

NATUR UND LANDSCHAFT

Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege

97. Jahrgang 2022 Heft

Seiten

DOI:

Klimawandel und Straßen – Integration einer Treibhausgasbilanz in die Neu- und Ausbauplanung?

Climate change and road building – Integrating carbon footprinting in planning processes

Stefan Balla, Sven Reiter, Grischa Löwe, Fanny Mundt und Florian Gans

Zusammenfassung

Der Beitrag beleuchtet die verschiedenen Möglichkeiten, den Klimaschutz in Planung und Zulassung von Straßenbauvorhaben zu berücksichtigen. Dabei wird eine Abschichtung über die jeweiligen Planungsebenen empfohlen. Nach einer Analyse der Grundlagen für die Betrachtung von Treibhausgas(THG)-Emissionen im Verkehrssektor und der Diskussion der Ziele für den Klimaschutz werden die verschiedenen Prozesse beleuchtet, die im Zuge des Aus- oder Neubaus der Straßenverkehrsinfrastruktur Einfluss auf die THG-Bilanz nehmen. Die Möglichkeit, Eingriffe in Treibhausgassenken und -speicher zu bilanzieren und mittels geeigneter naturschutzfachlicher Kompensationsmaßnahmen auszugleichen, wird erörtert. Abschließend erfolgt eine Empfehlung zur Umsetzung in den verschiedenen Planungsebenen.

Klimaschutz – Treibhausgas – Straßenbau – Straßeninfrastruktur – Treibhausgasspeicher – Treibhausgassenke – Lebenszyklusemissionen

Abstract

This article explores a range of options by which to consider climate change mitigation in the planning and authorisation of road-building projects. It recommends taking a tiered approach to the various levels of planning. After an analysis of the fundamentals for the consideration of greenhouse gas emissions within the transport sector and a discussion of climate protection goals, the feasibility of producing a greenhouse gas balance is discussed. The potential to compile an inventory of interventions in greenhouse gas sinks and reservoirs and offset them by means of appropriate compensation measures is assessed. In conclusion, the article presents a recommendation for implementing the approach at the different planning levels.

Climate protection – Greenhouse gas – Road construction – Road infrastructure – Greenhouse gas storage – Greenhouse gas sink – Life cycle emissions

Manuskripteinreichung: 26.11.2021, Annahme: 2.6.2022

DOI: 10.19217/NuL2022-09-01

1 Einleitung

Der globale Klimawandel erfordert unbestreitbar einen wirksamen Klimaschutz mit konsequentem Handeln auf allen Ebenen. Mobilität als immanenter Bestandteil unseres Alltags ist einer der größten Treibhausgas(THG)-Verursacher in Deutschland. Das Ziel eines THG-neutralen Verkehrs in Deutschland kann nur erreicht werden, wenn größtmögliche Anstrengungen dafür unternommen werden. § 13 Abs. 1 des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) verpflichtet alle Träger öffentlicher Aufgaben, den Klimaschutz bei allen relevanten Planungen und Entscheidungen angemessen zu berücksichtigen. Anlage 4 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) fordert ebenfalls, das Thema THG-Emissionen bei der Planung und Zulassung von Vorhaben zu berücksichtigen. Dies muss auch Konsequenzen haben für Planung, Bau und Betrieb von Straßen. Notwendig ist eine Vorbildfunktion der öffentlichen Hand beim Thema Klimaschutz, nicht zuletzt, um die gesamtgesellschaftliche Motivation zu stärken.

In diesem Beitrag soll näher beleuchtet werden, was dies konkret bedeutet. Dabei können noch keine ausgereiften Methoden präsentiert werden, da eine vertiefte Fachdiskussion zu diesem Thema gerade erst beginnt.¹ Der Beitrag versucht zunächst, die

möglichen Ursachengruppen und Handlungsfelder zu benennen und zu strukturieren, zudem erste Ideen für methodische Ansätze zu entwickeln. Dabei ist zu betonen, dass Untersuchungen und Darstellungen zum Thema THG-Emissionen die jeweilige Planungsebene und den Entscheidungsspielraum, der auf den einzelnen Ebenen besteht, beachten müssen. Zu unterscheiden sind insoweit

- die Bedarfsplanung (Bundesverkehrswegeplan – BVWP),
- die Raumordnung/Linienfindung und
- die Planfeststellung/Zulassung von Straßen.

Weitergehende Fragen stellen sich bei der Ausführungsplanung; diese werden im Folgenden jedoch nicht vertieft behandelt.

Auch für das Thema THG-Emissionen gilt, dass prinzipiell die üblichen Systemgrenzen einer vorhabenbezogenen Planungs- und Zulassungsentscheidung zu beachten sind. Grundsätzlich sollte gelten, dass ebenenspezifisch diejenigen Informationen zu den THG-Emissionen des jeweiligen Straßenbauvorhabens bereitgestellt werden, die erforderlich sind, um über mögliche bzw. verhältnismäßige Maßnahmen zur Minimierung der THG-Emissionen zu entscheiden. Zu unterscheiden sind dabei

1 Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) organisiert derzeit im Ausschuss „Umwelt und Naturschutz“ einen Arbeitskreis (AK 2.9.9 Klimaschutz in der UVP), um sich mit genau diesem Thema näher zu befassen und Methodenkonventionen zu entwickeln.

- der Verkehr auf der Straße,
- Errichtung, Unterhaltung und Betrieb des Bauwerks (z. B. Bauverfahren, Straßenbeleuchtung u. Ä.) sowie
- Landnutzungsänderungen (Überbauung und Beeinflussung natürlicher THG-Senken).

Vom Thema THG-Emissionen abzugrenzen sind diejenigen Wirkungen, die erst aus dem Klimawandel resultieren und durch Klimaanpassungsstrategien zu bewältigen sind. Auch hierzu stellen sich neue Fragen im Zusammenhang mit der Planung und Zulassung von Straßen. Dabei geht es etwa um

- den Schutz der Straße gegen Extremwetterereignisse, Hochwasser oder Hangrutschungen,
- die Auswirkungen der Straße auf den Wasserhaushalt in der Landschaft (z. B. Einplanung von Rückhaltemaßnahmen wie Mulden-/Rigolensystemen, Verrieselung, Flächenversickerung und Retentionsbodenfiltern) oder
- die Wirkungen infolge einer erhöhten Dynamik in der Entwicklung des Umweltzustands (z. B. Arealverschiebungen von Arten und damit Bedeutungszunahme von Biotopverbundmaßnahmen).

