

Reichel, Richard

Research Report

Determinanten der Umweltqualität: Wohlstand und marktwirtschaftliche Umweltpolitik

Streiflicht VWL, No. 10

Provided in Cooperation with:

KCV KompetenzCentrum für angewandte Volkswirtschaftslehre, FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Suggested Citation: Reichel, Richard (2023) : Determinanten der Umweltqualität: Wohlstand und marktwirtschaftliche Umweltpolitik, Streiflicht VWL, No. 10, FOM Hochschule für Oekonomie & Management, KCV KompetenzCentrum für angewandte Volkswirtschaftslehre, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/278831>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Determinanten der Umweltqualität: Wohlstand und marktwirtschaftliche Umweltpolitik

von

Richard Reichel

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

KCV KompetenzCentrum für angewandte Volkswirtschaftslehre

Schlagwörter

Umweltqualität, Nachhaltigkeit, institutionelle Faktoren, robuste Regression

Abstract

Der Beitrag untersucht den Zusammenhang zwischen der Umweltqualität, der CO₂-Intensität des Bruttoinlandsprodukts und drei institutionellen Indikatoren (Demokratie, Marktwirtschaft, Korruption) für einen Querschnitt von 154 Ländern. Als Kontrollvariable wird das Pro-Kopf-Einkommen verwendet. Da einige Variablen durch schiefe Verteilungen und Ausreißer charakterisiert sind, werden neben klassischen OLS-Regressionen (ordinary least squares) auch LAD-Regressionen (least absolute deviations) verwendet. Es zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Umweltqualität und dem Pro-Kopf-Einkommen, während die Emissionsintensität mit steigendem Einkommen zunimmt. Einen starken Einfluss auf beide Variablen hat eine Interaktionsvariable, die den Einfluss der Demokratisierung und der Marktwirtschaftlichkeit kombiniert. Länder, die hier hohe Werte aufweisen, zeichnen sich durch hohe Umweltqualität und geringe Emissionsintensität des Bruttoinlandsprodukts aus. Es zeigt sich, dass die Förderung marktwirtschaftlicher Demokratien umweltpolitisch erfolgversprechender ist als negatives Wachstum.

Einführung

Kapitalistische Marktwirtschaften haben bei Umweltaktivistinnen einen schlechten Ruf. Sie werden für Umweltzerstörung, Ressourcenausbeutung und Klimawandel verantwortlich gemacht. Dementsprechend wird auch die Vorstellung abgelehnt, es könne so etwas wie nachhaltiges, grünes Wachstum („green growth“) geben. Es wird sogar das „Ende des Kapitalismus“ prophezeit und als dessen Ersatz eine staatliche Recycling-Zwangswirtschaft mit Güterrationierung nach dem Muster der britischen Kriegswirtschaft des Zweiten Weltkriegs vorgeschlagen.¹ Solche Vorstellungen eines „degrowth“ sollten nicht vorschnell als abstrus abgetan werden, weil es sich bei der Autorin des zitierten Bandes um keine professionelle Ökonomin handelt. Selbst in wissenschaftlichen Journalen finden sie sich.² Interessanterweise sind es aber trotzdem häufig Nicht-Ökonomen, die sie vertreten. Auffällig ist an diesen Beiträgen die meist verbal-deskriptive Herangehensweise; mathematische Modelle oder statistische Hypothesentests finden sich kaum. Im deutschen Sprachraum ist der prominenteste Vertreter der „Postwachstumsökonomie“ der z. Zt. an der Universität Siegen lehrende Volkswirt Niko Paech. In seinen Schriften findet sich eine klare und prägnante Zusammenfassung der Thesen der Postwachstumsökonomie.³ In diesem Beitrag soll die Diskussion um diese Ansätze und ein mögliches „green growth“ aus Platzgründen nicht zusammengefasst oder vertieft werden. Vielmehr wird eine etwas eingegrenzte Frage untersucht, die sich mit einem Teilbereich grünen Wachstums beschäftigt. Es geht um die institutionellen Determinanten des Umweltzustandes, die auf nationaler Ebene untersucht werden sollen. Institutionelle Determinanten sind insbesondere die Wirtschaftsordnung, das politische System, die Existenz eines Rechtsstaats und die Verbreitung von Korruption. Diese Determinanten sollen im Folgenden hinsichtlich ihrer Wirkungen auf den allgemeinen Zustand der Umwelt in einem bestimmten Land und den Ausstoß an Kohlendioxid, der mit einem Dollar Bruttoinlandsprodukt zusammenhängt, empirisch untersucht werden.

Messung der Umweltqualität

Der Umweltzustand eines Landes ist eine komplexe Größe, die einerseits an der Belastung von Boden, Gewässern und der Luft mit Schadstoffen (Immissionen) gemessen werden kann. Andererseits kann auch auf den Ressourcenverbrauch (Boden, regenerierbare Ressourcen, erschöpfbare Ressourcen) abgestellt werden. Je nachhaltiger der Ressourcenverbrauch erfolgt, desto besser muss der Umweltzustand beurteilt werden.

In diesem Beitrag wird zunächst der „Environmental Performance Index“ (EPI) der Yale University herangezogen, der in der Literatur als umfassender Indikator für den Umweltzustand in einem Land anerkannt ist und der vielfach verwendet wird.⁴ Er liegt für eine große Zahl von Ländern vor und wird jährlich aktualisiert. Es handelt sich um einen kombinierten Indikator, der sowohl „Belastungsgrößen“ als auch „Verbrauchsgrößen“ umfasst. Er enthält 40 Einzelindikatoren, die zu 11 Kategorien und 3 Oberkategorien („Climate Change“, „Ecosystem Vitality“, „Environmental Health“) zusammengefasst werden. Die Oberkategorie „Climate Change“ geht mit 39 Prozent in die Gesamtgewichtung ein.

