

Schmitz, Laura et al.

Article

Umweltzonen in Deutschland: Emissionsbegrenzungen verbessern Bildung und psychische Gesundheit

DIW Wochenbericht

Provided in Cooperation with:

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

Suggested Citation: Schmitz, Laura et al. (2024) : Umweltzonen in Deutschland: Emissionsbegrenzungen verbessern Bildung und psychische Gesundheit, DIW Wochenbericht, ISSN 1860-8787, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, Vol. 91, Iss. 47, pp. 733-741, https://doi.org/10.18723/diw_wb:2024-47-2

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/308481>

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.

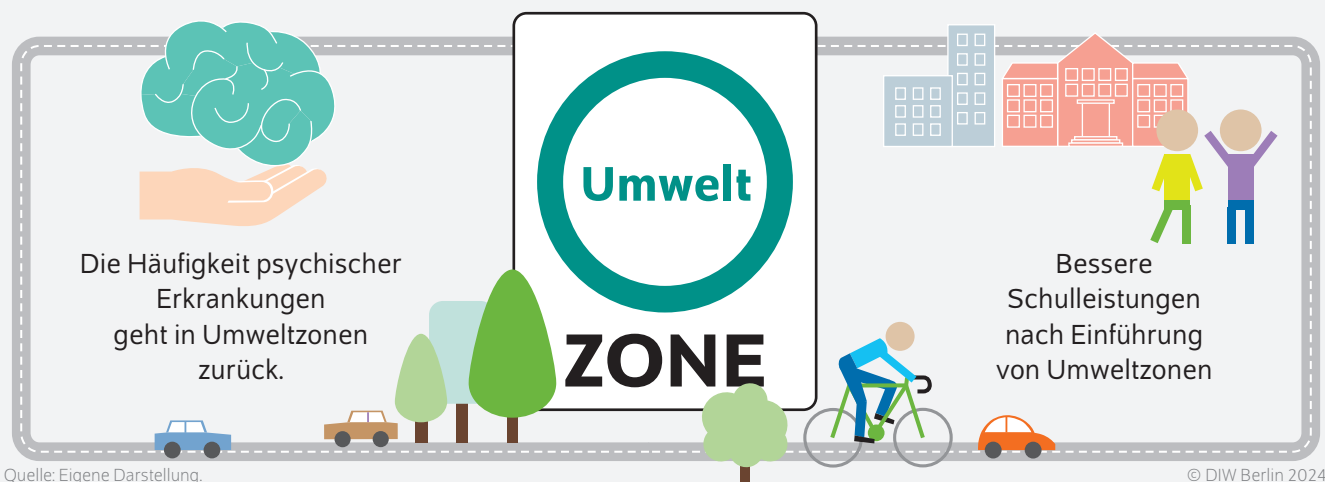
If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Umweltzonen in Deutschland: Emissionsbegrenzungen verbessern Bildung und psychische Gesundheit

Von Laura Schmitz, Johannes Brehm, Henri Gruhl, Robin Kottmann, Nico Pestel und Sandra Schaffner

- Ab 2008 wurden in deutschen Städten Umweltzonen eingeführt, um EU-Grenzwerte für Luftschadstoffe einzuhalten
- Bisherige Studien zeigen positive Effekte auf Luftqualität und physische Gesundheit
- Vorliegende Studie belegt kausale Effekte auf Schulerfolg und mentale Gesundheit
- Kinder in Umweltzonen weisen langfristig bessere Bildungserfolge auf, psychische Erkrankungen wie Depressionen und Angststörungen gehen zurück
- Politische Entscheidungsträger*innen sollten Umweltmaßnahmen auch mit Blick auf soziale Aspekte stärker vorantreiben

Bessere Luft in Umweltzonen wirkt sich positiv auf das menschliche Gehirn aus



ZITAT

*„Umweltzonen sorgen nicht nur für bessere Luft und damit eine bessere körperliche Gesundheit der Anwohner*innen. Sie wirken sich auch positiv auf die Bildung und die mentale Gesundheit aus.“*

— Laura Schmitz —

MEDIATHEK



Audio-Interview mit Laura Schmitz
www.diw.de/mediathek

Umweltzonen in Deutschland: Emissionsbegrenzungen verbessern Bildung und psychische Gesundheit

Von Laura Schmitz, Johannes Brehm, Henri Gruhl, Robin Kottmann, Nico Pestel und Sandra Schaffner

ABSTRACT

Diese Studie untersucht die Auswirkungen von Umweltzonen auf Schulleistungen und psychische Gesundheit in Deutschland. Auf Basis administrativer Schul- und Gesundheitsdaten belegt die Untersuchung, dass Umweltzonen nicht nur die Luftqualität verbessern, sondern auch positive soziale Effekte haben. Der Anteil der Grundschüler*innen, die aufs Gymnasium wechseln, stieg in den betroffenen Gebieten um einen Prozentpunkt. Zudem sank die Wahrscheinlichkeit für Antidepressiva-Verschreibungen um vier Prozent (von 7,3 auf 7 Prozent), wobei die Effekte bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen besonders ausgeprägt waren. Diese Befunde verdeutlichen, dass junge Menschen in höherem Maße von besserer Luftqualität profitieren. Die Ergebnisse sind für die Gestaltung nachhaltiger Umwelt- und Sozialpolitik relevant, da sie nahelegen, dass Bemühungen zur Luftreinhaltung weitreichende gesellschaftliche Vorteile mit sich bringen. Politische Entscheidungsträger*innen sollten daher solche Maßnahmen vorantreiben, die langfristig auch Bildung und mentaler Gesundheit zugutekommen.

Trotz erheblicher Verbesserungen der Luftqualität in den vergangenen Jahrzehnten führen Luftschadstoffe nach wie vor weltweit zu etwa sieben Millionen vorzeitigen Todesfällen pro Jahr.¹ Zahlreiche Studien belegen, dass Luftverschmutzung in der Bevölkerung gesundheitliche Beschwerden verursacht, insbesondere im Bereich der Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen.² Jüngere Studien deuten darauf hin, dass auch das menschliche Gehirn unter der Schadstoffbelastung leidet, was sich unter anderem an einem Abfall der kognitiven Leistung^{3,4} und Produktivität⁵, wie auch an Verhaltensauffälligkeiten bei Kindern⁶ äußert. Diese neuen Erkenntnisse rücken die Frage in den Vordergrund, inwieweit Umweltmaßnahmen nicht nur dem Umweltschutz und der körperlichen Gesundheit dienen, sondern auch andere Lebensbereiche wie Bildungschancen und Lebensqualität fördern können.

Zwar hat sich die Luftqualität in den vergangenen Jahrzehnten dank technologischer Fortschritte in der Fahrzeug- und Industrieproduktion deutlich verbessert, doch in vielen Ballungsgebieten werden nach wie vor die von der Europäischen Union (EU) festgelegten und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Richtwerte für Luftqualität verfehlt. Um diese Belastungen zu reduzieren und die EU-Grenzwerte einzuhalten, führten viele Städte gebietsbezogene Fahrbeschränkungen wie Umweltzonen ein, in

¹ Siehe Pressemitteilung der Weltgesundheitsorganisation vom 22. September 2022: New WHO global air quality guidelines aim to save millions of lives from air pollution (online verfügbar, abgerufen am 1. November 2024, dies gilt auch für alle anderen Online-Quellen dieses Berichts, sofern nicht anders vermerkt).