Diese Themen sind aber auf Grund des begrenzten Platzes nicht Gegenstand des vorliegenden Aufsatzes, der sich im Kern mit der Frage der THG-Bilanz eines Straßenbauvorhabens befasst.

2 Grundlagen und übergeordnete Ziele

Im Übereinkommen von Paris, einer Vereinbarung der Mitgliedstaaten der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und einem Nachfolger des Kyoto-Protokolls, wird das Ziel erklärt, die Erhöhung der globalen Mitteltemperatur auf „deutlich unter 2 °C“, wenn möglich auf 1,5 °C zu begrenzen. In Deutschland wurde dazu im Jahr 2019 das KSG erlassen und der nationale Klimaschutzplan 2050 fortgeschrieben (BMU 2019). Das KSG definiert in § 3 verbindliche nationale Klimaschutzziele, die im Jahr 2021 auf Basis des Bundesverfassungsgerichtsurteils vom April 2021 noch einmal verschärft wurden. Betrachtet man die derzeitige Situation, so trug der Verkehrssektor im Jahr 2020 mit etwa 20 % zu den nationalen Gesamt-THG-Emissionen bei. Der ganz überwiegende Teil entfällt dabei auf den Straßenverkehr. Auffällig ist, dass der relative Anteil des Verkehrs an den Gesamtemissionen in den letzten Jahren zugenommen hat (UBA 2021). Die Gesamtgrößenordnung bleibt gleichzeitig seit Jahren auf einem gleichbleibend hohen Niveau (Abb. 1). Während der spezifische Endenergieverbrauch (gemessen in Personen- und Tonnenkilometern) seit 2005 nur um rund 10 % gesunken ist, ist die Verkehrsleistung um das Vierfache gestiegen.

Vergleicht man die Zielsetzung des KSG hinsichtlich des Verkehrssektors für das Jahr 2030 mit den aktuellen Emissionen im Jahr 2020, ergibt sich für die nächsten zehn Jahre insgesamt ein Reduktionsziel von 42 %. Dies ist angesichts der bisherigen Entwicklung im Verkehrsbereich und der zukünftig zu erwartenden weiteren Steigerung der Verkehrsleistung sehr ehrgeizig, zumal die verkehrsbedingten Emissionen im Jahr 2020 auch pandemiebedingt reduziert waren.

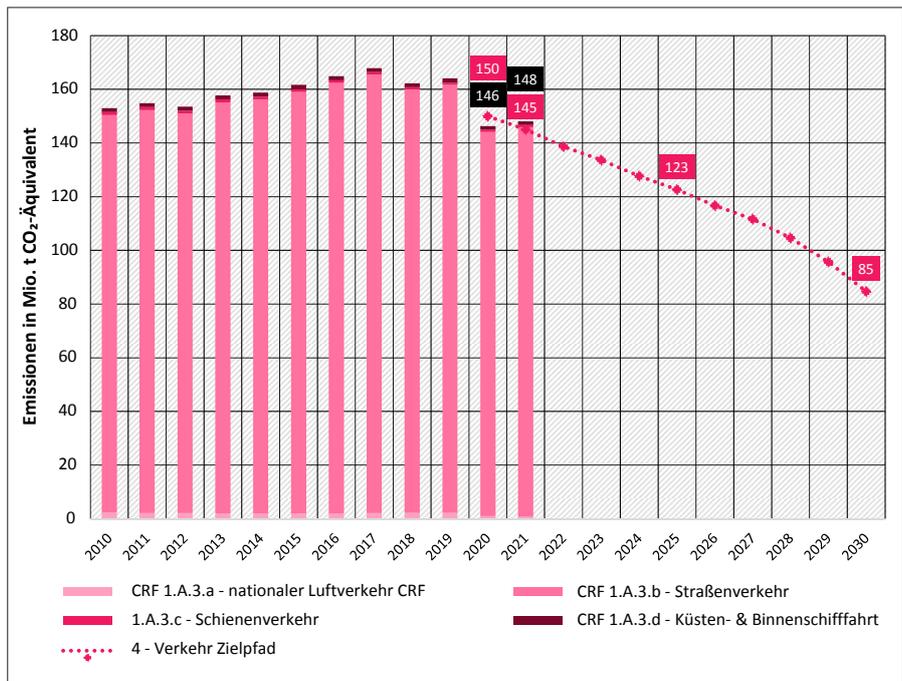


Abb. 1: Entwicklung und Zielerreichung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Sektor Verkehr im Bundes-Klimaschutzgesetz. CRF = common reporting format. (Quelle: UBA 2021)

Fig. 1: Development and target achievement of greenhouse gas (GHG) emissions in Germany for the transport sector under the Federal Climate Change Act. CRF = common reporting format. (Source: UBA 2021)

Bei den genannten Zahlen ist zu berücksichtigen, dass mit dem Verkehrssektor im KSG nur die direkten THG-Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen für den fließenden Verkehr erfasst sind. Der Energieaufwand und die damit verbundenen THG-Emissionen durch Bau, Betrieb und Unterhaltung der Straßeninfrastruktur sind nicht abgedeckt. Nicht abgedeckt sind auch die Emissionen aus der Stromerzeugung für den elektrischen Verkehr auf Schiene oder Straße. Ebenso sind auch Veränderungen natürlicher THG-Senken und -Speicher (Moore, Wälder, Grünland) durch den Aus- und Neubau von Straßen nicht abgedeckt.

Diese Einschränkungen gelten aber nach Auffassung der Autorin und der Autoren nicht für den Grundsatz des § 13 KSG. Dort wird generell gefordert, dass die Träger öffentlicher Aufgaben bei ihren Planungen und Entscheidungen grundsätzlich Zweck und Ziele des KSG berücksichtigen (z. B. BVerwG 9 A 7.21 – Urteil vom 4. Mai 2022). Dieses materiell-rechtliche Berücksichtigungsgebot gilt auch für Bedarfsplanungen, Raumordnungs-, Linienbestimmungs- sowie Planfeststellungsverfahren und erstreckt sich auch auf andere Sektoren als den Verkehrssektor, so dass auch die Errichtung von Straßenbauinfrastruktur und Landnutzungsänderungen erfasst wird.

