

Stefan Bauernschuster* und Christian Traxler*

Tempolimit 130 auf Autobahnen: Eine evidenzbasierte Diskussion der Auswirkungen

Zusammenfassung: Welche Effekte würde ein allgemeines Tempolimit auf deutschen Autobahnen mit sich bringen? Stefan Bauernschuster und Christian Traxler versuchen, sich dieser oft emotional diskutierten Frage empirisch zu nähern. Die Autoren stoßen dabei rasch an Grenzen: Die Datenlage ist dürftig und kausale Evidenz ist rar. Gleichwohl skizzieren sie in ihrem Beitrag auf Basis der vorhandenen Daten und der internationalen Literatur eine Einschätzung, wie sich die Einführung eines Tempolimits 130 unter anderem auf Verkehrssicherheit, Emissionen und Zeitverluste auswirkt. Vieles spricht dafür, dass der Nutzen eines Tempolimits die möglichen Kosten übersteigt. Die Autoren rufen zu einer Stärkung der evidenzbasierten Verkehrspolitik auf.

JEL-Klassifikation: D04, H23, I18, K32

Schlüsselwörter: Tempolimit, Verkehr, Unfälle, Klimaschutz, Luftverschmutzung, Gesundheit

***Kontaktpersonen:**

Stefan Bauernschuster, Universität Passau, Lehrstuhl für Public Economics, Innstraße 27, 94032 Passau, E-Mail: stefan.bauernschuster@uni-passau.de

Christian Traxler, Hertie School, Friedrichstraße 180, 10117 Berlin, E-Mail: traxler@hertie-school.org

1 Freie Fahrt für freie Bürger?

Im Dezember 1952 schaffte der Deutsche Bundestag sämtliche Tempolimits für Pkw und Motorräder ab. In der technikbegeisterten Wirtschaftswunderzeit galt damit auf Autobahnen, aber auch auf allen anderen Straßen außer- und innerorts „freie Fahrt für freie Bürger“. Als jedoch immer mehr Menschen verunglückten – im Jahr 1955 starben etwa mehr als 12.000 Personen auf deutschen Straßen – wurde rasch über die Wiedereinführung von Tempolimits diskutiert.

Nicht nur in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung¹ echauffierte man sich damals über einen vermeintlichen „Rückfall in antiquierte Zeiten“ und zweifelte den Nutzen von Tempolimits an. Statt Tempolimits wurden anspruchsvollere Führerscheineprüfungen und der Ausschluss von Menschen mit zu schlechtem Reaktionsvermögen vom Straßenverkehr eingefordert. Außerdem sollten mehr und sichere Straßen gebaut werden. Ein Tempolimit bringe dagegen nichts und schränke nur die Freiheit der Menschen ein. Der ADAC prophezeite, dass mit einem Tempolimit von 50 km/h der innerstädtische Verkehr zusammenbrechen und die deutsche Autoindustrie in den Ruin getrieben werde.²

Heute erscheint ein Tempolimit von 50 km/h innerorts und von 100 km/h außerorts selbstverständlich. Auf circa 70 Prozent der Autobahnstrecken in Deutschland gibt es jedoch – wie beispielsweise auch in Afghanistan, Burundi, Nordkorea und Somalia – nach wie vor kein Tempolimit. Begleiterscheinung dieser internationalen Ausnahmestellung ist eine ständige polarisierte und überwiegend ideologisch geprägte Debatte um ein generelles Tempolimit auf Autobahnen. Während sich die eine Seite um Verkehrssicherheit und Umweltschutz sorgt, bezweifelt die andere Seite Verbesserungspotenzial und sieht essenzielle Freiheitsrechte in Gefahr. Nicht selten werden dabei holzschnittartige Analysen auf Basis fragwürdiger Daten mit, in der Folge, willkürlichen Ergebnissen präsentiert, die wenig zur Versachlichung der Debatte beitragen.

In diesem Beitrag möchten wir einen sachlichen Überblick darüber geben, welche Auswirkungen ein allgemeines Tempolimit 130 auf deutschen Autobahnen haben könnte.³ Auf Basis der internationalen wissenschaftlichen Literatur und der in Deutschland vorhandenen Daten versuchen wir unterschiedliche Effekte einzuschätzen und gleichzeitig aufzuzeigen, welche Effekte sich *nicht* seriös eingrenzen lassen. In Kapitel 2 beschäftigen wir uns dabei zunächst mit der Sicherheit im Straßenverkehr (Verletzte und Getötete). In den folgenden Kapiteln 3 und 4 gehen wir auf den Ausstoß von Klimagasen und weiteren gesundheitsschädlichen Emissionen ein. Anschließend erörtern wir in Kapitel 5 die möglichen Zeitverluste, die sich aus einem allgemeinen Tempolimit ergeben könnten. Kapitel 6 geht auf weitere mögliche Effekte wie Stressreduktion und Substitutionsverhalten sowie auf die Auswirkungen auf die Autoindustrie ein. In einem abschließenden Kapitel fassen wir die Diskussion zusammen und geben einen Ausblick.

Aufgrund der dürftigen Datenlage und der auch dadurch bedingten hohen Parameterunsicherheit führen wir keine Monetarisierung der unterschiedlichen Effekte durch. Unsere Diskussion legt jedoch nahe, dass aus gesamtgesellschaftlicher Sicht ein Tempolimit im Vergleich zum Status Quo Verbesserungen erzielen würde. Ob ein optimales Tempolimit bei 130 km/h liegt, ist kaum zu beantworten. Klar ist jedoch, dass ein Tempolimit neben Nutzen auch Kosten mit sich bringt und dass diese zwischen

¹ Naumann 1956.

² Vgl. Heise 2007.

³ Dieser Beitrag erhebt nicht den Anspruch, alle denkbaren Implikationen eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen zu behandeln.

unterschiedlich „schnellen“ Verkehrsteilnehmern variieren. Zudem würden jene 14,9 Millionen Menschen, die nicht weiter als zwei Kilometer vom nächsten Autobahnabschnitt ohne Tempolimit entfernt wohnen, durch die mögliche Reduktion von Verkehrsemissionen mehr profitieren als Menschen, die fernab von Autobahnen leben. Unabhängig von jeglichen Interessens- und Zielkonflikten antizipiert offenbar auch die Bevölkerung insgesamt höhere Nutzen als Kosten: In den jüngsten repräsentativen Umfragen sprachen sich stets (teils deutlich) mehr als 50 Prozent für ein allgemeines Tempolimit 130 auf Autobahnen aus. Es bleibt abzuwarten, ob diese Mehrheit nach der nächsten Bundestagswahl Gehör finden wird.

2 Verkehrssicherheit: Getötete, Schwer- und Leichtverletzte

Im Jahr 2019 wurden 32.272 Menschen auf deutschen Autobahnen verletzt oder getötet; davon waren mehr als 70 Prozent jünger als 50 Jahre (Statistisches Bundesamt 2020a, Statistisches Bundesamt 2020b). In den vergangenen 10 Jahren ist die Anzahl der Schwer- und Leichtverletzten leicht gestiegen, während die Anzahl der Getöteten annähernd konstant blieb (siehe Abbildung 1). Betrachtet man einen längeren Zeitraum, zeigt sich nichtsdestotrotz, dass Autofahren sicherer geworden ist. Im Jahr 1995 starben beispielsweise noch mehr als doppelt so viele Menschen auf den Autobahnen wie 2019. Gleichzeitig werden pro Kilometer Fahrbahn weiterhin mehr Getötete auf Autobahnen gezählt als auf anderen Straßen: 2019 starben pro 100 Streckenkilometern 1,1 Menschen auf Straßen außerhalb von Ortschaften und 1,8 Menschen auf Straßen innerhalb von Ortschaften. Für Autobahnen lag der Wert bei 2,7 Getöteten (siehe Abbildung 2). Verwendet man als Maß für die Sicherheit Todesfälle pro gefahrenen Strecke, so schneiden Autobahnen im Vergleich zu anderen Straßen besser ab (International Transport Forum 2020). Daten des European Transport Safety Council zeigen jedoch, dass deutsche Autobahnen mit 1,9 Toten je 1 Mrd. Kfz-Kilometer nur im europäischen Mittelfeld liegen.⁴ Autobahnen in Dänemark, Schweden oder dem Vereinigten Königreich sind deutlich sicherer, in Litauen, Polen oder Ungarn deutlich gefährlicher.⁵ Bei fast der Hälfte aller Verkehrstoten auf deutschen Autobahnen war die Unfallursache eine nicht angepasste Geschwindigkeit (Statistisches Bundesamt 2020c). Bei Betrachtung der Daten wird auch klar, dass ein alleiniger Fokus auf Getötete bei der Beurteilung der Straßensicherheit irreführend wäre: Todesfälle machen nur gut ein Prozent aller Unfallopfer auf Autobahnen aus.

⁴ Dieser Wert gilt für den Zeitraum 2011–2013. Im Jahr 2019 lag der Wert bei 1,7 Toten pro 1 Mrd. Kfz-Kilometern, was die Einschätzung, dass die Sicherheit der Autobahnen in Deutschland im europäischen Vergleich mittelmäßig ist, nicht verändert.

⁵ Vgl. <https://de.statista.com/infografik/16765/todesfaelle-auf-autobahnen-im-europa-vergleich/>

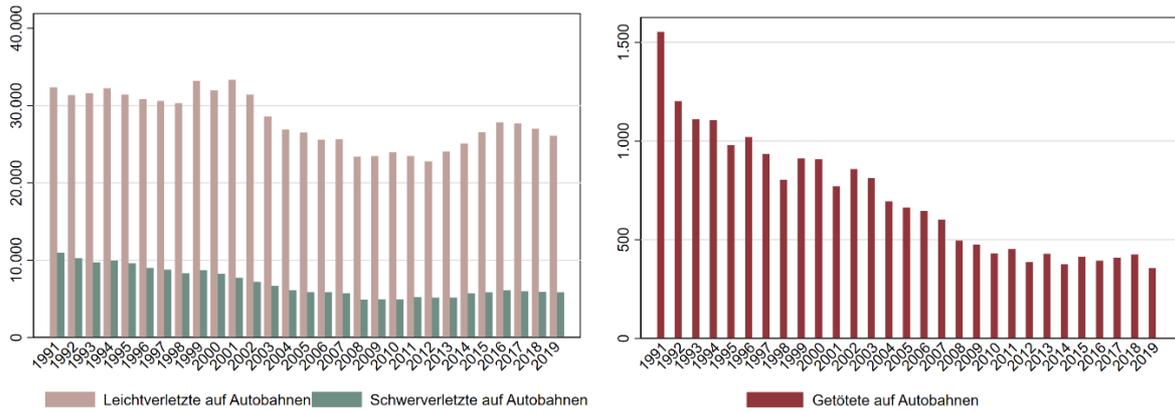


Abbildung 1: Verletzte und Getötete auf Autobahnen 1991-2019

Anmerkungen: Die linke Grafik zeigt die Anzahl der Leichtverletzten und Schwerverletzten auf Autobahnen von 1991 bis 2019; die rechte Grafik zeigt die Anzahl der Getöteten auf Autobahnen von 1991 bis 2019.

Quelle: Eigene Darstellung, Statistisches Bundesamt 2020a.

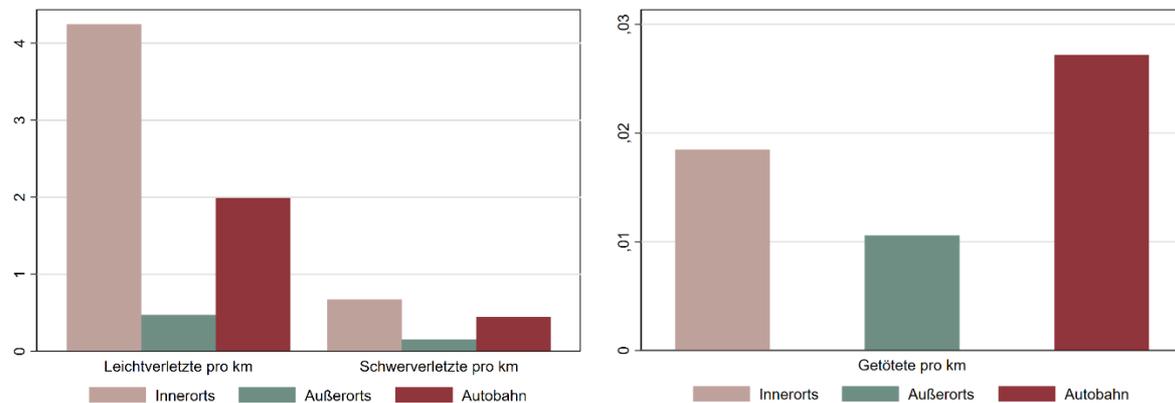


Abbildung 2: Verletzte und Getötete pro km nach Straßentyp 2019

Anmerkungen: Die linke Grafik zeigt die Anzahl der Leichtverletzten und Schwerverletzten pro Streckenkilometer für Straßen innerorts, Straßen außerorts (ohne Autobahn) und Autobahnen im Jahr 2019; die rechte Grafik zeigt die Anzahl der Getöteten pro Streckenkilometer im Jahr 2019.

