

Sarmiento, Luis; Wagner, Nicole; Zaklan, Aleksandar

Article

Umweltzonen verbessern Luftqualität und Gesundheit, verringern aber temporär Lebenszufriedenheit

DIW Wochenbericht

Provided in Cooperation with:

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

Suggested Citation: Sarmiento, Luis; Wagner, Nicole; Zaklan, Aleksandar (2022) : Umweltzonen verbessern Luftqualität und Gesundheit, verringern aber temporär Lebenszufriedenheit, DIW Wochenbericht, ISSN 1860-8787, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, Vol. 89, Iss. 13, pp. 203-211,
https://doi.org/10.18723/diw_wb:2022-13-1

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/252293>

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 gewahrten 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.

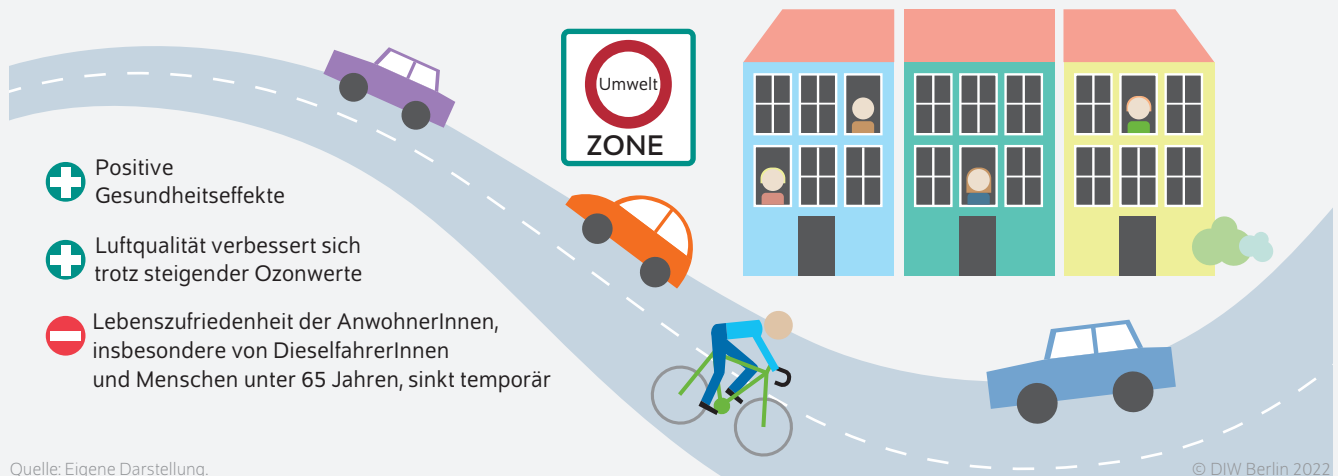
If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Umweltzonen verbessern Luftqualität und Gesundheit, verringern aber temporär Lebenszufriedenheit

Von Luis Sarmiento, Nicole Wagner und Aleksandar Zaklan

- Fahrbeschränkungen in Umweltzonen sollen Luftverschmutzung senken, um gesundheitliche Schäden zu vermeiden
- Studie untersucht die Auswirkungen von Umweltzonen in Deutschland auf Luftqualität und Lebenszufriedenheit ihrer AnwohnerInnen mittels ekonometrischer Analysen
- Umweltzonen sind effektive Maßnahme zur Verringerung verkehrsbedingter Luftverschmutzung, verursachen jedoch unbeabsichtigt steigende Ozonwerte
- Lebenszufriedenheit der AnwohnerInnen der Zonen temporär verringert trotz positiver Auswirkungen auf Gesundheit
- Akzeptanz von Umweltzonen könnte durch verstärkte Aufklärung über gesundheitliche Vorteile erhöhet werden

Trotz besserer Luft und Gesundheit: Umweltzonen vermindern Lebenszufriedenheit der AnwohnerInnen



ZITAT

„Umweltzonen sorgen für bessere Luftqualität und Gesundheit der Anwohnerinnen und Anwohner, wirken sich aber zeitweilig negativ auf ihre Lebenszufriedenheit aus. Eine bessere Aufklärung über die Vorteile solcher Zonen dürfte die Akzeptanz in der Bevölkerung steigern.“

— Aleksandar Zaklan —

MEDIATHEK



Audio-Interview mit Nicole Wagner
www.diw.de/mediathek

Umweltzonen verbessern Luftqualität und Gesundheit, verringern aber temporär Lebenszufriedenheit

Von Luis Sarmiento, Nicole Wagner und Aleksandar Zaklan

ABSTRACT

Luftverschmutzung verursacht hohe ökonomische Kosten durch gesundheitliche Belastungen der AnwohnerInnen, vor allem in städtischen Gebieten. Fahrbeschränkungen in Umweltzonen sollen zur Verbesserung der Luftqualität beitragen. Empirische Analysen in diesem Wochenbericht bestätigen, dass Umweltzonen verkehrsbedingte Luftverschmutzung verringern. Zusätzlich ergeben die Untersuchungen unbeabsichtigte negative Effekte auf Sekundrschadstoffe wie Ozon und auf die Luftverschmutzung in angrenzenden Gebieten. Zudem zeigen weitere Analysen basierend auf Daten des Sozio-ökonomischen Panels (SOEP) erstmals, dass Umweltzonen zwar die Gesundheit der AnwohnerInnen positiv beeinflussen, jedoch ihre Lebenszufriedenheit temporär verringern. Abhängig ist dies von den individuellen Lebensumständen; beispielsweise ist die Lebenszufriedenheit von DieselfahrerInnen und Menschen unter 65 Jahren stärker beeinträchtigt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Mobilitätsbeschränkungen und Anpassungskosten die Akzeptanz der Maßnahmen verringern. Eine verbesserte Kommunikation der gesundheitlichen Vorteile von Umweltzonen oder Transfermechanismen wie Gutscheine für die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln könnten diese Effekte abfedern.