3 Treibhausgasemissionen des Verkehrs auf der Straße

Die verkehrsbedingten THG-Emissionen ergeben sich aus dem Einfluss des jeweiligen Straßenbauvorhabens auf das Verkehrsgeschehen. Gemeint sind also die vorhabenbedingten Veränderungen der THG-Emissionen des fließenden Verkehrs. Ausgangspunkt für eine vorhabenbezogene Abschätzung der Veränderung der verkehrlichen THG-Emissionen ist das Verkehrsgutachten. Jedes neue Straßenbauvorhaben wird anhand einer Verkehrsprognose begründet. Eine solche Verkehrsprognose untersucht die Verkehrsbeziehungen und Verkehrsmengen im Prognosenullfall, d. h. im Verkehrsnetz

ohne das Vorhaben, und im Prognoseplanfall, d. h. im Verkehrsnetz mit dem umgesetzten Straßenbauvorhaben. Beide Prognosefälle beziehen sich in der Regel auf einen zeitlichen Prognosehorizont von lediglich etwa 10–15 Jahren, um das Maß der Prognoseunsicherheit zu begrenzen. Für die THG-Emissionsbilanz wären weiter in die Zukunft gerichtete Prognosen wünschenswert, derart langfristige Prognosen gelten bisher aber allgemein als zu unsicher für Zulassungsentscheidungen.

Die Verkehrsuntersuchung betrachtet in der Regel das gesamte vom Vorhaben möglicherweise beeinflusste Verkehrsnetz in einem größeren Raum. Damit werden sowohl Verlagerungswirkungen als auch induzierte Mehrverkehre erfasst. Das Verkehrsmodell des Verkehrsgutachtens liefert in der Regel geeignete Eingangsdaten (insbesondere Verkehrsmenge nach Fahrzeugklasse, Straßenkategorie, Verkehrszustand), um anhand standardisierter Emissionsfaktoren gemäß Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) THG-Emissionen summarisch zu berechnen und darzustellen.

Entscheidend für den Effekt auf die THG-Bilanz ist die Summe der Verkehrsleistung, d. h. die gefahrenen Kilometer der verschiedenen Fahrzeugklassen. Um die vorhabenbedingte Veränderung der THG-Bilanz abzubilden, sind die Gesamtemissionen im Prognoseplanfall den Gesamtemissionen im Prognoseplanfall gegenüberzustellen. Dabei ist im Falle eines Vorhabens mit mehreren Planfeststellungsabschnitten auch die THG-Emissionsbilanz für das Gesamtvorhaben zu erstellen.

Im Ergebnis ist der Nettoeffekt des Vorhabens in CO₂-Äquivalenten für den Prognoseplanfall und für den Prognoseplanfall darzustellen. Der Nettoeffekt kann positiv oder negativ ausfallen. Anhand von Vergleichswerten, z. B. zu gebietsbezogenen Emissionen des Landes oder auf Bundesebene, lässt sich die Größenordnung bewerten. Die THG-Bilanz der Stromerzeugung und -bereitstellung für elektrisch betriebene Fahrzeuge oder der Erzeugung und Bereitstellung von Wasserstoff für Brennstoffzellen sollte bei der Berechnung entsprechend den im HBEFA hinterlegten Daten auch berücksichtigt werden.

Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass die THG-Emissionen durch Verbrennungsmotoren von Jahr zu Jahr kleiner werden, weil sich die Fahrzeugflotte zunehmend modernisiert und insbesondere zunehmend THG-neutrale Antriebstechnologien umfassen wird. Dennoch ist es nach Auffassung der Autorin und der Autoren sinnvoll, den Effekt einzelner Straßenbauvorhaben auf die THG-Bilanz des Verkehrs zumindest näherungsweise zu quantifizieren. Dies ist insbesondere auf vorgelagerten Planungsebenen – Bedarfsplanung, Raumordnung, Linienfindung – sinnvoll, wo Fragen nach dem Ob des Vorhabens oder nach grundsätzlichen räumlichen und verkehrlichen Alternativen noch offen sind. Der Aufwand für die Berechnung ist vergleichsweise gering.

4 Inanspruchnahme von Treibhausgasspeichern und -senken

Die THG-Bilanz des Vorhabens wird auch dadurch beeinflusst, dass Böden und Vegetationsbestände, die als Speicher und Senke von THG-Emissionen fungieren, verändert werden. Im Regelfall kommt es im Bereich des Straßenkörpers zu einer Überbauung und Beseitigung von Vegetation und Oberboden. Diese Eingriffe beeinflussen die THG-Emissionsbilanz, da in Böden und in der Vegetation bedeutsame Mengen an organischem Kohlenstoff gebunden sind, die infolge von Landnutzungsänderungen durch mikrobiellen Abbau wieder in THG (CO₂, CH₄ oder N₂O) umgewandelt werden können. Eine besondere Bedeutung haben dabei Moore und

andere Standorte mit sehr humusreichen, hydromorphen Böden wie Auenböden, Gleye oder Marschen. In Böden und Vegetation ist weltweit mehr als doppelt so viel Kohlenstoff gespeichert wie in der Atmosphäre (Lal 2004). In einem Hektar landwirtschaftlich genutztem Boden befinden sich im Durchschnitt etwa hundert Tonnen Kohlenstoff, in Wäldern mehrere Hundert Tonnen und in Mooren mehrere Tausend Tonnen Kohlenstoff. Die Größenordnungen können allerdings standortbedingt stark schwanken, so dass auch die Angaben in der Literatur eine entsprechende Streuung aufweisen. Durch die Nutzung und die damit einhergehende Entwässerung sowie Belüftung kohlenstoffreicher Bodenhorizonte entweichen jährlich große Mengen an THG in die Atmosphäre. Während in intakten Mooren der gebundene Kohlenstoff weitgehend geschützt ist und bei wachsenden Mooren sogar jährlich zwischen 0,05 und 3 t Kohlenstoff pro Hektar neu gebunden werden können, entweichen bei landwirtschaftlicher Nutzung von Moorböden im ungünstigsten Fall Größenordnungen von etwa 30 t CO₂-Äquivalent pro Hektar und Jahr (Grothe et al. 2017: 90). Dies ist ein flächendeckendes Problem in Deutschland, denn nach Angaben des Greifswald Moor Centrums sind nur noch 2 % der deutschen Moore in einem natürlichen Zustand und 7 % der jährlichen nationalen THG-Emissionen stammen aus entwässerten Moorböden.² Somit bietet sich insbesondere auch durch naturschutzfachliche Maßnahmen – bspw. Wiedervernässungen oder Nutzungsextensivierungen, die auch Kompensationsmaßnahmen für Straßenbauvorhaben sein können – ein großes Potenzial für den Klimaschutz.