Quelle: Eigene Darstellung, Statistisches Bundesamt 2020a.

2.1 Tempolimits und Verkehrssicherheit

2.1.1 Methodische Herausforderungen

Welche Auswirkungen unterschiedliche Tempolimits auf die Verkehrssicherheit haben, ist eine wichtige empirische Frage. Geringere Geschwindigkeiten verkürzen Reaktions- und Bremsweg; auch ist der Aufprall weniger heftig. Doch wie stark würde ein generelles Tempolimit auf Autobahnen die Anzahl der Toten und Verletzten tatsächlich reduzieren? Eine seriöse Antwort könnten verkehrspolitische Experimente liefern, in denen Tempolimits an zufällig ausgewählten Streckenabschnitten eingeführt würden. Da es für die deutsche Verkehrspolitik des 21. Jahrhunderts bisher jedoch undenkbar erschien, Autobahnen zu Reallaboren zu machen, ist die öffentliche

Diskussion vorwiegend von wenig aufschlussreichen Quer- bzw. Längsschnittuntersuchungen geprägt.

Manche Autoren vergleichen beispielsweise das Unfallgeschehen zwischen Autobahnabschnitten mit und ohne Tempolimit und ziehen daraus Rückschlüsse auf die vermeintlichen Auswirkungen eines Tempolimits (zum Beispiel VDA 2019). Derartige Äpfel-Birnen-Vergleiche sind aber wenig aussagekräftig. Es ist davon auszugehen, dass auf gefährlicheren Streckenabschnitten niedrigere Tempolimits gelten als auf ungefährlicheren Strecken. Dies hat zur Konsequenz, dass ein naiver Vergleich von gefährlichen Abschnitten mit Tempolimit mit ungefährlichen Abschnitten ohne Tempolimit den tatsächlichen Effekt eines Tempolimits auf die Verkehrssicherheit unterschätzt. Auch Vorher-Nachher-Vergleiche auf Strecken, an denen Tempolimits eingeführt, aufgehoben oder verändert wurden, sind nicht unbedingt aussagekräftig. Denn die Veränderung des Unfallgeschehens über die Zeit wird von vielen Faktoren jenseits der Veränderung eines Tempolimits beeinflusst, was einfache Vorher-Nachher-Vergleiche nicht berücksichtigen. Darüber hinaus gibt es oft verkehrsbedingte Gründe für derartige Anpassungen; die betrachteten Strecken sind also speziell, was die externe Validität in Frage stellt.

2.1.2 Experimentelle Evidenz aus Deutschland

Systematischere Evidenz kommt aus einer Zeit, in der die deutsche Verkehrspolitik eine stärkere Evidenzbasierung anstrebte. Im Jahr 1974 wurde versuchsweise eine Richtgeschwindigkeit von 130 km/h auf Autobahnen eingeführt. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurde damit beauftragt, die Effekte dieser Reform abzuschätzen. In einem umfangreichen Evaluierungsprojekt wurde in den Jahren 1975 und 1976 ein sorgfältig entwickeltes Feldexperiment umgesetzt (BASt 1977). Der Fokus des Experiments lag darin, die Effekte der Einführung der Richtgeschwindigkeit im Vergleich zu einem Tempolimit von 130 km/h abzuschätzen. Die untersuchten Autobahnabschnitte wurden dabei in zwei Gruppen unterteilt: in „Untersuchungsstrecken“, auf denen im Studienzeitraum anfangs ein Tempolimit 130 galt, bevor dann das Tempolimit aufgehoben und die Richtgeschwindigkeit eingeführt wurde; auf „Vergleichsstrecken“ wurde die Anpassung in umgekehrter Reihung durchgeführt. Durch dieses Forschungsdesign konnten die Projektautoren sowohl allgemeine Zeittrends als auch zeitkonstante Unterschiede zwischen den Autobahnabschnitten eliminieren und so die zentralen Schwachpunkte von naiven Quer- bzw. Längsschnittuntersuchungen vermeiden.

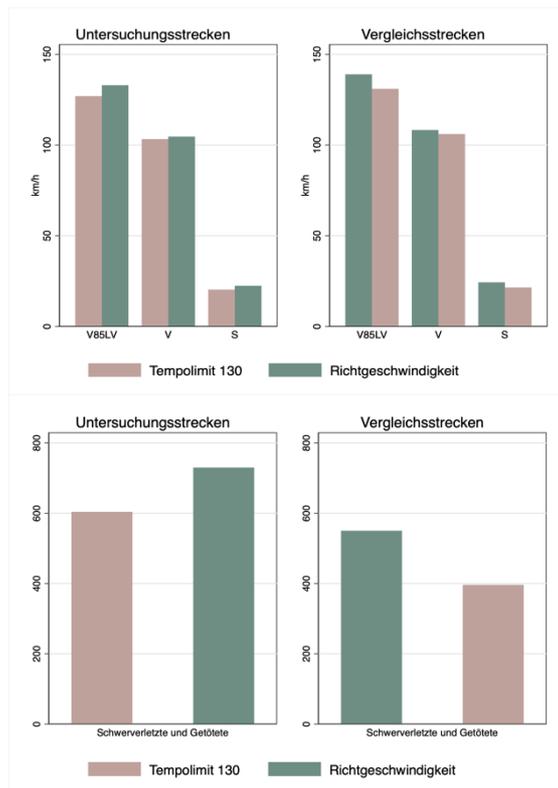
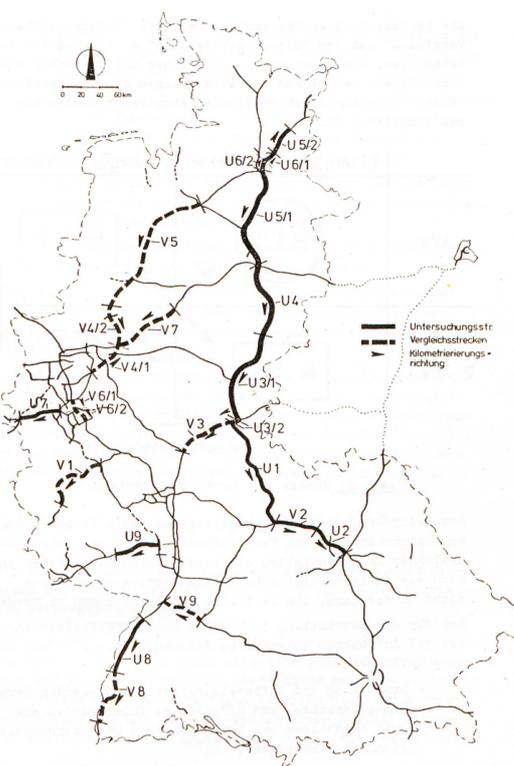


Abbildung 3: Hauptergebnisse des Richtgeschwindigkeit Feldexperiments 1975/76

Anmerkungen: Die Landkarte zeigt die Lage der Untersuchungsstrecken (dicke Linien) und der Vergleichsstrecken (gestrichelte Linien) des Feldexperiments von 1975/76. Auf Untersuchungsstrecken wurde im ersten Zeitraum des Experiments ein Tempolimit 130 gesetzt, bevor im zweiten Zeitraum auf Richtgeschwindigkeit 130 umgestellt wurde; auf Vergleichsstrecken ging man genau umgekehrt vor. Die rechte obere Grafik zeigt die Geschwindigkeit des Leichtverkehrs am 85. Perzentil (V85LV), die Durchschnittsgeschwindigkeit (V) sowie die Varianz der Geschwindigkeiten (S) auf beiden Streckengruppen separat mit Tempolimit 130 und Richtgeschwindigkeit 130. Die rechte untere Grafik zeigt die Anzahl der Schwerverletzten und Getöteten auf beiden Streckengruppen separat mit Tempolimit 130 und Richtgeschwindigkeit 130.

Quelle: BASt 1977

Die Umstellung von einem Tempolimit 130 auf eine Richtgeschwindigkeit führte auf den Untersuchungsstrecken zu einem Anstieg der durchschnittlichen Geschwindigkeit um 1,4 km/h (von 103,3 km/h auf 104,7 km/h). Analog sank auf den Vergleichsstrecken die Durchschnittsgeschwindigkeit um 2,2 km/h (von 108,3 km/h auf 106,1 km/h), als von Richtgeschwindigkeit auf Tempolimit 130 umgestellt wurde. Gleichzeitig kam es mit der Richtgeschwindigkeit auch zu einem Anstieg der Varianz der Geschwindigkeiten (um 2,1 bzw. 2,8 km/h).⁶

Die zentralen Ergebnisse des Projekts hinsichtlich der Verkehrssicherheit waren, dass ein Tempolimit 130 im Vergleich zur Richtgeschwindigkeit zu einem Rückgang der Unfälle um circa 10 Prozent und zu einem Rückgang der Schwerverletzten und

⁶ Die gemessenen Geschwindigkeiten wie auch deren Varianz waren im Studienzeitraum deutlich niedriger als dies heute der Fall ist (Löhe 2016).

Getöteten von circa 20 Prozent führte.⁷ Dabei fand man diese deutlichen Effekte sowohl tagsüber als auch nachts, sowohl auf trockener als auch auf nasser Fahrbahn, bei günstigen wie auch bei weniger günstigen Streckenverhältnissen. Diese Effekte sind erstaunlich hoch, wenn man berücksichtigt, dass die durchschnittliche Geschwindigkeit lediglich um circa 2 Prozent und die Varianz um circa 10 Prozent zurückging.

Die immer wieder zu findende Aussage, dass durch ein Tempolimit 130 die Anzahl der Getöteten um 20 Prozent sinken würde, basiert also auf einem anspruchsvollen Feldexperiment – das mittlerweile jedoch 45 Jahre alt ist. Aufgrund fehlender neuerer Untersuchungen wird die damals geschätzte Effektgröße als zeitinvariante Konstante behandelt und auf aktuelle Zahlen angewandt (siehe beispielsweise VCD 2019). Mit diesem Ansatz würde man etwa für die Jahre 2018 bzw. 2019 projizieren, dass ein Tempolimit 85 bzw. 71 (20 Prozent von 424 bzw. 356) Todesfälle auf Autobahnen verhindert hätte.

Selbst wenn die zugrundeliegende Studie auch aus moderner Perspektive eine hochwertige empirische Basis bildet, wirft eine solche holzschnittartige Übertragung der historischen Ergebnisse auf heute eine Vielzahl von Fragen auf. Erstens wurde der Rückgang von 20 Prozent für die Summe aus Getöteten *und* Schwerverletzten gemessen. Es ist plausibel, dass dann der prozentuelle Rückgang der Todesfälle alleine höher ausfallen sollte. Zweitens verwendet obige Berechnung *alle* Todesfälle auf Autobahnen als Basis. Korrekterweise sollten jedoch nur Verkehrstote auf Strecken ohne Tempolimit herangezogen werden. Damit sänken die prognostizierten Zahlen wiederum. Ferner sind die Autos in den zurückliegenden 45 Jahren zwar sicherer, gleichzeitig aber auch deutlich schneller geworden; im Ergebnis ist dadurch nicht nur die Durchschnittsgeschwindigkeit, sondern es sind auch die Spitzengeschwindigkeiten und die Varianz der Geschwindigkeiten stark gestiegen. Zudem fahren heute viel mehr Fahrzeuge auf den Autobahnen. Unabhängig von allen Zweifeln mit Blick auf die intertemporale Validität bleibt auch fraglich, warum sich die aktuelle Diskussion so sehr auf Todesfälle konzentriert, obwohl die Anzahl der Schwer- und Leichtverletzten erheblich höher liegt und bei der Beurteilung eines Tempolimits für die Sicherheit im Straßenverkehr ein angemessenes Gewicht haben sollte.⁸

⁷ Das BaSt (1977) kommuniziert, dass es zu einem Rückgang der „Getöteten und Schwerverletzten“ um 20 Prozent kam. Eine Trennung der Effekte für Getötete und Schwerverletzte lässt sich aus den publizierten Ergebnissen nicht vornehmen. In einer Folgestudie wurden diese Resultate aufgegriffen. Das BaSt (1984) nimmt an, dass die Zahl der Getöteten durch ein Tempolimit um 20 Prozent sinkt und berechnet in einem Simulationsmodell einen Rückgang an Schwer- bzw. Leichtverletzten von 11 bzw. 9 Prozent. Die Simulation geht jedoch davon aus, dass ein Tempolimit nicht die Anzahl der Unfälle, sondern lediglich die Unfallschwere beeinflussen würde. Wie die Autoren selbst erläutern, unterschätzt dieser Ansatz somit die Effekte eines Tempolimits.

