moderne Technologien der Energieerzeugung und Energieeffizienz. Auch bekommt die Umwelt einen größeren Stellenwert in der Gesellschaft, sodass insgesamt die Emissionen wieder zurückgehen. Der beschriebene Zusammenhang ist als Umwelt-Kuznets-Kurve¹ bekannt, wonach ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zwischen dem Entwicklungsstand von Staaten und den Emissionen beobachtbar sein sollte (vgl. Kuznets 1955, Panayotou 1993 und Grossman und Krueger 1996). Wenn diese Hypothese tatsächlich empirisch belegbar wäre, dann hätte Wachstum für die Umwelt langfristig erfreuliche Konsequenzen: Durch wirtschaftliche und technologische Entwicklung könnten wir zumindest langfristig die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern reduzieren.²

Fraglich ist jedoch, ob bei einer empirischen Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Emissionen und Entwicklungsstand rein auf die Emissionen bei der Produktion der erzeugten Güter im Inland abgestellt werden sollte. Ein hoch entwickeltes Land kann natürlich einen größeren Wertschöpfungsanteil in modernen Dienstleistungssektoren erzielen und die Energieeffizienz steigern. Gleichwohl wird häufig zugleich beobachtet, dass energieintensive Branchen aus dem Inland verdrängt werden hin zu Staaten mit niedrigeren Umweltstandards und niedrigerem Einkommen. Dieser als Carbon-Leakage-Effekt bekannte Mechanismus kann die Klimabilanz im Inland aus Verbrauchersperspektive erheblich verschlechtern, eben dann, wenn die energieintensiv hergestellten (Vor-)Produkte importiert werden. Das Ziel der Analyse ist daher, die Umwelt-Kuznets-Kurve unter Berücksichtigung der internationalen Handelsströme zu untersuchen (vgl. Steinkraus 2017a).³

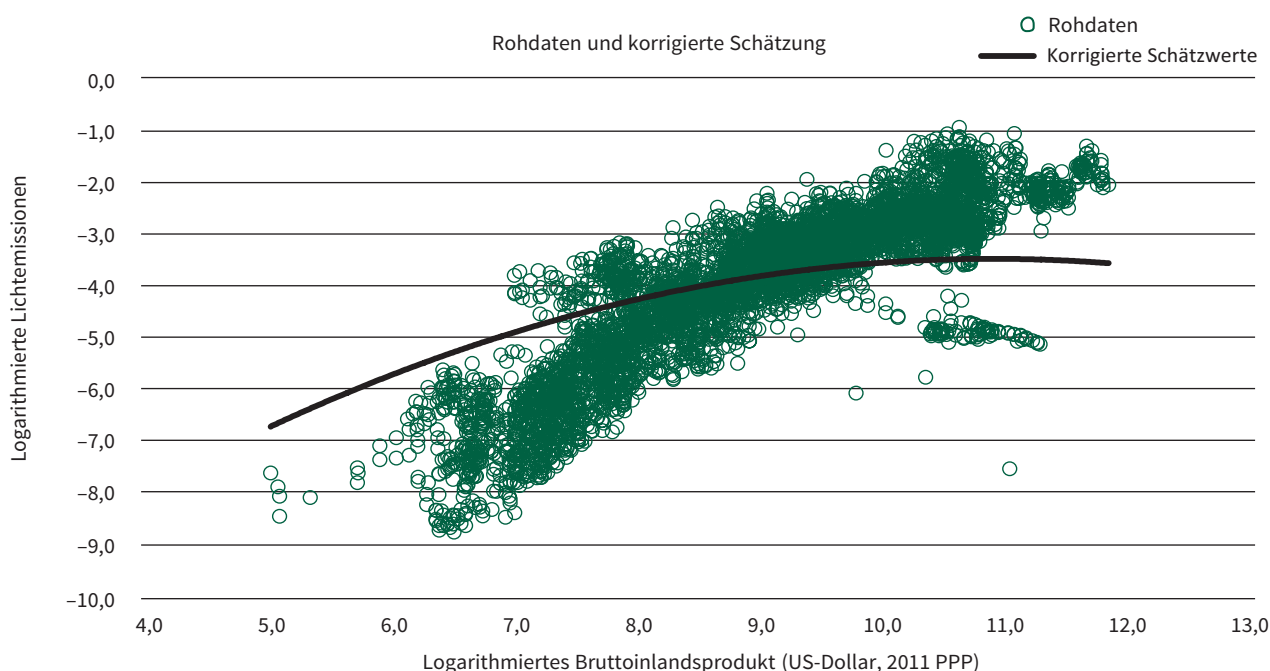
Nun gibt es zahlreiche Studien, welche die Umwelt-Kuznets-Kurve untersuchen. Die Evidenz ist dabei gemischt (Akbotanci et al. 2009, He und Richard 2010 und Apergis und Ozturk 2015), was u. a. an erheblichen Problemen der verwendeten Daten und Länderstichproben liegt. Beide Probleme wurden in der Studie adressiert, indem auf Satellitendaten über die Lichtemissionen der Erde bei Nacht als Indikator für Kohlendioxidemissionen zurückgegriffen wurde. Die Idee dahinter ist, dass ein Land, das mehr Lichtemissionen aufweist, mehr produziert und dabei mehr CO₂-Emissionen generiert. Diese Satellitendaten erweisen sich als überaus geeigneter und weltweit verfügbarer Indikator für CO₂-Emissionen auf nationaler Ebene, da sie hochgradig mit den berichteten Treibhausgasemissionsdaten des CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER korreliert sind. Verschiedene Studien verwenden diese Daten daher auch zur Schätzung von Emissionen (vgl. Doll et al. 2000 und Coscieme et al. 2013). Durch diesen Indikator lässt sich die Analyse, die sich in vorherigen Arbeiten lediglich auf vergleichsweise kleine Stichproben beschränkte, auf nahezu sämtliche Länder der Welt ausdehnen. Zugleich sind die Satellitendaten hochgradig objektiv und können kaum politisch-motiviert manipuliert werden.

