

ZEW policybrief

Dr. Wolfgang Habla (ZEW), Vera Huwe (ZEW) und
Prof. Dr. Martin Kesternich (ZEW und Universität Kassel)

Plädoyer für eine evidenzbasierte Politik in der Debatte um Grenzwerte und Tempolimits

In der aktuellen verkehrspolitischen Debatte zur innerstädtischen Schadstoffbelastung sowie zu Tempolimits auf Autobahnen werden zwischen den Befürwortern einer entsprechenden Maßnahme und deren Gegnern vielfach Argumente ausgetauscht, die einen evidenzbasierten, auf belastbaren Daten und nachweisbaren Fakten beruhenden Beleg schuldig bleiben. Dies führt zu einer zunehmenden Verhärtung der Fronten und ist der politischen Debatte nicht zuträglich.

Debattenübergreifend fallen zwei Aspekte besonders auf: Erstens wird versäumt, der interessierten Öffentlichkeit zu erklären, wie empirische Evidenz zur Beantwortung der obigen Fragestellungen zustande kommt, insbesondere wie sich ein **kausaler Zusammenhang** zwischen einer geplanten Maßnahme (zum Beispiel Tempolimit) und einer Ergebnisgröße (zum Beispiel Unfallzahlen) stichhaltig identifizieren lässt. Zweitens ist die bisweilen sehr aufgeladene Debatte auf wenige Dimensionen verkürzt und verhindert somit eine **umfassende Bewertung** und Abwägung gesellschaftlicher Kosten und den Nutzen möglicher Maßnahmen.

Das vorliegende ZEW policy brief spricht sich dafür aus, sich bei der Bewertung geplanter Maßnahmen und Grenzwerte sorgsamer und differenzierter mit kausalen Wirkungszusammenhängen auseinanderzusetzen sowie dafür, weitere gesellschaftlich relevante Indikatoren zu berücksichtigen.

Verkehrspolitische
Debatten sind
nicht evidenzbasiert
und verkürzt



ZENTRALE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN //

Die aktuelle öffentliche Debatte um Grenzwerte und Tempolimits erfordert eine Auseinandersetzung mit kausalen Wirkungszusammenhängen sowie eine genaue Definition dessen, was durch eine politische Intervention erreicht werden soll. Die Erreichung dieser Zielsetzungen erfordert:

- die Erstellung empirischer Studien mit einer klaren Identifikation kausaler Effekte. Dazu benötigt die Forschung Daten in besserer Qualität und Quantität als sie derzeit vorliegen. Dabei muss selbstverständlich sichergestellt werden, dass sensible Daten hinlänglich anonymisiert werden und keine Rückschlüsse auf einzelne Individuen oder Haushalte möglich sind.
- eine genaue Definition der gesellschaftlichen Zielfunktion und der zu beachtenden Nebenbedingungen. Nur wenn Klarheit und gesellschaftlicher Konsens über die zu maximierende Zielfunktion und die zu beachtenden Nebenbedingungen bestehen, können geeignete Politikinstrumente zur Erreichung dieser Ziele ausgewählt werden.

VERSACHLICHUNG DER AKTUELLEN VERKEHRSPOLITISCHEN DEBATTE ERFORDERLICH

Emotionale Grundsatzdebatten beherrschen die verkehrspolitische Diskussion

Verfolgt man die aktuelle verkehrspolitische Debatte zur innerstädtischen Schadstoffbelastung durch Stickoxide (NO_x) und Feinstaub (PM) sowie zu Tempolimits auf Autobahnen aufmerksam, so stellt man fest, dass zwischen den jeweiligen Befürwortern einer entsprechenden Maßnahme und deren Gegnern Argumente ausgetauscht werden, die in vielen Fällen einen evidenzbasierten, also auf Daten und nachweisbaren Fakten beruhenden Beleg schuldig bleiben. Dies führt zu einer zunehmenden Verhärtung der Fronten und ist der politischen Debatte nicht zuträglich. Beispiel lokale Luftschadstoffe: Wurde zunächst hauptsächlich über die Wahl geeigneter Politikinstrumente wie Fahrverbote oder City-Mautsysteme zur Reduktion der Luftverschmutzung in Städten diskutiert (siehe zum Beispiel Achtnicht et al., 2018), dominiert derzeit eine Grundsatzdebatte über die Angemessenheit von Schadstoffgrenzwerten die Schlagzeilen. Die einen pochen auf die Einhaltung der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Grenzwerte – welche im Falle von Stickoxiden Eingang in die EU-Gesetzgebung gefunden haben, bei Feinstaub jedoch deutlich strikter als aktuelle EU-Grenzwerte sind – und sehen deren Legitimation nicht zuletzt durch die Ergebnisse epidemiologischer Langzeitstudien gestärkt (für einen Überblick siehe zum Beispiel Hoek et al., 2013). Die anderen, darunter eine kleine Gruppe an Lungenfachärzten, sehen keine wissenschaftliche Begründung für die geltenden Grenzwerte und fordern eine Neubewertung der den EU-Richtlinien zugrundeliegenden Studien. In Bezug auf ein mögliches Tempolimit auf Autobahnen führen die Befürworter neben den positiven Umweltwirkungen die Reduktion der Unfallzahlen an, während Kritiker das CO₂-Einsparpotenzial als gering erachten und einen Zusammenhang zwischen allgemeiner Geschwindigkeitsbegrenzung und Verkehrssicherheit anzweifeln.