Luftverschmutzung verursacht in der Bevölkerung gesundheitliche Beschwerden und dadurch auch erhebliche gesamtwirtschaftliche Kosten. Besonders oft treten Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen auf. Darüber hinaus mindert Luftverschmutzung auch die Produktivität von ArbeitnehmerInnen und die Bildungserfolge von SchülerInnen.¹

Obwohl sich die durchschnittliche Luftqualität in Europa in den vergangenen Jahrzehnten stetig verbessert hat, werden in vielen Regionen weiterhin die EU-Grenzwerte für bestimmte Luftschadstoffe überschritten (Kasten 1). Besonders hoch sind die Schadstoffbelastungen in Ballungsräumen, hauptsächlich verursacht durch Emissionen des Straßenverkehrs. Um diese Belastungen zu reduzieren, werden häufig gebietsbezogene Fahrbeschränkungen eingeführt, beispielsweise in Form von sogenannten Umweltzonen, die Kraftfahrzeuge mit hoher Emissionsintensität nicht befahren dürfen. In den vergangenen Jahrzehnten haben mehr als 200 Städte in Europa eine Umweltzone eingeführt. Die ersten Umweltzonen bestehen bereits seit dem Jahr 1996 in Schweden, doch erst in den 2000er Jahren gewann das Politikinstrument in anderen Ländern an Bedeutung. So entwickelten beispielsweise die Niederlande und Deutschland landesweit einheitliche Standards für Umweltzonen, weshalb in beiden Ländern relativ viele Zonen umgesetzt wurden. Doch auch ohne landesweite Standardisierung gibt es heute in vielen europäischen Metropolen Umweltzonen zur Verbesserung der Luftqualität, darunter Madrid, Rom, Paris, London, Prag und Wien.²

Dieser Wochenbericht evaluiert, inwieweit Umweltzonen in Deutschland effektiv sind, und liefert erste Evidenz, wie sie die Lebenszufriedenheit der dort lebenden Menschen

¹ Joshua Graff Zivin und Matthew Neidell (2013): Environment, health, and human capital. *Journal of Economic Literature*, 51(3), 689–730.

Luis Sarmiento (2021): Air Pollution and the Productivity of High-Skill Labor: Evidence from Court Hearings. *The Scandinavian Journal of Economics*.

Emilia Simeonova, Janet Currie, Peter Nilsson und Reed Walker (2019): Congestion pricing, air pollution, and children's health. *Journal of Human Resources*, 0218–9363R2.

² Claire Holman, Roy Harrison und Xavier Querol (2015): Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities. *Atmospheric Environment* 111, 161–169.

Kasten 1

Rechtlicher Rahmen der Umweltzonen

Bereits in den 1990er Jahren setzte die Europäische Gemeinschaft den gesetzlichen Rahmen zur einheitlichen Beurteilung der Luftqualität. Die 1996 verabschiedete *Luftqualitätsrahmenrichtlinie* zielte auf die Festlegung von Grenzwerten und Alarmschwellen zur „Vermeidung, Verhütung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt“ sowie die Vereinheitlichung der Beurteilungsverfahren und -kriterien ab.¹ Seit 1999 wurden mehrere Tochterrichtlinien verabschiedet, die konkrete Grenzwerte und Messverfahren erstmals definierten.²

Seit 2010 bildet die Europäische Richtlinie 2008/50/EG über „Luftqualität und saubere Luft für Europa“ die Rechtsgrundlage für Luftqualitätsstandards, die die bisherigen Richtlinien ersetzt.³ Die Grenzwerte sind rechtlich bindende Obergrenzen; die dauerhafte Nichteinhaltung durch die Mitgliedstaaten kann sanktioniert werden (Tabelle 1).

Um die EU-Richtlinien in nationales Recht umzusetzen, erließ die Bundesregierung in 2002 die *Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft (22. BImSchV)*. Sie legt Grenzwerte, Berechnungsverfahren und Überprüfungsmechanismen fest. So wurden beispielsweise die Bundesländer verpflichtet, Messstationen zur Überprüfung der Luftqualität einzurichten, und im Falle von Grenzwertüberschreitungen geeignete Maßnahmen zur Senkung der Luftverschmutzung vorzuschlagen und umzusetzen.

Die rechtliche Grundlage für die Einführung von Umweltzonen wurde dann im Oktober 2006 mit Verabschiedung der *Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung (35. BImSchV)* geschaffen (seit März 2007 in Kraft).⁴ Die Verordnung ordnet Kraftfahrzeuge (Pkw und Lkw) bestimmten Schadstoffgruppen zu und ermöglicht Fahrbeschränkungen basierend auf der Emissionsintensität einzelner Fahrzeuge in Einklang mit § 40 BImSchV zu Verkehrsbeschränkungen. Die Emissionskategorie eines Kraftfahrzeugs wird durch verschiedenen farbige Aufkleber auf der Windschutzscheibe gekennzeichnet: Rote Aufkleber stehen für die Fahrzeuge mit den höchsten Emissionen und grüne Aufkleber für die Fahrzeuge mit den geringsten Emissionen (Tabelle 2).

Mit Beginn der Einführung dieser Zonen waren üblicherweise nur Fahrzeuge ohne Sticker verboten (Stufe 1), in den folgenden Jahren wurden allerdings sukzessive auch Fahrzeuge mit rotem und gelbem Sticker verbannt (Stufe 2 und 3). Die Richtlinie wird von der Polizei und den Kommunalbehörden durchgesetzt. Ein Verstoß führt seit 2014 zu einer Geldstrafe in Höhe von 80 Euro (2008: 40 Euro und ein Punkt in der Verkehrssünderdatei).

Tabelle 1

EU-Grenzwerte für ausgewählte Luftschadstoffe

Luftschadstoff	Maximal erlaubte Konzentration	Bezugszeitraum	Grenzwert/Zielwert	Erlaubte Überschreitungen pro Jahr
Kohlenmonoxid (CO)	10 Milligramm pro Kubikmeter	Höchster 8-Stunden-Mittelwert pro Tag	Grenzwert seit 2005	–
Stickstoffdioxid (NO ₂)	200 Mikrogramm pro Kubikmeter	Stündlicher Mittelwert	Grenzwert seit 2010	18 Tage
Stickstoffdioxid (NO ₂)	40 Mikrogramm pro Kubikmeter	Jährlicher Mittelwert	Grenzwert seit 2010	–
Ozon (O ₃)	120 Mikrogramm pro Kubikmeter	Höchster 8-Stunden-Mittelwert pro Tag	Zielwert seit 2010	25 Tage im 3-Jahres-Durchschnitt
Feinstaub (PM ₁₀)	50 Mikrogramm pro Kubikmeter	Täglicher Mittelwert	Grenzwert seit 2005	35 Tage
Feinstaub (PM ₁₀)	40 Mikrogramm pro Kubikmeter	Jährlicher Mittelwert	Grenzwert seit 2005	–




Anmerkung: Grenzwerte müssen zwingend eingehalten werden, Zielwerte müssen „soweit wie möglich“ eingehalten werden.

Quelle: Eigene 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 2022

Tabelle 2

Emissionskategorien für Kraftfahrzeuge in Umweltzonen

	Kein Sticker	 2	 3	 4
Diesel	Euro 1 oder älter	Euro 2, Euro 1 mit Partikelfilter	Euro 3, Euro 2 mit Partikelfilter	Euro 4 oder besser, Euro 3 mit Partikelfilter
Benzin	Ohne geregelten Katalysator	–	–	Euro 1 mit geregeltem Katalysator oder besser

Anmerkung: Euro-Standards für Diesel- und Benzinkraftfahrzeuge gemäß Richtlinie 70/220/EWG des Rates vom 20. März 1970 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Abgase von Kraftfahrzeugmotoren mit Fremdzündung (online verfügbar).