DIE UMWELT-KUZNETS-KURVE

Die Datengrundlage der Studie besteht aus 181 Ländern und berücksichtigt den Zeitraum von 1992 bis 2012. Mittels Regressionsanalysen kann der Zusammenhang zwischen Entwicklungsstand, gemessen am Bruttoinlandsprodukt pro Kopf, und den Emissionen, gemessen an der Menge emittierten Lichts, untersucht werden. Das Ergebnis ist in Abbildung 1 dargestellt.

* Sandra Achten ist Doktorandin, Prof. Christian Leßmann ist Leiter und Dr. Arne Steinkraus ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Volkswirtschaftslehre an der Technischen Universität Braunschweig.

Abb. 1
Beziehungen zwischen Lichtemissionen und Einkommen



Quelle: Berechnungen und Darstellung Achten, Leßmann und Steinkraus.

Tatsächlich zeigt sich ein umgekehrt-U-förmiger Zusammenhang. Je nach genauer Spezifikation des Regressionsmodells wird der Hochpunkt bei einem Pro-Kopf-Einkommen von ca. 32 000 US-Dollar bis 51 000 US-Dollar erreicht. Gut zehn Länder befinden sich danach bereits auf dem fallenden Ast der Kuznets-Kurve und verringern ihre Emissionen bei fortschreitendem Wachstum. Woran dies genau liegt, zeigt ein Blick auf die Energieeffizienz, gemessen an der Relation Bruttowertschöpfung/Emissionen in den verschiedenen Sektoren. Während die Wertschöpfung im Dienstleistungsbereich relativ wenige Emissionen verursacht, ist die Effizienz im Industriesektor deutlich niedriger. Der sektorale Wandel trägt also dazu bei, die Emissionen langfristig zu reduzieren. Insofern kann die Grundhypothese der Umwelt-Kuznets-Kurve also zunächst bestätigt werden.