² Siehe unter anderem Nico Pestel und Florian Wozny (2021): Health effects of Low Emission Zones: Evidence from German hospitals. *Journal of Environmental Economics and Management*, 109, 102512.

³ James Archsmith, Anthony Heyes und Soodeh Saberian (2018): Air quality and error quantity: Pollution and performance in a high-skilled, quality-focused occupation. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 5(4), 827–863.

⁴ Steffen Künn, Juan Palacios und Nico Pestel (2023): Indoor Air Quality and Strategic Decision Making. *Management Science* 69(9), 5354–5377.

⁵ Tom Y. Changet al. (2019): The effect of pollution on worker productivity: evidence from call center workers in China. *American Economic Journal: Applied Economics*, 11(1), 151–72.

⁶ Marion Mortamais et al. (2019): Effects of prenatal exposure to particulate matter air pollution on corpus callosum and behavioral problems in children. *Environmental Research*, 178, 108734.

denen nur Fahrzeuge mit bestimmten Emissionsstandards erlaubt sind. Auch in Deutschland wurden ab 2008 in mehreren Städten Umweltzonen eingerichtet, um die Luftverschmutzung durch den Straßenverkehr zu verringern. Dieser politische Schritt stieß aufgrund der potenziellen Kosten für Autofahrer*innen sowie möglicher wirtschaftlicher Nachteile für den innerstädtischen Handel vielerorts auf Kritik.

Für eine umfassende Bewertung solcher Maßnahmen ist es entscheidend, nicht nur die direkten Effekte auf die Luftqualität, sondern auch die indirekten sozialen Auswirkungen zu berücksichtigen. Dieser Wochenbericht untersucht erstmals die Effekte von Umweltzonen auf zwei gesellschaftlich besonders relevante Bereiche: Bildung und psychische Gesundheit.⁷ Anhand administrativer Schul- und Krankenkassendaten und mittels ökonometrischer Analysen wird untersucht, wie sich die Einführung von Umweltzonen auf Schulerfolg und mentale Gesundheit auswirkt – beides zentrale Faktoren für den sozialen und wirtschaftlichen Fortschritt einer Gesellschaft.

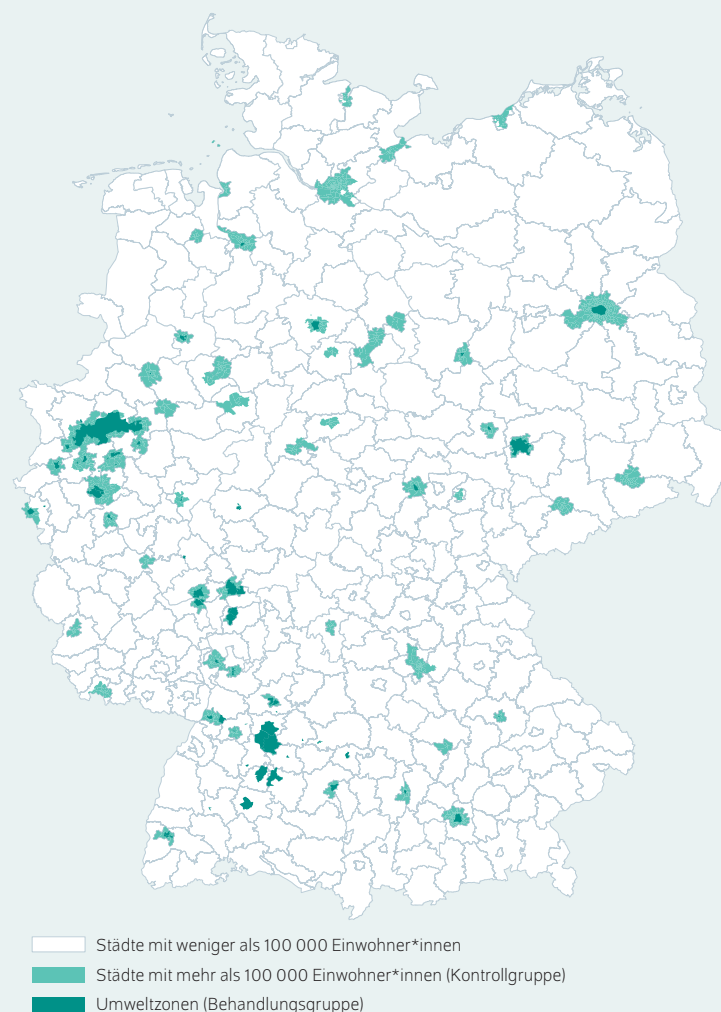
Zahl der Umweltzonen in Deutschland geht zurück

Die Luftverschmutzung in Städten wird vor allem durch Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) und Stickoxide (NO_x) verursacht. Diese Partikel können aufgrund ihres teils mikroskopisch kleinen Umfangs tief in die Atemwege eindringen und schwerwiegende gesundheitliche Probleme auslösen.⁸ Der Straßenverkehr spielt dabei eine zentrale Rolle: Fahrzeuge, besonders solche mit Dieselantrieb, stoßen große Mengen an Stickoxiden aus.⁹ 2012 stufte die WHO Staubpartikel, die bei der Verbrennung von Diesel entstehen, als „sicher krebserregend“ ein.¹⁰ Umweltzonen greifen als politische Maßnahme, indem sie die Zufahrt zu bestimmten Stadtgebieten für Fahrzeuge mit hohen Emissionen beschränken.

Die Einführung von Umweltzonen in Deutschland erfolgte im Rahmen der EU-Richtlinie 2008/50/EG, die Grenzwerte für Luftschadstoffe festlegte und die Mitgliedstaaten verpflichtete, Maßnahmen zu ergreifen, wenn diese überschritten wurden. Ab 2008 wurden die ersten Umweltzonen in Städten wie Berlin, Köln und Hannover eingerichtet. Fahrzeuge in diesen Zonen müssen eine entsprechende Plakette tragen, die auf den Emissionsstandards basiert. Heute dürfen nur Fahrzeuge mit einer grünen Plakette uneingeschränkt in Umweltzonen fahren. Bis 2019 wurden in Deutschland insgesamt 58 Umweltzonen eingerichtet (Abbildung 1). In den letzten Jahren ist jedoch ein rückläufiger Trend zu

Abbildung 1

Umweltzonen und Großstädte in Deutschland



Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Behandlungs- und Kontrollgruppe auf Kreisebene. Die Behandlungsgruppe wird in ihrer größten Ausdehnung im Jahr 2018 dargestellt.

Quellen: OpenStreetMap.org; eigene Darstellung.

