

Verkehrsinfrastrukturbau, induzierter Verkehr und Klimawirkungen

Studie im Auftrag des
wissenschaftlichen Klimabeirats der Hessischen Landesregierung

von Richard Hartl, Julia Gerlach,
Lukas Eberle und
Jens Borken-Kleefeld

Oktober 2025



Erstellt im Auftrag des wissenschaftlichen Klimabeirats der Hessischen Landesregierung

Autoren und Autorinnen: Richard Hartl, Julia Gerlach, Lukas Eberle und Jens Borken-Kleefeld

Technische Universität Dresden

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“

Professur für Verkehrsökologie

01062 Dresden

Kontakt:

richard.hartl@tu-dresden.de

jens.borken-kleefeld@tu-dresden.de

Titelbild von kallerna (eigenes Werk, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=116174247>)

Veröffentlichung: Oktober 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen und Abgrenzung der Untersuchung	3
2.1	Fernstraßenplanung in Deutschland und Hessen.....	3
2.2	Bilanzierung von CO ₂ -Emissionen im BVWP 2030 und Kritik an dieser	3
2.2.1	Verkehrsbedingte CO ₂ -Emissionen	4
2.2.2	Infrastrukturbedingte THG-Emissionen	4
2.2.3	Landnutzungsbedingte THG-Emissionen	5
3	Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Definition und Abgrenzung des induzierten Straßenverkehrs	6
3.1	Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Zusammenspiel von Planung, Verhalten und externen Einflüssen	6
3.2	Definition induzierten Straßenverkehrs.....	9
3.3	Ökonomische Theorie zu induziertem Straßenverkehr.....	10
3.4	Ansätze zur Messung des induzierten Straßenverkehrs	12
3.4.1	Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf die Reisezeit	13
3.4.2	Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf die Fahrstreifenlänge	13
4	Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Stand der empirischen internationalen Forschung zur Höhe des induzierten Straßenverkehrs	15
4.1	Methodisches Vorgehen.....	15
4.2	Überblick über die identifizierten Untersuchungen.....	18
4.3	Zentrale Erkenntnisse der analysierten Veröffentlichungen zu induziertem Straßenverkehr	20
4.3.1	Fallstudien auf Basis von Verkehrsstärkedaten	20
4.3.2	Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten.....	25
4.3.3	Zusammenfassung weiterer Veröffentlichungen	27
4.4	Ergänzende Evidenz zu Reisezeitelastizitäten	28
4.5	Zusammenfassung	29
5	Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung	30
5.1	Methodische Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP 2030	30
5.2	Quantitative Berücksichtigung des induzierten Straßenverkehrs im BVWP 2030	32
5.2.1	Überblick über die analysierten Daten und Projekte	32
5.2.2	Elastizität des BVWP 2030-Verkehrsmodells.....	35
5.2.3	Auswirkungen der Projekte auf die Fahrleistungen	39
5.2.4	Auswirkungen der Projekte auf die CO ₂ -Emissionen.....	40
5.2.5	Zwischenfazit	42

5.3	Neuabschätzung des induzierten Straßenverkehrs und Gegenüberstellung mit den BVWP 2030-Ergebnissen.....	43
5.3.1	Methodik und Annahmen	43
5.3.2	Abschätzung der Änderung der Fahrleistungen	47
5.3.3	Abschätzung der verkehrsbedingten CO ₂ -Emissionen	49
6	Analyse der infrastrukturbedingten THG-Emissionen	52
6.1	Definition und Abgrenzung der infrastrukturbedingten THG-Emissionen	52
6.2	Methodische und quantitative Berücksichtigung infrastrukturbedingten THG-Emissionen im BVWP 2030	52
6.3	Bewertung der BVWP-Methodik.....	55
6.3.1	Analyse der BVWP-Annahmen zum Flächenbedarf für Fernstraßen-Baumaßnahmen.....	55
6.3.2	Analyse der BVWP-Annahmen zum Materialeinsatz im Fernstraßenbau	56
6.3.3	Aktualisierung der THG-Emissionsfaktoren für die Materialherstellung	58
6.4	Zusammenführung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	59
7	Verkehrs- und infrastrukturbedingte THG-Emissionen durch den Aus- und Neubau von Fernstraßen	62
7.1	THG-Emissionen.....	62
7.2	Gesamtwirtschaftliche Folgekosten.....	63
8	THG-Emissionen hessischer Fernstraßenprojekte und Ableitung von Handlungsempfehlungen	66
8.1	THG-Emissionen geplanter Fernstraßenprojekte in Hessen	66
8.2	Handlungsempfehlungen für das Land Hessen	69
8.2.1	Nachfragemanagement als effiziente Alternative zum Aus- und Neubau.....	69
8.2.2	Prüfung von Alternativen für Fernstraßenprojekte, insbesondere in Ballungsräumen	70
8.2.3	Infrastrukturbedingte Emissionen bilanzieren und Straßeninfrastruktur nicht überdimensionieren	72
8.2.4	Unterstützung einer neuen Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung...	72
9	Zusammenfassung.....	74
	Literaturverzeichnis	76
	Anhang	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Erweiterter Regelkreis von Verkehr und Flächennutzung	6
Abbildung 2:	Angebot-Nachfrage-Diagramm für die Straßenverkehrsnachfrage	10
Abbildung 3:	Ablaufschema und Ergebnisse der systematischen Literatursuche.....	17
Abbildung 4:	Anzahl der identifizierten Untersuchungen induzierten Verkehrs im Zeitverlauf.18	
Abbildung 5:	Anzahl der identifizierten Untersuchungen nach Weltregion und methodischem Ansatz	20
Abbildung 6:	Ergebnisse ökonometrischer Analysen mit Angabe von FSL-Elastizitäten	26
Abbildung 7:	Deutschlandkarte mit allen Straßenprojekten des BVWP 2030	34
Abbildung 8:	Änderungen der Kfz-Fahrleistung in Abhängigkeit der Änderung der Kapazität bei BVWP 2030-Projekten.....	35
Abbildung 9:	Fahrstreifenlängen-Elastizitäten der BVWP 2030-Straßenprojekte nach Projekttypen	36
Abbildung 10:	Reisezeit-Elastizitäten der BVWP 2030-Straßenprojekte nach Projekttypen	38
Abbildung 11:	Analyse der Fahrleistungsänderungen der BVWP 2030-Straßenprojekte je Projekttyp.....	40
Abbildung 12:	Analyse der Änderungen verkehrsbedingter CO ₂ -Emissionen der BVWP 2030-Straßenprojekte je Projekttyp.....	41
Abbildung 13:	Neuabschätzung der Änderungen der Fahrleistung aller BVWP 2030-Straßenprojekte nach Verhaltensreaktionen	47
Abbildung 14:	FSL-Elastizitäten der BVWP 2030-Projekte bei Neuabschätzung des induzierten Straßenverkehrs in Szenario S2	48
Abbildung 15:	Abschätzung zusätzlicher verkehrsbedingter CO ₂ -Emissionen unter vollständiger Berücksichtigung induzierten Verkehrs.....	51
Abbildung 16:	Einzelprozesse Treibhausgasbilanz Straßenverkehrsinfrastruktur	52
Abbildung 17:	Bandbreite der THG-Emissionen für Bau, Betrieb und Instandhaltung der Straßenverkehrsinfrastruktur in Abhängigkeit vom Projekttyp.....	54
Abbildung 18:	Beispielhafter Aufbau des Oberbaus einer Straße in Abhängigkeit von der Belastungsklasse nach RStO 12/24.....	57
Abbildung 19:	Durchschnittliche verkehrs- und infrastrukturbedingte CO ₂ -Emissionen pro Jahr durch Investitionen in Aus- und Neubauprojekte	63
Abbildung 20:	Zeitliche Entwicklung der kumulierten CO ₂ -Schadenskosten in Folge der Investition 1 Mrd. € in Fernstraßen im Jahr 2030	64
Abbildung 21:	Karte der BVWP 2030-Straßen-Projekte in Hessen	67
Abbildung 22:	Abschätzung der jährlichen CO ₂ -Emissionen hessischer BVWP-Projekte.....	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Arten von CO ₂ -Emissionen in Folge des Aus- und Neubaus von Straßen	5
Tabelle 2:	Elastizitäts-Ausprägungen und Interpretation	12
Tabelle 3:	Vergleich der Nachfrage-Elastizitäten	14
Tabelle 4:	Ein- und Ausschlusskriterien zur Auswahl von Literatur	16
Tabelle 5:	Übersicht methodischer Ansätze zur empirischen Erfassung induzierten Straßenverkehrs	19
Tabelle 6:	Ergebnisse projektspezifischer Untersuchungen mit aggregierten Daten.....	23
Tabelle 7:	Berücksichtigung der Verhaltensreaktionen bei Straßen-Kapazitätserweiterungen im BVWP 2030	31
Tabelle 8:	Überblick über die Projekte der vier Projekttypen	33
Tabelle 9:	Änderung der Fahrstreifenlänge sowie Kfz-Fahrleistung durch BVWP-Projekte und Elastizitäten nach Projekttyp	37
Tabelle 10:	Änderung der Pkw-Reisezeit durch BVWP-Projekte, induzierte Pkw-Reisezeit sowie Gesamt-Reisezeit-Elastizität nach Projekttyp	39
Tabelle 11:	Verkehrsbedingte CO ₂ -Emissionen der BVWP 2030-Straßenprojekte laut PRINS	42
Tabelle 12:	Zentrale Annahmen der Szenarien zur Neuabschätzung induzierten Verkehrs ...	45
Tabelle 13:	Vergleich der CO ₂ -Emissionsfaktoren der BVWP-Methodik mit HBEFA 4.2	46
Tabelle 14:	Sub-Szenarien zur Berücksichtigung steigenden BEV-Flottenanteile	47
Tabelle 15:	Neuabschätzung der Fahrleistungsänderungen durch BVWP 2030-Projekte	48
Tabelle 16:	Spezifische Emissionsfaktoren der Lebenszyklus-THG-Emissionen von Straßen laut BVWP	53
Tabelle 17:	THG-Emissionen für Bau, Betrieb und Instandhaltung der BVWP- Straßenverkehrsprojekte	53
Tabelle 18:	Abschätzung spezifischer THG-Emissionen für ausgewählte Projekttypen in Abhängigkeit von Fahrstreifenbreite und Infrastrukturelement.....	56
Tabelle 19:	Absolute und spezifische materialbedingte THG-Emissionen der Fernstraßeninfrastruktur laut Renewbility-Projekt	56
Tabelle 20:	Spezifische materialbedingte THG-Emissionen ausgewählter Asphaltbauweisen von Autobahnen (BK100).....	57
Tabelle 21:	Spezifische materialbedingte THG-Emissionen ausgewählter Betonbauweisen von Autobahnen (BK100).....	58
Tabelle 22:	Vergleich spezifischer THG-Emissionen von Baumaterialien	59

Tabelle 23:	Ergebnisse der Abschätzungen der spez. materialbedingten Emissionsfaktoren für den Autobahn-Neubau (BK100) unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung im Bereich von Baustandards und Materialherstellung60
Tabelle 24:	Übersicht über die hessischen BVWP 2030-Straßen-Projekte66

Abkürzungsverzeichnis

BAB	Bundesautobahn
BStr	Bundesstraße
BVMP	Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
FS-km	Fahrstreifen-Kilometer
FSL	Fahrstreifenlänge
GV	Güterverkehr
HKlimaG	Hessisches Klimagesetz
Kfz-km	Fahrzeug-Kilometer
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
NKA	Nutzen-Kosten-Analyse
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PV	Personenverkehr
SGV	Straßengüterverkehr
VB	Vordringlicher Bedarf
VB-E	Vordringlicher Bedarf-Engpassbeseitigung
VP	Verkehrsprognose
WB	Weiterer Bedarf
WB*	Weiterer Bedarf mit Planungsrecht
THG	Treibhausgase
TUD	Technische Universität Dresden

1 Einleitung

Nachdem die Verkehrsnachfrage in Deutschland in den letzten Jahrzehnten bereits kontinuierlich angestiegen ist (DLR & DIW, 2024), geht der Bund laut Verkehrsprognose 2040 davon aus, dass die Nachfrage auch in kommenden Jahrzehnten weiterwachsen wird. Während im Personenverkehr mit einer Stagnation auf hohem Niveau gerechnet wird, werden ein starkes Wachstum im Güterverkehr und in Folge zusätzliche Kapazitätsengpässe prognostiziert (BMDV, 2024b; Intraplan Consult GmbH et al., 2024). Um drohende Zeitverluste durch Kapazitätsengpässe zu vermeiden und den Straßenverkehr zu beschleunigen, verfolgen Bund und Länder traditionell den angebotsorientierten Ansatz des Aus- und Neubaus von Straßen.

Der Aus- und Neubau von Straßen führt jedoch zu mehr Verkehr und CO₂-Emissionen. Dies läuft der im Bundesklimaschutzgesetz (KSG) und im Hessischen Klimagesetz (HKlimaG) verankerten Aufgabe entgegen, die CO₂-Emissionen kontinuierlich zu verringern und 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Hierbei kommt dem im Bundesverkehrswegeplan 2030 (BVWP 2030) vorgesehenen Ausbau des Bundesautobahn- und Bundesstraßennetzes eine hohe Bedeutung zu. Denn das Angebot dieser Fernstraßen bestimmt maßgeblich die Reisezeiten zwischen Städten und Regionen und damit die entstehende überregionale Verkehrsnachfrage.

Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie, in welchem Umfang durch den Aus- und Neubau von Fernstraßen zusätzliche CO₂-Emissionen zu erwarten sind. Es wird abgeschätzt, wie viel induzierter Straßenverkehr und welche zusätzlichen CO₂-Emissionen durch den Ausbau der Straßeninfrastruktur entstehen. Zudem werden die bau- und materialbedingten CO₂-Emissionen aus dem Straßenbau abgeschätzt.

Die zum BVWP-Prozess¹ veröffentlichten Methoden und Daten bilden den Ausgangspunkt der Untersuchung. Soweit es erforderlich ist, werden eigene, methodisch angepasste Abschätzungen der CO₂-Emissionen durchgeführt. Ziel ist es, den Umfang der entstehenden CO₂-Emissionen für BVWP-Projekte im Allgemeinen und für Straßenbau-Projekte in Hessen im Speziellen belastbar abzuschätzen. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele eingeordnet und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich diese Studie auf Klimawirkungen des BVWP konzentriert; weitere wesentliche Ziele einer Verkehrswege- und Mobilitätsplanung werden ausgeblendet und an anderer Stelle diskutiert (siehe z. B. Hartl et al., 2025). In der Praxis muss (und sollte) die Entscheidung für oder gegen einzelne Fernstraßenvorhaben sowie deren Priorisierung auch andere Ziele, z. B. in Bezug auf räumliche Erreichbarkeiten, Lärm, Naturschutz oder Verkehrssicherheit, berücksichtigen und abwägen.

Dieser Bericht ist wie folgt gegliedert: Kapitel 2 beschreibt zunächst die Grundlagen sowie Abgrenzungen der vorliegenden Untersuchung und leitet auf Grundlage der Literatur deren Schwerpunkte ab. Die Kapitel 3 und 4 setzen sich näher mit den verkehrsbedingten CO₂-Emissionen auseinander. Der Begriff „induzierter Straßenverkehr“ wird definiert und der Stand der empirischen Forschung zusammengefasst. Kapitel 5 beinhaltet Analysen der BVWP 2030-

¹ Im Folgenden sind die Abkürzungen BVWP und BVWP 2030 synonym zu verstehen, da stets auf den aktuell gültigen Plan verwiesen wird.

Methodik und -Daten sowie eine Neuabschätzung des Umfangs induzierten Straßenverkehrs und der entstehenden CO₂-Emissionen. Die BVWP 2030-Methodik und -Daten zu infrastrukturbedingten THG-Emissionen werden dann in Kapitel 6 analysiert. Kapitel 7 führt die Ergebnisse der Analysen zusammen und stellt die gesamten THG-Emissionen durch Aus- und Neubau von Fernstraßen dar, bevor Kapitel 8 explizit auf hessische Projekte eingeht und Handlungsempfehlungen ableitet. Abschließend enthält Kapitel 9 eine Zusammenfassung der Studie.

2 Grundlagen und Abgrenzung der Untersuchung

2.1 Fernstraßenplanung in Deutschland und Hessen

Die vorliegende Studie fokussiert auf die hochrangigsten und bedeutendsten Straßenkategorien in Deutschland: Bundesautobahnen und Bundesstraßen, welche im Weiteren auch mit dem Überbegriff „Fernstraßen“ bezeichnet werden.

Der regelmäßig im Abstand von 10 bis 15 Jahren erstellte Bundesverkehrsplan (BVWP) entscheidet darüber, welche Bundesfernstraßen sowie Bundesschienenwege und -wasserstraßen neu- oder ausgebaut werden sollen (BMVI, 2016b). Für den Bereich der Bundesfernstraßen wurde bis 2016 der aktuelle BVWP 2030 entsprechend des folgenden Ablaufs erarbeitet.

Zunächst wurden von den Bundesländern Projektideen für Straßenprojekte beim Bund eingereicht bzw. angemeldet. Bei den Bundesautobahnen ist davon auszugehen, dass die Autobahn GmbH diese Rolle in Zukunft übernimmt.

Die angemeldeten Projekte wurden anschließend durch den Bund bewertet.² Zentral war die Nutzen-Kosten-Analyse (NKA), in welcher die durch die Verwirklichung der Projekte entstehenden Nutzen (z. B. von Reisezeitgewinnen, Verkehrssicherheitszuwächsen, Änderungen von Luftschadstoffemissionen oder CO₂-Emissionen) zusammengefasst und den Kosten gegenübergestellt wurden. In diesem Rahmen wurden auch die CO₂-Emissionen, die durch die einzelnen Projekte entstehen würden, bilanziert und bewertet. Es wurde ermittelt, wie viel CO₂ durch die Umsetzung eines Projekts („Planfall“) im Vergleich zur Nicht-Umsetzung („Bezugsfall“) zusätzlich ausgestoßen wird.

Auf Grundlage der NKA wurde zum einen festgestellt, für welche Fernstraßenprojekte grundsätzlich ein „Bedarf“ besteht (Kriterium: Nutzen-Kosten-Verhältnis $\geq 1,0$). Diese Projekte wurden in gesetzliche, Ende 2016 vom deutschen Bundestag beschlossene Bedarfspläne aufgenommen. Dies stellt eine notwendige rechtliche Grundlage für die spätere Planfeststellung dar und erleichtert diese. Praktisch bewirkt sie zudem, dass die Projekte überhaupt weiter geplant werden. Zum anderen werden die Fernstraßenprojekte priorisiert. Die in den Vordringlichen Bedarf (VB) bzw. den Vordringlichen Bedarf mit Engpassbeseitigung (VB-E) eingeordneten Projekte sollen bis 2030 zumindest begonnen werden. Die Projekte des Weiteren Bedarfs mit Planungsrecht (WB*) bzw. Weiteren Bedarfs (WB) wurden als nachrangig eingestuft; ihre Realisierung ist für den Zeitraum nach 2030 vorgesehen.

2.2 Bilanzierung von CO₂-Emissionen im BVWP 2030 und Kritik an dieser

Beim Aus- oder Neubau von Straßen entstehen auf drei Arten zusätzliche CO₂-Emissionen: verkehrsbedingt, infrastrukturbedingt und landnutzungsbedingt. Diese drei Emissionsarten werden nachfolgend jeweils definiert. Es wird zudem beschrieben, wie sie in der BVWP-Methodik

² Für eine detailliertere Darstellung und Diskussion der Bewertung, Priorisierung und rechtlichen Folgen der Bedarfsfeststellung siehe Hartl et al (2025)

berücksichtigt werden, bestehende Kritik vorgestellt und Fragestellungen für die vorliegende Studie abgeleitet.

2.2.1 Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen sind Emissionen, die nach dem Aus- und Neubau von Straßen durch erhöhte Fahrleistungen („induzierten Straßenverkehr“) und Änderungen des Verkehrsablaufs, d.h. der Geschwindigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs, entstehen.

Im BVWP werden diese Emissionen erfasst, indem ein Bezugsfall (Prognosezustand 2030 ohne das Projekt) und ein Planfall (Prognosezustand 2030 mit dem Projekt) mit Hilfe von Verkehrsmodellen (im Folgenden als „BVWP- Verkehrsmodell“ bezeichnet) gerechnet und miteinander verglichen werden.

Die Methoden des BVWP werden jedoch dafür kritisiert, induzierten Straßenverkehr und folglich die CO₂-Emissionen deutlich zu unterschätzen (z. B. BUND, 2023; Mitusch & Szimba, 2024; Siebert, 2022). Quantitative Analysen der Projekt-Daten aus dem Projektinformationssystem (PRINS) des BVWP 2030 untermauern diese Kritik. Sie deuten darauf hin, dass das BVWP-Verkehrsmodell im Vergleich zu empirischen Studien zu wenig induzierten Straßenverkehr bei Aus- und Neubauten ausweist (Hartl et al., 2025; Martins-Turner et al., 2025; T&E, 2023).

Die genannten Studien nutzen allerdings entweder sehr überschlägige Methoden oder weisen die Höhe der zusätzlichen CO₂-Emissionen nicht aus. Das sind jedoch Voraussetzungen für die Einschätzung hessischer Straßenprojekte. Daher wird die BVWP-Methodik in dieser Studie detailliert untersucht. Es wird abgeschätzt, wie viel zusätzliche verkehrsbedingte CO₂-Emissionen durch Fernstraßenprojekte bei adäquater Berücksichtigung des induzierten Verkehrs entstehen (siehe Kapitel 3, 4 und 5).

2.2.2 Infrastrukturbedingte THG-Emissionen

Infrastrukturbedingte THG-Emissionen sind Emissionen, die über den Lebenszyklus der Infrastruktur, insb. bei der Errichtung, dem Unterhalt und dem Betrieb der Straße entstehen (PTV et al., 2016). Für eine vollständige Erfassung müssen die Emissionen für die Gewinnung der Rohstoffe, sowie deren Weiterverarbeitung zu Baustoffen, wie Beton, Stahl, usw. und alle notwendigen Transporte bis hin zur Verwendung auf der Baustelle einbezogen werden. Außerdem sind die Emissionen der Bautätigkeit z. B. durch Baumaschinen zu berücksichtigen.

Die Bilanzierung dieser Emissionen im BVWP 2030 wurde bisher vereinzelt dafür kritisiert, dass das Verfahren recht grob ist und die CO₂-Emissionen wohlmöglich nicht vollständig erfasst (Mitusch & Szimba, 2024). Das BMDV kommt bei der Überprüfung der Bedarfspläne hingegen zu dem Ergebnis, dass diese Emissionen aus heutiger Sicht um 35 – 45 % geringer einzuschätzen sind als dies im BVWP 2030 erfolgte (BMDV, 2024b).

Daher wird die BVWP-Methodik zur Berechnung der infrastrukturbedingten THG-Emissionen in dieser Studie der aktuellen Literatur gegenübergestellt und bezüglich ihrer Validität eingeschätzt (siehe Kapitel 5).

2.2.3 Landnutzungsbedingte THG-Emissionen

Landnutzungsbedingte THG-Emissionen entstehen durch die Umnutzung bzw. den Überbau von Böden und Biotopen mit THG-Speicher- oder -Senkenfunktion sowie sonstigen kohlenstoffreichen Böden und Wäldern. Vor allem Moorböden sind hier von hoher Relevanz. Die freigesetzten THG-Emissionen hängen stark von den lokalen, sehr heterogenen Bodenverhältnissen, der konkreten Trassenführung und den bautechnischen Eingriffen des geplanten Vorhabens ab (z. B. Eingriffstiefe in den Boden, Aufständigung der Fahrbahn). Sie sind damit schwer pauschal zu quantifizieren (FGSV, 2023; Hartl et al., 2025).

Der BVWP 2030 berücksichtigt diese Emissionen nicht. Selbst für die zu einem späteren Zeitpunkt relevante Vorhabenzulassung ist keine hinreichend sichere Methodik zur Abschätzung der CO₂-Emissionen durch Landnutzungsänderung verfügbar (FGSV, 2023), obwohl dann bereits deutlich detailliertere Projektinformationen vorliegen.

Nach aktueller Einschätzung trägt diese Emissionsart im Lebenszyklus von Straße nur wenig zu den gesamten THG-Emissionen bei (Hartl et al., 2025). Zudem besteht nur bei einzelnen Ortsumfahrungsprojekten in Hessen die Gefahr, organische Böden zu beeinträchtigen. Daher werden diese Emissionen in diesem Bericht nicht weitergehend analysiert.

Tabelle 1 fasst die drei beschriebenen Emissionsarten mit Angabe der BVWP 2030-Methodik zur Bilanzierung zusammen.

Tabelle 1: Arten von CO₂-Emissionen in Folge des Aus- und Neubaus von Straßen

Bereiche THG-Emissionen und -Speicher	Beschreibung der Wirkungen des Aus- und Neubaus von Straßen	Bilanzierung nach BVWP 2030-Methodik
Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen	Änderungen der CO ₂ -Emissionen des Verkehrs in Folge des Straßenaus- und -neubaus, insbesondere durch induzierten Straßenverkehr und Änderungen der Geschwindigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs	Verkehrsmodellierung des Bezugsfalls und des Planfalls und Vergleich dieser
Infrastrukturbedingte THG-Emissionen	THG-Emissionen durch Herstellung der Baumaterialien, Bautätigkeit, Unterhalt und Betrieb der Straße	Ermittlung über straßenflächenbezogene THG-Emissions-Faktoren und Aufschläge für Tunnel und Brücken
Landnutzungsbedingte THG-Emissionen	a) THG-Emissionen durch Verlust von Böden/Biotopen mit aktueller THG-Speicher- oder -Senkenfunktion, insbesondere von intakten Mooren, sonstigen kohlenstoffreichen Böden und Waldstandorten b) Verhinderung der Wiedervernässung und Wiederherstellung der Kohlenstoffspeicher entwässerter und landwirtschaftlich genutzter Moorböden	Keine Berücksichtigung im BVWP

Eigene Darstellung auf Basis von BMDV (2023) und FGSV (2023) sowie PTV et al. (2016)

3 Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Definition und Abgrenzung des induzierten Straßenverkehrs

In diesem Abschnitt soll zunächst ein konzeptionelles Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Planung, Verhalten und externen Faktoren geschaffen werden. Relevante Begriffe werden dabei eingeführt und erläutert. In den Abschnitten 3.2, 3.3 und 3.4 wird die in diesem Bericht genutzte Definition des induzierten Straßenverkehrs vorgestellt und weitere Grundlagen zu dessen Theorie und Messung näher betrachtet. Damit wird ein konzeptioneller Rahmen der folgenden Analysen geschaffen.

3.1 Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Zusammenspiel von Planung, Verhalten und externen Einflüssen

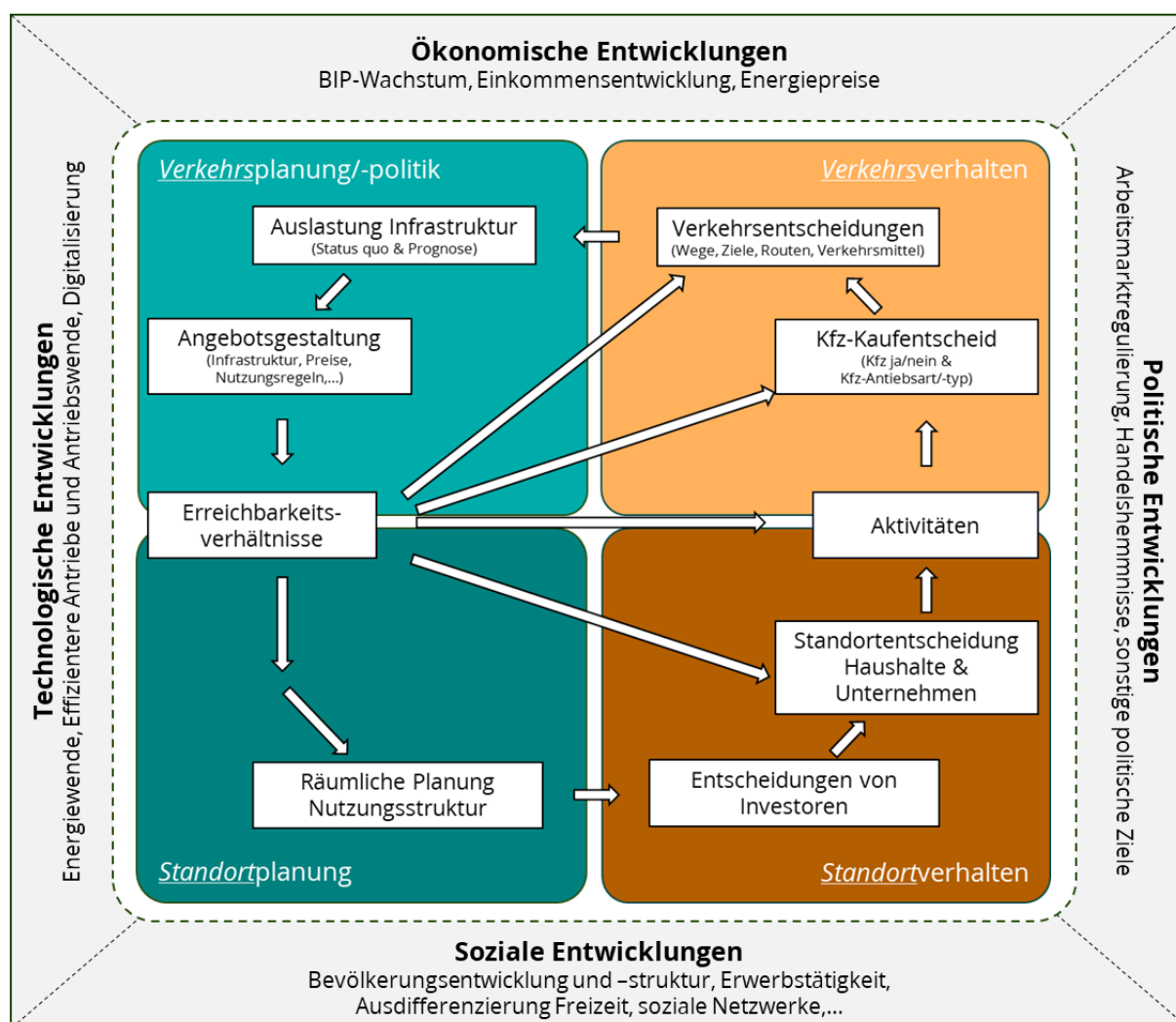


Abbildung 1: Erweiterter Regelkreis von Verkehr und Flächennutzung
Eigene Darstellung auf Grundlage von Wegener (2009), Holz-Rau & Scheiner (2020b) und Switzer et al. (2013)

Wegener (2009) und Holz-Rau & Scheiner (2020b) beschreiben in ihren Arbeiten Regelkreise zum Zusammenhang zwischen Verkehrs- und Standortplanung sowie Verkehrs- und Standortverhalten. Diese bilden die Grundlage für den in diesem Bericht verwendeten konzeptionellen Rahmen. Da diese Regelkreise nicht auf externe Einflussfaktoren auf die

Verkehrsnachfrage eingehen, wird hier unter Einbeziehung weiterer Literatur (u.a. Holz-Rau & Scheiner, 2020a; Switzer et al., 2013) ein erweiterter Regelkreis vorgestellt (siehe Abbildung 1). Dieser ist zwangsläufig als vereinfachte Darstellung der Wirklichkeit zu verstehen, welcher die wesentlichen Zusammenhänge verdeutlicht, aber nicht auf alle bestehenden Zusammenhänge eingehen kann.

Zunächst soll auf die Zusammenhänge zwischen Planung und Verhalten eingegangen werden (Regelkreis im Inneren von Abbildung 1). Zielfunktion des dargestellten Systems ist die Abdeckung menschlicher Bedürfnisse. Diese Bedürfnisse können an bestimmten Orten durch spezifische Aktivitäten abgedeckt werden (z. B. Einkaufen im Supermarkt, Gesundheitsvorsorge beim Arzt, Treffen mit Freunden in einem Park oder Restaurant). Die Erreichbarkeitsverhältnisse bestimmen, welcher Aufwand (finanziell, zeitlich, etc.) notwendig ist, um räumlich an diese Orte zu gelangen.

Die obere Hälfte des Regelkreises beschreibt nun verkehrliche Aspekte. Sie stellt dar, wie die Erreichbarkeitsverhältnisse das Verhalten beeinflussen und wodurch sie selbst beeinflusst werden. So haben Erreichbarkeitsverhältnisse Einfluss darauf, welche Aktivitäten von den Verkehrsteilnehmern wie leicht ausgeübt werden können. Kurz- bis mittelfristig werden dadurch Verkehrsentscheidungen bzgl.:

- der Wege (Welche Aktivitäten werden realisiert?),
- der Ziele (Wo werden diese Aktivitäten realisiert?),
- der genutzten Verkehrsmittel,
- der gefahrenen Routen und
- der Zeitpunkte der Fahrten beeinflusst (z. B. Hills, 1996; SACTRA, 1994; WSP & RAND Europe, 2018).

Mittelfristig beeinflussen sie zudem die Entscheidung, *ob* die Verkehrsteilnehmer ein eigenes Auto anschaffen oder ausschließlich auf andere Verkehrsmittel zurückgreifen (Cao et al., 2019; Holmgren, 2020; Song et al., 2021). Das Vorhandensein eines eigenen Autos wirkt dann wiederum auf die genannten Verkehrsentscheidungen.

Die Verkehrsentscheidungen bestimmen dann, wie stark insb. die Straßeninfrastruktur ausgelastet wird. Die Angebotsgestaltung durch die Verkehrsplanung orientiert sich am Status quo der Verkehrsnachfrage und Prognosen zur zukünftigen Entwicklung dieser. Unter anderem anhand dieser können verkehrliche und gesellschaftliche Probleme (z. B. Engpässe, defizitäre Erreichbarkeiten, Verfehlung von Klimaschutz- und anderen Entwicklungszielen) identifiziert und Lösungen entwickelt werden. Diese Lösungen beziehen sich in erster Linie auf die Gestaltung von Verkehrsangeboten, was in erster Linie Infrastrukturen (Straßennetz, Schienennetz, Radwegenetz), Angebote des öffentlichen Verkehrs, Preise für die Nutzung bestimmter Verkehrsmittel und Nutzungsregeln (z. B. Geschwindigkeitsbeschränkungen, Einfahrbeschränkungen) einschließt. Letztlich werden die Erreichbarkeitsverhältnisse verschiedener Orte und Regionen hierdurch beeinflusst.

Die in diesem Bericht näher betrachtete Straßenplanung im BVWP kann der Infrastrukturplanung als Element der Angebotsgestaltung zugeordnet werden. Wird aufgrund von vorherrschendem Stau oder Verzögerungen ein Problem begrenzter Kapazitäten im Straßennetz festgestellt, würde

im BVWP mit einem Ausbau der Straßen bzw. Kapazitätserweiterungen reagiert werden (BMVI, 2014). Durch diese würden sich die Reisezeiten vermindern und die räumlichen Erreichbarkeiten verbessern. Wege mit dem MIV werden schneller und komfortabler. Dies wirkt auf Verkehrsentscheidungen der Nutzer und damit auf die Verkehrsnachfrage. Es würden mehr und längere Wege mit dem Auto zurückgelegt und Wege vom ÖV auf den MIV verlagert werden. Die zusätzliche Nachfrage kann als primär induzierter Straßenverkehr bezeichnet werden (siehe Abschnitt 3.2). Je nach Ausmaß der zusätzlichen Nachfrage wird langfristig ggf. ein erneuter Ausbaubedarf festgestellt und eine erste Rückkopplungsschleife entsteht.

Die untere Hälfte des Regelungskreises beschreibt die Zusammenhänge im Bereich der „Standorte“. Zunächst wird die staatliche Planung von Nutzungsstrukturen durch die bestehenden (und ggf. erwarteten) Erreichbarkeitsverhältnisse beeinflusst.

Investoren entscheiden wiederum auf Grundlage dieses gesetzlichen bzw. planerischen Rahmens sowie der bestehenden Erreichbarkeitsverhältnisse, an welchen Standorten sie Immobilien entwickeln. Die entwickelten Standorte und deren Erreichbarkeit sind Ausgangsbasis für die Standortentscheidungen von Haushalten und Unternehmen.

Hier kann durch den Aus- und Neubau von Straßen eine zweite Rückkopplungsschleife entstehen. So erhöht dieser Aus- und Neubau die Attraktivität von Räumen, die zuvor im Vergleich zu anderen Räumen Erreichbarkeitsdefizite aufweisen. Dies löst Umzüge von Haushalten und Verlagerungen von Unternehmensstandorten aus. Darüber hinaus wird es für Investoren attraktiv, abgelegene Standorte zu entwickeln. Langfristig würde hierdurch eine veränderte, stärker zersiedelte Raumstruktur entstehen. In diesen erfordern auch alltägliche Aktivitäten größere Distanzen. Durch die Veränderungen der Raumstrukturen entsteht somit zusätzlicher Verkehr. Dieser wird hier als sekundär induzierter Straßenverkehr bezeichnet (UBA, 2005).

Die bisherige Beschreibung blendet externe Einflussfaktoren aus. Die Entwicklung der Verkehrsnachfrage wird allerdings maßgeblich von diesen beeinflusst (Holz-Rau & Scheiner, 2020a). Daher sind sie notwendigerweise einzubeziehen, da sonst der Einfluss der Verkehrs- und Standortplanung überschätzt und falsche Schlüsse gezogen werden können. Zur Veranschaulichung werden hier vier Bereiche externer Einflussfaktoren hervorgehoben:³

- **Ökonomische Entwicklungen** beschreiben die ökonomischen Voraussetzungen für den Personen- und Güterverkehr. So beeinflusst beispielsweise das Einkommen den Pkw-Besitz und die Verkehrsmittelwahl (Follmer, 2025; Mamkhezri & Khezri, 2024), aber auch Entscheidungen zum Wohnstandort. Die Güterverkehrsnachfrage wird bislang stark durch die wirtschaftliche Entwicklung (gemessen anhand des BIP) bestimmt. Inwieweit eine Entkopplung zwischen Wirtschafts- und Güterverkehrswachstum möglich ist, ist Gegenstand wissenschaftlicher Debatten (z. B. Bundesministerium für Klimaschutz Österreich, 2022). Weiterhin beeinflussen die Energiepreise die Nutzungspreise des Straßenverkehrs direkt und haben einen signifikanten Einfluss auf die Nachfrage (Mamkhezri & Khezri, 2024; Wardman, 2022b).

³ Diese entsprechen den Kategorien der etablierten PEST-Analyse zur Analyse von Umweltfaktoren (z. B. Friesendorf & Uedelhoven, 2021).

- **Technologische Entwicklungen** beeinflussen das Verkehrsverhalten zunächst durch die zur Verfügung stehenden Fahrzeuge. So kann die Antriebswende zu sinkenden Nutzungspreisen und dadurch steigender Nachfrage führen (Hymel et al., 2010; Raimund, 2023). Andererseits werden Entwicklungen im Zuge der Digitalisierung mit Potenzialen zur Senkung der Verkehrsnachfrage und Verlagerung hin zum ÖV assoziiert (z. B. Homeoffice, Mobility as a Service, automatisierte On-Demand-Verkehre) (Follmer, 2025).
- **Soziale Entwicklungen** sind sozio-demografische Entwicklungen mit Einfluss auf die Verkehrsnachfrage. Wächst die Bevölkerung, wächst i.d.R. auch die Personenverkehrsnachfrage. Auch gesellschaftliche Entwicklungen wie z. B. die Gleichstellung von Frauen und Angleichung des Erwerbstätigkeit der Geschlechter, höhere Bildung und Spezialisierung führten in der Vergangenheit zu einer steigenden MIV-Nachfrage (Holz-Rau & Scheiner, 2020b).
- **Politische Entwicklungen** umfassen die gesetzliche Rahmensetzung in verkehrsrelevanten Bereichen. So beeinflusst beispielsweise der gesetzliche Rahmen bestehende Wirtschaftsbeziehungen (z. B. Erhebung von Zöllen, Freihandelsabkommen), welche sich direkt auf die im Güterverkehr transportierten Güter auswirken. Darüber hinaus wirken politische Zielsetzungen wie z. B. internationale Klimaschutzziele oder die Ziele nachhaltiger Entwicklung der Vereinten Nationen indirekt auf die Verkehrs- und Standortplanung.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Verkehrsnachfrage neben der Kapazität der Infrastruktur auch durch andere Aspekte der Gestaltung des Verkehrsangebots sowie externe Faktoren beeinflusst wird. Verkehrs- und Standortplanung stehen in komplexen Wirkungsbeziehungen zueinander. Diese Zusammenhänge und Einflussfaktoren sind bei der Auswertung empirischer Studien zu induziertem Verkehr und bei der Abschätzung des induzierten Verkehrs in Folge des Aus- und Neubaus von Straßen zu berücksichtigen.