INTERNATIONALER HANDEL UND CARBON-LEAKAGE

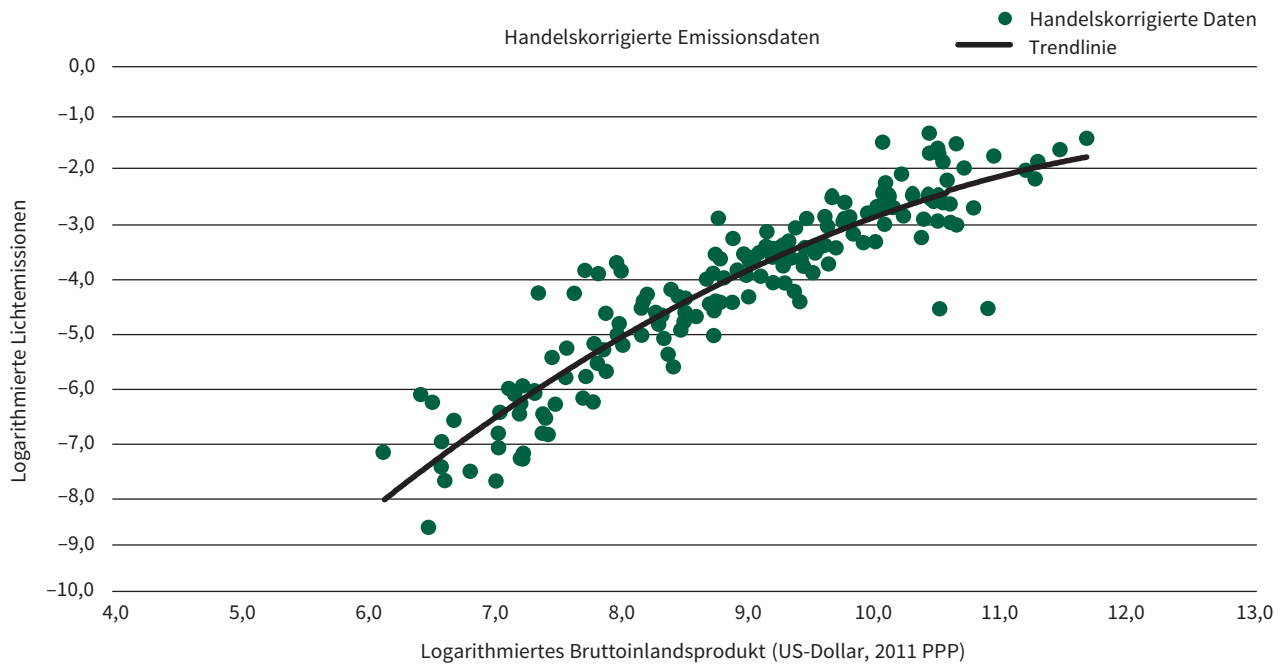
Allerdings wird in dem oben gewählten Untersuchungsdesign nicht berücksichtigt, inwieweit die Emissionsrückgänge durch Verlagerung verursacht werden. Die Umwelt-Kuznets-Kurve kann schlicht eine Konsequenz internationaler Handelsbeziehungen sein (Dinda 2004). Demnach verfügen reichere Länder über höhere Präferenzen für eine gute Umweltqualität, „exportieren“ in der Folge ihre umweltschädigende Produktion in Entwicklungsländer und importieren die fertigen Produkte oder Zwischenerzeugnisse. Dieses Verhalten führt somit nicht zu einer Verbesserung der globalen Umweltqualität, sondern lediglich zu einer Verschiebung der Emissionsstandorte. Eine Umwelt-Kuznets-Kurve, die ausschließlich auf Basis dieses Mechanismus zustande kommt, hat infolgedessen keinerlei Aussagekraft über die Klimafreundlichkeit ökonomischen Wachstums.

Um die Wirkung von Handelsbeziehungen zu identifizieren, wird der Einfluss von Im- und Exporten verschiedener Güterkategorien auf das oben bereits genannte Energieeffizienzmaß (Bruttowertschöpfung/Emissionen) in unterschiedlichen Ländergruppen untersucht. Die Länder werden dabei anhand der Weltbank-Kreditklassifizierung in Gruppen eingeteilt. Hierbei zeigt sich, dass die Wertschöpfungseffizienz insbesondere in hoch und niedrig entwickelten Ländern auf Im- und Exporte reagiert: Die Energieeffizienz gering entwickelter Länder verschlechtert sich durch Exporte, wohingegen sie sich bei entwickelten Ländern durch Importe verbessert. Demzufolge liefern diese Erkenntnisse einen Hinweis auf die Bedeutung des Carbon-Leakage, welcher bereits in einigen Studien quantifiziert wurde (vgl. Babiker 2005, Eichner und Pethig 2011).

In einem weiteren Schritt kann nun untersucht werden, ob die umgekehrt-U-förmige Beziehung auch dann noch Bestand hat, wenn eine vollständige Aufgabe sämtlicher Handelsbeziehungen simuliert wird. Die Fragestellung des Experiments ist dabei: Wie hoch wären die Emissionen, wenn es gar keinen Außenhandel gäbe? Und wie ändern sich die Emissionen dann im handelsbereinigten Einkommen. Eine graphische Aufbereitung der Ergebnisse ist in Abbildung 2 dargestellt. Aus der umgekehrt-U-förmigen Beziehung ist durch das Herausrechnen des Handelseffekts eine (konkav) steigende Funktion geworden, deren Hochpunkt jenseits eines Einkommensniveaus von extrem hohen 470 000 US-Dollar pro Kopf läge, das kein Land in der Welt erreicht (vgl. Steinkraus 2017a). Die zuvor nachgewiesene Umwelt-Kuznets-Beziehung ist demnach zu bedeutenden Teilen eine Folge des Carbon-Leakage, was insbesondere hinsichtlich des globalen Problems Klimawandel von entscheidender Bedeutung ist.

Abb. 2

Zusammenhang zwischen Lichtemissionen und Einkommensniveau bei Korrektur um Carbon-Leakage



Quelle: Berechnungen und Darstellung Achten, Leßmann und Steinkraus.