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Hendrik Wolff und Lisa Perry (2010): Trends in Clean Air Legislation in Europe: Particulate Matter and Low Emission Zones. *Review of Environmental Economics and Policy* 4(2) 293–308.

© DIW Berlin 2022

1 Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität (online verfügbar, abgerufen am 28. März 2022. Dies gilt auch für alle anderen Online-Quellen dieses Berichts, sofern nicht anders vermerkt).

2 Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (online verfügbar), Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (online verfügbar), und Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt in der Luft (online verfügbar).

3 Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (online verfügbar).

4 35. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung – 35. BImSchV (online verfügbar).

Kasten 2

Differenz-von-Differenzen-Schätzung

Die in diesem Wochenbericht präsentierten Schätzergebnisse beruhen auf dem Differenz-von-Differenzen-Ansatz. Hierbei werden grundsätzlich zwei Gruppen verglichen, die Behandlungsgruppe und die Kontrollgruppe. Die Behandlungsgruppe ist von einer Intervention betroffen, hier von der Einführung einer Umweltzone. Die Kontrollgruppe ist nicht betroffen und dient als Annäherung an die Behandlungsgruppe für den hypothetischen Fall, dass die Politikmaßnahme nicht stattgefunden hätte. Die Zulässigkeit der gewählten Kontrollgruppe wird statistisch über die parallele Entwicklung der Ergebnisvariable in beiden Gruppen vor der Einführung von Umweltzonen festgestellt.

Der empirische Ansatz in der vorliegenden Analyse beruht auf einer wichtigen Weiterentwicklung der Differenz-von-Differenzen-Methode, die die stufenweise Einführung der Politikinterventionen und mögliche dynamische Effekte der Maßnahmen berücksichtigt.¹ Im vorliegenden Fall ist es wichtig, diese Besonderheiten zu berücksichtigen, da Umweltzonen nicht gleichzeitig, sondern graduell über einen Zeitraum von mehreren Jahren eingeführt wurden (Abbildung 2). Darüber hinaus ist zu erwarten, dass Anpassungsmaßnahmen wie etwa Änderungen des Mobilitätsverhaltens oder der Erwerb emissionsärmerer Fahrzeuge zu dynamischen, das heißt sich über die Zeit verändernden Effekten auf die Ergebnisvariable, führen kann.

Basierend auf täglichen Luftschadstoffwerten, die zwischen 2005 und 2018 an mehr als 650 Messstationen in Deutschland

¹ Vgl. Brently Callaway und Pedro H. Sant'Anna (2021): Difference-in-differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics*, 225(2), 200–230.

erhoben worden sind, wurden die kausalen Effekte von Umweltzonen auf einzelne Luftschadstoffe empirisch geschätzt. Dazu wurden die Messwerte an *Stationen innerhalb der Zonen* den Messwerten an geeigneten *Kontrollstationen außerhalb der Zonen* gegenübergestellt und die Differenzen beider Gruppen vor und nach Einführung der Umweltzone verglichen. Um zu vermeiden, dass Spillover-Effekte die Messwerte an den Kontrollstationen beeinflussen und somit die Schätzungen verzerren, wurden nur Kontrollstationen in ausreichend großer Entfernung zu einer Umweltzone berücksichtigt.²

Die Effekte auf die Lebenszufriedenheit und Gesundheit wurden mit dem gleichen methodischen Ansatz geschätzt. Analyseeinheiten sind hier Individuen aus dem georeferenzierten SOEP (anstelle von Luftmessstationen). Das SOEP ist eine national repräsentative Wiederholungsbefragung privater Haushalte in Deutschland, die seit 1984 durchgeführt wird. In der georeferenzierten Version können die Wohnorte der Befragten in die Analyse miteinbezogen werden,³ was eine Unterscheidung zwischen AnwohnerInnen *innerhalb und außerhalb der Umweltzonen* ermöglicht. Die Schätzungen basieren auf über 12 000 Individuen, die zwischen 2005 und 2018 an der Befragung teilgenommen haben.

² Die Kontrollstationen müssen mindestens 25 Kilometer von einer Umweltzone entfernt sein. Diese Distanz wurde durch einen datengetriebenen Ansatz empirisch ermittelt, vgl. Luis Sarmiento, Nicole Wäger und Aleksandar Zaklan (2021): Effectiveness, Spillovers, and Well-Being Effects of Driving Restriction Policies. DIW Discussion Paper Nr. 1947 (online verfügbar).

³ Jan Goebel und Bernd Pauer (2014): Datenschutzkonzept zur Nutzung von SOEPGeo im Forschungszentrum SOEP am DIW Berlin. *Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin-Brandenburg* 3, 42–47 (online verfügbar).

beeinflussen.³ Konkret werden auf Basis von Daten zur Luftverschmutzung des Umweltbundesamtes und Befragungen des Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) kausale Effekte von Umweltzonen auf Luftqualität sowie Lebenszufriedenheit und Gesundheit der AnwohnerInnen geschätzt (Kasten 2).

Luftverschmutzung und Umweltzonen in Deutschland

Die durchschnittliche verkehrsbedingte Luftverschmutzung durch Kohlenmonoxid, Feinstaub und Stickstoffdioxid ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gesunken (Abbildung 1). Innerhalb der städtischen Gebiete mit Umweltzonen liegen die Werte im gesamten Beobachtungszeitraum dennoch deutlich über dem Bundesdurchschnitt. Für Ozonwerte ist ein gegenläufiger Trend zu beobachten: Von 2016 bis 2018 steigt die jährliche Durchschnittskonzentration von bodennahem Ozon, wobei städtische Gebiete tendenziell unter dem Bundesdurchschnitt liegen.

³ Luis Sarmiento, Nicole Wäger und Aleksandar Zaklan (2021): Effectiveness, Spillovers, and Well-Being Effects of Driving Restriction Policies. DIW Discussion Paper Nr. 1947 (online verfügbar).

Trotz des sinkenden Trends wurden die EU-Grenzwerte für verkehrsbedingte Luftschadstoffe in städtischen Gebieten in Deutschland regelmäßig überschritten. Beispielsweise lag die tägliche Feinstaubbelastung, also von Partikeln mit einem Durchmesser von weniger als zehn Mikrometern, zwischen 2005 und 2007 in 89 deutschen Städten über dem Grenzwert. Darunter waren 52 Großstädte mit mehr als 100 000 EinwohnerInnen, also etwa 65 Prozent aller Großstädte in Deutschland. Für Stickstoffdioxid wurde der jährliche Grenzwert im selben Zeitraum in 54 Städten überschritten.