Debattenübergreifend fallen zwei Aspekte besonders auf: Erstens wird versäumt, der interessierten Öffentlichkeit zu erklären, wie empirische Evidenz zur Beantwortung der obigen Fragestellungen zustande kommt, insbesondere wie sich ein **kausaler Zusammenhang** zwischen einer geplanten Maßnahme (zum Beispiel Tempolimit) und einer Ergebnisgröße (zum Beispiel Unfallzahlen) stichhaltig identifizieren lässt. Dies hat zur Folge, dass sich die vertretenen Positionen in der Diskussion auch ohne Verweis auf kausale Evidenz festigen lassen und es der interessierten Öffentlichkeit damit schwerfällt, die verschiedenen Positionen einer sinnvollen Bewertung zu unterziehen. Dabei wäre eine sorgsame Kommunikation und Interpretation wissenschaftlicher Ergebnisse ebenso wie die Kenntnisnahme ihrer Grenzen von wesentlicher Bedeutung für eine ergebnisoffene Diskussion. Zweitens ist die bisweilen sehr aufgeladene Debatte auf wenige Dimensionen verkürzt und verhindert somit eine **umfassende Bewertung** und Abwägung gesellschaftlicher Kosten und Nutzen möglicher Maßnahmen. Beispielsweise konzentriert sich die Diskussion bezüglich Schadstoffbelastung ausschließlich auf deren Effekte auf Krankheitshäufigkeit und Sterblichkeit, wohingegen Auswirkungen auf körperliche und kognitive Leistungsfähigkeit sowie Bildungserfolg aktuell keine Berücksichtigung finden.

Versachlichung der Diskussion ist überfällig

Das vorliegende ZEW policy brief will nicht Partei ergreifen, sondern zu einer Versachlichung der Diskussion beitragen. Es fordert zu einer sorgsameren und differenzierteren Auseinandersetzung mit kausalen Wirkungszusammenhängen auf sowie zu einer stärkeren Berücksichtigung weiterer gesellschaftlich relevanter Indikatoren bei der Bewertung geplanter Maßnahmen oder Grenzwerte.

KAUSALE WIRKUNGSZUSAMMENHÄNGE SORGSAM UND DIFFERENZIIERT BETRACHTEN

Allgemein gilt, dass Politikmaßnahmen möglichst evidenzbasiert sein sollten, das heißt, ihre Wirksamkeit sollte nachweisbar sein. Im verkehrspolitischen Diskurs fällt auf, dass dem Verweis auf die zugrundeliegende empirische Evidenz häufig nicht die erforderliche Sorgfalt beigemessen wird. Möglicherweise ist dies so, weil der kausale Nachweis oft nicht leicht zu erbringen ist. Der Grund dafür ist, dass ein beobachteter Zusammenhang zwischen zwei Variablen nicht zwangsläufig kausal sein muss, sondern auch durch andere Faktoren hervorgerufen werden kann. Während Korrelation einen bloßen Zusammenhang zwischen zwei Variablen beschreibt, erlaubt Kausalität eine ursächliche Zuschreibung. Ein Beispiel: In der Debatte zum Einfluss lokaler Luftverschmutzung auf die Gesundheit werden manchmal Personengruppen zum Vergleich herangezogen, die ungleich nah an verkehrsreichen Straßen wohnen und somit einem unterschiedlichen Niveau an lokaler Luftverschmutzung ausgesetzt sind. Ein etwaiger Unterschied in deren Gesundheitszustand wird nun rasch der Schadstoffbelastung zugeschrieben. Doch liegt es nahe, dass sich beide Gruppen systematisch voneinander unterscheiden. Da die Luftqualität Haus- und Mietpreise beeinflusst, wählen einkommensschwächere Haushalte, wahrscheinlich weitestgehend unfreiwillig, eher günstigere Wohnungen in der Nähe von verkehrsreichen Straßen und sind somit einem höheren Niveau an lokaler Luftverschmutzung ausgesetzt (Chay und Greenstone, 2005). Noch dazu hat das Einkommen selbst direkt einen Einfluss auf den Gesundheitszustand, da sich einkommensstärkere Haushalte einen gesünderen Lebensstil leisten können und möglicherweise besser über Gesundheitsrisiken informiert sind (Lampert et al., 2013). Der Effekt der höheren Schadstoffbelastung lässt sich also nicht klar von den Effekten anderer Faktoren, die ebenfalls die Gesundheit beeinflussen, trennen. Das impliziert natürlich nicht, dass eine verkehrsbedingte Schadstoffbelastung keinerlei Einfluss auf die Gesundheit hat, doch erlaubt dieser einfache Vergleich noch keine kausale Aussage.

Um die Auswirkung einer Belastung oder einer Maßnahme auf eine Ergebnisgröße klar identifizieren zu können, möchte man idealerweise eine Person in zwei Zuständen beobachten, einmal ohne und einmal mit Belastung beziehungsweise Maßnahme. Im obigen Beispiel würde man dieselbe Person gerne in zwei Wohnsituationen studieren, einmal nah an einer verkehrsreichen Straße, ein anderes Mal in einer verkehrsberuhigten Zone. Das ist natürlich nicht möglich. Einer der beiden Zustände bleibt immer kontrafaktisch und somit nicht beobachtbar. Dies stellt das fundamentale Identifikationsproblem der kausalen Analyse dar. Dennoch wurde über die Jahre ein wissenschaftliches Instrumentarium entwickelt, welches es in bestimmten Situationen erlaubt, kausale Beziehungen zu identifizieren (siehe z.B. Kugler et al., 2014). Die Grundidee der verschiedenen ökonometrischen Methoden zur Evaluierung kausaler Effekte besteht darin, zwei Gruppen miteinander zu vergleichen, die sich ausschließlich darin unterscheiden, wie stark sie lokaler Schadstoffbelastung ausgesetzt sind (man spricht auch von „exogener Variation“). Die Gruppenzuteilung muss dabei unabhängig von allen Faktoren sein, die mit der interessierenden Ergebnisgröße zusammenhängen. Man benutzt also eine anderweitig identische Gruppe, die keiner Schadstoffbelastung ausgesetzt ist („Kontrollgruppe“), um die kontrafaktische Situation der Gruppe mit Schadstoffbelastung („Interventionsgruppe“) abzubilden. Vergleicht man dann die interessierende Ergebnisgröße zwischen diesen Gruppen, kann die Differenz in der Ergebnisgröße ursächlich der unterschiedlichen Belastung zugeschrieben werden.