Da mit Straßenbauvorhaben größere Flächen überplant werden, hat dies einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf die THG-Emissionen. Hinzu kommt, dass auch die naturschutzrechtlichen Kompensationsmaßnahmen zu Landnutzungsänderungen führen, die auf die THG-Speicher- und -Senkenfunktion von Böden bzw. Boden-Vegetations-Komplexen Einfluss nehmen. Da der Einfluss bei den Kompensationsmaßnahmen in der Regel positiv ist, lassen sich positive und negative Änderungen einander bilanziell gegenüberstellen. Zudem lassen sich naturschutzfachliche Kompensationsmaßnahmen in Hinblick auf ihre THG-Wirkung optimieren. In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass die THG-Speicher- und -Senkenfunktion der Boden-Vegetations-Komplexe auch unter den naturschutzrechtlichen Begriff der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts im Sinne des § 1 Abs. 1 Nr. 2 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sowie des § 14 Abs. 1 BNatSchG fällt und somit als Teil der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung gelten kann. Dass diese Funktion in den Regelungsbereich des Naturschutzrechts fällt, ergibt sich auch aus dem Grundsatz in § 1 Abs. 3 Nr. 4 BNatSchG, wo gefordert wird, dass das „Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege“ zu schützen ist. Entsprechend wird die Klimaschutzfunktion durch THG-Speicher und -Senken auch im Rahmen der Bundeskompensationsverordnung (BKompV) operationalisiert (siehe BKompV, Anlage 1, Schutzgüter Klima/Luft).

Grundsätzlich wünschenswert wäre es, wenn bei zukünftigen Planungen eine konkrete Quantifizierung der positiven oder negativen Effekte von Landnutzungsänderungen als CO₂-Äquivalente bzw. Kohlenstoffvorratsänderungen vorgenommen werden könnte.³ Allerdings bedarf es noch weitergehender Untersuchungen, um zu klären, ob eine solche Quantifizierung mit planungstauglichen Methoden gelingen kann. Die BKompV enthält im Rahmen ihres Bewertungssystems zumindest einen Vorschlag für eine klassifizierende Bewertung der THG-Speicher- und -Senkenfunktion in sechs ordinalen Bewertungsstufen, wobei nur die obersten drei Wertstufen für diese Funktion relevant sind (Tab. 1). Mit der Frage der Verknüpfung der THG-Speicher- und -Senkenfunktion mit der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung hat sich auch das Thünen-Institut (2015) befasst.

2 Um die Klimaziele zu erreichen, müssten in Deutschland zukünftig jährlich 50.000 ha trockene Moorböden wiedervernässt werden (F. Tanneberger, SZ, 6.11.2021).

3 Ein Zitat des bekannten Moorforschers Hans Joosten unterstreicht das Anliegen: „Man muss sich trauen, Zahlen zu produzieren“ (zitiert nach F. Tanneberger, SZ, 6.11.2021). Dies bezog sich u. a. auf die THG-Emissionen von Mooren, die anfangs schwer zu quantifizieren waren.

Auch die in einigen Ländern seitens der Bodenschutz- oder Naturschutzfachbehörden erarbeiteten Bewertungsmodelle zur Bewertung der Klimaschutzfunktion von Böden beinhalten vereinfachte Klassifizierungen mit einer Zuordnung von Kohlenstoffvorräten, jährlichen THG-Emissionen bzw. THG-Retentionsmengen je nach Bodenform und Nutzungsart. Für die Identifizierung der relevanten Bodenformen stehen bundesweite sowie landesweite Boden-daten zur Verfügung. Eine bundesweite Übersicht der Moorböden und organischen Böden bietet das Greifswald Moor Centrum an (siehe [Tegetmeyer et al. 2021](#)).

Für eine über ordinale Wertstufen hinausgehende quantitative THG-Bilanz für die Überbauung bzw. Beseitigung sowie sonstige (Nutzungs-)änderung gewachsener Bodenhorizonte eignet sich als Rechengröße v. a. die Veränderung der Kohlenstoffvorräte pro Hektar, obwohl hierbei die landnutzungsspezifischen Emissionen von Lachgas und Methan vernachlässigt werden. Dabei sind idealerweise die Veränderungen der Kohlenstoffvorräte im Boden und in der ober- und unterirdischen Biomasse (Phytomasse, Totholz, Streu) einzubeziehen. Daten hierzu enthalten bspw. der Bericht zur nationalen THG-Berichterstattung für den Sektor Landnutzungsänderungen (UBA 2020: 531 ff.), die aktuelle Bundeswaldinventur (<https://bwi.info/?lang=de>, aufgerufen am 4.3.2022) oder die Veröffentlichung von [Couwenberg et al. \(2008\)](#), in der von so genannten THG-Emissions-Standorttypen (GEST) gesprochen wird.