⁸ Scholz, Schmallowsky und Wauer (2007) nutzen Unfall-Registerdaten des statistischen Landesamtes Brandenburg für die Jahre 2000 bis 2006 und führen einen Vorher-Nachher-Vergleich von Autobahnabschnitten durch, in denen aufgrund einer Häufung von Unfällen ein Tempolimit eingeführt wurde. Die Autoren versuchen, reine Zeiteffekte zu isolieren, in dem sie Vergleiche zu Trends auf Autobahnabschnitten ohne Änderung vornehmen. Mit dieser Methodik berechnen sie einen Rückgang der Unfallkostenraten von 26,5 Prozent durch die Einführung eines Tempolimits von 130 km/h. Der

2.1.3 Quasi-experimentelle Evidenz aus der Ökonomik

Welche Resultate dokumentiert die internationale Literatur zu den Auswirkungen von Tempolimits auf die Sicherheit im Straßenverkehr? In der quasi-experimentellen ökonomischen Literatur nimmt van Benthem (2015) eine besondere Stellung ein. Die Studie zeigt, dass Erhöhungen des Tempolimits von 55 auf 65 mph auf Autobahnen in den Vereinigten Staaten im Zeitraum 1987–1996 zu einem Anstieg der Durchschnittsgeschwindigkeit von 3–4 mph (etwa 5–7 Prozent) führten, während es keine Hinweise auf Auswirkungen auf die Varianz der Geschwindigkeiten gibt. Das höhere Tempolimit ließ auch die Anzahl der Verkehrsunfälle um 9–15 Prozent und die Anzahl der tödlichen Verkehrsunfälle um 34–60 Prozent steigen (van Benthem 2015). Damit bestätigt diese Studie Ashenfelter und Greenstone (2004), die sich auf die Tempolimit-Erhöhungen 1987 konzentrieren. Die Autoren finden einen Anstieg in der Durchschnittsgeschwindigkeit um 2,5 mph, der mit einem Anstieg der tödlichen Verkehrsunfälle um 35 Prozent einhergeht. Diese beiden Studien sind zwar „jünger“ als jene aus dem BAST (1977); die unmittelbare Übertragbarkeit der nordamerikanischen Situation aus den achtziger und neunziger Jahren auf Deutschland heute kann aber natürlich in Frage gestellt werden.

Die Literatur dokumentiert auch, dass neben dem Tempolimit auch dessen Durchsetzung eine wichtige Rolle für die Verkehrssicherheit spielt und damit ein komplementäres Politikinstrument darstellt. So zeigen etwa Bauernschuster und Rekers (2020) für Deutschland, dass die striktere Durchsetzung bestehender Tempolimits Durchschnittsgeschwindigkeiten sowie Unfälle reduziert. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen De Angelo und Hansen (2014) für die Vereinigten Staaten.⁹

2.2 Eine Approximation

2.2.1 Theorie und Empirie aus der Verkehrsforschung

Eine deutlich umfangreichere Literatur zu den Effekten von Tempolimits auf Sicherheit im Straßenverkehr bietet, wenig überraschend, das Feld der Verkehrsforschung. Eine zentrale Rolle spielt hier das sogenannte Power-Modell (siehe Nilsson 2004). Auf Basis physikalischer Gesetzmäßigkeiten wird argumentiert, dass sich die Anzahl der Unfälle in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit durch folgende Formel modellieren lässt:

$$Y_1 = \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^\alpha Y_0$$

Unterschied in der Durchschnittsgeschwindigkeit zwischen Richtgeschwindigkeit und Tempolimit wird auf 10 km/h geschätzt.

⁹ Autofahrer, die für Geschwindigkeitsüberschreitungen bestraft wurden, fahren auch in der Folgezeit langsamer (siehe Gehrsitz 2017a für Deutschland sowie Dusek und Traxler 2020 für Tschechien).

V_0 bzw. V_1 bezeichnet dabei die Geschwindigkeit vor bzw. nach Veränderung des Tempolimits; Y_0 bzw. Y_1 ist die Anzahl der Unfälle vor bzw. nach der Veränderung des Tempolimits. Der Exponent α variiert mit dem Straßentyp und damit, ob man tödliche Unfälle, Unfälle mit Schwer- oder mit Leichtverletzten betrachtet. Elvik et al. (2004) schätzen α in einer Meta-Studie von 98 empirischen Untersuchungen und bestätigen dabei im Großen und Ganzen die Parametrisierung von Nilsson (2004).

Das Power-Modell impliziert, dass ein gegebener relativer Rückgang der Geschwindigkeit stets – also unabhängig von der ursprünglichen Geschwindigkeit – den gleichen Effekt hat. Im Gegensatz dazu berücksichtigt das sogenannte Exponential-Modell, dass der Effekt auf die Verkehrssicherheit von der Differenz der Geschwindigkeit vor und nach Änderung des Tempolimits in folgender Form abhängt:

$$Y_1 = Y_0 e^{(\beta(V_1 - V_0))},$$

wobei der Skalierungsfaktor β eine ähnliche Rolle einnimmt wie α zuvor. In einer umfangreichen Meta-Studie zeigt Elvik (2013), dass sowohl das Power-Modell als auch das Exponential-Modell die empirische Realität gut beschreiben können. Die Ergebnisse wurden in einer weiteren Meta-Studie bestätigt, die nur aktuelle Untersuchungen mit Datensätzen aus den Jahren nach 2000 berücksichtigt (Elvik et al. 2019).¹⁰ Die Robustheit der Resultate über verschiedene Beobachtungszeiträume legt nahe, dass der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Verkehrssicherheit außergewöhnlich stabil und, trotz aller Verbesserungen in Fahrzeugen, über die Zeit nicht schwächer geworden ist.

2.2.2 Unfallrückgang durch Einführung eines Tempolimits 130

Auf Basis dieser beiden Modelle aus der Verkehrsforschung versuchen wir nun abzuschätzen, welche Auswirkungen ein allgemeines Tempolimit 130 auf die Zahl der Verletzten und Verkehrstoten auf deutschen Autobahnen hätte. Dafür müssen wir zunächst quantifizieren, wie sich die Durchschnittsgeschwindigkeit auf Autobahnstrecken, auf denen bisher kein Tempolimit gilt, ändern würde, wenn ein Tempolimit 130 eingeführt wird. Uns ist in der internationalen Literatur keine Studie bekannt, die den Effekt aus der Einführung eines Tempolimits in diesem speziellen Kontext kausal abschätzt.

Aufgrund der fehlenden kausalen Evidenz greifen viele deutsche Studien auf die deskriptive Querschnittsanalyse zu Geschwindigkeiten auf Autobahnen von Löhe (2016) zurück. Für Leichtverkehr dokumentieren diese Messdaten auf Strecken ohne bzw. mit einem Tempolimit 130 Durchschnittsgeschwindigkeiten von 124,7 bzw. 118,3 km/h. Diese Differenz von etwa 6,4 km/h wird oft als „Effekt“ eines Tempolimits 130 (fehl)interpretiert. Wie zuvor erörtert, ist eine derartige kausale Interpretation von

¹⁰ Die verwendeten Daten stammen dabei aus Ländern wie Dänemark, Frankreich, dem Vereinigten Königreich, Schweden, Kanada oder den Vereinigten Staaten und beinhalten Durchschnittsgeschwindigkeiten von weniger als 50 bis mehr als 120 km/h.

einfachen Querschnittsvergleichen potentiell irreführend. Bei einem genaueren Blick in die Daten zeigt sich außerdem, dass der erstere Durchschnittswert auf den Daten von 41 Messstellen ohne Tempolimit beruht, während lediglich drei Messstellen für Tempolimit 130 im Messzeitraum vorliegen.¹¹ Zwei dieser drei Streckenabschnitte waren zudem mit Verkehrsbeeinflussungsanlagen ausgestattet. Zusätzlich muss festgehalten werden, dass die publizierten Werte lediglich auf den Messungen aus dem Jahr 2010 beruhen. Die Mittelwerte der Geschwindigkeitsmessungen über den gesamten Zeitraum 2010–2014 liegen bei 126,3 km/h (ohne Tempolimit) bzw. 115,9 km/h (Tempolimit 130); sie dokumentieren also eine Differenz von 10,4 km/h anstatt nur 6,4 km/h im Jahr 2010.¹²

In Anbetracht der unklaren Evidenz projizieren wir im Folgenden mögliche Effekte aus einem Tempolimit 130, indem wir einen Rückgang der Durchschnittsgeschwindigkeit von 5–10 km/h im Leichtverkehr unterstellen.¹³ Basierend auf der Zahl der im Jahr 2019 Getöteten und Verletzten auf jenen Streckenabschnitten, auf denen bislang kein Tempolimit gilt, würden Power-Modell und Exponential-Modell folgende Effekte für die Einführung eines Tempolimits 130 prognostizieren (siehe Abbildung 4):

- einen Rückgang der Getöteten um 15–47 Prozent,
- einen Rückgang der Schwerverletzten um 11–38 Prozent, sowie
- einen Rückgang der Leichtverletzten um 5–27 Prozent.

Die Bandbreite der implizierten Elastizitäten in diesen Modellprognosen deckt unter anderem auch quasi-experimentelle Schätzungen aus der ökonomischen Literatur (van Benthem 2015, 2011 sowie Bauernschuster und Rekers 2020) ab.

Mehrere Punkte sprechen dafür, dass die Approximationen aus dem Exponential-Modell eine höhere Validität haben sollten als die konservativeren Werte aus dem Power-Modell. In Elvik et al. (2019) zeigt sich, dass jene Studien, die als quasi-experimentell einzustufen sind, tendenziell größere Effekte finden.¹⁴ Zudem unterschätzt das Power-Modell im Vergleich zum Exponential-Modell insbesondere die Effekte bei höheren Ausgangsgeschwindigkeiten. Zuletzt erläutert Elvik (2019), dass die Effekte typischerweise größer sein sollten, wenn der Rückgang der

¹¹ Die Daten dokumentieren auch, dass sich die Messstellen mit und ohne Tempolimit hinsichtlich mehrerer beobachtbarer Dimensionen wie der Fahrbahnsteigung und -krümmung unterscheiden. Dazu kommen die in Abschnitt 2.1 angesprochenen Unterschiede hinsichtlich unbeobachteter Einflussfaktoren, die in Querschnittsanalysen zu Verzerrungen führen.

¹² Die Abweichung zu den Mittelwerten des Jahres 2010 ergibt sich vor allem dadurch, dass die Verfügbarkeit der Messstellen über die Jahre stark variiert. Für das Jahr 2014, dem Jahr mit den meisten auswertbaren Messstellen, liegen die Werte bei 126,9 bzw. 116,2 km/h.

¹³ In unseren Berechnungen nehmen wir weiter an, dass Leichtverkehr 80 Prozent des Verkehrs auf Autobahnen ausmacht und die restlichen 20 Prozent (schwerer Güterverkehr, Busse, Leichtverkehr mit Anhänger) sowohl bei Richtgeschwindigkeit wie auch bei einem Tempolimit von 130 km/h eine konstante Durchschnittsgeschwindigkeit von 85 km/h erreichen.

¹⁴ Gleichzeitig gehen viele quasi-experimentelle Ergebnisse aber (aufgrund größerer Standardfehler der Schätzkoeffizienten) mit geringerem Gewicht in die Meta-Analyse ein als Ergebnisse aus Studien, die andere methodische Ansätze verwenden. Weiterhin betonen Elvik et al. (2019), dass die Effekte bei höheren Ausgangsgeschwindigkeiten tendenziell größer sind; aufgrund der großen Effekte wurden jedoch einige dieser Studien nicht berücksichtigt, um die Gesamtergebnisse nicht durch Ausreißer zu verzerren.