Doch wie lassen sich solche statistisch identischen Gruppen identifizieren? In der medizinischen Forschung sind kontrollierte Experimente üblich, bei denen Individuen zufällig in eine Kontrollgruppe und eine Interventionsgruppe eingeteilt werden („Randomisierung“). Die zufällige Zuteilung stellt bei ausreichend großer Gruppengröße sicher, dass Unterschiede zwischen den Gruppen

**Politikmaßnahmen
auf nachgewiesene
Wirksamkeit stützen**

**Wissenschaftliche
Methoden zur
Identifizierung von
Kausalität**

nicht systematisch sind, das heißt, dass sich Teilnehmende nicht auf Grund gewisser Charakteristika, insbesondere solcher, die mit der Ergebnisgröße in Verbindung stehen, in eine der beiden Gruppen selektiert haben. Auch die wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Forschung bedient sich seit einiger Zeit der experimentellen Methode. Während eine zufällige Einteilung im Labor ohne weiteres möglich ist, ist dies in der realen Welt häufig aus rechtlichen, ethischen oder schlicht praktischen Gründen nicht möglich. Das gilt insbesondere bei Fragestellungen zu Gesundheitswirkungen von Luftschadstoffen. Doch auch mit nicht-experimentellen Daten gelingt es manchmal, eine zufällige Gruppenzuteilung zu erreichen. In der ökonomischen Literatur finden sich einige Studien, die kurzfristige Änderungen in den wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen oder eine natürlich erzeugte Variation des Niveaus lokaler Luftschadstoffe (zum Beispiel durch Wetter oder Windrichtung) nutzen, um kausale Effekte auf die menschliche Gesundheit zu untersuchen. Im Folgenden sollen nun einerseits einige wichtige Befunde kurz dargestellt und andererseits aufgezeigt werden, wie sich kausale Effekte außerhalb des Labors identifizieren lassen. Zu beachten ist, dass in den angeführten Studien nicht immer notwendigerweise verkehrsbedingte Luftverschmutzung untersucht wird. Allerdings handelt es sich bei den untersuchten Schadstoffen um Stoffe, die auch durch Verkehr verursacht werden.

Studien nutzen unter anderem Änderungen der wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen zum Nachweis kausaler Effekte von Luftschadstoffen

Studien legen Effekte auf Sterblichkeit und Krankheitshäufigkeit nahe

Chay und Greenstone (2003) untersuchen den Effekt von Feinstaub und Schwebstoffen mit einer Größe von maximal 40 Mikrometer (μm) auf die Sterblichkeit von Säuglingen. Dabei nutzen sie die exogene Variation in der Konzentration von Feinstaub zwischen verschiedenen Verwaltungsbezirken in den USA, welche unterschiedlich stark von der Rezession in den Jahren 1981-1982 betroffen waren. Der Vergleich von Bezirken, die ähnlichen rezessionsbedingten Einkommenschocks ausgesetzt waren, sich aber in ihrer Industriestruktur und damit dem Effekt der Rezession auf die Luftverschmutzung unterscheiden, zeigt, dass eine Reduktion der Feinstaubkonzentration um ein Mikrogramm pro Kubikmeter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) die Zahl der Todesfälle bei Säuglingen um vier bis sieben pro 100.000 Säuglinge reduzierte. Für die beobachtete Population und den beobachteten Zeitraum sind damit etwa 2.500 Säuglinge weniger verstorben als bei konstant hoher Wirtschaftsleistung beziehungsweise Luftverschmutzung.

Currie und Neidell (2005) weiten die obige Fragestellung auf weitere Luftschadstoffe wie Kohlenmonoxid (CO), Ozon (O_3) und Feinstaub mit einer Größe von bis zu 10 μm (PM_{10}) aus. Ihr empirischer Ansatz nutzt die Variation der wöchentlichen Schadstoffkonzentration innerhalb eng abgesteckter Regionen und berücksichtigt dabei sowohl saisonale Schwankungen als auch jährliche Trends. Demnach hat vor allem die Reduktion von CO in den 1990er Jahren in Kalifornien zu etwa 1.000 Todesfällen bei Säuglingen weniger geführt. Da jedoch CO und PM_{10} stark miteinander korreliert sind, ist nicht auszuschließen, dass der gefundene Effekt zumindest teilweise auf PM_{10} zurückzuführen ist. Currie et al. (2009) bestätigen eine erhöhte Sterblichkeit sowie negative Gesundheitseffekte von CO bei Säuglingen.