Als Reaktion auf die kontinuierlichen Grenzwertüberschreitungen wurden am 1. Januar 2008 die ersten Umweltzonen in Berlin, Köln und Hannover eingeführt. Im Jahresverlauf folgten 20 weitere Städte diesem Beispiel, darunter München, Stuttgart und Frankfurt. Bis 2018 kamen noch etwa 30 Städte hinzu (Abbildung 2). Derzeit gibt es 56 Umweltzonen in Deutschland; bis auf eine Ausnahme haben alle Zonen die stringenteste Stufe 3 (Kasten 1).⁴

⁴ Die ersten Umweltzonen wurden in 2009 und 2010 zur Stufe 2 oder (direkt) zur Stufe 3 verschärft.

Die Einführung der ersten Zonen betraf mehrere Millionen privater und gewerblicher Kraftfahrzeuge (Pkw und Lkw), die die ausgewiesenen innerstädtischen Gebiete nicht mehr befahren durften. Dies traf auf breite Skepsis in der Bevölkerung und teilweise auch auf Widerstände in der Wirtschaft. So wurde unter anderem von InteressenvertreterInnen der Automobilindustrie und des Einzelhandels bezweifelt, dass die Fahrbeschränkungen die Feinstaubkonzentration spürbar senken können. Zudem wurden hohe bürokratische Kosten und Einbußen für die lokale Wirtschaft befürchtet.⁵ Dies könnte ein Indiz für eine (anfänglich) geringe Akzeptanz von Umweltzonen sein.

Umweltzonen geeignetes Instrument zur Senkung der Gesundheitsbelastung durch Luftverschmutzung

Die grundsätzlich positiven Effekte von Umweltzonen auf verkehrsbedingte Luftverschmutzung wie Feinstaub und Stickstoffdioxid sind bereits nachgewiesen.⁶ Analysen am DIW Berlin zeigen jedoch darüber hinaus, wie sich derartige Zonen auf relevante Sekundärschadstoffe wie Ozon und die Luftverschmutzung in angrenzenden Gebieten auswirken. Die Folgen für die Ozonbelastung sind relevant, da dieser Schadstoff ebenfalls gesundheitsschädlich ist.⁷ Auswirkungen in angrenzenden Räumen würden den Wirkungsradius von Umweltzonen über ihre Grenzen hinaus vergrößern (sogenannte Spillover-Effekte). Sie können einerseits durch Verhaltensänderungen von FahrzeugführerInnen entstehen, wenn diese beispielsweise die Umweltzonen umfahren und damit zu höheren Schadstoffwerten in der Umgebung beitragen. Andererseits können Anpassungseffekte die Luftverschmutzung senken, wenn die AnwohnerInnen außerhalb der Zonen auf sauberere Kraftfahrzeuge oder andere Verkehrsträger (zum Beispiel Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)) umsteigen.

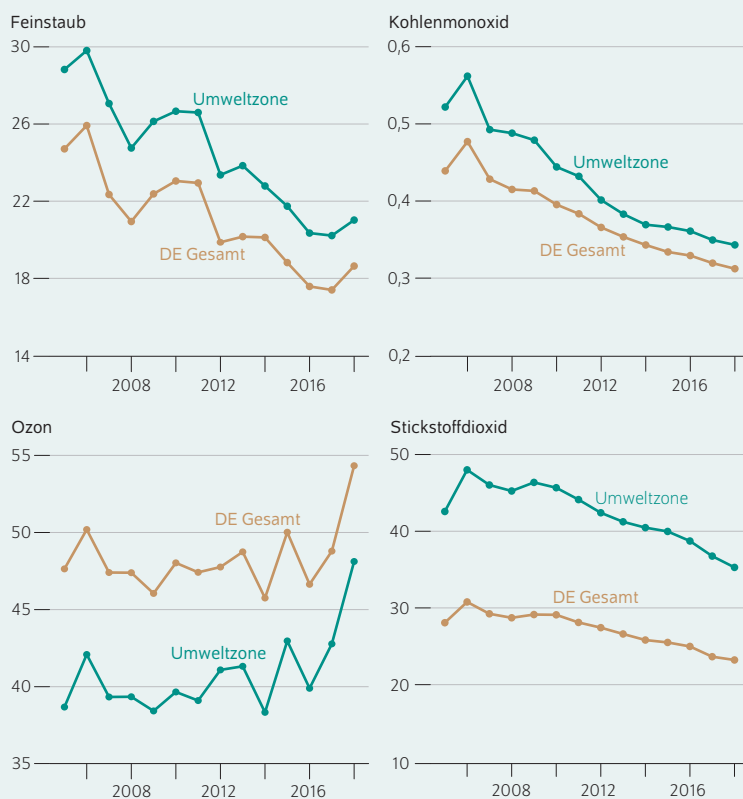
Empirische Studien zeigen: Umweltzonen wirken sich überwiegend positiv auf die Gesundheit der dort lebenden Menschen aus. Die Anzahl von Krankenhauseinweisungen aufgrund von Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen innerhalb der Zonen sinkt.⁸ Die AnwohnerInnen haben geringere Ausgaben für Medikamente.⁹ Gleichzeitig gehen die Fahrbeschränkungen jedoch mit realen Kosten einher:

⁵ Hendrik Wolff und Lisa Perry (2010): Trends in Clean Air Legislation in Europe: Particulate Matter and Low Emission Zones. *Review of Environmental Economics and Policy* 4(2) 293–308.
⁶ Hendrik Wolff (2014): Keep Your Clunker in the Suburb: Low-Emission Zones and Adoption of Green Vehicles. *The Economic Journal*, 124(578), F481–F512. Markus Gehrsitz (2017): The effect of low emission zones on air pollution and infant health. *Journal of Environmental Economics and Management*, 83, 121–144. Nico Pestel und Florian Wozny (2021): Health effects of Low Emission Zones: Evidence from German hospitals. *Journal of Environmental Economics and Management*, 109, 102512.
⁷ Beispielsweise wird die Anzahl der durch bodennahes Ozon verursachten vorzeitigen Todesfälle auf 365 000 weltweit geschätzt, vgl. Marissa N. DeLang et al. (2021): Mapping yearly fine resolution global surface ozone through the Bayesian Maximum Entropy data fusion of observations and model output for 1990–2017. *Environmental Science & Technology*, 55(8): 4389–4398.
⁸ Shushanik Margaryan (2021): Low emission zones and population health. *Journal of Health Economics*, 76, 102402. Nico Pestel und Florian Wozny (2021), a. a. O.
⁹ Alexander Rohlf, Felix Holub, Nicolas Koch und Nolan Ritter (2020): The effect of clean air on pharmaceutical expenditures. *Economics Letters*, 192, 109221.