Zahlenwerte zu mittleren THG-Speichermengen (Kohlenstoffvorräten) bzw. THG-Emissionen (negativ oder positiv) bestimmter Landnutzungstypen bzw. Bodenvegetationsformen je Flächeneinheit in Hektar oder Quadratmeter müssen derzeit noch aufwändig der Literatur entnommen werden oder existieren in der Art noch nicht. Aufgrund der Bandbreite der veröffentlichten Zahlenwerte bedarf es für eine Anwendung in der Planungspraxis weitergehender Fachkonventionen. Notwendig sind möglichst allgemeingültige Standardwerte, Klassifizierungen bzw. Modelle, die anhand leicht verfügbarer Flächeninformationen eine schnelle Berechnung ermöglichen. Ziel sollte sein, mit der Eingabe von Biototypen oder Baumarten, Bodenformen, ggf. Angaben zum Wasserhaushalt, Grundflächengröße und Zeithorizonten Berechnungsergebnisse zu erhalten, die einen tabellarischen Vergleich verschiedener Szenarien erlauben. Bei der Anwendung derartiger Zahlen ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass u. a. auf Grund der räumlichen Varianz der Bodenbeschaffenheit und des Klimas in der Regel nur Abschätzungen von Größenordnungen möglich sind. Zu klären ist, von welchen Parametern diese Varianzen abhängen und ob diese Parameter mit für die Planungspraxis tauglichen Methoden flächendeckend erhoben und verarbeitet werden können.

Es ist weiterhin zu erwarten, dass ökologische Prozessmodellierungen in 3-D (räumlich, dreidimensional) und 4-D (tages- und jahreszeitlich, Lebenszyklen von Vorhaben) zur Operationalisierbarkeit beitragen werden und dass die Analyse der vorhabenbedingten Landnutzungsänderungen insbesondere mit BIM-Systemen (Building Information Modelling) und LIM-Systemen (Landscape Information Modelling) eine nachhaltigere Straßenplanung ermöglichen kann.

Unabhängig von der Genauigkeit einer THG-Bilanz sollte das planerische Ziel sein, aus den Informationen zu den THG-Speicher- und -Senkenfunktionen unterschiedlicher Boden-Vegetations-Komplexe alternative Lösungsoptionen, Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen abzuleiten und das Kompensationsmaßnahmenkonzept zu optimieren. Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen können bspw. darin bestehen, bestimmte klimasensible Bereiche, insbesondere Moor-, Wald- und Feuchtgrünlandkomplexe, zu umfassen (auf Ebene der Linienfindung), Oberboden nicht abzuschleiben und zu beseitigen oder bestimmte Böden, insbesondere Moorböden, nicht zu entnehmen (Vorlastschüttung statt Bodenaustausch) bzw. bei nicht vermeidbarer Entnahme organogene Böden

Tab. 1: Klassifizierungsvorschlag für die Treibhausgasspeicher- und -senkenfunktion gemäß Entwurf für die Handreichung des Bundesumweltministeriums (BMUV) zur Bundeskompensationsverordnung (BKompV).

Table 1: Classification proposal for the greenhouse gas (GHG) storage and sink function according to the draft of the German Environment Ministry (BMUV) guidance on the Federal Compensation Ordinance (BKompV).

Stufe	Erläuterung
(6) hervorragend	Moorböden und moorähnliche Böden mit hervorragendem organischem Kohlenstoffvorrat bzw. hoher Torfmächtigkeit (> 70 cm) unabhängig von der Nutzung oder weitgehend intakte Moore unabhängig von der Torfmächtigkeit
(5) sehr hoch	Moorböden und moorähnliche Böden mit sehr hohem organischem Kohlenstoffvorrat bzw. mittlerer Torfmächtigkeit (30 – 70 cm) unabhängig von der Nutzung oder leicht degradierte Moore mit dauerhafter moortypischer Vegetationsbedeckung und höchstens extensiver Nutzung unabhängig von der Torfmächtigkeit
(4) hoch	Moorböden und moorähnliche Böden mit hohem organischem Kohlenstoffvorrat bzw. geringer Mächtigkeit des Torfs bzw. organischen Bodens (< 30 cm) unabhängig von der Nutzung

an anderer Stelle klimaneutral wiedereinzubauen. Erweiterte planerische Möglichkeiten sind diesbezüglich durch die Erstellung von Bodenschutzkonzepten gemäß DIN 19639 insbesondere für die Ebene der Entwurfsplanung zu erwarten.

Weiterhin sollte die Schaffung von THG-Senken im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen angestrebt werden. Dabei sollte über eine THG-Bilanzierung eine Klimabilanz möglicher ökologischer Kompensationsmaßnahmen erstellt werden. Im Rahmen der funktionsbezogenen ökologischen Kompensation sind klimatisch unterschiedlich wirksame Maßnahmenzenarien denkbar. Im Regelfall sollte solchen Maßnahmen der Vorzug gegeben werden, die einen hohen Klimaschutzwert mit einem hohen naturschutzfachlichen Wert verbinden (siehe das modellhafte Beispiel in [Abb. 2](#), S. 418). Beispiele für klimaschutzrelevante Kompensationsmaßnahmen, die durch die Schaffung von CO₂-Senken zur Reduktion von THG-Emissionen beitragen, sind insbesondere Moorrevitalisierung, Wiedervernässung, die Pflanzung von Wäldern/Alleen/Gehölzstrukturen und die Schaffung von Feuchtwiesen und Dauergrünland auf vormaligem Ackerland, insbesondere im Bereich organogener Böden.

Nach Auffassung der Autorin und Autoren ist es grundsätzlich möglich und sinnvoll, die durch Straßenbauvorhaben bedingte Veränderung der THG-Speicher- und -Senkenfunktion von Boden-Vegetations-Komplexen zu bilanzieren. In diesem Sektor sollte – auch aus der Perspektive der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung – eine projektbezogene Klimaneutralität angestrebt werden. Ein weitergehender Bilanzansatz zur Erreichung einer projektbezogenen Klimaneutralität, der auch die THG-Emissionen aus technischem Bau und Betrieb sowie aus dem Verkehr auf der Straße einbezieht, wird allerdings nicht als zielführend erachtet. Wenn gleich das KSG insgesamt eine Klimaneutralität ab 2045 anstrebt, erscheint es aus heutiger Sicht unrealistisch, auch für jedes Straßenbauvorhaben mit all seinen Effekten Klimaneutralität zu erreichen. Dazu sind die Systemgrenzen der Betrachtung für Planungs- und Zulassungsverfahren zu eng gesetzt.