In einer weiteren Studie zeigen Schlenker und Walker (2016) negative Gesundheitseffekte von CO aus dem Flugverkehr auf Anwohner an den zwölf größten kalifornischen Flughäfen, indem sie zufällige Variationen in den Staus auf dem Rollfeld, welche die CO-Emissionen am Boden im Vergleich zum Normalbetrieb deutlich erhöhen, nutzen.

Knittel et al. (2016) analysieren den Zusammenhang zwischen verkehrsbedingter Luftverschmutzung und Gesundheitseffekten in Kalifornien. Dabei nutzen sie die Interaktion von lokalen Wetterbedingungen und dem Verkehrsfluss auf Postleitzahlebene. Es zeigen sich insbesondere negative Effekte von PM_{10} auf Frühgeborene und Säuglinge mit geringem Geburtsgewicht. Eine

aktuelle Studie von Deryugina et al. (2018) nutzt zufällige tägliche Änderungen der Windrichtung, um für die Gruppe der über 65-Jährigen den kausalen Effekt von Feinstaub mit einer Größe von bis zu $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) auf die Sterblichkeit zu bestimmen. Zudem werden in der Studie mit Hilfe von Machine Learning-Methoden die durch die Schadstoffbelastung verlorenen Lebensjahre berechnet. Dieses Maß kann als aussagekräftiger angesehen werden als der Effekt auf die Sterblichkeit, weil bei letzterer nicht berücksichtigt wird, um wie viele Tage der Tod früher eintrat. Ein zentrales Ergebnis dieser Studie ist, dass schon ein eintägiger Anstieg in der Feinstaubbelastung um ein $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu 0,61 zusätzlichen Todesfällen pro einer Million älterer Menschen an diesem Tag und den beiden folgenden Tagen führt. Bezogen auf die durchschnittliche landesweite Reduktion der $\text{PM}_{2.5}$ -Konzentration um $3,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Zeitraum zwischen 1999 und 2011 bedeutet dies eine Verringerung der Todesfälle älterer Menschen um 55.000 und den Gewinn von 150.000 Lebensjahren, jeweils pro Jahr. Im Hinblick auf Stickstoffoxide (NO_x) aus industriellen Quellen nutzen Deschênes et al. (2017) die quasi-experimentelle Variation aus einem NO_x -Handelssystem, welches nur in einigen US-Bundesstaaten eingeführt wurde. Sie untersuchen anhand dieses Ansatzes den kausalen Effekt einer Verringerung der NO_x -Belastung unter anderem auf die Sterblichkeit. Ein Hauptergebnis der Studie ist, dass gegenüber den Bundesstaaten ohne Beschränkung während der Sommermonate in den Bundesstaaten, in denen Beschränkungen durch das Handelssystem galten, insgesamt 1.975 vorzeitige Todesfälle weniger eintraten.

Doch nicht nur aus den USA gibt es Evidenz für einen negativen kausalen Zusammenhang zwischen lokaler Luftverschmutzung und Gesundheitseffekten. He et al. (2015) nutzen in ihrer quasi-experimentellen Studie die Tatsache aus, dass während der Olympischen Spiele in China im Jahr 2008 aufgrund des Drucks der internationalen Gemeinschaft kurzfristig streng überwachte Luftverbesserungsmaßnahmen zu einer erheblichen Reduktion lokaler Luftverschmutzung, zum Beispiel durch vorübergehende Verkehrssteuerung oder die Nachrüstung von Kohlekraftwerken an den Austragungsorten, führten. Die Studie zeigt, dass der Rückgang der Belastung durch PM_{10} nachweislich zu einem erheblichen Rückgang der Sterblichkeit geführt hat, insbesondere durch eine Reduktion von Herz- und Atemwegserkrankungen sowie von Erkrankungen, welche die Blutgefäße des Gehirns betreffen. Demnach verringerte eine Reduktion der PM_{10} -Konzentration von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (etwa 10%) die Anzahl der Todesfälle um durchschnittlich 2,4 pro 100.000 Personen pro Monat. Das entspricht einer relativen Reduktion um 6,6% im Vergleich zum Durchschnitt.

Ebenfalls anhand chinesischer Daten zeigen Chen et al. (2013) einen signifikanten lebenszeitverkürzenden Effekt lokaler Luftverschmutzung für Menschen, die dieser über einen längeren Zeitraum hinweg ausgesetzt waren. Dabei machen sich die Autoren zu Nutze, dass ein von der chinesischen Regierung im Zeitraum von 1950 bis 1980 aufgelegtes Programm zur kostenlosen Bereitstellung von Brennkohle nur Haushalten in bestimmten geographischen Regionen zur Verfügung stand. Aufgrund von eingeschränkten finanziellen Mitteln für das Programm wurde der Huai-Fluss zu einer zufälligen Grenze, sodass Menschen nördlich des Flusses kostenlos Kohle erhielten, Menschen im Süden des Flusses jedoch nicht. Gleichzeitig führte das Registrierungssystem „hukou“ zu stark eingeschränkter Mobilität zwischen Nord und Süd, sodass niemand in die bevorzugte Behandlung wechseln konnte. Da die Verbrennung von Kohle zu einem hohen Ausstoß an lokalen Luftschadstoffen führt, waren die beiden Gruppen infolgedessen über einen langen Zeitraum hinweg unterschiedlich starken Schadstoffbelastungen ausgesetzt. So lag die Konzentration von Feinstaub und Schwebstoffen im Norden um 55% über den Messwerten im Süden. Gemäß der Studie haben die 500 Millionen Bewohner im Norden Chinas dadurch in den 1990er Jahren insgesamt 2,5 Milliarden Lebensjahre, also fünf Lebensjahre pro Person, verloren.