Abbildung 1

Durchschnittliche Schadstoffkonzentrationen in Deutschland insgesamt und innerhalb der Umweltzonen

Jährliche Mittelwerte einzelner Luftschadstoffe (Kohlenmonoxid in Milligramm pro Kubikmeter, Stickstoffdioxid, Feinstaub und Ozon in Mikrogramm pro Kubikmeter)



Anmerkung: Im Jahr 2008 wurden die ersten Umweltzonen eingeführt, weitere folgten bis zum Jahr 2018.

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten des Umweltbundesamts von 2005 bis 2018.

© DIW Berlin 2022

Verkehrsbedingte Luftverschmutzung mit sinkendem Trend – Ozonwerte steigen.

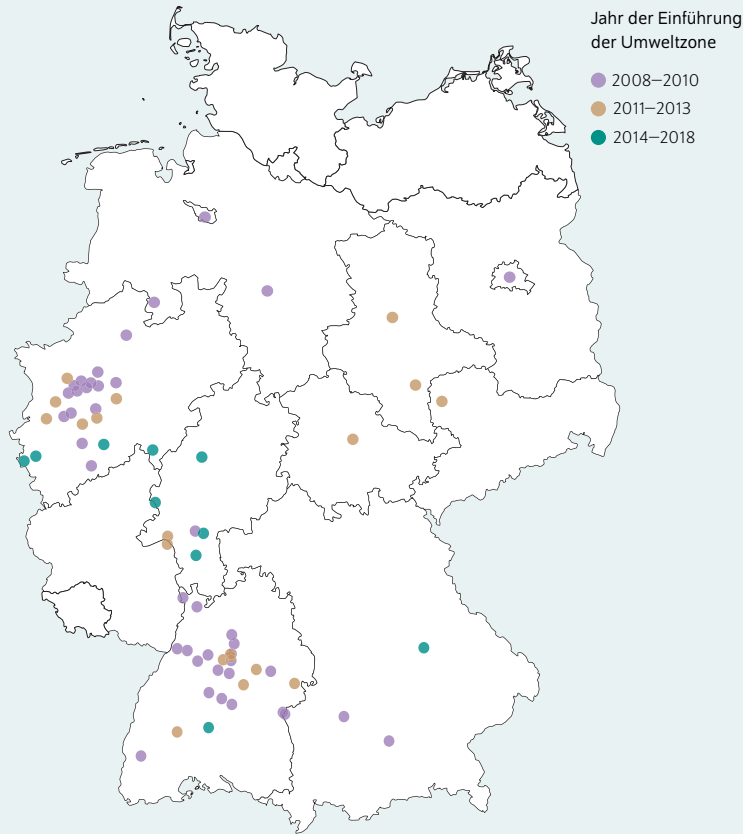
AnwohnerInnen einer Umweltzone tragen Kosten durch die Einschränkung ihrer individuellen Mobilität, beispielsweise durch den Kauf eines saubereren Fahrzeugs oder den Wechsel zu anderen Verkehrsmitteln. Um solche Kosten dem individuellen Nutzen gegenüberzustellen, werden in dieser Studie die Auswirkungen von Umweltzonen auf die Gesundheit und das subjektive Wohlbefinden der Betroffenen analysiert.

Umweltzonen verringern verkehrsbedingte Luftverschmutzung, aber erhöhen Ozonwerte

Es zeigt sich, dass Umweltzonen ein effektives Instrument sind, um die verkehrsbedingte Luftverschmutzung zu reduzieren. Die Ergebnisse basieren auf Luftschadstoffwerten, die zwischen 2005 und 2018 deutschlandweit innerhalb und außerhalb der Umweltzonen gemessen wurden (Kasten 2). Innerhalb der Umweltzonen sinkt die Konzentration von Feinstaub im Durchschnitt um etwa sieben Prozent,

Abbildung 2

Umweltzonen in Deutschland nach Jahr ihrer Einführung



Anmerkung: Die Umweltzonen in den Städten Bochum, Bottrop, Dortmund, Duisburg, Essen, Gelsenkirchen, Mülheim, Oberhausen und Recklinghausen wurden im Jahr 2012 zur gemeinsamen Umweltzone „Ruhrgebiet“ zusammengelegt. Im Ballungsraum nördlich von Stuttgart wurden in 2013 die Zonen in Ludwigsburg, Pleidelsheim, Markgröningen, Freiberg am Neckar und Ingersheim zur gemeinsamen Umweltzone „Ludwigsburg und Umgebung“ zusammengelegt.

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des Umweltbundesamts von 2008 bis 2018.

© DIW Berlin 2022

Umweltzonen wurden von Städten in fast allen Bundesländern eingeführt.

während die Belastung durch Stickstoffdioxide um etwa neun Prozent zurückgeht. Die Konzentration von Kohlenmonoxid sinkt zwar nach Einrichtung der Zonen, jedoch ist diese Änderung nicht statistisch signifikant.

Während die verkehrsbedingte Luftverschmutzung in den Umweltzonen abnimmt, zeichnet sich für Ozon ein gegenläufiges Bild ab: Die Werte steigen im Durchschnitt um etwa drei Prozent. Diese Zunahme ist auf chemische Interaktionen zwischen verschiedenen Vorläufersubstanzen des Sekundärschadstoffs Ozon zurückzuführen. So können etwa sinkende Stickstoffdioxid-Emissionen höhere Ozonwerte verursachen.¹⁰

¹⁰ Ozon wird als Sekundärschadstoff nicht direkt von einer Schadstoffquelle freigesetzt, sondern entsteht durch Reaktionen mit anderen Schadstoffen (wie beispielsweise Stickstoffoxide) in der Atmosphäre, vgl. Paul S. Monks et al. (2015): Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 8889–8973.

Um diese gegenläufigen Effekte vergleichen zu können, wird ein Luftqualitätsindex (Air Quality Index, AQI) genutzt.¹¹ Dadurch lässt sich der Gesamteffekt der Einführung von Umweltzonen auf Luftqualität abbilden. Die Einführung der Umweltzonen senkt den AQI um fünf Punkte (elf Prozent), das heißt, die Luftqualität innerhalb der Zonen verbessert sich trotz steigender Ozonkonzentration.