© DIW Berlin 2024

Bis 2019 wurden in Deutschland insgesamt 58 Umweltzonen eingerichtet.

verzeichnen: 2023 und 2024 wurden in Baden-Württemberg in Städten wie Heidelberg und Heilbronn mehrere Umweltzonen wieder aufgehoben. Im Jahr 2024 sind in Deutschland noch 38 Umweltzonen in Kraft. Obwohl die alten EU-Grenzwerte von 2008¹¹ mittlerweile nur noch selten überschritten werden, hat die EU dieses Jahr eine Revision der Richtlinie beschlossen, die neue und strengere Ziel- und Grenzwerte ab 2030 vorsieht (Tabelle 1). Diese basieren auf den

⁷ Dem Wochenbericht liegen zwei Arbeitspapiere zugrunde: Johannes Brehmet et al. (2022): From low emission zone to academic track: Environmental policy effects on educational achievement in elementary school Ruhr Economic Papers Nr. 980; und Johannes Brehmet et al. (2024): Low depression zones? The effect of driving restrictions on air pollution and mental health Ruhr Economic Papers Nr. 1093.

⁸ Bert Brunekreef und Stephen T. Holgate (2002): Air pollution and health. The Lancet, 360(9341), 1233–1242.

⁹ Laut Umweltbundesamt verursachen Diesel-Pkw rund 65 Prozent der direkten Stickstoffdioxid-Emissionen des Straßenverkehrs, siehe Webseite des Umweltbundesamtes.

¹⁰ Siehe Pressemitteilung der WHO vom 12. Juni 2012 (online verfügbar).

¹¹ Die EU-Grenzwerte aus dem Jahr 2010 für PM_{10} betragen $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel und $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tagesmittel, mit maximal 35 erlaubten Überschreitungen pro Jahr. Für $PM_{2,5}$ lag der Jahresmittelwert bei $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, während für NO_2 ein Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein stündlicher Grenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mit maximal 18 erlaubten Überschreitungen pro Jahr) festgelegt war.

Tabelle 1

Alte und neue EU-Jahresgrenzwerte und WHO-Richtlinien zur Luftverschmutzung

	PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)
EU-Jahresgrenzwerte 2008	40	40	25
Neue EU-Jahresgrenzwerte für 2030	20	20	10
WHO-Richtlinie 2021	15	10	5

Anmerkung: Die EU-Grenzwerte von 2008 umfassen neben den Jahresmittelwerten auch Tagesmittelwerte von 50 µg/m für PM₁₀ (maximal 35 Überschreitungen pro Jahr erlaubt) und stündliche Grenzwerte von 200 µg/m³ für NO₂ (maximal 18 Überschreitungen pro Jahr erlaubt).

Quellen: WHO, Darstellung basierend auf Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (online verfügbar).

© DIW Berlin 2024

Tabelle 2

Umweltzonen im Vergleich zu sonstigen städtischen Gebieten in Deutschland

	Umweltzonen	Sonstige städtische Gebiete
Sozioökonomische Merkmale		
Kaufkraft pro Kopf (in Euro)	20 456,8	21 291,1
Arbeitslosenquote (in Prozent)	9,7	8,5
Anteil Bewohner*innen mit ausländischer Staatsangehörigkeit (in Prozent)	20,3	14,9
Anteil Kinder (in Prozent)	22,9	23,1
Luftverschmutzung		
PM ₁₀ (in µg/m ³)	24,3	22,3
NO ₂ (in µg/m ³)	41,5	26,9
PM _{2,5} (in µg/m ³)	13,9	13,6
Ergebnisvariablen		
Bildung		
Anteil der Grundschüler*innen, die auf ein Gymnasium wechselten (in Prozent)	38,2	40,0
Mentale Gesundheit		
Anteil an Bewohner*innen, die...		
... an einer Depression leiden (in Prozent)	7,0	6,8
... an einer Angststörung leiden (in Prozent)	5,9	6,4
... Antidepressiva einnehmen (in Prozent)	7,2	7,1
... in psychotherapeutischer Behandlung sind (in Prozent)	6,2	6,3

Anmerkung: Sonstige städtische Gebiete umfassen Städte mit mindestens 100 000 Einwohner*innen. Eigene Darstellung, 2005–2019.

Quellen: Sozioökonomische Daten auf 1km x 1km-Rasterzelebene von RWI-GEO-GRID, Luftverschmutzungsdaten des Umweltbundesamtes, administrativen Schul- und Krankenkassendaten.

© DIW Berlin 2024

Empfehlungen der WHO¹² und zielen darauf ab, die Luftqualität weiter zu verbessern und die Gesundheitsrisiken durch Luftverschmutzung zu minimieren. Insbesondere in deutschen Großstädten werden zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen notwendig sein, um die neuen Vorgaben bis 2030 zu erfüllen (Abbildung 2).

12 Diese Aktualisierung der Air Quality Guidelines (AQGs) hatte die WHO bereits 2021 auf Basis der wissenschaftlichen Evidenz zu den gesundheitlichen Effekten von Luftverschmutzung erstellt.

Gebiete, in denen Umweltzonen eingeführt wurden, sind im Vergleich zu sonstigen städtischen Gebieten in Deutschland tendenziell sozioökonomisch benachteiligt und weisen eine höhere Luftverschmutzung auf (Tabelle 2).

Luftverschmutzung beeinträchtigt Gehirnfunktion

Die medizinische Forschung zeigt, dass Luftverschmutzung nicht nur Atemwege und das Herz-Kreislauf-System belastet, sondern auch signifikante Auswirkungen auf das menschliche Gehirn hat.¹³ Feinstaub und Stickoxide lösen entzündliche Prozesse aus, die sowohl kurzfristige kognitive Beeinträchtigungen als auch langfristige neurologische Schäden verursachen können.¹⁴ Besonders betroffen sind Kinder, deren Gehirne sich noch in der Entwicklung befinden,¹⁵ sowie ältere Erwachsene, bei denen die Belastung das Risiko für neurodegenerative Erkrankungen wie Demenz und Alzheimer erhöht.¹⁶ Feinstaub (PM_{2,5}) spielt dabei eine zentrale Rolle: Diese besonders kleinen Partikel gelangen über die Lunge in den Blutkreislauf und können so das Gehirn erreichen und dort Entzündungen auslösen. Diese Entzündungen schädigen neuronale Verbindungen und beeinträchtigen kognitive Funktionen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Lernfähigkeit.¹⁷ Stickoxide reduzieren zudem die Sauerstoffversorgung des Gehirns und sorgen so für kognitive Beeinträchtigungen.¹⁸

Die meisten dieser Studien zeigen jedoch lediglich einen korrelativen Zusammenhang auf. Die komplexen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Umweltfaktoren, sozioökonomischen Einflüssen und individuellen gesundheitlichen Voraussetzungen erschweren es, klar festzustellen, ob die beobachteten gesundheitlichen Auswirkungen direkt durch die Luftverschmutzung verursacht werden oder ob sie das Ergebnis anderer, miteinander verwobener Faktoren sind. Hier setzt die vorliegende Studie an, indem umfangreiche neue Datenquellen erschlossen und mittels ökonomischer Analysen (Kasten 1) ausgewertet werden, um die kausalen Effekte der Verbesserung der Luftqualität durch die Einführung von Umweltzonen zu identifizieren.

13 Clara G. Zundel et al. (2022): Air pollution, depressive and anxiety disorders, and brain effects: A systematic review. *NeuroToxicology*, 93, 272–300 (online verfügbar).