3.2 Definition induzierten Straßenverkehrs

In Anlehnung an Hills (1996) und UBA (2005) wird *induzierter Straßenverkehr* im Rahmen dieses Berichts als *die durch die Umsetzung einer Infrastrukturmaßnahme zusätzlich erzeugte Fahrleistung im Straßenverkehr* definiert. Im Kontext der Wirkungsanalyse von Straßenprojekten entspricht die Höhe induzierten Straßenverkehrs also der bilanziellen Differenz der Fahrleistung zwischen Plan- und Bezugsfall. Dabei entsteht induzierter Straßenverkehr durch verschiedene Verhaltensreaktionen der Verkehrsteilnehmenden, welche sich auf die im vorherigen Abschnitt skizzierten Verkehrsentscheidungen beziehen.

Induzierter Straßenverkehr umfasst Veränderungen in der Fahrleistung aufgrund ...

- von Änderungen der *gefahrenen Routen* (kürzere oder längere Routen zu „alten“ Zielen),
- von Änderungen der *Fahrtenhäufigkeit* (mehr Fahrten zu bestehenden Zielen),
- von Änderungen der *Fahrtziele* (weiter entfernte Ziele für bestehende Wege),
- *zusätzlicher Wege* (neue Fahrten zu neuen Zielen),
- *modalen Verlagerungen von Verkehren* (von ÖV / Rad / Fuß zur Straße bzw. Schiene / Wasserstraße zur Straße) und

- zusätzlichen Verkehrs durch mittel- bis langfristige *Standortänderungen* (z. B. durch Änderungen der Wohn- und Arbeitsorte, Verlagerung eines Firmenstandorts sowie von Lieferketten).

Änderungen der Fahrtenhäufigkeit, der Routen und Fahrtziele, aber auch neue Wege und modale Verlagerungen treten kurz- bis mittelfristig auf und können als *primär induzierter Verkehr* bezeichnet werden (siehe obere Hälfte des Regelkreises).

Sekundär induzierter Straßenverkehr bezieht sich auf zusätzliche Verkehre durch Änderungen der Raumstruktur, welche längerfristig auftreten (siehe untere Hälfte des Regelkreises).

3.3 Ökonomische Theorie zu induziertem Straßenverkehr

Aus ökonomischer Perspektive lässt sich die Entstehung von induziertem Verkehr mithilfe der Markttheorie erklären. Demnach beruhen Verkehrsentscheidungen im Wesentlichen darauf, dass Verkehrsteilnehmende jeweils die mit einer zusätzlichen Verkehrsaktivität verbundenen Kosten und deren Nutzen abwägen. Der Nutzen ergibt sich aus den positiven Effekten des Aufenthalts am Zielort, z. B. aufgrund der Möglichkeit, gewünschte Aktivitäten durchzuführen. Die Kosten einer Verkehrsaktivität umfassen hingegen die monetären Aufwendungen für die Nutzung von Verkehrsmitteln, aber auch den notwendigen Zeitaufwand. Die Gesamtheit dieser Kosten wird als generalisierte Kosten bezeichnet.

Sinken die Kosten einer Verkehrsaktivität – z. B. durch eine verringerte Reisezeit aufgrund einer neuen oder ausgebauten Straßenverbindung – fällt diese Kosten-Nutzenabwägung öfter positiv aus als im Ausgangsfall. In der Folge steigt die Verkehrsnachfrage.

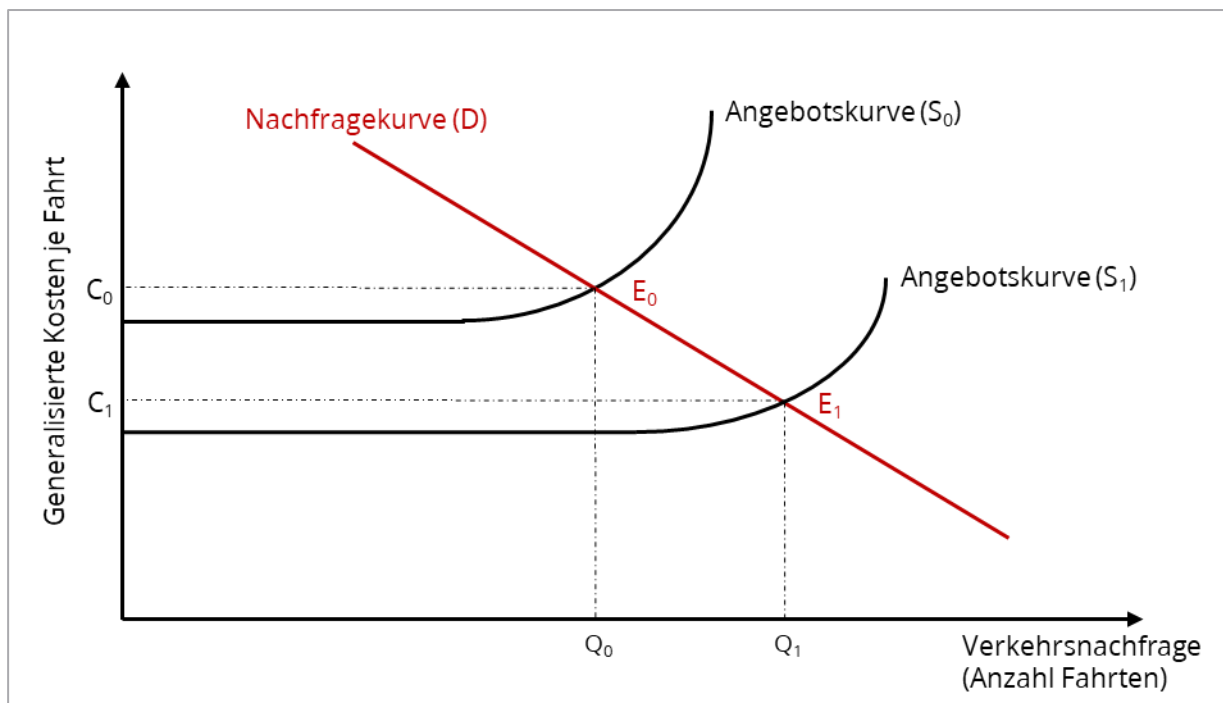


Abbildung 2: Angebot-Nachfrage-Diagramm für die Straßenverkehrsnachfrage
Eigene Darstellung auf Grundlage von WSP & RAND Europe (2018)

Das Angebots-Nachfrage-Diagramm in Abbildung 2 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar. Die Nachfragekurve (D) zeigt die Abhängigkeit der Verkehrsnachfrage von den Kosten: Je niedriger

die Kosten, desto mehr Fahrten weisen ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis auf und desto mehr Menschen entscheiden sich für die Durchführung der Fahrt. Die Angebotskurven beschreiben die mit einer Fahrt verbundenen generalisierten Kosten in der Ausgangssituation (S_0) und nach Umsetzung einer Maßnahme zur Verkürzung der Reisezeit (z. B. Neubau einer Direktverbindung, S_1).

Die in S_0 und S_1 dargestellten generalisierten Kosten sind pro Fahrt zunächst konstant und steigen ab einer gewissen Kapazitätsauslastung in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen. Nähert sich die Verkehrsinfrastruktur der Kapazitätsgrenze, wird aufgrund der gegenseitigen Beeinflussungen langsamer gefahren – im Extremfall entsteht Stau. Die Reisezeit und damit die Kosten pro Fahrt steigen. Insgesamt sind die Kosten je Fahrt vor Umsetzung der Maßnahme höher als danach, da die Reisezeit auf der Strecke verringert wurde. Der Gleichgewichtspunkt E_0 zeigt – als Schnittpunkt der Angebots- und Nachfragekurve – die in der Ausgangssituation entstehende Anzahl Fahrten (Q_0) bei Kosten von C_0 pro Fahrt. Auf weitere Fahrten verzichten die Verkehrsteilnehmenden, weil die Kosten den Nutzen übersteigen würde.

Nach Umsetzung der Maßnahme verschiebt sich die Angebotskurve zu S_1 . Aufgrund der neuen, direkteren Verbindung wird weniger Zeit benötigt, die Fahrt lohnt sich für weitere Verkehrsteilnehmende. Das neue Gleichgewicht E_1 liegt bei mehr Fahrten (Q_1) und niedrigeren Kosten C_1 pro Fahrt. Die Fahrtenzunahme $Q_1 - Q_0$ beschreibt die Höhe des induzierten Verkehrs.

Die Grafik zeigt außerdem, dass sich die bei rein statischer Betrachtung – d. h. bei Annahme einer konstanten Fahrtenanzahl – zu erwartenden Reisezeitgewinne einer Maßnahme in der Realität aufgrund des Mehrverkehrs nicht vollständig realisieren. Der Umfang des induzierten Verkehrs hängt von verschiedenen Faktoren ab, beispielsweise von der Bevölkerungszahl und davon, wie stark die Infrastruktur vorher ausgelastet war und welche alternativen Routen, Verkehrsmittel u. ä. zur Verfügung stehen. Das Ausmaß der Nachfrageänderung in Abhängigkeit der Änderungen im Verkehrsangebot wird mithilfe des im Folgenden vorgestellten Konzepts der Elastizitäten beschrieben.

3.4 Ansätze zur Messung des induzierten Straßenverkehrs

In den Wirtschaftswissenschaften beschreibt die Nachfrage-Elastizität die relative Änderung der Nachfrage in Abhängigkeit von der relativen Änderung einer der sie erklärenden Angebots-/ bzw. Aufwands-Variablen.

Elastizitäten werden allgemein entsprechend der folgenden Formel ermittelt⁴ (Axhausen & Fröhlich, 2012):

$\text{Elastizität } \varepsilon_{Q,K} = \frac{dQ/Q}{dK/K} \sim \frac{(Q_{t1} - Q_{t0})/Q_{t0}}{(K_{t1} - K_{t0})/K_{t0}}$	
Q =	Variable zur Beschreibung der Nachfrage (z. B. Fahrleistung)
K =	Variable zur Beschreibung des Verkehrsangebots oder der Kosten
t ₀ =	Zustand / Zeitpunkt vor Eintreten der Veränderung in K
t ₁ =	Zustand / Zeitpunkt nach Eintreten der Veränderung in K

Tabelle 2 gibt einen Überblick darüber, wie bestimmte Elastizitäts-Ausprägungen interpretiert werden können.

Tabelle 2: Elastizitäts-Ausprägungen und Interpretation

Ausprägung von $\varepsilon_{Q,K}$	Beschreibung Sachverhalt
$\varepsilon_{Q,K} = 0$	Q ist vollkommen unelastisch und reagiert nicht auf eine Änderung in K
$0 < \varepsilon_{Q,K} < \infty$	Q ist (in unterschiedlichem) Maße elastisch, Werte nahe 0 heißen, dass Q relativ unelastisch ist, Werte nahe 1 und darüber hinaus verdeutlichen eine hohe Elastizität.
$\varepsilon_{Q,K} = 1$	Q ist proportional elastisch, die relative Änderung von Q entspricht der relativen Änderung von K

Quelle: Litman (2024)

In den Verkehrswissenschaften werden Elastizitäten für verschiedene Bezugsgrößen formuliert. Nachfrageseitig können Elastizitäten sich beispielsweise auf die Anzahl der Wege, die in Verkehr investierte Zeit, aber auch die gesamte oder verkehrsmodusspezifische Verkehrsleistung beziehen. Angebotsseitig können Veränderungen in den generalisierten Kosten (als Gesamtaufwandsgröße) oder einzelner Elemente, wie der Reisezeit oder der Treibstoffkosten, betrachtet werden.

Die genannten Arten von Elastizitäten unterscheiden sich bezüglich der üblicherweise genutzten empirischen Methoden zu ihrer Erhebung, sowie auch bezüglich der Fragestellungen, die mit ihrer Hilfe beantwortet werden soll.

Preiselastizitäten der Nachfrage mit Betrachtung der generalisierten Kosten bilden dabei die verkehrlichen Aufwände besonders umfassend ab, weil sie sowohl die monetären Kosten z. B. für Tickets und den Fahrzeugbesitz beinhalten, aber z. B. auch die investierte Reisezeit. Allerdings ist die Ermittlung der generalisierten Kosten und der diesbezüglichen Nachfrage-Elastizität aufwändig und empirisch schwierig umsetzbar. In der Regel konzentrieren sich empirische

⁴ Elastizitäten können empirisch als Bogen-Elastizität (Quotient der Differenzen zweier (empirisch erhobener) Punkte auf der Nachfragekurve) oder über die Mittelwertmethode ermittelt. Bei kleinen Veränderungen können beide Elastizitäten als näherungsweise gleich angesehen werden (Litman, 2024).

Studien zu induziertem Straßenverkehr deshalb auf besonders wichtige Kostenkomponenten, namentlich die Reisezeit (Abschnitt 3.4.1) oder die Infrastrukturkapazität. Die Infrastrukturkapazität stellt dabei eine - die Reisegeschwindigkeit und -zeit bestimmende - Proxy-Variable zur Abbildung der Reisezeit dar (Abschnitt 3.4.2).

3.4.1 Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf die Reisezeit

Die Reisezeit-Elastizität für die Straßenverkehrsnachfrage beschreibt die relative Änderung der Fahrleistung im Straßenverkehr (angegeben als Fahrzeug-Kilometer Kfz-km) im Verhältnis zu einer relativen Änderung der Reisezeit im Netz. Die Reisezeit bestimmt die Gesamtkosten des Verkehrs wesentlich mit und verändert sich direkt durch den Neu- und Ausbau der Straßen.

Sie ist damit aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht eine relativ direkte Messgröße zur Darstellung der Verkehrsaufwände. Sie bildet auch die Wirkung einer Straßenbaumaßnahme genauer ab als beispielsweise eine Angabe der zugebauten Straßenfläche. Denn in Abhängigkeit der Verkehrsbelastung vor Maßnahmenumsetzung kann die gleiche Ausbaumaßnahme (z. B. Erweiterung einer Straße um einen Fahrstreifen je Richtung) zu ganz unterschiedlichen Reisezeiteinsparungen führen – diese sind hoch bei Vollaustattung oder Überlastung der Straßenkapazität und geringer bei einer weniger starken Auslastung.

Nachteilig ist, dass auch Reisezeiteinsparungen und die sich dadurch ergebenden Veränderungen in den Fahrleistungen der Verkehrsteilnehmer empirisch nur mit vergleichsweise großem Aufwand erhoben werden können (siehe z. B. Fox & Daly, 2013). Viele der in der Literatur veröffentlichten Angaben zu Reisezeitelastizitäten stammen deshalb aus Verkehrsmodellierungen und beruhen im Prinzip auf Querschnittsdaten (Wardman, 2022a). Damit sind sie methodisch weniger gut abgesichert als Ergebnisse, die auf Zeitreihendaten oder Vorher-/Nachher Vergleichen beruhen.

Sollen Reisezeit-Elastizitäten zur Abschätzung des induzierten Straßenverkehrs eines Neu- oder Ausbauprojekts genutzt werden, müssen Daten zu erwarteten Reisezeiteinsparungen vorliegen (Byett et al., 2024). Diese können ebenso mit Verkehrsmodellierungen abgeschätzt werden. Damit sind sie von der Güte der verwendeten Modelle abhängig. Bei Nutzung dieser Daten ist zudem zu berücksichtigen, welche Verhaltensreaktionen hierbei bereits berücksichtigt wurden und welche nicht.

3.4.2 Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf die Fahrstreifenlänge

Aufgrund der methodischen Schwierigkeit, Reisezeiteinsparungen durch neue und ausgebaute Straßenverkehrsinfrastruktur empirisch zu erheben, wird vielfach auf Näherungswerte zur Beschreibung der Angebotsverhältnisse zurückgegriffen. Die Länge zugebauter Fahrstreifen dient in vielen Studien⁵⁵ als Hilfsgröße zur Beschreibung der insgesamt verfügbaren Straßenkapazität. Die Verknüpfung zur Reisezeit wird argumentativ über die erhöhten Reisezeiten bei Vollaustattung oder sogar Überlastung der Infrastruktur vor Maßnahmenumsetzung hergestellt.

⁵⁵ Siehe hierzu Abschnitt 4.3.2

Die Fahrstreifenlängen-Elastizität (FSL-Elastizität) beschreibt die relative Veränderung in der Fahrleistung in Abhängigkeit von der relativen Veränderung des Verkehrsnetzes, gemessen als Fahrstreifen-Kilometer (FS-km). Im Vergleich zur Nachfrage-Elastizität in Bezug auf Reisezeiteinsparungen lässt sich die Angebotsvariable „Fahrstreifen-Kilometer“ deutlich leichter erheben und auch kommunizieren.

Dies geht allerdings mit dem bereits angedeuteten Nachteil einher, dass der Zubau an Fahrstreifen-Kilometern die Veränderungen im Verkehrsaufwand deutlich weniger treffsicher beschreibt als es die eingesparte Reisezeit kann (Fröhlich, 2003).

Zu beachten ist außerdem die problemadäquate Abgrenzung des Untersuchungsraums. Bei zu enger Abgrenzung - z. B. ausschließlich auf den Ort der Baumaßnahme - wird die Elastizität überschätzt, weil die Verlagerung von Verkehr von anderen Straßen (Routenänderung) vollständig als induzierter Verkehr gewertet wird (siehe z. B. Davies, 2015, hier ist keine Elastizitätsabschätzung möglich).

Tabelle 3 stellt die zentralen Merkmale der Nachfrage-Elastizitäten in Bezug auf Veränderungen in der Reisezeit bzw. Fahrstreifenlänge zusammen. Wie im folgenden Kapitel dargestellt wird, werden beide Kenngrößen regelmäßig in empirischen Studien ermittelt und können damit Grundlage für eigene Abschätzungen des durch die BVWP-Projekte induzierten Verkehrs (Kapitel 5) sein.

Tabelle 3: Vergleich der Nachfrage-Elastizitäten

	Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf die Reisezeit	Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf die Fahrstreifenlänge
Definition	Relative Änderung der Fahrleistung im Verhältnis zur relativen Änderung der Reisezeit	Relative Änderung der Fahrleistung im Verhältnis zur relativen Veränderung der verfügbaren Fahrstreifen
Bezug zur ökonomischen Theorie	Direkt – Reisezeit als zentraler Aufwandsfaktor bei Verkehrsentscheidungen	Indirekt – Veränderung im Infrastrukturangebot beeinflusst Reisezeit auf der Strecke
Empirische Messbarkeit	Reisezeiteinsparungen: schwierig	Fahrstreifenlänge: leicht
Datenquellen	Häufig Modellergebnisse, basierend auf Querschnittsdaten, auch Auswertungen von Mobilitätsbefragungen (wiederholte Querschnittsdaten) denkbar	Zeitreihendaten, Vorher-/Nachher-Vergleich, verschieden räumliche Aggregationen möglich (Einzelprojekt vs. Region, Bundesstaat, Nation)

Eigene Zusammenstellung auf Basis von Fröhlich (2003)

4 Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Stand der empirischen internationalen Forschung zur Höhe des induzierten Straßenverkehrs

Dieses Kapitel fasst empirische Erkenntnisse zur Höhe des induzierten Straßenverkehrs und zur Elastizität der Verkehrsnachfrage zusammen. Dies ist die Grundlage für die Analyse des BVWP und einer Neuabschätzung des induzierten Straßenverkehrs für die BVWP-Projekte in Kapitel 5.

Induzierter Straßenverkehr ist seit mehreren Jahrzehnten Gegenstand internationaler Forschungsarbeiten. Zahlreiche Übersichtsarbeiten fassen den Forschungsstand zusammen und berichten über die Bandbreite der identifizierten Elastizitäten (z. B. Handy & Boarnet, 2014; Litman, 2024; SACTRA, 1994; WSP & RAND Europe, 2018).

Für das vorliegende Projekt ist die Übertragbarkeit bestehender Forschungsergebnisse, insb. zur Höhe des induzierten Verkehrs, auf den deutschen Kontext entscheidend. Um diese einzuschätzen, ist eine spezifische Auseinandersetzung mit den Methoden und Grenzen der bestehenden Studien notwendig.

In einem systematischen Literaturreview wurden deshalb Methoden, Abgrenzungen und Ergebnisse existierender empirischer Studien erfasst und deren Übertragbarkeit eingeordnet. Die Methodik des Reviews wird im nachfolgenden Abschnitt 4.1 beschrieben, danach werden die einbezogenen Studien in Abschnitt 4.2 vorgestellt und ihre Ergebnisse in Abschnitt 4.3 zusammengefasst und diskutiert. Anschließend wird ergänzend der Literaturstand zu Reisezeit-Elastizitäten vorgestellt und die Erkenntnisse aus der Literatur im Hinblick auf die Anwendung auf die BVWP-Straßenprojekte zusammengefasst.

4.1 Methodisches Vorgehen

Das systematische Literaturreview wurde methodisch in Anlehnung an Fink (2014) konzipiert und anhand von sechs, im Folgenden kurz vorgestellten Arbeitsschritten durchgeführt:

1. Definition der Forschungsfragen
2. Erstellung der Suchstrategie (Auswahl der Datenbanken und Suchbegriffe)
3. Eignungsprüfung der identifizierten Veröffentlichungen
4. Ergänzende manuelle Literatursuche
5. Qualitative Analyse der einbezogenen Veröffentlichungen
6. Synthese der Ergebnisse

1. Definition der Forschungsfragen: Ausgehend von der Fragestellung des vorliegenden Projekts wurden für das Literaturreview die folgenden Forschungsfragen erarbeitet:

- „Wie viel induzierter Straßenverkehr ist in Folge des Aus- und Neubaus von Straßen zu erwarten?“
- „Inwieweit sind die Literatur-Ergebnisse auf Straßenprojekte des BVWP zu übertragen?“

2. Erstellung der Suchstrategie: Es wurden die Fachdatenbanken Scopus, TRID und Web of Science ausgewählt. Auf Grundlage von WSP & RAND (2018), weiterer bereits bekannter Literatur und dem Test verschiedener Suchbegriffe wurde der folgende Suchterm entwickelt und genutzt:

(("generated traffic" OR "generated demand" OR "induced traffic" OR "induced demand" OR "induced travel" OR "generated travel" OR "traffic generation" OR "demand generation" OR "travel generation" OR "latent travel" OR "latent demand" OR "latent traffic") AND ("transport*" OR "road" OR "car" OR "highway")) OR "fundamental law of road congestion"

3. Eignungsprüfung der identifizierten Veröffentlichungen: Anhand der Titel und Abstracts der identifizierten Quellen sowie formeller Kriterien wurde eine Vorauswahl der Literatur getroffen. Die genutzten Ein- und Ausschlusskriterien sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Ein- und Ausschlusskriterien zur Auswahl von Literatur

Thema	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Inhalt	Betrachtung Induzierten Straßenverkehrs (d.h. Zuwachs der Verkehrsnachfrage) in Folge der Kapazitätserweiterung des Straßennetzes	Ausschließliche Betrachtung raumstruktureller Veränderungen - ohne Betrachtung der verkehrlichen Folgen Studien ohne nachvollziehbare Beschreibung der verwendeten Methoden
Verkehrsart	Personenverkehr und/oder Güterverkehr auf der Straße	Ausschließliche Berücksichtigung anderer Verkehrsträger (z. B. induzierter Verkehr bei ÖV oder Radverkehr)
Art der Untersuchung	Empirische Arbeiten (insb. Case Studies und ökonomische Analysen), die mindestens ein real existierendes Straßenaus- oder -neubauprojekt ex-post analysieren	Ausschließliche ex-ante Untersuchung anhand von Verkehrsmodellierungen oder ausschließlich Vergleich zwischen Verkehrsprognosen und realen Verkehrszählungen
Untersuchungsraum	Europa sowie OECD-Staaten in Nordamerika, Asien und Australien	-
Art der Veröffentlichung	Peer-reviewte Zeitschriftenartikel, Bücher und Buchbeiträge, Konferenzbeiträge, Graue Literatur (Forschungsberichte, Arbeitspapiere, Dissertationen, Masterarbeiten)	Meinungsbeiträge / Kommentare
Sprache	Englisch oder Deutsch	-
Verfügbarkeit der Studie	Dokument online kostenfrei verfügbar oder über die Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek verfügbar bzw. ausleihbar	-
Datum der Veröffentlichung	1989 – 2025	-

Anmerkung: Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden in Anlehnung an WSP & RAND Europe (2018) entwickelt.

Die Veröffentlichungen wurden anschließend durch Lesen der Volltexte anhand der genannten Kriterien geprüft. Veröffentlichungen, die diese Kriterien erfüllten, wurden in die detaillierte qualitative Analyse der Texte einbezogen.

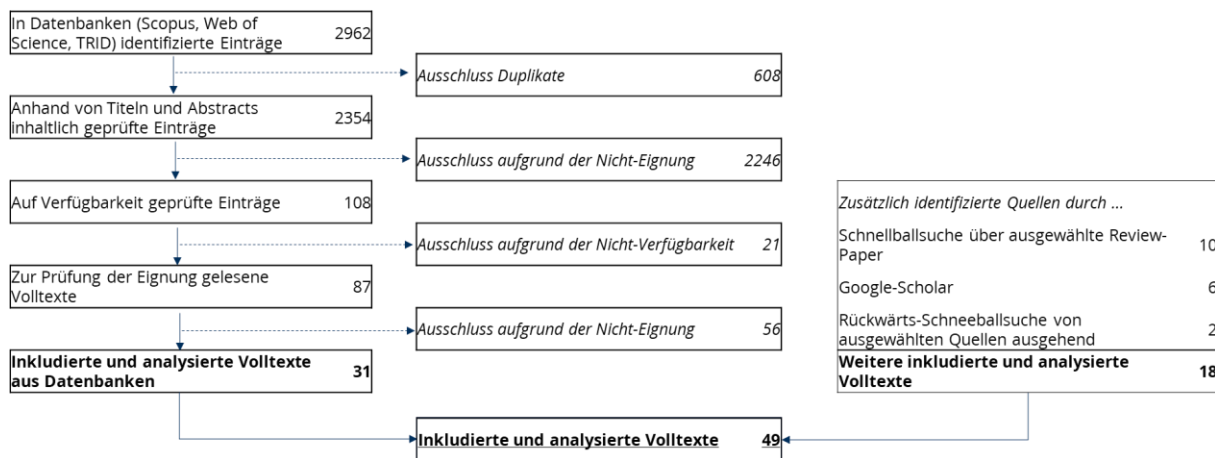


Abbildung 3: Ablaufschema und Ergebnisse der systematischen Literatursuche

4. Ergänzende Literatursuchen: Um weitere Veröffentlichungen zu identifizieren und existierende Studien vollständig zu erfassen, wurde zunächst anhand ausgewählter Review-Paper eine Schneeballsuche durchgeführt. Hierbei sind neun weitere relevante Quellen identifiziert worden. Weiterhin wurde ausgehend von zwei zentralen Veröffentlichungen (Duranton & Turner, 2011; Weis & Axhausen, 2009) eine Rückwärts-Schneeballsuche durchgeführt, die zu zwei weiteren relevanten Veröffentlichungen führte. Zudem wurden die Suchmaschinen Google Scholar und Bielefeld Academic Search Engine (BASE) mit Abwandlungen der Suchbegriffe „induzierter Verkehr“ und „induzierte Nachfrage“ auf Deutsch und Englisch genutzt. Das führte zu fünf weiteren Quellen.

5. Qualitative Analyse der einbezogenen Veröffentlichungen: Die ausgewählten Veröffentlichungen wurden systematisch analysiert. Hierzu wurde auf Basis der Literatur sowie Diskussionen im Projektteam ein kategorienbasiertes Analyseschema entwickelt. Es erfasst Informationen zur räumlichen, zeitlichen und inhaltlichen Abgrenzung der Studie sowie das methodische Vorgehen und die Ergebnisse. Das initiale Analyseschema wurde zunächst anhand eines Teils der Veröffentlichungen (ca. 10) getestet und anschließend angepasst.

Die Analyse wurde mit Hilfe der Software MAXQDA durchgeführt. Jede Veröffentlichung wurde von einem der Autoren kodiert. Zur Qualitätssicherung wurden die Kodierungen anschließend von einem anderen Autor geprüft.

6. Synthese der Ergebnisse: Die Ergebnisse wurden mit Fokus auf die Forschungsfragen zusammengefasst. Hierzu wurden die Untersuchungen zunächst anhand des jeweils verwendeten methodischen Ansatzes gruppiert. Anschließend werden die Ergebnisse je Gruppe zusammengefasst und eingeordnet.

In Vorbereitung auf die Analyse der BVWP-Straßenprojekte wurden für spezifische Themen ergänzend weitere Quellen gesucht und zusammengefasst.

4.2 Überblick über die identifizierten Untersuchungen

Insgesamt konnten im systematischen Literaturreview 49 Untersuchungen identifiziert werden.⁶ Die Entwicklung der Anzahl der Veröffentlichungen im Zeitverlauf ist in Abbildung 4 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass eine erste „Welle“ an Veröffentlichungen von Mitte der 1990er bis Anfang der 2000er Jahre entstand. Diese verweisen sehr häufig auf den SACTRA-Bericht (SACTRA, 1994), welcher dem Thema Aufmerksamkeit verschaffte. Eine zweite Welle ist seit Beginn der 2010er Jahre zu beobachten. Hierbei verweisen wiederum viele spätere Untersuchungen auf Duranton & Turner (2011), welche die zuvor verwendeten Analyse-Methoden weiterentwickelten und somit neue Untersuchungen anstießen (Manville, 2024).

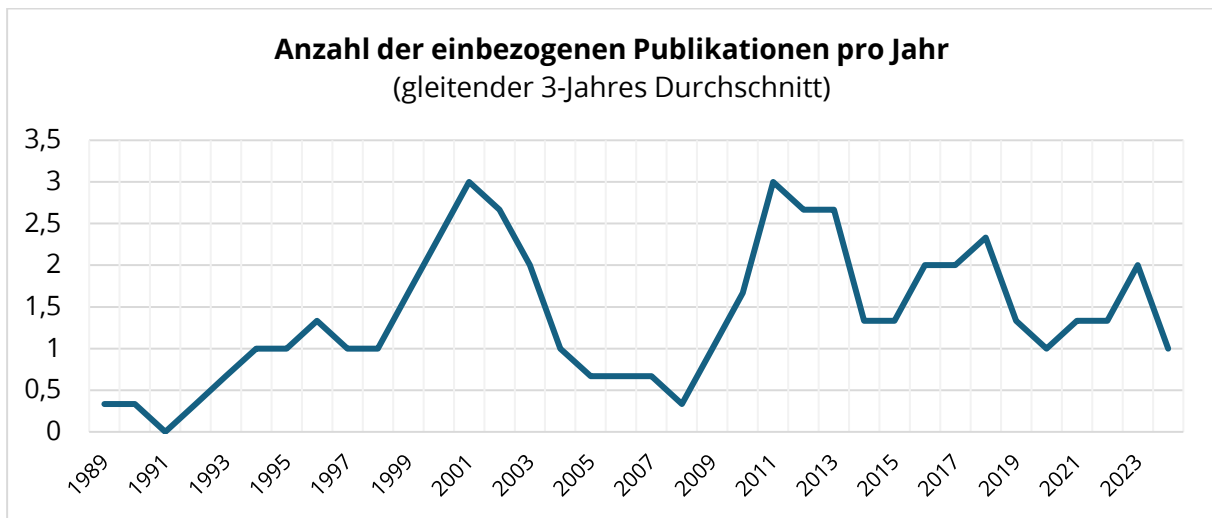


Abbildung 4: Anzahl der identifizierten Untersuchungen induzierten Verkehrs im Zeitverlauf

Methodisch sind vier Ansätze erkennbar. Diese sind hinsichtlich der verwendeten Daten zur Erfassung von Kapazitätserweiterungen und der Verkehrsnachfrage zu unterscheiden. Weiterhin kontrollieren sie auf unterschiedliche Weise für externe Einflüsse, nutzen verschiedene (statistische) Analysemethoden und weisen Ergebnisse anhand unterschiedlicher Kennzahlen aus (siehe Tabelle 5).

Fallstudien betrachten konkrete, räumliche verortete Straßenaus- oder -neubauprojekte. Diese sind wiederum anhand der verwendeten Nachfragedaten zu unterscheiden. So nutzen Fallstudien entweder Daten von Verkehrszählungen an bestimmten Straßenabschnitten im Umfeld des neu- bzw. ausgebauten Abschnitts (Ansatz A, n=11) oder Mobilitätsbefragungen von Personen oder Haushalten, die im Umfeld der ausgebauten Abschnitte mobil sind (Ansatz B, n=4).

Ökonometrische Analysen betrachten den Ausbau des Straßennetzes auf räumlich aggregierter Ebene. Hierfür nutzen sie Indikatoren zur Entwicklung der Fahrstreifenlängen im Gesamtnetz oder der Erreichbarkeiten von bestimmten Orten. Auch die ökonometrischen Analysen basieren auf verschiedenen Nachfragedaten. Genutzt werden einerseits durch Verkehrszählungen und Modellierungen ermittelte Daten zu Verkehrsstärken auf einer bestimmten Auswahl an Straßenabschnitten im Gesamtnetz (Ansatz C, n=31). Andererseits werden Daten aus landesweiten Mobilitätsbefragungen als Zeitreihe (Ansatz D, n=3) genutzt.

⁶ Siehe Anhang A1 für eine Übersicht aller einbezogenen Studien.

Tabelle 5: Übersicht methodischer Ansätze zur empirischen Erfassung induzierten Straßenverkehrs

Unterscheidungsmerkmal	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärkendaten	B) Fallstudie auf Basis von Mobilitätsbefragungen	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen von Verkehrsstärkendaten	D) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen von Mobilitätsbefragungen
Betrachtung der Kapazitätserweiterungen bzw. Erreichbarkeitsverhältnisse	Projektspezifisch		Aggregierter Ausbau in verschiedener Raumeinheiten (z.B. Staaten, Counties, Gemeinden, Quartiere)	
Verhaltensdaten	Aggregierte Verhaltensdaten (Verkehrsstärke auf Straßenabschnitten bzw. Korridoren)	Disaggregierte Verhaltensdaten (Verhalten von Verkehrsteilnehmenden)	Aggregierte Verhaltensdaten (Verkehrsstärke auf Straßenabschnitten bzw. Korridoren)	Disaggregierte Verhaltensdaten (Verhalten von Verkehrsteilnehmenden)
Zeitpunkte Datenerhebung	Zeitreihe; Vorher-Nachher-Daten	Zeitreihe; Vorher-Nachher- oder Nachher-Daten	Zeitreihe von Querschnittsdaten	Zeitreihe von Querschnittsdaten (z.B. „Pseudo-Panel“)
Kontrolle externer Einflüsse	Teilweise mit Kontrollgruppe; Screenline-Ansatz	Teilweise mit Kontrollgruppe	Vergleich Teilräume unter Berücksichtigung unterschiedlicher externer Entwicklungen	Vergleich Verkehrsteilnehmende mit heterogenem Infrastrukturangebot
Methode der Analyse	Deskriptive oder multivariate (Zeitreihen-) Analyse	Deskriptive oder multivariate Analyse	Multivariate (Zeitreihen-) Analyse	Multivariate Zeitreihen-Analyse
Beispiele	Analyse von Verkehrszählungen im Korridor von Infrastrukturprojekten (z. B. Meier 1989; SACTRA 1994); Entwicklungen in Folge mehrerer Kapazitätserweiterungen (z. B. Bucsky & Juhász 2022)	Analyse ortsspezifischer Mobilitätsbefragungen zum Verhalten vor und nach der Fertigstellung der Infrastrukturprojekte (z.B. Rohr et al. 2012)	Zeitreihenanalyse von Daten zur Verkehrsleistung, dem Infrastrukturangebot und sonstigen Kontrollgrößen zu US-Metropolregionen (z. B. Duranton & Turner 2011)	Analyse aufeinanderfolgender Mobilitätsbefragung in spezifischem Raum zu Verhaltensänderungen in Abhängigkeit veränderter Erreichbarkeitsverhältnisse (z. B. Weis & Axhausen 2009)
Anzahl Quellen	n=11	n=4	n=31	n=3

Geographisch sind 32 Untersuchungen in Nordamerika bzw. den USA zu verorten, während 14 Studien europäische Räume und fünf Studien Räume in Asien oder Australien betrachten. Wie Abbildung 5 zu entnehmen ist, stammen die ökonometrischen Analysen zu etwa drei Viertel aus Nordamerika. Die Fallstudien wurden mehrheitlich in Europa durchgeführt.

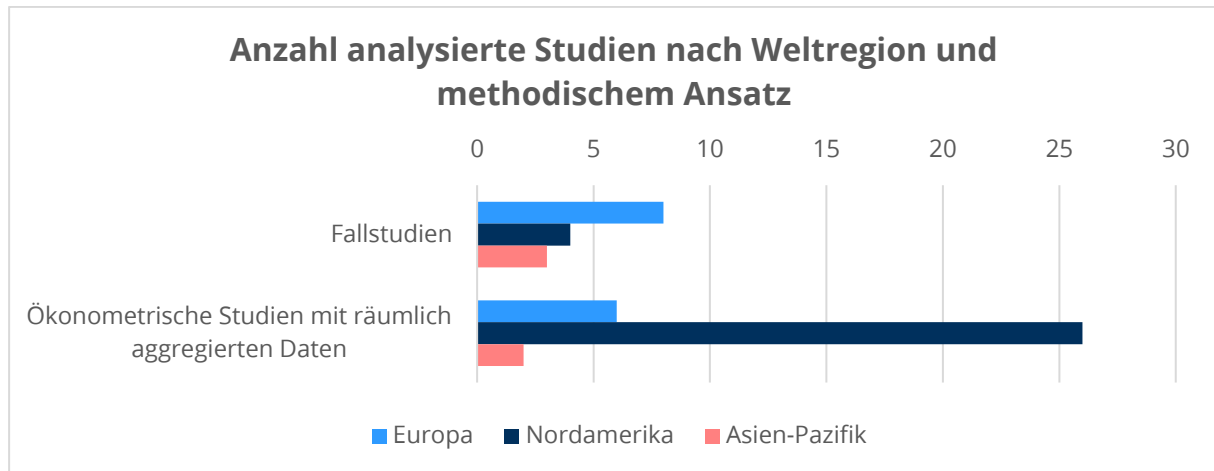


Abbildung 5: Anzahl der identifizierten Untersuchungen induzierten Verkehrs nach Weltregion und methodischem Ansatz

4.3 Zentrale Erkenntnisse der analysierten Veröffentlichungen zu induziertem Straßenverkehr

Aufgrund der unterschiedlichen methodischen Logiken und Formen der Ergebnisdarstellung werden die Resultate der einzelnen Ansätze im Folgenden getrennt voneinander dargestellt. Die relativ hohe Anzahl an Studien mit Ansatz A ($n = 11$) und Ansatz C ($n = 31$) erlaubt jeweils, die Studien innerhalb der Ansätze miteinander zu vergleichen. Daher werden diese Ansätze nachfolgend detaillierter vorgestellt und die Untersuchungsergebnisse im Kontext der Methoden und im Hinblick auf ihre Übertragbarkeit diskutiert. Die Ergebnisse der Studien der anderen Ansätze werden anschließend überblicksartig dargestellt.