Effekte auf Luftverschmutzung sind dynamisch und unterscheiden sich nach Jahreszeit

Je länger eine Umweltzone aktiv ist, desto stärker sind die beobachteten Effekte auf einzelne Luftschadstoffe (Abbildung 3).¹² Die Stickstoffdioxid-Konzentration sinkt bereits im zweiten Jahr nach Einführung der Zone spürbar. Auch die Konzentration von Feinstaub geht ab dem zweiten Jahr deutlich zurück. Lediglich die Schätzungen für Kohlenmonoxid sind von statistischer Unsicherheit geprägt, so dass hier keine eindeutige Aussage möglich ist. Demgegenüber steigt die Ozonkonzentration.

Die Effektivität der Umweltzonen variiert auch nach Jahreszeiten. In den Wintermonaten kommt es zu signifikanten Reduktionen der Kohlenmonoxid-Konzentration, während die Effekte im Sommer nicht signifikant sind, weil Verbrennungsmotoren bei kalten Temperaturen in der Regel mehr Abgase ausstoßen.¹³ Dies erhöht die Wirksamkeit der Fahrbeschränkung im Winter. Im Gegensatz dazu steigt die Ozonbelastung im Frühjahr und Sommer stärker an. Grund dafür ist, dass stärkere Sonneneinstrahlung und höhere Temperaturen die Ozonbildung begünstigen.

Umweltzonen beeinflussen Luftverschmutzung in angrenzenden Gebieten

Um die Effekte von Umweltzonen auf die Schadstoffkonzentration in angrenzenden Gebieten abzuschätzen, wurde ihr Einfluss in einem Umkreis von 25 Kilometern außerhalb der Zonen untersucht. Die Ergebnisse weisen signifikante Steigerungen der Ozonwerte in angrenzenden Gebieten aus und zwar in ähnlicher Größenordnung wie innerhalb der Umweltzonen.¹⁴ Auch in benachbarten Gebieten ist der Ozonanstieg in den Sommermonaten besonders ausgeprägt und etwa doppelt so hoch wie in der jährlichen Gesamtbeurteilung. Bei Stickstoffdioxid und Feinstaub verursachen die Umweltzonen keine signifikanten Spillover-Effekte. In

¹¹ Dieser AQI bildet alle Luftschadstoffe gleichzeitig auf einer harmonisierten Skala (von 0 bis 500) ab. Je höher der AQI, desto schlechter die Luftqualität. Er basiert auf stündlichen Schadstoffkonzentrationen und wird gemäß der Standards der US-Umweltschutzbehörde berechnet, vgl. U.S. Environmental Protection Agency (2018): Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI). Technical Report EPA 454/B-18-007, Air Quality Assessment Division; Office of Air Quality Planning and Standards (online verfügbar).

¹² Vor Einführung der Umweltzonen werden keine signifikanten Effekte beobachtet, so dass die Annahme paralleler Trends vor Einführung der Zonen für keinen Schadstoff abgelehnt werden kann, vgl. Kasten 2.

¹³ Ricardo Suarez-Bertoa und Covadonga Astorga (2018): Impact of cold temperature on Euro 6 passenger car emissions. *Environmental Pollution*, 234, 318–329.

¹⁴ Ozon kann aufgrund seiner chemischen Eigenschaften als Sekundärschadstoff über größere Distanzen transportiert werden, so dass die Effekte der Umweltzonen auch in angrenzenden Gebieten sichtbar werden.

der Betrachtung des AQI können im Durchschnitt keine nachteiligen Effekte von Umweltzonen auf die Luftqualität in angrenzenden Gebieten festgestellt werden. Jedoch kann sich im Sommer aufgrund der erhöhten Ozonwerte die Luftqualität in Gebieten außerhalb der Umweltzonen insgesamt verschlechtern.

Umweltzonen senken vorübergehend Lebenszufriedenheit der AnwohnerInnen trotz vorteilhafter Gesundheitseffekte

Um den Einfluss der Umweltzonen auf die Lebenszufriedenheit und Gesundheit der AnwohnerInnen zu schätzen, wurde eine ähnliche Methode wie zuvor auf georeferenzierte Daten des SOEP angewendet (Kasten 2).¹⁵ Basierend auf Wohnort und Datum der Befragung wird bestimmt, ob eine befragte Person zum Zeitpunkt der Erhebung innerhalb oder außerhalb einer Umweltzone wohnt.

Es zeigt sich, dass die Einführung einer Umweltzone die Lebenszufriedenheit ihrer AnwohnerInnen um etwa drei Prozent im Vergleich zur durchschnittlichen Zufriedenheit vor Einführung der Zone senkt. Dieser Effekt ist quantitativ bedeutend: Er entspricht etwa 15 bis 20 Prozent des Effekts von Arbeitsplatzverlust auf die Lebenszufriedenheit, einem der einschneidendsten Ereignisse für das individuelle Wohlbefinden.¹⁶ Die negative Wirkung tritt bereits im ersten Jahr der Fahrbeschränkungen auf und bleibt vier bis fünf Jahre bestehen, bevor sich die Lebenszufriedenheit wieder ihrem Niveau vor Einführung der Umweltzonen angleicht. (Abbildung 4).

Lebenszufriedenheit von DieselfahrerInnen und Jüngeren sinkt besonders stark

Die Auswirkungen von Umweltzonen auf die Lebenszufriedenheit unterscheiden sich nach den Lebensumständen der betroffenen Personen. Separate Schätzungen zeigen, dass DieselfahrerInnen stärker von verringerter Lebenszufriedenheit betroffen sind als HalterInnen von benzinbetriebenen Fahrzeugen. Dies ist vermutlich auf die strengeren Standards für Dieselfahrzeuge zurückzuführen – und folglich die höhere Wahrscheinlichkeit, von den Fahrbeschränkung direkt betroffen zu sein.¹⁷

Stärkere Effekte auf die Lebenszufriedenheit sind auch bei jüngeren Menschen (unter 65 Jahren) sichtbar, wohingegen die Zufriedenheit von Menschen über 65 Jahren nicht von

¹⁵ Die allgemeine Lebenszufriedenheit der Befragten wird jährlich auf einer Skala von 0 bis 10 erhoben. Die Befragten beantworten die Frage „Wie zufrieden sind Sie gegenwärtig, alles in allem, mit Ihrem Leben?“. Null bedeutet „ganz und gar unzufrieden“, zehn bedeutet „ganz und gar zufrieden“. Der Gesundheitsstatus bestehend aus Diagnosen für spezifische Krankheiten wird jedes zweite Jahr seit 2009 abgefragt.