5 Baubedingte Treibhausgasemissionen/ Lebenszyklusemissionen

Neben den THG-Emissionen des Verkehrs und der Landnutzungsänderungen sind Bau und Betrieb⁴ sowie die Unterhaltung des Bauwerks mit erheblichem Energieaufwand und damit auch mit THG-Emissionen verbunden. Im Einzelnen betrifft dies folgende Aspekte des Baus und Unterhalts der Verkehrsinfrastruktur ([Mottschall, Bergmann 2013](#)):

4 Mit Betrieb ist hier nicht der fließende Verkehr auf der Straße, sondern der Betrieb des Bauwerks gemeint, also z. B. Straßenbeleuchtung o. Ä.

Schematische Kohlenstoffbilanz unterschiedlicher Kompensationskonzepte nach Eingriffsregelung

Es erfolgt die stark vereinfachte Ermittlung des Ausgleichsbedarfs am Beispiel des Neubaus einer 4.000 m langen Straße auf Ackerland mit einer Eingriffsbreite von 20 m. Dies ergibt eine Eingriffsfläche von 80.000 m². Das Beispiel geht von einem Eingriff in Ackerland auf ganzer Fläche aus. Die nachfolgende Beispielrechnung erfolgt auf Basis der BKompV, wonach einer Ackerfläche eine Biotopwertstufe 6 zugeordnet werden kann. Daraus ergibt sich ein Ausgleichsbedarf von 480.000 Biotopwerteinheiten. In der folgenden Tabelle ist die entsprechend vereinfachte Berechnung der Ausgleichsfläche dargestellt.

BKompV-Kürzel	Kompensation gemäß Eingriffsregelung zu	Biotopwertpunkte/m ²	Ausgleichsfläche in ha	Biotopwerteinheiten
41.06.01.J	Obstwiese (mit jungem Baumbestand)	12	4,0	480.000
34.07b.01	Grünland (mäßig artenreiche frische Wiese)	15	3,2	480.000
41.03.02M	Gehölze (Hecke mittlerer Ausprägung*)	16	3,0	480.000
37.02	Terrestrisches Feuchtgebiet (nährstoffreiches Großseggenried) auf Mineralboden	16	3,0	480.000

* THG-Bilanz nach UBA (2020) für Hecken mit Überhältern bis 9 m und Altersstufen von 4 bis 20 Jahren.

Mit diesen Werten erfolgt die modellhafte Berechnung einer Kohlenstoffgesamtbilanz mittels gerundeter Werte für Kohlenstoffvorräte bei Landnutzungsänderungen von Ackerland zum jeweilig ausgewählten Kompensationstyp nach UBA (2020). Die Werte der Kohlenstoffvorratsänderung nach UBA (2020) beziehen sich auf einen Entwicklungszeitraum von 20 Jahren.

Kompensation gemäß Eingriffsregelung zu	Fläche in ha	Mineralboden Kohlenstoffvorratsänderung pro ha und Jahr für insgesamt 20 Jahre**	Phytomasse Änderung in Bezug auf mittleren Kohlenstoffvorrat pro ha und Jahr***	Gesamtbilanz Kohlenstoffvorratsänderung (t C pro Jahr) für Kompensationsszenario
Obstwiese	4,0	11,0	13,0	$4 \times (11 + 13) = 96,0$
Grünland	3,2	28,0	7,0	$3,2 \times (28 + 7) = 112,0$
Gehölze	3,0	1,0	43,0	$3 \times (1 + 43) = 132,0$
Terrestrisches Feuchtgebiet	3,0	48,0	19,0	$3 \times (48 + 19) = 201,0$

** nach UBA (2020), Tab. 354, gerundet

*** nach UBA (2020), Tab. 367, gerundet

Die Beispielrechnung zeigt auf, dass ein Kompensationskonzept auf die klimaeffizientesten Maßnahmen ausgerichtet werden kann. Gewisse Spielräume bestehen im engeren, gleichartigen Funktionsbezug schon bei Ausgleichsmaßnahmen, insbesondere jedoch bei Ersatzmaßnahmen mit gelockertem gleichwertigem Funktionsbezug.

Neben den vorstehend aufgezeigten, nach Klimaschutzaspekten optimierten Kompensationskonzepten sind auch weitreichendere Ansätze denkbar. So kann bei Straßenbauprojekten mit stärkeren Eingriffen in THG-Senken eine biotoptypenspezifische THG-Verlustbilanz ermittelt werden und die zusätzliche Schaffung von THG-Senken/-Speichern über die nach Eingriffsregelung zu erbringende Kompensation erfolgen. Dies würde neben der Eingriffsausgleichsbilanz mit Biotopwertverfahren eine THG-Bilanz der Eingriffs- und Kompensationsflächen erfordern.

BKompV = Bundeskompensationsverordnung, THG = Treibhausgas

Abb. 2: Modellhaftes Beispiel für eine Bilanz der Klimawirksamkeit von Kompensationsmaßnahmen.

Fig. 2: Example of a balance sheet of the climate effectiveness of compensation measures.

- Unterbau und Oberbau der Straßen (z.B. Deck-, Trag-, Frostschutzschicht),
- Kunstbauten (z.B. Tunnel, Brücken, Lärmschutzwände),
- Straßenausstattung und -beleuchtung (z.B. Schilder, Leitplanken, Lichtsignalanlagen),
- Gebäude (z.B. Tankstellen, Rast- und Autohöfe, Meistereien),
- Betrieb der Verkehrsinfrastruktur,
- Betrieb der Straßenbeleuchtung,
- Betrieb der Tunnel,
- Betrieb der Lichtzechanlagen.

Bei [Mottschall, Bergmann \(2013\)](#) wurden die THG-Emissionen dieser Aspekte summarisch für den Straßenverkehr als so genannte Lebenszyklusemissionen abgeschätzt ([Tab.2](#)) und den THG-Emissionen des eigentlichen Straßenverkehrs (Fahrbetrieb) sowie der Herstellung und Unterhaltung der Kraftfahrzeuge gegenübergestellt. Danach beträgt das Verhältnis der Emissionen aus dem Fahrbetrieb zu den nicht fahrbetriebsbedingten Emissionen etwa 80–90 % zu 5–15 % an den Gesamtemissionen des Sektors Straße. Der Anteil für Herstellung und Unterhaltung der Kraftfahrzeuge liegt dabei in einer Größenordnung von 5%.⁵ Die THG-Emissionen aus dem eigentlichen Verkehr (Fahrbetrieb) überwiegen somit deutlich. Die THG-Emissionen aus dem Bereich Bau, Betrieb und Unterhaltung sind aber nicht von vornherein vernachlässigbar. Dabei ist absehbar, dass Straßen als Funktionsträger einer intelligenten Infrastruktur zunehmend energieintensivere Baustoffe und Technik aufnehmen und bereitstellen werden.