Durchschnittsgeschwindigkeit dadurch erzielt wird, dass insbesondere am oberen Ende der Geschwindigkeitsverteilung reagiert wird. Genau dies wäre bei der speziellen deutschen Situation der Fall. Denn ein Tempolimit würde insbesondere diejenigen einschränken, die ohne Tempolimit die technisch mögliche Höchstgeschwindigkeit ausreizen. Durch ein Tempolimit würde daher auch die Varianz der Geschwindigkeiten deutlich sinken; zugleich käme es zu weniger heftigen Bremsmanövern und extremen Beschleunigungen. All dies sollte die Verkehrssicherheit weiter erhöhen.

Tabelle 1: Effekte eines Tempolimits 130 – Approximation im Power- und Exponential-Modell

Szenarien:	Getötete			Schwerverletzte			Leichtverletzte		
	- 5	- 7,5	- 10 km/h	- 5	- 7,5	- 10 km/h	- 5	- 7,5	- 10 km/h
Power-Modell	-15%	22%	-28%	-11%	-17%	-22%	-5%	-7%	-9%
	-39	-57	-74	-460	-675	-881	-748	-1118	-1486
Exponential-Modell	-27%	38%	-47%	-21%	-30%	-38%	-15%	-21%	-27%
	-73	-101	-126	-854	-1210	-1526	-2323	-3352	-4302

Anmerkungen: Die Parameter des Power-Modells basieren auf Berechnungen von Elvik (2009) zu Unfällen auf Landstraßen und Autobahnen; sie betragen 4,6 für Getötete, 3,5 für Schwerverletzte und 1,4 für Leichtverletzte. Die Parameter des Exponential-Modell basieren auf Berechnungen von Elvik (2019) und betragen 0,08 für Getötete, 0,06 für Schwerverletzte und 0,04 für Leichtverletzte. Auf Basis von Daten aus Löhe (2016) nehmen wir an, dass der Leichtverkehr 80 Prozent des gesamten Verkehrsvolumens auf Autobahnen ausmacht und dass der restliche Verkehr (schwerer Güterverkehr, Busse und Leichtverkehr mit Anhänger) im Durchschnitt 85 km/h fährt. Für die absoluten Zahlen der vermiedenen Getöteten, Schwerverletzten und Leichtverletzten verwenden wir Zahlen des Statistischen Bundesamtes (2020, Tab. 2.12) zum Unfallgeschehen auf Autobahnen. Im Jahr 2019 waren Autobahnstrecken ohne Tempolimit verantwortlich für 266 der 356 Todesfälle, 4.003 der 5.833 Schwerverletzten und 15.708 der 26.083 Leichtverletzten.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Wie könnte die projizierte Erhöhung der Verkehrssicherheit bewertet werden? Eine Monetarisierung der durch ein Tempolimit vermeidbaren Todesfälle, Schwerverletzten und Leichtverletzten scheint uns angesichts der schwachen Datenbasis, der fehlenden kausalen Evidenz und der dadurch bedingten hohen Parameterunsicherheit wenig zielführend. Darüber hinaus würden die Ergebnisse stark variieren, je nachdem, ob man nur den tatsächlich entstandenen Schaden ansetzt (Schadenskostenansatz), die Kosten, die Betroffene oder die Gesellschaft aufwenden, um Schaden zu vermeiden (Vermeidungskostenansatz), oder die Bereitschaft möglicher Unfallopfer, für die Vermeidung von Unfällen zu zahlen (Zahlungsbereitschaftsansatz).¹⁵ Fakt ist, dass ein

¹⁵ Schmidt (2020) nimmt Bezug auf Kallweit und Büniger (2015) und geht von einem Wert eines statistischen Menschenlebens von 4 Mio. Euro aus. Van Benthem (2015) setzte auf Basis von Daten der Environmental Protection Agency 7,4 Mio. Dollar an. Rohlf, Sullivan und Kniesner (2015) verwenden Regulierungen zu Airbags als Quasi-Experiment und kommen auf 9 bis 11 Mio. Dollar im Median. Die BASt (2020) verwendet den Schadenskostenansatz und damit lediglich 1,1 Mio. Euro.

alleiniger Fokus auf die Todesfälle bei der Bewertung der durch ein Tempolimit erzielbaren Sicherheitseffekte zu verkürzt ist. Die prozentualen Verringerungen von Schwer- und Leichtverletzten mögen etwas geringer sein als die prozentuale Verringerung von Todesfällen. Die absolute Anzahl der vermiedenen Schwer- und Leichtverletzten ist hingegen ein Vielfaches größer als die absolute Anzahl der vermiedenen Todesfälle. Für eine Gesamtanalyse der Unfallkosten sollten zudem auch Folgekosten (zum Beispiel die in Abschnitt 5 besprochenen Autobahnsperrungen und Staubbildung) und Sachschäden berücksichtigt werden, die je nach Ansatz einen erheblichen Teil der gesamten Kosten von Unfällen betragen können.¹⁶

3 CO₂-Emissionen als Klimagase

Der Pkw-Verkehr hat seit 1995 nichts zum Klimaschutz beigetragen. Nach Berechnungen des Umweltbundesamts anhand des TREMOD-Modells (Transport Emission Model, Version 6.13) verursachte im Jahr 2019 der Pkw-Verkehr 116,7 Millionen Tonnen CO₂. Dabei sind über die zurückliegenden 25 Jahre praktisch keine Verbesserungen zu erkennen. Im Gegenteil: Im Vergleich zu 1995 sind die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs sogar um knapp 4 Prozent gestiegen, während die gesamten CO₂-Emissionen in Deutschland von 939 Millionen im Jahr 1995 auf 711 Millionen Tonnen im Jahr 2019 gesunken sind (Umweltbundesamt 2021). Dies kann insbesondere dadurch erklärt werden, dass die Anzahl der Fahrzeuge stieg und diese größer und schwerer wurden, was die Effizienzgewinne beim Treibstoffverbrauch zunichtemachte.

Betrachtet man nur Fahrten von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen auf Autobahnen, so wird der Ausstoß von CO₂-Äquivalenten basierend auf Fahrleistungen 2018 auf 44,5 Millionen Tonnen geschätzt (Umweltbundesamt 2020). Auf Streckenabschnitten ohne Tempolimit wurden dabei 26,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert.¹⁷

Das Umweltbundesamt (2020) hat berechnet, wie sich generelle Tempolimits auf Autobahnen auf die Treibhausgas-Emissionen auswirken würden. Aufgrund der besprochenen Limitationen der Messdaten von Löhe (2016) insbesondere bei Tempolimit 130 konzentrierte sich das Umweltbundesamt (2020) auf ein Tempolimit von 120 km/h. Basierend auf den Geschwindigkeitsdaten von Löhe (2016) und projizierten Kraftstoffverbrauchswerten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Hausberger 2019)¹⁸ ergibt sich, dass die CO₂-Emissionen um 10,8 Prozent

¹⁶ Die BASt (2020) geht beispielsweise für das Jahr 2018 davon aus, dass mehr als 60 Prozent der volkswirtschaftlichen Kosten von Unfällen in Deutschland durch Sachschäden zustande kommen, wobei sie für die Monetarisierung der Kosten durch Unfallopfer lediglich den Schadenskostenansatz wählen.

¹⁷ Wie in Messungen der Technischen Universität Graz (2019) auf Basis realer Fahrten außerhalb des Labors dokumentiert, steigen die Emissionen bei höheren Geschwindigkeiten überproportional an. Ein Grund hierfür ist, dass der Luftwiderstand mit der Geschwindigkeit im Quadrat steigt, was den Kraftstoffverbrauch nichtlinear ansteigen lässt.

¹⁸ In einem ersten Schritt werden die gemessenen Geschwindigkeitsverteilungen auf Strecken ohne Tempolimit und auf Strecken mit einem Tempolimit von 120 km/h betrachtet. Den einzelnen 10 km/h Intervallen der Verteilungen werden dann jeweils die CO₂-Emissionen in g/km zugeordnet.

zurückgehen würden. Bezieht man diesen Prozentsatz auf die gesamten von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen auf Streckenabschnitten ohne Tempolimit verursachten Emissionen, ergibt sich ein Rückgang von 2,8 Millionen Tonnen, der mit einem Tempolimit 120 erzielt werden könnte.¹⁹ Bei einem Tempolimit 130 würden die Einsparungen auf Basis ähnlicher, aufgrund der Datenlimitationen jedoch weniger detaillierter Berechnungen bei 8,4 Prozent oder 2,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten liegen.

All diese Berechnungen unterliegen wieder der Annahme, dass der deskriptive Querschnittsvergleich von Löhe (2016) eine valide Approximation der Effekte eines Tempolimits auf die Geschwindigkeitsverteilung darstellt. Falls ein Tempolimit 130, wie in Abschnitt 2.2 erörtert, zu einem stärkeren Rückgang der Geschwindigkeiten führte, dann wäre auch mit größeren Emissionsrückgängen zu rechnen. Um die Einsparmöglichkeit von 2,2 Millionen Tonnen CO₂ weiter einordnen zu können, verweist das Umweltbundesamt (2020) auf Agora Verkehrswende (2018), wo berechnet wird, dass für eine Treibhausgas-Minderung von 1 Millionen Tonnen im Jahr 2030 der Pkw-Verkehr in Städten um 6 Prozent sinken müsste. Unter Linearität würde dies bedeuten, dass ein generelles Tempolimit 130 auf deutschen Autobahnen so viel Treibhausgase einspart wie eine Reduktion des Pkw-Verkehrs in Städten um 13 Prozent.

4 Weitere Emissionen: CO, NO_x, PM, Lärm und Gesundheit

Verbrennungsmotoren generieren nicht nur CO₂, sondern auch Stickstoffoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), organische Verbindungen und Feinstaub (PM). Zusätzliche Feinstaub-Emissionen resultieren aus Brems- und Reifenabrieb. Diese Emissionen, aber auch Verkehrslärm, können die menschliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit erheblich beeinträchtigen – selbst dann, wenn Höchstwerte, wie sie in europäischen Ländern gelten, nicht überschritten werden (Beelen et al. 2014). Neben älteren Menschen sind insbesondere Kinder von den negativen Gesundheitseffekten betroffen (Beatty und Shimshack 2014).

Die Identifikation kausaler Effekte von Luftverschmutzung und Lärmemissionen auf die menschliche Gesundheit wird dadurch erschwert, dass Menschen, die zum Beispiel in Regionen mit hoher Schadstoffbelastung leben, nicht notwendigerweise mit jenen vergleichbar sind, die in Regionen mit niedriger Schadstoffbelastung leben. Die Wahl des Wohnorts könnte nicht nur mit Einkommensunterschieden, sondern auch mit schwer quantifizierbaren Unterschieden in Gesundheitsbewusstsein und Lebensstil einhergehen. Darüber hinaus schneiden Regionen mit schlechter Luftqualität typischerweise auch hinsichtlich weiterer Umweltfaktoren, die sich nicht immer perfekt

Anschließend werden die CO₂-Emissionen über die gesamte Verteilung für jeden der beiden Streckentypen berechnet.

¹⁹ Berücksichtigt man zusätzlich die Effekte, die sich auf Strecken, auf denen aktuell ein 130 km/h Beschränkung gilt, ergeben würden, so steigen die erzielbaren Einsparungen auf 2,9 Millionen Tonnen. Dies entspräche einem Rückgang der CO₂-Emissionen von 11,1 Prozent.

messen lassen, schlechter ab. Akkurate empirische Aussagen zu den Effekten unterschiedlicher Emissionen auf die Gesundheit können somit nur anhand sauberer Identifikationsstrategien getroffen werden.