¹ Herrmann, U. (2022): Das Ende des Kapitalismus: Warum Wachstum und Klimaschutz nicht vereinbar sind – und wie wir in Zukunft leben werden, Kiepenheuer & Witsch, 2022.

² Vgl. Mikkelsen, G. M. (2013): Growth Is the problem; Equality Is the solution, in: Sustainability, 5, 432–439 und Hickel, J./Kallas, G. (2019): Is Green Growth Possible?, in: New Political Economy, 25(7576), 1–18.

³ Vgl. Paech, N. (2017): Post-Growth Economics, in: Spash, C. L. (Hrsg): Handbook of Ecological Economics, London: Routledge, S. 477–486.

⁴ Wolf, M. J. et al. (2022): 2022 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy.

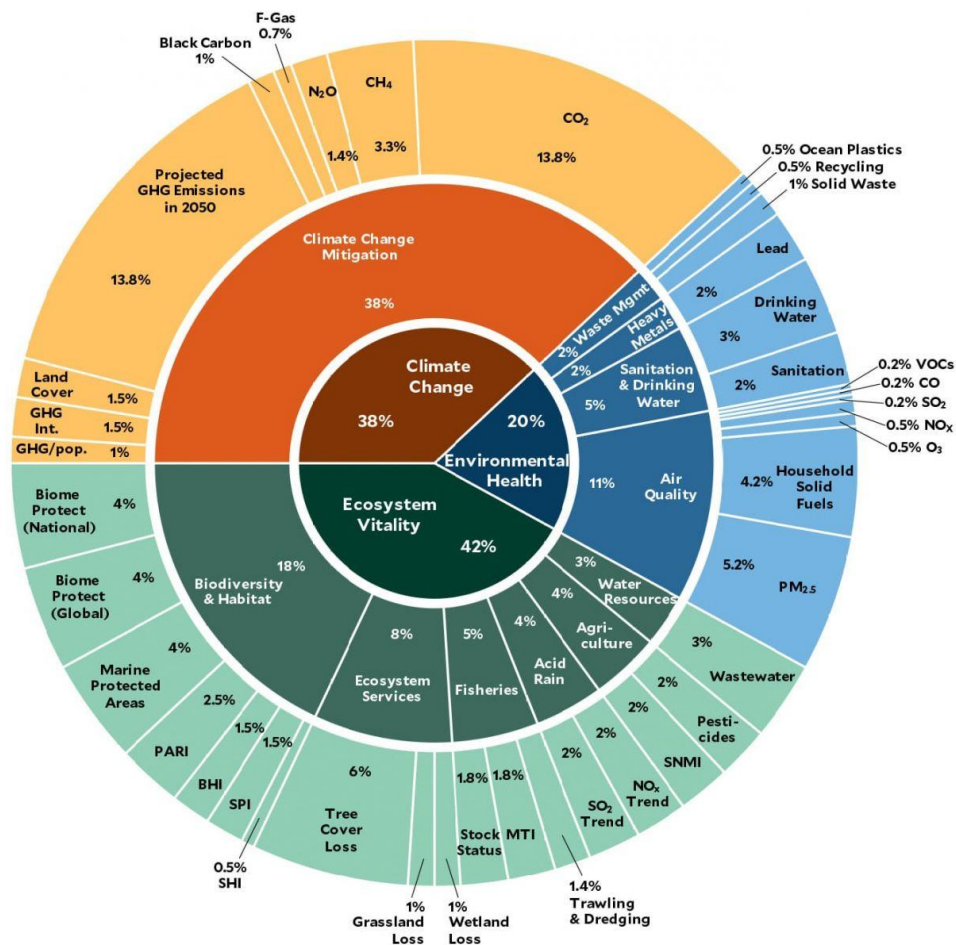


Abb. 1: Environmental Performance Index der Yale University. Quelle: EPI Framework (2022): <https://epi.yale.edu/>. Zugriff am 09.03.2023.

Aufgrund der eminenten Wichtigkeit für das Erdklima soll ein weiterer Belastungsindikator herangezogen werden. Dies ist der Ausstoß an Kohlendioxid, der für einen Dollar Bruttoinlandsprodukt in Kauf genommen werden muss. Je niedriger der Wert, desto besser ist der globale Umweltzustand, denn CO₂-Emissionen stellen globale negative externe Effekte dar. Diese Variable ist ebenfalls für viele Länder verfügbar.

Institutionelle Faktoren

In diesem Beitrag sollen drei institutionelle Faktoren hinsichtlich ihres Einflusses auf die Umweltqualität untersucht werden. Der erste Faktor ist der Demokratisierungsgrad eines Landes. Vielfach verwendet wird der „Index of Democracy“ der Zeitschrift „The Economist“, der jährlich für eine große Zahl von Ländern erstellt wird.⁵ Der Index umfasst fünf Teilbereiche (Wahlprozess, bürgerliche Freiheiten, Arbeitsweise der Regierung, politische Partizipation, politische Kultur) und aggregiert sie zu einem Gesamtindex. Dieser reicht von 0 (vollkommen autoritäres Regime) bis 10 (vollkommene Demokratie). Die meisten westlichen Länder liegen in einem Bereich zwischen 8 und 10.