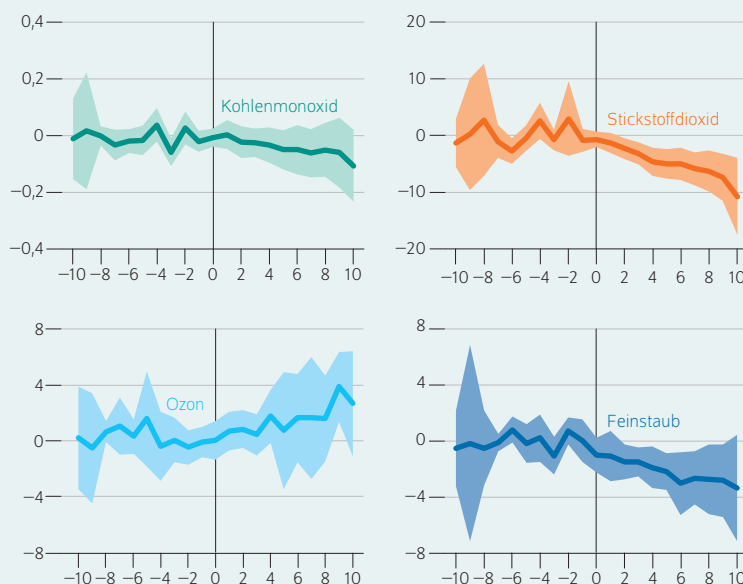
¹⁶ Für Schätzungen des Effekts von Arbeitsplatzverlust auf das Wohlbefinden, vgl. Sonja C. Kassenboehmer und John P. Haisken-DeNew (2009): You're Fired! The Causal Negative Effect of Entry Unemployment on Life Satisfaction. *The Economic Journal*, 119(536), 448–462.

¹⁷ Die tatsächlichen Kosten, die ein Haushalt zur Nachrüstung oder Neubeschaffung von Fahrzeugen aufwenden muss, werden nicht direkt im SOEP erfasst. Diese Kosten sollten sich aber auf das individuelle Wohlbefinden auswirken, da das verfügbare Einkommen sinkt.

Abbildung 3

Dynamische Effekte der Umweltzonen auf Luftschadstoffe

Jährlicher Effekt der Umweltzonen auf einzelne Luftschadstoffe (Kohlenmonoxid in Milligramm pro Kubikmeter, Stickstoffdioxid, Feinstaub und Ozon in Mikrogramm pro Kubikmeter)



Anmerkung: Die horizontale Achse stellt die Jahre vor/nach Einführung einer Umweltzone dar, wobei Null das erste Jahr nach der Einführung ist. Die vertikale Achse zeigt die geschätzten Effekte der Umweltzonen auf die einzelnen Luftschadstoffe: Positive (negative) Werte bedeuten eine Erhöhung (Verringerung) der Schadstoffkonzentration nach Einführung einer Umweltzone. Die Schattierungen geben 95-Prozent-Konfidenzintervalle wieder: Ein Effekt ist statistisch signifikant von Null verschieden (auf Fünf-Prozent-Signifikanzniveau), wenn das Konfidenzintervalle die Nulllinie nicht einschließt.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Umweltbundesamtes von 2005 bis 2018.

© DIW Berlin 2022

Umweltzonen senken Stickstoffdioxid und Feinstaub, aber erhöhen Ozonwerte innerhalb ihrer Grenzen.

den Umweltzonen beeinflusst wird. Das liegt wahrscheinlich am höheren Mobilitätsbedürfnis jüngerer Menschen, die häufiger mit dem Pkw zu einer Arbeitsstelle fahren oder Kinder im Haushalt haben.

Die negativen Folgen für die Lebenszufriedenheit hängen nur schwach mit dem verfügbaren Haushaltseinkommen zusammen, sondern treten fast über die ganze Einkommensverteilung auf. Dies könnte ein Hinweis auf Akzeptanzprobleme der Fahrbeschränkungen sein. Nur für Personen im unteren Viertel der Einkommensverteilung lässt sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang nachweisen. Das könnte daran liegen, dass die Quote des Kraftfahrzeugbesitzes in dieser Bevölkerungsgruppe deutlich niedriger ist als in höheren Einkommensgruppen.

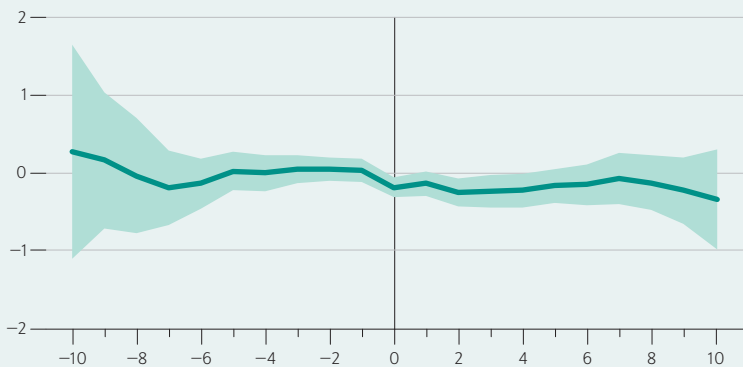
Umweltzonen verringern Wahrscheinlichkeit für Bluthochdruck der AnwohnerInnen

Ergänzend wurden auch die Auswirkungen von Umweltzonen auf die Gesundheit der AnwohnerInnen untersucht. Dabei liegt der Fokus insbesondere auf Bluthochdruck als

Abbildung 4

Dynamische Effekte der Umweltzonen auf die allgemeine Lebenszufriedenheit der AnwohnerInnen

Jährlicher Effekt der Umweltzonen auf die allgemeine Lebenszufriedenheit auf Skala von 0 bis 10



Anmerkung: Die horizontale Achse stellt die Jahre vor/nach Einführung einer Umweltzone dar, wobei Null das erste Jahr nach der Einführung ist. Die vertikale Achse zeigt die geschätzten Effekte auf die Lebenszufriedenheit der AnwohnerInnen der Umweltzone: Positive (negative) Werte bedeuten eine Erhöhung (Verringerung) der Lebenszufriedenheit nach Einführung einer Umweltzone. Die Schattierungen geben 95-Prozent-Konfidenzintervalle wieder. Ein Effekt ist statistisch signifikant von Null verschieden (auf Fünf-Prozent-Signifikanzniveau), wenn das Konfidenzintervall die Nulllinie nicht einschließt.

Quelle: Eigene Berechnungen aus Basis von Daten des Umweltbundesamts und des SOEP v35.

© DIW Berlin 2022

Einführung von Umweltzonen senkt Lebenszufriedenheit ihrer AnwohnerInnen temporär.