4.1 Einfluss von Luftverschmutzung auf Gesundheit

In den vergangenen Jahren wurde eine Reihe wirtschaftswissenschaftlicher Studien veröffentlicht, die Paneldaten und quasi-experimentelle Methoden nutzen, um kausale Effekte von Luftverschmutzung auf Menschen zu identifizieren. Chay und Greenstone (2003), Currie und Neidell (2005) sowie Currie, Neidell und Schmeider (2009) weisen für die Vereinigten Staaten nach, dass Verminderungen der Staub- und Kohlenstoffmonoxid-Belastung der Luft in den achtziger und neunziger Jahren zu einem Rückgang von Todesfällen von Kleinkindern geführt haben. Dass Luftverschmutzung früh im Leben auch langfristige Effekte auf Arbeitsmarktbeteiligung und Löhne im späteren Leben haben kann, zeigen Isen, Rossin-Slater und Walker (2017). Deryugina, Heutel, Miller, Molitor und Reif (2019) sowie Deschenes, Greenstone und Shapiro (2017) belegen, dass der Rückgang von Feinstaub und Stickstoffoxiden in den Zweitausender Jahren die Lebenszeit älterer Menschen mit Vorerkrankungen in den Vereinigten Staaten verlängerte. In weiteren Arbeiten finden sich unmittelbare negative Auswirkungen von Luftverschmutzung auf Produktivität (Chang, Zivin, Gross und Neidell 2016, 2019, Künn, Palacios und Pestel 2019 sowie Lichter, Pestel und Sommer 2017), auf Schulleistungen (Ebenstein, Lavy und Roth 2016) und selbst auf Verkehrssicherheit (Sager 2019). All diese Autoren beschäftigen sich in ihren Arbeiten mit Schadstoffen, die auch von Verbrennungsmotoren emittiert werden; sie bringen die Variation in den Schadstoffen jedoch nicht explizit mit dem Verkehr in Zusammenhang.

Genau diese Kausalkette von Verkehr zu Luftverschmutzung und Gesundheit weisen indes Currie und Walker (2011) nach. Sie untersuchen die Einführung elektronischer Mautstationen in New Jersey und Pennsylvania, die den Verkehrsfluss verbesserten und dadurch zu einem Rückgang von Stickstoffoxid- (und, damit einhergehend, Kohlenmonoxid-)Emissionen in einem Umkreis von zwei Kilometern geführt haben. Geburtsstatistiken der Jahre 1994 bis 2003 zeigen, dass es dadurch zu einem deutlichen Rückgang von Frühgeburten kam. Knittel, Mittel und Sanders (2016) analysieren außergewöhnliche wöchentliche Variationen im Verkehrsaufkommen in Kalifornien von 2000 bis 2006, beispielsweise ausgelöst durch Unfälle und Straßensperrungen. Ein Anstieg im Verkehrsaufkommen führte zu einem Anstieg des Feinstaubes in der Luft, der dann wiederum die Sterblichkeit von Kleinkindern erhöhte. Weitere Analysen legen nahe, dass die von Currie und Neidell (2005) in den neunziger Jahren gefundenen Kohlenstoffmonoxid-Effekte auf die Sterblichkeit von Kleinkindern auch in den zweitausender Jahren zu finden sind – obwohl sich die Konzentration von Kohlenmonoxid in der Luft in der Zwischenzeit halbiert hatte. Für die Jahre 1999 bis 2001 zeigt Anderson (2020), dass insbesondere ältere Menschen, die in der Nähe einer Autobahn leben, gesundheitliche Schäden nehmen. Verdoppelt sich die Zeit, in

der Wind die Schadstoffe einer nahen Autobahn heranträgt, so steigt das Sterberisiko für über 75-Jährige im Los-Angeles-Becken um 3,8–6,5 Prozent. Alexander und Schwandt (2019) schätzen, dass die im Diesel-Skandal aufgedeckten erhöhten Pkw-Emissionen in den Vereinigten Staaten im Zeitraum von 2008 bis 2015 für schwerwiegende gesundheitliche Probleme von Kindern in Form von Frühgeburten und Asthmaanfällen verantwortlich waren. Dabei machte es keinen Unterschied, wie hoch das ursprüngliche Verschmutzungsniveau in einer Region war.

4.2 Verkehrsbedingte Luftverschmutzung: Evidenz aus Deutschland

Auch für Deutschland gibt es klare Evidenz, dass verkehrsbedingte Luftverschmutzung die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Menschen beeinträchtigt. So weisen Lalive, Luechinger und Schmutzler (2018) nach, dass in den Jahren 1994 bis 2004 eine Ausweitung des Angebots von Regionalzug-Verbindungen um 10 Prozent zu einem Rückgang von Stickstoffoxiden um 3,8 Prozent und einem Rückgang der Sterblichkeit von Kleinkindern um 4,6 Prozent in den betroffenen Landkreisen führte.

Wolff (2014) untersucht die Einführung der Umweltzonen in deutschen Städten und zeigt, dass diese die Feinstaubbelastung im Durchschnitt um 9 Prozent reduzierten. Der Grund für diesen Effekt ist eine Veränderung der Fahrzeugflotte hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen. Gehrsitz (2017b) findet auf Basis einer größeren Stichprobe von Umweltzonen und einem längeren Untersuchungszeitraum etwas kleinere Effekte: Die restriktivsten Umweltzonen reduzierten die Feinstaubbelastung um 4 bis 8 Prozent, wobei die stärksten Effekte dort gemessen wurden, wo das Verschmutzungsniveau am höchsten war. Im Durchschnitt waren diese Schadstoff-Reduktionen nicht stark genug, um messbare Effekte beim Geburtsgewicht von Kindern zu erzielen. Pestel und Wozny (2019) bestätigen den Rückgang von Feinstaub und dokumentieren ebenfalls eine Reduktion von Stickstoff. Die Anzahl der Tage, an denen die Feinstaub-Grenze von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchbrochen wird, sinkt durch Umweltzonen um 50 Prozent. Zudem zeigen die Autoren, dass die Umweltzonen zu einem signifikanten Rückgang von Krankenhauseinweisungen aufgrund von Atemwegserkrankungen und Kreislaufproblemen geführt haben.

Bauernschuster, Hener und Rainer (2017) untersuchen Streiks im öffentlichen Personennahverkehr in den fünf größten deutschen Städten. Dadurch, dass an Streiktagen das Verkehrsvolumen in den Städten steigt und es vermehrt zu Staus kommt, steigt die Feinstaubbelastung in der Luft um 14 Prozent. Dies führt dazu, dass am gleichen Tag die Krankenhauseinweisungen von Kindern aufgrund von Atemwegserkrankungen um 11 Prozent ansteigen.

4.3 Tempolimits und Luftverschmutzung

Motoren arbeiten am effizientesten in einem mittleren Geschwindigkeitsbereich. Bei hoher Geschwindigkeit nehmen die Emissionen überproportional zu. Ein Tempolimit könnte sich somit über den Rückgang von Schadstoffemissionen günstig auf die Gesundheit auswirken. Klare Evidenz für einen solchen Zusammenhang dokumentiert der bereits in Abschnitt 2 erörterte Beitrag von van Benthem (2015). Er zeigt, dass die Erhöhung des Tempolimits von 55 auf 65 mph auf amerikanischen Autobahnen zwischen 1987 und 1996 zu einem Anstieg von Kohlenstoffmonoxid um 14–24 Prozent und von Stickstoffoxiden um 8–15 Prozent innerhalb von 3 Meilen um die Autobahn führte. Dadurch stieg die Wahrscheinlichkeit einer Fehlgeburt im dritten Trimester um 9 Prozent. Unter Verwendung der in der Literatur identifizierten Effekte von Luftverschmutzung auf die Gesundheit von Erwachsenen schätzt van Benthem (2015), dass die gesundheitlichen Kosten der Erhöhung des Tempolimits aufgrund von Luftverschmutzung kaum niedriger sind als aufgrund der entstandenen tödlichen und nicht tödlichen Unfälle. Der Rückgang von Luftschadstoffen stellt damit einen hochrelevanten Teilaspekt der Gesundheitseffekte von Tempolimits dar.

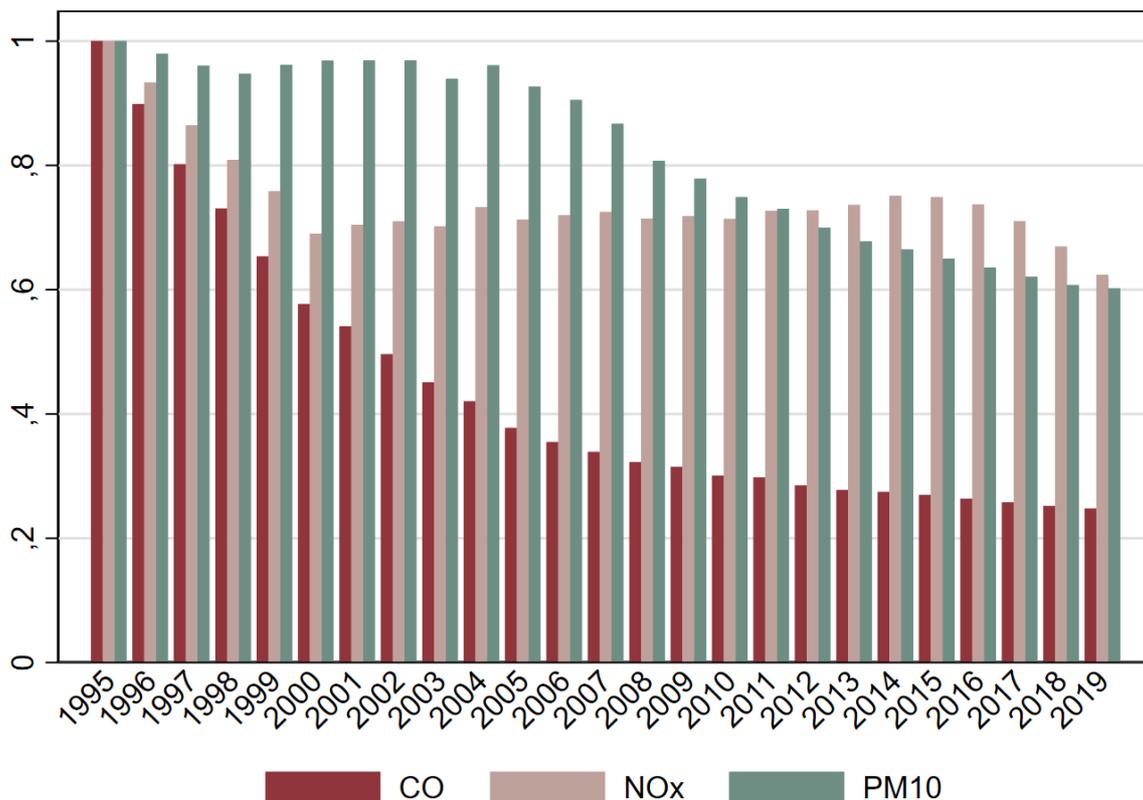


Abbildung 4: Emissionen von CO, NOx und PM10 im Pkw-Verkehr 1995–2019

Anmerkungen: Die Grafik zeigt die prozentuale Veränderung der gesamten verbrauchs-basierten Emissionen von Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxid (NOx) und Feinstaub (PM10) im Pkw-Verkehr nach dem TREMOD-Modell des Umweltbundesamts; das Jahr 1995 wird als Basisjahr verwendet. Die Feinstaub-Emissionen enthalten neben den direkten Emissionen bei der Verbrennung auch den Abrieb des Bremsbelags, der Reifen und des Straßenbelags.

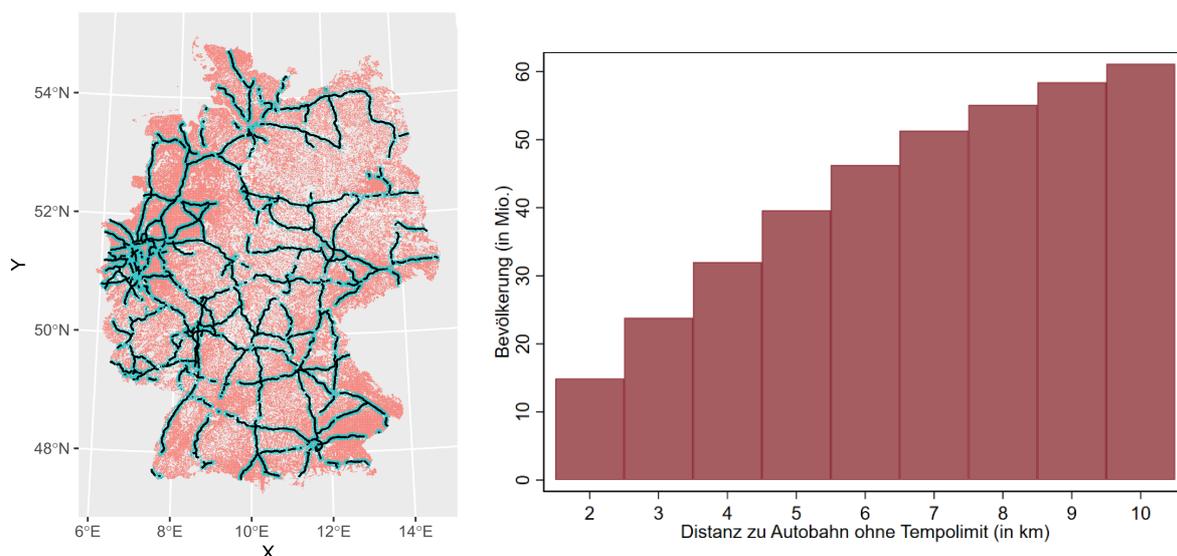


Abbildung 5: Bevölkerung nach Distanz zu Autobahnabschnitt ohne Tempolimit

Anmerkungen: Die linke Grafik zeigt Autobahn-Streckenabschnitte ohne Tempolimit (schwarz) sowie ein Fünf-Kilometer-Band um diese Streckenabschnitte (türkis) auf Basis von Open Street Map. Die rechte Grafik zeigt die Bevölkerung (in Millionen), die in einer Distanz von 2 bis 10 Kilometern zu einem Autobahnabschnitt ohne Tempolimit lebt.