⁵ Vgl. The Economist (2022): Democracy Index. <https://www.eiu.com/n/campaigns/democracy-index-2022/>. Zugriff am 09.03.2023.

Der zweite Faktor beschreibt die Wirtschaftsordnung eines Landes anhand des „Economic Freedom Index“ (EFI) des Fraser Institute.⁶ Wie beim „Index of Democracy“ (DEM) kann er Werte zwischen 0 und 10 annehmen. Referenzmodell ist hierbei eine idealtypische freie Marktwirtschaft im Stil des „laissez faire“ des 19. Jahrhunderts, die den Indexwert 10 erhält. Zentralplanwirtschaften oder extrem interventionistische Systeme erhalten den Indexwert 0. Der EFI enthält fünf Komponenten (Einfluss des Staats, Rechtssystem und Eigentumsrechte, stabiles Geld, internationale Handelsfreiheit, Regulierung).

Der dritte institutionelle Faktor ist das Ausmaß an Korruption in einem Land. Im vorliegenden Beitrag wird der „Corruption Perception Index“ (CORR; Korruptionswahrnehmungsindex) von Transparency International verwendet.⁷ Der Index liegt zwischen 0 (extrem korrupt) und 100 (nahezu völlige Abwesenheit von Korruption). Er beruht auf der Einschätzung der länderspezifischen Korruptionslage durch Experten sowie Geschäftsleute und umfasst 10 Teilaspekte von Korruption. Bei allen 3 Indizes handelt es sich streng genommen um ordinalskalierte Variablen, die in der Literatur aber, wegen ihrer feinen Abstufung, durchgängig als metrische Variablen interpretiert werden.

Hypothesen und Literaturbefunde

Hypothesen über die Wirkungen der unabhängigen institutionellen Variablen auf die beiden abhängigen Umweltvariablen lassen sich auf der Basis der existierenden Literatur wie folgt formulieren:

H1: Zwischen dem Demokratisierungsgrad und der Umweltqualität existiert eine positive Beziehung. Mehr Demokratie führt zu einer besseren Umweltqualität. Im Vergleich zu einer Diktatur ist einerseits die politische Meinungsbildung und -äußerung, auch zu Fragen der Umweltpolitik möglich, andererseits hat eine Regierung eines demokratischen Staats auch den Auftrag und ein Interesse daran, negative externe Effekte zu begrenzen oder zu verhindern.

H2: Die Beziehung zwischen ökonomischer Freiheit und der Qualität der Umwelt ist ambivalent. Einerseits wird eine völlig unregulierte Marktwirtschaft negative externe Effekte verursachen, die nicht über Coase-Verträge reguliert werden. Die unkontrollierte Emission von Kohlendioxid ist ein Beispiel. Andererseits kann bei der Beseitigung von Umweltschäden auf die Effizienz der Marktkräfte zurückgegriffen werden. Eine entsprechende Regelsetzung ist dann Aufgabe des Staats (Ordnungspolitik).

H3: Grassierende Korruption dürfte eher dafür sorgen, dass sich die Mächtigen nicht um die Bereitstellung von öffentlichen Gütern oder die Vermeidung negativer externer Effekte kümmern, sondern primär ihr eigenes Wohlergehen im Blick haben. Selbst formal existierende umweltpolitische Regeln werden durch Korruption leicht ausgehöhlt. Folglich sollten Korruptionsfreiheit und Umweltqualität positiv korrelieren.

Zu den aufgestellten Hypothesen gibt es bereits eine Reihe von Beiträgen, deren Ergebnisse im Folgenden kurz referiert werden sollen.

Hinsichtlich der Hypothese H1 gibt es einige Befunde, die den positiven Zusammenhang zwischen Umweltqualität und demokratischen Regierungsformen bestätigen. Insbesondere gilt dies, wenn geeignete Regulierungen verbunden mit Rechtssicherheit vorhanden sind.⁸ Diese Resultate werden bestätigt durch Zhao und Madni (2021), die eine Panelregression verwenden.⁹ Unklar sind die Ergebnisse bei Joshi und Beck (2018), die untersuchen, ob ein Zusammenhang mit politischer (und ökonomischer)

⁶ Vgl. Fraser Institute (2022): Economic Freedom of the World: 2022 Annual Report. <https://www.fraserinstitute.org/studies/economic-freedom-of-the-world-2022-annual-report>. Zugriff am 09.03.2023.

⁷ Vgl. Transparency International (2022): Corruption Perceptions Index. <https://www.transparency.org/en/cpi/2022>. Zugriff am 09.03.2023.

⁸ Vgl. Esty und Porter (2005): National environmental performance: An empirical analysis of policy results and determinants, in: Environment and Development Economics, 10, 391–434.

⁹ Vgl. Zhao, J./Madni, G. R. (2021): The impact of economic and political reforms on environmental performance in developing countries, in: PLoS ONE, 16(10), e0257631.

Freiheit besteht.¹⁰ Sogar ein negativer Einfluss wird von de Soysa (2022) festgestellt.¹¹ Hier stellt allerdings nicht „Demokratie“ die unabhängige Variable dar, sondern eine „egalitäre Demokratie“ mit starken Umverteilungsmechanismen. Diese Determinante wird durch eine einzige Dummyvariable (ja/nein) abgebildet; angesichts des Vorliegens feiner auflösender Indizes ist dies eine grobe Vereinfachung. Der Einfluss auf die abhängige Variable „Verschmutzung der Atmosphäre“ ist überraschenderweise positiv. Mehr Umverteilung ist mit höherer Umweltbelastung verbunden. Eine Erklärung liefert der Autor allerdings nicht. Im Großen und Ganzen stellt sich der Literaturbefund also nicht so eindeutig dar wie vermutet.