4.3.1 Fallstudien auf Basis von Verkehrsstärkedaten

Methodischer Ansatz und Verbreitung

Diese Fallstudien betrachten konkrete, klar abgegrenzte Projekte zum Neu- und Ausbau von Straßen (z. B. Umfahrungsstraßen zur Behebung von Kapazitätsengpässen, Erweiterung von Abschnitten eines Autobahnringes). Es wurden elf Veröffentlichungen einbezogen, von denen fünf Straßenprojekte in Europa betrachten (siehe Tabelle 6).

Die nachfragebeeinflussenden Änderungen der Erreichbarkeitsverhältnisse werden hierbei anhand des Aus- oder Neubaus spezifischer Straßenabschnitte bzw. -korridore beschrieben.

Die Verkehrsnachfrage wird über Daten von Verkehrszählungen auf den von der Baumaßnahme betroffenen Straßenabschnitten erfasst. Hierbei werden i.d.R. Personen- und Güterverkehre

gemeinsam erfasst und berücksichtigt.⁷ Die Erhebung der Daten erfolgt als Zeitreihe in einem bestimmten Zeitraum vor und nach der Umsetzung des Infrastrukturprojekts. Der erfasste Zeitraum variiert zwischen den Untersuchungen zwischen einem und 54 Jahren.

Zur Abschätzung der Höhe des induzierten Straßenverkehrs – in Abgrenzung zu anderen Einflüssen auf die Verkehrsnachfrage – werden diese Ansätze genutzt:

- Um **Einflüsse von Routenänderungen**, d.h. Verlagerungen von bestehenden Straßenverkehren von anderen Straßen auf den ausgebauten Straßenabschnitt zu berücksichtigen, werden in den meisten Studien benachbarte Straßenabschnitte im Korridor berücksichtigt. Hierbei werden entweder spezifische Straßenabschnitte im Umfeld einbezogen (z. B. Bucsky & Juhász, 2022; Meier, 1989; Zeibots, 2003) oder über einen „Screenline“-Ansatz alle zur Infrastrukturmaßnahme parallel verlaufenden Straße berücksichtigt (z. B. Nielsen et al., 2006; SACTRA, 1994; Sloman et al., 2017).
- Die **allgemeine Verkehrsentwicklung**, welche bspw. durch Preise im Verkehr oder externe Faktoren beeinflusst wird (siehe Abschnitt 3.1), wird durch zwei Ansätze vom spezifischen Wachstum durch induzierten Straßenverkehr abgegrenzt. Einerseits werden Nachfragedaten der betrachteten Straßenabschnitte mit denen einer Kontrollgruppe an Abschnitten ohne Ausbau verglichen (z. B. Luk & Chung, 1997; Mokhtarian et al., 2002). Andererseits werden Daten zur Nachfrageentwicklung in der gesamten Region als Vergleichsgröße genutzt (z. B. Meier, 1989; Nielsen et al., 2006; Sloman et al., 2017).

Zusammenfassung der Ergebnisse

Neun der elf Untersuchungen stellen fest, dass die Kapazitätserweiterung zu induziertem Straßenverkehr führt. Lediglich Mokhtarian et al. (2002) können keinen signifikanten Effekt nachweisen und Luk & Chung (1997) keinen induzierten Verkehr beobachten. Je nach Studie werden Nachfragezuwächse auf den entsprechenden Straßenabschnitten bzw. -korridoren in Höhe von 10 % bis 90 % über die allgemeine Verkehrsentwicklung hinaus ausgewiesen (Netto-Differenz des DTV). McLellan (2013) schätzt abweichend davon Werte zwischen 138-175 % ab.

Generalisier- und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Diese Art von Untersuchungen ist geeignet, die Existenz von induziertem Straßenverkehr zu untermauern. Sie ist jedoch weniger geeignet, die konkrete Höhe des induzierten Verkehrs (insb. in Bezug auf die Fahrleistungen) für andere Kontexte abzuschätzen. Dies stellt bereits der Bericht von SACTRA (1994) fest. Hierfür bestehen folgende methodische Gründe:

- Unvollständige Erfassung des Mehrverkehrs: Es kann nicht sichergestellt werden, dass sämtliche geänderte Verkehrsströme durch die Zählungen erfasst werden, insbesondere bei enger Abgrenzung des Untersuchungsgebiets. Hier ist die Gefahr hoch, dass räumlich verlagerte Verkehre (z. B. durch Routenänderung) fälschlicherweise als Neuverkehr klassifiziert werden.

⁷ Durch die Nutzung von Pkw-Äquivalenzwerten für Lkw kann explizit berücksichtigt werden, dass ein Lkw die Straßenkapazität stärker auslastet als ein Pkw (z. B. Davies, 2015).

- Mängel bei der Berücksichtigung der allgemeinen Verkehrsentwicklung: Wird die allgemeine Verkehrsentwicklung mithilfe der für die Region verfügbaren Verkehrsdaten einbezogen, kann nur mit großen Unsicherheiten abgegrenzt werden, welcher Anteil dieser Entwicklung bereits durch den Infrastrukturausbau verursacht wird. Werden hingegen Kontrollkorridore genutzt, ist es in der Praxis schwierig, wirklich vergleichbare zu identifizieren (SACTRA, 1994).
- Zeitverlauf der Nachfrageänderungen: Bei kurzen Beobachtungszeiträumen sind noch nicht alle Verhaltensanpassungen abgeschlossen. Bei längeren Zeiträumen vermischen sich induzierter Verkehr und allgemeines Verkehrswachstum, was eine klare Zuordnung erschwert (SACTRA, 1994).

Darüber hinaus besteht zudem das Problem der Übertragbarkeit der Ergebnisse. Vor allem sind Ergebnisse aus Ballungsräumen kaum auf großräumige Verbindungen zwischen Ballungsräumen zu übertragen (SACTRA, 1994).

Zusammenfassend bestätigen die Ergebnisse zwar die Existenz induzierten Verkehrs. Zur Höhe des induzierten Straßenverkehrs bei BVWP-Straßenprojekten lassen sich jedoch keine konkreten Schlüsse ziehen, da die einzelnen Projekte zu unterschiedlich sind.

Tabelle 6: Ergebnisse projektspezifischer Untersuchungen mit aggregierten Daten

Studie	Infrastrukturausbau und Abgrenzung				Adressierung methodischer Herausforderungen		Ergebnisse			
	Raum	Projektanzahl und -art	Vorwiegend Ballungsräume	Zeitraum der Beobachtung Nachfrage	Berücksichtigung Verlagerung benachbarter Straßen	Berücksichtigung allgemeine Verkehrsentwicklung	Einfluss Kapazitätserweiterung auf Nachfrage	Angabe Ergebnis	Zentrales Ergebnis	Kommentar
Bucsky und Juhász (2022)	Budapest, Ungarn	8 Aus- und Neubauprojekte von Brücken	X	54 Jahre (1965-2019)	Alle Flussquerungen im Stadtgebiet (als Zwangsstelle)	stat. Modell; Einflussgrößen als unabhängige Variablen	Positiver Einfluss	Elastizität des DTV in Bezug auf Kapazität der Brücken	0,35-0,68	
Davies (2015)	Queensland, Australien	7 Straßenprojekte (davon 1 Neubau)	-	10-21 Jahre zwischen 1991-2014	Nur bei Neubau-projekt: Benachbarte, vorher bestehende Straße	Vergleich mit durchschn. Verkehrsentwicklung von Queensland im jeweiligen Zeitraum	Positiver Einfluss	Netto-Differenz DTV (auf Basis von Pkw-Äquivalenten)	+17-38% (2 Jahre nach Fertigstellung)	Straßen mit hohen DTV mit geringeren relativen Kapazitätserhöhungen aber höheren relativen Zunahmen der Verkehrsstärke
Luk und Chung (1997)	Melbourne Metropolitan Area, Australien	Zusammenhängende Neubauprojekte von Fernstraßen	X	20 Jahre (1975-1995)	Korridor mit Berücksichtigung benachbarter Straßen und ÖV	Kontrollgruppe mit 3 Standorten in Region des betrachteten Korridors	kein nachweisbarer Einfluss	Wachstumsrate DTV pro Jahr	+1,7% (beobachtete Straße) +2,7% (benachbarte Kontrollstelle)	fehlender induzierter Verkehr, evtl. weil untersuchte Straße Radialverbindung ist
McLellan (2013)	Greater Phoenix Metropolitan Area, USA	Straßenquerschnitte (inkl. Veränderungen an diesen)	X	23 Jahre	Puffer: 1 benachbarte Hauptverkehrsstraße (HVS) bzw. alle HVS in max. 3 Meilen Abstand	stat. Modell; Einflussgrößen als unabhängige Variablen	Positiver Einfluss	Netto-Differenz DTV	+138-175% Zunahme der Nachfrage auf Korridoren mit neuen Straßenabschnitten	
Meier (1989)	Schweiz	2 Neubauprojekte	-	Je nach Fall: 1-20 Jahre	Korridor bzw. gemeinsame Bewertung mit zweitem Projekt	Vergleich mit durchschn. Verkehrsentwicklung der Schweiz	Positiver Einfluss	Netto-Differenz DTV	+5-20% (in Ausnahmefällen 30%)	
Mokhtarian et al. (2002)	Kalifornien, USA	18 Highway-segmente mit Ausbauten	-	21 Jahre	-	stat. Modell mit Paarbildung von Ausbau- und Kontrollstraßen	Einfluss nicht signifikant	Differenz DTV	-	
Nielsen et al. (2006)	Dänemark	8 Projekte für Autobahnen (u.a. 3 Brückenprojekte)	-	20 Jahre (1984-2004)	Screenline	Vergleich mit allgemeiner Verkehrsentwicklung in Dänemark	Positiver Einfluss	Netto-Differenz DTV	Motorway-Ausbauten: +10-67%	abhängig von Lage und Verkehrsstärke (Motorway) bzw. von

Verkehrsbedingte CO2-Emissionen: Stand der empirischen internationalen Forschung zur Höhe des induzierten Straßenverkehrs

Studie	Infrastrukturausbau und Abgrenzung				Adressierung methodischer Herausforderungen		Ergebnisse			
	Raum	Projektanzahl und -art	Vorwiegend Ballungsräume	Zeitraum der Beobachtung Nachfrage	Berücksichtigung Verlagerung benachbarter Straßen	Berücksichtigung allgemeine Verkehrsentwicklung	Einfluss Kapazitätserweiterung auf Nachfrage	Angabe Ergebnis	Zentrales Ergebnis	Kommentar
									Brücken-Neubau: +0-90%	Lage und Stadtanbindung (Brücken)
SACTRA (1994)	Vereinigtes Königreich und Niederlande	13 Straßenprojekte (Neubauten von Umfahrungen und Brücken)	X	Je nach Fall: 3 Monate bis 20 Jahre im Zeitraum von 1962-1992	Je nach Fall: Screenline im Korridor oder Kontrollgruppe	Allgemein: Hinweis auf Verkehrsentwicklung, aber keine explizit formelle Berücksichtigung Je nach Fall: Kontrollgruppe	Positiver Einfluss	Differenz DTV (absolut)	Unterschiedlich mit Hinweis, dass Ergebnisse Existenz induzierten Verkehrs bestätigen, aber keine Rückschlüsse auf die Höhe erlauben	Höhe induzierter Verkehr abhängig von Kapazitäten im umliegenden Netz und Effektivität nachfragesteuernden Maßnahmen
Seeherman und Skabardonis (2016)	Kalifornien, USA	1 Ausbauprojekt (zusätzlicher Fahrstreifen in Tunnel) in Ballungsraum	X	2 Jahre (2012-2014)	Berücksichtigung ÖV-Nachfrage	-	Positiver Einfluss	Netto-Differenz DTV	+10-13%	
Sloman et al. (2017)	England	13 Projekte	-	Je nach Fall 3-20 Jahre	Screenline (in drei Fällen nur Straßensegment)	Vergleich mit allgemeiner Verkehrsentwicklung in England	Positiver Einfluss	Netto-Differenz DTV	+7% (3-7 Jahre nach Umsetzung) +38-47% (8-20 Jahre nach Umsetzung)	
Zeibots (2003)	Sydney, Australien	1 Neubauprojekt (1. Abschnitt M4 Motorway)	X	9 Jahre (1986-1995)	Screenline, Korridor, Straßensegment	erwartetes DTV-Wachstum für Korridor (bestehend aus GWH und M 4)	Positiver Einfluss	Netto-Differenz DTV (absolut)		

4.3.2 Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten

Methodischer Ansatz und Verbreitung

Der Ansatz basiert auf dem statistischen Vergleich von Daten zu verkehrlichen Entwicklungen in Teilräumen mit Unterschieden im Infrastrukturausbau und der Nachfrageentwicklung (z. B. Bundesstaat, County, Metropolitan Area). Mit Hilfe multivariater statistischer Methoden bzw. ökonometrischer Modelle (insb. Regressionsanalysen von Zeitreihen von Querschnittsdaten) wird der Einfluss geänderter Erreichbarkeitsverhältnisse auf die Verkehrsnachfrage abgeschätzt. Hierbei werden weitere Einflussfaktoren, wie z. B. die Entwicklung von Bevölkerung, Beschäftigung, Einkommen oder auch Wirtschaftsleistung, berücksichtigt. Unter den identifizierten Untersuchungen ist dieser Ansatz mit 31 Veröffentlichungen am bedeutendsten. Von diesen stammen 23 aus den USA und eine aus Kanada. Fünf Untersuchungen betrachten europäische Räume.

Zur Abbildung der Änderungen der Erreichbarkeitsverhältnisse wird zumeist die Fahrstreifenlänge⁸ im Gesamtnetz im Zeitverlauf erfasst (z. B. Duranton & Turner, 2011). In einzelnen Untersuchungen werden stellvertretend dafür die Länge der Straßen im Netz (z. B. Hsu & Zhang, 2014) oder die monetären Investitionen für Kapazitätserweiterungen (z. B. Concas, 2012) genutzt.

Für die Entwicklung der Nachfrage werden auf Ebene der betrachteten Teilräume aggregierte Verhaltensdaten genutzt, die jeweils bestimmte Straßennetzkategorien abdecken. Über temporäre oder dauerhafte Zählstellen werden Verkehrsstärken erfasst; Werte für weitere Netzabschnitte werden teils mit Hilfe statistischer Modelle ermittelt. Diese werden dann mit der Länge der jeweiligen Netzabschnitte multipliziert, um die Kfz-Fahrleistungen zu ermitteln. Die Ergebnisse hängen somit nicht wie bei einer Mobilitätsbefragung davon ab, dass ein möglichst repräsentatives Sample an Befragten ausgewählt wird, oder davon, dass die Befragten korrekte Angaben machen. Allerdings hängen sie davon ab, dass die Zählungen das Netz hinreichend abdecken und zuverlässige Daten liefern.

Die hohe Anzahl an Studien aus den USA kann damit erklärt werden, dass u.a. die Federal Highway Administration (FHWA) seit 1970 jährlich einen geeigneten Analyse-Datensatz zur Verfügung stellt. Dieser Datensatz weist je Bundesstaat und Netzkategorie (u.a. Interstates/Motorways, Primary Roads, Secondary Roads, Local Roads) sowohl Fahrstreifenlängen als auch eine Abschätzung der Kfz-Fahrleistungen aus. Nur für wenige andere Länder stehen vergleichbare Datensätze zur Verfügung (z. B. für das Vereinigte Königreich, siehe Garcia-López et al., 2024).

Zusammenfassung der Ergebnisse

Abbildung 6 stellt alle Untersuchungen dar, welche FSL-Elastizitäten ausweisen (N=28). Die geschätzten Elastizitäten liegen in einem Bereich von etwa 0,1 bis 1,8. Ein Großteil der Werte bewegt sich allerdings in einem Bereich von 0,3 bis 0,9. Lediglich die Ergebnisse von fünf Studien bewegen sich gänzlich oberhalb (Garcia-López et al., 2020, 2024; Hsu & Zhang, 2014; Melo et al., 2012) oder unterhalb (Hymel et al., 2010) dieses Bereichs. Hoover & Burt (2006) und Mohassel (2017) weisen keine statistisch signifikanten FSL-Elastizitäten aus.

⁸ Siehe Abschnitt 3.4.2 zur Erläuterung der FSL-Elastizität.

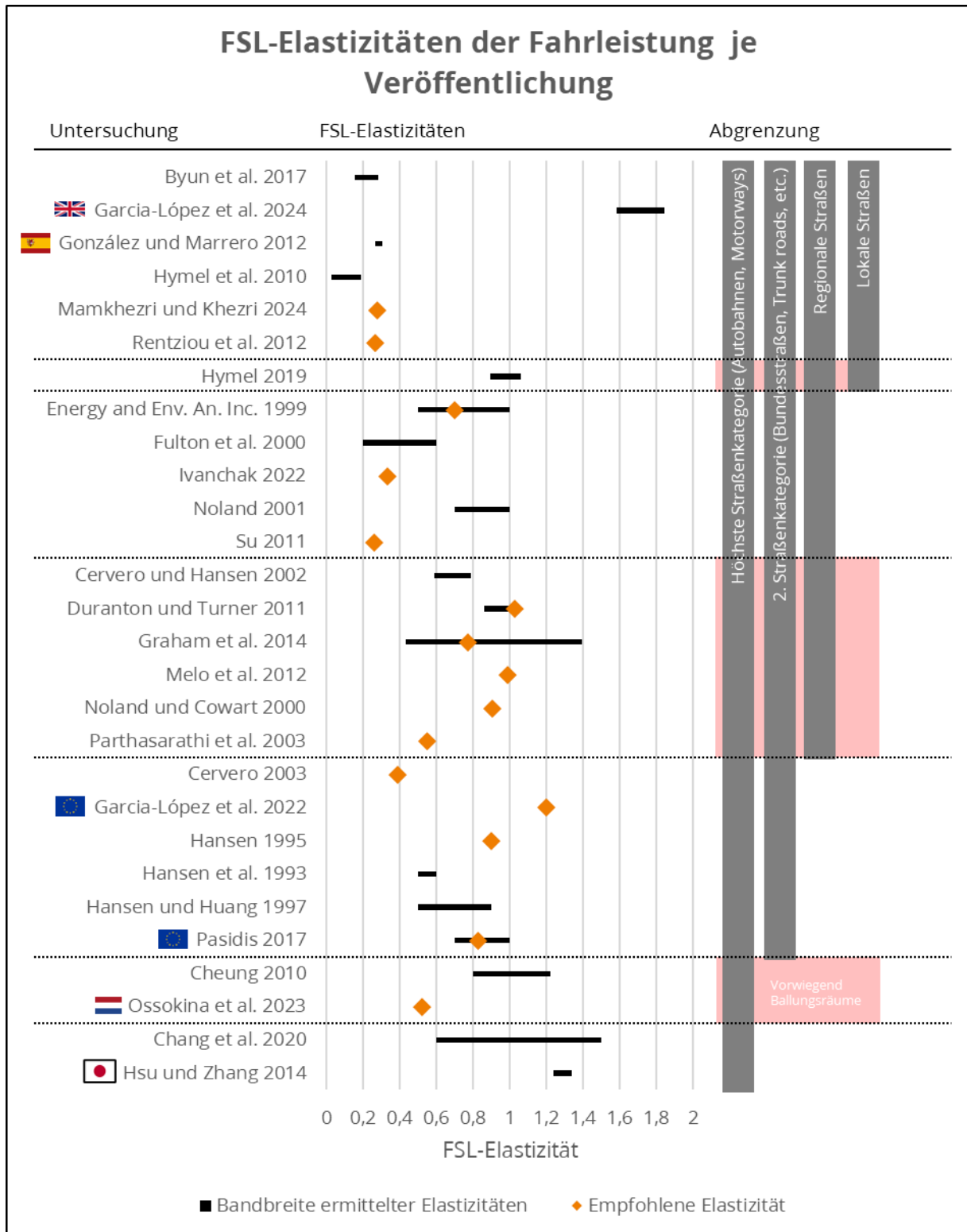


Abbildung 6: Ergebnisse ökonometrischer Analysen mit Angabe von FSL-Elastizitäten
 Anmerkungen: 1) Alle Untersuchungen, für welche keine Nationalflagge abgebildet ist, stammen aus den USA; 2) Die in der jeweiligen Untersuchung mit verschiedenen Regressionsmodellen geschätzten Elastizitäten werden anhand der Bandbreite dargestellt; 3) Empfohlene Elastizitäten werden dann angegeben, wenn in einer Untersuchung ein Wert empfohlen wird oder nur ein einziger Wert ausgewiesen wird.

In der Abbildung sind die Untersuchungen danach angeordnet, welche Netzkategorien sie bei der Betrachtung der Kapazitäts- und Nachfrageänderungen berücksichtigen. Es ist auffällig, dass Untersuchungen, welche alle Netzkategorien berücksichtigen, relativ geringe Elastizitäten abschätzen. Die Ausnahme bildet die Untersuchung von Garcia-López et al. (2024), welche auch im Gesamtbild einen Ausreißer nach oben darstellt. Werden nur höherrangige Netzkategorien berücksichtigt, sind die Werte tendenziell höher. Es kann davon ausgegangen werden, dass Erweiterungen im höherrangigen Netz stärkere Effekte auf das Verhalten haben als der Bau von z. B. Gemeindestraßen. Eine weitere mögliche Ursache ist die Erfassung von Routenänderungen vom nicht beobachteten nachrangigen auf das beobachtete höherrangige Netz als induzierter, neuer Verkehr. Die Nachfrageänderung wird in diesen Fällen überschätzt. Weiterhin ermitteln Untersuchungen von Ballungsräumen höhere Elastizitäten als Untersuchungen, die auch Gebiete außerhalb der Ballungsräume einbeziehen.

Concas (2012) ermitteln eine Elastizität von kurzfristig 0,04 und langfristig 0,24 in Bezug auf die Investitionen in das Straßennetz. Diese Werte sind aufgrund der unterschiedlichen Basis allerdings schwer vergleichbar.

Generalisier- und Übertragbarkeit der Ergebnisse

Wie beschrieben, schätzen die Studien FSL-Elastizitäten in einer relativ großen Bandbreite ab. Auch innerhalb der beschriebenen Gruppen von Studien mit ähnlichen Netzabgrenzungen unterscheiden sich die Werte teils um Faktor zwei bis drei. Denkbar ist, dass diese Unterschiede durch verschiedene methodische Entscheidungen (z. B. statistische Modellierung, Kontrollvariablen), Abgrenzungen der Untersuchungen (z. B. County- oder Staaten-Ebene) und Eigenschaften der betrachteten Untersuchungsräume zu erklären sind. Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren, ist es an dieser Stelle nicht möglich, Systematiken der Unterschiede zu erkennen.

Aufgrund erheblicher Unterschiede zu den USA – dem häufigsten Untersuchungsraum – lassen sich die Ergebnisse nur begrenzt auf Deutschland übertragen. So sind das Verkehrssystem und die Raumstrukturen der USA deutlich autozentrierter, der ÖV als Alternative zum MIV deutlich weniger konkurrenzfähig und die Bevölkerung wächst weiterhin stetig.

Insgesamt kann aus den ermittelten Werten unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen und Unsicherheiten ein Orientierungsbereich für die FSL-Elastizität von 0,3 bis 0,9 abgeleitet werden.

4.3.3 Zusammenfassung weiterer Veröffentlichungen

Für die übrigen methodischen Ansätze wird im Folgenden lediglich ein kurzer Überblick über die Ergebnisse gegeben.

Alle vier Fallstudien, welche Nachfragedaten aus Mobilitätsbefragungen nutzen (Ansatz B), bestätigen die Existenz induzierten Straßenverkehrs. Die genauen Ergebnisse sind durch unterschiedliche Kenngrößen zur Ergebnisangabe und die verschiedenen Kontexte der Kapazitätserweiterungen kaum miteinander vergleichbar. So ermitteln Rohr et al. (2012) für den Neubau des Autobahnringes um Manchester im Jahr 2000 Reisezeit-Elastizitäten der Fahrleistung

von -0,67 für Pendler und -1,56 für Nicht-Pendler. Cerwenka & Hauger (1996) weisen für den Bau des bemaubten Arlberg隧nells Elastizitäten in Höhe von -0,83 aus, wobei sie ausdrücklich auf viele Unsicherheiten hinweisen.

Ökonometrischen Analysen auf Basis von Zeitreihen landesweiter Mobilitätsbefragungen (Ansatz D) sind methodisch herausfordernd. So verändern sich die Methodik und teils auch Fragestellungen von Mobilitätsbefragungen im Zeitverlauf (z. B. Befragung per Telefon, online oder persönlich, Methoden zur Gewichtung). Außerdem sind die Abstände zwischen den Befragungen mitunter relativ lang und externe Einflüsse können die Ergebnisse im jeweiligen Befragungsjahr beeinflussen (z. B. führt schlechtes Wetter zu weniger Radverkehr). Levinson und Kanchi (2005) und Zolnik (2018) konnten auf Basis von jeweils zwei US-amerikanischer Haushaltsbefragungen im Abstand von fünf bzw. acht Jahren keinen induzierten Straßenverkehr nachweisen. Weis & Axhausen (2009) nutzen sieben Haushaltsbefragungen aus der Schweiz im Zeitraum von 1974 und 2005. Sie können eine Elastizität der Tagesstrecke in Bezug auf die Erreichbarkeit am Wohnort in Höhe von 0,89 bis 1,14 nachweisen. Hierbei werden jedoch auch nicht mit dem Auto zurückgelegte Wege einbezogen. Zudem ist der genutzte Erreichbarkeitsindikator nur indirekt in entsprechende Reisezeit-Änderungen übersetzbar.

4.4 Ergänzende Evidenz zu Reisezeitelastizitäten

Die im systematischen Literaturreview identifizierten Untersuchungen beinhalten nur vereinzelt Aussagen zu Reisezeitelastizitäten (z. B. Rohr et al., 2012). Dies liegt unter anderem in der Begrenzung der betrachteten Studien auf real umgesetzte Kapazitätserweiterungen im Straßennetz, für welche Reisezeitelastizitäten schwierig ermittelbar sind. Um dennoch Richtwerte für die Reisezeitelastizitäten zu erhalten, wurde ergänzende Literatur zu diesem Thema recherchiert. Dabei konnte auf Studien zurückgegriffen werden, die methodisch auf Stated-Preference-Untersuchungen oder Verkehrsmodellierungen auf Basis unterschiedlicher Erhebungsdaten basieren (Wardman, 2022a).

Für den **Straßen-Personenverkehr** empfehlen Axhausen & Fröhlich (2012) auf Basis ihres Literaturüberblicks und der Auswertung von Schweizer Studien einen Richtwert für die Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf die Reisezeit von kurzfristig -0,4 und langfristig -0,9 für die Schweiz.

Wardman (2022a) ermittelt auf Basis eines ausführlichen Literaturreviews Reisezeitelastizitäten für Großbritannien. Je nach Reisezweck (Pendelwege, geschäftliche Wege und Freizeitwege) und Art der Verbindung (in Ballungsräumen und zwischen Ballungsräumen) weist Wardman langfristige Elastizitäten der MIV-Fahrleistung in Bezug auf die Reisezeit von -0,60 bis -0,99 aus. Darüber hinaus zeigen die Auswertungen, dass die Elastizität der Wegezanzahl mit -0,21 bis -0,26 deutlich geringer ist. Bei Annahme einer nur geringfügig wachsenden durchschnittlichen Wegelänge ist der Fahrleistungszuwachs also zu einem Viertel bis maximal einem Drittel durch zusätzliche MIV-Wege zu erklären. Der Rest ist durch längere Fahrten erklärbar.

Für den **Straßen-Güterverkehr** (SGV) sind nur sehr wenige Untersuchungen zu Elastizitäten der Fahrleistungen in Bezug auf die Reisezeit zu finden. Die Ergebnisse vorhandener Studien sind nicht eindeutig, widersprechen jedoch der verbreiteten Annahme, der Straßen-Güterverkehr sei

nahezu unelastisch (Graham & Glaister, 2004). So werden Elastizitäten in Höhe von knapp über 0,0 bis -1,0 berichtet (Bigazzi & Figliozi, 2013).

4.5 Zusammenfassung

Die Literatur bestätigt die Existenz des Phänomens induzierten Straßenverkehrs sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Eindeutige Werte für die Elastizitäten der Verkehrsnachfrage in Deutschland lassen sich aus der Literatur nicht ableiten, da die Ergebnisse stark von Methode und Kontext der jeweiligen Studien beeinflusst werden. Zudem liegen keine Untersuchungen vor, die explizit Räume in Deutschland analysieren. Dennoch lassen sich aus der Literatur plausible Bandbreiten ableiten:

- FSL-Elastizität der gesamten Kfz-Fahrleistung: 0,3 – 0,9
- Reisezeit-Elastizität der Kfz-Fahrleistung im MIV: -0,4 – -0,9
- Reisezeit-Elastizität der Kfz-Fahrleistung im SGV: 0,0 – -1,0

Diese Werte können bei der Analyse der Straßenprojekte des BVWP sowie bei Abschätzungen des induzierten Straßenverkehrs als Orientierung dienen. Dabei sind die jeweiligen Besonderheiten der FSL-Elastizitäten und der Reisezeit-Elastizitäten zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 3.4).

5 Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

Dieses Kapitel untersucht, inwieweit die BVWP-Methodik induzierten Straßenverkehr berücksichtigt. Hierzu wird zunächst die Methodik selbst analysiert. Anschließend werden die BVWP-Projektdaten hinsichtlich der dort dargestellten Ergebnisse zur Höhe des induzierten Verkehrs ausgewertet und den Befunden aus der empirischen Literatur gegenübergestellt. Aufbauend auf den dabei identifizierten Diskrepanzen erfolgt eine Neuabschätzung der zusätzlichen Fahrleistung und CO₂-Emissionen durch den Aus- und Neubau von Fernstraßen im BVWP.

5.1 Methodische Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP 2030

Um zu ermitteln, inwieweit die Methodik des BVWP 2030 in der Lage ist, induzierten Straßenverkehr zu erfassen, wurden die veröffentlichten Methodenberichte zur Verkehrsprognose bzw. zum verwendeten Verkehrsmodell (Intraplan Consult GmbH & BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, 2014) sowie zur Bewertungsmethodik (PTV et al., 2016; Rieken et al., 2015) und ergänzend die Stellungnahmen im Rahmen der Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung (BMVI, 2016a) qualitativ untersucht. Zentrale Fragestellung war, *ob* und *wie* die einzelnen in Abschnitt 3.2 beschriebenen Verhaltensreaktionen der Verkehrsteilnehmenden in der Folge des Aus- und Neubaus von Fernstraßen im BVWP ermittelt und berücksichtigt werden.

Die Analyse zeigt, dass die Effekte der BVWP-Projekte auf die Flüssigkeit und Geschwindigkeit des Verkehrs durchgängig berücksichtigt werden. Dies ist für die Bewertungslogik des BVWP von hoher Bedeutung, da Reisezeitgewinne und Betriebskosteneinsparungen ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit von Projekten sind.

Alle Methodenberichte adressieren außerdem die Effekte auf die Verkehrsnachfrage bzw. den induzierten Verkehr⁹. Hierbei werden die Relevanz der Verhaltensreaktionen (z. B. Änderung der Fahrtenhäufigkeit und Fahrtziele, modale Verlagerungen, Standortänderungen) für die Bewertung im Personen- und Güterverkehr diskutiert und methodische Entscheidungen begründet.

Zunächst werden Routenänderungen sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr berücksichtigt. Diese treten auf, wenn sich die Raumwiderstände auf spezifischen Routen ändern und Verkehrsteilnehmende im Modell daher andere Routen für vorteilhaft erachten (z. B. längere Route bei gleichbleibender Fahrtzeit durch eine Ortsumfahrung, kürzere Route bei Neubau einer

⁹ Es ist zu beachten, dass induzierter Verkehr im BVWP anders definiert wird. Der BVWP versteht unter induziertem Verkehr die Effekte „zusätzliche Fahrten zu neuen Zielen“, „häufigere Fahrten zu bestehenden Zielen“ und „näher gelegene Ziele werden durch ferner gelegene Ziele ersetzt“ und grenzt modal verlagerten Verkehr hiervon ab. Routenänderungen werden nicht explizit als induzierter Verkehr definiert. In der vorliegenden Studie werden alle Effekte, die die Straßenverkehrsnachfrage verändern als induzierter Straßenverkehr definiert.

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

direkteren Verbindung oder längere Route bei Erweiterung und damit Beschleunigung einer höherrangigen Straße). Sie sind in der Bewertungslogik insofern von Relevanz, als dass sich Reisezeiten, Verkehrssicherheit und Lärmbelastungen verändern (PTV et al., 2016, S. 80).

Im Personenverkehr werden zudem Veränderungen in der Fahrtziele (Ersatz näher gelegener durch weiter entfernte Ziele) auf Grundlage geänderter Raumwiderstände berücksichtigt (PTV et al., 2016, S. 75).

Modale Verlagerungen zur Straße werden bei überregional bedeutsamen Projekten mit der Verbindungsfunktionsstufe 0 oder 1 nach den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN) (FGSV, 2009) und hierbei ausschließlich vom Schienenpersonenverkehr (SPV; Nah- und Fernverkehr) als abgebendem Verkehrsmittel berücksichtigt. Verlagerungen von weiteren ÖPNV (z. B. Bus, Straßenbahn, U-Bahn) sowie von Rad- und Fußverkehr werden vernachlässigt. Dies wird damit begründet, dass nur bei den überregionalen Verbindungen relevante Nutzenbeiträge zu erwarten sind (PTV et al., 2016, S. 76–77).

Sekundäre Effekte induzierten Straßenverkehrs, wie z. B. die Veränderung von Wohn- und Arbeitsstandorten, werden hingegen nicht berücksichtigt. Als Begründung wird angeführt, dass diese Effekte erst längerfristig entstehen und ihre Prognose aufgrund der zahlreichen Einflussgrößen und komplexen Zusammenhänge mit hohen Unsicherheiten behaftet wäre (BMVI, 2016a, S. 24).

Im Güterverkehr wird davon ausgegangen, dass über die Routenänderungen hinaus keine bewertungsrelevanten Veränderungen der Verkehrsnachfrage oder der Raumstrukturen entstehen. Entsprechend werden diese Effekte in der Logik des Verkehrsmodells nicht berücksichtigt und können mit ihnen nicht ermittelt werden. Begründung hierfür ist, dass verbesserte Transportwege im Güterverkehr und im kleinräumigen Personen- und Güterwirtschaftsverkehr die Entscheidungen für Unternehmens- und Produktionsstandorte sowie Lagerstrukturen und Lieferketten erst langfristig beeinflussen (PTV et al., 2016, S. 75).

Verlagerungen von Transporten von der Schiene, dem Schiff oder dem Flugzeug auf die Straße werden ebenso nicht berücksichtigt. Hierbei wird anhand von Beispielrechnungen argumentiert, dass diese nicht bewertungsrelevant sind (PTV et al., 2016, S. 79).

Tabelle 7: Berücksichtigung der Verhaltensreaktionen bei Straßen-Kapazitätserweiterungen im BVWP 2030

Verkehrsinduzierende Verhaltensreaktion	Personenverkehr	Güterverkehr
Routenänderungen	✓	✓
Veränderung der Fahrtenhäufigkeit	✗	✗
Veränderung der Fahrtziele	✓	✗
Modale Verlagerung von Verkehrsmitteln zur Straße	(✓)	✗
Standortänderungen (Wohn-, Arbeitsorte, Unternehmensstandorte, Lieferketten etc.)	✗	✗

Eigene Darstellung auf Basis von PTV et al. (2016, S. 75–81)

Wie Tabelle 7 zusammenfassend zu entnehmen ist, wird methodisch damit nur ein Teil der verkehrsinduzierenden Verhaltensreaktionen berücksichtigt. Vor allem werden längerfristig auftretende Effekte vernachlässigt. Diese Vernachlässigung kann angesichts der langen Lebensdauer der Verkehrsinfrastruktur und ihrer dadurch langfristig auftretenden Wirkungen zu einer Unterschätzung des induzierten Straßenverkehrs führen.

Rein qualitativ kann allerdings noch nicht beurteilt werden, welchen Einfluss die methodischen Einschränkungen auf die Validität der im BVWP ermittelten Verkehrsnachfrage haben.

5.2 Quantitative Berücksichtigung des induzierten Straßenverkehrs im BVWP 2030

Um die quantitativen Wirkungen der beschriebenen Vernachlässigung von Elementen induzierten Verkehrs einschätzen zu können, werden die BVWP-Projektdaten analysiert. Hierbei wird die darin erfasste Höhe des induzierten Straßenverkehrs den Werten aus der Literatur gegenübergestellt.

5.2.1 Überblick über die analysierten Daten und Projekte

Grundlage hierfür stellen die im Projektinformationssystem zum BVWP 2030 (PRINS)¹⁰ veröffentlichten Bilanzierungs- und Bewertungsergebnisse zu Wirkungen der BVWP 2030-Projekte dar. Um diese zu nutzen, wurden zunächst die Daten aller Straßenprojekte in einer Datenbank abgespeichert und unter Berücksichtigung der Datenstruktur für die Analyse aufbereitet. Hierbei wurden folgende Schritte umgesetzt:

- **Festlegung Grundgesamtheit untersuchter Projekte:** Das PRINS weist sowohl Haupt- als auch Teilprojekte aus. Im Standardfall wurde im BVWP 2030 das Hauptprojekt bewertet. Es gibt jedoch auch Fälle, in denen nicht das Hauptprojekte, sondern die Teilprojekte jeweils einzeln oder aber zwei oder mehr Teilprojekte als Projektbündel gemeinsam bewertet wurden.¹¹ Um alle BVWP-Projekte in der Analyse abzudecken, wurden alle Haupt- oder Teilprojekte mit NKA-Bewertung in die Analyse einbezogen und Duplikate von Bewertungen entfernt. Es werden hierbei Projekte aller Dringlichkeitsstufen einbezogen. Der finale Analysedatensatz umfasst damit 1046 Haupt- bzw. Teilprojekte.
- **Ergänzung fehlender Daten:** Die PRINS-Datenstruktur führt dazu, dass Grunddaten wie z. B. die Projektlänge für gemeinsam bewertete Projektbündel fehlen. Diese werden jeweils nur für die Haupt- oder Teilprojekte ausgewiesen. Diese Daten wurden aus den Einzelprojekten ermittelt und der Datenbank hinzugefügt.
- **Zuordnung der Projekte zu Projekttypen:** Die NKA-Projekte sind sehr heterogen. Zur differenzierten Auswertung wurden sie vier – nach Straßentyp (Bundesautobahn=BAB, Bundesstraße=BStr) und Ausbauziel (Neubau, Erweiterung) differenzierten – Projekttypen zugeordnet (siehe Tabelle 8). Projekte, die sich auf beide Straßentypen oder Ausbauziele beziehen, wurden jeweils der Kategorie mit dem größeren Anteil an der Länge des

¹⁰ www.bvwp-projekte.de

¹¹ z. B. bei [A20-G10-NI-SH](#) und [A20-G10-SH](#)

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

Projekts zugeordnet. Knotenpunktprojekte werden den BAB-Erweiterungs-Projekten zugeordnet.