14 Rubén D. Arias-Pérez et al. (2020): Inflammatory effects of particulate matter air pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 42390–42404.

15 Lilian Calderón-Garcidueñas et al. (2015): Air pollution and children: Neural and tight junction antibodies and combustion metals, the role of barrier breakdown and brain immunity in neurodegeneration. *Journal of Alzheimer's disease*, 43(3), 1039–1058.

16 Kelly Bishop, Jonathan D. Ketcham and Nicolai V. Kuminoff (2023): Hazed and confused: The effect of air pollution on dementia. *Review of Economic Studies*, 90(5), 2188–2214.

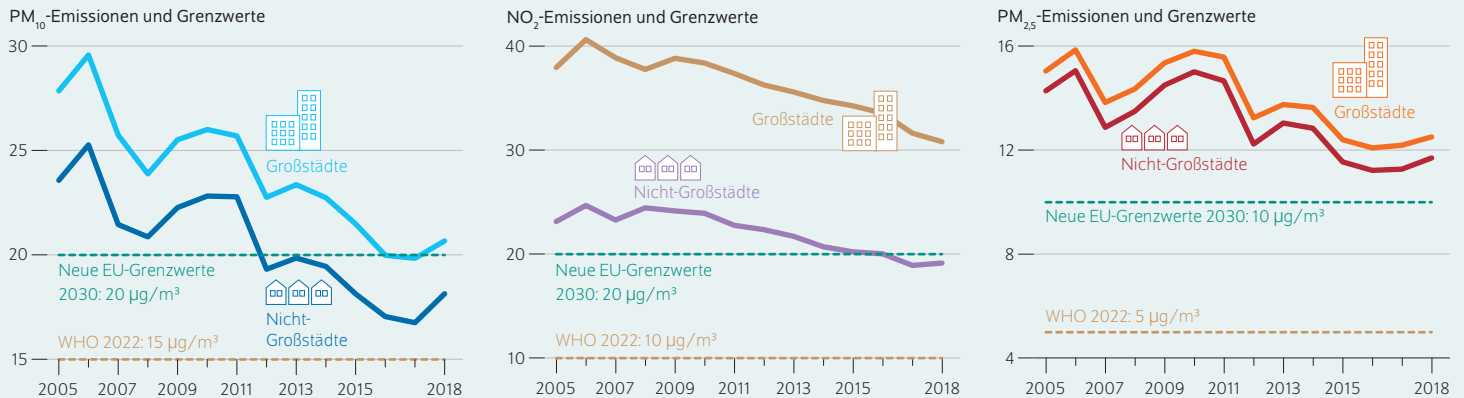
17 Mengwen Ye et al. (2023): Progress in mechanisms, pathways and cohort studies about the effects of PM_{2,5} exposure on the central nervous system. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 261(1), 7.

18 Michele Salvagno et al. (2024): Oxidative Stress and Cerebral Vascular Tone: The Role of Reactive Oxygen and Nitrogen Species. *International journal of molecular sciences*, 25(5), 3007.

Abbildung 2

Entwicklung der Schadstoffemissionen in und außerhalb von Großstädten (mehr als 100 000 Einwohner*innen) im Vergleich zu EU- und WHO-Richtlinien

In $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Quelle: Daten des Umweltbundesamts, eigene Darstellung.

© DIW Berlin 2024

Um die neuen EU-Vorgaben zur Schadstoffreduktion zu erreichen, müssen zusätzliche Maßnahmen umgesetzt werden.

Umweltzonen verringern verkehrsbedingte Luftverschmutzung

Zunächst untersucht die Studie, inwiefern die Einführung von Umweltzonen die Luftqualität in deutschen Städten verbessert hat. Zur Messung der Luftqualität werden verschiedene Datenquellen genutzt (Kasten 2). Das Umweltbundesamt betreibt ein landesweites Netzwerk von Messstationen, die kontinuierlich Schadstoffkonzentrationen wie Feinstaub (PM₁₀) und Stickstoffdioxid (NO₂) erfassen. Frühere Studien haben bereits belegt, dass Umweltzonen ein wirksames Mittel zur Reduzierung der Luftverschmutzung sind.¹⁹ Aufbauend darauf zeigt die vorliegende Studie, dass Umweltzonen die Konzentrationen von Feinstaub (PM₁₀) um durchschnittlich 10,4 Prozent und Stickstoffdioxid (NO₂) um 15,3 Prozent im Vergleich zur Kontrollgruppe senken konnten.²⁰ Erstmals werden in dieser Studie zusätzlich satellitengestützte Schätzungen der Feinstaubkonzentration (PM_{2.5}) zur Analyse herangezogen. Die Untersuchung ergibt, dass Umweltzonen auch die PM_{2.5}-Belastung um 3,1 Prozent reduzieren konnten, auch wenn dieser Effekt weniger stark ausgeprägt ist als bei PM₁₀ und NO₂ (Abbildung 3). Hier könnte der tatsächliche Effekt möglicherweise unterschätzt werden, da Satellitendaten im Vergleich zu den stationären Daten des Umweltbundesamts eine geringere Präzision bei lokal variierenden Schadstoffkonzentrationen bieten.

Weniger Schadstoffe wirken sich positiv auf Schulerfolg aus

Anschließend wird in der Studie untersucht, inwiefern sich die Einführung von Umweltzonen und die damit verbundene geringere Schadstoffbelastung auf den Bildungserfolg von Schüler*innen ausgewirkt hat. Dabei werden administrative Schuldaten aus Nordrhein-Westfalen verwendet, die die Schulübergangsraten von Grundschüler*innen auf weiterführende Schulen im Zeitraum von 2005 bis 2018 dokumentieren (Kasten 2). Als zentrale abhängige Variable dient die Übergangsrate auf das Gymnasium, die in der deutschen Bildungslandschaft eine entscheidende Rolle spielt, da sie maßgeblich über die langfristigen Bildungschancen und späteren beruflichen Perspektiven eines Kindes bestimmt.²¹

Vor der Schaffung von Umweltzonen gingen in den betroffenen Gebieten weniger Grundschüler*innen zum Gymnasium als in der Kontrollgruppe, was auf sozioökonomische Unterschiede in der Zusammensetzung der Schüler*innenschaft zurückzuführen ist (Tabelle 2). Diese Differenzen verringerten sich jedoch nach der Einführung der Umweltzonen (Abbildung 5). Insgesamt erhöhte sich die Übergangsrate auf das Gymnasium in Umweltzonen um etwa einen Prozentpunkt, von 38,9 auf 39,9 Prozent. Dies könnte darauf hindeuten, dass – wie es die medizinische Forschung nahelegt – die Lernfähigkeit durch bessere Luftqualität positiv beeinflusst wurde.

Weiterführende Analysen zeigen, dass Kinder, die in Umweltzonen leben, seltener an Atemwegsinfektionen erkranken. Dies deutet darauf hin, dass eine bessere Gesundheit und

¹⁹ Luis Sarmiento, Nicole Wäagner und Aleksandar Zaklan (2022): Umweltzonen verbessern Luftqualität und Gesundheit, verringern aber temporär Lebenszufriedenheit. DIW Wochenbericht Nr. 89 (13), 203–211 (online verfügbar).