Die Beziehung zwischen ökonomischer Freiheit und der Umweltqualität ist theoretisch ambivalent (H2). Dies zeigt sich auch in den Literaturbefunden, die in der Mehrzahl eine positive Beziehung findet. So stellen Ali et al. (2022) fest, dass größere unternehmerische Freiheit zu geringerer Umweltbelastung führt.¹² Allerdings fehlt in dieser Studie das Pro-Kopf-Einkommen als Kontrollvariable. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt Bjørnskov (2020), aber hier ist der EFI-Indikator die einzige institutionelle Determinante.¹³ Bei de Soysa (2022) führt mehr wirtschaftliche Freiheit zu einer geringeren Emissionsintensität, gemessen an der Kohlendioxidemission pro Dollar erzeugtes Bruttoinlandsprodukt. Das Pro-Kopf-Einkommen als Kontrollvariable wird hier einbezogen. Kolade et al. beschränken sich in ihrer Analyse auf Afrika und die Kohlendioxidemissionen. Sie stellen fest, dass höhere EFI-Werte die Emissionen generell reduzieren, dass es aber Unterschiede zwischen Ländergruppen gibt.¹⁴ Außerdem wirken die einzelnen EFI-Komponenten unterschiedlich. Loris und Nichols wiederum stellen eine generell positive Wirkung wirtschaftlicher Freiheit auf den Environmental Performance Index fest, allerdings wird nur eine einfache Korrelation dargestellt, Kontrollvariablen fehlen.¹⁵ Außerdem drängt sich bei der visuellen Inspektion der Verdacht auf Ausreißer auf. Dies ist ein Punkt, der in der empirischen Literatur bisher kaum Beachtung findet.

Auch die Rolle der Korruption wurde in der empirischen Literatur untersucht. Die Ergebnisse zeigen meist den erwarteten Zusammenhang; mehr Korruption geht mit weniger Umweltqualität einher. Entsprechende Resultate finden Gallego-Alvarez et al. (2014), Ganda (2020) und Rohov et al. (2021).¹⁶ Allerdings weist bereits Morse (2006) darauf hin, dass der Korruptionseinfluss schwächer wird, wenn das Pro-Kopf-Einkommen als Kontrollvariable einbezogen wird.¹⁷

¹⁰ Vgl. Joshi, P./Beck, K. (2018): Democracy and carbon dioxide emissions: Assessing the interactions of political and economic freedom and the environmental Kuznets curve, in: *Energy Research & Social Science* 39, 46–54.

¹¹ Vgl. de Soysa, I. (2022): Economic freedom vs. egalitarianism: An empirical test of weak & strong sustainability, 1970–2017, in: *Kyklos*, 75(2), 236–268.

¹² Vgl. Ali, A. et al. (2022): Unveiling the Role of Business Freedom to Determine Environmental Degradation in Developing countries, in: *MPRA*, 115219.

¹³ Vgl. Bjørnskov, C. (2020): Economic Freedom and the CO₂ Kuznets Curve, in: SSRN. <https://ssrn.com/abstract=3508271>

¹⁴ Vgl. Kolade, S. A./Muteba Mwamba, J. W. (2019): Does Economic Freedom matter for CO₂ Emissions? Lessons from Africa, in: *The Journal of Developing Areas*, 53(3), 155–167.

¹⁵ Vgl. Loris, N./Nichols, E. (2021): Free Economies are Clean Economies. <https://www.c3solutions.org/policy-paper/free-economies-are-clean-economies/>. Zugriff am 09.03.2023.

¹⁶ Vgl. Gallego-Alvarez, I. et al. (2014): Environmental Performance in Countries Worldwide: Determinant Factors and Multivariate Analysis, in: *Sustainability*, 6, 7807–7832; Ganda, F. (2020): The influence of corruption on environmental sustainability in the developing economies of Southern Africa, in: *Heliyon*, 6, e04387. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04387>; Rohov, H. et al. (2021): Factors of national environmental performance in sustainability management aspect, Problems and Perspectives in Management, 19(3), 70–84. [http://dx.doi.org/10.21511/ppm.19\(3\).2021.07](http://dx.doi.org/10.21511/ppm.19(3).2021.07), https://www.businessperspectives.org/images/pdf/applications/publishing/templates/article/assets/15356/PPM_2021_03_Rohov.pdf.

¹⁷ Vgl. Morse, S. (2006): Is Corruption Bad for Environmental Sustainability? A Cross-National Analysis, *Ecology and Society*, 11(1), 22.

Der hier vorgestellte Beitrag stellt einen Versuch dar, die bestehenden Lücken der empirischen Forschung zu schließen. Dies geschieht

- a) durch simultane Einbeziehung aller drei institutionellen Determinanten,
- b) durch die Untersuchung von Interaktionen,
- c) durch die zusätzliche Schätzung mit einem robusten Regressionsverfahren, um die Bedeutung von Ausreißern abschätzen zu können und verlässlichere Schätzungen der quantitativen Wirkungen zu gewährleisten.