Tabelle 8: Überblick über die Projekte der vier Projekttypen

Projekttyp	Anzahl Projekte	Verkehrliches Ziel der Projekte	Zusätzliche Fahrstreifen-km je Projekt
BAB-Neubau	20	Verbesserung Erreichbarkeiten (4-streifige BAB-Projekte wie z. B. A20, A14, A39) „Lückenschlüsse“ Schaffung von Alternativverbindungen zur Entlastung von laut Prognose künftig überlasteten Netzabschnitten	Wertebereich: 12 – 737 km Mittelwert: 102 km
BAB-Erweiterung	194	Entlastung für laut Prognose künftig überlastete Netzabschnitte durch Zubau von Fahrstreifen Darunter Knotenpunktprojekte (n=19)	Wertebereich: 2 – 232 km Mittelwert: 28 km
BStr-Neubau	742	Entlastung von Ortsdurchfahrten durch Bau von Ortsumfahrungen	Wertebereich: 1 – 184 km Mittelwert: 17 km
BStr-Erweiterung	90	Entlastung für laut Prognose künftig überlastete Netzabschnitte durch Zubau von Fahrstreifen Erhöhung der Verkehrssicherheit	Wertebereich: 2 – 230 km Mittelwert: 14 km

Quelle: Die Tabelle basiert auf der Auswertung der beschriebenen PRINS-Daten

Abbildung 7 stellt alle Projekte räumlich dar. Abbildung 8 zeigt den Zusammenhang zwischen zusätzlichen Fahrstreifen-km (X-Achse) und der ermittelten Änderung der Kfz-km laut BVWP (Y-Achse) für die Einzelprojekte.¹² Insgesamt werden bei über 90 % der Projekte weniger als 40 Fahrstreifen-km und bei 40 % der Projekte weniger als 10 Fahrstreifen-km zugebaut. Je Projekttyp ist in der Tendenz ein positiver, aber nicht linearer Zusammenhang zwischen zugebauten Fahrstreifen-km und dadurch entstehender zusätzlicher Fahrleistung zu erkennen. Bei einem Teil der Projekte (etwa 25 %) weist der BVWP allerdings aus, dass sie die Fahrleistungen nicht erhöhen oder sogar reduzieren

¹² BAB-Knotenpunktprojekte werden im BVWP gesondert ausgewiesen, wurden hier aber exkludiert, da das PRINS für diese keine Länge ausweist.

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

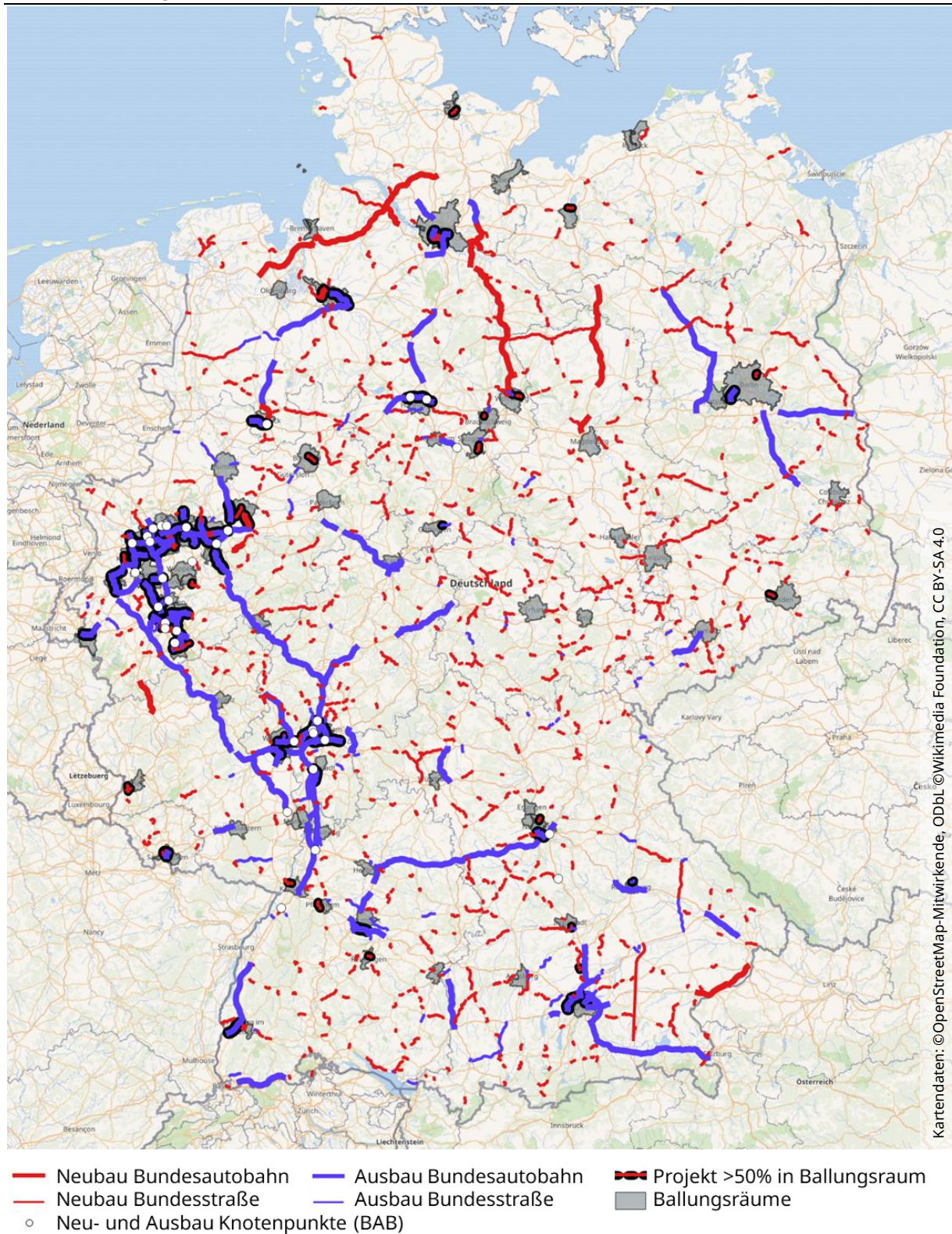


Abbildung 7: Deutschlandkarte mit allen Straßenprojekten des BVWP 2030
Eigene Darstellung auf Basis der in [PRINS](#) hinterlegten Streckenverläufe der Projekte; Hintergrundkartendaten von OpenStreetMap-Mitwirkenden unter der [Open Database License \(ODbL\)](#) und Wikimedia Foundation, lizenziert unter [CC BY-SA 4.0](#).

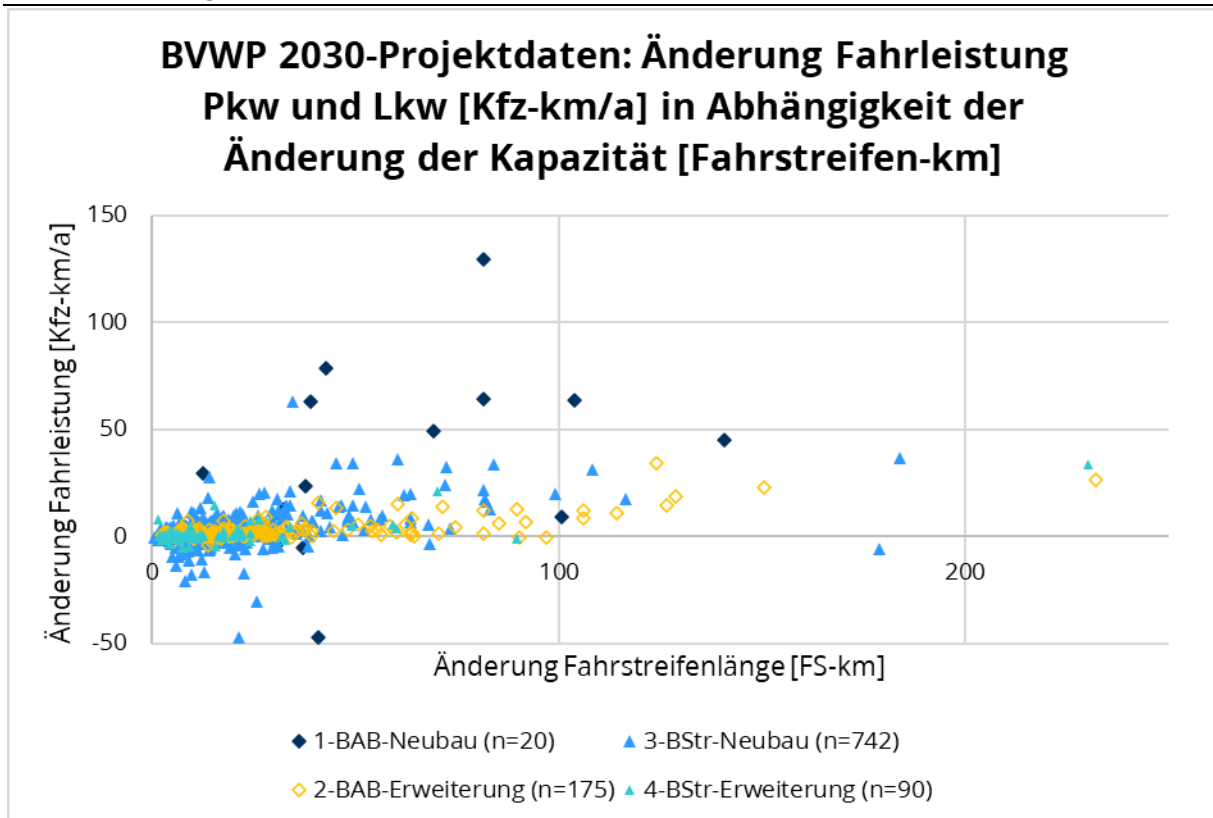


Abbildung 8: Änderungen der Kfz-Fahrleistung in Abhängigkeit der Änderung der Kapazität bei BVWP 2030-Projekten (n = 1027)

Eigene Abbildung auf Basis von Daten des PRINS

Anmerkung: Die Projekte A20-G10-NI-SH (BAB-Neubau; 738 FS-km; 121 Mio. Kfz-km/a) und A14-G20-ST-BB (BAB-Neubau; 347 FS-km; -28 Mio. Kfz-km/a) wurden aus Darstellungsgründen exkludiert; BAB-Knotenpunktprojekte wurden exkludiert, da das PRINS keine Längen ausweist.

5.2.2 Elastizität des BVWP 2030-Verkehrsmodells

Anhand der oben beschriebenen Daten wird in diesem Abschnitt die Elastizität des BVWP 2030-Verkehrsmodells untersucht. Eine Gegenüberstellung dieser Werte mit denen aus der Literatur liefert Hinweise darauf, ob induzierter Straßenverkehr im BVWP 2030 adäquat berücksichtigt wurde. Hierfür werden zunächst aus den Projektdaten Fahrstreifenlängen-Elastizitäten und anschließend Reisezeit-Elastizitäten ermittelt.

Die FSL-Elastizität der Einzelprojekte lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$\varepsilon_{FSL} = \frac{\Delta FL_{Kfz} / FL_{Kfz, \text{Bezugsfall}}}{\Delta FSL / FSL_{\text{Bezugsfall}}}$$

ε_{FSL} =	Fahrstreifenlängen-Elastizität
ΔFL_{Kfz} =	Änderung der Kfz-Fahrleistung durch BVWP-Projekt (Planfall - Bezugsfall)
$FL_{Kfz, \text{Bezugsfall}}$ =	Kfz-Fahrleistung im Bezugsfall
ΔFSL =	Änderung der Fahrstreifenlänge durch BVWP-Projekt (Planfall - Bezugsfall)
FSL_{Bezug} =	Fahrstreifenlänge Bezugsfall (Gesamtnetz außerorts)

Die Kfz-Fahrleistung im Bezugsfall ist der Verkehrsprognose 2030 entnommen (BVU et al., 2014). Die Änderung der Kfz-Fahrleistung wurde als einfache Summe der Änderung der Pkw- und der

Lkw-Fahrleistung dem PRINS entnommen, gleiches gilt für die Änderung der Fahrstreifenlänge¹³. Die Fahrstreifenlänge des Gesamtnetzes außerorts im Bezugsfall wurde auf Basis der Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs (BMDV & Fernstraßen-Bundesamt, 2024) ermittelt.¹⁴ Eine Übersicht über alle verwendeten Variablen und die jeweiligen Datenquellen ist in Anhang A2 zu finden.

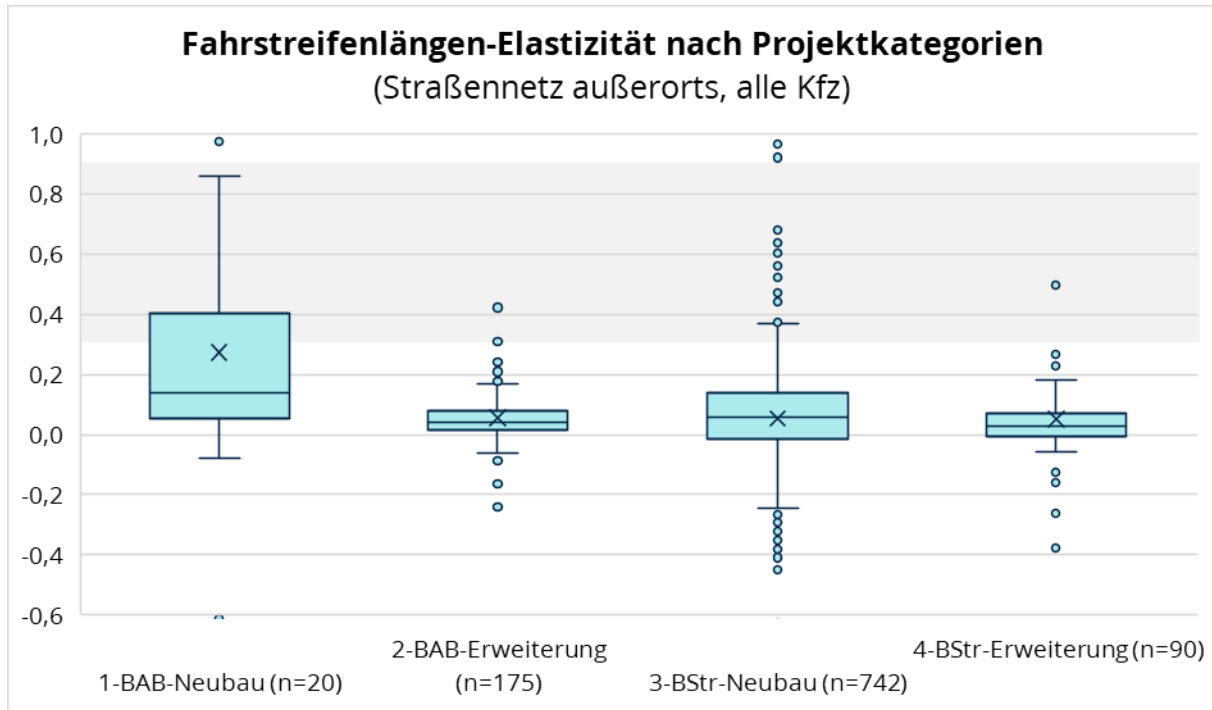


Abbildung 9: Fahrstreifenlängen-Elastizitäten der BVWP 2030-Straßenprojekte nach Projekttypen
Eigene Berechnung auf Basis PRINS-Daten; Anmerkung: Ausreißer mit Werten < -0,6 und >1,0 wurden exkludiert

Wie Abbildung 9 zeigt, unterscheiden sich die FSL-Elastizitäten der Einzelprojekte sehr stark. Insgesamt wurden Werte zwischen -1,2 und 2,6 ermittelt. Über 90 % der ermittelten FSL-Elastizitäten sind kleiner als 0,2. Etwa 25 % der Werte sind kleiner als Null, hier reduzieren sich die Fahrleistungen. In dem gemäß der Literatur erwarteten Bereich zwischen 0,3 und 0,9 (grau schattierter Bereich im Hintergrund der Abbildung) liegen nur 5 % (n=48) der Projekte. In der Modelllogik kann dies z.B. der Fall sein, wenn durch Neubauten oder Erweiterungen kürzere Routen zu den gleichen Zielen attraktiver werden, die Reisezeit aber gleichbleibt oder die eingesparte Reisezeit nicht in induzierten Verkehr reinvestiert wird.

Bei diesen Angaben ist zu beachten, dass sich die Werte aus der Literatur stets auf die Gesamtheit der Kapazitätserweiterungen über einen längeren Zeitraum von >10 Jahren beziehen. Es ist also durchaus möglich, dass die konkreten Werte von Einzelprojekten (teils deutlich) von diesem Bereich abweichen können. Mittlere FSL-Elastizitäten der Projekte erlauben es, diesen Umstand zu adressieren. Wird der einfache Durchschnitt der Werte der Einzelprojekte angesetzt, dann

¹³ Es wurde angenommen, dass bei Neubauprojekten auf der gesamten Länge die als Bauziel angegebene Fahrstreifenanzahl und bei Erweiterungsprojekten zwei zusätzliche Fahrstreifen gebaut werden.

¹⁴ Es wurden Bundesautobahnen, Bundesstraßen, Landesstraßen sowie Kreisstraßen einbezogen. Ortsdurchfahrten wurden nicht berücksichtigt.

Verkehrsbedingte CO2-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

bleiben Unterschiede in der Projektgröße unberücksichtigt. Hierfür kann die Elastizität über alle Projekte hinweg auch auf Basis aggregierter Werte für Änderungen der Fahrstreifen-km und Kfz-km ermittelt werden. Tabelle 9 weist die jeweiligen Ergebnisse auf Ebene der Projekttypen aus.

Tabelle 9: Änderung der Fahrstreifenlänge sowie Kfz-Fahrleistung durch BVWP-Projekte und Elastizitäten nach Projekttyp

Projekttyp	Δ FSL durch BVWP-Projekte		ΔFL durch BVWP-Projekte		FSL-Elastizität	
	absolut [FS-km]	relativ [%]	absolut [Mio. Kfz-km]	relativ [%]	alle Projekte aggregiert	Mittelwert Einzelprojekte
1-BAB-Neubau (n=20)	1.993	0,5%	615	0,09%	0,20	0,27
2-BAB-Erweiterung (n=175)	5.248	1,3%	516	0,06%	0,05	0,06
3-BStr-Neubau (n=742)	10.086	2,4%	1.508	0,22%	0,09	0,05
4-BStr-Erweiterung (n=90)	1.377	0,3%	121	0,02%	0,05	0,05
Aggregiert	18703	4,5%	2759	0,40%	0,09	0,05

Im Vergleich der Projekttypen wird sichtbar, dass das BVWP 2030-Modell auf Kapazitätserweiterungen durch BAB-Neubau mit einer Elastizität von 0,20 über alle Projekte am elastischsten reagiert. Bei BAB- und BStr-Erweiterung sowie BStr-Neubau reagiert das Modell mit einer Elastizität von 0,05 – 0,09 über alle Projekte hinweg nahezu unelastisch. Damit liegen die FSL-Elastizitäten deutlich unter dem laut der Literatur erwartbaren Wertebereich.

Wie in Abschnitt 3.4 beschrieben, berücksichtigen die FSL-Elastizitäten jedoch nicht die Kontextbedingungen eines spezifischen Projekts. Um diese einzubeziehen, können mit Hilfe der PRINS-Daten auch die Reisezeit-Elastizitäten der BVWP 2030-Projekte näherungsweise ermittelt werden. Diese Elastizitäten werden hier ausschließlich für den Personenverkehr ermittelt, da der BVWP 2030 im Güterverkehr Fahrtzieländerungen oder zusätzliche Wege und damit wesentliche Bestandteile induzierten Straßenverkehrs nicht berücksichtigt. Zur Ermittlung der Reisezeit-Elastizität im Personenverkehr wurde folgende Formel genutzt:

$\varepsilon_{RZ} = \frac{\Delta FL_{Pkw} / FL_{Pkw, \text{Bezugsfall}}}{\Delta RZ_{Pkw} / RZ_{Pkw, \text{Bezugsfall}}} = \frac{\Delta FL_{Pkw}}{v_{\text{Bezugsfall}} \times \Delta RZ_{Pkw}}$	
ε_{RZ} =	Elastizität der Fahrleistung in Bezug auf Reisezeitänderungen
$FL_{Pkw, \text{Bezugsfall}}$ =	Pkw-Fahrleistung im Bezugsfall
ΔFL_{Pkw} =	Veränderung der Pkw-Fahrleistung durch Projektumsetzung (Planfall – Bezugsfall)
$RZ_{Pkw, \text{Bezugsfall}}$ =	Summe aller Pkw-Reisezeiten im Bezugsfall
ΔRZ_{Pkw} =	Veränderung der Pkw-Reisezeit durch Projektumsetzung insgesamt (Planfall – Bezugsfall)
$v_{\text{Bezugsfall}}$ =	durchschnittliche Geschwindigkeit des Pkw-Verkehrs im Außerortsnetz im Bezugsfall

Es ist erforderlich, eine Annahme zur durchschnittlichen Pkw-Geschwindigkeit im Bezugsfall zu treffen. Hierbei werden 45km/h angesetzt. Dieser Wert wird in Abschnitt 5.3.1 hergeleitet.

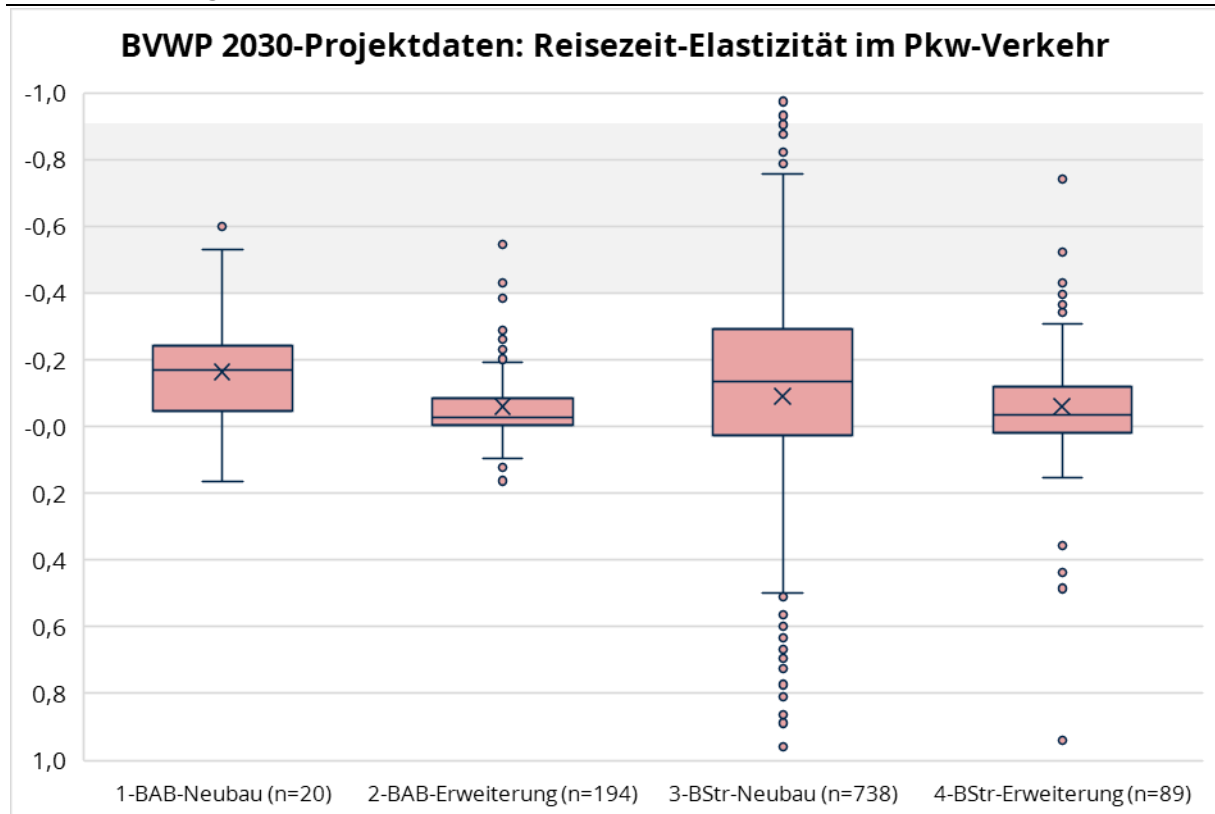


Abbildung 10: Reisezeit-Elastizitäten der BVWP 2030-Straßenprojekte nach Projekttypen
Eigene Abbildung auf Basis PRINS-Daten; y-Achse zur Veranschaulichung invertiert dargestellt; Werte <0 sagen aus, dass eine Reisezeiteinsparung zu zusätzlicher Nachfrage führt

Abbildung 10 zeigt die invertierten Reisezeit-Elastizitäten. Die Reisezeit-Elastizitäten bewegen sich also zum großen Teil in einem Bereich von -0,8 bis 0,2. Werte außerhalb dieses Bereichs können als Ausreißer bezeichnet werden. 127 Projekte (12% aller Projekte) weisen Reisezeit-Elastizitäten von -0,4 oder weniger auf. Sie liegen damit im Bereich der Literaturwerte oder darüber.

Tabelle 10 weist ergänzend für die Projekttypen Mittelwerte der Einzelprojekte, über alle Projekte aggregierte Werte für die Reisezeit-Elastizitäten aus. Zum Vergleich wird ebenso angegeben, welcher Anteil der im Planfall eingesparten Reisezeit in Verkehr – konkret: Fahrtzieländerungen – reinvestiert wird. Gegenüber den anderen Projekttypen reagiert das BVWP 2030-Modell bei BAB-Neubauprojekten am elastischsten (Mittelwert: 0,16). BStr-Neubauprojekten weisen eine große Bandbreite negativer und positiver Elastizitätswerte auf, was in den oben bereits beschriebenen Routenänderungen (insb. bei Ortsumfahrungen) begründet liegt (116 Projekte mit Werten <-0,4). Bei BAB- und BStr-Erweiterungen reagiert das BVWP-Modell deutlich inelastischer auf Reisezeiteinsparungen.

Die Reisezeit-Elastizitäten bewegen sich insgesamt damit im Wertebereich von -0,4 bis -0,9 für induzierten Straßenverkehr.

Tabelle 10: Änderung der Pkw-Reisezeit (ΔRZ_{Pkw}) durch BVWP-Projekte, induzierte Pkw-Reisezeit ($RZ_{Pkw, ind}$) sowie Gesamt-Reisezeit-Elastizität nach Projekttyp

Projekttyp	ΔRZ_{Pkw}	$RZ_{Pkw, ind}$	Anteil $RZ_{Pkw, ind}$ an ΔRZ_{Pkw}		Reisezeit-Elastizität ϵ_{RZ}	
	[Mio. Pkw-h]	[Mio. Pkw-h]	alle Projekte aggregiert	Mittelwert Einzelprojekte	alle Projekte aggregiert	Mittelwert Einzelprojekte
BAB-Neubau (n=20)	-84,6	6,1	-0,07	-0,06	-0,16	-0,16
BAB-Erweiterung (n=194)	-225,8	1,7	-0,01	-0,01	-0,04	-0,06
BStr-Neubau (n=738)	-249,6	14,8	-0,06	-0,04	-0,13	-0,09
BStr-Erweiterung (n=89)	-28,4	0,8	-0,03	-0,01	-0,10	-0,06
<i>Aggregiert</i> (n=1041)	-588,4	23,4	-0,04	-0,03	-0,10	-0,08

Sowohl der Vergleich der vom BVWP 2030-Modell ermittelten FSL-Elastizitäten als auch der Reisezeit-Elastizitäten mit der Literatur deuten darauf hin, dass das Modell deutlich zu unelastisch auf Kapazitätserweiterungen reagiert. Dadurch werden Fahrleistungsänderungen und entstehende CO₂-Emissionen unterschätzt.

5.2.3 Auswirkungen der Projekte auf die Fahrleistungen

In diesem Abschnitt wird untersucht, welche im BVWP-Modell berücksichtigten Verhaltensreaktionen auf den Straßenaus- und -neubau (siehe Abschnitt 5.1) zu den Fahrleistungsänderungen und folglich den zuvor analysierten Elastizitäten beitragen und in welchem Umfang. Hierbei werden je Projekttyp über alle Projekte aggregierte Werte genutzt, um die mittleren Tendenzen für strukturell ähnliche Projekte zu erfassen.

Zur Ermittlung der Werte für den Pkw-Verkehr stehen alle relevanten Angaben im PRINS zur Verfügung. Im Güterverkehr berücksichtigt der BVWP ausschließlich Routenänderungen.

Abbildung 11 stellt die nach Verhaltensreaktionen differenzierten Änderungen der Fahrleistungen je Projekttyp dar. Im Pkw-Verkehr entsteht bei allen Projekttypen ein Großteil der ermittelten zusätzlichen Kfz-km aus Fahrtzieländerungen. Nur ein relativ geringer Anteil entsteht durch modale Verlagerungen vom Schienenpersonenverkehr auf die Straße. Hier wird nur bei ca. 18 % der Projekte ein Wert größer als Null ausgewiesen. Die Routenänderungen (gleiches Ziel, längere Route) führen vor allem bei der BAB-Erweiterung und dem BStr-Neubau zu deutlich höheren Fahrleistungen. Dies kann logisch so hergeleitet werden, dass BAB-Erweiterungen Engpässe beseitigen, höhere Geschwindigkeiten erlauben und somit Verkehr vom nachgeordneten Netz auf das schnellere BAB-Netz verlagern können. Nutzer nehmen hierbei

längere Routen in Kauf. Bei BStr-Neubauten handelt es sich häufig um Ortsumfahrungen, welche für die Nutzer i.d.R. schneller aber länger sind als die direkte Route durch den Ort.

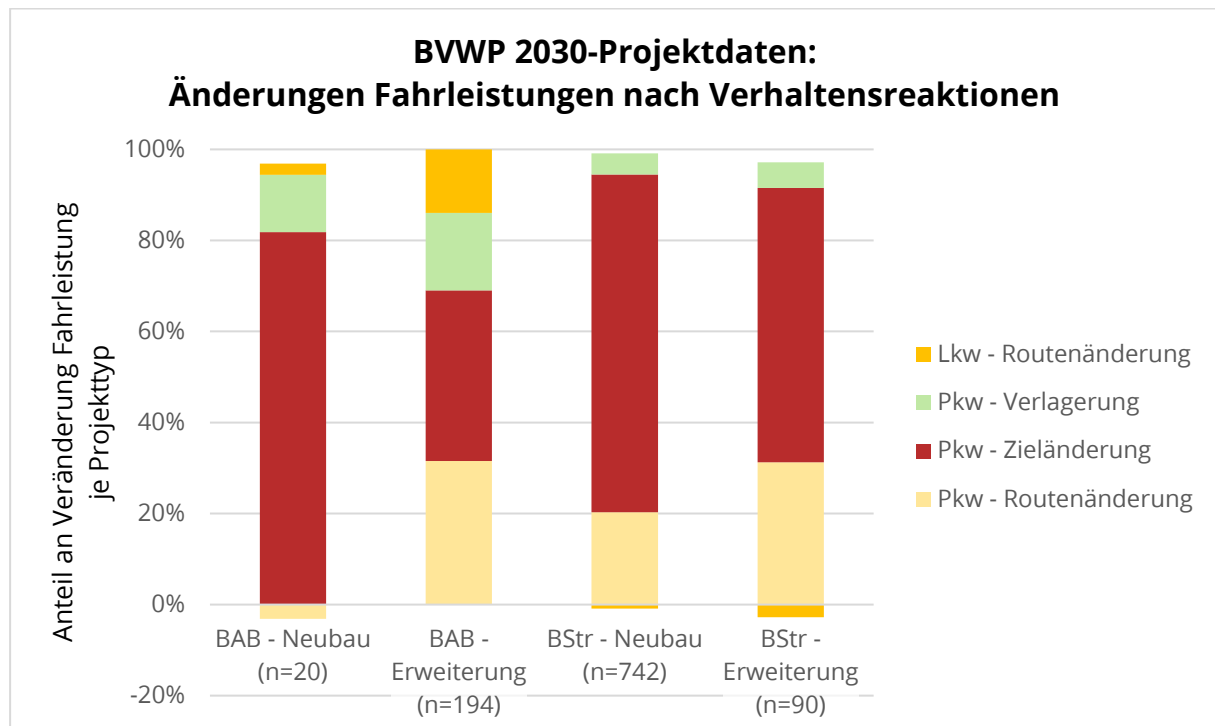


Abbildung 11: Analyse der Fahrleistungsänderungen der BVWP 2030-Straßenprojekte je Projekttyp

Anmerkung: Die dargestellten Anteile der Fahrleistungsänderungen beziehen sich auf die Summe aller Projekte des entsprechenden Typs, welche als Summe der Beträge der entsprechenden Änderungen ermittelt wird.

5.2.4 Auswirkungen der Projekte auf die CO₂-Emissionen

Das PRINS weist die verkehrsbedingten Änderungen der CO₂-Emissionen je Projekt aus. Es wird jedoch nicht nach den darunterliegenden Verhaltensreaktionen differenziert. Im Kontext induzierten Verkehrs ist diese Differenzierung insofern relevant, als dass nicht nur Änderungen der Fahrleistungen zu zusätzlichen CO₂-Emissionen führen. Zusätzlich ändern sich mit Veränderungen im Verkehrsfluss (Flüssigkeit, Geschwindigkeiten) die resultierenden Kraftstoffverbräuche bei bestehenden Fahrleistungen.

Um die Relevanz der jeweiligen Verhaltensreaktionen für die Bewertung im BVWP besser einschätzen zu können, wird die folgende Formel genutzt:

$$\Delta EM_{CO_2} = (\Delta FL_{Pkw} \times ef_{CO_2, Pkw} + \Delta FL_{Lkw} \times ef_{CO_2, Lkw}) + (\Delta EM_{CO_2, Verkehrsfluss, Pkw} + \Delta EM_{CO_2, Verkehrsfluss, Lkw})$$

ΔFL_{Pkw} = Veränderung der Pkw-Fahrleistung durch die Projektumsetzung
 ΔFL_{Lkw} = Veränderung der Lkw-Fahrleistung durch die Projektumsetzung
 ΔEM_{CO_2} = Veränderung der fahrleistungsbedingten CO₂-Emissionen durch das Projekt
 $\Delta EM_{CO_2, Verkehrsfluss}$ = Veränderung der CO₂-Emissionen (verkehrsbedingt) durch Veränderungen im Verkehrsfluss (Geschwindigkeit, Flüssigkeit) bei Projektumsetzung
 $ef_{CO_2, Pkw}$ = Spezifischer CO₂-Emissionsfaktor Pkw [g CO₂/Pkw-km]
 $ef_{CO_2, Lkw}$ = Spezifischer CO₂-Emissionsfaktor Lkw [g CO₂/Pkw-km]

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

Die Terme in der ersten Klammer der Gleichung bilden alle Änderungen durch induzierten Straßenverkehr ab. Die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren geben an, wie viel CO₂-Emissionen je Fahrzeugkilometer ausgestoßen werden. Sie können sich je nach genutzten Fahrzeugen und Antriebskonzepten sowie befahrenen Straßentypen, zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und vorherrschenden Verkehrszuständen unterscheiden. Da BVWP-Projekte Verkehre auf unterschiedliche Weise beeinflussen, nutzen die BVWP-Modelle dem HBEFA 3.2 entnommene und nach den genannten Aspekten differenzierte Werte zur Ermittlung der Emissionen. Für diese Auswertung werden vereinfachend durchschnittliche CO₂-EF verwendet.¹⁵

Hinzu kommen in der zweiten Klammer der Gleichung Änderungen der CO₂-Emissionen, welche dadurch entstehen, dass bestehende Fahrleistungen nach dem Ausbau mit höheren Geschwindigkeiten oder mit anderen Fahrzuständen (z. B. „flüssig“ statt „stop and go“) und damit mit anderen spezifischen CO₂-Emissionen realisiert werden.

Da im BVWP nur geringe Verlagerungswirkungen von anderen Verkehrsmitteln ermittelt wurden, wird an dieser Stelle zur Vereinfachung darauf verzichtet, die CO₂-Emissionen der abgebenden Verkehrsträger zu ermitteln und den auf der Straße entstehenden CO₂-Emissionen gegenzurechnen.

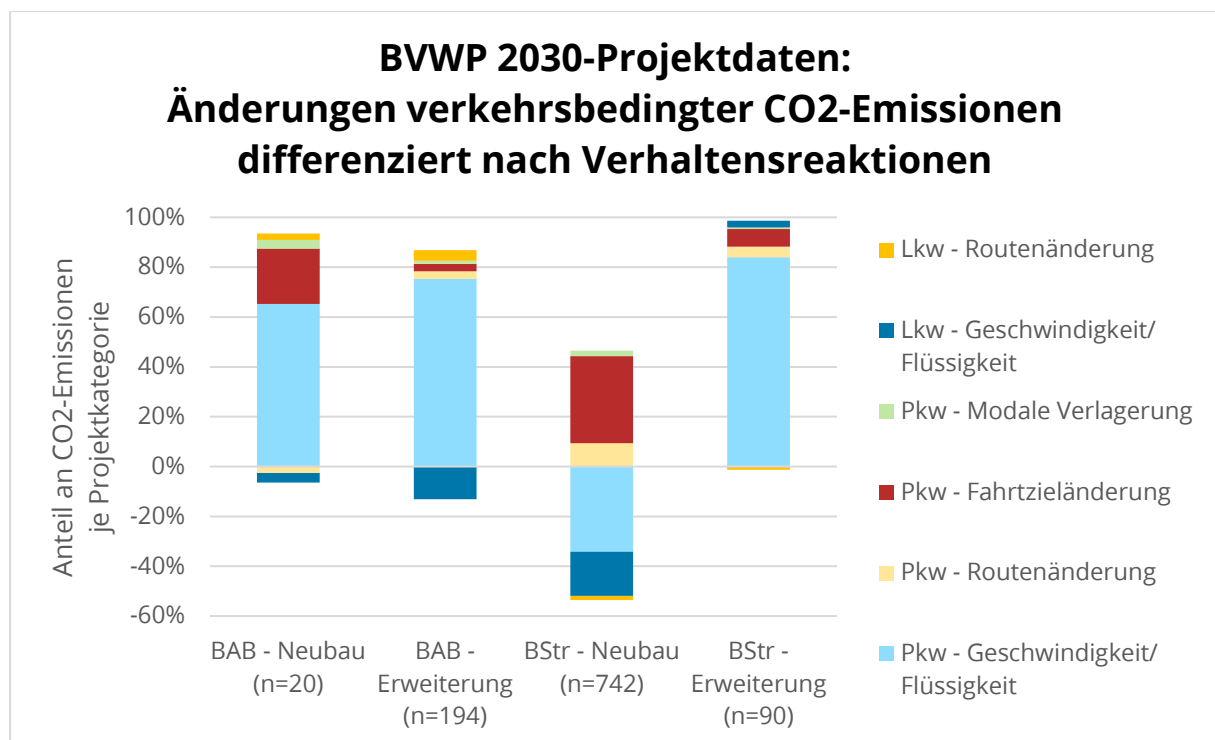


Abbildung 12: Analyse der Änderungen verkehrsbedingter CO₂-Emissionen der BVWP 2030-Straßenprojekte je Projekttyp

Anmerkung: Die dargestellten Anteile der Fahrleistungsänderungen beziehen sich auf die Summe aller Projekte des entsprechenden Typs, welche als Summe der Beträge der entsprechenden Änderungen ermittelt wird.

Abbildung 12 macht deutlich, dass ein Großteil der im BVWP ermittelten verkehrsbedingten CO₂-Emissionen durch Änderungen der Geschwindigkeiten und Flüssigkeit des Verkehrs verursacht

¹⁵ Nachfolgend bietet Abschnitt 5.3.1 eine Übersicht der im BVWP verwendeten CO₂-EF.