Auch für Deutschland gibt es erste empirische Evidenz für den kausalen Zusammenhang zwischen Luftschadstoffen und Gesundheit. Bauernschuster et al. (2017) nutzen Streiks im öffentlichen Nahverkehr als exogene Variation, um den Effekt des urbanen Verkehrsaufkommens unter ande-

Messbare Effekte für kurz- und langfristige Belastung

Empirische Evidenz auch für Deutschland

rem auf die lokale Luftverschmutzung zu testen. Anhand der Analyse auf Basis von 71 eintägigen Streiks in Berlin, Hamburg, München, Köln und Frankfurt zwischen 2002 und 2011 zeigt sich, dass die PM₁₀-Konzentration bedingt durch das höhere Aufkommen an mobilisiertem Individualverkehr an Streiktagen um 14% stieg, während gleichzeitig die Stickstoffdioxidemissionen um 4% zunahmen. Dies führte an diesen Tagen zu einem Anstieg von Krankenhausaufenthalten von Kindern aufgrund von Atemwegsbeschwerden um 11%. Insgesamt sind also bereits einige Studien mit kausaler Identifikation aus verschiedenen Ländern verfügbar, die kurz- und mittelfristige Effekte von Luftschadstoffen auf die Gesundheit und Sterblichkeit nahe legen.

Vergleiche mit anderen Ländern lassen keine Rückschlüsse auf kausale Effekte von Tempolimits zu

**Internationale
Vergleiche von
Tempolimits
irreführend**

Auch bei der Debatte um Tempolimits und Verkehrssicherheit, gemessen an der Anzahl der Verkehrsunfälle und Unfalltoten, fehlt der Nachweis kausaler Zusammenhänge. So begründen beispielsweise manche Automobilverbände ihre Zweifel am Zusammenhang zwischen allgemeiner Geschwindigkeitsbeschränkung und Verkehrssicherheit mit dem Verweis auf Länder, in denen zwar ein Tempolimit besteht (zum Beispiel Belgien, Österreich, USA), die Verkehrssicherheit aber nicht höher (oder sogar niedriger) sei als in Deutschland. Solche internationalen Vergleiche sind jedoch irreführend, da sich andere Länder hinsichtlich einer Vielzahl an Faktoren, die einen direkten Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben, von Deutschland unterscheiden können. So hängt die Zahl der Verkehrsunfälle zum Beispiel von der Qualität der Fahrausbildung, der Fahrerfahrung, welche sich in demographischen Kennziffern widerspiegelt, sowie den Straßen- und Wetterbedingungen im jeweiligen Land ab. Außerdem spielt die modell- und altersmäßige Zusammensetzung der Fahrzeugflotte eine Rolle. Kleinwagen schützen möglicherweise weniger stark vor tödlichen Unfällen als ein Oberklassefahrzeug. Ohne die Berücksichtigung entsprechender nationaler Unterschiede ist der Vergleich von Ländern mit und ohne Tempolimit nicht kausal interpretierbar. Ebenso ist der innerdeutsche Vergleich von Streckenabschnitten mit und ohne Tempobeschränkung nicht zielführend, da die bestehenden Tempobeschränkungen, die aktuell ungefähr 30% aller Autobahnkilometer umfassen, gerade dort eingeführt wurden, wo sich in der Vergangenheit bereits viele Unfälle ereignet haben. Unterscheiden sich jedoch die verglichenen Abschnitte hinsichtlich ihres inhärenten Unfallrisikos systematisch voneinander, eignen sie sich nicht für einen kontrafaktischen Vergleich. Auch bei Vorher-Nachher-Vergleichen bestimmter Streckenabschnitte, auf denen ein Tempolimit eingeführt wurde, sollte man Sorgfalt walten lassen. So ist die Reduktion von Unfällen nicht ausschließlich auf das eingeführte Tempolimit zurückzuführen, wenn die Wahrscheinlichkeit für Unfälle durch andere Faktoren ebenfalls gesenkt wurde, z.B. durch einen allgemeinen Rückgang des Verkehrs auf der Strecke oder durch verkehrsorganisatorische Maßnahmen wie Umleitungen oder Baustellen (Schmallowsky et al., 2007).

**Aussagekräftige Studie
zu Tempolimits wäre
mit relativ geringem
finanziellem Aufwand
machbar**

Wie sähe also die optimale Studie aus, die den kausalen Effekt eines Tempolimits auf die Verkehrssicherheit identifizieren könnte? Im Rahmen eines randomisierten Feldexperiments müsste eine hinreichend große Anzahl an zufällig ausgewählten Streckenabschnitten auf Autobahnen über einen längeren Zeitraum (bestenfalls ein ganzes Jahr, um für die witterungsbedingten Effekte aller Jahreszeiten kontrollieren zu können) einem temporären Tempolimit unterworfen werden. Um die optimale Höhe des Tempolimits bestimmen zu können, sollten die eingeführten Geschwindigkeitsbeschränkungen variieren (z.B. 100, 120 und 140 km/h). Der Vergleich der regulierten Streckenabschnitte (Interventionsgruppe) mit den nichtregulierten Abschnitten (Kontrollgruppe) lässt unter der Annahme, dass die Entwicklung der Verkehrssicherheit in beiden Gruppen ohne Intervention vergleichbar gewesen wäre, kausale Rückschlüsse zu. Eine solche Studie wäre mit relativ niedrigem finanziellem Aufwand umsetzbar.