Daten und ökonometrische Schätzung

Die in der Literatur verschiedentlich durchgeführten Panelanalysen können zwar für sich in Anspruch nehmen, die in den Daten enthaltenen Informationen simultan auf Zeitreihen- und Querschnittsebene nutzen zu können, sie sind jedoch nur uneingeschränkt anwendbar, wenn die Erhebung der einbezogenen Variablen über die Zeit konstant bleibt. Dies ist bei einigen der hier verwendeten Größen nicht der Fall. So hat sich beispielsweise sowohl der EPI als auch der EFI in seiner Zusammensetzung und Erhebungsgenauigkeit verändert. Deshalb soll hier eine einfache Querschnittsschätzung mit den neuesten Varianten der jeweiligen Variablen durchgeführt werden. Abhängige Variablen sind der Environmental Performance Index 2022 und die Kohlendioxidemissionen pro Dollar Bruttoinlandsprodukt 2021. Unabhängige Variablen sind das Pro-Kopf-Einkommen 2021 in US\$, der Demokratieindex 2021, der Korruptionsindex 2021 und der Economic Freedom Index 2020.¹⁸ Die Stichprobe, die alle Variablen berücksichtigt, umfasst 154 Länder, wenn der EPI die abhängige Variable ist und 145 Länder, wenn dies die Kohlendioxidintensität ist.

Um die Wirkung möglicher Ausreißer abzuschätzen, wird neben der einfachen OLS-Schätzung auch eine LAD-Schätzung vorgenommen. Diese ist Ausreißern gegenüber robuster als OLS, da sie nicht die quadrierte Residuumsumme minimiert, sondern die Summe der betragsmäßigen Abweichungen. Hierdurch ist der Einfluss extremer Werte geringer, da bei OLS die Ausreißer mit ihrem quadrierten Gewicht ins Minimierungskalkül eingehen.¹⁹ Im Vergleich beider Verfahren kann anhand der Abweichungen beurteilt werden, welche Rolle Ausreißer spielen.

Determinanten der „Environmental Performance“

Eine einfache OLS-Regression des EPI auf die unabhängigen Variablen DEM, CORR und EFI ergibt folgendes Resultat:

¹⁸ Vgl. The Economist (2021): Democracy Index. https://www.eiu.com/n/campaigns/democracy-index-2021/?utm_source=eiu-website&utm_medium=blog&utm_campaign=democracy-index-2021. Zugriff am 09.03.2023; Transparency International (2021): Corruption Perceptions Index. <https://www.transparency.org/en/cpi/2021>. Zugriff am 09.03.2023; Fraser Institute (2020): Economic Freedom of the World: 2020 Annual Report. <https://www.fraserinstitute.org/studies/economic-freedom-of-the-world-2020-annual-report>. Zugriff am 09.03.2023.

¹⁹ Vgl. Foss et al. (2001): A comparison of LAD and OLS regression for effort prediction of software projects. https://www.researchgate.net/publication/2531844_A_Comparison_of_LAD_and_OLS_Regression_for_Effort_Prediction_of_Software_Projects/link/0fcfd5092a62a57629000000/download. Zugriff am 09.03.2023.

Dependent Variable: EPI
 Method: Least Squares
 Date: 12/28/22 Time: 21:53
 Sample: 1 154
 Included observations: 154

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PCI	0.000190	4.78E-05	3.963234	0.0001
DEM	1.568441	0.496360	3.159883	0.0019
CORR	0.164803	0.081004	2.034517	0.0437
EFI	0.111026	1.158838	0.095808	0.9238
C	21.71905	6.381547	3.403415	0.0009
R-squared	0.588481	Mean dependent var		42.79675
Adjusted R-squared	0.577434	S.D. dependent var		12.94633
S.E. of regression	8.415775	Akaike info criterion		7.130022
Sum squared resid	10552.97	Schwarz criterion		7.228624
Log likelihood	-544.0117	Hannan-Quinn criter.		7.170074
F-statistic	53.26836	Durbin-Watson stat		2.253466
Prob(F-statistic)	0.000000			

Tab. 1: Regressionsstatistiken OLS; abhängige Variable EPI.

Hier sind nur die Variablen PCI und DEM auf dem 99 Prozent-Niveau und CORR auf dem 95 Prozent-Niveau signifikant. Die wirtschaftliche Freiheit hat keinen signifikanten Einfluss. Eine LAD-Schätzung liefert deutlich andere Ergebnisse als die OLS-Schätzung. Zum einen ist die Anpassungsgüte geringer, was auch so sein muss, denn OLS liefert definitionsgemäß die beste Anpassungsgüte, gemessen am Bestimmtheitsmaß. Der deutliche Abfall beim Bestimmtheitsmaß deutet aber darüber hinaus darauf hin, dass Ausreißer eine Rolle spielen könnten, ebenso wie die teilweise stark veränderten Koeffizienten.

Dependent Variable: EPI
 Method: Quantile Regression (Median)
 Date: 12/28/22 Time: 21:55
 Sample: 1 154
 Included observations: 154
 Huber Sandwich Standard Errors & Covariance
 Sparsity method: Kernel (Epanechnikov) using residuals
 Bandwidth method: Hall-Sheather, bw=0.18126
 Estimation successfully identifies unique optimal solution

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PCI	0.000226	7.38E-05	3.064729	0.0026
DEM	1.494547	0.612729	2.439162	0.0159
CORR	0.098313	0.093073	1.056300	0.2925
EFI	1.656218	1.289578	1.284310	0.2010
C	14.01627	7.568873	1.851830	0.0660
Pseudo R-squared	0.384904	Mean dependent var		42.79675
Adjusted R-squared	0.368391	S.D. dependent var		12.94633
S.E. of regression	8.500518	Objective		490.6930
Quantile dependent var	40.80000	Restr. objective		797.7500
Sparsity	20.38011	Quasi-LR statistic		120.5320
Prob(Quasi-LR stat)	0.000000			

Tab. 2: Regressionsstatistiken LAD; abhängige Variable EPI.