Quelle: Open Street Map und eigene Darstellung. Die Berechnungen stammen von Matthias Kaeding auf Basis der RWI-GEO-GRID-Daten (Doi 10.7807/microm:suf:V8).

Wie Abbildung 4 zeigt, haben die Emissionen von Stickstoffoxid, Kohlenmonoxid und Feinstaub im Pkw-Verkehr von 1995 bis 2019 teils stark abgenommen.²⁰ Nichtsdestotrotz gibt es eine Reihe von Gründen, warum die Ergebnisse von van Benthem (2015) auch noch heute und auch für Deutschland eine hohe Relevanz haben. Erstens besteht der grundsätzliche Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Schadstoffausstoß nach wie vor. Zweitens finden sich in Studien aus den Vereinigten Staaten grundsätzlich sehr ähnliche Gesundheitseffekte von Veränderungen der Luftverschmutzung in den neunziger Jahren und der ersten Dekade des neuen Millenniums, obwohl das Ausmaß der Schadstoffbelastung in diesem Zeitraum deutlich abgenommen hat. Drittens offenbaren Studien aus den vergangenen Jahren, dass die verkehrsbedingte Luftverschmutzung in Deutschland keineswegs auf einem Niveau liegt, das gesundheitlich unbedenklich wäre. Viertens zeigen kleinräumige geographische Raster-Daten des RWI Essen (RWI-GEO-GRID), dass in Deutschland über 14,9 Millionen Menschen in einer Distanz von nicht mehr als zwei Kilometern zum nächsten Autobahnabschnitt ohne Tempolimit leben; 23,8 Millionen Menschen wohnen nicht weiter als drei Kilometer und 39,6 Millionen Menschen nicht weiter als fünf Kilometer entfernt (siehe Abbildung 5).²¹ Diese Werte

²⁰ Die Abbildung konzentriert sich explizit auf den Pkw-Verkehr, da die Emissionen des Lkw-Verkehrs aufgrund der niedrigeren Ursprungsgeschwindigkeit kaum durch ein Tempolimit beeinflusst werden sollten.

²¹ Die Berechnungen stammen von Matthias Kaeding (RWI Essen) und basieren auf den RWI-GEO-GRID Daten (DOI: 10.7807/microm:suf:V8) sowie Daten von Open Street Map, die Autobahnen georeferenzieren und eine Unterscheidung von Abschnitten mit und ohne Tempolimit erlauben.

sind überraschend hoch und weisen darauf hin, dass ein beachtlicher Teil der Bevölkerung unmittelbar von einem Emissionsrückgang profitieren könnte.

4.4 Lärmemissionen

Mehr als 5 Millionen Menschen in Deutschland sind mit durchgehend (d.h. tagsüber und nachts) starkem Straßenverkehrslärm von zumindest 50dB(A) konfrontiert (EEA 2019), der nicht nur die Lebensqualität, sondern auch die Gesundheit beeinträchtigen kann. Tempolimits können zu einer Reduktion dieses Lärmpegels beitragen. Dies gilt jedoch vor allem für einen Tempobereich unter 80km/h; ein allgemeines Tempolimit auf Autobahnen würde wohl nur zu einem geringfügigen Rückgang des Verkehrslärms führen (vgl. zum Beispiel Abschnitt 4.6 in den Boer und Schrotten 2007), zumal auch der laute Schwerverkehr dadurch kaum beeinflusst wird. Berücksichtigt man die hohe Bevölkerungsdichte in unmittelbarer Nähe zu Autobahnabschnitten ohne Tempolimit, könnte im Mittelungspegel aber auch ein geringer Lärmrückgang relevante Verbesserungen mit sich bringen.

5 Zeitverluste

Den positiven Auswirkungen eines Tempolimits – einer Verbesserung der Verkehrssicherheit und einem Rückgang unterschiedlicher Emissionen – steht der mögliche Zeitverlust entgegen, der mit einer geringeren Durchschnittsgeschwindigkeit einhergehen könnte. So errechnet Schmidt (2020), dass ein Tempolimit 130 zu einem jährlichen Zeitverlust von insgesamt 65 Mio. Stunden führen würde. Auf einer gefahrenen Autobahnstrecke von zehn Kilometern (vormals ohne Tempolimit) würde dies einem durchschnittlichen Zeitverlust von 15,6 Sekunden entsprechen. Diese Berechnung beruht jedoch auf einer Vielzahl von Annahmen, die den möglichen Zeitverlust massiv über-, aber auch unterschätzen könnten.

Als Ausgangspunkt verwendet Schmidt (2020) eine jährliche Fahrleistung von „ca. 270 Mrd. km“, was einer Annäherung an jenen Wert entspricht, der aus den Berechnungen des Umweltbundesamts (2020) abgeleitet werden kann. Aufgrund der in den Simulationen des Umweltbundesamts (2020) vorgenommenen Normierungen kann dieser Wert jedoch nicht als plausible Basis für die Berechnung von Zeitverlusten dienen. Stattdessen verwenden wir den von Schönebeck et al. (2020) ermittelten Fahrleistungswert für das Jahr 2019 von 252,6 Mrd. km auf Autobahnen. Zusätzlich berücksichtigen wir, dass circa 20 Prozent dieser Fahrleistung dem Schwerverkehr zuzuschreiben sind. Dieser Verkehr sollte keinen Zeitverlust aus einem Tempolimit 130 erfahren. Auf Basis dieser Daten würden wir, dem Berechnungsansatz von Schmidt (2020) folgend, einen Zeitverlust von 48 Mio. Fahrzeugstunden projizieren.²²

²² Wir gehen in unserer Berechnung von einer Autobahn-Fahrleistung des Leichtverkehrs von 202,1 Mrd. km aus (80 Prozent des Wertes des Gesamtverkehrs aus dem Jahr 2019). In den nächsten

Diese Prognose geht (a) von einer konstanten Fahrleistung und (b) von einem Temporückgang auf offenen Streckenabschnitten von 6,4 km/h aus, der aus den Querschnittsdaten von Löhe (2016) abgeleitet wird.²³ Die erste Annahme schließt damit mögliche Substitutionseffekte zu anderen Verkehrsmitteln oder Strecken aus. Die zweite Annahme negiert, neben der potentiell irreführenden Interpretation der deskriptiven Querschnittsunterschiede als Effektgröße, dass die in Löhe (2016) angeführten Messwerte (die, wie zuvor erörtert, lediglich drei Messstellen mit Tempolimit 130 abdecken) nur das Tempo von fließendem Verkehr berücksichtigen. Ein Verkehrsstillstand bzw. eine Vollsperrung eines Streckenabschnittes (wie nach schweren Unfällen) sowie die Zeitverluste von Verkehrsteilnehmern, die diese Streckenabschnitte umfahren, gehen nicht in die Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeiten ein, da in diesen Fällen keine durchfahrenden Fahrzeuge gemessen werden. Da darüber hinaus nicht abzuschätzen ist, inwiefern die wenigen Messstellen den Einfluss von unfallbedingtem Staus auf die Durchschnittsgeschwindigkeit abbilden, fehlt abermals eine vernünftige Grundlage für eine ernstzunehmende Approximation möglicher Zeitverluste.

Es gilt jedoch festzuhalten, dass ein Tempolimit über eine Reduktion der Unfallhäufigkeit und -schwere zu einem Rückgang von Autobahnsperrungen bzw. Staus führen sollte. Über diesen Kanal werden durch ein Tempolimit auch Zeitgewinne(!) erzielt.²⁴ Trotz mangelhafter Datenlage soll die mögliche Größenordnung dieser Effekte aufgezeigt werden.

Basierend auf Daten aus dem Jahr 2000 kommt eine umfangreiche Simulationsstudie zu dem Ergebnis, dass Unfälle und Not-Halte auf Autobahnen zu Zeitverlusten von 53 Mio. Fahrzeugstunden führen (Listl et al. 2007), und damit mehr als ein Drittel aller staubedingten Zeitverluste auf Autobahnen von insgesamt 144 Mio. Stunden zu verantworten haben.²⁵ Daten eines großen Navigationsdienstleisters dokumentieren für die Jahre 2015/16 einen jährlichen Zeitverlust durch Staus auf Autobahnen (unabhängig von der Stauursache) von insgesamt 190 Mio. Fahrzeugstunden (Hoppe 2017, Tabelle 4.2). Gehen wir von einem konstanten, unfallbedingtem Anteil von einem Drittel aus, bedeutet dies etwa 70 Mio. unfallbedingte Stunden an Zeitverlust.²⁶

Schritten folgen wir wie Schmidt (2020) den Tabulierungen von Löhe (2016), die 55,5 Prozent der Leichtverkehrsfahrleistung den offenen Autobahnstrecken ohne Tempolimit zuschreiben.

²³ Gehen wir, ähnlich wie in Kapitel 2, von einem Rückgang der Durchschnittsgeschwindigkeit um 5 bzw. um 10km/h aus, so ergibt die Rechnung einen Zeitverlust von 37 bzw. 78 Mio. Stunden.

²⁴ Zusätzlich gilt, dass eine Geschwindigkeitsbegrenzung zu einer Harmonisierung und Stabilisierung des Verkehrsflusses führen kann: die Kapazität eines Streckenabschnitts (der Durchfluss von Fahrzeugen pro Spur und Stunde) steigt und das Staurisiko sinkt (vgl. etwa Soriguera et al. 2017). Dieser Effekt sollte jedoch bereits in den Messdaten von Löhe (2016) abgebildet sein (zumindest dann, wenn die drei relevanten Messstellen repräsentative Daten abdecken).

²⁵ Je nach Messmethode und Datenquelle werden Unfälle auf deutschen Autobahnen für 20 bis 35 Prozent aller Staus bzw. Staustunden verantwortlich gemacht (siehe Abschnitt 2.6 in Geistefeldt und Lohoff 2011).

²⁶ Um die Plausibilität dieses Wertes zu validieren, haben wir Daten der Autobahnmeistereien für das Jahr 2019 ausgewertet. Die Daten dokumentieren mehr als 55.000 unfallbedingte Einschränkungen, Teil- oder Vollsperrungen von Autobahnstrecken mit einer durchschnittlichen Dauer von 98 Minuten.

Berücksichtigt man, dass die Einführung eines Tempolimits 130 zu weniger (schweren) Unfällen auf Autobahnen führen würde (siehe Kapitel 2), wäre ein Rückgang dieser staubedingten Zeitverluste zu erwarten. Unterstellt man (ad hoc) einen 10-prozentigen Rückgang der unfallbedingten Staus, so ergäben sich Zeitgewinne von 7 Mio. Stunden. Diese Zahl illustriert, dass diese Zweitrundeneffekte die zuvor approximierten Zeitverluste aus einem Tempolimit deutlich schmälern könnten.²⁷

Die Diskussion zeigt die Schwierigkeiten auf, die sich in der Berechnung von möglichen Nettozeitverlusten aus einem Tempolimit ergeben. Eindeutig ist jedoch, dass mögliche Zeitverluste aus einem Tempolimit 130 stark in der Gruppe des „schnellen Leichtverkehrs“ konzentriert wären. Die Mikrodaten von Löhe (2016) aus den Jahren 2010 bis 2014 legen nahe, dass 39 Prozent des Leichtverkehrs (31 Prozent aller Kfz) in Streckenabschnitten ohne Tempolimit mit einer Geschwindigkeit von mehr als 130 km/h fuhr. Während diese Fahrzeuge teilweise deutliche Reisezeitverluste erfahren würden, könnte eine Mehrheit der Verkehrsteilnehmer von einem Rückgang unfallbedingter Staus profitieren und Nettozeitgewinne verbuchen. Auch der Schwerverkehr sollte zu den Gewinnern eines Tempolimits zählen.