Weniger einfach gestaltet sich die Identifikation kausaler Effekte im Hinblick auf das durch ein Tempolimit zu erwartende CO₂-Einsparpotenzial: Modellrechnungen auf Basis des physikalischen Zusammenhangs zwischen Geschwindigkeit und Spritverbrauch lassen zwar für eine bestimmte Fahrzeugflotte recht genaue Prognosen bzgl. des CO₂-Einsparpotenzials zu, beruhen jedoch auf einer ungewissen Annahme darüber, wie viele Verkehrsteilnehmer sich tatsächlich an das Tempolimit halten. Dieses Problem könnte ein feldexperimenteller Ansatz umgehen, der sich jedoch auf Grund der Schwierigkeit, den genauen Spritverbrauch aller betroffenen Fahrzeuge zu beobachten, auch in Zukunft wohl kaum umsetzen lassen wird.

WEITERE ÖKONOMISCHE INDIKATOREN IN DIE ANALYSE EINBEZIEHEN

Neben der mangelnden Sorgfalt bei der Kommunikation und Interpretation wissenschaftlicher Ergebnisse greift die aktuelle verkehrspolitische Diskussion auch thematisch vielfach zu kurz. Die Diskussion über lokale Luftverschmutzung konzentriert sich bisher in erster Linie auf deren Einfluss auf Erkrankungen und Sterblichkeit, die Debatte über Tempolimits dreht sich nahezu ausschließlich um das CO₂-Einsparpotenzial und die Verkehrssicherheit. Diese reduzierte Betrachtungsweise verkennt allerdings die Bedeutung weiterer, ökonomisch relevanter Dimensionen.

So stellten in den vergangenen Jahren mehrere Studien einen negativen kausalen Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung (in Form von Feinstaub und/oder Ozon) und individueller Leistungsfähigkeit fest. Ein solcher Zusammenhang wurde beispielsweise bei Erntehelfern (Graff Zivin und Neidell, 2012) oder Fabrikarbeitern in Kalifornien (Chang et al., 2016), Call-Center-Mitarbeitern in China (Chang et al., 2019) sowie bei Profi-Fußballspielern in der deutschen Bundesliga (Lichter et al., 2017) und Profi-Schiedsrichtern der amerikanischen Baseball-Liga (Archsmith et al., 2018) nachgewiesen. Diese Studien kommen einhellig zu dem Schluss, dass die körperliche Leistungsfähigkeit und damit die Produktivität an Tagen beziehungsweise in Stunden mit hoher lokaler Luftverschmutzung statistisch signifikant zurückgehen. Allerdings beschränken sich diese Studien auf körperliche Tätigkeiten oder Tätigkeiten mit relativ geringen kognitiven Anforderungen, wohingegen ein großer Teil der ökonomischen Leistung in urbanen, industrialisierten Gesellschaften auf kognitiv anspruchsvollen Tätigkeiten basiert.

Des Weiteren schlägt sich Luftverschmutzung schon bei geringer Belastung negativ in Bildungsergebnissen nieder. So erzielten Schüler/-innen in Israel an Tagen mit hoher Feinstaubbelastung in Abschlussprüfungen signifikant schlechtere Testergebnisse (Ebenstein et al., 2016). Noch beruhigender als der kurzfristige Effekt auf die Testergebnisse dürfte allerdings die Tatsache sein, dass sich die höhere Luftverschmutzung an den Prüfungstagen sogar langfristig negativ im späteren Arbeitseinkommen der Schüler/-innen bemerkbar machte. Während die Studie von Ebenstein et al. (2016) die Auswirkungen kurzfristiger Belastung an bestimmten Tagen misst, zeigen Heissel et al. (2019) erstmalig einen signifikanten negativen Effekt auf Bildungserfolg, wenn die Luftqualität an Schulen auf Grund der Nähe zu einer Autobahn oder einer vielbefahrenen Straße über einen längeren Zeitraum hinweg schlecht ist. Dieses Ergebnis ist von zentraler Bedeutung, da der schulische Bildungserfolg den Grundstein für die späteren Chancen auf dem Arbeitsmarkt und somit für das Arbeitseinkommen legt. Darüber hinaus ist dieses Ergebnis relevant für Entwicklungen der sozialen Mobilität und Einkommensungleichheit: Sofern Kinder aus einkommensschwächeren Haushalten höheren Belastungen ausgesetzt sind, weil sie zum Beispiel in Vierteln wohnen oder zur Schule gehen, in denen die Luftverschmutzung tendenziell höher ist, wird soziale Mobilität erschwert und langfristige Lohnungleichheit verstärkt (vgl. Roth, 2017). Diese Effekte sind bereits für Werte, die teilweise deutlich unter den aktuellen Grenzwerten liegen, nachweisbar. Entsprechende ökonomische Verluste aus verringerter Produktivität und geringerem

**Luftverschmutzung
beeinträchtigt
individuelle Leistungs-
fähigkeit**

**Luftverschmutzung
schlägt sich negativ in
Bildungsergebnissen
nieder**

**Gesamtheit von
Kosten und Nutzen von
Tempolimits beziffern**

Bildungserfolg sind also möglicherweise weitreichend und sollten in der Grenzwertdebatte dringend berücksichtigt werden (vgl. auch Graff Zivin und Neidell, 2018).