Signifikant sind hier nur noch die Variablen Pro-Kopf-Einkommen und Demokratie. Zusammengekommen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass nur diese beiden Variablen in einem Zusammenhang mit

dem Umweltzustand stehen, während Korruption und wirtschaftliche Freiheit keinen Einfluss haben. Insbesondere beim EFI-Indikator deuten die Resultate darauf hin, dass sich umweltschädigende und umweltförderliche Effekte wirtschaftlicher Freiheit die Waage halten.

In einem nächsten Schritt soll nun überprüft werden, ob Interaktionen eine Rolle spielen. Hier wurden zwei Interaktionsvariablen überprüft, DEM*EFI und DEM*CORR. Allerdings wird durch die letzte Interaktionsvariable ein hohes Maß an Multikollinearität in die Schätzung eingebracht, da bereits DEM und CORR mit $r = 0,75$ korrelieren. Aus diesem Grund wird die Variable EPI in Abhängigkeit vom Pro-Kopf-Einkommen und der Interaktion DEM*EFI geschätzt. Die OLS-Schätzung liefert folgendes Ergebnis:

Dependent Variable: EPI
 Method: Least Squares
 Date: 01/08/23 Time: 16:55
 Sample: 1 154
 Included observations: 154

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PCI	0.000182	4.67E-05	3.907063	0.0001
INTERACT	0.238746	0.061559	3.878309	0.0002
CORR	0.124492	0.080612	1.544340	0.1246
C	23.85351	2.053811	11.61427	0.0000

R-squared	0.597704	Mean dependent var	42.79675
Adjusted R-squared	0.589658	S.D. dependent var	12.94633
S.E. of regression	8.293157	Akaike info criterion	7.094369
Sum squared resid	10316.47	Schwarz criterion	7.173251
Log likelihood	-542.2664	Hannan-Quinn criter.	7.126411
F-statistic	74.28646	Durbin-Watson stat	2.224893
Prob(F-statistic)	0.000000		

Tab. 3: Regressionsstatistiken OLS; abhängige Variable EPI.

Die LAD-Schätzung liefert folgendes Ergebnis:

Dependent Variable: EPI
 Method: Quantile Regression (Median)
 Date: 01/08/23 Time: 16:58
 Sample: 1 154
 Included observations: 154
 Huber Sandwich Standard Errors & Covariance
 Sparsity method: Kernel (Epanechnikov) using residuals
 Bandwidth method: Hall-Sheather, bw=0.18126
 Estimation successfully identifies unique optimal solution

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PCI	0.000208	7.03E-05	2.958082	0.0036
INTERACT	0.285440	0.075053	3.803199	0.0002
CORR	0.093401	0.095484	0.978187	0.3296
C	23.25535	2.691613	8.639929	0.0000

Pseudo R-squared	0.390903	Mean dependent var	42.79675
Adjusted R-squared	0.378721	S.D. dependent var	12.94633
S.E. of regression	8.351234	Objective	485.9073
Quantile dependent var	40.80000	Restr. objective	797.7500
Sparsity	20.46451	Quasi-LR statistic	121.9058
Prob(Quasi-LR stat)	0.000000		

Tab. 4: Regressionsstatistiken LAD; abhängige Variable EPI.

Beide Methoden zeigen, dass das Pro-Kopf-Einkommen und die Interaktionsvariable auf dem 99 Prozent-Niveau signifikant sind. Die Korruptionsvariable ist nicht signifikant. Je höher das Pro-Kopf-Einkommen, desto besser der Umweltzustand. Dies dürfte allerdings nicht auf den Kohlendioxidausstoß zurückgehen, denn dieser nimmt mit steigenden Einkommen zu. Vielmehr deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die anderen Komponenten des EPI für die Verbesserung bei steigendem Einkommen verantwortlich sind. Bemerkenswert ist die Bedeutung der Interaktionsvariable. Offenkundig ist es die Kombination aus demokratischer Regierungsform und marktwirtschaftlicher Ordnung, die für einen besseren Zustand der Umwelt sorgt (bei der LAD-Schätzung ist der Effekt ausgeprägter). Da die Variable EFI allein nicht signifikant ist, spricht dies für die Hypothese, dass erst die Priorisierung des Umweltschutzes und die Schaffung eines gesetzlichen Rahmens für diesen durch demokratische Regierungen das Ausnutzen der Effizienz einer Marktwirtschaft für eine Verbesserung der Umwelt möglich machen und externe Effekte begrenzen. Die Bedeutung von Ausreißern ist erheblich, wie ein Vergleich der geschätzten Koeffizienten zeigt. Beim Pro-Kopf-Einkommen ist der LAD-Koeffizient um 14,3 Prozent größer als bei OLS, bei der Interaktionsvariable um 12 Prozent. Der Koeffizient der Korruptionsvariable geht demgegenüber deutlich zurück.