FAZIT UND IMPLIKATIONEN

Die Untersuchung zeigt, dass Carbon-Leakage ein Phänomen ist, welches auch im Kontext der Umwelt-Kuznets-Kurve relevant ist. Werden Emissionsexporte bzw. -importe berücksichtigt, so zeigt sich, dass der absteigende Ast der Umwelt-Kuznets-Kurve ein Trugschluss ist. Wachstum und sektoraler Wandel allein haben in näherer Zukunft wahrscheinlich keinen dämpfenden Effekt auf die globalen Treibhausgasemissionen. Wollte man den ökologischen Fußabdruck eines Landes korrekt bestimmen, dann müssten die Emissionen bei der Herstellung aller konsumierten Güter unabhängig vom Emissionsstandort berücksichtigt werden. Hierbei wären eben auch die Emissionen von solchen Gütern miteinzubeziehen, die importiert und im Inland verbraucht bzw. veredelt und weiter exportiert werden. Interessante Ansätze dafür stellen die Berechnungen von Davis and Caldeira (2010) und Peters et al. (2011) dar, wonach entwickelte Länder teils mehr als 30% der verbrauchten Emissionen über Güter importieren. Um die Anreizprobleme der Emissionsverlagerung zu reduzieren, sei auf sog. Border Tax Adjustment Measures verwiesen, etwa in Form von Umweltsteuern auf den Energiegehalt importierter Waren.

LITERATUR

Akbostanci, E., Türok-Asik, S. und G. I. Tunc (2009), „The Relationship between Income and Environment in Turkey: Is there an Environmental Kuznets Curve?“, *Energy Policy*, Vol. 37, No. 3, S. 861–867.

Apergis, N. und I. Ozturk (2015), „Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Countries“, *Ecological Indicators*, Vol. 52, S. 16–22.

Babiker, M. H. (2005), „Climate Change Policy, Market Structure, and Carbon Leakage“, *Journal of International Economics*, Vol. 65, S. 421–445.

Coscieme, L., Pulselli, F. M., Bastianoni, S., Elvidge, C. D., Anderson, S. und P. C. Sutton (2014), „A Thermodynamic Geography: Night-time Satellite Imagery as a Proxy Measure of Energy“, *Ambio*, 43(7), S. 969–979.

Davis, S. J. und K. Caldeira (2010), „Consumption-based Accounting of CO₂ Emissions“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(12), S. 5687–5692.

Dinda, S. (2004), „Environmental Kuznets Curve Hypothesis: a Survey“, *Ecological Economics*, 49(4), S. 431–455.

Doll, C. H., Muller, J. P. und C. D. Elvidge (2000), „Night-time Imagery as a Tool for Global Mapping of Socioeconomic Parameters and Greenhouse Gas Emissions“, *Ambio*, 29(3), S. 157–162.

Eichner, T. und R. Pethig (2011), „Carbon Leakage, the Green Paradox, and Perfect Future Markets“, *International Economic Review*, Vol. 52, No. 3, S. 767–805.

Grossman, G. M. und A. B. Krueger (1996), „The Inverted-U: What Does it Mean?“, *Environment and Development Economics*, 1(1), S. 119–122.

He, J. und P. Richard (2010), „Environmental Kuznets Curve for CO₂ in Canada“, *Ecological Economics*, Vol. 69, No. 5, S. 1083–1093.

Kuznets, S. (1955), „Economic Growth and Income Inequality“, *American Economic Review*, 49, S. 1–28.

Panayotou, T. (1993), *Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development*, Working Paper WP 238, Technology and Employment Programme.

Peters, G. P., Minx, J. C., Weber, C. L. und O. Edenhofer (2011), „Growth in Emission Transfers via International Trade from 1990 to 2008“, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(21), S. 8903–8908.

Sinn, H.-W. (2008), *Das grüne Paradoxon*, Econ Verlag, Berlin.

Steinkraus, A. (2017a), „Investigating the Effect of Carbon Leakage on the Environmental Kuznets Curve Using Luminosity Data“, *Environment and Development Economics*, S. 1–24.

Steinkraus, A. (2017b), *A Synthetic Control Assessment of the Green Paradox – The Role of Climate Action Plans*, Economics Department Working Paper Series 18.

- 1 Die Hypothese baut auf Kuznets (1955) auf, der einen umgekehrt-U-förmigen Zusammenhang zwischen Ungleichheit und Entwicklung postuliert. In der Umweltökonomik wird zwischen lokalen und globalen Emissionen unterschieden, wobei wir hier allein auf globale CO₂-Emissionen abstellen.
- 2 Wir blenden hier die viel weitergehende Frage, ob eine solche Entkopplung angesichts des langfristig fixen Angebots an fossilen Ressourcen überhaupt möglich ist, aus (Sinn 2008).
- 3 Der Beitrag stellt die Kernergebnisse des Projekts „Lichtdaten zur Untersuchung von Emissionen vor dem Hintergrund Internationalen Handels“ (LUMI) vor, welches vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur im Rahmen des ProⁿNiedersachsen Programms mit Landesmitteln gefördert wird.