²⁰ Dies deckt sich mit den Ergebnissen früherer Studien, z. B. Nico Pestel und Nico Wozny (2021): Health effects of Low Emission Zones: Evidence from German hospitals. Journal of Environmental Economics and Management, 109, 102512.

²¹ Christian Dustmann, Patrick A. Puhani und Uta Schonberg (2017): The long-term effects of early track choice. The Economic Journal, 127, 1348–1380.

Kasten 1

Differenz-von-Differenzen-Ansatz

Die Analyse der Effekte von Umweltzonen auf Bildungs- und Gesundheitsergebnisvariablen in den diesem Wochenbericht zugrunde liegenden Studien basiert auf einem Differenz-von-Differenzen (DvD)-Ansatz. Er ermöglicht es, die kausalen Effekte der Umweltzonen zu isolieren, indem zwei Gruppen verglichen werden: eine Behandlungsgruppe, die von der Einführung der Umweltzonen betroffen ist, und eine Kontrollgruppe, die nicht betroffen ist. Die Veränderungen der betrachteten Variablen (Schulübergangsquoten beziehungsweise Gesundheitsindikatoren) werden vor und nach der Einführung der Umweltzonen in beiden Gruppen analysiert.

Die DvD-Methode setzt voraus, dass sich die Ergebnisse der beiden Gruppen ohne Intervention parallel entwickelt hätten („parallel trend assumption“). Um Verzerrungen zu vermeiden, werden Kontrollgruppen ausgewählt, die in ihrer sozioökonomischen und regionalen Struktur möglichst ähnlich zur Behandlungsgruppe sind. In diesem Fall besteht die Kontrollgruppe aus großen Städten mit über 100 000 Einwohner*innen,¹ da Umweltzonen mehrheitlich in Großstädten eingeführt wurden. Zudem werden Kreis-Jahres-Trends und kleinräumige sozioökonomische Variablen berücksichtigt, um mögliche Veränderungen der gesellschaftlichen Zusammensetzungen in- und außerhalb der Umweltzonen herauszurechnen.²

In dieser Analyse kommen erweiterte DvD-Modelle zum Einsatz, die speziell die schrittweise Einführung der Umweltzonen und mögliche dynamische Effekte abbilden.³ Da Umweltzonen über mehrere Jahre hinweg sukzessive eingeführt wurden, wird die zeitliche Staffelung berücksichtigt. Es wird erwartet, dass Anpassungen wie ein verändertes Mobilitätsverhalten oder der verstärkte Kauf emissionsarmer Fahrzeuge zu zeitlich variierenden Effekten auf die analysierten Ergebnisse führen können.

¹ Abbildung 1.

² Zusätzliche Spillover-Analysen zeigen, dass die Effektgröße nicht durch Spillovers von der Behandlungsgruppe in die Kontrollgruppe verzerrt werden, siehe Brehm et al. (2022), a.a.O. und Brehm et al. (2024), a.a.O.

³ Clément De Chaisemartin und Xavier d'Haultfoeulle (2024): Difference-in-differences estimators of intertemporal treatment effects. *Review of Economics and Statistics*, 1–45 und Liyang Sun und Sarah Abraham (2021): Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. *Journal of Econometrics*, 225(2), 175–199.

die damit verbundene Verringerung von Krankheitstagen – neben möglichen direkten Effekten auf die kognitive Leistung – ein Mechanismus sein könnte, durch den Umweltzonen den Bildungserfolg fördern.²² Weitere Heterogenitätsanalysen zeigen, dass die Effekte bei Jungen und in sozioökonomisch benachteiligten Gebieten etwas

ausgeprägter sind, was darauf schließen lässt, dass Umweltzonen auch zur Verringerung von Bildungsungleichheiten beitragen dürften. Der stärkere Effekt bei Jungen könnte darauf zurückzuführen sein, dass diese im Kindesalter anfälliger für Atemwegserkrankungen sind.²³

Auch die mentale Gesundheit verbessert sich

Zuletzt untersucht die Studie, inwiefern sich die geringere Schadstoffbelastung durch die Einführung von Umweltzonen auf die psychische Gesundheit der Bevölkerung ausgewirkt hat. Dabei werden anonymisierte Gesundheitsdaten einer großen deutschen Krankenkasse verwendet, die Diagnosen von Depressionen und Angststörungen sowie die Zahl entsprechender Behandlungen und Verschreibungen im Zeitraum von 2005 bis 2019 dokumentieren (Kasten 2). Als zentrale abhängige Variablen dienen die Wahrscheinlichkeit einer Diagnose von Depressionen oder Angststörungen sowie die Häufigkeit von Medikamentenverschreibungen und Facharztbesuchen.

Die Häufigkeit psychischer Erkrankungen in Gebieten mit Umweltzonen geht im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich zurück (Abbildung 5). Die Ergebnisse belegen eine statistisch signifikante Reduktion der Wahrscheinlichkeit von Antidepressiva-Verschreibungen um vier Prozent, was einer Verringerung von 7,3 auf sieben Prozent entspricht. Zugleich sinkt die Wahrscheinlichkeit, eine*n Spezialist*in aufzusuchen, um 5,7 Prozent (Inzidenz sinkt von 6,2 auf 5,9 Prozent). Auch die Wahrscheinlichkeit der Diagnose einer psychischen Erkrankung geht zurück: Depressionen verringern sich um 3,5 Prozent und Angststörungen um 4,2 Prozent. Diese Effekte sind vergleichbar mit den gesundheitlichen Auswirkungen von Umweltzonen auf Herz-Kreislaufkrankungen die in früheren Studien gezeigt wurden.²⁴

Zudem finden sich etwas größere Effekte auf die Intensität der Behandlung: So sinkt etwa die Anzahl der Facharztbesuche um 7,4 Prozent, was darauf hindeutet, dass durch die Einführung von Umweltzonen auch die Intensität psychischer Probleme verringert wurde. Besonders starke Effekte zeigen sich bei jungen Menschen zwischen 15 und 29 Jahren (Abbildung 5). Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass entzündliche Reize während der Gehirnentwicklung intensiver wirken.²⁵ Zudem sind Kinder und Jugendliche aufgrund ihres höheren Atemvolumens im Verhältnis zur Körpergröße und ihrer weniger entwickelten Abwehrmechanismen in der Lunge anfälliger für Luftschadstoffe.²⁶ Dieser Befund – dass Luftverschmutzung besonders jungen Menschen schadet – steht im Einklang mit der Literatur zu den

²³ D.S. Postma (2007) Gender differences in asthma development and progression. *Gender medicine*, 4, S133–S146.

²⁴ Klauber et al. (2024), a. a. O. und Pestel et al. (2021), a. a. O.

²⁵ Susanna Roberts et al. (2019): Exploration of NO₂ and PM_{2.5} air pollution and mental health problems using high-resolution data in london-based children from a UK longitudinal cohort study. *Psychiatry research*, 272, 8–17.

²⁶ Sam Brockmeyer und Amedeo d'Angiulli (2016): How air pollution alters brain development: The role of neuroinflammation. *Translational neuroscience*, 7 (1), 24–30.