Determinanten des Kohlendioxidausstoßes

Im nächsten Schritt soll überprüft werden, welchen Zusammenhang es zwischen dem Kohlendioxidausstoß pro Dollar Bruttoinlandsprodukt und den institutionellen Variablen gibt. Dabei zeigt die abhängige Variable eine sehr schiefe (linkssteile) Verteilung und große Spannweite. Der kleinste Wert beträgt 0,02 kg/\$, der größte 1,16 kg/\$, ein Verhältnis von 1:58. Die Ausgangshypothese nimmt hier einen positiven Zusammenhang zwischen Pro-Kopf-Einkommen und Schadstoffausstoß an, da die Industrienationen zu den größten Emittenten gehören. Hinsichtlich der institutionellen Variablen c. p. ist ein inverser Zusammenhang mit dem Demokratieindex und dem Korruptionsindex und ein ambivalenter Zusammenhang mit dem Index wirtschaftlicher Freiheit zu erwarten. Der Zusammenhang zwischen dem Einkommen und der Emissionsvariable wird dabei funktional am besten durch eine inverse Beziehung abgebildet. Eine Regression auf die unabhängigen Variablen Einkommen, Demokratie, Korruption und wirtschaftliche Freiheit liefert sowohl mit OLS als auch mit LAD nur insignifikante Schätzergebnisse für die institutionellen Determinanten, während der Koeffizient des invertierten Pro-Kopf-Einkommens hochsignifikant negativ ist. Wiederum zeigt eine Modellspezifikation mit der Interaktionsvariable DEM*EFI die besten Ergebnisse. Der Korruptionsindex ist bei allen Modellspezifikationen und Schätzmethoden insignifikant. Im Folgenden werden die Ergebnisse der OLS-Schätzung und der LAD-Schätzung präsentiert.

Dependent Variable: CO2_PER_GDP
 Method: Least Squares
 Date: 01/08/23 Time: 22:12
 Sample: 1 154
 Included observations: 145

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
1/PCI	-293.5007	73.55155	-3.990408	0.0001
INTERACT	-0.002076	0.000826	-2.514709	0.0130
C	0.362742	0.041195	8.805567	0.0000
R-squared	0.102528	Mean dependent var		0.237517
Adjusted R-squared	0.089887	S.D. dependent var		0.165044
S.E. of regression	0.157452	Akaike info criterion		-0.838920
Sum squared resid	3.520340	Schwarz criterion		-0.777332
Log likelihood	63.82169	Hannan-Quinn criter.		-0.813895
F-statistic	8.111095	Durbin-Watson stat		2.325957
Prob(F-statistic)	0.000462			

Tab. 5: Regressionsergebnisse OLS; abhängige Variable CO₂-Intensität.

Dependent Variable: CO2_PER_GDP
 Method: Quantile Regression (Median)
 Date: 01/08/23 Time: 22:15
 Sample: 1 154
 Included observations: 145
 Huber Sandwich Standard Errors & Covariance
 Sparsity method: Kernel (Epanechnikov) using residuals
 Bandwidth method: Hall-Sheather, bw=0.18493
 Estimation successfully identifies unique optimal solution

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
1/PCI	-306.6346	71.96738	-4.260744	0.0000
INTERACT	-0.002494	0.000761	-3.278768	0.0013
C	0.343441	0.040600	8.459067	0.0000
Pseudo R-squared	0.092014	Mean dependent var		0.237517
Adjusted R-squared	0.079225	S.D. dependent var		0.165044
S.E. of regression	0.162107	Objective		6.882535
Quantile dependent var	0.200000	Restr. objective		7.580000
Sparsity	0.254134	Quasi-LR statistic		21.95584
Prob(Quasi-LR stat)	0.000017			

Tab. 6: Regressionsergebnisse LAD; abhängige Variable CO₂-Intensität.

Die Interaktionsvariable ist wiederum hochsignifikant und zeigt, dass das Emissionsvolumen, das zur Erzeugung eines Dollars Bruttoinlandsprodukt in Kauf genommen werden muss, umso kleiner ist, je freier und demokratischer ein Land ist. Allerdings ist die Anpassungsgüte des Modells relativ schlecht. Dies erklärt sich aus einer Vielzahl länderspezifischer Variablen, die in unserer Schätzung nicht berücksichtigt wurden. Wichtige Determinanten sind beispielsweise die Verkehrsdichte und die Art der Stromerzeugung. Bereits innerhalb der Gruppe der Industrieländer wird deutlich, welche großen Unterschiede bei vergleichbarem Einkommen, vergleichbarem Grad an Demokratie und vergleichbarer wirtschaftlicher Freiheit bestehen. Die Länder mit sehr niedrigen Emissionen (Schweiz mit 0,07, Norwegen mit 0,1) nutzen regenerierbare Energien, besonders die Wasserkraft, intensiv. Frankreich und Schweden mit ebenfalls sehr niedrigen 0,12 kg/\$ bzw. 0,10 kg/\$ verdanken diese Werte der intensiven Nutzung der Kernenergie, während Deutschland mit 0,19 kg/\$ deutlich schlechter abschneidet. Die USA und Australien emittieren mit 0,30 kg/\$ bzw. 0,34 kg/\$ noch weit höhere Mengen.

Auf Basis der LAD-Schätzung sollen nun einige Beispielberechnungen präsentiert werden, die die Kohlendioxid-Sensitivität des Bruttoinlandsprodukts zeigen.