Risikofaktor für eine Herz-Kreislauf-Erkrankung.¹⁸ Die Wahrscheinlichkeit, an Bluthochdruck zu erkranken, sinkt nach der Einführung einer Umweltzone um 4,6 Prozent,¹⁹ wobei diese Wahrscheinlichkeit für ältere Menschen zwischen 60 und 80 Jahren sogar um bis zu acht Prozent zurückgeht. Eine eigene Berechnung ergibt außerdem, dass durch die Einführung von Umweltzonen deutschlandweit mindestens 94000 Fälle von Bluthochdruck vermieden werden konnten.²⁰

AnwohnerInnen außerhalb der Umweltzonen auch in Lebenszufriedenheit beeinträchtigt

Da Umweltzonen mit nachteiligen Auswirkungen auf die Ozonwerte in angrenzenden Gebieten verbunden sind, könnten die BewohnerInnen benachbarter Gebiete nicht nur die Kosten der eingeschränkten Mobilität, sondern potenziell auch die gesundheitlichen Kosten durch erhöhte Luftverschmutzung tragen müssen. Um dies zu untersuchen, wurden die Effekte der Zonen auf die Lebenszufriedenheit und die Gesundheit von Personen geschätzt,

18 Die empirische Literatur hat bereits gezeigt, dass Umweltzonen das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen ihrer AnwohnerInnen verringern und unterstützt somit die vorliegenden Ergebnisse, vgl. Shushanik Margaryan (2021), a. a. O. und Nico Pestel und Florian Wozny (2021), a. a. O.

19 Die positiven Gesundheitseffekte sind bereits im ersten Jahr der Politikmaßnahme sichtbar und bleiben auch in späteren Jahren relativ stabil.

20 Vor Einführung der ersten Umweltzonen im Jahr 2008 lag die durchschnittliche Bluthochdruckrate bei 31 Prozentpunkten. Zusammen mit der geschätzten prozentualen Minderung ergibt sich eine Verringerung um 1,4 Prozentpunkte nach Einführung der Zonen. Es wurde angenommen, dass im Jahr 2018 etwa 6,6 Millionen Menschen in einer Umweltzone lebten.

die innerhalb von 25 Kilometern Entfernung rund um die Umweltzone wohnen.

Der negative Effekt auf die allgemeine Lebenszufriedenheit betrifft auch Menschen, die zwar außerhalb, allerdings in der Nähe von Umweltzonen wohnen. Bei ihnen sinkt die Lebenszufriedenheit ähnlich wie bei den AnwohnerInnen der Umweltzonen. Auch Menschen außerhalb der Umweltzonen können von den Fahrbeschränkungen betroffen sein, beispielsweise wenn sie die angrenzende Innenstadt mit Umweltzone befahren wollen oder wenn es zu Verkehrsverlagerungen in benachbarte Gebiete kommt. Im Gegensatz dazu lässt sich kein Einfluss der Zonen auf die Gesundheit dieser Personen feststellen.²¹ Diese Ergebnisse deuten somit darauf hin, dass Menschen, die in der Nähe von Umweltzonen wohnen, die Kosten der eingeschränkten Mobilität tragen, ohne von den gesundheitlichen Vorteilen besserer Luftqualität zu profitieren.

Fazit: Ausgestaltung von Umweltzonen ist verbesserungswürdig

Der Wochenbericht zeigt, dass Umweltzonen wirksam die verkehrsbedingte Luftverschmutzung senken. Dies gilt sowohl für einzelne Schadstoffe als auch bei einer Gesamtbetrachtung ihrer Auswirkungen auf die Luftqualität. Gleichzeitig bestehen auch unbeabsichtigte nachteilige Wirkungen, beispielsweise erhöhte Ozonwerte innerhalb von Umweltzonen und in angrenzenden Gebieten. Politische Entscheidungsträger sollten erwägen, das Design von Umweltzonen anzupassen, um derartige negative Effekte zu minimieren. Mögliche Strategien könnten saisonale Fahrbeschränkungen in den Wintermonaten oder eine Ausweitung des Geltungsbereichs von Umweltzonen sein.

Zudem sollten Maßnahmen entwickelt werden, um den negativen Auswirkungen auf die Lebenszufriedenheit zu begegnen. Eine Option zur Abfederung der Folgen für das Wohlbefinden könnten etwa Informationskampagnen über die gesundheitlichen Vorteile von Umweltzonen sein, die klar erwiesen sind. Diese Informationen zum gesamtgesellschaftlichen Nutzen von umweltpolitischen Maßnahmen könnten sich positiv auf ihre Akzeptanz auswirken. Um den Wechsel vom privaten Pkw zu umweltfreundlichen Alternativen möglichst attraktiv zu gestalten, könnte die Einführung einer Umweltzone mit einer Ausweitung des ÖPNV-Angebots und der Fahrradinfrastruktur einhergehen. Eine weitere Option könnten Transfermechanismen wie Gutscheine für die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln für die AnwohnerInnen oder Vergünstigungen für den Kauf sauberer Fahrzeuge für Härtefälle sein. Die Evidenz in diesem Wochenbericht bleibt nicht zuletzt auch für ähnliche Maßnahmen wie Fahrverbote für Dieselfahrzeuge politisch relevant.

21 Dies deutet darauf hin, dass die nachteiligen Spillover-Effekte der Luftverschmutzung nicht ausreichen, um schädliche gesundheitliche Auswirkungen auszulösen.

UMWELTZONEN

Luis Sarmiento ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des RFF-CMCC European Institute on Economics and the Environment | luis.sarmiento@eiee.org

Nicole Wagner ist Doktorandin in der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt im DIW Berlin | nwaegner@diw.de

Aleksandar Zaklan ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt im DIW Berlin | azaklan@diw.de

JEL: Q53, Q58, I31, I18

Keywords: Low emission zones, air quality, well-being, health, difference-in-differences

This report is also available in an English version as DIW Weekly Report 13/2022:

www.diw.de/diw_weekly



IMPRESSUM



DIW Berlin — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.

Mohrenstraße 58, 10117 Berlin

www.diw.de

Telefon: +49 30 897 89-0 Fax: -200

89. Jahrgang 30. März 2022

Herausgeberinnen und Herausgeber

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

Chefredaktion

Sabine Fiedler

Lektorat

Jana Hamdan

Redaktion

Prof. Dr. Pio Baake; Marten Brehmer; Rebecca Buhner; Claudia Cohnen-Beck;
Dr. Hella Engerer; Petra Jasper; Sebastian Kollmann; Sandra Tubik;
Kristina van Deuverden

Vertrieb

DIW Berlin Leserservice, Postfach 74, 77649 Offenburg

leserservice@diw.de

Telefon: +49 1806 14 00 50 25 (20 Cent pro Anruf)

Gestaltung

Roman Wilhelm, Stefanie Reeg, Eva Kretschmer, DIW Berlin

Umschlagmotiv

© imageBROKER / Steffen Diemer

Satz

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

Druck

USE gGmbH, Berlin

ISSN 0012-1304; ISSN 1860-8787 (online)

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

Abonnieren Sie auch unseren DIW- und/oder Wochenbericht-Newsletter
unter www.diw.de/newsletter