²² Dass sich Umweltzonen positiv auf die Gesundheit von Kindern auswirken, zeigen auch Hannah Klauber et al. (2024): Killing prescriptions softly: Low emission zones and child health from birth to school. *American Economic Journal: Economic Policy*, 16, 220–248.

Kasten 2

Datengrundlage

Die Daten zur Einführung der Umweltzonen in Deutschland stammen vom Umweltbundesamt (UBA), während die geografische Abdeckung der Zonen auf Informationen von OpenStreetMap.org basiert. Die Luftqualitätseffekte werden anhand täglicher Schadstoffwerte (PM_{10} und NO_2) des UBA, erhoben zwischen 2005 und 2018 an über 650 Messstationen, analysiert. Ergänzend werden Satellitendaten zu Feinstaub mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 Mikrometern ($PM_{2.5}$) in die Analyse einbezogen.¹

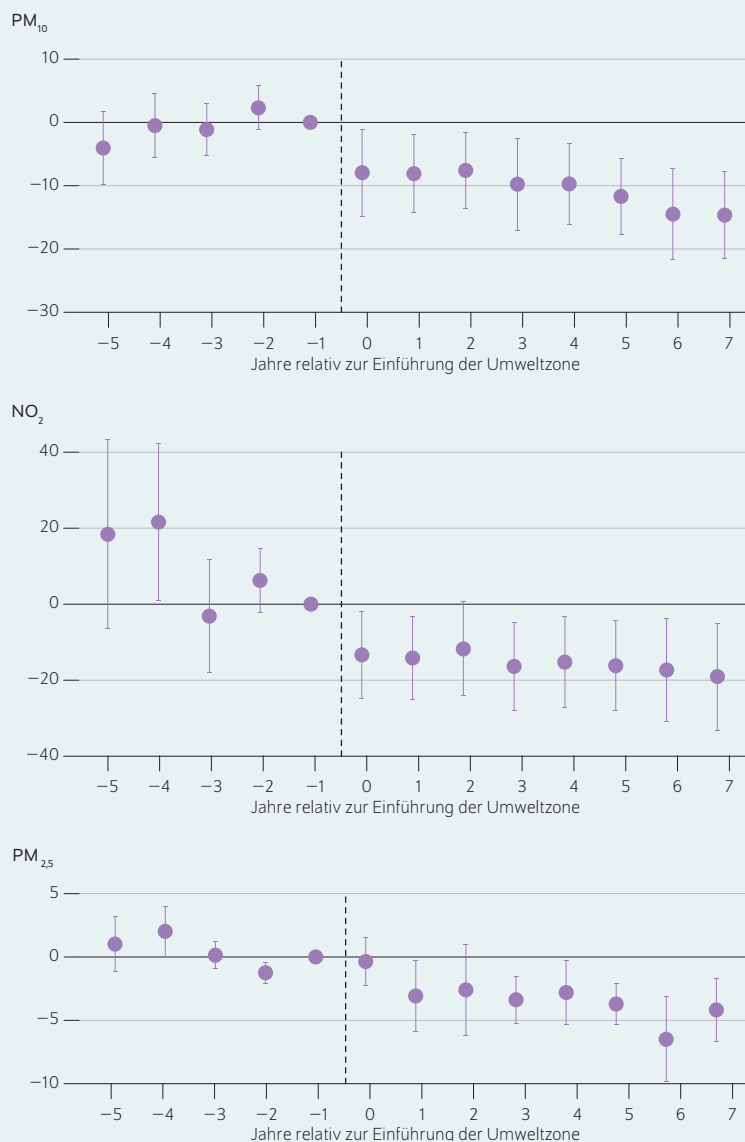
Für die Bildungseffekte werden Schulübergangsquoten von Grundschulen in Nordrhein-Westfalen zwischen 2005 und 2018 genutzt, wobei die Übertrittsrate auf das Gymnasium als zentraler Indikator für den langfristigen Bildungserfolg dient. Schulstandorte wurden mit der geografischen Abdeckung der Umweltzonen abgeglichen, um zu bestimmen, ob eine Schule innerhalb einer Umweltzone liegt. Insgesamt besteht die Stichprobe aus 3 464 Grundschulen in NRW. Ergänzend dazu werden Daten auf Kreisebene aus ganz Deutschland ausgewertet.

Die Analyse der Auswirkungen auf die mentale Gesundheit basiert auf anonymisierten Daten einer großen deutschen Krankenkasse. Diese Daten umfassen unter anderem Diagnosen zu Depressionen und Angststörungen, Verschreibungen von Antidepressiva sowie Facharztbesuche bei Psychotherapeut*innen und Psychiater*innen. Diagnosen wurden nach ICD-10-GM klassifiziert², Verschreibungen nach dem ATC-System.³ Die Stichprobe besteht aus Personen im Alter von 15 bis 65 Jahren, die zwischen 2005 und 2019 versichert waren. Personen, die während des Untersuchungszeitraums ihren Wohnsitz wechselten, wurden ausgeschlossen, um Verzerrungen zu vermeiden. Aus Datenschutz- und Rechenaufwandsgründen werden die Individualdaten auf das Postleitzahlen-Jahr-Niveau aggregiert, woraus sich eine Stichprobengröße von 20 070 Postleitzahlengebieten mit insgesamt über zwei Millionen versicherten Personen ergibt. Zusätzlich werden sozioökonomische Daten auf ein Kilometer mal ein Kilometer-Rasterzelebene (RWI-GEO-GRID⁴) sowie Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes in die Analysen integriert.

- 1 Aaron van Donkelaar et al. (2021): Monthly global estimates of fine particulate matter and their uncertainty. *Environmental Science & Technology*, 55(22), 15287–15300.
- 2 Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (online verfügbar).
- 3 ATC-Klassifikation (online verfügbar).
- 4 RWI-GEO-GRID: Socio-Economic Data on grid level (online verfügbar).

Abbildung 3

Effekt der Einführung von Umweltzonen auf Luftverschmutzung Veränderung in Prozent



Anmerkung: Die Abbildung zeigt die dynamischen Effekte von Umweltzonen auf die jährlichen Werte für groben Feinstaub (PM_{10}) und Stickstoffdioxid (NO_2) aus Messstationen sowie feinen Feinstaub ($PM_{2.5}$) basierend auf satellitengestützten, validierten Schätzungen in logarithmierter Form. Die Effekte wurden mit dem Schätzverfahren von Sun und Abraham (2021) a.a.O. berechnet und werden zusammen mit 95 Prozent-Konfidenzintervallen dargestellt. Die Hypothese eines gemeinsamen Trends in beiden Gruppen vor der Einführung von Umweltzonen kann nicht verworfen werden.

Quellen: Bundesumweltamt (Schätzungen zu PM_{10} und NO_2), van Donkelaar et al. (2021) (Schätzungen zu $PM_{2.5}$).

© DIW Berlin 2024

In Umweltzonen geht die Belastung mit Feinstaub und Stickstoffdioxid zurück.

langfristigen gesundheitlichen Folgen einer frühen Belastung durch Luftverschmutzung²⁷ und korrespondiert mit den

in dieser Studie dargestellten positiven Effekten auf den Bildungserfolg von Grundschüler*innen.