- a) Angenommen werde zunächst der Mittelwert der Interaktionsvariable DEM*EFI von 38,4485. Dieser wird bei Einkommensvariationen als konstant betrachtet. Als niedriges Einkommen wird ein Pro-Kopf-Einkommen von 2.000 US\$ angenommen, als ein hohes eines von 100.000 US\$ (der Minimalwert liegt bei 793 US\$, der Maximalwert bei 134.754 US\$).²⁰ Dann resultiert eine Emission von 0,094 kg/\$ bei niedrigem Einkommen und von 0,244 kg/\$ bei hohem Einkommen. Hohes Einkommen ist also mit einer etwa 2,6-fach höheren Kohlendioxidintensität verbunden.
- b) Nun werde alternativ der Mittelwert des Einkommens angenommen, der bei 23.503,6 US\$ liegt. Dieser wird konstant gehalten und einem hohen Interaktionsterm von 70 (Maximalwert = 77,49) und einem niedrigen Interaktionsterm von 10 (Minimalwert = 6,05) gegenübergestellt. Hieraus resultiert eine Emission von 0,188 kg/\$ bei geringer wirtschaftlicher Freiheit und einem autoritären Regime und 0,038 kg/\$ bei hoher wirtschaftlicher Freiheit und voller Demokratie. Dies ist ein Unterschied von 4,95:1.
- c) Wird das Einkommen auf den Minimalwert von 793 US\$ reduziert, ergibt sich ein hypothetischer Emissionswert, der sogar negativ ist, was mit der Modellspezifikation mit dem Kehrwert des Einkommens als abhängiger Variable erklärt werden kann. Realiter bedeutet das, dass theoretisch die Kohlenstoffemissionen pro Dollar Bruttoinlandsprodukt dann auf Null sinken, wenn von einer absoluten, bitterarmen Subsistenzwirtschaft ausgegangen wird. Im „Referenzland“ Burundi leben 65 Prozent der Bevölkerung in extremer Armut, d. h. von weniger als 2,15 US\$ pro Kopf am Tag.²¹
- d) In realistischen Bereichen reagieren die Kohlendioxidemissionen pro Dollar erzeugten Bruttoinlandsprodukts aber weitaus sensibler auf die institutionellen Variablen Demokratie und Marktwirtschaft als auf das Pro-Kopf-Einkommen.

Zusammenfassung

Damit konnte gezeigt werden, dass nicht „degrowth“ erfolgversprechend ist, sondern die Einführung von Marktwirtschaft und Demokratie. Die Länder, die schlechte Emissionswerte zeigen, verdeutlichen die Regressionsergebnisse nachdrücklich. China (0,57 kg/\$), Indien (0,29 kg/\$ bereits bei niedrigem Einkommen) und Iran (0,50 kg/\$) als bevölkerungsreiche Länder mit großen Defiziten bei Demokratie und/oder Marktwirtschaftlichkeit sind Beispiele. Zwar haben auch diese Länder ihre Emissionsintensität von 1990 bis 2018 reduziert, aber mit -22 Prozent, -11 Prozent und -24 Prozent nur geringfügig. Da diese Länder aber wirtschaftlich schneller gewachsen sind, ist die gesamte Emissionsmenge angestiegen. Die Länder Europas haben im gleichen Zeitraum ihre Emissionsintensität um 62 Prozent reduziert, die USA um immerhin 46 Prozent. Absolut betrachtet sind die Emissionen gesunken. Die Länder mit hohem Pro-Kopf-Einkommen haben trotzdem noch reichlich Potenzial, ihre spezifischen Kohlendioxidemissionen im Verkehrs- und Gebäudesektor weiter abzusenken, um dem Ziel einer dekarbonisierten Wirtschaft näher zu kommen.

Dieser Beitrag stellt die Meinung des Autors dar und spiegelt nicht grundsätzlich die Meinung der Hochschule.

²⁰ Vgl. Ritchie et al. (2020): CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>. Zugriff am 09.03.2023.

²¹ Vgl. Worldbank (o. J.): Poverty Headcount Ratio at \$2.15 a Day (2017 PPP) (% of Population) – World, Burundi. <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.DDAY?locations=1W-BI>. Zugriff am 09.03.2023.

Folgende Veröffentlichungen sind bisher in dieser Reihe erschienen:

Streiflicht VWL, Nr. 9 (April 2022), Rebeggiani, L.: [Les jeux sont faits – Eine ordnungspolitische Analyse des Glücksspielstaatsvertrages von 2021](#).

Streiflicht VWL, Nr. 8 (September 2021), Altmiks, P.: [Die 10. GWB-Novelle – die passende Antwort auf digitale Vermachtung?](#)

Streiflicht VWL, Nr. 7 (September 2021), Clauss, M., Pöllmann, G.: [Europas Unternehmenssektor im Wandel – Eine evolutionsökonomische Analyse zum sich ändernden Sektorenmix](#).

Streiflicht VWL, Nr. 6 (April 2021), Kladroba, A.: [Regionale Disparität von Forschung und Entwicklung: Was hat sich in den Jahren verändert?](#)

Streiflicht VWL, Nr. 5 (März 2021), Fritsche, C.: [The Expected Impact of COVID-19 on the Housing Market](#).

Streiflicht VWL, Nr. 4 (Juli 2020), Reichel, R.: [Zur Wirksamkeit der Geldpolitik der Europäischen Zentralbank](#).

Streiflicht VWL, Nr. 3 (Mai 2020), Clauss, M., Pöllmann, G.: [Deflation oder Inflation? Zur Auswirkung der Corona-Krise auf die Entwicklung des Preisniveaus und die Folgen für die Kapitalmärkte](#).

Streiflicht VWL, Nr. 2 (April 2020), Wohlmann, M., Rebeggiani, L. und Wilke, C.: [Was kommt nach dem großen Shutdown? Die wirtschaftlichen Folgen der Corona-Krise](#).

Streiflicht VWL, Nr. 1 (März 2020), Wohlmann, M., Rebeggiani, L.: [Fluch und Segen globaler Wertschöpfungsketten angesichts der aktuellen Coronavirus-Krise](#).