Im Falle von Geschwindigkeitsbegrenzungen sollte eine umfassende Analyse, anstatt sich einseitig auf CO₂-Reduktion und Verkehrssicherheit zu konzentrieren, die Gesamtheit der damit verbundenen privaten und gesellschaftlichen Kosten sowie des Nutzens berücksichtigen. Gelingt es, Kosten und Nutzen insgesamt zu beziffern, lässt sich eine für die Gesellschaft optimale Geschwindigkeit bestimmen, die als Obergrenze festgeschrieben werden sollte. Ein Beispiel für private Kosten stellen Spritkosten dar, während die durch eine höhere erlaubte Geschwindigkeit gewonnene Zeitersparnis einen privaten Nutzen abbildet. Die Kosten von Unfällen (Tod, Verletzungen, Sachschäden) sind je nach Geschädigtem den privaten oder gesellschaftlichen Kosten zuzurechnen. Auf Seiten der gesellschaftlichen Kosten fallen weitere durch das verursachende Individuum nicht wahrgenommene, aber auf andere übertragene („externe“) Kosten an, beispielsweise durch lokale Luftverschmutzung, Lärm oder CO₂-Emissionen. Die Studie von van Benthem (2015) ist die einzige aktuell vorliegende, die dies für einige Bundesstaaten der USA mittels eines quasi-experimentellen Ansatzes durchführt. Dabei nutzt der Autor die durch die partielle Anhebung des allgemeinen Tempolimits auf einigen, relativ zufällig ausgewählten Streckenabschnitten erzeugte Variation an erlaubten Höchstgeschwindigkeiten. Für den untersuchten zeitlichen und geographischen Raum (1980er und 90er Jahre, Westen der USA) kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass die optimale Geschwindigkeit bei etwas unter 55 Meilen pro Stunde (etwa 89 km/h) liegt und die Anhebung auf 65 Meilen pro Stunde (105 km/h) unter Berücksichtigung aller privaten und gesellschaftlichen Effekte größere Kosten als Nutzen verursachte und somit nicht optimal war. Da sich Kosten und Nutzen möglicherweise länderspezifisch unterscheiden, ist das Ergebnis jedoch nicht ohne weiteres auf Deutschland übertragbar.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Die aktuelle öffentliche Debatte um Grenzwerte und Tempolimits bleibt in vielen Fällen einen evidenzbasierten Beleg schuldig. Das vorliegende ZEW policy brief fordert zu einer sorgsameren und differenzierteren Auseinandersetzung mit kausalen Wirkungszusammenhängen auf. Damit stellt sich gleichzeitig die Frage, was aus wissenschaftlicher Perspektive gerade auch in Deutschland wichtig ist, um in Zukunft empirische Studien mit einer klaren Identifikation kausaler Effekte durchführen zu können. Die folgenden beiden Punkte sind hier zu nennen:

**Datenverfügbarkeit
verbessern**

Erstens reicht die aktuelle Datenverfügbarkeit für eine sorgsame wissenschaftliche Analyse häufig nicht aus. Insofern ist es dringend nötig, Daten in besserer Qualität und Quantität zusammenzutragen und der Forschung zur Verfügung zu stellen. So wäre es beispielsweise hilfreich, Luftverschmutzungsdaten nicht nur an wenigen ausgewählten Standorten in einer Stadt zu sammeln, sondern ein breites Netz an zufällig verteilten Messstationen aufzubauen. Diese Messdaten sollten dann möglichst in Echtzeit öffentlich zugänglich gemacht werden. Des Weiteren sollte eine Diskussion zur Verfügbarkeit von Langzeitdaten zum Gesundheitszustand von Personen zur wissenschaftlichen Analyse, selbstverständlich im Einklang mit den datenschutzrechtlichen Bestimmungen, initiiert werden. Dazu gehört insbesondere auch eine Diskussion zur Georeferenzierung sowie zur Verknüpfung mit weiteren sozioökonomischen Merkmalen. Selbstverständlich muss sichergestellt werden, dass sensible Daten hinlänglich anonymisiert werden und keine Rückschlüsse auf einzelne Individuen oder Haushalte möglich sind.

**Ziele politischer
Intervention
genau definieren**

Zweitens fehlt in der gesellschaftlichen Debatte um Grenzwerte und Fahrverbote häufig eine genaue Definition der gesellschaftlichen Zielfunktion und der bei der Maximierung dieser Funktion zu beachtenden Nebenbedingungen. Was genau soll überhaupt durch eine politische Intervention erreicht werden? Im Verkehr gibt es viele Dimensionen, die gesellschaftlich relevant erschei-

nen, beispielsweise eine Reduktion von Unfällen, eine bessere Umweltverträglichkeit des Verkehrs durch weniger Schadstoffausstoß und weniger Lärm oder eine Verringerung der im Stau verbrachten Zeit. Eine mögliche Nebenbedingung besteht in der Reduzierung negativer Beschäftigungseffekte durch bestimmte Regulierungsmaßnahmen. Nur wenn Klarheit und gesellschaftlicher Konsens über die zu maximierende Zielfunktion und die zu beachtenden Nebenbedingungen besteht, können geeignete Politikinstrumente zur Erreichung dieser Ziele ausgewählt werden.