Ignoriert man diese Verteilungskonflikte zwischen Gewinnern und Verlierern eines Tempolimits und kehrt zu einer aggregierten Betrachtung der Zeitverluste zurück, so ist zu berücksichtigen, dass sich alle oben genannten Zahlen auf Fahrzeugstunden beziehen. Eine Quantifizierung der sozialen Kosten der Zeitverluste müsste die Werte in Personenstunden umrechnen, was in der Literatur oft mit differenzierten Gewichtungen (für private und geschäftliche, Lkw- versus Pkw-Fahrten) oder mit einem kruden Faktor von 1,5 Personen pro Fahrzeug umgesetzt wird (Infas und DLR 2008). Gleichzeitig müssten auch Spritkostensparnisse, die sich durch die niedrigere Geschwindigkeit ergeben, berücksichtigt werden.

Insbesondere aufgrund der schwachen Datenlage erscheint – ähnlich wie in Kapitel 2 – eine monetäre Bewertung der Zeitverluste nicht sinnvoll. Diese Einschätzung wird auch dadurch bestärkt, dass in der umfangreichen und methodisch anspruchsvollen Literatur kein Konsens hinsichtlich der „korrekten“ Bewertung der Kfz-Zeitverluste besteht (Small et al. 2005 und Small 2012). Eindeutig ist nur, dass der von Schmidt (2020) zur Bewertung herangezogene durchschnittliche Bruttostundenlohn über den gängigsten Bewertungsmethoden liegt, die in der wissenschaftlichen Literatur (vgl. beispielsweise Wolff 2012) und in der deutschen Verkehrsplanung verwendet werden (vgl. Dubernet und Axhausen 2020 zu den Grundlagen der Bewertungsansätze der Bundesverkehrswegeplanung).

Geht man von einer durchschnittlichen Verkehrsbelastung von 2.000 Kfz pro Stunde aus (vgl. Löhe 2016, Tab. 4), kommt man mit 23 Minuten Zeitverlust pro Kfz auf die Zahl von 69,6 Mio. Fahrzeugstunden.

²⁷ Erneut möchten wir aber betonen, dass unklar bleibt, ob und in welchem Ausmaß solche Stauereffekte bereits in den Geschwindigkeitsmessdaten von Löhe (2016) abgebildet sind. Klar ist nur, dass die Daten zumindest Zeitverluste aus Vollsperrungen bzw. Stauumfahrungen nicht erfassen.

6 Weitere Effekte: Stress, Substitutionseffekte und Autoindustrie

Ein Tempolimit 130 auf deutschen Autobahnen könnte noch eine Reihe weiterer Effekte haben, die wir hier kurz anreißen möchten. Kritiker argumentieren häufig, dass ein allgemeines Tempolimit eine monotonere Fahrerfahrung mit sich bringen würde, die zu einem Rückgang der Wachsamkeit führen könnte. Tatsächlich gibt es Evidenz aus Fahrsimulationen, die einen Einfluss des „Anforderungsniveaus“ (etwa einer höheren Tempovarianz) auf das Aufmerksamkeitsniveau aufzeigen.²⁸ Unabhängig von Fragen zur externen Validität dieser Labor-Resultate ist jedoch festzuhalten, dass derartige mögliche Effekte bereits sowohl in den Ergebnissen (quasi-)experimenteller Feldstudien (BASt 1977 und van Benthem 2015) als auch in den empirischen Modellkalibrierungen (Elvik 2013 und Elvik et al. 2019) implizit berücksichtigt sind. Die klaren Ergebnisse aus Abschnitt 2 legen daher nahe, dass mögliche negative Wachsamkeitseffekte gegenüber den Sicherheitsgewinnen eine vergleichsweise geringe Rolle spielen.

Befürworter eines Tempolimits verweisen, gewissermaßen spiegelbildlich zur Monotonie-Diskussion, auf den „Stressfaktor“, den „Schnellfahrer“ für andere Verkehrsteilnehmer bedeuten. Umgekehrt gilt natürlich auch, dass „Langsamfahrer“ die Tempowahl der Schnellfahrer einschränken. Kausale Evidenz für diese Externalitäten kommt aus Mikrodaten von Streckenabschnittsmessungen (innerorts) in Tschechien. Mit einem quasi-experimentellen Ansatz dokumentieren Dusek und Traxler (2020), dass ein „langsamerer“ Fahrer die Geschwindigkeit der nachfolgenden Fahrzeuge drosselt. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse, dass ein „schnellerer“ Fahrer zu einem höheren Tempo des *davor* fahrenden Fahrzeuges führt: Der aggressivere Fahrer im Rückspiegel „stresst“ den *davor* Fahrenden. Uns sind keine vergleichbaren empirischen Studien bekannt, die diese Externalitäten der Geschwindigkeitswahl auf deutschen Autobahnen dokumentieren oder gar quantifizieren. Ein allgemeines Tempolimit 130 würde jedoch die Varianz der Fahrzeuggeschwindigkeiten (BASt 1977) und damit – zusätzlich zu einer Reduktion der Brems- und Überholvorgänge – solche „Stressfaktoren“ deutlich reduzieren.

Ein allgemeines Tempolimit auf Autobahnen könnte auch eine „expressive“ Wirkung (im Sinne von Cooter 1998) entfalten und einen Beitrag dazu leisten, den Wandel hin zu einer sicherheitsorientierten Fahrkultur zu vollziehen. Ein solcher Kulturwandel könnte zu einer Reihe von Zweitrundeneffekten führen: Die deutschen Autobahnen würden attraktiver für jene Verkehrsteilnehmer, die sie aktuell meiden. Ein Tempolimit 130 könnte aber auch, wie bereits im Kontext von Zeitverlusten angesprochen, zum Wechsel auf andere Verkehrsmittel und Straßenverbindungen führen. Eine Quantifizierung solcher Substitutionseffekte würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen.

²⁸ So konfrontieren beispielsweise Ma et al. (2018) in einem Fahrsimulationsexperiment 21 Personen mit höheren oder niedrigeren Geschwindigkeitsvariationen und dokumentieren den Einfluss auf das selbst wahrgenommene Aufmerksamkeitsniveau.

Substitutionseffekte könnten sich natürlich auch beim Kauf eines neuen Fahrzeuges ergeben. Die deutsche Autoindustrie hat bisweilen argumentiert, dass die Einführung eines allgemeinen Tempolimits den „Mythos deutsche Autobahn“ beschädigen, damit die Marke „Made in Germany“ schwächen und wirtschaftliche Schäden verursachen könnte. Dieses Argument wurde trotz fehlender empirischer Evidenz und trotz der eindeutigen Ergebnisse zur Verkehrssicherheit als Rechtfertigung für eine Richtgeschwindigkeit statt eines Tempolimits 130 verwendet (BASt 1977, S. 173).

In der gegenwärtigen Marktsituation könnte ein allgemeines Tempolimit auf Autobahnen die Abkehr von Verbrennungsmotoren in Deutschland beschleunigen. Bei hohen Geschwindigkeiten steigt der Energieverbrauch von Elektroautos deutlich stärker als von vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Durch ein Tempolimit auf Autobahnen verlöre dieser „Nachteil“ von Elektroautos im Hochgeschwindigkeitsbereich an Bedeutung. Ein Tempolimit könnte der Autoindustrie sogar helfen, da es stärkere Anreize für die Weiterentwicklung autonomen Fahrens in Deutschland setzen würde. Wie auch Ingenieure deutscher Autobauer bestätigen, ist autonomes Fahren umso leichter umzusetzen, je niedriger die Geschwindigkeit und deren Varianz sind. Ein „Image-Schaden“, der die Position deutscher Hersteller im Ausland schwächen würde, erscheint – anders als im Fall des VW-Emissionsskandals (Bachmann et al. 2019) – dagegen wenig plausibel.

7 Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

In diesem Beitrag haben wir versucht, basierend auf den wenigen deutschen Daten, internationalen Schätzungen und unterschiedlichen Modellprojektionen verschiedene Effekte eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen einzuschätzen. Wir haben aufgezeigt, dass ein Tempolimit 130 die Anzahl der Getöteten, Schwer- und Leichtverletzten erheblich reduzieren könnte. Gleichzeitig kann man von einem Rückgang der Emissionen von Kohlendioxid, Stickstoffoxid, Kohlenmonoxid und Feinstaub (und, unter Umständen, auch Lärm) ausgehen. Der Rückgang gesundheitsschädigender Emissionen jenseits von CO₂ verdient im öffentlichen Diskurs deutlich mehr Beachtung (vgl. dazu van Benthem 2015) – auch weil neue Berechnungen zeigen, dass über 14,9 Millionen Menschen in Deutschland in einer Distanz von weniger als zwei Kilometern zu einem Autobahnabschnitt ohne Tempolimit leben.

Den positiven Effekten aus einem Tempolimit steht ein möglicher Anstieg der Reisezeit gegenüber, der mit einer Reduktion der Durchschnittsgeschwindigkeit einhergeht. Gleichzeit könnte eine geringere Häufigkeit und Schwere von Unfällen jedoch zu einem Rückgang von Zeitverlusten führen, insbesondere wenn es zu weniger unfallbedingtem Staus, Streckensperrungen und Umfahrungen von Unfallstellen kommt. Für einen Großteil des Leichtverkehrs, der auch bei Richtgeschwindigkeit nur selten viel schneller als 130 km/h fährt, und für den Schwerverkehr, der kaum durch ein Tempolimit gebremst würde, führte ein Tempolimit damit zu Nettozeitgewinnen.

Aufgrund der schwachen empirischen Basis, die eine präzise Abschätzung der unterschiedlichen Effekte erschwert, präsentieren wir keine Kosten-Nutzen-Rechnung. Zwar halten wir diesen Ansatz für grundsätzlich sehr wertvoll; in Anbetracht der dürftigen Datenlage, der unklaren (kausalen) Effektgrößen und der Variation an Bewertungsmöglichkeiten (unter anderem hinsichtlich der Monetarisierung von Gesundheitseffekten aber auch von Zeitverlusten) würde eine derartige Rechnung aber eine Scheingenauigkeit suggerieren, welche die hohe Unsicherheit in vielen Dimensionen ignoriert. Aus diesen Gründen haben wir auch nicht den Versuch unternommen, ein „optimales Tempolimit“ zu bestimmen. Eine solche Analyse müsste zusätzlich eine Vielzahl an bestehenden Regulierungen berücksichtigen, die den Straßenverkehr direkt oder indirekt beeinflussen (Mineralölsteuer, CO₂-Steuer, Kfz-Steuer, bestehende Tempolimits, Emissionsnormen, Dieselfahrverbote, Umweltzonen, Sicherheitsvorschriften etc.). Angesichts der starken Konvexität der verschiedenen negativen Externalitäten im Hochgeschwindigkeitsbereich erscheint es uns jedoch höchst plausibel, dass eine Geschwindigkeitsbeschränkung eine Verbesserung zum Status Quo darstellt. Ob ein optimales Tempolimit bei 130 km/h liegen würde, ob das Limit „statisch“ oder je nach Straßenverhältnissen und Verkehrsaufkommen durch KI-Systeme angepasst werden sollte („intelligente Verkehrsbeeinflussung“), ließe sich angesichts der fehlenden empirischen Basis selbst bei einer Modellierung multipler Politikinstrumente kaum beantworten.²⁹

Es wäre wünschenswert, wenn das Bundesverkehrsministerium – wie auch von dessen Wissenschaftlichem Beirat (2010) gefordert – das Generieren einer validen Evidenzbasis nachhaltig unterstützen und fördern würde. Nichts spricht dagegen, einzelne Streckenabschnitte auf Bundesautobahnen in „Reallabore“ zu verwandeln, um ein Tempolimit 130 zu testen und (gewissermaßen als Folgestudie zu BAST 1977) rigoros zu evaluieren. Eine stärker evidenzbasierte Verkehrspolitik könnte nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Versachlichung einer übermäßig emotionalen Diskussion leisten (vgl. Habla, Huwe und Kesternich 2019). Eine Evaluierung im Rahmen eines Pilotversuches könnte auch einen attraktiven Kompromiss in einem politischen Streit darstellen, der sich nach der Bundestagswahl 2021 ergeben könnte.

Danksagung: Für hilfreiche Anregungen und Kommentare danken wir Michael Grimm, Wolfgang Habla, Stefan Hausberger, Hannah Lachenmaier, Martin Lange (UBA) und Nico Pestel. Bedanken möchten wir uns auch bei Matthias Kaeding (RWI Essen), Michael Kotzulla (UBA), Gunnar Gohlisch (UBA) und Ulrich Löhe (BAST) für die Bereitstellung von Daten und bei unseren studentischen Hilfskräften Manuel Pannier und Thomas Schiller für die hervorragende Unterstützung.

²⁹ Im Gegensatz zu dynamisch adaptiven Tempolimits hätte eine starre Tempobeschränkung eine klarere, normative Aussage (Cooter, 1998) und könnte damit auch einen stärkeren Beitrag leisten, den Wandel von einer aggressiven hin zu einer mehr sicherheitsorientierten Fahrkultur zu vollziehen – nicht nur auf Autobahnen.

Literaturverzeichnis

- Agora Verkehrswende (2018), Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030, Berlin.
- Alexander, D. und H. Schwandt (2019), The impact of car pollution on infant and child health: Evidence from emissions cheating, *CEPR Discussion Paper* 13805.
- Anderson, M. (2020), As the wind blows: The effects of long-term exposure to air pollution on mortality, *Journal of the European Economic Association* 18(4), S. 1886–927.
- Ashenfelter, O. und M. Greenstone (2004), Using mandated speed limit to measure the value of a statistical life, *Journal of Political Economy* 112(S1), S. S226–67.
- Bachmann, R., G. Ehrlich, Y. Fan und D. Ruzic (2019), Firms and collective reputation: A study of the Volkswagen emissions scandal, *NBER Working Paper* Nr. 26117.
- 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), S. 1–37.
- Bauernschuster, S. und R. Rekers (2020), Speed limit enforcement and road safety, *CESifo Working Paper* 8024.
- Beatty, T. und J. Shimshack (2014), Air pollution and children’s respiratory health: A cohort analysis, *Journal of Environmental Economics and Management* 67(1), S. 39–57.
- Beelen, R., O. Raaschou-Nielsen, M. Stafoggia et al. (2014), Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: An analysis of 22 European cohorts within the multicenter ESCAPE project, *Lancet* 383(9919), S. 785–95.
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (1977), Auswirkungen einer Richtgeschwindigkeit im Vergleich zu einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h auf Autobahnen, Köln.
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (1984), Abschätzung der Auswirkungen einer Senkung der Höchstgeschwindigkeit auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr, Bergisch Gladbach.
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (2020), Volkswirtschaftliche Kosten von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland, Bergisch Gladbach.
- 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), S. 151–72.
- 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), S. 141–69.

- 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, *Quarterly Journal of Economics* 118(3), S. 1121–67.
- Cooter, R. (1998), Expressive law and economics, *The Journal of Legal Studies* 27(2), S. 585–608.
- Currie, J., Neidell, M. (2005), Air pollution and infant health: What can we learn from California's recent experience?, *Quarterly Journal of Economics* 120(3), S. 1003–30.
- Currie, J., M. Neidell und J. Schmieder (2009), Air pollution and infant health: Lessons from New Jersey, *Journal of Health Economics* 28, S. 688–703.
- Currie, J. und R. Walker (2011), Traffic congestion and infant health: Evidence from E-ZPass, *American Economic Journal: Applied Economics* 3(1), S. 65–90.
- De Angelo, G. und B. Hansen (2014), Life and death in the fast lane: Police enforcement and traffic fatalities, *American Economic Journal: Economic Policy* 6(2), S. 231–57.
- Den Boer, E. und A. Schrotten (2007), Traffic noise reduction in Europe – health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise, CE Delft, online verfügbar unter <http://www.noiseineu.eu/en/2959-a/homeindex/file?objectid=2736&objectypeid=0>.
- Deryugina, T., G. Heutel, N. Miller, D. Molitor und J. Reif (2019), The mortality and medical costs of air pollution: Evidence from changes in wind direction, *American Economic Review* 109(12), S. 4178–219.
- Deschenes, O., M. Greenstone und J. Shapiro (2017), Defensive investments and the demand for air quality: Evidence from the NOx budget program, *American Economic Review* 107(10), S. 2958–89.
- Dubernet, I. und K.W. Axhausen (2020), The German value of time and value of reliability study: The survey work, *Transportation* 47 (3), S. 1477–513.
- Dusek, L. und C. Traxler (2020), Learning from law enforcement, *CESifo Working Paper* 8043.
- Ebenstein, A., V. Lavy 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), S. 36–65.
- European Environment Agency (EEA) (2019), Germany noise fact sheet 2019, online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/noise-fact-sheets/noise-country-fact-sheets-2019/germany>.
- Elvik, R. (2009), The power model of the relationship between speed and road safety, update and new analyses, Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research, *Report* 1034/2009.

- Elvik, R. (2013), A Re-parameterisation of the power model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims, *Accident Analysis and Prevention* 50, S. 854–60.
- Elvik, R. (2019), A comprehensive and unified framework for analysing the effects on injuries of measures influencing speed, *Accident Analysis and Prevention* 125, S. 63–69.
- Elvik, R., P. Christensen und A.H. Amundsen (2004), Speed and road accidents, an evaluation of the power model, *Report 740*, Institute of Transport Economics, Oslo.
- Elvik, R., A. Vadeby, T. Hels und I. Van Schagen (2019), Updated estimates of the relationship between speed and road safety at the aggregate and individual levels, *Accident Analysis and Prevention* 123, S. 114–122.
- Geistefeldt, J. und J. Lohoff (2011), *Stausituation auf den Autobahnen in Nordrhein-Westfalen*, Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Gehrsitz, M. (2017a), Speeding punishment, and recidivism: Evidence from a regression discontinuity design, *Journal of Law and Economics* 60(3), S. 497–528.
- Gehrsitz, M. (2017b), Low emission zones, air pollution, and infant health, *Journal of Environmental Economics and Management* 83, S. 121–44.
- Habla, W., V. Huwe und M. Kesternich (2019), Tempolimits und Grenzwerte: Für eine evidenzbasierte verkehrspolitische Debatte, *Wirtschaftsdienst* 99, S. 330–34.
- Heise online (2007), 50 Jahre Tempo 50, 1. September 2007, online verfügbar unter <https://www.heise.de/autos/artikel/50-Jahre-Tempo-50-461437.html>.
- Hoppe, A. (2017), Staus auf Deutschen Bundesautobahnen: Quantifizierung von Verlustzeiten anhand der Analyse historischer Staudaten, TU Dresden.
- Infas und DLR (2008), *Mobilität in Deutschland 2008 – Ergebnisbericht*. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- International Transport Forum (2020), *Road Safety Annual Report 2020*, OECD/ITF, online verfügbar unter https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/irtad-road-safety-annual-report-2020_0.pdf.
- Kallweit, D. und B. Bünger (2015), Feinstaub macht krank und kostet Leben – Berechnung jährlich entstehender Kosten durch die Feinstaubbelastung in Deutschland, *UMID (Umwelt und Mensch – Informationsdienst)* 2, S. 69–72.
- Knittel, C., D. Miller und N. Sanders (2016), Caution, drivers! Children present: Traffic, pollution, and infant health, *Review of Economics and Statistics* 98(2), S. 350–66.
- Künn, S., J. Palacios und N. Pestel (2019), Indoor air quality and cognitive performance, *IZA Discussion Paper* 12632.

- Lalive, R., S. Lüchinger und A. Schmutzler (2018), Does supporting passenger railroads reduce road transportation externalities?, *Journal of Environmental Economics and Management* 92, S. 744–64.
- Lichter, A., N. Pestel und E. Sommer (2017), Productivity effects of air pollution: Evidence from professional soccer, *Labour Economics* 48, S. 54–66.
- Listl, G., J.C. Otto und H. Zackor (2007), Quantifizierung staubedingter jährlicher Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen, *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen*, Heft V 161.
- Löhe, U. (2016), *Geschwindigkeiten auf Bundesautobahnen in den Jahren 2010 bis 2014*, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach.
- Ma, J., J. Gu, H. Jia, Z. Yao und R. Chang (2018), The relationship between drivers' cognitive fatigue and speed variability during monotonous daytime driving, *Frontiers in Psychology* 9, 459.
- Naumann, B. (1956), Fahren unsere Kraftfahrzeuge zu schnell?, *Frankfurter Allgemeine Zeitung* vom 19. Dezember 1956, S. 6.
- Nilsson, G. (2004), Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety. *Bulletin 221*, Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering, Lund.
- Pestel, N. und F. Wozny, F. (2019), Low emission zones for better health: Evidence from German hospitals, *IZA Discussion Paper* 12545.
- Rohles, C., R. Sullivan und T. Kniesner (2015), New estimates of the value of a statistical life using air bag regulations as a quasi-experiment, *American Economic Journal: Economic Policy* 7(1), S. 331–59.
- Sager, L. (2019), Estimating the effect of air pollution on road safety using atmospheric temperature inversions, *Journal of Environmental Economics and Management* 98, 102250.
- Schmidt, U. (2020), Generelles Tempolimit auf Autobahnen: Hohe volkswirtschaftliche Kosten sind zu berücksichtigen, *Kiel Policy Brief* 145.
- Scholz, T., A. Schmallowsky und T. Wauer (2007), Auswirkungen eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen im Land Brandenburg, online verfügbar unter https://mil.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2239.de/studie_tempolimit.pdf.
- Schönebeck, S., A. Schepers, M. Pöppel-Decker, N. Färber und A. Fitschen (2020), *Voraussichtliche Entwicklung von Unfallzahlen und Jahresfahrleistungen in Deutschland – Ergebnisse 2020*, Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Small, K.A. (2012), Valuation of travel time, *Economics of Transportation* 1(1–2), S. 2–14.
- Small, K.A., C. Winston und J. Yan (2005), Uncovering the distribution of motorists' preferences for travel time and reliability, *Econometrica* 73, S. 1367–82.

- Soriguera, F., I. Martínez, M. Sala und M. Menéndez (2017), Effects of low speed limits on freeway traffic flow, *Transportation Research Part C*, 77, S. 257–74.
- Statistisches Bundesamt (2020a), Verkehrsunfälle 2019 – Zeitreihen.
- Statistisches Bundesamt (2020b), Verkehrsunfälle 2019, Fachserie 8, Reihe 7.
- Statistisches Bundesamt (2020c), Nicht angepasste Geschwindigkeit für 46 % der Verkehrstoten auf Autobahnen mitverantwortlich, Zahl der Woche Nr. 3 vom 14. Januar 2020, online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2020/PD20_03_p002.html.
- Hausberger, S. (2019), Berechnungen mit dem PHEM-Modell für Diesel- und Benzin-Pkw in ausgewählten Fahrzyklen mit mittleren Geschwindigkeiten zwischen 80 und 185 km/h nach Absprache mit dem UBA, Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.
- Umweltbundesamt (2020), Klimaschutz durch Tempolimit – Wirkung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen, *Texte* 38/2020.
- Umweltbundesamt (2021), Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>.
- Van Benthem, A. (2015), What is the optimal speed limit on freeways?, *Journal of Public Economics* 124, S. 44–62.
- Van Benthem, A. (2011), Do we need speed limits on freeways?, *Job Market Paper*, Stanford University.
- VCD (Verkehrsclub Deutschland) (2019), Tempolimit auf Autobahnen, online verfügbar unter https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Verkehrssicherheit/Tempolimit_auf_Autobahnen/VCD_Hintergrundpapier_Tempolimit_04_2019.pdf.
- VDA (Verband der Automobilindustrie) (2019), Position: Fakten gegen ein generelles Tempolimit.
- Wissenschaftlicher Beirat beim BMVI (2010), *Sicherheit zuerst – Möglichkeiten zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit in Deutschland*, Gutachten, online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/wissenschaftlicher-beirat-gutachten-2010.pdf?__blob=publicationFile.
- Wolff, H. (2012), Value of time: Speeding behavior and gasoline prices, *IZA Discussion Paper* 6788.
- Wolff, H. (2014), Keep your clunker in the suburb: Low-emission zones and adoption of green vehicles, *Economic Journal* 124(578), S. F481–512.