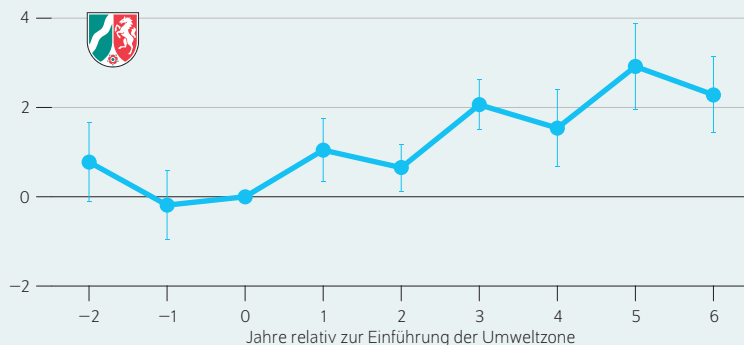
²⁷ Kenneth Chay und Michael Greenstone (2003): The impact of air pollution on infant mortality: Evidence from geographic variation in pollution shocks induced by a recession. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(3), 1121–1167.

Abbildung 4

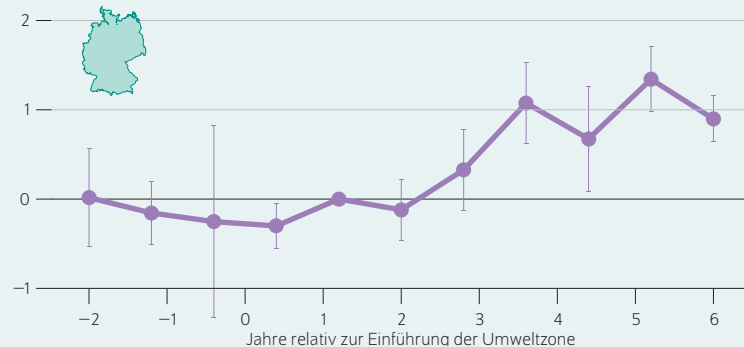
Effekt der Einführung von Umweltzonen auf die Übergangsquoten zum Gymnasium in NRW und Gesamtdeutschland

Übergangsrate zum Gymnasium, in Prozentpunkten

Analyse auf Schulebene, Nordrhein-Westfalen



Analyse auf Kreisebene, Gesamtdeutschland



Anmerkung: Die Abbildung zeigt die dynamischen Differenz-von-Differenzen-Schätzungen für den Effekt der Einführung von Umweltzonen auf die schulbezogenen Übergangsquoten zum Gymnasium. Die erste Abbildung bezieht sich auf Grundschulen in Großstädten (mehr als 100 000 Einwohner*innen) in NRW, die zweite auf kreisfreie Städte in ganz Deutschland. Die Schätzung enthält zeitvariable wirtschaftliche und demografische Kontrollvariablen (Kaufkraft pro Kopf, Arbeitslosenquote, Ausländerquote, Anteil der Haushalte mit Kindern). Die Effekte wurden mit dem Schätzverfahren von De Chaisemartin und d'Haultfoeuille (2024) berechnet und werden zusammen mit 95 Prozent-Konfidenzintervallen dargestellt. Die Hypothese eines gemeinsamen Trends in beiden Gruppen vor der Einführung von Umweltzonen kann nicht verworfen werden.

Quelle: Amtliche Schuldaten der Statistikämter der Bundesländer.

© DIW Berlin 2024

Die Einführung von Umweltzonen wirkt sich positiv auf den Bildungserfolg aus.

Fazit: Umweltmaßnahmen haben auch positive soziale Effekte

Die Ergebnisse dieser Studie zur Wirkung von Umweltzonen auf Schulleistungen und psychische Gesundheit verdeutlichen die weitreichenden gesellschaftlichen Vorteile solcher Maßnahmen. Umweltzonen, die ursprünglich zur Reduzierung der Luftverschmutzung und zum Schutz der physischen Gesundheit eingeführt wurden, zeigen signifikant positive Effekte auf den Bildungserfolg von Grundschüler*innen und die mentale Gesundheit der Bevölkerung. Die Verringerung von Feinstaub und anderen Luftschadstoffen

führt nicht nur zu einem Rückgang von Atemwegs- und Herz-Kreislauferkrankungen, sondern auch zu verbesserten kognitiven Fähigkeiten und einem geringeren Risiko für psychische Erkrankungen wie Depressionen und Angststörungen. Ein zentraler Befund der Studie ist, dass besonders Kinder und junge Menschen von der besseren Luftqualität profitieren.

Diese Ergebnisse sind damit relevant für die aktuellen Debatten in der Bildungs- und Gesundheitspolitik sowie für eine nachhaltige städtische Umweltpolitik. Deutschland steht hier vor großen Herausforderungen: So schnitten deutsche Schüler*innen in der PISA-Studie 2022 schlechter ab als jemals zuvor,²⁸ und insbesondere bei Kindern und Jugendlichen wird zunehmend häufiger eine Depression diagnostiziert.²⁹ Gleichzeitig wohnen immer mehr Menschen und vor allem junge Menschen in Städten. Besonders in sozioökonomisch benachteiligten Gebieten, die überproportional unter hoher Schadstoffbelastung leiden, könnte eine bessere Luftqualität Ungleichheiten im Bildungs- und Gesundheitswesen reduzieren. Kinder aus diesen Familien haben bekanntermaßen geringere Bildungschancen³⁰ und ein höheres Risiko, an Depressionen zu erkranken.³¹

Politische Entscheidungsträger*innen können aus diesen Erkenntnissen wichtige Schlüsse ziehen. So sollten Umweltmaßnahmen nicht nur aus einer Umwelt- und Gesundheitsperspektive betrachtet werden, sondern auch hinsichtlich ihrer Vorteile für das gesellschaftliche Wohl und die Bildungschancen. Dies ist besonders relevant angesichts der jüngsten Entwicklungen in Baden-Württemberg, wo bereits Umweltzonen aufgehoben wurden. Da die überarbeitete EU-Luftqualitätsrichtlinie strengere Grenzwerte für Feinstaub und Stickoxide vorsieht, sind weitere ambitionierte Maßnahmen zur Luftreinhaltung zu erwarten. In diesem Zusammenhang könnte die Reduzierung von Emissionen des Verkehrssektors neben dem Klimaschutz erhebliche gesundheitliche und soziale Vorteile bringen. Politische Entscheidungsträger*innen sollten nicht nur kurzfristige wirtschaftliche Aspekte abwägen, sondern auch die langfristigen sozialen und gesundheitlichen Vorteile einer nachhaltigen Verkehrspolitik einbeziehen – da diese letztlich auch den wirtschaftlichen Interessen des Landes zugutekommen.

²⁸ OECD (2023): PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, PISA. OECD Publishing (online verfügbar).

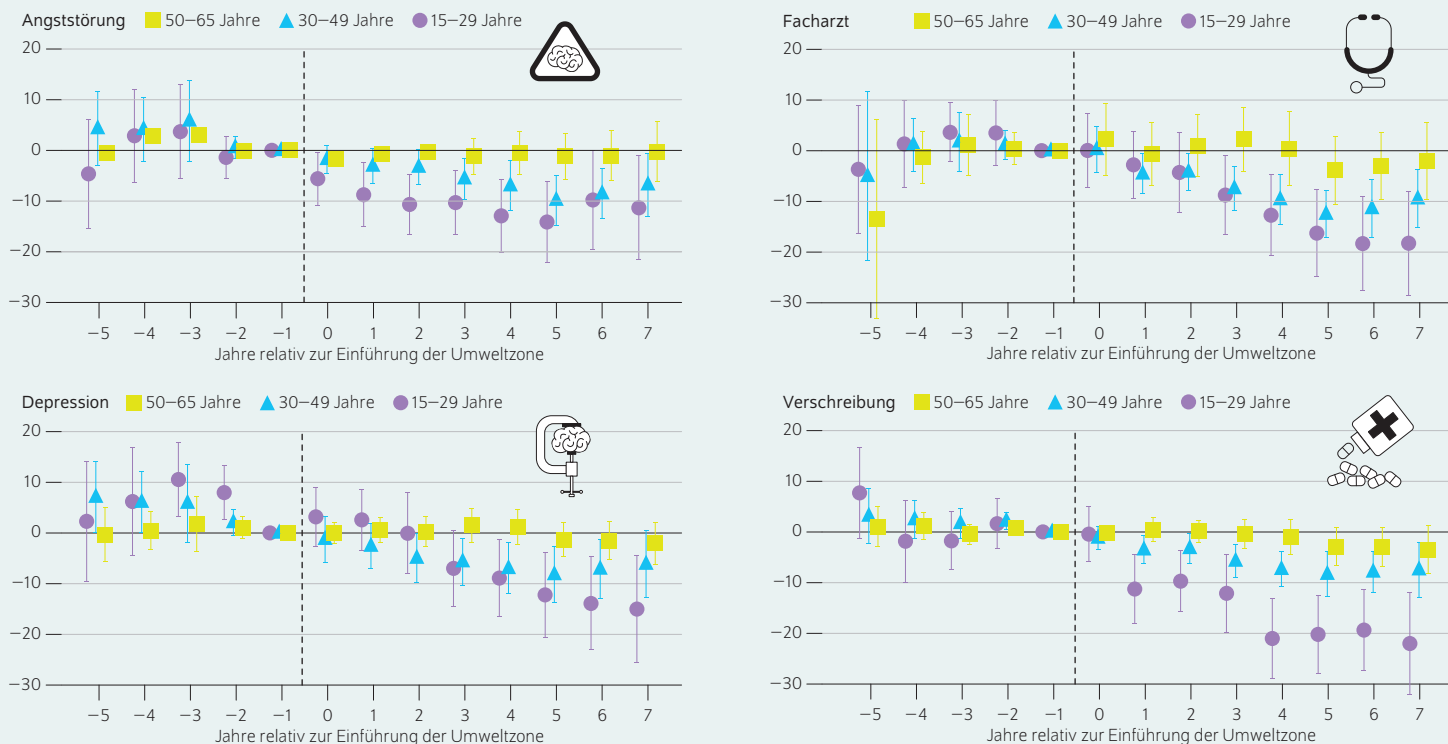
²⁹ Immer mehr Kinder und Jugendliche leiden an Depressionen, vgl. Destatis (online verfügbar).

³⁰ OECD (2018): Equity in Education: Breaking Down Barriers to Social Mobility. OECD Publishing (online verfügbar).

³¹ Caroline Cohrdes et al. (2022): Erkennen-Bewerten-Handeln. Schwerpunktbericht zur psychischen Gesundheit der Bevölkerung in Deutschland. Teil 1–Erwachsenenalter. Robert Koch Institut.

Abbildung 5

Effekt der Einführung von Umweltzonen auf mentale Gesundheit nach Altersgruppen In Prozent



Anmerkung: Diese Abbildung zeigt die dynamischen Effekte von Umweltzonen auf die Wahrscheinlichkeit, Antidepressiva verschrieben zu bekommen, einen Facharzt oder eine Fachärztin zu besuchen, an einer Depression zu erkranken und eine Angststörung zu entwickeln, jeweils in logarithmierter Form. Die Effekte wurden mit den Schätzverfahren von Sun und Abraham (2021) berechnet. Standardfehler sind auf Kreisebene gruppiert. Die Schätzungen werden mit 95 Prozent-Konfidenzintervallen dargestellt. Die Hypothese eines gemeinsamen Trends in beiden Gruppen vor der Einführung von Umweltzonen kann nicht verworfen werden.

Quelle: Krankenkassendaten einer großen deutschen Krankenkasse.

© DIW Berlin 2024

Die Häufigkeit psychischer Erkrankungen geht in Gebieten mit Umweltzonen deutlich zurück.

Laura Schmitz ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt im DIW Berlin | lschmitz@diw.de

Johannes Brehm ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | johannes.brehm@rwi-essen.de

Henri Gruhl ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | henri.gruhl@rwi-essen.de

Robin Kottmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | robin.kottmann@rwi-essen.de

Nico Pestel ist Associate Professor am Centre for Education and the Labour Market (ROA) der Universität Maastricht | n.pestel@maastrichtuniversity.nl

Sandra Schaffner ist Gastwissenschaftlerin am RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung | sandra-schaffner@rwi-essen.de

JEL: I18, I21, J24, Q53, Q58

Keywords: low emission zones, air quality, education, mental health



DIW Berlin — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V.
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin

www.diw.de

Telefon: +49 30 897 89-0 E-Mail: kundenservice@diw.de

91. Jahrgang 20. November 2024

Herausgeber*innen

Prof. Dr. Tomaso Duso; Sabine Fiedler; Prof. Marcel Fratzscher, Ph.D.;
Prof. Dr. Peter Haan; Prof. Dr. Claudia Kemfert; Prof. Dr. Alexander S. Kritikos;
Prof. Dr. Alexander Kriwoluzky; Prof. Karsten Neuhoff, Ph.D.;
Prof. Dr. Carsten Schröder; Prof. Dr. Katharina Wrohlich

Chefredaktion

Prof. Dr. Pio Baake; Claudia Cohnen-Beck; Sebastian Kollmann;
Kristina van Deuverden

Lektorat

Fernanda Ballesteros; Dr. Alexander Schiersch

Redaktion

Rebecca Buhner; Dr. Hella Engerer; Petra Jasper; Adam Mark Lederer;
Frederik Schulz-Greve; Sandra Tubik

Gestaltung

Roman Wilhelm; Stefanie Reeg; Eva Kretschmer, DIW Berlin

Umschlagmotiv

© imageBROKER / Steffen Diemer

Satz

Satz-Rechen-Zentrum Hartmann + Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin

Der DIW Wochenbericht ist kostenfrei unter www.diw.de/wochenbericht
abrufbar. Abonnieren Sie auch unseren Wochenberichts-Newsletter unter
www.diw.de/wb-anmeldung

ISSN 1860-8787

Nachdruck und sonstige Verbreitung – auch auszugsweise – nur mit
Quellenangabe und unter Zusendung eines Belegexemplars an
den Kundenservice des DIW Berlin zulässig (kundenservice@diw.de).