LITERATURANGABEN

- Achtnicht, M., M. Kesternich, und B. Sturm (2018) „Die “Diesel-Debatte”: ökonomische Handlungsempfehlungen an die Politik.“ *Wirtschaftsdienst* 98(8), 574-577.
- Archsmith, J., A. Heyes, und S. 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.
- Bauernschuster, S., T. Hener, und H. Rainer. (2017). „When Labor Disputes Bring Cities to a Standstill: The Impact of Public Transit Strikes on Traffic, Accidents, Air Pollution and Health.” *American Economic Journal: Economic Policy* 9(1), 1-37.
- Chang, T., J. Graff Zivin, T. Gross, und M. Neidell (2016). „Particulate Pollution and the Productivity of Pear Packers.” *American Economic Journal: Economic Policy* 8(3), 141-169.
- Chang, T., J. Graff Zivin, T. Gross, und M. Neidell (2019). „The Effect of Pollution on Worker Productivity: Evidence from Call Center Workers in China.” *American Economic Journal: Applied Economics* 11(1), 151-172.
- Chay, K., und M. 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.
- Chay, K., und M. Greenstone (2005). „Does Air Quality Matter? Evidence from the Housing Market.” *Journal of Political Economy* 113 (2), 376-424.
- Chen, Y., A. Ebenstein, M. Greenstone, und H. Li (2013). „Evidence on the Impact of Sustained Exposure to Air Pollution on Life Expectancy from China’s Huai River Policy.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110 (32), 12936-12941.
- Currie, J., und M. Neidell (2005). „Air Pollution and Infant Health: What Can We Learn From California’s Recent Experience.” *The Quarterly Journal of Economics* 120(3), 1003-1030.
- Currie, J., M. Neidell, und J. F. Schmieder (2009). „Air Pollution and Infant Health: Lessons from New Jersey.” *Journal of Health Economics* 28(3), 688-703.
- Deryugina, T., G. Heutel, N. Miller, D. Molitor und J. Reif (2018). „The Mortality and Medical Cost of Air Pollution: Evidence from Changes in Wind Direction.” *NBER Working Paper Series No 22796*.
- Deschênes, O., Greenstone, M., und J. S. Shapiro (2017). „Defensive Investments and the Demand for Air Quality: Evidence from the NOx Budget Program.” *American Economic Review* 107 (10), 2958-89.

- Ebenstein, A., Lavy, V., und S. Roth (2016). „The Long-Run Economic Consequences of High-Stakes Examinations: Evidence from Transitory Variation in Pollution.” *American Economic Journal: Applied Economics* 8(4), 36-65
- Graff Zivin, J. und M. Neidell (2012). „The Impact of Pollution on Worker Productivity.” *American Economic Review* 102(7), 3652-3673.
- Graff Zivin, J. und M. Neidell (2018). „Air Pollution’s Hidden Impacts.” *Science* 359 (6371), 39-40.
- He, G., M. Fan und M. Zhou (2015). „The Effect of Air Pollution on Mortality in China: Evidence from the 2008 Beijing Olympic Games.” HKUST IEMS Working Paper No. 2015-03.
- Heissel, J., C. Persico, und D. Simon (2019). „Does Pollution Drive Achievement? The Effect of Traffic Pollution on Academic Performance.” NBER Working Paper 25489.
- Hoek, G., R. Krishnan, R. Beelen, A. Peters, B. Ostro, B. Brunekreef, und J. Kaufman (2013). „Long-term Air Pollution Exposure and Cardio-respiratory Mortality: A Review.” *Environmental Health* 12(1), 43.
- Knittel, C. R., L. M. Douglas, und J. S. Nicholas (2016). „Caution, Drivers! Children present: Traffic, Pollution, and Infant Health.” *The Review of Economics and Statistics* 98(2), 350-366.
- Kugler, F., G. Schwerdt und L. Wößmann (2014). „Ökonometrische Methoden zur Evaluierung kausaler Effekte der Wirtschaftspolitik.” *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 15(2), 105-132.
- Lampert, T., L. Kroll, E. von der Lippe, S. Müters, und H. Stolzenberg (2013). „Sozioökonomischer Status und Gesundheit.” *Bundesgesundheitsblatt* 56, 814-821.
- Lichter, A., N. Pestel, und E. Sommer (2017). „Productivity Effects of Air Pollution: Evidence from Professional Soccer.” *Labor Economics* 48, 54-66.
- Roth, S. (2017). „Air Pollution, Educational Achievements, and Human Capital Formation.” *IZA World of Labor* 2017, 381.
- Schlenker, W., und W. R. Walker (2015). „Airports, Air Pollution, and Contemporaneous Health.” *Review of Economic Studies* 83, 768-809.
- Schmallowsky, A., T. Scholz und T. Wauer (2007). „Auswirkungen eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen im Land Brandenburg.“, url: https://mil.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2239.de/studie_tempolimit.pdf (zuletzt aufgerufen am: 25.02.2019)
- van Benthem, A. (2015). „What is the Optimal Speed Limit on Freeways?” *Journal of Public Economics* 124, 44-62.



WEITERE INFORMATIONEN //

Dr. Wolfgang Habla

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Vera Huwe

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Prof. Dr. Martin Kesternich

ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung und Universität Kassel

Autorenteam

Prof. Dr. Martin Kesternich

Stellvertretende Leitung, Forschungsbereich „Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement“ am ZEW und Professur am Institut für Volkswirtschaftslehre der Universität Kassel.

E-Mail: martin.kesternich@zew.de · Telefon: 0621 1235-337

Kontakt

ZEW

ZEW policy briefs

Herausgeber: ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

L 7, 1 · 68161 Mannheim · Deutschland · www.zew.de

Präsident: Prof. Achim Wambach, PhD · Kaufmännischer Direktor: Thomas Kohl

Redaktionelle Verantwortung: Prof. Achim Wambach, PhD

Anmerkung zum Zitieren aus dem Text: Es ist gestattet, Auszüge aus dem Text in der Originalsprache zu zitieren, insofern diese durch eine Quellenangabe kenntlich gemacht werden.

© ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim