

TEXTE

38/2020

Klimaschutz durch Tempolimit

Wirkung eines generellen Tempolimits auf
Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen

TEXTE 38/2020

Klimaschutz durch Tempolimit

Wirkung eines generellen Tempolimits auf
Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen

von

Martin Lange

Fachgebiet „Schadstoffminderung und Energieeinsparung im
Verkehr“ (I 2.2)

unter Mitarbeit von

Manuel Hendzlik

Fachgebiet „Umwelt und Verkehr“ (I 2.1) und

Martin Schmied

Leiter der Abteilung „Verkehr, Lärm und räumliche
Entwicklung“ (I 2)

Umweltbundesamt

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Tel: +49 340-2103-0

Fax: +49 340-2103-2285

buergerservice@uba.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Abschlussdatum:

Februar 2020 - korrigierte Version vom Juni 2020 (Seite 16)

Redaktion:

Fachgebiet I 2.2 Schadstoffminderung und Energieeinsparung im Verkehr

Martin Lange

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2020

Kurzbeschreibung: Klimaschutz durch Tempolimit: Wirkung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen

Die Begrenzung der Geschwindigkeit in Form eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen kann die Klimawirkung des Verkehrs verringern. Den Beitrag von Tempolimits auf Bundesautobahnen zur Entlastung der Umwelt hat das Umweltbundesamt auf Basis von Daten aus dem Jahr 1996 letztmals berechnet.

Im Jahr 2019 wurden von der Bundesanstalt für Straßenwesen Daten zu den mittleren Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsverteilungen auf Bundesautobahnen veröffentlicht. In Verbindung mit detaillierten Verbrauchswerten und damit Kohlendioxid-Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit konnte so die Wirkung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen des Verkehrs vom Umweltbundesamt aktualisiert berechnet werden.

Die Vorgehensweise, Berechnungsschritte, verwendeten Eingangsdaten und getroffenen Annahmen werden in der vorliegenden Kurzstudie detailliert beschrieben. Als Ergebnis werden für ein generelles Tempolimit von 100 km/h, 120 km/h und 130 km/h die Treibhausgas-Minderung bestimmt.

Abstract: Climate protection through speed limits: Effect of a general speed limit on federal motorways on greenhouse gas emissions

Limiting speed in the form of a general speed limit on federal motorways can reduce the climate impact of transport. The German Environment Agency last calculated the contribution of speed limits on federal motorways to reducing the burden on the environment based on data from 1996.

In 2019, the Federal Highway Research Institute published data on average speeds and speed distributions on federal motorways. In conjunction with detailed consumption values and thus carbon dioxide emissions from passenger cars and light commercial vehicles as a function of speed, the effect of a speed limit on federal motorways on the greenhouse gas emissions of transport was recalculated on this basis by the German Environment Agency.

The procedure, calculation steps, input data used and assumptions made are described in detail in this short study. As a result, the greenhouse gas reduction is determined for a general speed limit of 100 km/h, 120 km/h and 130 km/h.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary	11
1 Einleitung, Schwerpunkte der Analyse und Vorgehensweise.....	12
2 Ergebnisse bisheriger Studien zum generellen Tempolimit auf Autobahnen.....	14
3 Geschwindigkeitsverteilungen auf Bundesautobahnen für Strecken ohne Tempolimit und bei Tempo 120.....	15
4 CO ₂ -Emissionen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit	18
5 Abschätzung der Potentiale eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen zur CO ₂ -Minderung.....	22
5.1 Potential eines generellen Tempolimits von 120 km/h zur CO ₂ -Minderung.....	22
5.2 Potential eines generellen Tempolimits von 130 km/h zur CO ₂ -Minderung.....	24
5.3 Potential eines generellen Tempolimits von 100 km/h zur CO ₂ -Minderung.....	25
5.4 Potential von Tempolimits auf Bundesautobahnen zur CO ₂ -Minderung nach der Systemgrenze der Klimaberichterstattung und Umrechnung in Treibhausgasminderung ..	26
6 Einordnung der Wirkung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen	28
7 Quellenverzeichnis	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Geschwindigkeitsverteilung des Leichtverkehrs ohne Anhänger für Strecken ohne Tempolimit und mit Tempolimit von 120 km/h	15
Abbildung 2:	Zu- und Abnahme der Anteile des Leichtverkehrs ohne Anhänger in den Geschwindigkeitsklassen bei Einführung eines Tempolimits von 120 km/h auf Strecken ohne vorherige Geschwindigkeitsbeschränkung	17
Abbildung 3:	CO ₂ -Emissionen von Euro 6-Diesel- und -Benzin-Pkw in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des Fahrzyklus ermittelt mit PHEM	19
Abbildung 4:	Regressionskurve für die CO ₂ -Emissionen von Euro 6-Pkw in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des Fahrzyklus auf Basis von PHEM-Daten für Geschwindigkeiten ab 80 km/h.....	20
Abbildung 5:	Regressionskurve für die CO ₂ -Emissionen von Euro 6-Pkw in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des Fahrzyklus auf Basis von HBEFA-Daten für Geschwindigkeiten unter 80 km/h	21
Abbildung 6:	THG-Minderungswirkung durch die Einführung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen nach unterschiedlichen Bilanzgrenzen für das Jahr 2018	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Mittlere Geschwindigkeit, Anteil der dort erbrachten Fahrleistung, CO ₂ -Emissionen pro Kilometer für die mittleren Geschwindigkeiten sowie CO ₂ -Emissionen zugeordnet zu Abschnitten mit bzw. ohne Tempolimits auf Basis der Inlandsfahrleistung22
Tabelle 2:	Durchschnittliche CO ₂ -Emissionen pro Kilometer für Pkw und LNFz auf Abschnitten „120 km/h“ und „offen“23
Tabelle 3:	CO ₂ -Minderung eines generellen Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen für Streckenabschnitte mit Tempo 130 bzw. ohne Tempolimit („alt“) auf Basis der Inlandsfahrleistung24
Tabelle 4:	CO ₂ -Minderung eines generellen Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen für Streckenabschnitte ohne Tempolimit („alt“) auf Basis der Inlandsfahrleistung25
Tabelle 5:	CO ₂ -Minderung eines generellen Tempolimits von 100 km/h auf Bundesautobahnen für Streckenabschnitte mit Tempo 120, Tempo 130 bzw. ohne Tempolimit („alt“) auf Basis der Inlandsfahrleistung26
Tabelle 6:	THG-Minderungswirkung durch die Einführung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen nach unterschiedlichen Bilanzgrenzen.....27

Abkürzungsverzeichnis

BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
CO₂	Kohlendioxid
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
CH₄	Methan
Lkw	Lastkraftwagen
LNfz	Leichte Nutzfahrzeuge
N₂O	Distickstoffmonoxid
PHEM	<i>Passanger Car and Heavy Duty Emission Modell</i>
Pkw	Personenkraftwagen
UBA	Umweltbundesamt
TREMOT	<i>Transport Emission Model</i>
UNFCCC	Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen
THG	Treibhausgas
TREMOT	<i>Transport Emission Model</i>

Zusammenfassung

Die Begrenzung der Geschwindigkeit in Form eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen würde die Klimawirkung des Verkehrs verringern. Im Jahr 2018 verursachten Pkw und leichte Nutzfahrzeuge auf Bundesautobahnen in Deutschland Treibhausgasemissionen in Höhe von rund 39,1 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (CO₂-Äquivalente). Durch die Einführung eines generellen Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen würden die Emissionen um jährlich 1,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert. Ein Tempolimit von 120 km/h würde die Treibhausgasemissionen bereits um 2,6 Millionen Tonnen, ein Tempolimit von 100 km/h sogar um 5,4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr mindern.

Damit könnte die Einführung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen zur Erreichung des Klimaschutzzieles für den Verkehr im Jahr 2030, wie es im Bundes-Klimaschutzgesetz festgelegt ist, beitragen – und zwar bereits kurzfristig und ohne nennenswerte Mehrkosten. Gleichzeitig würden auch Lärm- und Schadstoffemissionen zurückgehen und die Verkehrssicherheit erhöht.

Als Grundlage für die Berechnungen wurden aktuell verfügbare Daten verwendet: Dazu gehören einerseits die kürzlich von der Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlichten Daten zu den mittleren Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsverteilungen auf Bundesautobahnen für den so genannten Leichtverkehr, also vor allem für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Andererseits wurden für diese Berechnungen detaillierte Verbrauchswerte und damit Kohlendioxid-Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit mit dem *Passanger Car and Heavy Duty Emission Modell (PHEM)* ermittelt. PHEM liefert Emissionsdaten für das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) und ist damit Datengrundlage für die Umweltberichterstattung vieler Länder und Kommunen in Europa.

Summary

Limiting speed in the form of a general speed limit on German federal motorways would allow for reducing the climate impact of transport. In 2018 passenger cars and light commercial vehicles caused greenhouse gas emissions of around 39.1 million tonnes carbon dioxide equivalent (CO₂-equivalent) in Germany while driving on federal motorways. The introduction of a general speed limit of 130 km/h on motorways would reduce emissions by 1.9 million tonnes CO₂-equivalent annually. A speed limit of 120 km/h would already reduce greenhouse gas emissions by 2.6 million tonnes and a limit of 100 km/h even reduce them by 5.4 million tonnes.

Thus, the introduction of a general speed limit on federal motorways could contribute to achieving Germany's climate protection target for transport by the year 2030, as set out in the Federal Climate Protection Act. Introduction could be achieved in the short term and without significant additional costs. At the same time, noise and pollutant emissions would also be reduced, and traffic safety increased.

Most recent available data was used as the basis for the calculations: These include, on one hand, the data recently published by the Federal Highway Research Institute on average speeds and speed distributions on federal motorways for so-called light traffic, i.e. primarily for passenger cars and light commercial vehicles. On the other hand, detailed consumption values and thus carbon dioxide emissions of passenger cars and light commercial vehicles as a function of speed were determined for these calculations using the Passenger Car and Heavy Duty Emission Model (PHEM). PHEM provides emission data for the Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA) and is thus the data base for environmental reporting in many countries and municipalities in Europe.

1 Einleitung, Schwerpunkte der Analyse und Vorgehensweise

Der Straßenverkehr ist eine der Voraussetzungen für das Funktionieren unseres Wirtschaftssystems und ein wichtiger Bestandteil unserer privaten Mobilität. Die Nutzung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren trägt aber gleichzeitig durch Lärm-, Schadstoff- und Treibhausgasemissionen zu verschiedenen negativen Umweltwirkungen bei. Auch Unfälle mit verletzten und getöteten Personen gehören zu den negativen Folgen des Straßenverkehrs.

Eine Begrenzung der Geschwindigkeit in Form eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen, beispielsweise auf 100, 120 oder 130 Kilometer pro Stunde (km/h), könnte dazu führen, diese negativen Umweltwirkungen zu verringern. Lärm sowie Schadstoff- und Treibhausgasemissionen würden zurückgehen und die Verkehrssicherheit erhöht (UBA 1999). Trotz der Vorteile für Mensch, Umwelt und Verkehrssicherheit wurde bisher ein generelles Tempolimit auf Bundesautobahnen in Deutschland nicht eingeführt. In den meisten Ländern der Welt bestehen auf Autobahnen Tempolimits.

In dieser Kurzstudie wird untersucht, inwieweit eine Einführung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Die möglichen Auswirkungen von Tempolimits auf Lärm, Luftschadstoffemissionen und Verkehrssicherheit werden in dieser Kurzstudie nicht weiter vertieft. Es werden ausschließlich die Minderungen bei Personenkraftwagen (Pkw) und leichten Nutzfahrzeugen (LNfz) untersucht, da für Lastkraftwagen (Lkw) ab 3,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht bereits eine generelle Geschwindigkeitsbeschränkung von 80 km/h auf deutschen Bundesautobahnen gilt. Mittelfristig mögliche Rückwirkungen auf die Pkw- und LNfz-Flotten, d.h. beispielsweise leichtere oder geringer motorisierte Fahrzeuge, werden nicht berücksichtigt.

Im Jahr 2018 verursachte der Straßenverkehr basierend auf den Fahrleistungen im Inland Treibhausgasemissionen in Höhe von 186,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Davon entfallen rund 44,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente auf Fahrten von Pkw und LNfz auf deutschen Autobahnen.^{1,2} Da einige Fahrzeuge zwar auf deutschen Straßen fahren, aber Kraftstoffe im Ausland tanken, liegen die Treibhausgasemissionen, die Deutschland im Rahmen der internationalen Klimabilanzen berichtet, niedriger – denn in die Klimaberichterstattung gehen nur die in Deutschland getankten Kraftstoffmengen ein. In den Grenzen der Klimaberichterstattung betragen die Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs im Jahr 2018 rund 157,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bzw. 39,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente für Fahrten von Pkw und LNfz auf deutschen Autobahnen.

Ein generelles Tempolimit auf Bundesautobahnen wirkt nur auf den Teil der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen, den Pkw und LNfz auf deutschen Autobahnen verursachen. Zur Ermittlung der Wirkung eines Tempolimits ist entscheidend, welche Fahrleistungsanteile Pkw und LNfz bei definierten Geschwindigkeiten auf dem Autobahnnetz erbringen – und zwar unter Berücksichtigung der realen Verkehrssituationen wie Stau oder zähfließendem Verkehr. Als wesentliche Datenquelle zur Geschwindigkeitsverteilung auf Bundesautobahnen wird eine 2019 veröffentlichte Analyse der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) zur

¹ Transport Emission MODell (TREMOD) Version 6.02, Bilanzgrenze: Inland.

² Für die Treibhausgasberichterstattung im Rahmen der Klimarahmenkonvention geht nicht der Verkehr im Inland und damit die Inlandsfahrleistung Deutschlands ein, sondern die Treibhausgasemissionen auf Basis der in Deutschland abgesetzten Kraftstoffmengen. Diese weichen aufgrund von verschiedenen Effekten (v. a. aufgrund von Tanktourismus) von den Werten der Verkehre im Inland ab.

Geschwindigkeitsverteilung des Leichtverkehrs³ (Löhe 2016) verwendet. Für die Analysen in dieser Kurzstudie sind darüber hinaus Annahmen notwendig, die transparent dargestellt werden. Um die Datenlage zu den Fahrleistungsanteilen darüber hinaus noch weiter zu verbessern, hat das Umweltbundesamt (UBA) aktuell ein Forschungsvorhaben mit dem Titel „Flüssiger Verkehr für Klimaschutz und Luftreinhaltung“ (FKZ 3719 58 102 0) beauftragt.

Neben Fahrleistungsanteilen werden zudem auch die Kraftstoffverbräuche und die damit zusammenhängenden Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen von Pkw und LNFz in Abhängigkeit der Geschwindigkeit benötigt. In der Verkehrsemissionsdatenbank Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA)⁴ liegen diese Daten nicht in ausreichender Detaillierung bzw. für ausreichend hohe Geschwindigkeiten vor. Aus diesem Grund wurden mit Hilfe des so genannten Passenger Car and Heavy Duty Emission Modell (PHEM) die benötigten Kraftstoff- und CO₂-Emissionswerte für diese Kurzstudie neu modelliert. PHEM ist auch die wesentliche Datengrundlage von HBEFA und dem UBA-Verkehrsemissionsmodell TREMOD (Transport Emission Model) – damit ist sichergestellt, dass alle verwendeten Daten kongruent zu anderen Abschätzungen von Umweltwirkungen von verkehrsbezogenen Klimaschutzmaßnahmen sind, die sich auf TREMOD oder HBEFA beziehen.

Die vorliegende Kurzstudie analysiert ausschließlich die Klimawirkungen eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen. Unabhängig davon sieht das UBA es als sinnvoll an, aus Umweltgründen ein generelles Tempolimit von 80 km/h auf Außerortstraßen sowie eine Richtgeschwindigkeit von 30 km/h innerorts einzuführen. Die Wirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen innerorts auf Lärm, Luftschadstoffe und Verkehrssicherheit sind in der UBA-Publikation „Wirkungen von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen“ dargestellt (UBA 2017)⁵.

³ Motorisierte Zweiräder, Personenkraftwagen sowie Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5 Tonnen (im Weiteren leichte Nutzfahrzeuge genannt). (BMVI 2014)

⁴ www.hbefa.net

⁵ <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wirkung-von-tempo-30-an-hauptverkehrsstrassen>

2 Ergebnisse bisheriger Studien zum generellen Tempolimit auf Autobahnen

Den Beitrag von Tempolimits auf Bundesautobahnen zur Entlastung der Umwelt hat das UBA auf Basis von Daten aus dem Jahr 1996 letztmals berechnet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der Publikation "Umweltauswirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen" veröffentlicht (UBA 1999). Wegen fehlender neuerer Erhebungen zum Geschwindigkeitsverhalten auf Autobahnen waren bisher keine aktuelleren Aussagen möglich. Unter Annahme eines unveränderten Geschwindigkeitsverhaltens gegenüber (UBA 1999) und einem Befolgungsgrad von 80 % wurde 2010 abgeschätzt, dass bei einem Tempolimit von 120 km/h die CO₂-Emissionen der Pkw auf deutschen Bundesautobahnen um 9 % sinken würden (UBA 2010, UBA 2012). Dies entspricht nach der damaligen Prognose für 2020 einer Menge von jährlich rund 3,2 Millionen Tonnen CO₂ (Basis: Inlandsfahrleistung).

Im Jahr 2018 veröffentlichte die Agora Verkehrswende die Studie „Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030“ (Agora 2018). Neben anderen Maßnahmen wird dort ein Tempolimit als Klimaschutzmaßnahme betrachtet. Aufgrund damals fehlender Daten zu Geschwindigkeitsverteilungen auf Bundesautobahnen wurden die CO₂-Emissionen der Pkw direkt aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA, Version 3.2)⁶ entnommen. Insbesondere die Verkehrssituationen für Streckenabschnitte ohne Tempolimit sind im HBEFA jedoch nur vereinfachend abgebildet.⁷ Für ein Tempolimit von 120 km/h weist die Studie eine Minderung von ca. 2 Mio. Tonnen Treibhausgase berechnet als CO₂-Äquivalente⁸ aus (Basis: Fahrleistung entsprechend der Systemgrenzen der Energiebilanzierung⁹). Diese könnte nach Aussagen der Studie auf ca. 3,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente ansteigen, wenn zusätzlicher Verkehr durch veränderte Reisezeiten auf klimaverträgliche Verkehrsmittel verlagert würde. Für ein Tempolimit von 130 km/h ergeben sich bei identischer methodischen Vorgehensweise Minderungen von 1 bzw. 2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente, wenn auch hier zusätzlich ein geändertes Reiseverhalten angenommen wird.

⁶ Zum damaligen Zeitpunkt aktuelle Version war das HBEFA 3.3; inzwischen Version 4.1.

⁷ Die Fahrzyklen werden gegenüber dem Tempolimit von 130 km/h nur um ca. 10 km/h zu höheren Geschwindigkeiten verschoben.

⁸ Der Unterschied zwischen CO₂- und CO₂-Äquivalent-Emissionen liegt beim Pkw- und LNfz-Verkehr auf Autobahnen bei rund 0,5 %, so dass beide Zahlenwerte vergleichbar sind. Die Differenz beruht darauf, dass bei den CO₂-Äquivalent-Emissionen weitere Treibhausgasemissionen wie Methan (CH₄) oder Distickstoffmonoxid (N₂O) berücksichtigt werden, die aber beim Kraftfahrzeug-Verkehr nur in sehr geringen Mengen entstehen.

⁹ D.h. in Deutschland abgesetzte Kraftstoffmengen.

3 Geschwindigkeitsverteilungen auf Bundesautobahnen für Strecken ohne Tempolimit und bei Tempo 120

Im Jahr 2019 veröffentlichte die BASt Daten zu Geschwindigkeitsverteilungen des Leichtverkehrs auf Bundesautobahnen (Löhe 2016). Die entsprechenden Daten wurden im Zeitraum 2010 bis 2014 erhoben.¹⁰ Da keine aktuelleren Daten vorliegen, wird an dieser Stelle die Annahme getroffen, dass diese Geschwindigkeitsverteilungen auch heute noch identisch sind.

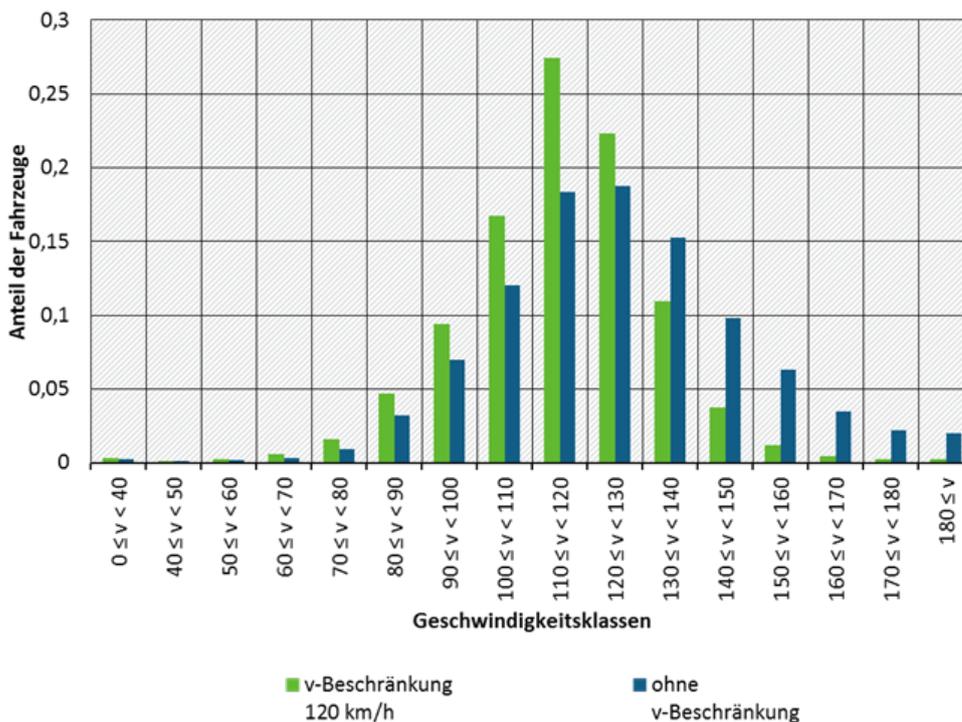
Annahme 1

Die Geschwindigkeitsverteilungen auf Bundesautobahnen sind heute (Berechnungsjahr 2018) noch identisch wie im Zeitraum 2010 bis 2014.

Die Daten aus Löhe (2016) können genutzt werden, um die Wirkung eines Tempolimits von 120 km/h belastbar zu schätzen.¹¹ Vergleicht man die Verteilung der Geschwindigkeiten der Fahrzeuge des Leichtverkehrs (siehe Abbildung 1), so zeigt sich, dass ohne eine Geschwindigkeitsbeschränkung die Fahrzeuge mit einer durchschnittlich höheren Geschwindigkeit fahren.

Abbildung 1: Geschwindigkeitsverteilung des Leichtverkehrs ohne Anhänger für Strecken ohne Tempolimit und mit Tempolimit von 120 km/h

Mittelwert der Fahrzeuge an den Messstellen für Zeitraum 2010 bis 2014



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen: "Geschwindigkeiten auf Bundesautobahnen in den Jahren 2010 bis 2014" (Löhe 2016), UBA 2020

¹⁰ In Löhe (2016) dargestellte Effekte, wie beispielsweise unterschiedliche Verteilungen in Ballungsräumen und außerhalb dieser sowie der Längsneigung werden hier vernachlässigt.

¹¹ Für andere Geschwindigkeiten wie ein Tempolimit von 100 km/h bzw. 130 km/h, ist dies nur deutlich größer möglich. Grund ist, dass in Löhe (2016) keine Geschwindigkeitsverteilungen für Zählstreifen an Streckenabschnitten für diese Tempolimits enthalten sind.

Ohne Geschwindigkeitsbeschränkung fahren etwa 58 % des Leichtverkehrs schneller als 120 km/h bzw. 8 % schneller als 160 km/h. Liegt jedoch eine Geschwindigkeitsbeschränkung von Tempo 120 vor, so sind nur noch 39 % schneller als 120 km/h bzw. weniger als 1 % schneller als 160 km/h unterwegs. Nicht alle Fahrer halten sich also an das Tempolimit.¹² Nimmt man an, dass durch die Einführung eines generellen Tempolimits das Fahrverhalten so geändert werden kann, dass auf allen Abschnitten, auf denen vorher eine höhere Geschwindigkeit erlaubt war, die Fahrzeuge wie auf Streckenabschnitten mit einem Tempolimit von 120 km/h fahren, so kann das CO₂-Minderungspotential auf Basis dieser Daten abgeschätzt werden.¹³

Annahme 2

Pkw und LNFz sind auf Strecken mit einem generellen Tempolimit von 120 km/h genauso schnell unterwegs wie auf dem Teilnetz der Bundesautobahnen, auf denen schon heute ein Tempolimit von 120 km/h gilt.¹⁴ Der Befolgungsgrad – also der Anteil der Pkw und LNFz, die sich an das Tempolimit halten – ist bei einem generellen Tempolimit von 120 km/h auf Bundesautobahnen genauso hoch wie der auf den heutigen Teilabschnitten mit Tempo 120 und liegt bei 61 %.

Annahme 3

Pkw und LNFz mit Geschwindigkeiten größer 180 km/h werden aufgrund fehlender Geschwindigkeitsdaten aus der BAST-Studie in Näherung wie Pkw/LNFz mit Tempo 185 km/h behandelt.

Die sich dadurch einstellende Veränderung der Geschwindigkeitsverteilung ist in Abbildung 2 dargestellt.

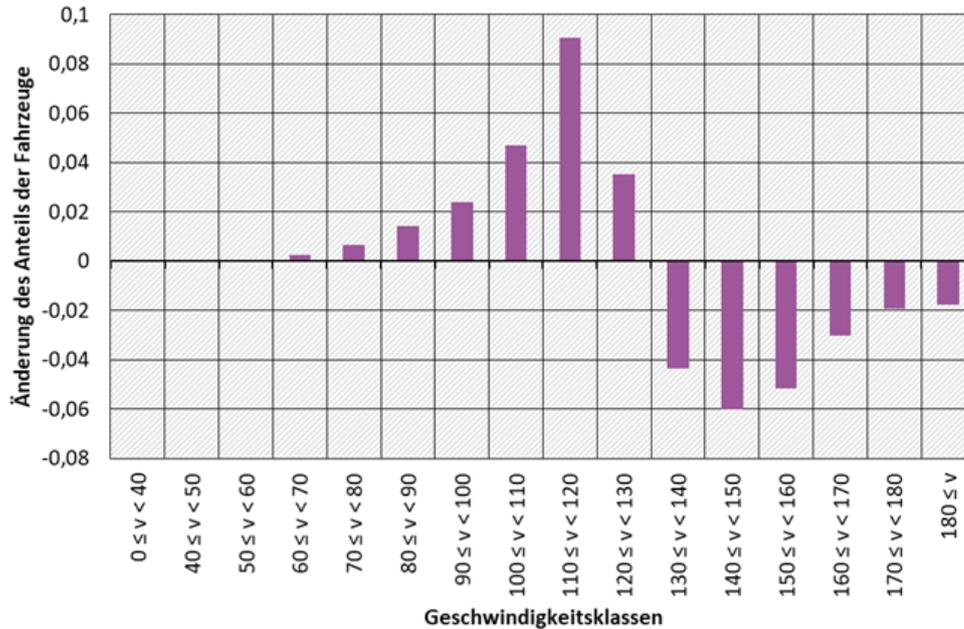
¹² In (UBA 1999) wurde daher die Befolgung des Tempolimits durch Annahmen abgeschätzt.

¹³ Ohne diese Annahme ist dies nicht ohne weiteres möglich. Gleichzeitig ist es denkbar, dass es sich bei Strecken ohne Tempolimit insbesondere um Abschnitte handelt, in denen Topographie oder Verkehrsaufkommen ein schnelles Fahren ermöglichen. Auch mit einem Tempolimit von beispielsweise 120 km/h oder 130 km/h könnten die Pkw daher schneller unterwegs sein, als auf Strecken auf denen heute das gleiche Tempolimit gilt. Die Wirkung des Tempolimits würde daher unterschätzt werden. Deutlich wird daher, dass eine regelmäßige Kontrolle mit dem Ziel einer hohen Einhaltung der Geschwindigkeit notwendig ist.

¹⁴ Dies bedeutet unter anderem, dass eine stärkere Einhaltung des Tempolimits durch Geschwindigkeitskontrollen damit in der Abschätzung nicht berücksichtigt wird.

Abbildung 2: Zu- und Abnahme der Anteile des Leichtverkehrs ohne Anhänger in den Geschwindigkeitsklassen bei Einführung eines Tempolimits von 120 km/h auf Strecken ohne vorherige Geschwindigkeitsbeschränkung

Mittelwert der Fahrzeuge an den Messstellen für Zeitraum 2010 bis 2014; Bezogen auf die Gesamtzahl der Fahrzeuge



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen: "Geschwindigkeiten auf Bundesautobahnen in den Jahren 2010 bis 2014" (Löhe 2016), UBA 2020

Die Anzahl der Fahrzeuge bei hohen Geschwindigkeiten nimmt ab, die bei geringen Geschwindigkeiten zu. Bei Geschwindigkeiten unter 60 km/h ist der Anteil der Fahrleistung in den in Abbildung 2 gezeigten Fällen gering, sodass die absoluten Unterschiede auch gering sind.

4 CO₂-Emissionen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

Aufgrund der Zunahme des Kraftstoffverbrauches und damit auch der Treibhausgasemissionen von Pkw und LNFz bei zunehmender Geschwindigkeit im für Autobahnen relevanten Bereich über 80 km/h ergibt sich durch die Einführung eines Tempolimits eine Minderung der CO₂-Emissionen pro gefahrenen Kilometer (siehe Abbildung 3). Zur Quantifizierung des Minderungspotentials ist es notwendig, die CO₂-Emissionen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit möglichst genau zu kennen.¹⁵

Um die Abhängigkeit der CO₂-Emissionen von der Geschwindigkeit zu bestimmen, wurden Fahrzyklen des HBEFA (Version 4.1) sowie weitere Autobahnzyklen als modifizierte HBEFA-Fahrzyklen¹⁶ bzw. nach Steven (2019) genutzt. Diese bilden mit ihren mittleren Geschwindigkeiten und Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen das Fahren auf Bundesautobahnen ab. Die Emissionen werden dabei mit zwei verschiedenen Ansätzen für Geschwindigkeiten oberhalb sowie unterhalb von 80 km/h bestimmt.

Im Falle der Berechnung für Geschwindigkeiten oberhalb von 80 km/h wurden für diese Fahrzyklen mit Hilfe von PHEM die CO₂-Emissionen pro Kilometer bestimmt (TUG 2019). Dazu wurde ein durchschnittlicher, moderner Euro 6-Pkw – getrennt nach Diesel und Benzin – betrachtet (TUG 2019). In Abbildung 3 sind die entsprechenden CO₂-Emissionen in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des gefahrenen Fahrzyklus dargestellt.¹⁷

Mit zunehmender Geschwindigkeit steigen die CO₂-Emissionen stark an, da ein größerer Fahrwiderstand, insbesondere infolge des zunehmenden Luftwiderstandes, überwunden werden muss, was zu einem entsprechend höheren Kraftstoffverbrauch führt. Die jeweiligen Verbrauchswerte sind für Diesel- und Benzin-Pkw in den gleichen Fahrzyklen sehr ähnlich. Grund sind die höheren Massen und Leistungen der Diesel-Fahrzeuge, sodass diese trotz höherem Wirkungsgrad des Dieselmotors keinen CO₂-Vorteil gegenüber Benzin-Pkws haben (TUG 2019). Aufgrund des geringen Unterschiedes beim oben gezeigten Verlauf, werden Benzin- und Diesel-Pkw im Folgenden nicht weiter unterschieden. Es wird jeweils der Mittelwert der beiden Antriebe verwendet.¹⁸

Annahme 4

Benzin- und Diesel-Pkw werden nicht getrennt betrachtet, da die CO₂-Emissionen der durchschnittlichen und damit typischen Fahrzeuge in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit sehr ähnlich sind.

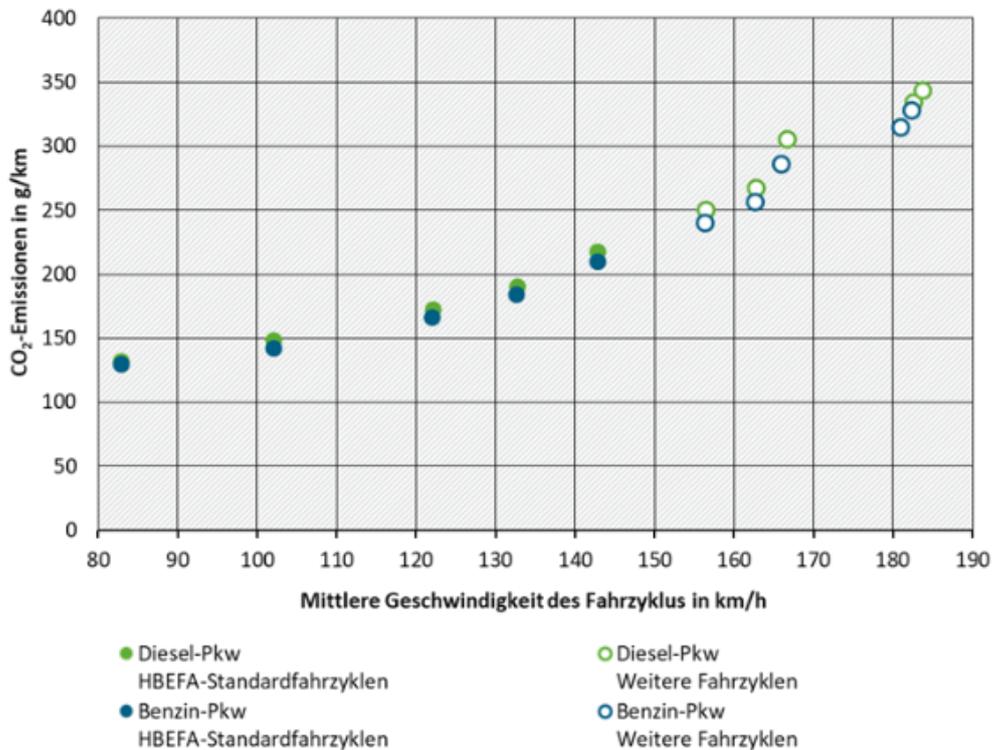
¹⁵ CH₄- und N₂O-Emissionen tragen im Pkw- und LNFz-Verkehr auf Autobahnen nachgeordnet zur Klimawirkung bei (rund 0,5 %). Im Rahmen der Abschätzung der Wirkung, werden sie zunächst in den Berechnungen vernachlässigt und am Ende pauschal zur Ermittlung der Gesamtminderungswirkung eines generellen Tempolimits für Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen berücksichtigt.

¹⁶ Um weitere Geschwindigkeiten von 20 und 40 km/h verschobene Fahrzyklen des HBEFA (Außerorts, Autobahn, freifließender Verkehr, 0 % Steigung).

¹⁷ Die mittleren Geschwindigkeiten werden nur genutzt um die Regressionskurve für den Verlauf der CO₂-Emissionen von der Geschwindigkeit zu bestimmen und gehen im Weiteren nicht weiter in die Rechnungen ein.

¹⁸ Da Diesel- und Benzin-Kraftstoffe auch in ca. ähnlicher Höhe zu den CO₂-Emissionen auf Autobahnen beitragen, ist diese Gewichtung so möglich.

Abbildung 3: CO₂-Emissionen von Euro 6-Diesel- und -Benzin-Pkw in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des Fahrzyklus ermittelt mit PHEM



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Berechnungen (TUG 2019), UBA 2020

Durch Bestimmung einer quadratischen Regressionskurve aus den jeweiligen CO₂-Emissionsmittelwerten von Benzin- und Diesel-Pkw in Abbildung 3 wurden für die mittleren Geschwindigkeiten der Intervalle der BAST-Studie (Löhe 2016) die CO₂-Emissionen pro Fahrzeugkilometer bestimmt. Die Regressionskurve ist in Abbildung 4 dargestellt. Für diese ergibt sich eine gute Übereinstimmung, die für die Interpolation geeignet ist.

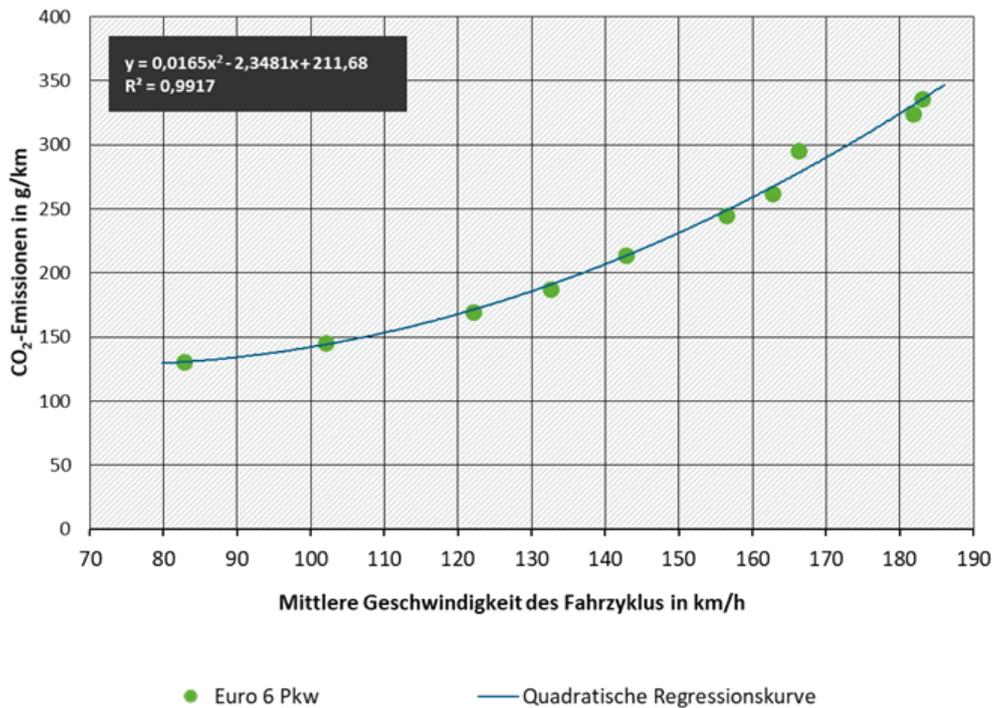
Euro 6-Pkw haben im praktischen Betrieb auf der Straße im Flottendurchschnitt nahezu ähnlich hohe CO₂-Emissionen wie Pkw mit älteren Baujahren entsprechend der Abgasnormen Euro 3, 4 und 5 (UBA 2019).¹⁹ Pkw mit den Abgasnormen Euro 3 bis Euro 6 erbringen insgesamt mehr als 90 % des Fahrleistungsanteils aller Pkw. Weiterhin ist der relative Verlauf der CO₂-Emissionen für Pkw mit verschiedenen Euro-Normen ähnlich. Daher werden Pkw im Weiteren nicht nach Euro-Normen unterschieden.

Annahme 5

Pkw mit älteren Abgasnormen als Euro 6 werden bezüglich der CO₂-Emissionen mit Euro 6-Pkw genähert.

¹⁹ Die Effizienz des Antriebsstrangs der Pkw hat im Zeitraum zwar zugenommen und es wurden weitere Effizienzmaßnahmen ergriffen, jedoch sind die Pkw gleichzeitig deutlich größer und schwerer geworden.

Abbildung 4: Regressionskurve für die CO₂-Emissionen von Euro 6-Pkw in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des Fahrzyklus auf Basis von PHEM-Daten für Geschwindigkeiten ab 80 km/h



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Berechnungen (TUG 2019), UBA 2020

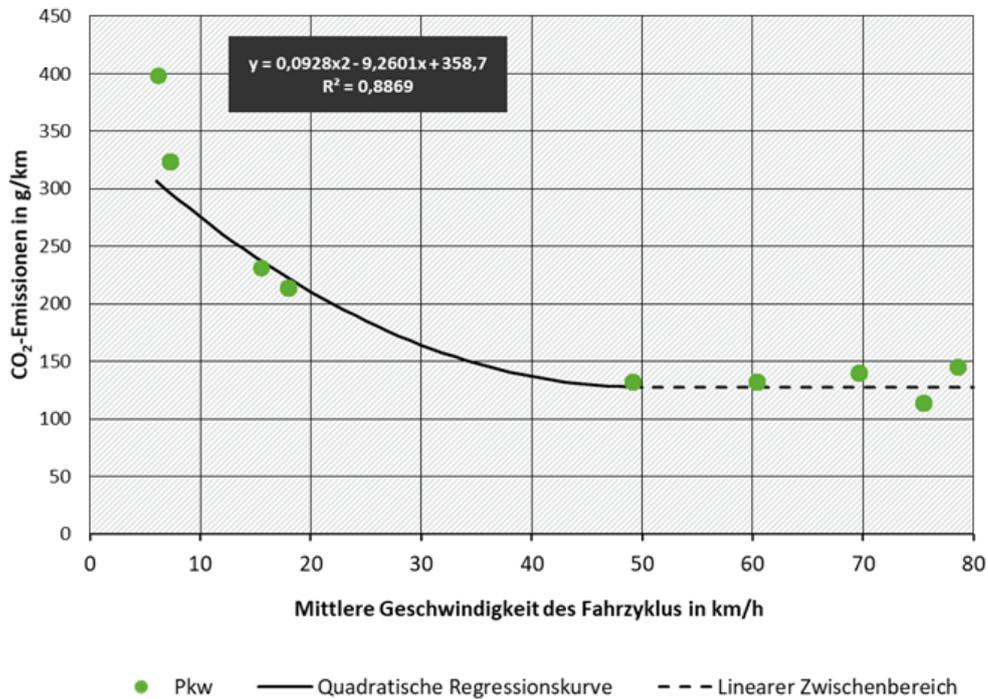
Bei sehr geringen Geschwindigkeiten (z. B. Stop-and-Go-Verkehr) steigen die CO₂-Emissionen wieder an.²⁰ Um dies zu berücksichtigen wurde für Geschwindigkeiten unterhalb von 80 km/h der Verlauf der CO₂-Emissionen auf Grundlage von HBEFA-Fahrzyklen auf Autobahnen bestimmt. Vereinfachend wird zwischen 80 und 50 km/h ein linearer Verlauf und unterhalb von 50 km/h eine quadratische Zunahme mit abnehmender Geschwindigkeit angenommen. Es wurde nicht nach Benzin und Diesel oder Euro-Norm unterschieden. In Abbildung 5 sind sowohl die CO₂-Emissionen in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des Fahrzyklus auf Basis von HBEFA-Daten als auch die daraus resultierende Regressionskurve dargestellt.

Die Anforderungen an die Qualität der Näherung in diesem Bereich sind geringer, da die Fahrleistungsanteile klein sind (siehe Abbildung 1)²¹ und damit eine Änderung des Tempolimits in diesem Geschwindigkeitsbereich kaum Auswirkungen auf die Fahrleistungsanteile hat (siehe Abbildung 2).

²⁰ Insbesondere da die Fahrzeuge in nicht mehr optimalen Betriebspunkten betrieben werden. Gleichzeitig führen jedoch auch Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge, die bei HBEFA-Zyklen mit geringen Geschwindigkeiten eine bedeutendere Rolle spielen, zu höheren CO₂-Emissionen (z. B. Stop-and-Go-Verkehr).

²¹ Der Fahrleistungsanteil bis 80 km/h liegt unter 3 %.

Abbildung 5: Regressionskurve für die CO₂-Emissionen von Euro 6-Pkw in Abhängigkeit der mittleren Geschwindigkeit des Fahrzyklus auf Basis von HBEFA-Daten für Geschwindigkeiten unter 80 km/h



Quelle: Eigene Berechnungen, UBA 2020

Mithilfe der beiden Regressionskurven und dem konstanten Abschnitt können damit über den gesamten untersuchten Geschwindigkeitsbereich von Löhe (2016) die CO₂-Emissionen für die Stützstellen bestimmt werden. Diese wurden jeweils in der Mitte der Geschwindigkeitsintervalle gelegt.

LNfz werden aufgrund des geringeren Beitrages zu den CO₂-Emissionen nicht separat mit PHEM modelliert, sondern es werden die für Pkw ermittelten CO₂-Minderungen auf LNfz übertragen. Dies ist auch daher sinnvoll, da die Geschwindigkeitsinformationen in Löhe (2016) nicht getrennt für Pkw und LNfz vorliegen.

Annahme 6

LNfz werden nicht separat modelliert; die CO₂-Minderungen der Pkw werden auf LNfz übertragen.

5 Abschätzung der Potentiale eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen zur CO₂-Minderung

5.1 Potential eines generellen Tempolimits von 120 km/h zur CO₂-Minderung

Zusätzlich zu den Geschwindigkeitsverteilungen sind in der BAST-Studie auch Informationen zu den mittleren Geschwindigkeiten und den Anteilen der Fahrleistungen auf Abschnitten mit und ohne Tempolimit ausgewiesen (Löhe 2016). Für die mittlere Geschwindigkeit können aus der Regressionsberechnung die CO₂-Emissionen pro Kilometer für verschiedene Geschwindigkeiten bestimmt werden.²² Mit Kenntnis des Anteils der Fahrleistung auf den entsprechenden Abschnitten mit Tempolimits bzw. ohne Tempolimit sowie den CO₂-Emissionen pro Kilometer können die gesamten CO₂-Emissionen von Pkw und LNFz in Höhe von 44,3 Mio. Tonnen CO₂²³ im Jahr 2018 auf diese Abschnitte aufgeteilt werden (Bilanzgrenze: Inlandsprinzip). Diese Informationen sind in Tabelle 1 dargestellt. Aufgrund der Zunahme der CO₂-Emissionen pro Kilometer ist für höhere Geschwindigkeiten der Anteil an den CO₂-Emissionen größer als der Anteil an der Fahrleistung.

Tabelle 1: Mittlere Geschwindigkeit, Anteil der dort erbrachten Fahrleistung, CO₂-Emissionen pro Kilometer für die mittleren Geschwindigkeiten sowie CO₂-Emissionen zugeordnet zu Abschnitten mit bzw. ohne Tempolimits auf Basis der Inlandsfahrleistung

Tempolimit in km/h	Mittlere Geschwindigkeit in km/h	Anteil der Fahrleistung in %	CO ₂ -Emissionen pro Kilometer ¹⁾ in g/km	CO ₂ -Emissionen in Mio. t CO ₂
	Löhe (2016)		Eigene Berechnungen	
≤ 60	60 ²⁾	0,4	127,7	0,1
80 (Baustellen)	80 ²⁾	5,3	129,4	1,8
80	87,4	3,3	132,5	1,2
100	103,3	11,0	145,2	4,3
120	115,6	17,2	160,7	7,4
130	118,3	7,4	164,8	3,3
offen	124,7	55,5	175,4	26,2

¹⁾ Für die mittlere Geschwindigkeit. ²⁾ Annahme durch Löhe (2016).

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Basis von Daten der Bundesanstalt für Straßenwesen: "Geschwindigkeiten auf Bundesautobahnen in den Jahren 2010 bis 2014" (Löhe 2016) und eigene Berechnungen, UBA 2020.

Ein Tempolimit von 120 km/h, würde die CO₂-Emissionen auf den Abschnitten „offen“ und „130 km/h“ verringern. Mit den vorliegenden Geschwindigkeitsverteilungen für „offen“ und „120 km/h“ kann die Ermittlung der CO₂-Minderung für diese Abschnitte mit den oben getroffenen

²² Diese unterschätzen aufgrund der nicht-linearität der CO₂-Emissionen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit die CO₂-Emissionen aus der genauen Verteilung. Da jedoch die Verteilungen nur für zwei Geschwindigkeiten vorliegen, ist es methodisch auch nicht möglich nur für diese die Verteilung der Geschwindigkeit zu verwenden und sonst die mittleren Geschwindigkeiten.

²³ TREMOD Version 6.02, Bilanzgrenze: Inland.

Annahmen erfolgen (siehe Abbildung 2).²⁴ Die CO₂-Emissionen pro Kilometer in Abhängigkeit der Geschwindigkeit liegen für die Abschätzung der CO₂-Minderungswirkung ebenfalls vor (siehe Abbildung 4 und 5).

Durch die Kombination der beiden Informationen²⁵ lassen sich auch die CO₂-Emissionen pro Kilometer bestimmen, die nicht nur die mittleren Geschwindigkeiten berücksichtigen, sondern die Geschwindigkeitsverteilung. Diese sind in Tabelle 2 dargestellt. Für andere Tempolimits als 120 km/h ist dies aufgrund fehlender Daten in Löhe (2016) nicht möglich.

Tabelle 2: Durchschnittliche CO₂-Emissionen pro Kilometer für Pkw und LNFz auf Abschnitten „120 km/h“ und „offen“

Tempolimit in km/h	CO ₂ -Emissionen pro Kilometer für mittlere Geschwindigkeit in g/km	CO ₂ -Emissionen pro Kilometer aus Geschwindigkeitsverteilung in g/km
120	160,7	165,6
offen	175,4	185,7

Berücksichtigt man die Geschwindigkeitsverteilung, so nehmen also auf Abschnitten „offen“ durch die Einführung eines Tempolimits von 120 km/h die CO₂-Emissionen von 185,7 g/km auf 165,6 g/km und damit um 10,8 % ab. Würde nur die mittleren Geschwindigkeiten berücksichtigt, würde die CO₂-Minderung mit 8,4 % unterschätzt.

Die Wirkung des Tempolimits auf Abschnitten mit einem Tempolimit von 130 km/h kann in dieser Kurzstudie nur durch die mittlere Geschwindigkeit abgeschätzt werden (siehe Tabelle 2). Der Beitrag von Fahrzeugen mit hohen Geschwindigkeiten und überproportional hohem Verbrauch wird dann eher unterschätzt²⁶. Die CO₂-Minderung von Tempo 120 auf Strecken mit derzeit Tempolimit 130 km/h ergibt sich durch die Werte aus Tabelle 1 abschließend zu 2,5 %.

Die gesamte CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 120 km/h berechnet sich dann als Summe der beiden Minderungen bezogen auf die CO₂-Emissionen auf den jeweiligen Streckenabschnitten.²⁷ Sie wird insbesondere durch die Minderungen auf Abschnitten erreicht, die vorher ohne Tempolimit waren.

²⁴ Für die Abschnitte mit Tempolimit von 130 km/h ist die Abschätzung aufgrund fehlender Geschwindigkeitsverteilungen weniger detailliert möglich.

²⁵ Die Mittleren CO₂-Emissionen aus der Geschwindigkeitsverteilung wurden durch eine Intervallweise Multiplikation der Anteile für das jeweilige Geschwindigkeitsintervall mit den CO₂-Emissionen an der Stützstelle in der Intervallmitte und einer entsprechenden Summierung bestimmt.

²⁶ Siehe hierzu Tabelle 2 mit größerer CO₂-Zunahme bei Berücksichtigung der Verteilung gegenüber der mittleren Geschwindigkeit bei einem Tempolimit von 120 km/h zu offen.

²⁷ Bestimmt aus den CO₂-Emissionen für die mittleren Geschwindigkeiten auf diesen Abschnitten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 3: CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen für Streckenabschnitte mit Tempo 130 bzw. ohne Tempolimit („alt“) auf Basis der Inlandsfahrleistung

Tempolimit „alt“ in km/h	CO ₂ -Emissionen mit Tempolimit „alt“ in Mio. t CO ₂	Tempolimit 120 km/h in km/h	CO ₂ -Emissionen mit Tempolimit 120 km/h in Mio. t CO ₂	Differenz in Mio. t CO ₂
130	3,3	120	3,2	0,1
offen	26,2	120	23,3	2,8
Summe				2,9

Die CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 120 km/h ergibt sich auf Basis dieser Abschätzung bezogen auf die Inlandsfahrleistung zu rund 2,9 Millionen Tonnen CO₂. Die Minderung wird dominiert von Abschnitten, die vor der Einführung ohne Tempolimit waren und auf denen dann ein Tempolimit von 120 km/h gilt.

CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen

Durch ein generelles Tempolimit von 120 km/h auf Bundesautobahnen könnten nach aktuellen UBA-Schätzungen für das Berechnungsjahr 2018 in Deutschland die Emissionen von Pkw und LNFz um rund 2,9 Millionen Tonnen CO₂ sinken (Basis: Inlandsfahrleistung).

Bei der Bestimmung der CO₂-Minderungswirkungen werden nur die direkten Wirkungen bestimmt und keine weiteren Wirkungen wie beispielsweise Änderung der Verkehrsmittelwahl, wie dies in (Agora 2018) erfolgt, berücksichtigt. Mittelfristig mögliche Rückwirkungen durch verändertes Kaufverhalten auf die Pkw-Flotten, d.h. beispielsweise die Zunahme leichtere oder geringer motorisierte Fahrzeuge, werden ebenso nicht berücksichtigt (UBA 1999). Daher handelt es sich bei der UBA-Schätzung um einen eher konservativen Wert – die CO₂-Minderung könnte in der Realität größer sein.

Annahme 7

Bei den durchgeführten Abschätzungen werden Folgewirkungen durch Änderungen des Tempolimits wie die Änderungen bei der Verkehrsmittelwahl oder verändertes Verhalten beim Fahrzeugkauf nicht berücksichtigt. Insbesondere bei Fahrten über lange Strecken könnten der Schienenverkehr gegenüber dem Pkw attraktiver werden und Pkw-Fahrten auf die deutlich weniger klimaschädliche Schiene verlagert werden.

5.2 Potential eines generellen Tempolimits von 130 km/h zur CO₂-Minderung

Die BAST-Studie liefert keine detaillierten Angaben zu den Geschwindigkeitsverteilungen auf Autobahnabschnitten mit Tempolimit 130. Die Wirkung eines generellen Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen wird daher über die Wirkung des Tempolimits von 120 km/h auf die Treibhausgasemissionen abgeschätzt, die auf Grundlage der vorliegenden Daten detaillierter bestimmt werden konnte (siehe Kapitel 5.1). Die Wirkung des Tempolimits von 130 km/h ist zwangsläufig geringer, da nur für Abschnitte, die vorher „offen“ und damit ohne Tempolimit waren, die Geschwindigkeit der Fahrzeuge verringert wird und dadurch nur dort der Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen gemindert werden. Auf diesen Abschnitten

sinkt die mittlere Geschwindigkeit dann weniger stark als bei einem Tempolimit von 120 km/h (siehe Tabelle 1).

Ausgehend von der relativen Minderung von 10,9 % durch ein Tempolimit von 120 km/h auf Abschnitten, die vorher ohne Tempolimit waren (siehe vorheriger Abschnitt)²⁸, und der relativen Zunahme der CO₂-Emissionen von 2,5 % bei Zunahme der Geschwindigkeit von 120 km/h auf 130 km/h auf Basis der mittleren Geschwindigkeit, ergibt sich auf Abschnitten, die vorher ohne Tempolimit waren und auf denen dann Tempo 130 gilt, eine Minderung von 8,4 %. Da die Korrektur um 2,5 % unter Verwendung der mittleren Geschwindigkeiten durchgeführt werden muss und hier zu größeren Geschwindigkeiten erfolgt, wird das Minderungspotential von einem generellen Tempolimit von 130 km/h in der Folge geringfügig überschätzt.²⁹

Tabelle 4: CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen für Streckenabschnitte ohne Tempolimit („alt“) auf Basis der Inlandsfahrleistung

Tempolimit „alt“ in km/h	CO ₂ -Emissionen mit Tempolimit „alt“ in Mio. t CO ₂	Tempolimit 130 km/h in km/h	CO ₂ -Emissionen mit Tempolimit 130 km/h in Mio. t CO ₂	Differenz in Mio. t CO ₂
offen	26,2	130	24,0	2,2
Summe				2,2

Die Minderung eines generellen Tempolimits von 130 km/h ergibt sich damit auf Basis dieser Schätzung zu rund 2,2 Millionen Tonnen CO₂. Sie ist damit um ca. 0,7 Millionen Tonnen CO₂ geringer als die eines Tempolimits von 120 km/h.

CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen

Durch ein generelles Tempolimit von 130 km/h auf Bundesautobahnen könnten die Emissionen von Pkw und LNFz nach aktuellen UBA-Schätzungen für das Berechnungsjahr 2018 um ca. 2,2 Millionen Tonnen CO₂ sinken (Basis: Inlandsfahrleistung).

5.3 Potential eines generellen Tempolimits von 100 km/h zur CO₂-Minderung

Die Wirkung eines generellen Tempolimits von 100 km/h auf Bundesautobahnen wird ebenfalls über die Wirkung des Tempolimits von 120 km/h abgeschätzt. Die CO₂-Minderung eines Tempolimits von 100 km/h ist deutlich größer, da im Vergleich zum Tempolimit von 120 km/h noch einmal auf weitere Strecken Geschwindigkeitsbeschränkungen gelten und die Durchschnittsgeschwindigkeiten stärker sinken – auch auf allen Streckenabschnitten mit heutigem Tempolimit über 100 km/h (siehe Tabelle 1).

Auf Abschnitten mit dem Tempolimit „alt“ von 120 km/h und 130 km/h wurde die Minderung allein durch die mittleren Geschwindigkeiten bestimmt. Dies ist notwendig, da für Tempo 100 keine Geschwindigkeitsverteilungen vorliegen. Auf Abschnitten, die vorher ohne Tempolimit waren, wurde schrittweise vorgegangen: Die CO₂-Minderung für die Verringerung auf Tempolimit 120 km/h wurden über die Geschwindigkeitsverteilungen bestimmt (siehe Kapitel

²⁸ Unter Berücksichtigung der Geschwindigkeitsverteilung; von „offen“ auf Tempolimit 120 km/h auf diesen Abschnitten.

²⁹ Ursächlich ist der Fußnote 26 beschriebenen Effekt jedoch hier mit dem Resultat einer Überschätzung.

5.1). Die darüber hinausgehende CO₂-Minderung von Tempo 120 auf Tempo 100 wurde dann über die mittleren Geschwindigkeiten berechnet.

Tabelle 5: CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 100 km/h auf Bundesautobahnen für Streckenabschnitte mit Tempo 120, Tempo 130 bzw. ohne Tempolimit („alt“) auf Basis der Inlandsfahrleistung

Tempolimit „alt“ in km/h	CO ₂ -Emissionen mit Tempolimit „alt“ in Mio. t CO ₂	Tempolimit 120 km/h in km/h	CO ₂ -Emissionen mit Tempolimit 120 km/h in Mio. t CO ₂	Differenz in Mio. t CO ₂
120	7,4	100	6,7	0,7
130	3,3	100	2,9	0,4
offen	26,2	100	21,1	5,1
Summe				6,2

Die CO₂-Minderung eines generellen Tempolimits von 100 km/h auf Bundesautobahnen ergibt sich damit auf Basis dieser Schätzung zu ca. 6,2 Millionen Tonnen CO₂. Sie ist damit um 3,3 Millionen Tonnen CO₂ höher als die eines Tempolimits von 120 km/h und 4,0 Millionen Tonnen CO₂ höher als die eines Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen.

CO₂-Minderungswirkung eines generellen Tempolimits von 100 km/h auf Bundesautobahnen

Durch ein generelles Tempolimit von 100 km/h auf Bundesautobahnen könnten die Emissionen von Pkw und LNFz nach aktuellen UBA-Schätzungen für das Berechnungsjahr 2018 um rund 6,2 Millionen Tonnen CO₂ sinken (Basis: Inlandsfahrleistung).

5.4 Potential von Tempolimits auf Bundesautobahnen zur CO₂-Minderung nach der Systemgrenze der Klimaberichterstattung und Umrechnung in Treibhausgasminderung

Für die Treibhausgasberichterstattung im Rahmen der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) geht nicht der Verkehr im Inland und damit die Inlandsfahrleistung Deutschlands ein, sondern die Treibhausgasemissionen auf Basis der in Deutschland abgesetzten Kraftstoffmengen. Diese weichen aufgrund von verschiedenen Effekten (u.a. aufgrund von Tanktourismus) von den Werten der Verkehre im Inland ab. Nach Abgrenzung der Treibhausgasberichterstattung entfallen beispielsweise 39,1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente³⁰ auf Autobahnfahrten von Pkw und LNFz. Auf Basis der im Inland erbrachten Fahrleistung liegt der vergleichbare Wert bei 44,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (siehe oben).

Da die Klimaschutzziele Deutschlands und damit auch das im Klimaschutzplan 2050 und im Bundes-Klimaschutzgesetz festgelegte Ziel, bis 2030 die Treibhausgasemissionen des Verkehrs um 40 bis 42 % gegenüber 1990 zu senken, sich maßgeblich auf die Grenzen der Treibhausgasberichterstattung beziehen, sind die für Inlandsfahrleistung berechneten Minderungswirkungen von Tempolimits auf Bundesautobahnen auf den Kraftstoffabsatz umzurechnen.

Zudem wurden in den vorangegangenen Abschnitten die reinen CO₂-Minderungen eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen ermittelt. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Veröffentlichungen zu haben, wurden diese CO₂-Minderungen noch pauschal in

³⁰ Die CO₂-Emissionen liegen bei ca. 38,9 Mio. Tonnen.

Treibhausgasminderungen (berechnet als CO₂-Äquivalente) umgerechnet.³¹ Der Unterschied zwischen CO₂- und Treibhausgasminderung (THG-Minderung) liegt allerdings bei lediglich rund 0,5 %, so dass sich die ausgewiesenen Zahlenwerte in Millionen Tonnen mit der Genauigkeit einer Nachkommastelle nicht unterscheiden. In Tabelle 6 sind die sich dann ergebenden Treibhausgas-Minderungen dargestellt.

Tabelle 6: THG-Minderungswirkung durch die Einführung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen nach unterschiedlichen Bilanzgrenzen

Tempolimit in km/h	THG-Minderung mit Bilanzgrenze Inland in Mio. t CO ₂ Äq	THG-Minderung mit Bilanzgrenze nach Klimaberichterstattung in Mio. t CO ₂ Äq
100	6,2	5,4
120	2,9	2,6
130	2,2	1,9

Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass die auf Basis der Inlandsfahrleistung berechneten Treibhausgas-Minderungen real in Deutschland auftreten, diese allerdings rechnerisch nur zum Teil den deutschen Treibhausgasemissionen in Grenzen der Klimaberichterstattung angerechnet werden. Gleichzeitig würden andere Länder von den auf deutschen Bundesautobahnen erzielten Minderungen profitieren, sodass die ermittelten CO₂-Mengen in Höhe der auf Basis der Inlandsfahrleistung berechneten Werte auch auftreten.

³¹ Der Korrekturfaktor wird auf Basis der Emissionen von Methan (CH₄) und Distickstoffmonoxid (N₂O) von Pkw und LNFz auf Autobahnen nach TREMOD bestimmt. die zusätzliche Klimawirkung dieser Emissionen beträgt bezogen auf CO₂ lediglich 0,5 %, daher bleiben die gerundeten Werte der Minderungen bei CO₂- und CO₂-Äquivalent-Emissionen (inkl. CH₄ und N₂O) unverändert.

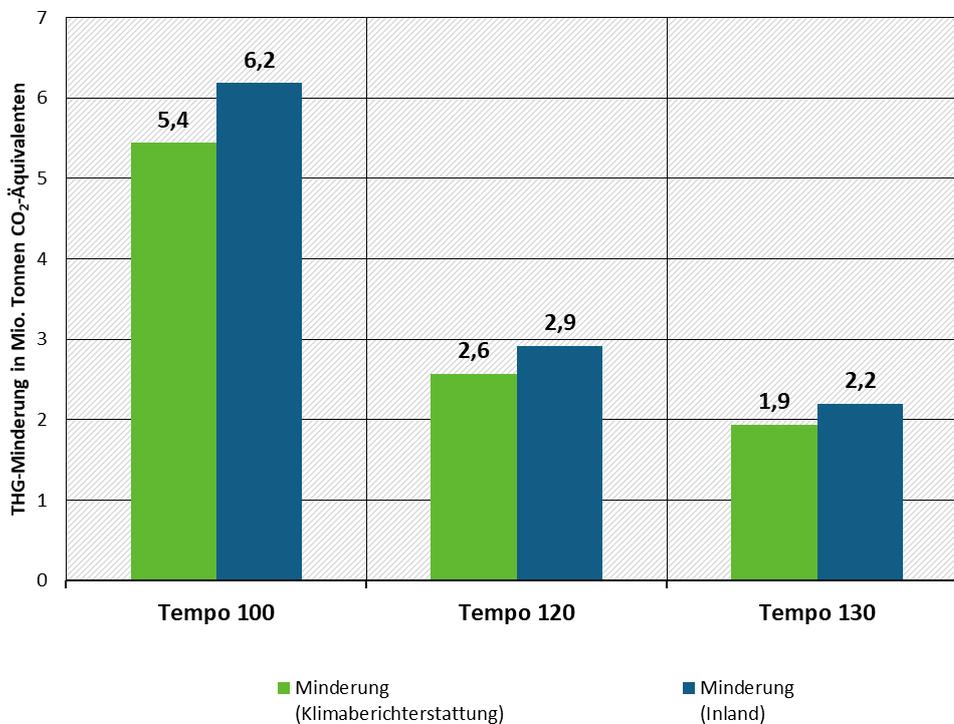
6 Einordnung der Wirkung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen auf die Treibhausgasemissionen

Die Einführung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen kann, so das Ergebnis dieser Kurzstudie, zur Erreichung des Klimaschutzzieles 2030 im Verkehr, wie im Bundes-Klimaschutzgesetz festgelegt, beitragen – und zwar bereits kurzfristig und ohne nennenswerte Mehrkosten. Gleichzeitig würden auch Lärm- und Schadstoffemissionen zurückgehen und die Verkehrssicherheit erhöht.

Die Berechnungen des UBA zeigen: Bereits die Einführung eines generellen Tempolimits von 130 km/h auf Bundesautobahnen könnte die Treibhausgasemissionen des Verkehrs um jährlich 1,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente mindern (Bilanzgrenze: Klimaberichterstattung). Ein generelles Tempolimit von 120 km/h auf Bundesautobahnen mindert die THG-Emissionen um 2,6 Millionen. Nochmals deutlich höher lägen die Minderungen der THG-Emissionen mit 5,4 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bei einem Tempolimit von 100 km/h (siehe Abbildung 6).

Werden die Berechnungen für die insgesamt auf deutschen Bundesautobahnen erbrachten Fahrleistungen durchgeführt (Bilanzgrenze: Inlandfahrleistung,), bringen die Tempolimits noch höhere Treibhausgasminderungen (siehe Abbildung 6). Die Differenz beruht darauf, dass in Deutschland teilweise mit im Ausland getankten Kraftstoffmengen gefahren wird. Real werden auch diese Treibhausgasemissionen vermieden, allerdings kommen diese Minderungen den Ländern zu Gute, in denen auch die Kraftstoffe getankt wurden. Für Deutschland sind nur die Treibhausgasminderungen in der Bilanzgrenze Klimaberichterstattung relevant.

Abbildung 6: THG-Minderungswirkung durch die Einführung eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen nach unterschiedlichen Bilanzgrenzen für das Jahr 2018



Quelle: Eigene Berechnungen, UBA 2020

Zur Einordnung der Minderungswirkung erfolgt an dieser Stelle ein Vergleich mit anderen Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr. Nach Agora (2018) wäre es für eine

Treibhausgas-Minderung in Höhe von 1 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente beispielsweise im Jahr 2030 notwendig:

- ▶ 0,5 Mio. Elektro-Pkw zusätzlich auf die Straße zu bringen,
- ▶ die Energiesteuer für Dieselkraftstoff um 5 Cent pro Liter zu erhöhen,
- ▶ den Pkw-Verkehr in Städten um 6 % zu reduzieren oder
- ▶ 17% mehr Rad- und Fußverkehr zu erreichen.

Diese Vergleiche zeigen, dass mit Tempolimits von 130, 120 oder 100 km/h bereits große Mengen an Treibhausgasemissionen reduziert werden können. Da für die Umsetzung der Maßnahme kaum Kosten anfallen würden und die Minderungen nicht erst 2030, sondern bereits nächstes Jahr wirksam würden, sollte auf diese Mengen zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele nicht verzichtet werden.

Die auf Basis der aktuell vorliegenden Zahlen bestimmten CO₂-Minderungswirkungen mit ca. 2,9 Mio. Tonnen CO₂ für ein generelles Tempolimit von 120 km/h auf Bundesautobahnen sind dabei ähnlich groß wie in UBA (2010). Der Anteil der CO₂-Minderung an den Gesamtemissionen auf dem Autobahnnetz ist mit ca. 6,5 % jedoch geringer als in der früheren Abschätzung des UBA, wo dieser noch 9 % betrug (UBA 2010). Aufgrund der höheren mittleren Geschwindigkeit in (UBA 1999) von 120,4 km/h für das Jahr 1992 im Vergleich zu der in Löhe (2016) bestimmten mittleren Geschwindigkeit von 116,5 km/h im Zeitraum 2010 bis 2014 ist dies allerdings erklärbar.³² Das nahezu gleiche absolute Minderungspotential an Kohlendioxid ergibt sich für die aktuelle Berechnung aufgrund der Tatsache, dass die CO₂-Emissionen auf dem gesamten Bundesautobahnnetz größer sind als in der Vorgängerstudie (UBA 2010). Gründe dafür sind die Zunahme der Fahrleistungen und die Berücksichtigung der LNfz.

Auch für ein Tempolimit von 100 km/h ist der Anteil der CO₂-Minderung an den Gesamtemissionen auf dem BAB-Netz mit ca. 14,0 % geringer als die in (UBA 1999) bestimmte prozentuale Minderung von 19 %. Die für ein Tempolimit von 100 km/h über das Tempolimit von 120 km/h hinausgehenden Minderungen sind mit 7,5 % (aktuell) und 10 % (UBA 1999) nur leicht geringer. Nur für die absoluten Emissionen unterschieden sie sich deutlich.³³

Ein Tempolimit von 130 km/h wurde in (UBA 1999) und (UBA 2010) nicht untersucht, sodass die Werte hier nicht eingeordnet werden können.

Im Vergleich zu den Analysen von Agora (2018) liegen die Treibhausgas-Minderungswirkungen von Tempolimits auf Bundesautobahnen, wie sie in dieser Kurzstudie ermittelt wurden, deutlich höher. Die geringeren Treibhausgas-Minderungswirkungen bei Agora (2018) dürften mit den vereinfachten Abschätzungen mit Hilfe der HBEFA-Fahrzyklen begründet sein (siehe entsprechender Abschnitt oben), die die Wirkungen von Tempolimits unterschätzen. Insgesamt kommt Agora (2018) allerdings zu höheren Potentialen für die Treibhausgas-Minderungen eines generellen Tempolimits auf Bundesautobahnen, da als Folgewirkung auch ein geändertes Reiseverhalten unterstellt und quantifiziert wird (z. B. Umstieg auf die Bahn). Dieser Effekt wie auch mögliche Rückwirkungen auf den Kauf von Autos (z. B. Kauf leistungsärmerer, sparsamerer Autos) werden in den Analysen dieser Kurzstudie nicht berücksichtigt und würden aller

³² Der Anteil der auf Streckenabschnitten ohne Tempolimit erbrachten Fahrleistung nahm im gleichen Zeitraum auch von ca. 67 % auf 45 % ab (UBA 1999, Löhe 2016).

³³ In (UBA 1999) werden nur die CO₂-Emissionen für Westdeutschland betrachtet. Die Minderung beträgt dort 4,7 Mio. t CO₂-Äquivalente.

Voraussicht nach langfristig zu noch höheren Potentialen bei den Treibhausgas-Minderungen durch ein generelles Tempolimit auf Bundesautobahnen führen.

7 Quellenverzeichnis

Agora Verkehrswende (2018): Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030. Berlin. Download unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Klimaschutzszenarien/Agora_Verkehrswende_Klimaschutz_im_Verkehr_Massnahmen_zur_Erreichung_des_Sektorziels_2030.pdf

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2014): Richtlinien für die Straßenverkehrszählungen im Jahre 2015 auf den Bundesfernstraßen. Berlin. Download unter: https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Statistik/Verkehrsdaten/2015/richtlinien-svz-2015.pdf

Löhe, U. (2016): Geschwindigkeiten auf Bundesautobahnen in den Jahren 2010 bis 2014. BAST – Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). Bergisch-Gladbach. Download unter: https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Verkehrstechnik/Publikationen/Download-Publikationen/Downloads/Geschwindigkeiten-BAB-2010-2014.pdf?_blob=publicationFile&v=1

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (1999): Umweltauswirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen. Texte | 40/1999. Berlin. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltauswirkungen-von>

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2010): CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale - Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes -. Texte | 05/2010. Dessau-Roßlau. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3773.pdf>

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2012): Themenwebseite „Tempolimit“. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrsplanung/tempolimit> Stand 02.12.2019.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Wirkung von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen. Heinrichs, E.; Scherbarth, F. und Sommer, K. Broschüren. Dessau-Roßlau. Download unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wirkung-von-tempo-30-an-hauptverkehrsstrassen>

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019): Hintergrundinformationen zur Version 4.1 des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA). Download unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/20190920_hbefa41_release_hintergrunddokument_v2.pdf

Steven, H. (2019): unveröffentlichte Fahrzyklen. Mit hohen mittleren Geschwindigkeiten und teilweise mit hoher Fahrdynamik.

Technische Universität Graz (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. Hausberger, S. Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik. Graz.