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

werden. Bei BAB-Neubau, BAB-Erweiterung und BStr-Erweiterung sorgt dieser Effekt beim Pkw-Verkehr stets für Mehremissionen und hat dabei jeweils den deutlich größten Anteil an der Gesamtwirkung. Der Anstieg der CO₂-Emissionen kann damit begründet werden, dass höhere zulässige und gefahrene Höchstgeschwindigkeiten ermöglicht werden, was jeweils zu höheren Verbräuchen für die gleiche Fahrleistung führt. Die Verflüssigung des Verkehrs (bzw. die „Stauauflösung“) kann diese Mehremissionen nicht kompensieren. Beim BStr-Neubau hingegen führen die geänderte Geschwindigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs im Aggregat zu geringeren Verbräuchen. Ein Beispiel hierfür wäre die Verlagerung von Verkehr von Ortsdurchfahrten mit häufigen Anhalte- und Beschleunigungsvorgängen (z. B. an Lichtsignalanlagen) auf eine neue Ortsumfahrung. Hierbei würden die Verbräuche sinken. Wie Tabelle 11 zeigt, trägt die Veränderung der Geschwindigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs insgesamt zu etwa 60 % (Pkw und Lkw) der zusätzlichen CO₂-Emissionen durch Straßenaus- und -neubau bei.

Induzierter Straßenverkehr durch Routen- und Fahrtzieländerungen sowie modale Verlagerungen trägt im Personenverkehr insgesamt zu etwa einem Drittel der Steigerung der CO₂-Emissionen bei. Die hierdurch verursachten CO₂-Emissionen sind in ihren Anteilen untereinander direkt proportional zu den oben dargestellten Fahrleistungsänderungen, da sie mit durchschnittlichen EF berechnet wurden.

Tabelle 11: Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen der BVWP 2030-Straßenprojekte laut PRINS (differenziert nach Verhaltensreaktionen)

Projekttyp	Zusätzliche CO ₂ -Emissionen [1000 t CO ₂ /a]						Summe Projekttypen
	Pkw – Geschwindigkeit & Flüssigkeit	Pkw - Routenänderung	Pkw – Fahrtzieländerung	Pkw - Modale Verlagerung	Lkw – Geschwindigkeit & Flüssigkeit	Lkw – Routenänderung	
BAB - Neubau (n=20)	215	-9	73	11	-13	9	287
BAB - Erweiterung (n=194)	585	24	22	10	-102	33	573
BStr - Neubau (n=742)	-142	39	145	9	-74	-7	-30
BStr - Erweiterung (n=90)	111	6	9	1	4	-2	128
<i>Summe Verhaltensreaktionen</i>	768	61	250	31	-185	33	959
<i>Anteil der zusätzlichen Emissionen</i>	80%	6%	26%	3%	-19%	3%	

5.2.5 Zwischenfazit

Zusammenfassend liefert die quantitative Analyse der BVWP 2030-Projektdaten deutliche Hinweise darauf, dass das BVWP 2030-Modell die Elastizität der Fahrleistungen in Bezug auf Kapazitätserweiterungen stark unterschätzt und folglich zu wenig induzierten Straßenverkehr und CO₂-Emissionen errechnet. Weiterhin zeigt sich, dass die im BVWP 2030 ausgewiesenen verkehrsbedingten CO₂-Emissionen hauptsächlich durch Änderungen der Geschwindigkeiten und

Flüssigkeit des Verkehrs entstehen. Daher erfolgt in Kapitel 5.3 eine Neuabschätzung des durch die Umsetzung der BVWP-Projekte induzierten Kfz-Verkehrs und der damit verbundenen CO₂-Emissionen.

5.3 Neuabschätzung des induzierten Straßenverkehrs und Gegenüberstellung mit den BVWP 2030-Ergebnissen

5.3.1 Methodik und Annahmen

Dieser Abschnitt beschreibt, wie zunächst die Änderungen der Fahrleistungen durch induzierten Verkehr für die BVWP 2030-Projekte auf Basis von Elastizitätswerten aus der Literatur berechnet und anschließend die Änderungen der CO₂-Emissionen abgeschätzt wurden.

Grundsätzlich ist eine Abschätzung der Fahrleistungen über zwei Ansätze denkbar:

- Abschätzung auf Basis der in der Literatur angegebenen Elastizitäten der Fahrleistung in Bezug auf die Fahrstreifenlänge (FSL-Elastizität) (z. B. T&E, 2023).
- Abschätzung auf Basis der Elastizitäten der Fahrleistung in Bezug auf die Reisezeit (z. B. Hartl et al., 2025).

In dieser Studie wird eine Kombination beider Ansätze genutzt, um deren jeweilige Stärken auszunutzen. Die durch die PRINS-Daten verfügbare Datenbasis ermöglicht für alle Einzelprojekte eine differenzierte Berechnung der Fahrleistungsänderungen mit dem RZ-Elastizitätsansatz. Es liegen projektspezifisch Daten zur jeweils im Pkw- und Lkw-Verkehr eingesparten Zeit aus dem BVWP 2030-Verkehrsmodell vor. Die Güte dieser Modellwerte kann im Rahmen dieses Projekts nicht näher überprüft werden. Es ist aber davon auszugehen, dass viele wichtige Einflussfaktoren auf die Höhe des induzierten Verkehrs (z. B. Ausmaß der vorherigen Verstauung des Streckenabschnitts bzw. angrenzender Abschnitte, Lage in Ballungsräumen mit hohem Nachfragepotenzial, Vorhandensein von Alternativen des ÖV) berücksichtigt werden. Für die Abschätzung der induzierten Fahrleistung mussten neben der Auswahl plausibler RZ-Elastizitäten weitere Annahmen, insbesondere zur Reisegeschwindigkeit getroffen werden. Mithilfe der in der Literatur identifizierten FSL-Elastizitäten erfolgte deshalb eine Plausibilisierung der Ergebnisse aggregiert über alle Projekte hinweg.

Abschätzung der Fahrleistungsänderungen mit Hilfe von RZ-Elastizitäten

Grundlage für die Abschätzung stellen die Angaben zu den Reisezeiteinsparungen der einzelnen Projekte in PRINS dar. Hier ist zu beachten, dass im BVWP durch Berücksichtigung von Routenänderungen und modalen Verlagerungen bereits ein Teil des induzierten Verkehrs ermittelt wird. Die Abschätzung der gesamten induzierten Fahrleistungsänderung setzt sich damit aus den bereits im BVWP ermittelten Werten sowie der in dieser Studie umgesetzten eigenen Abschätzung aufgrund der noch verbliebenen Reisezeiteinsparungen zusammen. Durch Umformung der in Abschnitt 5.2.2 dargestellten Formel, kann die induzierte Fahrleistung wie folgt ermittelt werden:

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

$\Delta FL_{Pkw,TUD} = \varepsilon_{RZ,Pkw} \times \Delta RZ_{Pkw} \times v_{Pkw} + \Delta FL_{Pkw,Route} + \Delta FL_{Pkw,Modus}$	
$\Delta FL_{Lkw,TUD} = \varepsilon_{RZ,Lkw} \times \Delta RZ_{Lkw} \times v_{Lkw} + \Delta FL_{Lkw,Route}$	
$\Delta FL_{Pkw/Lkw, TUD} =$	Gesamte Veränderung der Pkw- bzw. Lkw-Fahrleistung durch die Projektumsetzung (induzierter Verkehr) entsprechend TUD-Abschätzung
$\Delta FL_{Pkw/Lkw, Route} =$	Veränderung der Pkw- bzw. Lkw-Fahrleistung aufgrund veränderter Routen durch die Projektumsetzung
$\Delta FL_{Pkw, Modus} =$	Veränderung der Pkw-Fahrleistung aufgrund modaler Verlagerung durch die Projektumsetzung
$v_{Pkw/Lkw} =$	Durchschnittliche Geschwindigkeit des induzierten Pkw- bzw. Lkw-Verkehrs
$\varepsilon_{RZ} =$	Elastizität
$\Delta RZ =$	Veränderung der Pkw- bzw. Lkw-Reisezeit durch Projektumsetzung insgesamt vor Berücksichtigung von Fahrtzieländerungen

Im PRINS liegen Informationen zu den entsprechenden Reisezeit- und Fahrleistungsänderungen vor. Zur Neuabschätzung des induzierten Verkehrs müssen diese damit um plausible Annahmen zur Reisezeit-Elastizität und zur mittleren Fahrgeschwindigkeit ergänzt werden.

Wie in Abschnitt 4.5 dargestellt, werden in der Literatur für die Elastizität der Pkw-Fahrleistung in Bezug zur MIV-Reisezeit eine Bandbreite adäquater Werte zwischen -0,4 bis -0,9 genannt (Axhausen & Fröhlich, 2012). Ersterer Wert würde bedeuten, dass 40 % der im MIV eingesparten Zeit in Straßenverkehr reinvestiert werden. Die restlichen 60 % würden für andere Aktivitäten (z. B. Freizeit, Arbeit) oder in Verkehr mit anderen Verkehrsmitteln (z. B. ÖV, aktive Mobilität, Luftverkehr) aufgewendet. Für Reisezeitelastizitäten im Lkw-Verkehr liegen nur wenige Studien vor (siehe Abschnitt 4.4). Diese berichten eine Bandbreite an Elastizitäten von -0,2 bis -1,0. Grundsätzlich erscheint also für beide Verkehrsarten eine Annahme von -0,4 als untere und -0,9 als obere Grenze als plausibel. Auf Grundlage der Plausibilisierung der Annahmen (siehe unten) wurde jedoch eine obere Grenze von -0,7 gewählt.

Als Annahme für die mittlere Fahrgeschwindigkeit kann auf Werte aus HBEFA 4.2 zurückgegriffen werden. Dort sind diese für die jeweiligen Fahrzeugkategorien ausgewiesen. Demnach beträgt die mittlere Fahrgeschwindigkeit von Pkw in Deutschland 50 km/h, von schweren Nutzfahrzeugen 52 km/h und von leichten Nutzfahrzeugen 44 km/h. Auch auf Grundlage der Ergebnisse von Mobilität in Deutschland (MiD) 2017 kann eine mittlere Geschwindigkeit für alle Pkw-Fahrten ermittelt werden. Diese beträgt 40 km/h.

Unter Berücksichtigung dieser Werte wird eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 45 km/h im deutschen Straßennetz angenommen. Diese Fahrgeschwindigkeit gilt für alle Fahrten und nicht nur für solche auf Autobahnen und Bundesstraßen. Denn die RZ-Elastizitäten beziehen sich auf die gesamten Fahrleistungen im Straßennetz. Eine Abgrenzung des Fernstraßennetzes ist hier weder möglich noch sinnvoll. Praktisch bedeutet das, dass durch Maßnahmen eingesparte Reisezeit auf dem Fernstraßennetz, von Verkehrsteilnehmenden auch für Fahrten auf anderen Netzkategorien eingesetzt wird.

Aus den Annahmen wurden zwei Szenarien zur Abschätzung des induzierten Straßenverkehrs gebildet, welche die unteren und oberen Grenzen der beschriebenen Annahmen abbilden (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Zentrale Annahmen der Szenarien zur Neuabschätzung des induzierten Verkehrs

	Verkehrsart	Annahme S1	Annahme S2
Reisezeit-Elastizität	Pkw & Lkw	-0,4	-0,7
Durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit [km/h]	Pkw & Lkw	45	

Plausibilisierung der Annahmen mit Hilfe von FSL-Elastizitäten

Zur Plausibilisierung der Ergebnisse wurden für die wie beschrieben abgeschätzten Fahrleistungsänderungen anschließend die sich ergebenden FSL-Elastizitäten für alle Einzelprojekte sowie für die Gesamtheit der Projekte ermittelt. Die Ergebnisse wurden mit den Werten für FSL-Elastizitäten aus der Literatur (Bandbreite: 0,3 bis 0,9) abgeglichen. Hierdurch konnte erkannt werden, ob sich die Ergebnisse in einem plausiblen Wertebereich bewegen. Die in Szenario S2 verwendete Elastizität wurde dadurch von 0,9 auf 0,7 korrigiert.

Abschätzung der CO₂-Emissionen

Die Änderungen der CO₂-Emissionen durch die Aus- und Neubaustraßenprojekte werden auf Basis der ermittelten Fahrleistungsänderungen abgeschätzt. Es wird folgende Formel verwendet:

$\Delta EM_{CO_2} = \Delta FL_{Pkw,TUD} \times ef_{CO_2,Pkw} + \Delta FL_{Lkw,TUD} \times ef_{CO_2,Lkw} + \Delta EM_{CO_2,Verkehrsfluss}$	
$\Delta EM_{CO_2} =$	Veränderung der CO ₂ -Emissionen (verkehrsbedingt) durch Projektumsetzung
$\Delta EM_{CO_2, Verkehrsfluss} =$	Veränderung der CO ₂ -Emissionen (verkehrsbedingt) in Pkw- und Lkw-Verkehr durch Veränderungen im Verkehrsfluss (Geschwindigkeit, Flüssigkeit) bei Projektumsetzung
$ef_{PCO_2, Pkw/Lkw} =$	Spezifischer CO ₂ -Emissionsfaktor des Pkw- bzw. Lkw-Verkehrs
$\Delta FL_{Pkw/Lkw, TUD} =$	Gesamte Veränderung der Pkw- bzw. Lkw-Fahrleistung durch die Projektumsetzung (induzierter Verkehr) entsprechend TUD-Abschätzung

Die verwendeten Emissionsfaktoren beeinflussen das Ergebnis maßgeblich. Die im BVWP 2030 verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren basieren auf Annahmen zu Pkw- und Lkw-Flottenzusammensetzungen, zu entsprechenden Kraftstoffverbräuchen und zu spezifischen Emissionsfaktoren des Kraftstoffs im Referenzjahr 2030.¹⁶ Die im Jahr 2015 genutzten Werte erscheinen mittlerweile veraltet. Sie unterscheiden sich zum Teil deutlich von denen des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA, Version 4.2), wie Tabelle 13 zu entnehmen ist.

¹⁶ Die spezifischen Emissionsfaktoren des Kraftstoffs werden beispielsweise durch den Anteil der Beimischung von Biokraftstoffen beeinflusst.

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

Tabelle 13: Vergleich der CO₂-Emissionsfaktoren der BVWP-Methodik mit HBEFA 4.2

Quelle	Jahr	Pkw		SNF		LNF		Lkw (SNF und LNF Fahrleistungs-gewichtet nach TREMOD 6.51)	
		Absolut [gCO ₂ /km]	Faktor zu BVWP 2030	Absolut [gCO ₂ /km]	Faktor zu BVWP 2030	Absolut [gCO ₂ /km]	Faktor zu BVWP 2030	Absolut [gCO ₂ /km]	Faktor zu BVWP 2030
BVWP 2030	2030	127 ^a	-	749 ^a	-	-	-	505 ^b	-
HBEFA 4.2	2020	208	1,6	916	1,2	298	-	608	1,2
	2030	175	1,4	757	1,0	253	-	505	1,0
	2040	133	1,0	633	0,8	196	-	415	0,8
	2050	94	0,7	560	0,7	140	-	350	0,7

Hinweise: a) Wert aus BVWP-Methodenhandbuch (PTV et al., 2016, S. 433) sowie auf Basis der Angaben aus Rieken et al. (2015, S. 225); b) Wert auf Grundlage der CO₂-Emissionsfaktoren für SNF und LNF in HBEFA 4.2 und der Fahrleistungsaufteilung auf diese nach TREMOD 6.51 berechnet, da das BVWP-Methodenhandbuch keine durchschnittlichen CO₂-Emissionsfaktoren für LNF angibt.

Bei den Pkw wird deutlich, dass der CO₂-Emissionsfaktor inkl. Vorkette für das Jahr 2030 aktuell etwa 40 % höher als im BVWP angenommen wird. Dabei geht HBEFA 4.2 von 7 % Batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und 12 % Plug-In-Hybriden (PHEV) aus, während der BVWP auf Basis der Verkehrsprognose 2030 von etwa 2 % BEV und 11 % PHEV ausging. Die Unterschiede scheinen daher aus den angenommenen spezifischen Emissionen der fossil angetriebenen Fahrzeuge zu resultieren. Für die Berechnung der CO₂-Emissionen des induzierten Pkw-Verkehrs in S1 und S2 werden jeweils die Werte aus dem aktuellen HBEFA verwendet. Die CO₂-Emissionen aus Änderungen der Flüssigkeit und Geschwindigkeit des Verkehrs werden ebenfalls entsprechend dieser Emissionsfaktoren angepasst.

Bei den SNF stimmen die BVWP-Emissionsfaktoren mit den heutigen Prognosen für 2030 überein. Für LNF wird im BVWP-Methodenhandbuch kein durchschnittlicher Wert ausgewiesen, weswegen ein Vergleich an dieser Stelle nicht möglich ist. Daher wird der HBEFA-Wert genutzt.

Aus heutiger Sicht, ist eine Zunahme der BEV-Flottenanteile bei Pkw und Lkw zu erwarten. Das führt dazu, dass die Umsetzung der BVWP-Projekte zu späteren Zeitpunkten in absoluten Zahlen geringere zusätzliche verkehrsbedingte CO₂-Emissionen verursacht. Wird bspw. ein BVWP-Projekt bis 2030 umgesetzt und es wird angenommen, dass der induzierte Straßenverkehr ohne Verzögerung auftritt, dann gelten die abgeschätzten Emissionen für das erste Nutzungsjahr. Sie nehmen dann allerdings entsprechend der BEV-Flottenanteile und des Strommixes in den Folgejahren ab.

Um dies zu illustrieren, wird für S2 ein zusätzliches Sub-Szenario (Tabelle 14) dargestellt. Vereinfachend wird hierbei jeweils ein einheitlicher BEV-Flottenanteil für Pkw und Lkw

angenommen.¹⁷ Zudem wird angenommen, dass BEV-Fahrzeuge gänzlich mit erneuerbarem Strom betrieben werden. Hierbei werden den entsprechenden Flottenanteilen absichtlich keine Jahreszahlen zugeordnet, da die Entwicklung aus heutiger Sicht unsicher und stark von politischen Maßnahmen abhängig ist.

Tabelle 14: Sub-Szenarien zur Berücksichtigung steigenden BEV-Flottenanteile

(Sub-)Szenario	S2	S2-E50
BEV-Anteil bei Pkw und Lkw	7%	50%
Strommix	100 % regenerativ	

5.3.2 Abschätzung der Änderung der Fahrleistungen

Wie Abbildung 13 zeigt, ist die Steigerung der Fahrleistungen durch die Straßenprojekte in beiden Szenarien (S1, S2) deutlich höher als im BVWP 2030 prognostiziert. In S1 würde die Kfz-Fahrleistungen etwa um den Faktor drei und in S2 etwa um den Faktor acht stärker steigen als prognostiziert. Bei Umsetzung aller BVWP 2030-Projekte würde entsprechend der Annahmen in S2 die Pkw-Fahrleistung in Deutschland um insgesamt ca. 2,7 %, die Lkw-Fahrleistung um ca. 1,1 % und die gesamte Kfz-Fahrleistung um 2,6 % steigen (siehe Tabelle 15).¹⁸

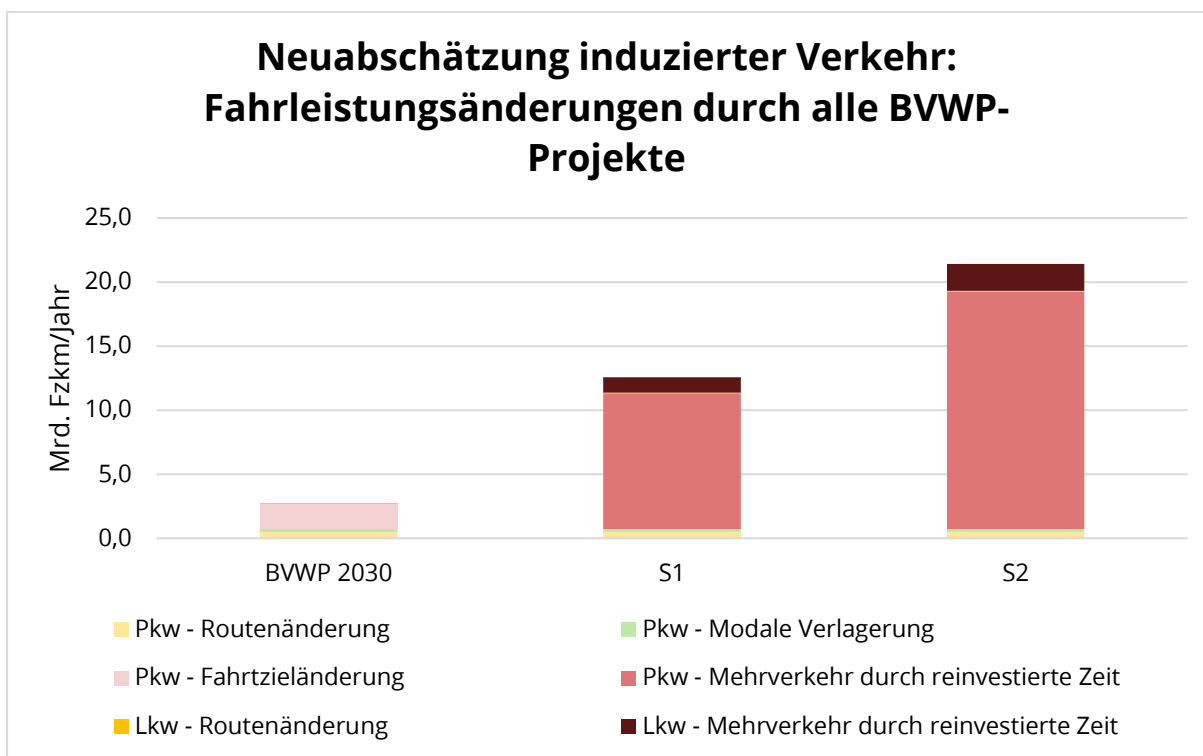


Abbildung 13: Neuabschätzung der Änderungen der Fahrleistung aller BVWP 2030-Straßenprojekte nach Verhaltensreaktionen

Die Reinvestition von eingesparter Reisezeit in zusätzlichen Pkw-Verkehr ist hierbei sowohl absolut und auch im Vergleich zum BVWP 2030 am bedeutendsten. Der induzierte Lkw-Verkehr

¹⁷ Die Treibhausgasprojektionen 2024 der Bundesregierung prognostizieren einen nahezu parallelen Hochlauf von E-Pkw und E-Lkw. Daher erscheint diese Vereinfachung zu Illustrationszwecken sinnvoll.

¹⁸ Den Vergleichspunkt bildet hierbei jeweils der Bezugsfall der VP 2030.

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

durch Reinvestition von Reisezeiteinsparungen trägt vergleichsweise wenig zum gesamten Mehrverkehr bei.

Tabelle 15: Neuabschätzung der Fahrleistungsänderungen durch BVWP 2030-Projekte

	Änderung Pkw-Fahrleistung		Änderung Lkw-Fahrleistung		Änderung Kfz-Fahrleistung		Mittlere FSL-Elastizität über alle Projekte
	absolut [Mio. Pkw-km]	relativ zu Gesamt-fahr-leistung [%]	absolut [Mio. Pkw-km]	relativ zu Gesamt-fahr-leistung [%]	absolut [Mio. Kfz-km]	relativ zu Gesamt-fahr-leistung [%]	
BVWP 2030	2.693	0,4%	66	0,1%	2.759	0,3%	0,08
S1	7.785	1,2%	863	0,9%	8.648	1,1%	0,24
S2	18.534	2,7%	2.091	2,1%	20.626	2,6%	0,58

Um die Ergebnisse zu plausibilisieren, wurden mithilfe der in Szenario S2 ermittelten induzierten Fahrleistungen und den zusätzlichen Fahrstreifenlängen je Projekt „neue“ FSL-Elastizitäten abgeschätzt (siehe Abbildung 14). Zu berücksichtigen ist, dass sich die Werte aus der Literatur auf ganze Netze und damit auch alle im Betrachtungszeitraum umgesetzten Neu- und Ausbauprojekte beziehen. Sie stellen auf Ebene der gesamten Netze aggregierte Werte dar. Es ist also nicht auszuschließen, dass auch unter den untersuchten empirischen Beispielen Projekte mit Werten oberhalb des skizzierten Bereichs sind.

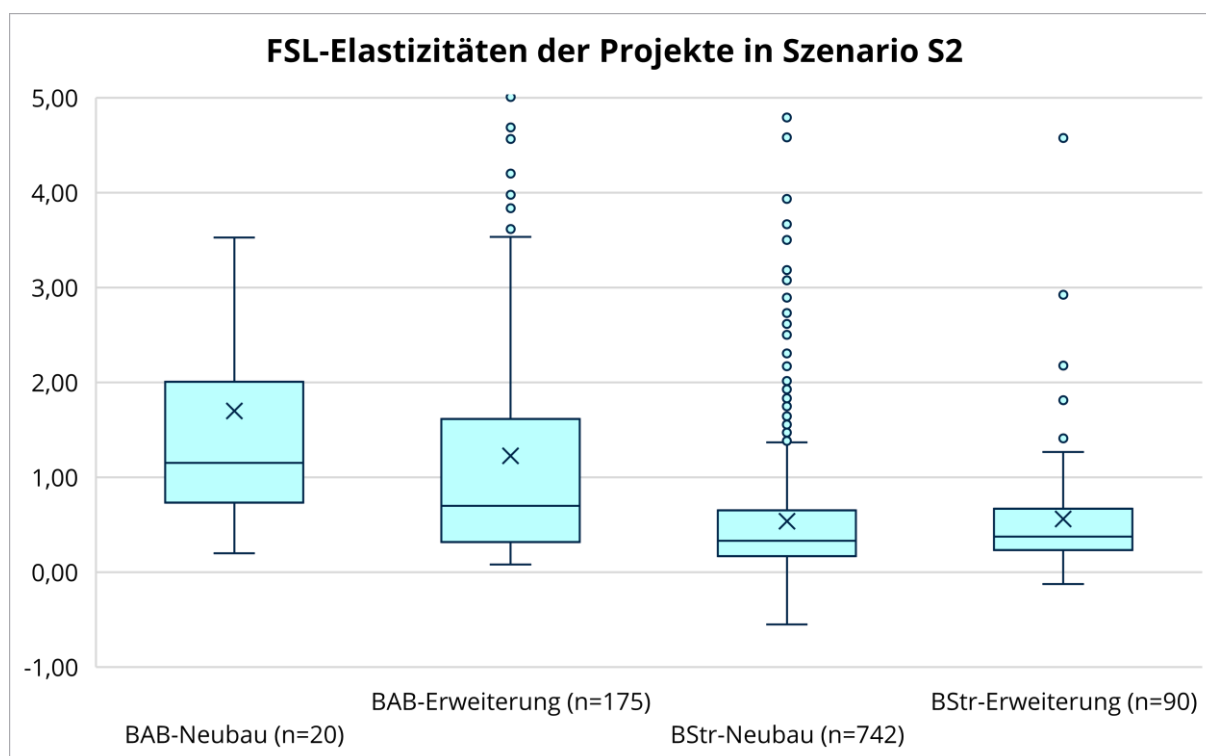


Abbildung 14: FSL-Elastizitäten der BVWP 2030-Projekte bei Neuabschätzung des induzierten Straßenverkehrs in Szenario S2

Die Neuabschätzung der BVWP-Projekte führt zu FSL-Elastizitäten, die für die Einzelprojekte und zwischen den Projekttypen stark variieren. Die Werte von etwa 200 Projekten liegen über 0,9. Hierbei handelt es sich vor allem um BAB-Projekte – überwiegend in Ballungsräumen.

Bei einer aggregierten Betrachtung aller Projekte ergibt sich wiederum eine FSL-Elastizität von 0,6. Dieser Wert liegt im skizzierten Bereich.

In der Gesamtbetrachtung erscheinen die gewählten Annahmen damit vertretbar. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die Werte vor allem bei BAB im oberen Bereich der empirisch betrachteten Elastizitäten liegen. Die Ergebnisse sind weiterhin davon abhängig, dass die prognostizierten Reisezeiteinsparungen durch die Projekte weitgehend realisiert werden und nicht bspw. durch induzierten Stau aufgezehrt werden.

5.3.3 Abschätzung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen

Aufgrund des höheren induzierten Straßenverkehrs werden auch deutlich höhere zusätzliche CO₂-Emissionen abgeschätzt als im BVWP 2030 angenommen. Die kumulierten CO₂-Emissionen aller BVWP-Projekte werden in PRINS mit 1,0 Mio. t pro Jahr angegeben. In Szenario S1 sind sie mit 3,5 Mio. t CO₂ pro Jahr etwa um den Faktor drei und in S2 mit 5,4 Mio. t CO₂ pro Jahr um den Faktor fünf höher als im BVWP prognostiziert (siehe Abbildung 15).

Im BVWP 2030 entsteht ein Großteil zusätzlicher CO₂-Emissionen aus Änderungen der Geschwindigkeiten und Flüssigkeit des Verkehrs. Laut den hier abgeschätzten Szenarien ist hingegen induzierter Straßenverkehr für den überwiegenden Teil der neu entstehenden CO₂-Emissionen verantwortlich. Die Ergebnisse zeigen, dass der Aus- und Neubau von Fernstraßen die CO₂-Emissionen signifikant erhöhen kann.

Die vollständigen Emissionen entstehen allerdings nur dann, wenn alle BVWP-Projekte des „Vordringlichen Bedarfs“ und des „Weiteren Bedarfs“ vollständig umgesetzt sind. Angesichts des Gesamtinvestitionsvolumens von über 107 Mrd. €¹⁹ ist die Umsetzung aller Projekte selbst bei deutlich steigenden jährlichen Investitionen frühestens in zwei Jahrzehnten zu erwarten (Hartl et al., 2025). Um einschätzen zu können, wie stark die Emissionen unmittelbar in Folge von Investitionen in Fernstraßen steigen, lassen sich die entstehenden CO₂-Emissionen im Verhältnis zum Investitionsvolumen ermitteln (siehe unteres Diagramm in Abbildung 15). Demnach führt die Investition von einer Milliarde Euro in Fernstraßen zu jährlichen CO₂-Emissionen von 40.000 t CO₂ (Szenario S1) bis zu 92.000 t CO₂ (Szenario S2).

¹⁹ Es werden Daten für die bewertungsrelevanten Investitionskosten verwendet, da diese im PRINS für die hier analysierten Projekte mit NKA vorliegen; Aufgrund deutlicher Baukostensteigerungen seit Fertigstellung des BVWP (58 Mrd. € mit Kosten-/Preisstand 2014 vs. 107 Mrd. € für 2023), werden hier aktualisierte Kostenschätzungen auf Basis von Daten des BMDV verwendet (BMDV, 2024a).

Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen: Berücksichtigung induzierten Straßenverkehrs im BVWP und Neuabschätzung

Entsprechend der BVWP-Methodik gelten diese Ergebnisse für das Referenzjahr 2030, welches in der Bewertung als typisches mittleres Nutzungsjahr betrachtet wurde. Aus damaliger Perspektive war dieses Vorgehen durchaus plausibel. Es bedeutet jedoch, dass die vollständigen absoluten CO₂-Emissionen nur realisiert werden, wenn die folgenden zwei Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Verhaltensreaktionen des induzierten Straßenverkehrs wirken vollständig.
- Die Emissionsfaktoren für das Jahr 2030 gelten gleichermaßen für alle Projekte.

Die Verhaltensreaktionen, insb. die des sekundär induzierten Straßenverkehrs, stellen sich zudem mit einem zeitlichen Versatz von mehreren Jahren ein. Letztlich ist durch die wünschenswerte und absehbare Antriebswende zu erwarten, dass die Emissionsfaktoren im Zeitverlauf zunehmend sinken werden.

Aus diesem Grund wurde wie oben beschrieben ein Sub-Szenario mit 50 % BEV-Flottenanteil abgeschätzt, welches zur Illustration in beiden Diagrammen von Abbildung 15 dargestellt ist. Steigt der Anteil elektrisch angetriebener Pkw und Lkw, verringern sich die jährlichen CO₂-Emissionen je Investitionssumme. Beim unterstellten Flottenanteil von 50 % entstehen weiterhin 2,7 Mio. t CO₂ pro Jahr zusätzlich.

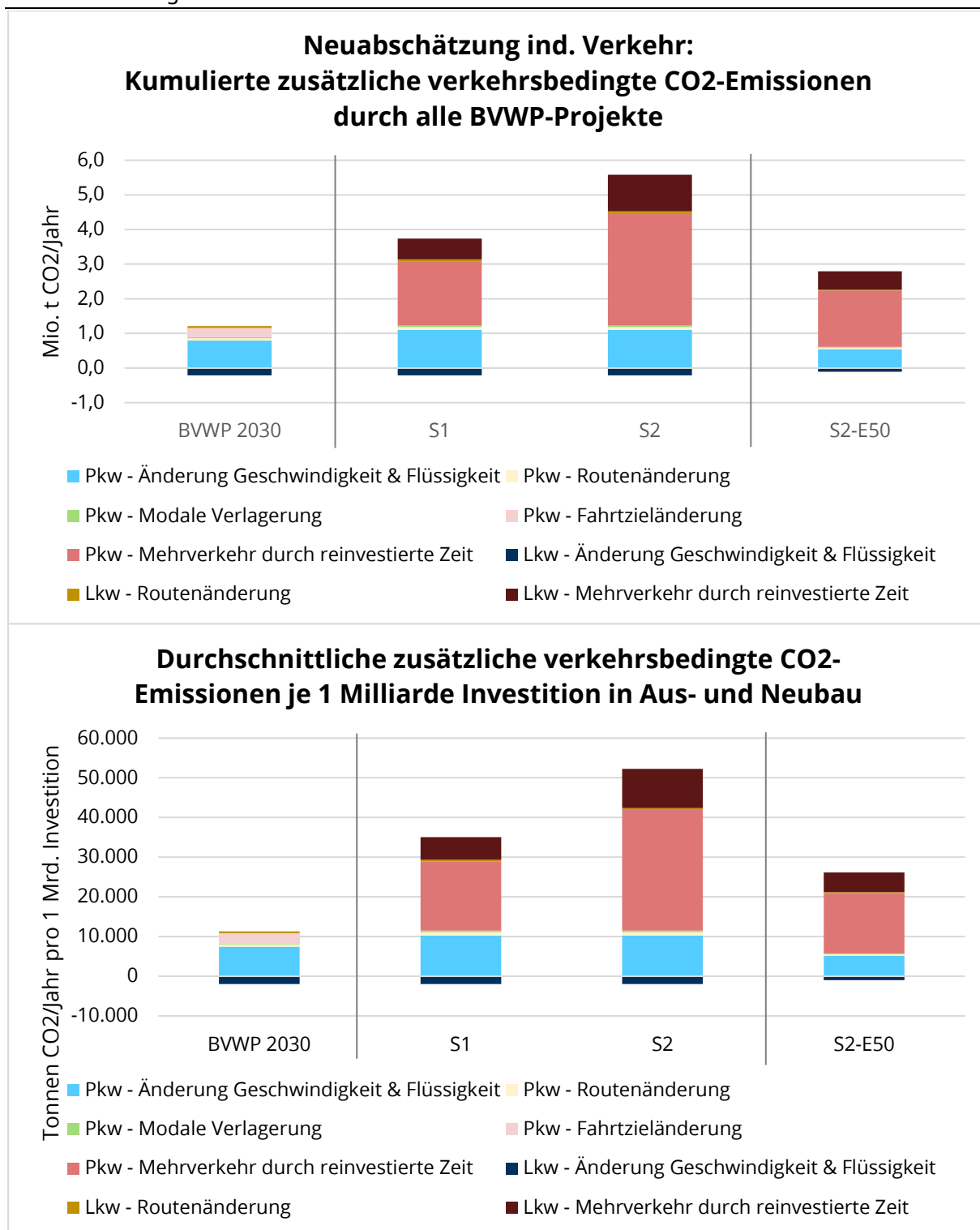


Abbildung 15: Abschätzung zusätzlicher verkehrsbedingter CO₂-Emissionen unter vollständiger Berücksichtigung induzierten Verkehrs (oben: absolut; unten: im Verhältnis zu Investitionsvolumen)

6 Analyse der infrastrukturbedingten THG-Emissionen

Dieses Kapitel untersucht die infrastrukturbedingten Treibhausgas (THG)-Emissionen des Aus- und Neubaus von Fernstraßen im BVWP. Wie zuvor bei den verkehrsbedingten CO₂-Emissionen stellt die BVWP-Methodik den Ausgangspunkt der Untersuchungen dar. Infrastrukturbedingte Emissionen werden zunächst definiert und abgegrenzt. Anschließend die BVWP-Methodik und die Bewertungsergebnisse des BVWP beschrieben. Anschließend wird die BVWP-Methodik, insb. im Hinblick auf ihre Annahmen, analysiert und bewertet.

6.1 Definition und Abgrenzung der infrastrukturbedingten THG-Emissionen

Im Rahmen des BVWP werden nicht nur die zusätzlichen verkehrsbedingten CO₂-Emissionen abgeschätzt, sondern auch die durch den Lebenszyklus der Verkehrsinfrastruktur verursachten. Dabei werden die THG-Emissionen bei der Herstellung und dem Transport der Baumaterialien sowie die energiebedingten Emissionen für Bau, Betrieb und Unterhalt der Infrastruktur bilanziert (PTV et al., 2016).

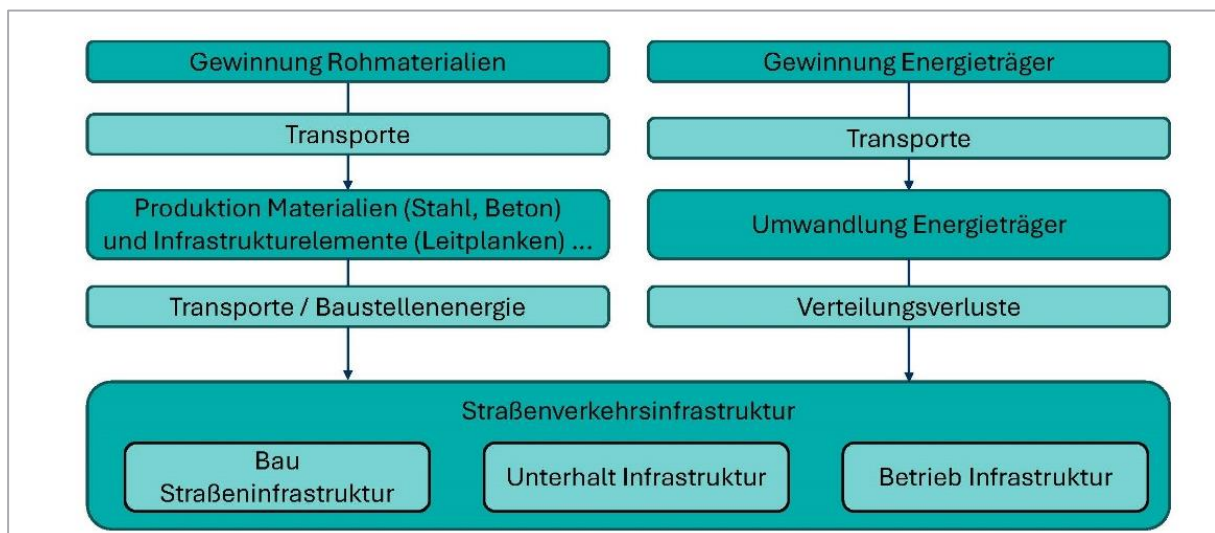


Abbildung 16: Einzelprozesse Treibhausgasbilanz Straßenverkehrsinfrastruktur
Eigene Darstellung nach Mottschall & Bergmann (2015)

Diese werden im BVWP unter dem Begriff der Lebenszyklusemissionen von Treibhausgasen (THG) der Verkehrsinfrastruktur zusammengefasst. In dieser Studie wählen wir zur Abgrenzung zu den verkehrsbedingten CO₂-Emissionen den Begriff der infrastrukturbedingten THG-Emissionen.

6.2 Methodische und quantitative Berücksichtigung infrastrukturbedingten THG-Emissionen im BVWP 2030

Die BVWP-Methodik schätzt für alle Projekte die jeweiligen infrastrukturbedingten THG-Emissionen auf Basis der neu hinzukommenden Straßenoberfläche pauschal ab. Die in der Abschätzung genutzten spezifischen THG-Emissionsfaktoren entstammen dem durch das Öko-Institut im Auftrag des Umweltbundesamts durchgeführten Forschungsprojekt „Renewability“ (Mottschall & Bergmann, 2015). Die Ermittlung dieser THG-Emissionsfaktoren basiert auf einer

orientierenden Stoffstrombilanz²⁰ für das Straßenverkehrsnetz Deutschlands für das Bezugsjahr 2008. Berücksichtigt wurden die Material- und Energieaufwände zur Herstellung, zum Unterhalt und Betrieb des Straßenkörpers, der Ingenieurbauwerke (Tunnel, Brücken) sowie von Begleitinfrastrukturen wie Tankstellen und Raststätten.

Die ermittelten spezifischen Emissionsfaktoren werden nach der Straßenkategorie BAB oder Bundesstraße unterschieden. Über einen pauschalen Aufschlag werden die erhöhten Material- und Energieaufwände beim Bau von Brücken und Tunneln berücksichtigt. Abschließend erfolgt eine Normierung der THG-Emissionen über die Nutzungsdauer der Infrastruktur (PTV et al., 2016). Tabelle 16 zeigt die im BVWP genutzten spezifischen THG-Emissionsfaktoren.

Tabelle 16: Spezifische Emissionsfaktoren der Lebenszyklus-THG-Emissionen von Straßen laut BVWP

Straßenkategorie	Straße [kg CO ₂ -Äq./m ² , a]	Tunnel [kg CO ₂ -Äq./m ² , a]	Brücke [kg CO ₂ -Äq./m ² , a]
Autobahn	6,2	33,3	18,8
Bundesstraße	4,6	31,7	17,2

Eigene Darstellung nach PTV et al. (2016)

Insgesamt werden entsprechend dieser Berechnungen bei Umsetzung aller BVWP-Projekte jährlich fast 1 Mio. t CO₂-Äq. für Bau, Betrieb und Instandhaltung der Straßenverkehrsinfrastruktur emittiert (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: THG-Emissionen für Bau, Betrieb und Instandhaltung der BVWP-Straßenverkehrsprojekte

Projekttyp	Projekte	FS-Länge [km]	Spez. THG-Emissionen [t/FS-km, a]	THG-Emissionen, Summe [t/a]
BAB – Neubau	20	1.967	88	173.786
BAB – Ausbau	175	5.275	69	362.517
BStr – Neubau	743	10.195	32	329.149
BStr – Ausbau	88	1.247	46	57.713
Summe	1.026	18.684		923.165

Eigene Zusammenstellung auf Basis der PRINS-Daten

Wie Abbildung 17 zeigt, unterscheiden sich die spezifischen THG-Emissionen des Lebenszyklus der Fernstraßen in Abhängigkeit vom Projekttyp, aber auch innerhalb eines Projekttyps stark.

Die Unterschiede in den spezifischen THG-Emissionen zwischen Baumaßnahmen im Bundesstraßen- bzw. Autobahnnetz ergeben sich durch unterschiedliche Tragfähigkeitsanforderungen an den Straßenkörper. Mit diesen gehen Unterschiede im Materialeinsatz und der Dicke des Oberbaus einher. Außerdem sind die Fahrbahnquerschnitte von Autobahnen breiter.

²⁰ Eine orientierende Stoffstrombilanz vollzieht ähnlich wie eine Ökobilanz die Stoffströme und Prozesse zur Herstellung eines Endprodukts nach. Im Vergleich zur Ökobilanz ist sie weniger normiert, häufig werden Vereinfachungen und pauschale Annahmen verwendet, wenn z. B. die notwendige Datenbasis nicht verfügbar ist.

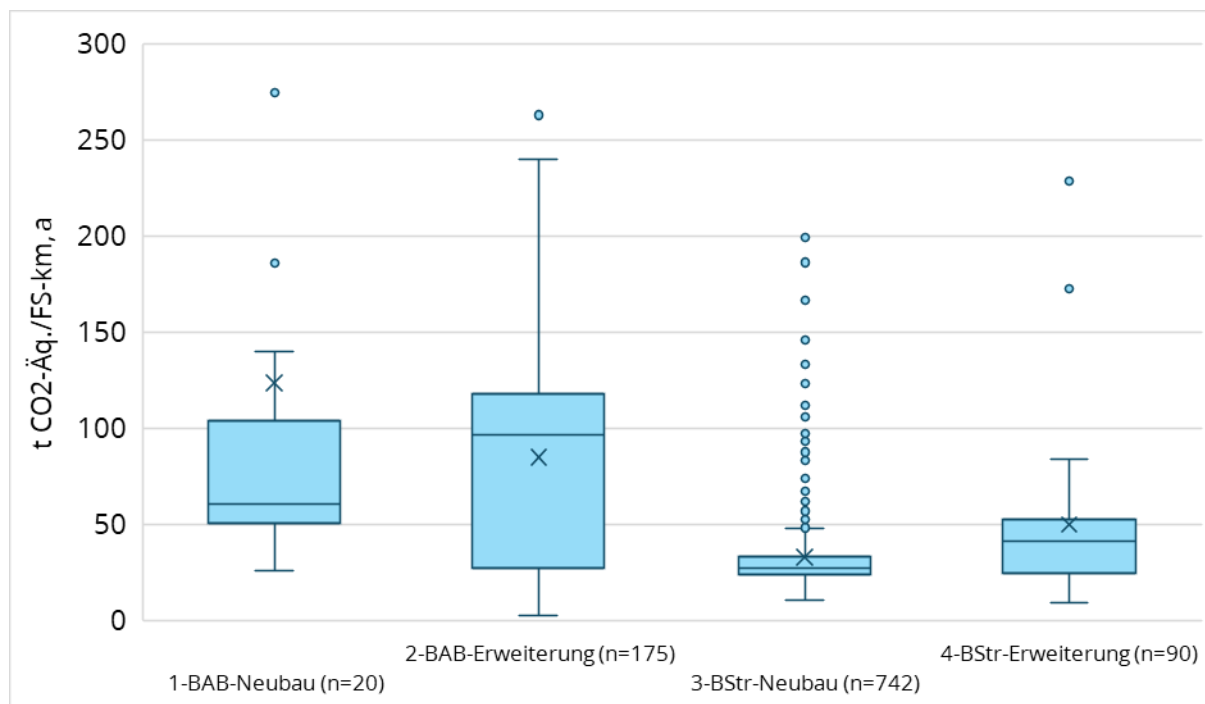


Abbildung 17: Bandbreite der THG-Emissionen für Bau, Betrieb und Instandhaltung der Straßenverkehrsinfrastruktur in Abhängigkeit vom Projekttyp, drei Ausreißer (>300 t CO₂-Äq./FS-km) wurden exkludiert
Eigene Auswertung der PRINS-Projektdaten

Die Emissions-Unterschiede innerhalb eines Projekttyps lassen sich mit den öffentlich vorliegenden PRINS-Daten nicht im Detail auf einzelne Einflussfaktoren zurückführen. Aus der Logik der Bilanzierung lassen sich allerdings besonders relevante Faktoren ableiten:

- Mit der Errichtung bzw. Erweiterung von Tunneln und Brücken sind pro m² Straßenoberfläche deutlich mehr THG-Emissionen verbunden als beim Bau der Fernstraßen an sich. Die spezifischen THG-Emissionen zur Errichtung von Ingenieurbauwerken betragen das drei- bis sechsfache der Emissionen der reinen Straßen-Errichtung. Merkliche spezifische Emissionsunterschiede ergeben sich damit durch das Ausmaß der geplanten Ingenieurbauwerke.
- Die im BVWP getroffenen projektspezifischen Annahmen zur Breite der hinzukommenden verfestigten Fläche je Fahrstreifen sind nicht öffentlich verfügbar. Laut Regelwerk (RAA) unterscheiden sie sich allerdings in Abhängigkeit von der Fahrstreifenanzahl (*Richtlinien für die Anlage von Autobahnen*, 2008). Beispielsweise werden die benötigten Flächen für Stand- und Randstreifen unterschiedlich vielen Fahrstreifen zugeordnet. Bei mehrstreifigen Querschnitten wird außerdem ein Teil der Fahrstreifen mit einer geringeren Breite ausgeführt. Deshalb ist die zu befestigende Fläche je Fahrstreifen auch innerhalb eines Projekttyps nicht einheitlich.

Insgesamt tragen die infrastrukturbedingten THG-Emissionen etwa zur Hälfte der im BVWP berechneten Gesamtemissionen bei. Wie in Kapitel 5 gezeigt, wurden jedoch die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen deutlich unterschätzt. Trotzdem sind die infrastrukturbedingten THG-Emissionen relevant, sodass hier auch in diesem Bereich eine Überprüfung der BVWP-Berechnungsmethode erfolgt.

6.3 Bewertung der BVWP-Methodik

Mottschall & Bergmann (2015) zeigen in ihrem Forschungsbericht zum Renewbility-Projekt eindrücklich die Komplexität der Abschätzung infrastrukturbedingter THG-Emissionen auf. In vielen Fällen sind z. B. aufgrund von fehlenden Daten Vereinfachungen zu treffen und eigene Abschätzungen auf Basis plausibler Annahmen durchzuführen.

Ziel der vorliegenden Studie ist deshalb die Plausibilisierung und bei Bedarf Aktualisierung zentraler Annahmen und Kennwerte. Die folgenden drei Fragestellungen stehen dabei im Fokus:

- **Werden innerhalb des BVWP realistische Flächenbedarfe für den Aus- und Neubau der befestigten Fläche der Fernstraßen angenommen?** Bei durch die Linienführung vorgegebener Projektlänge ergibt sich der Flächenbedarf aus den im BVWP getroffenen Annahmen zur Fahrstreifenbreite. Wurden diese unterschätzt, ergibt sich beispielsweise eine Unterschätzung der Gesamtemissionen.
- **Sind die den spezifischen THG-Emissionsfaktoren zugrundeliegenden, pauschalen Annahmen zum Materialeinsatz im Straßenbau plausibel?** Zur Bestimmung des Materialeinsatzes pro m² neu befestigter Straße wurden im Renewbility-Forschungsprojekt Annahmen zum Aufbau des Oberbaus des Straßenkörpers und zum Materialmix getroffen. Entsprechen die damals (Bezugsjahr 2008) genutzten Annahmen nicht mehr dem Stand der Technik, treffen auch die damaligen Emissionsabschätzungen nicht mehr zu.
- **Sind die für das Bezugsjahr 2008 ermittelten spezifischen THG-Emissionsfaktoren für die Herstellung und den Transport von Baumaterialien noch stimmig?** Falls seit 2008 Fortschritte in Bezug auf die Energieeffizienz der Materialherstellung u. ä. erreicht werden konnten, werden die Emissionen im BVWP überschätzt.

Die drei Fragestellungen werden in den folgenden drei Abschnitten beantwortet.

6.3.1 Analyse der BVWP-Annahmen zum Flächenbedarf für Fernstraßen-Baumaßnahmen

Im Rahmen der BVWP-Erstellung wurde nicht dokumentiert, welche Annahmen zum Flächenbedarf für die einzelnen BVWP-Projekte getroffen werden. So werden im Methodenhandbuch nur Angaben zum Gesamtflächenbedarf in Abhängigkeit von der Baumaßnahme getroffen. Dies umfasst allerdings auch unbefestigte Flächen, wie Mittelstreifen, Dämme und Böschungen (PTV et al., 2016). Allerdings kann mithilfe der oben dargestellten spezifischen Emissionsfaktoren (siehe Tabelle 16) und Informationen zu typischen Regelquerschnitten von Autobahnen und Bundesstraßen eingeordnet werden, ob die dargestellte Bandbreite der THG-Emissionen je Fahrstreifen-km und Jahr (siehe Abbildung 17) plausibel ist.

Tabelle 18 zeigt für übliche Regelquerschnitte (RQ) ausgewählter Projekte (z. B. Neubau vierstreifige Autobahn) die sich ergebenden spezifischen THG-Emissionen je FS-km. Diese ordnen sich gut in die Bandbreite der in PRINS ausgewiesenen Werte für die infrastrukturbedingten THG-Emissionen aus Abbildung 17 ein. Damit wurde der Flächenbedarf für die Fernstraßen-Baumaßnahmen im BVWP realistisch abgeschätzt.

Tabelle 18: Abschätzung spezifischer THG-Emissionen für ausgewählte Projekttypen in Abhängigkeit von Fahrstreifenbreite und Infrastrukturelement

Element	Projekttyp	RQ nach RAL, RAA	Anteilige FS-Breite [m] ²¹	Emissionsfaktor nach BVWP [kg THG / m ² , a]	THG-Emissionen je FS-km [t CO ₂ -Äq./FS-km, a]
Straße	BAB-N, 4 FS	RQ 31	7,75	6,2	37
Brücke	BAB-N, 4 FS	RQ 31 B	8	17,2	103
Tunnel	BAB-N, 4 FS	RQ 31 T	6	33,3	200
Straße	BStr-N, 2 FS	RQ 11,5	5,75	4,6	20
Brücke	BStr-N, 2 FS	RQ 11,5 B	6,3	17,2	73
Tunnel	BStr-N, 2 FS	RQ 11,5 T	4,75	31,7	119

(FGSV, 2013; Mottschall & Bergmann, 2015; eigene Berechnung auf Basis von *Richtlinien für die Anlage von Autobahnen*, 2008)

6.3.2 Analyse der BVWP-Annahmen zum Materialeinsatz im Fernstraßenbau

Die im BVWP genutzten spezifischen THG-Emissionsfaktoren für den Lebenszyklus der Straßeninfrastruktur beinhalten die materialbedingten THG-Emissionen, aber auch solche aus dem Transport der Materialien zur Baustelle und solche aus den Aktivitäten auf der Baustelle.

Tabelle 19: Absolute und spezifische materialbedingte THG-Emissionen der Fernstraßeninfrastruktur laut Renewbility-Projekt

	Materialbedingte THG-Emissionen Fernstraßen [1.000 t CO ₂ -Äq./a]						Netzlänge [km]	Ø Breite [m]	Emissionsfaktor [kg CO ₂ -Äq./m ²]
	Beton	Asphalt	Schotter	Kies	Zement	Summe			
BAB	370,1	704,3	0,5	4,7	135,1	1214,8	12.640	21,8	4,41
BStr	167,6	1073,8	1,6	6,5	3,0	1252,6	40.200	8,4	3,71
Summe	537,7	1778,2	2,1	11,3	138,1	2467,4			

Anmerkung: Materialbedingte THG-Emissionen und Netzdaten aus Mottschall & Bergmann (2015); eigene Berechnungen der Emissionsfaktoren auf Basis dieser Daten

Mithilfe der veröffentlichten Daten und Annahmen des Renewbility-Projekts lässt sich der dort angenommene Materialeinsatz sowie die materialbedingten THG-Emissionen der Fernstraßeninfrastruktur nachvollziehen. Tabelle 19 stellt einerseits die im Renewbility-Projekt veröffentlichten Informationen zum Materialeinsatz und zum anderen die im Projekt ermittelten spez. materialbedingten THG-Emissionsfaktoren dar.²²

²¹ Vereinfacht wurde hier die Breite des Regelquerschnitts durch die Fahrstreifenanzahl dividiert. Der Regelquerschnitt umfasst allerdings auch unbefestigte Fläche (z. B. Mittelstreifen, Bankett)

²² Die annualisierten materialbedingten THG-Emissionen machen bei Autobahnen ca. 70 % und bei Bundesstraßen ca. 60 % der gesamten infrastrukturbedingten Emissionen aus. Die in Tabelle 16 dargestellten spez. Emissionen der Infrastruktur enthalten darüber hinaus Emissionen aus dem Energiebedarf für Transporte, Bauaktivitäten und den Betrieb der Infrastruktur sowie auch für den Materialeinsatz für Ingenieurbauwerke, Nebenanlagen (z. B. Raststätten, Tankstellen) und die Straßenausstattung (z. B. Leitplanken) (Mottschall & Bergmann, 2015).

Zur Plausibilisierung des Materialeinsatzes kann vergleichend der spezifische, auf einen Quadratmeter (m^2) bezogene Materialeinsatz für aktuelle Fernstraßenprojekte ermittelt werden. Zur Dimensionierung des Oberbaus werden dabei die Vorgaben der Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12/24) herangezogen (FGSV, 2024).

Die RStO 12/24 definiert in Abhängigkeit von der Belastungsklasse, sowie der Frostschutz-Eigenschaften des Untergrunds die Schichtdicken und Materialauswahl des Oberbaus des Straßenkörpers. Für den Bau von Autobahnen und Bundesstraßen werden fünf Bauweisen in Asphaltbauweise (teils mit Untervarianten) und drei Varianten (+ Untervarianten) für die Betonbauweise unterschieden.

Zeile	Belastungsklasse	Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3
	B [Mio.]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	> 1,8 - 3,2	> 1,0 - 1,8	> 0,3 - 1,0	$\leq 0,3$
	Dicke des frostsich. Oberbaus ¹⁾	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75	45 55 65 75	45 55 65 75	35 45 55 65
1	Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht							
	Asphaltdecke	12	12	12	10	4	4	4
	Asphalttragschicht	22	18	14	12	16	14	10
	Frostschuttschicht	45	45	45	45	45	45	45
	Dicke der Frostschuttschicht	- 31 ³⁾ 41 51	25 ³⁾ 35 45 55	29 ³⁾ 39 49 59	- 33 ³⁾ 43 53	25 ³⁾ 35 45 55	27 37 47 57	21 31 41 51

Abbildung 18: Beispielhafter Aufbau des Oberbaus einer Straße in Abhängigkeit von der Belastungsklasse nach RStO 12/24 (FGSV, 2024)

Für die im Folgenden durchgeführte Beispielrechnung wurden jeweils zwei für den Autobahnbau (BK100) typische Beton- und Asphaltbauweisen berücksichtigt. Zur Darstellung der Bandbreite wurde ein besonders materialintensiver vollgebundener Aufbau und ein typischer, materialsparsamer Aufbau ausgewählt.

Tabelle 20 und Tabelle 21 zeigen beispielhaft für den Neubau einer Autobahn die Größenordnung der spezifischen, rein materialbedingten THG-Emissionen entsprechend der aktuellen Richtlinien zum Aufbau des Oberbaus (RStO12/24) bei Beibehaltung weiterer Annahmen (Lebensdauer, Emissionsfaktoren der Materialherstellung) aus Mottschall und Bergmann (2015).

Tabelle 20: Spezifische materialbedingte THG-Emissionen ausgewählter Asphaltbauweisen von Autobahnen (BK100)

	Material	Schichtdicke bei ausgewählten Asphaltbauweisen (cm)		Lebensdauer [a]
		vollgebunden	Asphalttragschicht mit Schottertragschicht auf Frostschuttschicht	
Deckschicht	Asphalt	12	12	20
Tragschicht	Asphalt	34	18	40
	Schotter		15	40
Frostschutz / Unterbau ²²⁾	Kies	15	15	60
materialbedingte Emissionen [CO ₂ -Äq. in kg/m ² , a]		7,6	5,5	

Tabelle 21: Spezifische materialbedingte THG-Emissionen ausgewählter Betonbauweisen von Autobahnen (BK100)

	Material	Schichtdicke bei ausgewählten Asphaltbauweisen [cm]		Lebensdauer [a]
		vollgebunden	Betondecke mit HGT	
Deckschicht	Beton	27	27	30
Tragschicht	HGT	25	15	40
	Schotter		15	40
Frostschutz / Unterbau ²²	Kies	15	15	60
materialbedingte Emissionen [CO₂-Äq. in kg/m², a]		4,9	4,1	

Unter Berücksichtigung eines geschätzten Anteils an Beton-Straßenoberflächen von ca. 30 % (Mottschall & Bergmann, 2015) am Autobahnnetz (BK100) ergeben sich aus den vorgeschriebenen Schichtdicken pauschale spez. THG-Emissionsfaktoren von 5,1–6,8 kg CO₂-Äq./m², a. Damit ist der auf Basis der RStO 12/24 ermittelte Faktor 15–54 % höher als der von Mottschall und Bergmann (2015).

Die Unterschiede können grundsätzlich durch zwei Effekte verursacht werden:

- Seit Fertigstellung der Studie Mottschall und Bergmann (2015) wurde die RStO überarbeitet, vereinzelt wurden dabei Änderungen in vorgeschriebenen Schichtdicken und Materialauswahl zwischen der RStO 01 und der RStO 12/24 durchgeführt, welche die Emissionsfaktoren beeinflussen können.
- Gleichzeitig wurde der spez. Emissionsfaktor in dieser Studie für eine Autobahn mit der höchsten Tragfähigkeit ermittelt (BK100). Bei Mottschall und Bergmann (2015) wurden Autobahnen verschiedenen Belastungsklassen zugeordnet, der spez. Emissionsfaktor für Straßen der BK 32 wäre nur noch 7–45 % höher als der Wert in Mottschall und Bergmann (2015).

Insgesamt deutet die Auswertung darauf hin, dass die damaligen Annahmen den heute notwendigen Materialeinsatz bei BVWP-Projekten eher unterschätzen. Für eine Gesamteinschätzung sind allerdings abschließend noch die im Renewbility-Projekt genutzten spezifischen materialbedingten THG-Emissionsfaktoren hinsichtlich ihrer Plausibilität zu überprüfen.

6.3.3 Aktualisierung der THG-Emissionsfaktoren für die Materialherstellung

Neben der Breite des Straßenkörpers, den notwendigen Schichtdicken im Ober- und Unterbau beeinflussen Weiterentwicklungen in der Baustofftechnologie, aber auch Verbesserungen bei der Energieeffizienz von Transportvorgängen im Güterverkehr die THG-Emissionen.

Im Rahmen der Bedarfsplanüberprüfung 2024 durch das BMDV wurden die im Mottschall und Bergmann (2015) genutzten spezifischen Emissionsfaktoren zur Herstellung der Baustoffe sowie für den Transport der Baustoffe zur Baustelle überprüft (BMDV, 2024b). Für diesen Vergleich wurden die Emissionsfaktoren der Materialherstellung aus der aktuellen Version 3.10 der Ökobilanz-Datenbank *Ecoinvent* mit denen aus der 2015 vorliegenden Version 2.1 verglichen. Die Emissionsfaktoren für Transportvorgänge wurden auf Basis der TREMOD-Versionen 5.25 bzw.

6.42 verglichen. BMDV (2024b) ermitteln auf Basis dieser Daten eine Überschätzung der THG-Emissionsfaktoren im BVWP um 35–45 %. Allerdings erfolgte im entsprechenden Bericht keine Veröffentlichung der zugrundeliegenden Berechnungen.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen der vorliegenden Studie eine eigene Recherche aktueller Emissionsfaktoren der Herstellung von Baumaterialien durchgeführt. Hierzu wurde die Ökobilanz-Datenbank *ÖKOBAUDAT* genutzt. Wie in Mottschall und Bergmann (2015) wurden für Asphalt und Beton plausible generische Datensätze für Gussasphalt und Beton verwendet, auch wenn spezifischere Datensätze teils auch noch niedrigere Emissionsfaktoren ergeben würden (siehe Tabelle 22). Eine Überprüfung der spezifischen Emissionsfaktoren anhand des Lebenszyklus-Rechners des 2023 beendeten Forschungsprojekts „Decarbonisation First“ für Österreich zeigt eine hohe Übereinstimmung (ASFiNAG et al., 2023).

Insgesamt bestätigen die Recherche-Ergebnisse die in der Bedarfsplanüberprüfung beschriebenen Fortschritte beim Klimaschutz in der Bauindustrie.

Tabelle 22: Vergleich spezifischer THG-Emissionen von Baumaterialien (Wiege bis Werkstor)

	BVWP 2030 [kg CO ₂ -Äq./kg]	ÖKOBAUDAT [kg CO ₂ -Äq./kg]
Gussasphalt	0,21	0,12
Asphaltbinder	NA	0,10
Asphalttragschicht	NA	0,08
Beton (generisch, bei ÖKOBAUDAT C30/37)	0,14	0,09
Beton (generisch, bei ÖKOBAUDAT: C20/25)	NA	0,07
Schotter	0,004	wie BVWP 2030
Kies	0,002	wie BVWP 2030
HGT	wie Beton behandelt	wie BVWP 2030

Eigene Darstellung auf Basis von Mottschall & Bergmann (2015) und ÖKOBAUDAT (2023a, 2023b)

Unter Anwendung der aktuellen Emissionsfaktoren reduzieren sich die spezifischen Emissionen der Baumaterialienherstellung bei Betonbauweise um ca. 33 % und bei Asphaltbauweise um 45 %. Unter Beibehaltung eines geschätzten Anteils an Beton-Straßenoberflächen von ca. 30 % (Mottschall & Bergmann, 2015) beim Autobahnnetz (BK100) ergeben sich aktualisierte spezifische THG-Emissionsfaktoren von 3,0–3,9 kg CO₂-Äq./m², a. Damit ist der auf Basis der RStO 12/24 und unter Einbeziehung aktueller spez. Emissionsfaktoren für die Materialherstellung ermittelte Emissionsfaktor für Bundesautobahnen 12–32 % niedriger als der von Mottschall und Bergmann (2015) ermittelte.

6.4 Zusammenführung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Es wurden systematisch relevante Einflussfaktoren auf die Gesamthöhe der infrastrukturbedingten THG-Emissionen überprüft. Alle Berechnungen und Abschätzungen erfolgten dabei stellvertretend für den Autobahn-Neubau.

Die Beispielrechnungen zeigen Veränderungen der Höhe der infrastrukturbedingten THG-Emissionen im Vergleich zur BVWP-Methodik. Seit 2008 erfolgte Veränderungen im Materialmix und den Schichtdecken führten dabei tendenziell dazu, dass die bisherigen infrastrukturbedingten THG-Emissionen zu niedrig ausgewiesen wurden. Aufgrund der zwischenzeitlich realisierten THG-

Emissions-Einsparungen bei der Asphalt- und Betonherstellung ist insgesamt aber eher von einer Überschätzung der Emissionen auszugehen.

Die auf den gesamten Lebenszyklus der Straßeninfrastruktur bezogenen spezifischen Emissionsfaktoren aus dem BVWP 2030 umfassen darüber hinaus auch die THG-Emissionen durch den Transport von Baumaterialien sowie die Energieverbräuche bei Bautätigkeiten sowie Unterhalt und Betrieb der Infrastruktur. Aufgrund des vergleichsweise geringen Anteils der einzelnen Emissionsarten und des Analyseaufwands konnten diese Emissionen hier nicht näher untersucht werden. Allerdings sind auch hier Effizienzgewinne seit 2008 wahrscheinlich.

Unter der konservativen Annahme, dass die bei der Materialherstellung im Bereich Asphalt und Beton gefundenen Effizienzgewinne in den nicht explizit untersuchten Bereichen nicht verwirklicht werden konnten, lassen sich die ermittelten materialbedingten Emissionsfaktoren bei Autobahnen auf die Gesamtheit der spezifischen infrastrukturbedingten Emissionen hochrechnen. Tabelle 23 zeigt zusammenfassend die Ergebnisse dieser Abschätzungen.

Insgesamt fallen mit aktualisierten Annahmen zum Materialeinsatz die infrastrukturbedingten Emissionen eines Autobahn-Bauprojekts insgesamt um 10–25 % geringer aus als im BVWP 2030 angenommen. Auch ohne Quantifizierung der spezifischen materialbedingten THG-Emissionen ist für die Errichtung von Bundesstraßen absehbar, dass aktualisierte Emissionsfaktoren gleichermaßen niedriger ausfallen als die im BVWP verwendeten.

Tabelle 23: Ergebnisse der Abschätzungen der spez. materialbedingten Emissionsfaktoren für den Autobahn-Neubau (BK100) unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung im Bereich von Baustandards und Materialherstellung

Annahmen	Material- bedingt [CO₂- Äq./m²]	Lebens- zyklus [kg CO₂- Äq./m²]
Schichtdicken, Material, spez. Emissionsfaktoren nach BVWP 2030	4,4	6,2
Schichtdicken, Material nach RAA 12/24, spez. Emissionen: BVWP 2030	5,1 – 6,8	6,8 – 8,5
Schichtdicken, Material nach RAA 12/24, spez. Emissionen: ÖKOBAUDAT	3,0 – 3,9	4,7 – 5,6

(eigene Berechnungen, siehe Abschnitt 556.3.1-6.3.3)

Differenzierte, eigene Analysen zu Brückenbauwerken und Tunneln an Autobahnen und Bundesstraßen konnten aus Aufwandsgründen nicht durchgeführt werden. Ein aktuelles Forschungsprojekt zeigt allerdings für den Bereich der Brücken, dass auch hier die infrastrukturbedingten THG-Emissionen im BVWP eher überschätzt werden: Bei Straßenbrücken bis 40 m Länge liegen die in Görtz und Pham (2024) ermittelten spez. Emissionsfaktoren im Bereich der BVWP-Annahmen (10-20 kg CO₂-Äq./m² Straßenbrücke im Vergleich zu 17-19 kg CO₂-Äq./m² Brücke laut BVWP). Für Brücken über 40 m Länge wird in Görtz et. al. (2025) mit 10 kg CO₂-Äq./m² ein um 30–35 % niedrigerer Emissionsfaktor als im BVWP ermittelt.

Insgesamt werden die infrastrukturbedingten THG-Emissionen im Gegensatz zu den verkehrsbedingten CO₂-Emissionen im BVWP demnach nicht unterschätzt, sondern ggf. leicht überschätzt. Eine Korrektur dieser Überschätzung ist für die Gesamtheit der BVWP-Projekte aufgrund der unzureichenden Datenbasis nicht möglich. Konkret sind die für eine Neuabschätzung notwendigen projektspezifischen Informationen zur Anzahl und Länge der Ingenieurbauwerke nicht öffentlich verfügbar. Da die infrastrukturbedingten THG-Emissionen bei

korrekter Abschätzung des induzierten Verkehrs jedoch an Bedeutung verlieren, wird diese Unsicherheit als vertretbar angesehen.

7 Verkehrs- und infrastrukturbedingte THG-Emissionen durch den Aus- und Neubau von Fernstraßen

7.1 THG-Emissionen

Nachdem sowohl verkehrsbedingte als auch infrastrukturbedingte THG-Emissionen getrennt analysiert wurden, werden die Erkenntnisse nun zusammengeführt. Das ermöglicht es, die gemeinsame Wirkung beider Aspekte sowie deren jeweilige Relevanz einzuschätzen.

Unter Berücksichtigung des in dieser Studie neu abgeschätzten induzierten Straßenverkehrs würde die kurzfristige Umsetzung aller Projekte des BVWP 2030 zu 4,5 bis 6,3 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr zusätzlich führen. Demnach hätte der BVWP, welcher für das Referenzjahr 2030 Emissionen in Höhe von 1,96 Millionen Tonnen CO₂ abschätzt²³, diese um das bis zu 3,2-fache unterschätzt. Das ist vor allem mit der Unterschätzung induzierten Straßenverkehrs zu begründen.

Praktisch ist von einer kontinuierlichen Umsetzung der Projekte über mehrere Jahrzehnte auszugehen. Im Durchschnitt aller BVWP-Projekte verursacht eine zusätzliche Investition von einer Milliarde Euro in den Aus- und Neubau von Fernstraßen derzeit insgesamt CO₂-Emissionen von bis zu 59.250 t (Szenario S2; siehe Abbildung 19). Die induzierten Straßenverkehre sowie Erhöhungen der Geschwindigkeit des Verkehrs sind hierbei für über 85 % der zusätzlichen Emissionen verantwortlich – infrastrukturbedingte Emissionen für den Rest. Wird dagegen induzierter Verkehr nur entsprechend der unteren Grenze der Werte aus der Literatur angenommen, sind weiterhin knapp 42.000 t CO₂ pro Jahr zu erwarten (Szenario S1). Der Anteil der verkehrsbedingten Emissionen reduziert sich dann auf 79 %. Die Kenngrößen stellen Richtwerte für zukünftige Investitionen dar. Wird ein Projekt bis 2030 umgesetzt, sind jährliche Emissionen maximal in dieser Höhe zu erwarten.

Wie oben beschrieben (siehe Abschnitt 5.3), ist zu erwarten, dass die verkehrsbedingten Emissionen durch die Antriebswende abnehmen. Die Wirkung dieser Entwicklung illustriert das Sub-Szenario S2-E50. Sofern keine Veränderung der infrastrukturbedingten CO₂-Emissionen angenommen wird, sinkt der relative Anteil der verkehrsbedingten Emissionen zunehmend.

Die dargestellten Richtwerte für CO₂-Emissionen durch die Aus- und Neubauinvestitionen sind als Erhöhung der Gesamtemissionen des Straßenverkehrs im betrachteten Jahr zu interpretieren. So erhöhen ausgebaut und neue Straßen die Fahrleistungen. Proportional zu deren relativen Erhöhung (z. B. +3 % Fahrleistung durch alle BVWP-Projekte) erhöhen sich auch die gesamten Emissionen im betrachteten Jahr. Weiterhin kumulieren sich die Investitionen über die Jahre und damit auch die Steigerungen der CO₂-Emissionen.

²³ Von diesen Emissionen sind 1,00 Millionen Tonnen CO₂ verkehrsbedingt und 0,96 Millionen Tonnen CO₂ infrastrukturbedingt.

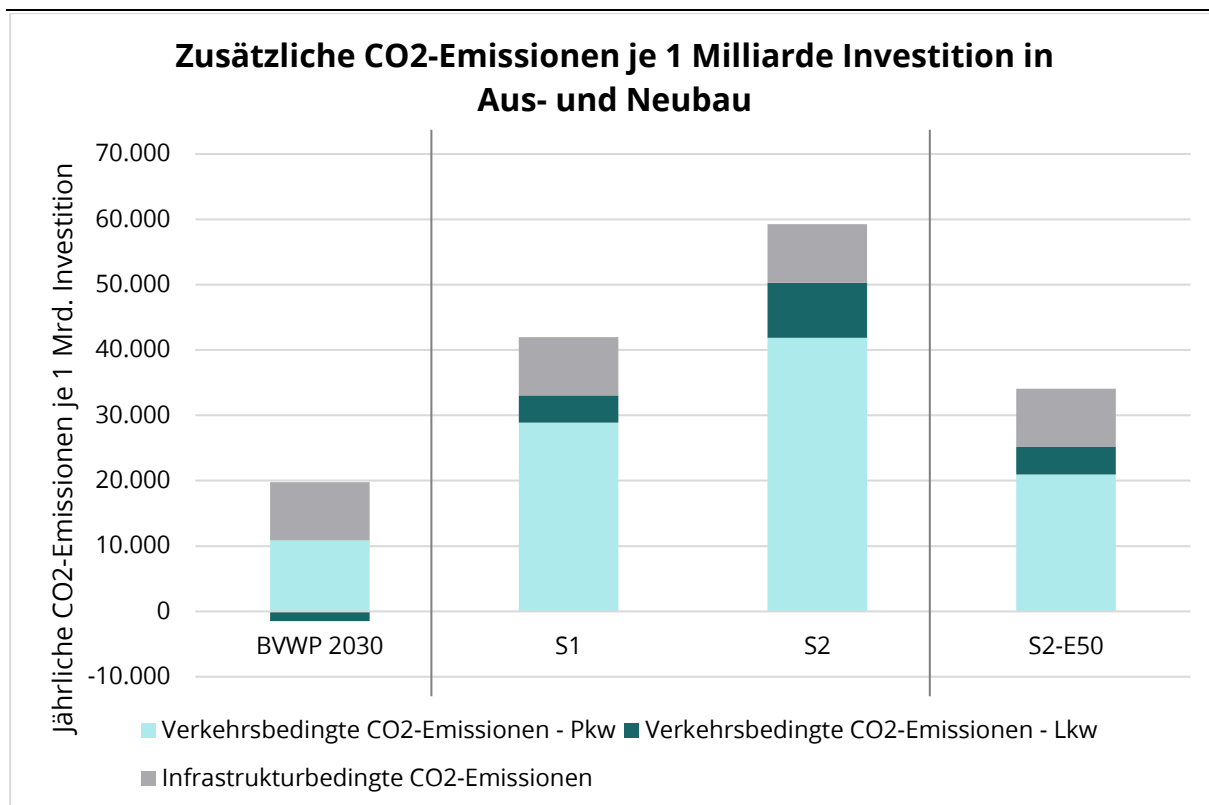


Abbildung 19: Durchschnittliche verkehrs- und infrastrukturbedingte CO₂-Emissionen pro Jahr durch Investitionen in Aus- und Neubauprojekte

Die ausgewiesenen Kennwerte für die zusätzlichen CO₂-Emissionen je 1 Mrd. Euro Investition stellen Durchschnittswerte aller BVWP-Projekte dar. Die Werte für spezifische Projekte können sich mitunter deutlich unterscheiden. Eine projektspezifische Betrachtung für Fernstraßenprojekte in Hessen in Abschnitt 8.1 gibt Aufschluss hierüber.

7.2 Gesamtwirtschaftliche Folgekosten

Durch den Ausstoß der CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus der Straßennutzung entstehen gesamtwirtschaftliche Folgekosten. Diese sollen an dieser Stelle quantifiziert werden, wobei die ermittelten CO₂-Emissionen von Szenario S2 angesetzt werden.

Die Methodenkonvention 3.2 des UBA empfiehlt, für einen CO₂-Ausstoß im Jahr 2030 Schadenskosten in Höhe von 940 € je Tonne anzusetzen. Bis zum Ausstoßjahr 2050 steigen diese Kosten bis auf 1080 € je Tonne.

Da die Höhe des Ausstoßes maßgeblich von der Entwicklung der Antriebswende abhängig ist, werden hier zwei verschiedene Antriebswende-Varianten berechnet:

- Variante A: lineare Entwicklung zu 100 % CO₂-emissionsfreien Antrieben bis 2045
- Variante B: lineare Entwicklung zu 100 % CO₂-emissionsfreien Antrieben bis 2070

2045 entspricht dabei dem Zieljahr der Klimaneutralität in Deutschland. In 2070 ist die bilanzielle Nutzungsdauer von Straßen von ca. 40 Jahren erreicht. Zur Vereinfachung wird für die Reduktion der infrastrukturbedingten THG-Emissionen eine parallele Entwicklung angenommen. Um die

obere und untere Grenze der Kosten zu ermitteln, werden die Varianten mit den Szenarien zu induziertem Verkehr kombiniert (zu S1-A und S2-B).

Für die entstehenden Kosten wird eine Diskontierung in Höhe von 1,7 %/a angesetzt, was der in der NKA des BVWP verwendeten Diskontierungsrate entspricht. Weiterhin werden die Werte ohne Diskontierung ausgewiesen. Die Kosten werden für eine bilanzielle Nutzungsdauer von 40 Jahren ermittelt. Als Basisjahr wird 2030 verwendet.

Wie in Abbildung 20 zu erkennen ist, entstehen hierbei gesamtwirtschaftliche Folgekosten in Höhe von bis zu 1 Mrd. € (ohne Diskontierung: 1,2 Mrd. €). Im Falle einer aus heutiger Sicht angestrebten vollständigen Dekarbonisierung des Straßenverkehrs bis 2045, würden weiterhin Kosten in Höhe von ca. 0,3 Mrd. € entstehen. Voraussetzung für beide denkbare Entwicklungen ist, dass die Dekarbonisierung des Straßenverkehrs konsequent vorangetrieben wird und bis 2045 bzw. 2070 erfolgt sein wird. Wird diese Dekarbonisierung nicht vorangetrieben, würden die Folgekosten deutlich steigen. Auch ist es dann denkbar, dass der Schadenskostenpreis deutlich steigen würde, da Schäden in Folge ausbleibender Klimaschutzerfolge zunehmen würden.

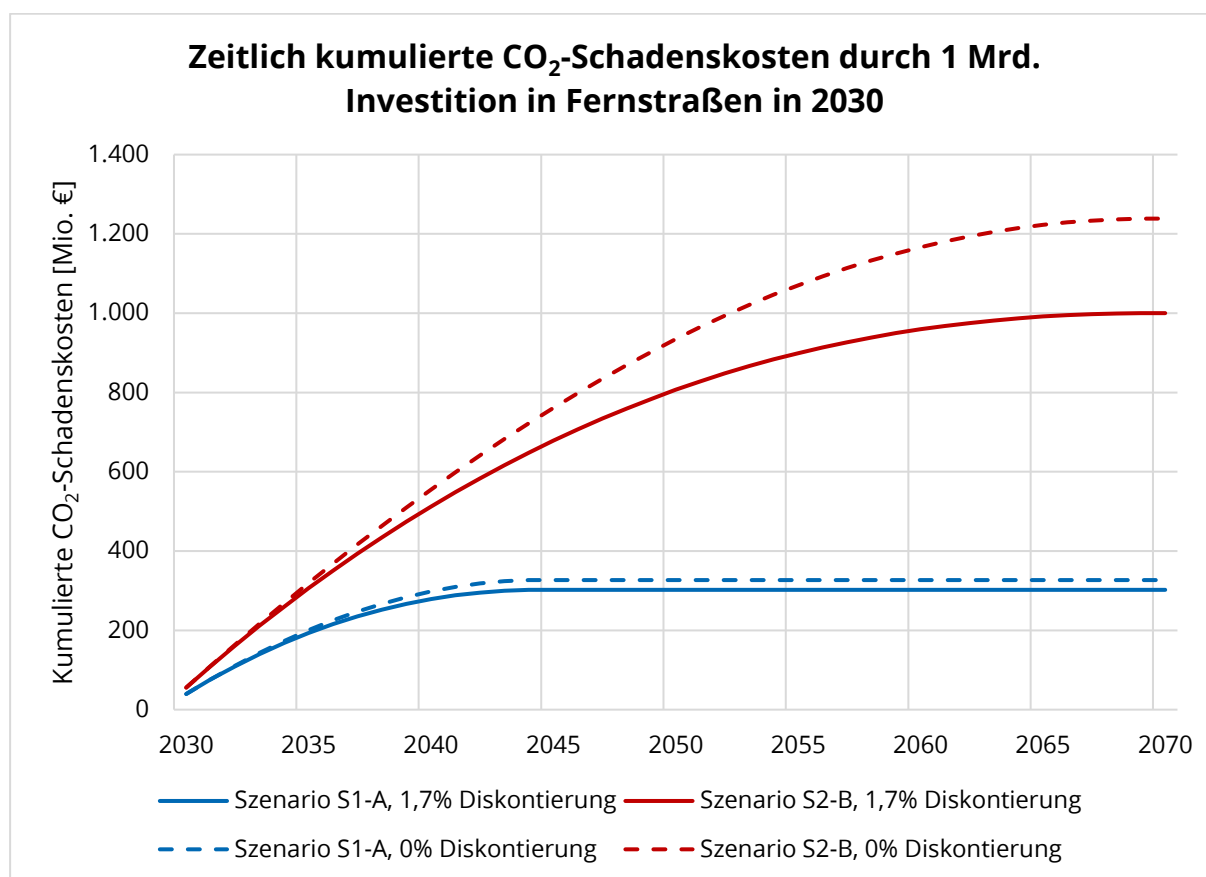


Abbildung 20: Zeitliche Entwicklung der kumulierten CO₂-Schadenskosten in Folge der Investition 1 Mrd. € in Fernstraßen im Jahr 2030

Der BVWP berechnet die CO₂-Schadenskosten und stellt sie im Rahmen der NKA anderen gesamtwirtschaftlichen Nutzen und Kosten gegenüber. Entsprechend haben höhere CO₂-Schadenskosten Auswirkungen auf die Nutzen-Kosten-Verhältnisse. Auf eine Analyse dieser wird hier allerdings verzichtet. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass die Höhe der CO₂-Schadenskosten

Verkehrs- und infrastrukturbedingte THG-Emissionen durch den Aus- und Neubau von Fernstraßen

im Sinne einer ganzheitlichen Abwägung im Kontext der weiteren quantifizierten als auch nicht quantifizierten Wirkungen interpretiert werden sollte.²⁴

²⁴ Für eine Analyse entsprechender Wirkungen auf die NKV siehe Hartl et al. (2025).

8 THG-Emissionen hessischer Fernstraßenprojekte und Ableitung von Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel wird dargestellt, welche zusätzlichen THG-Emissionen durch die Umsetzung der hessischen BVWP-Projekte zu erwarten sind. Ausgehend hiervon werden dann Handlungsempfehlungen abgeleitet.

8.1 THG-Emissionen geplanter Fernstraßenprojekte in Hessen

Um die Unterschiede zwischen Projekten einschätzen und auch den Handlungsbedarf bei der Planung konkreter Projekte im Land ableiten zu können, werden nun die spezifisch hessischen Projekte analysiert.

Der BVWP 2030 enthält insgesamt 122 bewertete Straßen-Projekte in Hessen, die 84 Hauptprojekte zuzuordnen sind. Insgesamt umfassen diese Projekte ein Investitionsvolumen von etwa 6,4 Mrd. Euro und eine Streckenlänge von 887 Kilometern (siehe Tabelle 24).²⁵

Tabelle 24: Übersicht über die hessischen BVWP 2030-Straßen-Projekte

Ausbau-ziel	Straßenkategorie	Dringlichkeit	Anzahl Projekte	Investitions-volumen (Stand: 2012) [Mio. €]	Länge [km]
BAB	Neubau	VB	-	-	-
		WB(*)	-	-	-
	Ausbau (inkl. Knotenpunkte)	VB(-E)	21	2162	243
		WB(*)	23	2050	313
BStr	Neubau	VB	37	981	167
		WB(*)	32	1094	130
	Ausbau	VB	7	92	28
		WB(*)	2	46	7
Gesamt			122	6425	887

Eigene Darstellung auf Basis von Daten des PRINS; Abkürzungen: VB(-E) = Vordringlicher Bedarf mit und ohne Engpassbeseitigung; WB(*) = Weiterer Bedarf mit und ohne Planungsrecht; Anmerkung: Als Investitionsvolumen werden die bewertungsrelevanten Aus- und Neubaukosten inkl. Planungskosten (Preisstand 2012) angegeben

BAB-Ausbauprojekte (inkl. Knotenpunktprojekten) stellen sowohl in Bezug auf die Länge als auch die Investitionsvolumen die deutlich größte Gruppe dar. Unter den Ausbauprojekten sind u.a. Abschnitte der A3, A4, A5, A44 und A45 vertreten. Sie dienen dazu, zusätzliche Kapazitäten für Fern- bzw. Transitverkehre durch Hessen bzw. mit Ziel in Hessen zu schaffen. In Abbildung 21 ist zu erkennen, dass vor allem Autobahnen in der Metropolregion Rhein-Main, die u.a. Frankfurt a.

²⁵ Nicht aufgeführt sind „Fest disponierte“ und „im Bau befindliche“ Projekte, welche der BVWP 2030 vom Vorgängerplan BVWP 2003 übernahm. Diese Projekte wurden nicht neu bewertet.

M., Offenbach, Wiesbaden, Darmstadt und Mainz einschließt, sowie in deren Umfeld ausgebaut werden sollen. BAB-Neubauprojekte sind abseits der bereits fest disponierten Projekte (z. B. A49 AS Schwalmstadt – AS Neuental, A44 AD Kassel – AD Wommen) nicht vorhanden. Einen relevanten Anteil an allen Projekten nehmen auch BStr-Neubauprojekte ein. Bei diesen handelt es sich größtenteils um Ortsumfahrungen.

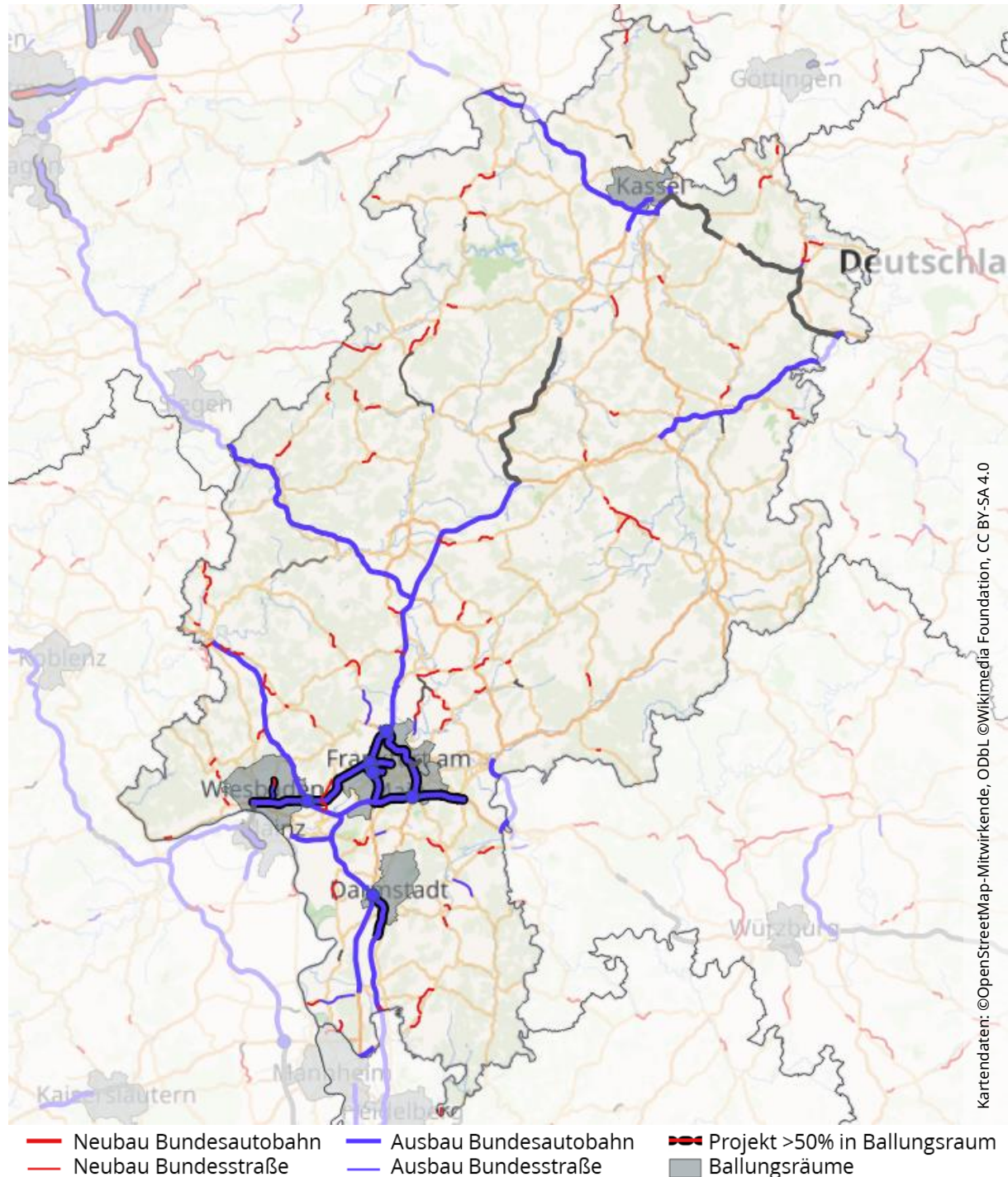


Abbildung 21: Karte der BVWP 2030-Straßen-Projekte in Hessen
Eigene Darstellung auf Basis der in [PRINS](#) hinterlegten Streckenverläufe der Projekte;
Hintergrundkartendaten von OpenStreetMap-Mitwirkenden unter der [Open Database License \(ODbL\)](#) und Wikimedia Foundation, lizenziert unter [CC BY-SA 4.0](#).

Für alle Projekte wurden die jeweils entstehenden THG-Emissionen für die im vorherigen Kapitel beschriebenen Szenarien ermittelt und gegenübergestellt. Da die Umsetzung der einzelnen Projekte in relativ kurzer Zeit möglich erscheint, werden die Ergebnisse anhand von Szenario S2 dargestellt. Somit wird die obere Grenze der Abschätzungen für THG-Emissionen im Referenzjahr 2030 genutzt.

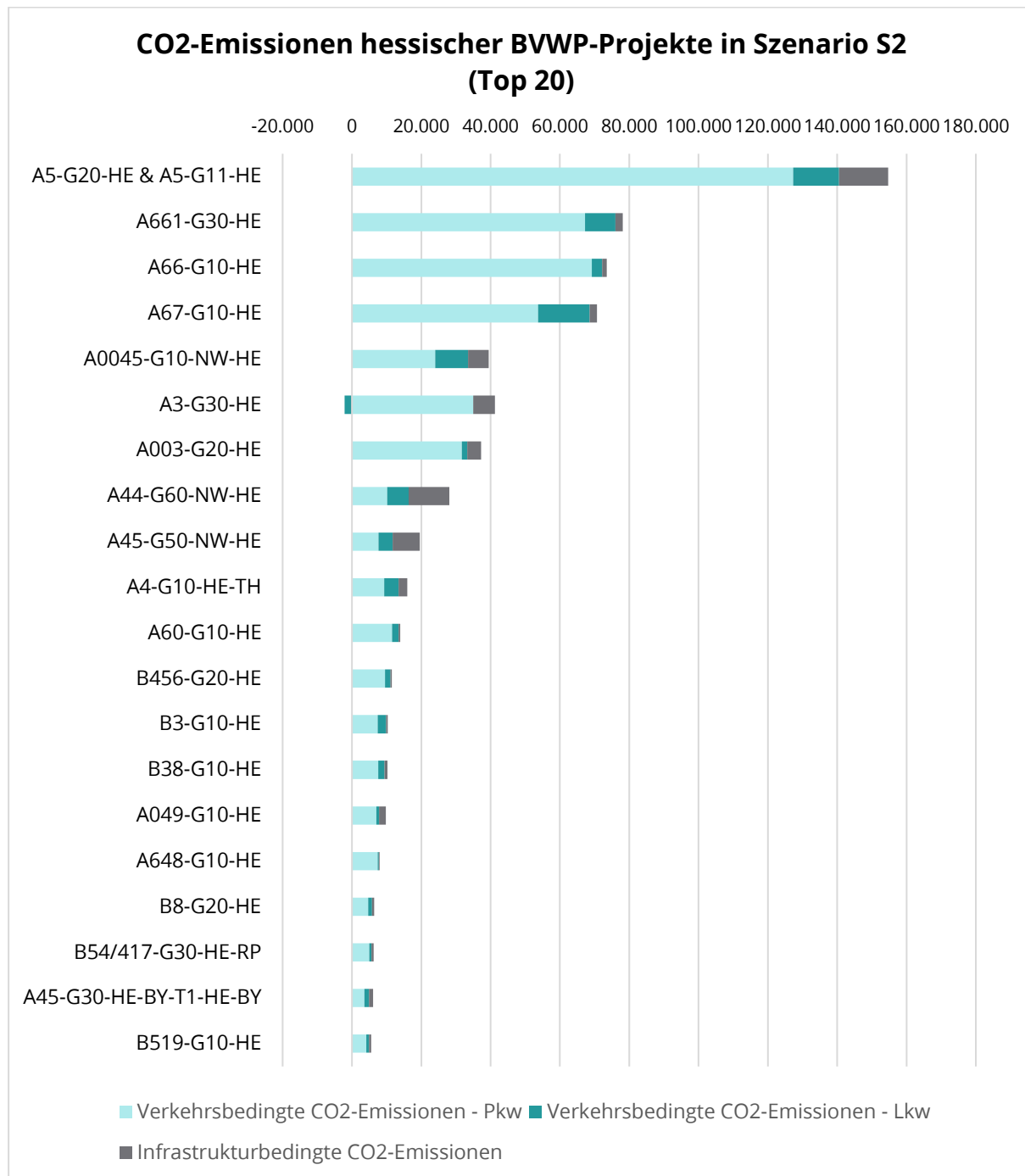


Abbildung 22: Abschätzung der jährlichen CO₂-Emissionen hessischer BVWP-Projekte

Die Umsetzung aller hessischen Projekte führt entsprechend des Szenarios S2 zu zusätzlich 744.000 t CO₂ pro Jahr. Abbildung 22 stellt die 20 hessischen BVWP-Projekte mit den höchsten

Emissionsbeiträgen dar.²⁶ Kumuliert tragen die ersten zehn der 84 ausgewerteten Hauptprojekte 75 % und die folgenden zehn Projekte weitere 10 % zur Gesamtsumme der maximal erwartbaren Emissionen bei.

Die deutlichen Unterschiede zwischen den Projekten liegen sowohl in den unterschiedlichen Projektgrößen als auch im projektspezifischen Ausmaß des induzierten Straßenverkehrs begründet. So erfordert die Umsetzung des sich insgesamt über eine Länge von 178 km erstreckenden Ausbauprojekts A5-G20-HE eine Investition von 1,3 Mrd. Euro²⁷ und führt zu THG-Emissionen von 155.000 t pro Jahr. Das fünfmal kleinere Ausbau-Projekt A66-G10-HE erstreckt sich über 36,5 km und erfordert eine Investition von 0,12 Mrd. Euro. Aufgrund seiner zentralen Lage im hochbelasteten Ballungsraum Frankfurt sind jedoch CO₂-Emissionen von mehr als 78.000 t pro Jahr zu erwarten.

Insgesamt befinden sich unter den abgebildeten Projekten hauptsächlich BAB-Ausbauprojekte in der Metropolregion Rhein-Main um Frankfurt. Auch der überwiegende Teil der Projekte zum Neubau von Bundesstraßen (B3, B38, B519) sowie das einzige Bundesstraßen-Ausbauprojekt (B456) befinden sich in der Metropolregion. Diese Projekte führen generell zu hohen Reisezeiteinsparungen und damit zu induziertem Straßenverkehr in hohem Umfang.

Wie bereits in Abschnitt 5.2 diskutiert, wurden alle THG-Emissionen zunächst für das Referenzjahr 2030 ermittelt. Wenn sich die THG-Emissionen durch Erfolge im Klimaschutz auf technischer Seite reduzieren, sind geringere Emissionen zu erwarten.

Es ist darauf hinzuweisen, dass an dieser Stelle ausschließlich THG-Emissionen betrachtet werden, während andere Ziele einer Verkehrswege- und Mobilitätsplanung ausgeblendet werden. In die Entscheidung für oder gegen einzelne Fernstraßenvorhaben sowie für oder gegen die Priorisierung der Vorhaben sollten jedoch auch andere Ziele in Bezug auf räumliche Erreichbarkeiten, Lärm, Naturschutz oder Verkehrssicherheit einbezogen werden. Die Untersuchung zeigt jedoch auf, für welche Projekte aus Sicht des Klimaschutzes verstärkt Handlungsalternativen abseits des Ausbaus von Straßen geprüft werden sollten. Dies wird nachfolgend bei der Formulierung von Handlungsempfehlungen berücksichtigt.

8.2 Handlungsempfehlungen für das Land Hessen

8.2.1 Nachfragemanagement als effiziente Alternative zum Aus- und Neubau

Kapazitätsengpässe auf Fernstraßen entstehen dann, wenn die Verkehrsnachfrage über die Zeit zunimmt. Anstatt beim Verkehrsinfrastrukturangebot anzusetzen und die Kapazitäten zu erweitern, ist zu empfehlen, auch Maßnahmen des Nachfragemanagements zu berücksichtigen. Verschiedene Szenariostudien zeigen, wie Verkehr von Pkw und Lkw auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel verlagert oder aber Verkehr vermieden und gleichzeitig die Mobilität erhalten

²⁶ Sofern mehrere Teilprojekte vorhanden waren, wurden diese Ebene des jeweiligen Hauptprojekts zusammengefasst.

²⁷ Die Investitionsvolumen in diesem Bericht wurden aus den in PRINS ausgewiesenen Teilprojekten ermittelt. Dabei wurden aus methodischen Gründen als nicht-wirtschaftlich bewertete Teilprojekte nicht berücksichtigt. Dies kann zu Abweichungen der hier veröffentlichten Investitionssummen zu der im PRINS ausgewiesenen Höhe des Investitionsvolumens des Hauptprojekts führt.

werden kann (z. B. Kreye et al., 2024; Lobig et al., 2016; Müller & Reutter, 2022; Prognos AG et al., 2021). Demnach sind Push-Maßnahmen wie z. B. die Erhöhung von Energiesteuern, Erhebung von Straßennutzungsgebühren oder – speziell im städtischen Bereich – das Parkraummanagement essentiell, um die Straßenverkehrsnachfrage zu dämpfen. Auch kann durch allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzungen der Verkehrsfluss erhöht und die Straßenkapazitäten effizienter genutzt werden (Schmaus et al., 2023), zusätzlich zu Gewinnen an Verkehrssicherheit. Sie sollten mit Pull-Maßnahmen kombiniert werden. Hierbei sind das Angebot attraktiver Nah-, Regional- und Fernverkehre im ÖV sowie der Ausbau der notwendigen Schienenkapazitäten (inkl. der für den Güterverkehr) zu nennen. Auf diese Weise würden die Voraussetzungen für die Verkehrsverlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel geschaffen. Bei der Gestaltung entsprechender Maßnahmen sind im Sinne der sozialen Gerechtigkeit und auch der Akzeptanz von Maßnahmen die Verteilungswirkungen zwischen verschiedenen Bevölkerungsgruppen zu berücksichtigen. Insbesondere sollten entsprechende Maßnahmen nicht dazu führen, dass einkommensschwache Haushalte in ihrer Mobilität eingeschränkt werden (siehe hierzu auch die Studie zu sozialgerechter Klimapolitik und Mobilitätsarmut im Land Hessen: Stark et al., 2025). Begleitende Maßnahmen zum Ausgleich von Belastungssprüngen, insb. für einkommensschwache Haushalte, sind daher vorzusehen.

Daher sollten vorgelagert zur Entscheidung, Straßen auszubauen, Maßnahmen des Nachfragemanagements auf bundesdeutscher Ebene umgesetzt werden. Denn so kann der Bedarf an neuer bzw. erweiterter Straßeninfrastruktur gesenkt werden, was mit geringeren Kosten und Schäden für Umwelt und Klima einhergeht. Wie die Berücksichtigung dieser Maßnahmen in die Planungsverfahren auf Bundesebene integriert werden kann, wird in Abschnitt 8.2.4 näher beschrieben.

Die Umsetzung der Maßnahmen des Nachfragemanagements liegt nur zum Teil in der Kompetenz des Landes Hessen. Vor allem die Verkehrsbepreisung durch Gebühren und Steuern ist Aufgabe des Bundes. Das Land Hessen kann sich aber für entsprechende Maßnahmen einsetzen und die Einführung unterstützen. Gleiches gilt für den Ausbau der Bundesschienenwege. Handlungsspielräume bestehen jedoch beim Ausbau des ÖV-Angebots, der Schieneninfrastruktur des Landes sowie dem Parkraummanagement, welches durch die Kommunen umzusetzen ist. Das Land kann Kommunen hierbei durch die Rahmensetzung unterstützen.

8.2.2 Prüfung von Alternativen für Fernstraßenprojekte, insbesondere in Ballungsräumen

Zur Lösung verkehrlicher Probleme sind in der Regel verschiedene Maßnahmen denkbar. Das heißt, es bestehen Alternativen zum reinen Aus- oder Neubau von Straßen. Diese unterscheiden sich je nach Art der vorliegenden Probleme (Hartl et al., 2025).

Die hessischen Fernstraßenprojekte mit dem höchsten CO₂-Ausstoß sind zum Großteil in der Metropolregion Rhein-Main verortet. Für entsprechende Projekte in Ballungsräumen liegen häufig besondere Problemlagen vor. So werden die Fernstraßen in einem relevanten Umfang von regionalen Verkehren auf eher kurzen Wegen (z. B. Pendlerverkehren) genutzt. Die betroffenen Kommunen selbst zielen auf eine Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund und eine insgesamt nachhaltigere Verkehrsentwicklung.

Die durch den Kapazitätsausbau der Fernstraßen induzierten Verkehre würden dazu führen, dass die nachgeordneten Straßennetze in den Städten an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen oder überlastet werden. Aufgrund begrenzter Flächen ist ein Kapazitätsausbau hier weder leicht möglich noch sinnvoll, da die Flächen für andere Nutzungen, wie zum Beispiel Grünflächen oder Wohnraum, dringend benötigt werden. Gleichmaßen würde dies die Ziele der Städte, Verkehr auf den Umweltverbund zu verlagern (Gerlach et al., 2025) und so zu einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung beizutragen, konterkarieren. Dieses Phänomen wird auch als „Schnittstellenproblematik“ bezeichnet (Schweizerischer Bundesrat, 2020).²⁸

Es sollte in Ballungsräumen daher stets ein verbessertes Angebot des ÖV und Radverkehrs sowie zusätzliche lokale Maßnahmen des Nachfragemanagements (z. B. Parkraummanagement, Mobilitätsmanagement) als Alternative zum Ausbau von Autobahnen geprüft und möglichst auch umgesetzt werden (Schweizerischer Bundesrat, 2020). Diese Maßnahmen können sowohl positive Wirkungen für eine nachhaltige Mobilität in den Städten entfalten als auch Autobahnen entlasten (Moeckel et al., 2022). Um die Potenziale der Maßnahmen zu erkennen und zu nutzen, sollte die Planung räumlich integriert in der (verkehrlich relevanten) Region erfolgen. Unter anderem sollte dabei auch untersucht werden, inwieweit die regionalen Straßennetze und z. B. Autobahnanschlussstellen optimiert werden können, um sowohl regionale als auch Fernverkehre abzuwickeln.

Mit Fokus auf die Autobahnen selbst sollten auch Maßnahmen wie abschnittsweise Geschwindigkeitsbegrenzungen, temporäre Seitenstreifenfreigaben und andere Möglichkeiten der Verkehrsbeeinflussung geprüft werden. Diese ermöglichen es, bestehende Kapazitäten effizient auszunutzen statt weiter auszubauen.

In Österreich wurde für den sogenannten Lobau-Tunnel in Wien eine beispielgebende Alternativenprüfung durchgeführt (Margelik et al., 2025). Im Rahmen der Strategische Prüfung Verkehr²⁹ wurden verkehrsträgerübergreifende Alternativen zum Neubau der Straßenverbindung entwickelt und geprüft. Auf dieser Grundlage wurde letztendlich empfohlen, das ÖV-Angebot auszuweiten anstatt das Schnellstraßennetz zu erweitern.

Das Land Hessen hat bei der Alternativenprüfung für einzelne Projekte – je nachdem, ob ein Projekt bereits in das Bundesfernstraßenausbaugesetz aufgenommen wurde - unterschiedliche Kompetenzen. Für die Planung der bereits ins Bundesfernstraßenausbaugesetz aufgenommenem Autobahn-Projekte ist die Autobahn GmbH zuständig. Hessen könnte hierbei proaktiv Vorschläge für Alternativen entwickeln und in die Diskussion einbringen.

Bei zukünftigen Projektanmeldungen hat das Land selbst mehr Entscheidungsspielraum. Diese sollten dann auf Basis einer integrierten Landesverkehrssystemplanung, die besonderes Augenmerk auf verkehrsträgerübergreifende und die Schnittstellenproblematik berücksichtigende Lösungen für Ballungsräume legt, entwickelt und priorisiert werden.

²⁸ Für eine prägnante Zusammenfassung des zitierten Berichts siehe den Beitrag im Blog [Zukunft-Mobilität](#).

²⁹ Die strategische Prüfung Verkehr stellt die österreichische Umsetzung der EU-Richtlinie zur Durchführung einer strategischen Umweltprüfung (SUP) dar.

8.2.3 Infrastrukturbedingte Emissionen bilanzieren und Straßeninfrastruktur nicht überdimensionieren

Die CO₂-Emissionen durch Bau und Material hängen über die Frage hinaus, *ob* die Infrastruktur gebaut werden soll, auch von der konkreten Ausgestaltung der Infrastruktur ab. So sind mehr Fahrstreifen oder eine auf höhere Belastungen ausgelegte Bauweise mit höheren CO₂-Emissionen verbunden. Entsprechend ist es wichtig, die CO₂-Emissionen verschiedener Varianten zunächst zu bilanzieren und, soweit möglich, klimafreundlichere Materialien einzusetzen.

Hessen könnte ggf. in Zusammenarbeit mit dem Bund ein Tool zur Bilanzierung der CO₂-Emissionen im Lebenszyklus der Infrastruktur entwickeln und Planungsträgern zur Verfügung stellen³⁰. Dieses Tool erlaubt es auch, in der Planungsphase Varianten zu prüfen und Einsparpotenziale zu identifizieren.

8.2.4 Unterstützung einer neuen Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung

Jede neue oder ausgebauten Fernstraße führt zu zusätzlichen CO₂-Emissionen. Die Frage, *ob* eine Fernstraße geplant und gebaut werden soll, ist somit ein kritischer Entscheidungspunkt. Dabei sind neben der Minimierung der CO₂-Emissionen auch weitere planerische Ziele (z. B. räumliche Erreichbarkeiten, Lärm, Naturschutz oder Verkehrssicherheit) zu berücksichtigen und abzuwägen. Das Erreichen der Klimaschutzziele selbst erfordert eine Kombination verkehrlicher Maßnahmen, insbesondere wirksame Push-Maßnahmen (Kreye et al., 2024). Voraussetzung für die Berücksichtigung der verschiedenen Ziele und verschiedenartiger Maßnahmen ist es, dass die Planungsverfahren und Bewertungsmethoden verschiedene Handlungsalternativen entwickeln, untersuchen und die Wirkungen verlässlich ermitteln. Als Entscheidungsgrundlage müssen diese Informationen Entscheidungsträgern zu den richtigen Zeitpunkten in sachgerechter und praktikabler Weise zur Verfügung stehen.

Die aktuelle Bundesverkehrswegeplanung betrachtet jedoch ausschließlich Infrastrukturmaßnahmen und vernachlässigt andere Lösungsansätze. Dabei wird jeweils alle 10 bis 15 Jahre über die weitere Umsetzung von über 1000 Projekten diskutiert, was eine sachgerechte Diskussion erschwert und mitunter dazu führt, dass Planungsannahmen innerhalb des Zeitraums veralten – ohne in adäquater Weise überprüft und angepasst zu werden (Hartl et al., 2025).

Angesichts dieser Defizite wird ein Übergang zu einer integrierten Planung empfohlen, die abgestufte Entscheidungen ermöglicht (z. B. Beckmann et al., 2012; Hartl et al., 2025; Werner, 2023). Ein solcher, mittlerweile unter dem Begriff *Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung (BVMP)* diskutierter Ansatz, entwickelt zunächst eine Verkehrssystemstrategie für Deutschland. Auf Grundlage von verkehrspolitischen Zielen sollen hierfür Handlungsalternativen, welche die gesamte Bandbreite relevanter verkehrspolitischer Maßnahmen (z. B. Angebot des ÖV, Preise im ÖV, Verkehrsbepreisung, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Mobilitätsmanagement) umfassen, untersucht werden und letztendlich eine integrierte Strategie entwickelt werden. Entsprechende Ansätze werden bereits in der Schweiz mit dem „Sachplan Verkehr“ (Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2021) inkl. der „Verkehrsperspektiven“ als Szenarien der Entwicklung des

³⁰ Siehe LCA Tool der österreichischen ASFINAG et al. (2023)

Verkehrssektors (Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2022) und in Österreich mit dem „Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich“ (Bundesministerium für Klimaschutz Österreich, 2021) erfolgreich angewandt.

Ausgehend von einer solchen Verkehrssystemstrategie können die Infrastrukturen geplant und mit Hilfe zielorientierter Investitionsprogramme (z. B. zur Beseitigung verkehrlicher Probleme in Ballungsräumen) gestaltet werden. Die Entwicklung konkreter Infrastrukturprojekte sollte dann die bereits angesprochene Alternativenprüfung beinhalten. Für die angesprochenen besonders kritischen Ballungsraumprojekte empfiehlt sich eine Orientierung an den Schweizer Agglomerationsprogrammen (Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2023), welche ein spezifisches Investitionsprogramm für diese Problemlagen darstellen und eine integrierte Planung verkehrlicher Maßnahmen in Ballungsräumen erlauben und befördern.

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Studie verdeutlichen, besteht darüber hinaus ein Weiterentwicklungsbedarf der Methodik des BVWP 2030, um induzierten Verkehr besser zu berücksichtigen. Neben der Aufgabe, diesen zu adressieren, verdeutlicht dies die Notwendigkeit einer unabhängigen Qualitätssicherung der Methoden und Kontrollrechnungen für die Ergebnisse (siehe hierzu auch die Empfehlungen in Nagel et al., 2010).

Die Verfahren der Bundesverkehrswegeplanung liegen in der Kompetenz des Bundes. Die Länder sind aber zwangsläufig von den Ergebnissen betroffen und können sich in die Diskussion einbringen. In der Vergangenheit hat das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg z. B. ein Klimaschutzszenario auf Basis der BVWP-Modelle (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2017) entwickelt und ein Forschungsprojekt zur Weiterentwicklung der BVWP-Methodik durchgeführt (Friedrich et al., 2022). Auf diese Weise kann das Land Handlungsoptionen für eine künftige Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung aufzeigen.

9 Zusammenfassung

Der Aus- und Neubau von Autobahnen oder Bundesstraßen verursacht durch induzierten Straßenverkehr sowie den Bau, Unterhalt und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur relevante Mengen zusätzlicher CO₂-Emissionen. Laut den Analysen dieser Studie **werden die CO₂-Emissionen aller geplanten Straßenprojekte im BVWP 2030 um das bis zu dreifache unterschätzt**.³¹ Der BVWP unterschätzt die Emissionen in erster Linie, weil seine Methodik induzierten Straßenverkehr nur sehr unvollständig berücksichtigt.

Eine hypothetische Umsetzung aller BVWP-Projekte bis ins Jahr 2030 würde zu bis zu 6,3 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen zusätzlich führen. Das entspricht 4,3 % der aktuellen THG-Emissionen des deutschen Verkehrssektors (Stand: 2023). Da eine Umsetzung aller Projekte realistischerweise jedoch erst deutlich später abgeschlossen wäre und schrittweise erfolgt, bietet es sich an, die Zusatzemissionen im Verhältnis zu den Investitionsvolumina anzugeben. Demnach führt eine **Investition von einer Milliarde Euro in durchschnittliche Fernstraßen-Projekte zu bis zu 60.000 Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr** zusätzlich. **Über einen 40-jährigen Lebenszyklus kumulieren sich die hierdurch entstehenden gesamtwirtschaftlichen Kosten auf 0,4 bis 1,0 Milliarden €, was entsprechend 40 % bis 100 % der Investitionskosten entspricht.**

Induzierter Straßenverkehr und höhere Fahrtgeschwindigkeiten sind die Hauptverursacher der Mehremissionen und tragen über 85 % zu diesen bei. Der Rest stammt aus CO₂-Emissionen aus der Herstellung der Baumaterialien (z. B. Asphalt, Beton, Stahl) sowie dem Bau, Betrieb und Unterhalt der Straßen. Die Beeinträchtigung von THG-Speichern und -Senken durch Versiegelung wurde in dieser Studie aufgrund ihrer nachrangigen Bedeutung nicht berücksichtigt.

Die Einsparungen von CO₂-Emissionen durch Verkehrsverflüssigung oder kürzere Routen werden **bei nahezu allen Projekten durch die Steigerung der Verbräuche infolge höherer Fahrtgeschwindigkeiten und induzierten Straßenverkehr überkompensiert.**

Die Umsetzung aller hessischer Straßenprojekte würde insgesamt zu bis zu 0,74 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr und davon 0,66 Millionen Tonnen CO₂ alleine im Verkehrssektor führen, was ca. 5,4 % der gesamten CO₂-Emissionen des Verkehrssektors in Hessen entspricht.³² Die von einzelnen Projekten verursachten CO₂-Emissionen unterscheiden sich dabei – nicht nur aufgrund der unterschiedlichen Projektgrößen – stark. So tragen zehn der 84 ausgewerteten Hauptprojekte zu 75 % der gesamten CO₂-Emissionen bei. **Die Projekte mit den höchsten Emissionen liegen vor allem in der Metropolregion Rhein-Main.** Sie dienen i.d.R. der Beseitigung von bestehenden oder prognostizierten Engpässen. Diese Engpassbeseitigung führt zu hohen Reisezeitgewinnen und induziert dadurch viel zusätzlichen Straßenverkehr.

Werden die Fahrzeugflotten zunehmend elektrifiziert und der Anteil regenerativen Stroms erhöht, nehmen die Zusatzemissionen sukzessive ab. Das setzt allerdings voraus, dass der Weg der Dekarbonisierung konsequent verfolgt wird. In jedem Fall wird aber das Erreichen der

³¹ Für das Bilanzierungsjahr 2030.

³² Entsprechend der Treibhausgasbilanz für das Land Hessen betrugen die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors in 2022 12,3 Mio. t (Walsdorfer & Dubois, 2024); zu beachten ist, dass die zusätzlichen CO₂-Emissionen durch BVWP-Projekte auch außerhalb Hessens entstehen können, da das BVWP-Modell das gesamte Straßennetz Deutschlands betrachtet

Klimaschutzziele für den Verkehrssektor durch die steigenden Fahrleistungen weiter erschwert. Die CO₂-Emissionen würden zunächst steigen und der Bedarf nach regenerativem Strom zunehmen. Darüber hinaus sind auch verkehrliche Folgen zu erwarten:

- Mehr induzierter Verkehr als in der BVWP-Bewertung angenommen führt dazu, dass die Erwartungen zur Verflüssigung des Verkehrs und Staubeseitigung nicht in jedem Fall erfüllt werden.
- Eine Attraktivierung der Straßennetze konterkariert insbesondere in Ballungsräumen die Bemühungen für eine Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund. Zudem sind die bestehenden Straßenkapazitäten im nachgeordneten Netz nicht ausreichend, um die durch die Bundesfernstraßen erzeugten Verkehre aufzunehmen. Aufgrund begrenzter Flächen in Ballungsräumen, stellt ein weiterer Ausbau hier häufig keine Option dar.
- Der Ausbau der Straßennetze verändert die Raumstrukturen und führt dazu, dass die Entfernungen zwischen relevanten Aktivitätsorten zunehmen. Die Autoabhängigkeit wird – auch für Menschen ohne eigenen Zugang zu Pkw – erhöht.

Ausgehend von diesen Analysen können die folgenden Handlungsempfehlungen für das Land Hessen formuliert werden:

- **Nachfragemanagement als effiziente Alternative zum Aus- und Neubau:** Um das Wachstum der Verkehrsnachfrage zu dämpfen, sollte das Land Hessen selbst Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und Verlagerung umsetzen bzw. fördern (z. B. Ausbau des ÖV-Angebots, Parkraummanagement) und entsprechende Maßnahmen in der Kompetenz des Bundes unterstützen (z. B. Straßennutzungsgebühren). Hierdurch können bestehende Infrastrukturen effizienter genutzt werden.
- **Prüfung von Alternativen für konkrete Fernstraßenprojekte in Ballungsräumen:** Für Infrastrukturprojekte sollten Alternativen sorgfältig identifiziert und überprüft werden. Insbesondere bei Projekten in Ballungsräumen sind integrierte Verkehrskonzepte mit Einbezug des ÖV und des Radverkehrs zu empfehlen.
- **Infrastrukturbedingte THG-Emissionen bilanzieren und eine klimafreundliche Dimensionierung, Materialauswahl und Bauart priorisieren:** Um die THG-Emissionen durch Bau, Betrieb und Unterhalt der Straßen zu minimieren, sollten die entsprechenden THG-Emissionen in der Planungsphase frühzeitig bilanziert und in die Planungen einbezogen werden. Dies ist auch für die Planung von Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen zu empfehlen. Das Land kann dies durch die Bereitstellung eines Bilanzierungstools unterstützen.
- **Unterstützung einer künftigen Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung:** Eine zukünftige integrierte Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung sollte auch Alternativen abseits des Aus- und Neubaus von Straßen systematisch in die Planung, Bewertung und Finanzierung einbeziehen. Das Land Hessen kann sich aktiv an der Entwicklung entsprechender Verfahren und Methoden beteiligen.

Literaturverzeichnis

- ASFiNAG, öbv, VCE, & Umweltbundesamt Österreich. (2023). *LCCO2-Tool V2.0*.
https://www.asfinag.net/media/spxdmxag/lcco2-tool_v20.zip
- Axhausen, K. W., & Fröhlich, P. (2012). *Übersicht zu Stated Preference-Studien in der Schweiz und Abschätzung von Gesamtelastizitäten: Statusbericht 2012* [Report]. ETH Zurich.
<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000046605>
- Beckmann, K. J., Klein-Hitpass, A., & Rothengatter, W. (2012). *Grundkonzeption einer nachhaltigen Bundesverkehrswegeplanung* (No. 47/2012; UBA-Texte).
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4318.pdf>
- Bigazzi, A. Y., & Figliozzi, M. A. (2013). Role of Heavy-Duty Freight Vehicles in Reducing Emissions on Congested Freeways with Elastic Travel Demand Functions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2340(1), 84–94.
<https://doi.org/10.3141/2340-10>
- BMDV. (2023). *Allgemeines Rundschreiben -Straßenbau Nr. 03/2023 Sachgebiet 12.0: Umweltschutz; -Allgemeines*. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/ars-aktuell/allgemeines-rundschreiben-strassenbau-2023-03.pdf?__blob=publicationFile
- BMDV. (2024a). *Bericht des BMDV: Übersicht der Gesamtmittelbedarfe für die Aus- und Neubauvorhaben der geltenden Bedarfspläne von Schiene, Straße und Wasserstraße, Stand Juli 2024 (Anlage zu BMF-Vorlage Nr. 250/2024)*.
- BMDV. (2024b). *Bericht zur Überprüfung der Bedarfspläne (BPÜ) für die Verkehrsträger Schiene, Straße und Wasserstraße*. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-bericht-bwpue.pdf?__blob=publicationFile
- BMDV & Fernstraßen-Bundesamt. (2024). *Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, Stand: 1. Januar 2024*. https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/laengenstatistik-2024.pdf?__blob=publicationFile
- BMVI. (2014). *Grundkonzeption für den Bundesverkehrswegeplan 2015 – bedarfsgerecht-transparent-herausfordernd*. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-2015-grundkonzeption-langfassung.html>
- BMVI. (2016a). *Bericht zur Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung des BVWP 2030*. BMVI.
http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/BVWP/finaler-bericht-behoerden-und-oeffentlichkeitsbeteiligung.pdf?__blob=publicationFile
- BMVI. (2016b). *Bundesverkehrswegeplan 2030*.
https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile
- Bucsky, P., & Juhász, M. (2022). Long-term evidence on induced traffic: A case study on the relationship between road traffic and capacity of Budapest bridges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 157, 244–257. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.01.018>
- BUND. (2023). *Klima- und naturverträgliche Infrastruktur für die Mobilitätswende—Wie eine zukunftsfähige Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplanung gelingen kann*.

- <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/klima-und-naturvertraegliche-infrastruktur-fuer-die-mobilitaetswende-wie-eine-zukunftsfaehige-bundesverkehrswege-und-mobilitaetsplanung-gelingen-kann/>
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE. (2021). *Mobilität und Raum 2050—Sachplan Verkehr, Teil Programm*. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/sachplaene-des-bundes/sachplan-verkehr-spv/sachplan-verkehr-spv--teil-programm.html>
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE. (2022). *Schweizerische Verkehrsperspektiven 2050—Schlussbericht*. <https://www.are.admin.ch/verkehrsperspektiven>
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE. (2023). *Programm Agglomerationsverkehr*. <https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/programme-und-projekte/agglomerationsprogramme-verkehr-und-siedlung.html>
- Bundesministerium für Klimaschutz Österreich. (2021). *Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich: Der neue Klimaschutz-Rahmen für den Verkehrssektor—Nachhaltig—Resilient—Digital*. <https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/mobilitaetsmasterplan/mmp2030.html>
- Bundesministerium für Klimaschutz Österreich. (2022). *Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Güterverkehrsentwicklung in Österreich bis 2040*. <https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/transport/gueterverkehr/publikationen/entkoppung-wirtschaftswachstum-gueterverkehrsentwicklung.html>
- BVU, Intraplan Consult GmbH, Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG, & Planco Consulting GmbH. (2014). *Verkehrsverflechtungsprognose 2030 Schlussbericht*. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehrsverflechtungsprognose-2030.html>
- Byett, A., Laird, J., Falconer, J., & Roberts, P. (2024). *Assessing induced road traffic demand in New Zealand*. <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/717/717-assessing-induced-road-traffic-demand-in-new-zealand.pdf>
- Cao, X. (Jason), Næss, P., & Wolday, F. (2019). Examining the effects of the built environment on auto ownership in two Norwegian urban regions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, 464–474. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.12.020>
- Cerwenka, P., & Hauger, G. (1996). Neuverkehr—Realität oder Phantom? *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 4, 286–326.
- Concas, S. (2012). Highway Capital Expenditures and Induced Vehicle Travel. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2062599>
- Davies, W. (2015). What Effect do Queensland's Major Road Infrastructure Projects have on Traffic Volumes and Growth Rates? *Australasian Transport Research Forum 2015 Proceedings 30 September - 2 October 2015*. <http://www.atrf.info/papers/index.aspx>
- DLR & DIW. (2024). *Verkehr in Zahlen 2024/2025*. <https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html>

- Duranton, G., & Turner, M. A. (2011). The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities. *American Economic Review*, 101(6), 2616–2652.
<https://doi.org/10.1257/aer.101.6.2616>
- FGSV (Hrsg.). (2009). *Richtlinien für integrierte Netzgestaltung* (Ausgabe 2008). FGSV Verlag.
<https://www.fgsv-verlag.de/rin>
- FGSV. (2013). *Richtlinien für die Anlage von Landstraßen—RAL* (G. Hartkopf, Hrsg.). FGSV-Verlag.
<https://www.fgsv-verlag.de/ral>
- FGSV. (2023). *Ad-hoc-Arbeitspapier zur Berücksichtigung von großräumigen Klimawirkungen bei Straßenbauvorhaben* (No. 2299; FGSV W 2). FGSV, Der Verlag. <https://www.fgsv-verlag.de/ap-klimaschutz-strasse>
- FGSV. (2024). *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen: RStO 12/24* (Ausgabe 2012/Fassung 2024). FGSV, Der Verlag. <https://www.fgsv-verlag.de/rsto-12-24>
- Fink, A. (2014). *Conducting research literature reviews – from the internet to paper* (4. Aufl.). SAGE Publications. http://primoprotex.slub-dresden.de/cgi-bin/permalink.pl?libero_mab216050035
- Follmer, R. (2025). *Mobilität in Deutschland – MiD Kurzbericht: Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Digitales und Verkehr (FE-Nr. VB600001)*.
https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2023_Kurzbericht.pdf
- Fox, J., & Daly, A. (2013). *Manchester Motorway Box: Post-Survey Research of Induced Traffic Effects - Model Estimation*. RAND.
https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/TR600/TR676/RAND_TR676.pdf
- Friedrich, M., Siefer, T., Vortisch, P., Walther, C., & Waßmuth, V. (2022). *Bericht—Diskussion BVWP-Verfahren: Weiterentwicklung der Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans (BVWP). Im Auftrag des VM Baden-Württemberg*.
- Friesendorf, C., & Uedelhoven, L. (2021). Macro-Environment of Mobility. In C. Friesendorf & L. Uedelhoven (Hrsg.), *Mobility in Germany: Digital Transformation, Megatrends and the Evolution of New Business Models* (S. 11–17). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-71849-7_2
- Fröhlich, P. (2003). Induced Traffic: Review of the explanatory models. *Arbeitsberichte Verkehrs-Und Raumplanung*, 176. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-004570594>
- García-López, M.-À., Gómez-Hernández, L. Y., & Sanchis-Guarner, R. (2024). Highway traffic in Britain: The effect of road capacity changes. *Working Papers*, Article 2024/15.
<https://ideas.repec.org/p/ieb/wpaper/doc2024-15.html>
- García-López, M.-À., Pasidis, I., & Viladecans-Marsal, E. (2020). *Congestion in Highways When Tolls and Railroads Matter: Evidence From European Cities* (SSRN Scholarly Paper No. 3785888).
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3785888>
- Gerlach, J., Hartl, R., Brand, R., Thorne, R., Sommer, B., & Weigand, B. (2025). *Indikatoren leicht gemacht: Wie können Kommunen Indikatoren auf ihrem Weg zu einer nachhaltigen urbanen*

- Mobilität nutzen?* https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/urbane-mobilitaet-indikatoren-leicht-gemacht.pdf?__blob=publicationFile
- Görtz, S., Bardenhewer, E. K., Volkenhoff, T., & Pham, T. K. D. (2025). CO₂-Emissionen von Infrastrukturprojekten im Straßenbau/CO₂ balancing of infrastructure projects in road construction. *Bauingenieur*, 100(03), 62–72. <https://doi.org/10.37544/0005-6650-2025-03-56>
- Görtz, S., & Pham, T. K. D. (2024). CO₂-Berechnungen von Brücken mit Bauwerkslängen bis 40 m. *Bautechnik*, 101(2), 87–104. <https://doi.org/10.1002/bate.202300098>
- Graham, D. J., & Glaister, S. (2004). Road Traffic Demand Elasticity Estimates: A Review. *Transport Reviews*, 24(3), 261–274. <https://doi.org/10.1080/0144164032000101193>
- Handy, S., & Boarnet, M. G. (2014). *Impact of Highway Capacity and Induced Travel on Passenger Vehicle Use and Greenhouse Gas Emissions: Policy Brief*. California Environmental Protection Agency. https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/Impact_of_Highway_Capacity_and_Induced_Travel_on_Passenger_Vehicle_Use_and_Greenhouse_Gas_Emissions_Policy_Brief.pdf
- Hartl, R., Beckers, T., Nagel, K., Vorwerk, L., Hermes, G., Klein, J., Günnewig, D., & Borken-Kleefeld, J. (2025). *Vom BVWP 2030 zur Bundesverkehrswege- und mobilitätsplanung (BVMP) – Eine interdisziplinäre Analyse der Verkehrsinfrastrukturplanung als Bestandteil der gesamtwirtschaftlich ausgerichteten Verkehrssystemgestaltung unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaspekten*. <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/voeko/ressourcen/dateien/forschung/Hartl-et-al-2025-Vom-BVWP-2030-zur-Bundesverkehrswege-und-mobilitaetsplanung-BVMP.pdf?lang=de>
- Hills, Peter J. (1996). What is induced traffic? *Transportation*, 23(1). <https://doi.org/10.1007/BF00166216>
- Holmgren, J. (2020). The effect of public transport quality on car ownership – A source of wider benefits? *Research in Transportation Economics*, 83, 100957. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100957>
- Holz-Rau, C., & Scheiner, J. (2020a). Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels—Schlussfolgerungen für Politik, Planungspraxis und Forschung. In M. Hülz, C. Holz-Rau, J. Albrecht, & U. Reutter (Hrsg.), *Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels* (Bd. 14, S. 380–408). Verl. d. ARL. <https://www.econstor.eu/handle/10419/224901>
- Holz-Rau, C., & Scheiner, J. (2020b). Raum und Verkehr - ein Feld komplexer Wirkungsbeziehungen: Können Interventionen in die gebaute Umwelt klimawirksame Verkehrsemissionen wirklich senken? In M. Hülz, C. Holz-Rau, J. Albrecht, & U. Reutter (Hrsg.), *Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels* (Bd. 14, S. 76–101). Verl. d. ARL. <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/70123>
- Hoover, G., & Burt, M. (2006). *Build It and Will They Drive? Modelling Light-Duty Vehicle Travel Demand* (Briefing, S. 1–13). The Conference Board of Canada. https://wcrhca.com/wp-content/uploads/2022/08/pollutantstudyconfbdcdalightdutyvehicles_dec_2006.pdf

- Hsu, W.-T., & Zhang, H. (2014). The fundamental law of highway congestion revisited: Evidence from national expressways in Japan. *Journal of Urban Economics*, 81, 65–76.
<https://doi.org/10.1016/j.jue.2014.02.002>
- Hymel, K. M., Small, K. A., & Dender, K. V. (2010). Induced demand and rebound effects in road transport. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(10), 1220–1241.
<https://doi.org/10.1016/j.trb.2010.02.007>
- Intraplan Consult GmbH & BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH. (2014). *Verkehrsverflechtungsprognose 2030: Methodenbericht*.
https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/verkehrsverflechtungsprognose-2030-methodenbericht.pdf?__blob=publicationFile
- Intraplan Consult GmbH, TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH, ETR Economic Trends Research GbR, & MWP GmbH. (2024). *Verkehrsprognose 2040—Band 1.1 Z: Verkehrsprognose 2040—Gesamtüberblick. Im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr*.
https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/verkehrsprognose-2040-band-1-1-Z-gesamtueberblick.pdf?__blob=publicationFile
- Kreye, K., Kasten, P., Appenfeller, D., & Steinbach, I. (2024). *Verkehrssektor auf Kurs bringen: Szenarien zur Treibhausgasneutralität 2045* (No. 59/2024; UBA-Texte).
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/verkehrssektor-auf-kurs-bringen-szenarien-zur>
- Levinson, D. M., & Kanchi, S. (2005). Road Capacity and the Allocation of Time. *Journal of Transportation and Statistics*, 5(1), 25–46.
- Litman, T. (2024). *Generated traffic and induced travel*. Victoria Transport Policy Institute.
<https://www.vtpi.org/gentraf.pdf>
- Lobig, A., Liedtke, G., Lischke, A., Wolfermann, A., & Knörr, W. (2016). *Verkehrsverlagerungspotenzial auf den Schienengüterverkehr in Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), AZ Z14/SeV/288.3/1179/UI40* (S. 120). https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/MKS-Wissenschaftliche-Untersuchungen/studie-verkehrsverlagerungspotenzial-schienengueterverkehr.pdf?__blob=publicationFile
- Luk, J., & Chung, E. (1997). *Induced demand and road investment—An initial appraisal* (No. 299; Research Report ARR, S. 31). Australian Road Research Board.
<https://catalogue.nla.gov.au/catalog/68861>
- Mamkhezri, J., & Khezri, M. (2024). Vehicle miles traveled induced demand, rebound effect, and price and income elasticities: A US spatial econometric analysis. *Transport Policy*, 158, 224–240. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.09.023>
- Manville, M. (2024). *Induced Travel Estimation Revisited*.
<https://escholarship.org/uc/item/8m98c8j1>
- Margelik, E., Birli, B., Danzinger, F., Heinfellner, H., Konecny, R., Kudrnovsky, H., Kurzweil, A., Lichtblau, G., Nagl, C., Oberleitner, I., Ortner, R., Scheidleder, A., Schindler, S., Spandl, S., Staudner, M., Suanjak, M., Tulipan, M., Fellendorf, & Getzner, M. (2025). *Wiener Außenring Schnellstraße Schwechat-Süßenbrunn: Strategische Prüfung Verkehr—Umweltbericht*. BMK.

- https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:b2c25693-eac7-43e0-8a79-df98574ce6d4/SP-V_S1_Umweltbericht.pdf
- Martins-Turner, K., Heinrich, P., Do Viet, D., & Nagel, K. (2025). Influence of Changes in CO2 and Investment Costs on the Benefit-Cost-Ratio of Transport Infrastructure Projects. *Transportation Research Procedia*, 86, 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.04.048>
- McLellan, J. W. (2013). *Quantifying the Impact of New Freeway Segments*. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/26639/dot_26639_DS1.pdf
- Meier, E. F. (1989). *Neuverkehr infolge Ausbau und Veränderung des Verkehrssystems* [ETH Zürich]. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-000507703>
- Melo, P. C., Graham, D. J., & Canavan, S. (2012). Effects of Road Investments on Economic Output and Induced Travel Demand: Evidence for Urbanized Areas in the United States. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2297(1), 163–171. <https://doi.org/10.3141/2297-20>
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. (2017). *Ein Klimaschuttszenario für Baden-Württemberg: Verkehrsinfrastruktur 2030*. https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/intern/Dateien/Brosch%C3%BCren_Publikationen/Klimaschuttszenario_10-2017_web.pdf
- Mitusch, K., & Szimba, E. (2024). *Der neue Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplan 2040: Reformvorschläge unter besonderer Berücksichtigung von Umweltbelangen. Gutachten im Auftrag des BUND e.V.* https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/mobilitaet/bundesverkehrswege-und-mobilitaetsplan-umweltbelange-bund.pdf
- Moeckel, R., Moreno, A. T., Llorca, C., Huang, W.-C., Pukhova, A., Bogenberger, K., Krause, S., Zhang, Y., Dandl, F., & Amini, S. (2022). *Entlastung des Bundesfernstraßennetzes durch multimodale Angebote im Personenverkehr. Abschlussbericht im BASt Projekt FE 18.0026/2017*. https://syncandshare.lrz.de/dl/fi7sfopfo1aLWPqLuKw11e/Abschlussbericht_FE18.0026%202017_final.pdf?inline&skipCounter=true
- Mohassel, A. (2017). *The Effect of Highway Construction Spending on Congestion: Evidence from California*. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2006.04.003>
- Mokhtarian, P. L., Samaniego, F. J., Shumway, R. H., & Willits, N. H. (2002). Revisiting the notion of induced traffic through a matched-pairs study. *Transportation*, 29(2), 193–220. <https://doi.org/10.1023/A:1014221024304>
- Mottschall, M., & Bergmann, T. (2015). *Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland* (3. korrigierte Fassung). <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-emissionen-durch-infrastruktur>
- Müller, M., & Reutter, P. O. (2022). Course change: Navigating urban passenger transport toward sustainability through modal shift. *International Journal of Sustainable Transportation*, 16(8), 719–743. <https://doi.org/10.1080/15568318.2021.1919796>

- Nagel, K., Winter, M., Beckers, T., Röhling, W., Liedtke, G., & Scholz, A. (2010). Analyse der verkehrsprognostischen Instrumente der Bundesverkehrswegeplanung. *Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)*, 56.
- Nielsen, T. A. S., Hovgesen, H. H., & Lahrmann, H. (2006). Road infrastructure and demand induction. In *TRA Proceedings Full Papers: Transport Research Arena Europa 2006: Göteborg, Sweden, June 12th-15th 2006: Greener, safer and smarter road transport for Europe*. <https://vbn.aau.dk/en/publications/road-infrastructure-and-demand-induction>
- ÖKOBAUDAT. (2023a). *Prozess-Datensatz: Beton der Druckfestigkeitsklasse C20/25*. <https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d5d98d4b-a9ba-4fb3-b2d2-6766f8ef5a59&version=00.02.000>
- ÖKOBAUDAT. (2023b). *Prozess-Datensatz: Gussasphalt (de)*. https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b29d88ed-8621-4ece-9e2f-78af05cb3f0f&version=20.24.070&stock=OBD_2024_I&lang=de
- Prognos AG, Öko-Institut, & Wuppertal-Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende*. <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/klimaneutrales-deutschland-vollversion>
- PTV, TCI Röhling, & Hans-Ulrich Mann. (2016). *Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030 (FE-Projekt-Nr.: 97.358/2015 für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur). Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur*. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-methodenhandbuch.html?nn=12830>
- Raimund, W. (2023). *Rebound-Effekte in der Mobilität: Kurzstudie im Rahmen des Projekts „Nachhaltige Mobilitätswende“ (NaMoW)*. UBA-AT. <https://www.mobilikon.de/publikationssammlung/rebound-effekte-der-mobilitaet>
- Richtlinien für die Anlage von Autobahnen: RAA*. (2008). FGSV-Verlag. <https://www.fgsv-verlag.de/raa-richtlinien-fur-die-anlage-von-autobahnen>
- Rieken, P., Trosky, F., Goldmann, K., Mann, H.-U., Pohl, M., Nagel, K., Beckers, T., Liedtke, G., Winter, M., & Kickhöfer, M. (2015). *Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung—FE-Projekt-Nr.: 960974/2011—Endbericht*. <https://svn.vsp.tu-berlin.de/repos/public-svn/publications/vspwp/2014/14-12/PlancoItpTubs2015FeBerichtBvwpMethodik.pdf>
- Rohr, C., Daly, A., Fox, J., Patruni, B., Van Vuren, T., & Hyman, G. (2012). Manchester Motorway Box: Post-Survey Research of Induced Traffic Effects. *disP - The Planning Review*, 48(3), 24–39. <https://doi.org/10.1080/02513625.2012.759345>
- SACTRA. (1994). *Trunk roads and the generation of traffic*. HMSO. <https://bettertransport.org.uk/wp-content/uploads/legacy-files/trunk-roads-traffic-report.pdf>
- Schmaus, M., Bawidamann, J., Friedrich, M., Haberl, M., Trenkwalder, L., Fellendorf, M., Uhlig, J., Lohse, R., & Pestel, E. (2023). *Flüssiger Verkehr für Klimaschutz und Luftreinhaltung* (Nos. 14–2023; UBA-Texte, Nummern 14–2023). Umweltbundesamt.

- <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fluessiger-verkehr-fuer-klimaschutz-luftreinhaltung>
- Schweizerischer Bundesrat. (2020). *Schnittstellenproblematik zwischen Nationalstrassen und dem nachgelagerten Strassennetz lösen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 18.3606 Burkart vom 14. Juni 2018.* <https://www.parlament.ch/centers/eparl/curia/2018/20183606/Bericht%20BR%20D.pdf>
- Seeherman, J., & Skabardonis, A. (2016). Searching for induced travel: Elimination of a freeway bottleneck and subsequent effects on rail and freeway volumes. *Case Studies on Transport Policy*, 4(3), 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2016.06.003>
- Siebert, J. (2022). *Wie kann eine konsequent klimagerechte Verkehrsplanung aussehen? Bedarfe einer mit den Klimaschutzzielen des Übereinkommens von Paris im Einklang stehenden Mobilitäts- und Verkehrsinfrastrukturplanung des Bundes* (Working Paper No. SP III 2022-602). WZB Discussion Paper. <https://www.econstor.eu/handle/10419/263264>
- Sloman, L., Hopkinson, L., & Taylor, I. (2017). *The Impact of Road Projects in England.* <https://www.cpre.org.uk/wp-content/uploads/2019/11/TfQLZ-ZTheZImpactZofZRoadZProjectsZinZEnglandZ2017.pdf>
- Song, S., Diao, M., & Feng, C.-C. (2021). Effects of pricing and infrastructure on car ownership: A pseudo-panel-based dynamic model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 152, 115–126. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.08.008>
- Stark, K., Kehlbacher, A., & Giacco, F. (2025). *Studie zu sozialgerechter Klimapolitik und Mobilitätsarmut im Land Hessen.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19465.10082>
- Switzer, A., Bertolini, L., & Grin, J. (2013). Transitions of Mobility Systems in Urban Regions: A Heuristic Framework. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 15(2), 141–160. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2012.746182>
- T&E. (2023). *Fast eine Größenordnung daneben: Die Verkehrsprognose für neue Autobahnen unterschätzt den induzierten Verkehr massiv.* https://www.transportenvironment.org/uploads/files/TE_Studie_Eine_Grosenordnung_daneben_0923.pdf
- UBA. (2005). *Determinanten der Verkehrsentstehung* (No. 26/05; UBA-Texte). <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2967.pdf>
- Walsdorfer, J., & Dubois, J. (2024). *Treibhausgasbilanz für das Land Hessen. Bilanzjahr 2022.* Hessisches Statistisches Landesamt. <https://landwirtschaft.hessen.de/klimaschutz/co2-und-treibhausgasbilanz>
- Wardman, M. (2022a). Meta-analysis of British time-related demand elasticity evidence: An update. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 157, 198–214. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.02.001>
- Wardman, M. (2022b). Meta-analysis of price elasticities of travel demand in great britain: Update and extension. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 158, 1–18. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.01.020>

- Wegener, M. (2009). Modelle der räumlichen Stadtentwicklung – alte und neue Herausforderungen. *Stadt Region Land*, 83, 73–81.
- Weis, C., & Axhausen, K. W. (2009). Induced travel demand: Evidence from a pseudo panel data based structural equations model. *Research in Transportation Economics*, 25(1), 8–18.
<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.08.007>
- Werner, J. (2023). *Mobilität und Verkehr 2040—Vom BVWP 2030 zu einem zielorientierten und integrierten Bundesverkehrswege- und -mobilitätsplan 2040 im Auftrag des BUND e.V.*
<https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/klima-und-naturvertraegliche-infrastruktur-fuer-die-mobilitaetswende-wie-eine-zukunftsfaehige-bundesverkehrswege-und-mobilitaetsplanung-gelingen-kann/>
- WSP & RAND Europe. (2018). *Latest evidence on induced travel demand: An evidence review.*
<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5c0e5848e5274a0bf3cbe124/latest-evidence-on-induced-travel-demand-an-evidence-review.pdf>
- Zeibots, M. E. (2003). *Before and after opening of the M4 Motorway from Mays Hill to Prospect: Sydney case studies in induced traffic growth.* <https://apo.org.au/sites/default/files/resource-files/2003-08/apo-nid7946.pdf>
- Zolnik, E. J. (2018). Effects of additional capacity on vehicle kilometers of travel in the U.S.: Evidence from National Household Travel Surveys. *Journal of Transport Geography*, 66, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.020>

Anhang

A1	Überblick über die im systematischen Literaturreview einbezogenen Studien	86
A2	Variablen und Quellen zur Analyse der BVWP-Projektbewertungen	93

A1 Überblick über die Studien, die in die systematische Literaturrecherche einbezogen wurden

Autor	VÖ-Jahr	Titel	Art der VÖ	Raum: Land / Region	Vorw. Ballungs- räume betrachtet	Methodenart	Zeitraum der Untersuchungen
Bucsky und Juhász	2022	Long-term evidence on induced traffic: A case study on the relationship between road traffic and capacity of Budapest bridges	Zeitschriftenartikel	Ungarn	ja	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1965-2020
Byun et al.	2017	Rebound effect or induced demand? Analyzing the compound dual effects on VMT in the U.S.	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1980-2010
Cervero	2003	Road expansion, urban growth, and induced travel: A path analysis	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1980-1994
Cervero und Hansen	2002	Induced travel demand and induced road investment: A simultaneous equation analysis	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1976-1997
Cerwenka und Hauger	1996	Neuverkehr - Realität oder Phantom?	Zeitschriftenartikel	Österreich	nein	B) Fallstudie auf Basis von disaggregierten Verhaltensdaten	1970-1994
Chang et al.	2020	Does Building Highways Reduce Traffic Congestion?	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1983,1993,2003
Cheung	2010	The Fundamental Law of Highway Congestion: Revisited with Data from Japan	Masterarbeit	Japan	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1990,1994,1997,2005

Autor	VÖ-Jahr	Titel	Art der VÖ	Raum: Land / Region	Vorw. Ballungs- räume betrachtet	Methodenart	Zeitraum der Untersuchungen
Concas	2012	Highway Capital Expenditures and Induced Vehicle Travel	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1982-2005
Dahlgren	2001	How the Reconstruction of I-880 Affected Travel Behavior	Arbeitspapier	USA	ja	B) Fallstudie auf Basis von disaggregierten Verhaltensdaten	1999
Davies	2015	What effect do Queensland's major road infrastructure projects have on traffic volumes and growth rates?	Konferenzbeitrag	Australien	nein	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1991-2014
Duranton und Turner	2011	The fundamental law of road congestion: Evidence from US cities	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1983, 1993, 2003
Energy and Environmental Analysis, Inc.	1999	Measuring induced travel demand from roadway capacity expansion: an empirical analysis of the US mid-Atlantic region	Forschungsbericht	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1985-1995
Fulton et al.	2000	A Statistical Analysis of Induced Travel Effects in the U.S. Mid-Atlantic Region	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1985-1995
Garcia	2024	Highway traffic in Britain: The effect of road capacity changes	Diskussionspapier	UK	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	2001- 2020
Garcia	2022	Congestion in highways when tolls and railroads matter: evidence from European cities	Zeitschriftenartikel	Europa	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1985, 1995, 2005

Autor	VÖ-Jahr	Titel	Art der VÖ	Raum: Land / Region	Vorw. Ballungs- räume betrachtet	Methodenart	Zeitraum der Untersuchungen
González und Marrero	2012	Induced road traffic in Spanish regions: A dynamic panel data model	Zeitschriftenartikel	Spanien	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1998-2006
Graham et al.	2014	Quantifying Causal Effects of Road Network Capacity Expansions on Traffic Volume and Density via a Mixed Model Propensity Score Estimator	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1985-2010
Hansen	1997	Road supply and traffic in California urban areas	Diskussionspapier	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1973-1990
Hansen et al.	1993	The Air Quality Impacts of Urban Highway Capacity Expansion: Traffic Generation and Land Use Change	Arbeitspapier	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1973-1990
Hansen und Huang	1995	Do New Highways Generate Traffic?	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1973-1990
Hoover und Burt	2006	Built it and will they drive? Modelling light-duty vehicle travel demand	Arbeitspapier	Kanada	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1982-1989, 1995, 2000-2005
Hsu und Zhang	2014	The fundamental law of highway congestion revisited: Evidence from national expressways in Japan	Zeitschriftenartikel	Japan	4	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1990, 1994, 1997, 1999, 2005

Autor	VÖ-Jahr	Titel	Art der VÖ	Raum: Land / Region	Vorw. Ballungs- räume betrachtet	Methodenart	Zeitraum der Untersuchungen
Hymel	2019	If you build it, they will drive: Measuring induced demand for vehicle travel in urban areas	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1981-2015
Hymel et al.	2010	Induced demand and rebound effects in road transport	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1966-2004
Ivanchak	2022	Induced Travel Demand: Measuring the Contribution of Additional Lane Miles on the Increase in U.S. Vehicle Miles Traveled from 1980 to 2019	Masterarbeit	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1980-2019
Levinson und Kanchi	2005	Road Capacity and the Allocation of Time	Zeitschriftenartikel	USA	nein	D) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen disaggregierter Verhaltensdaten	1990, 1995
Luk und Chung	1997	Induced demand and road investment - an initial appraisal	Zeitschriftenartikel	Australien	ja	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1975-1995
Mamkhezri und Khezri	2024	Vehicle miles traveled induced demand, rebound effect, and price and income elasticities: A US spatial econometric analysis	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	2000-2019
McLellan	2013	Quantifying the Impact of New Freeway Segments	Forschungsbericht	USA	ja	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1980-2003
Meier	1989	Neuverkehr infolge Ausbau und Veränderung des Verkehrssystems	Doktorarbeit	Schweiz	nein	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1981-1982

Autor	VÖ-Jahr	Titel	Art der VÖ	Raum: Land / Region	Vorw. Ballungs- räume betrachtet	Methodenart	Zeitraum der Untersuchungen
Melo et al.	2012	Effects of road investments on economic output and induced travel demand: Evidence for urbanized areas in the United States	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1982-2009
Mohassel	2017	The effect of highway construction spending on congestion: Evidence from california	Arbeitspapier	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	2001-2013
Mokhtarian et al.	2002	Revisiting the notion of induced traffic through a matched-pairs study	Zeitschriftenartikel	USA	nein	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1976-1996
Nielsen et al.	2006	Road infrastructure and demand induction	Konferenzbeitrag	Dänemark	nein	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1985-2003
Noland	2001	Relationships between highway capacity and induced vehicle travel	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1984-1996
Noland und Cowart	2000	Analysis of metropolitan highway capacity and the growth in vehicle miles of travel	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1982-1996
Ossokina et al.	2023	Do highway widenings reduce congestion?	Zeitschriftenartikel	Niederlande	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	2000-2018
Parthasarathi et al.	2003	Induced demand: A microscopic perspective	Zeitschriftenartikel	USA	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1980-1998

Autor	VÖ-Jahr	Titel	Art der VÖ	Raum: Land / Region	Vorw. Ballungs- räume betrachtet	Methodenart	Zeitraum der Untersuchungen
Pasidis	2017	Urban transport externalities	Doktorarbeit	Europa	ja	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1985, 1990, 1995, 2000, 2005
Rentziou et al.	2012	VMT, energy consumption, and GHG emissions forecasting for passenger transportation	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	1998-2008
Rohr et al.	2012	Manchester motorway box: Post-survey research of induced traffic effects	Zeitschriftenartikel	UK	ja	B) Fallstudie auf Basis von disaggregierten Verhaltensdaten	1999-2000, 2003-2004
SACTRA	1994	Trunk roads and the generation of traffic	Forschungsbericht	Vereinigtes Königreich, Niederlande	nein	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1962-1992 (fallspezifisch)
Seeherman und Skabardonis	2016	Searching for induced travel: Elimination of a freeway bottleneck and subsequent effects on rail and freeway volumes	Zeitschriftenartikel	USA	ja	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	2012, 2014
Sloman et al.	2017	The impact of road projects in England	Forschungsbericht	Vereinigtes Königreich	nein	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1994-2016
Su	2011	Induced motor vehicle travel from improved fuel efficiency and road expansion	Zeitschriftenartikel	USA	nein	C) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen aggregierter Verhaltensdaten	2001-2008
Tennøy et al.	2019	Effects of urban road capacity expansion – Experiences from two Norwegian cases	Zeitschriftenartikel	Norwegen	ja	B) Fallstudie auf Basis von disaggregierten Verhaltensdaten	1998-2016

Autor	VÖ-Jahr	Titel	Art der VÖ	Raum: Land / Region	Vorw. Ballungs- räume betrachtet	Methodenart	Zeitraum der Untersuchungen
Weis und Axhausen	2009	Induced travel demand: evidence from a pseudo panel data based structural equations model	Zeitschriftenartikel	Schweiz	nein	D) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen disaggregierter Verhaltensdaten	1974, 1979, 1984, 1989, 1994, 2000, 2005
Zeibots	2003	Before and after opening of the M4 Motorway from Mays Hill to Prospect : Sydney case studies in induced traffic growth	Arbeitspapier	Australien	ja	A) Fallstudie auf Basis von Verkehrsstärken	1985-1995
Zolnik	2018	Effects of additional capacity on vehicle kilometers of travel in the U.S.: Evidence from National Household Travel Surveys	Zeitschriftenartikel	USA	ja	D) Ökonometrische Analyse von Zeitreihen disaggregierter Verhaltensdaten	1995-2009

A2 Variablen und Quellen zur Analyse der BVWP-Projektbewertungen

Variable	Bedeutung	Datenquelle	Einheit
FL _{Kfz, Bezugsfall}	Kfz-Fahrleistung im Bezugsfall	Kfz-Fahrleistungen, insgesamt (Inländerfahrleistungen) (BVU et al., 2014, S. 334)	Mio. Pkw-km/a
ΔFL_{Kfz}	Veränderung der Kfz-Fahrleistung durch Projektumsetzung (Planfall – Bezugsfall)	Eigene Berechnung aus PRINS-Daten: Summe aus: „Veränderung der Betriebsleistung im Personenverkehr (PV)“ und „Veränderung der Betriebsleistung Güterverkehr (GV)“	Kfz-km/a
ΔFL_{Pkw}	Veränderung der Pkw-Fahrleistung durch Projektumsetzung (Planfall – Bezugsfall)	PRINS „Veränderung der Betriebsleistung im Personenverkehr (PV)“	Pkw-km/a
$\Delta FL_{Pkw, TUD}$	Gesamte Veränderung der Pkw-Fahrleistung durch Projektumsetzung (induzierter Pkw-Verkehr) entsprechend der Berechnungen der TU Dresden	Eigene Berechnung	Pkw-km
$\Delta FL_{Pkw, Modus}$	Veränderung der Pkw-Fahrleistung aufgrund modaler Verlagerung durch Projektumsetzung	PRINS „Veränderung der Betriebsleistung im Personenverkehr (PV), nachrichtlich aus Modal - verlagertem Verkehr“	Pkw-km/a
$\Delta FL_{Pkw, Ziel}$	Veränderung der Pkw-Fahrleistung aufgrund veränderter Fahrtziele durch Projektumsetzung	PRINS „Veränderung der Betriebsleistung im Personenverkehr (PV), davon aus induziertem Verkehr“	Pkw-km/a
$\Delta FL_{Pkw, Route}$	Veränderung der Pkw-Fahrleistung aufgrund veränderter Routen durch Projektumsetzung	Eigene Berechnung auf Basis PRINS-Daten: $\Delta FL_{Pkw, Route} = \Delta FL_{Pkw} - \Delta FL_{Pkw, Ziel} - \Delta FL_{Pkw, Modus}$	Pkw-km/a
$\Delta FL_{LKW, Route}$	Veränderung der Lkw-Fahrleistung aufgrund veränderter Routen durch Projektumsetzung	PRINS „Veränderung der Betriebsleistung Güterverkehr (GV)“	Lkw-km/a
$\Delta FL_{Lkw, TUD}$	Gesamte Veränderung der Lkw-Fahrleistung durch Projektumsetzung (induzierter Lkw-Verkehr) entsprechend der Berechnungen der TU Dresden	Eigene Berechnung	Lkw-km
FSL _{Bezugsfall}	Fahrstreifenlänge Gesamtnetz außerorts im Bezugsfall	Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs: BAB, Bundesstraßen, Landesstraßen, Kreisstraßen – außerorts (BMDV & Fernstraßen-Bundesamt, 2024)	FS-km
ΔFSL	Veränderung der Fahrstreifenlänge durch Projektumsetzung (Planfall – Bezugsfall)	PRINS „1.2 Grunddaten – Länge“ (eigene Berechnung auf Basis der Ausbauziele; Zusammenfassung zu NKA-Projektbündeln)	FS-km

ΔRZ_{Pkw}	Veränderung der Pkw-Reisezeit durch Projektumsetzung insgesamt (Planfall – Bezugsfall)	Eigene Berechnung mit PRINS-Daten: Summe aus: „Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten im PV“ und „Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten im PV, davon aus induziertem Verkehr“	Pkw-h/a
$\Delta RZ_{Pkw,Ziel}$	Laut BVWP-Methodik und Berechnung in induzierten Verkehr reinvestierte Pkw-Reisezeit (im Wesentlichen durch Fahrtzieländerung)	PRINS „Veränderung der Fahrzeugeinsatzzeiten im PV, davon aus induziertem Verkehr“	Pkw-h/a]
v_{Pkw}	Durchschnittliche Pkw-Geschwindigkeit	Eigene Annahmen in Szenarien auf Basis der Literatur	km/h
$ef_{CO_2, Pkw}$	Spezifischer Pkw-CO ₂ -Emissionsfaktor	Eigene Annahmen auf Basis von HBEFA 4.2, siehe Abschnitt 5.3.1	g CO ₂ /Pkw-km
$ef_{CO_2, Lkw}$	Spezifischer Lkw-CO ₂ -Emissionsfaktor	Eigene Annahmen auf Basis von HBEFA 4.2, siehe Abschnitt 5.3.1	g CO ₂ /Lkw-km
ΔEM_{CO_2}	Veränderung der CO ₂ -Emissionen (verkehrsbedingt) durch Projektumsetzung	PRINS „Veränderung der Abgasemissionen“ (PV+GV): „Kohlendioxid-Emissionen (CO ₂)“	t CO ₂
$\Delta EM_{CO_2, Verkehrsfluss}$	Veränderung der CO ₂ -Emissionen (verkehrsbedingt) durch Veränderungen im Verkehrsfluss (Geschwindigkeit, Flüssigkeit) bei Projektumsetzung	Eigene Berechnung auf Basis der gegebenen Werte	t CO ₂
Bezugsfall	Der Bezugsfall beschreibt die Verkehrsinfrastruktur inkl. ÖV-Angebot sowie die Fahrleistungen ohne Umsetzung der BVWP-Projekte im Referenzjahr 2030		
Planfall	Der Planfall entspricht dem Bezugsfall zuzüglich der durch das zu bewertende BVWP-Projekt bewirkten Veränderungen in Bezug auf das Netz, die Fahrleistungen, Reisezeiten und Emissionen.		
ϵ	Elastizität		