Für die Projektbewertung im BVWP 2030 wurde eine Betrachtung der Lebenszyklusemissionen vorgenommen, die sich an den in [Tab.2](#) dargestellten pauschalen straßenflächenbezogenen Richtwerten orientiert hat, die auf deutschlandweiten Mittelwerten beruhen. Mit diesen pauschalen Ansätzen kann auch für die Ebene eines räumlichen Variantenvergleichs eine Abschätzung vorgenommen werden. Für die Genehmigungsplanung stellt sich darüber hinaus die Frage, ob nicht für die einzelnen Bereiche des Baus und Betriebs geprüft werden sollte, inwieweit möglichst THG-emissionsarme Technologien zur Verfügung stehen.

In Österreich wird auf Grundlage eines entsprechenden Leitfadens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft ([BMLFUW 2010](#)) regelmäßig im Rahmen von Verfahren der Umweltverträglichkeitsprüfung ein so genanntes Klima- und Energiekonzept erstellt. In diesem Klima- und Energiekonzept stehen bei Straßenbauvorhaben insbesondere die Bauphase und betriebliche Aspekte im Mittelpunkt

Tab. 2: Lebenszyklusemissionen von Straßenbauvorhaben nach Mottschall, Bergmann (2013). (Quelle: BMVI 2016)

Table 2: Life cycle emissions of road construction projects according to Mottschall, Bergmann (2013). (Source: BMVI 2016)

Streckenategorie	Spezifische Treibhausgas-Emissionen in kg CO ₂ -Äquivalent je m ² Straßenoberfläche und Jahr
Straße ohne Kunstbauwerke	
• Bundesautobahnen	6,2
• Bundesstraßen	4,6
Aufschlag für Brückenabschnitte	12,6
Aufschlag für Tunnelabschnitte	27,1

der Betrachtung. Dazu wird regelmäßig auch eine konkrete Baulogistikplanung für das Zulassungsverfahren erarbeitet. Dies ist in Deutschland bisher nicht üblich, da die in einem solchen Baulogistikkonzept getroffenen Festlegungen und Annahmen im Zuge von Planfeststellungsverfahren lediglich grob sein können.

Die Autorin und Autoren sind aber der Auffassung, dass es auf Grundlage der für die Vorhabenzulassung notwendigen Annahmen zum Bauablauf und zur technischen Ausstattung des Bauwerks durchaus sinnvoll ist, darzustellen, inwieweit im Zuge der Bauausführung Energie und damit auch THG-Emissionen eingespart werden können. Entsprechende Maßnahmen (z.B. Materialeinsatz, optimierte Fahrwege, optimierte Massenbilanz, Baustoffrecycling, Solarzellen auf Lärmschutzgalerie) sollten zumindest qualitativ oder als Prüfauftrag für die Ausführungsplanung dargestellt werden.

6 Hinweise zur Berücksichtigung in den verschiedenen Planungsebenen

In [Tab.3](#) ist zusammengefasst, welche methodischen Bausteine zur Berücksichtigung von THG-Emissionen auf den verschiedenen Verfahrensebenen der Verkehrsinfrastrukturplanung entscheidungserheblich sein können. Für den BVWP bspw. spielt eine Gesamtbeachtung des Verkehrsnetzes eine besondere Rolle. Aber auch die THG-Bilanz einzelner Projekte kann auf dieser Ebene für die Prioritätensetzung der Projekte bereits relevant sein. Dementsprechend enthält der BVWP 2030 bereits entsprechende Analysen, die für den nächsten BVWP beibehalten und soweit möglich und sinnvoll weiterentwickelt werden sollten.

Da die konkrete Linienführung der jeweiligen Straße auf Ebene der Bedarfsplanung noch nicht festgelegt ist und sich auch die

Tab. 3: Überblick der Bausteine zur Berücksichtigung von Treibhausgas(THG)-Emissionen in den Planungsebenen der Straßeninfrastrukturplanung.

Table 3: Overview of the modules for considering greenhouse gas (GHG) emissions at the various planning levels of road infrastructure planning.

	Verkehr	Landnutzungsänderungen	Lebenszyklus/Bau/Betrieb/Unterhaltung
Bedarfsplanung/ Bundesverkehrswegeplan	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnung im Netz für jeden Verkehrsträger und übergreifend • Berechnung je Projekt im Rahmen der Nutzen-Kosten-Analyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Summarische Abschätzung der Betroffenheit von Moorbereichen • Flächenkonkrete Abschätzung der Betroffenheit von Moorbereichen je Projekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung im Netz für jeden Verkehrsträger und übergreifend • Abschätzung je Projekt im Rahmen der Nutzen-Kosten-Analyse
Linienfindung/Raumordnung	<ul style="list-style-type: none"> • Berechnung für jede Variante auf der Grundlage des Verkehrsgutachtens 	<ul style="list-style-type: none"> • Flächenkonkrete Abschätzung für jede Variante anhand der anlagebedingten Inanspruchnahme von Böden/Nutzungstypen mit besonderer THG-Speicher- und -Senkenfunktion 	<ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung für jede Variante anhand überschlägiger Annahmen z. B. gemäß Bundesverkehrswegeplan
Zulassung/Planfeststellung	<ul style="list-style-type: none"> • Evtl. Neuberechnung auf der Grundlage eines aktualisierten Verkehrsgutachtens 	<ul style="list-style-type: none"> • Flächenkonkrete Berechnung der anlage- und baubedingten Inanspruchnahme von Böden/Nutzungstypen mit Klimaschutzfunktion • Flächenkonkrete Berechnung der Klimaschutzfunktion von Vermeidungs-, Verminderungs- und Kompensationsmaßnahmen • Bilanz der eingriffsseitigen und kompensationsseitigen Wirkungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung konkreter Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von THG-Emissionen in der Bau- und Betriebsphase

5 In der Studie wird für die Berechnung eine Lebensdauer der Infrastruktur von 60 Jahren angenommen. Enthalten ist auch der Aufwand für die Materialherstellung, z.B. von Stahl, Beton oder Schotter.

Erkenntnisse zum Verkehrsaufkommen jährlich ändern, sollten die Aussagen zu den THG-Emissionen sowohl für den Verkehr als auch für Bau, Betrieb und Unterhaltung der Infrastruktur auf Ebene der Linienfindung/Raumordnung aktualisiert und konkretisiert werden. Hinzu kommen konkretere Aussagen zur Inanspruchnahme von Böden und Biotopen mit THG-Speicher- und -Senkenfunktion. Sie dienen auf dieser Ebene insbesondere dem Vergleich räumlicher Linienalternativen. Auf Ebene der Projektzulassung schließlich sollten Details der technischen Planung und ggf. Bauausführung im Mittelpunkt der Betrachtung stehen, wobei die Grenzen zulassungsrelevanter Fragestellungen zu beachten sind. Unter anderem ist hier der Umgang mit kohlenstoffreichen Böden und Landnutzungen mit hoher THG-Speicher- und -Senkenfunktion noch einmal genauer zu beleuchten. Dabei wären dann auch konkrete bautechnische und naturschutzfachliche Maßnahmen zur Minimierung des Abbaus organischer Substanz im Boden bzw. zur Optimierung der THG-Speicher- und -Senkenfunktion unter Einbeziehung von Kompensationsmaßnahmen zu prüfen. Zudem ist zu prüfen bzw. zu definieren, inwieweit gemäß § 13 KSG auch auf Ebene der Linienfindung/Raumordnung und Planfeststellung eine Einbeziehung des CO₂-Preises sowie eine Nutzen-Kosten-Abwägung in Bezug auf Maßnahmen zur Minimierung der THG-Emissionen durchzuführen sind.

7 Schlussfolgerungen

Der Aufsatz gibt einen Überblick darüber, wie der Neu- und Ausbau der Straßeninfrastruktur die Emission und natürliche Speicherung von THG beeinflussen. Während der Straßenverkehr insgesamt einen erheblichen Anteil an den nationalen THG-Emissionen verursacht, ist der Beitrag eines einzelnen Straßenbauvorhabens entsprechend kleiner. Dennoch sind die Autorin und Autoren davon überzeugt, dass der konkrete Beitrag des einzelnen Straßenbauvorhabens in Planungs- und Zulassungsverfahren nicht (mehr) vernachlässigt werden kann. Angesichts der Bedeutung des Themas Klimaschutz ist Handeln auf allen Ebenen erforderlich. Dies wird auch in den Vorschriften zur UVP sowie im deutschen KSG deutlich. Sowohl Anlage 4 zum UVPG als auch § 13 KSG fordern auf der Projektplanungs- und -zulassungsebene zielgerichtete Analysen und Bewertungen. Der Aufsatz zeigt, welche Handlungsfelder dabei im Kontext der Planungs- und Zulassungsverfahren für den Neu- und Ausbau der Straßeninfrastrukturmaßnahmen zu berücksichtigen sind, um im Ergebnis mit bewussten Entscheidungen und geeigneten Maßnahmen die Emission von THG so weit wie möglich zu reduzieren.

8 Literatur

- BMU/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2019): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. 2. Aufl. BMU. Berlin: 92 S.
- BMVI/Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.) (2016): Methodenhandbuch zum BVWP 2030. BMVI. Berlin: 493 S.
- Couwenberg J., Augustin J. et al. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Naturschutz Mecklenburg-Vorpommern. Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde – DUENE e. V. Greifswald: 33 S.
- Grothe M., Kasper M. et al. (2017): Klimaschutzfunktion von Böden und Bodennutzungen als Beitrag zur Landschaftsrahmenplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 2017(3/17): 85 – 116.
- Lal R. (2004): Soil Carbon sequestration to mitigate climate change. The Global Journal of Soil Science, Geoderma 123 (1–2): 1–22.
- BMLFUW/Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2010): Leitfaden für das Klima- und Energiekonzept im Rahmen von UVP-Verfahren. BMLFUW. Wien: 41 S.

Mottschall M., Bergmann T. (2013): Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Arbeitspaket 4 des Projektes „Weiterentwicklung des Analyseinstrumentes Renewability“, 3., korrigierte Fassung 2015(96/2013). Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau: 219 S.

Tegetmeyer C., Barthelmes K.-D. et al. (2021): Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands. 2., überarbeitete Fassung. Greifswald-Moor-Centrum-Schriftenreihe 2021(1): 10 S. <https://www.greifswaldmoor.de/gmc-schriftenreihe.html> (aufgerufen am 22.11.2021).

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz (2015): Optimierung von ökologischen Entwicklungsmaßnahmen hinsichtlich der Treibhausgasbindung/-freisetzung und Überprüfung von Möglichkeiten zur Implementierung in Bewertungssystematiken der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung – Abschlussbericht; DBU-AZ 28479. uventus GmbH/Thünen-Institut für Agrarklimaschutz. Gladbeck/Braunschweig: 95 S.

UBA/Umweltbundesamt (2020): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018. Climate Change 22/2020. UBA. Dessau-Roßlau: 1.004 S.

UBA/Umweltbundesamt (2021): Emissionsdaten gemäß § 5 KSG. <https://bit.ly/THG-Emissionen-Deutschland> (aufgerufen am 22.11.2021).

Dr. Stefan Balla
Korrespondierender Autor
Froelich & Sporbeck GmbH & Co. KG
Ehrenfeldstraße 34
44789 Bochum
E-Mail: s.balla@fsumwelt.de



Der Autor hat Geographie, Landschaftsökologie, Biologie und Landschaftsplanung in Bochum und Berlin studiert. Er ist seit 1993 als Gutachter für Umweltverträglichkeitsprüfungen und seit 2022 bei Froelich & Sporbeck als Prokurist tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen im Bereich der ökologisch orientierten Umweltplanung und im Projektmanagement.

Dr. Sven Reiter
Landesamt für
Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern
An der Jägerbäk 3
18069 Rostock
E-Mail: sven.reiter@sbv.mv-regierung.de

Grischa Löwe
Bosch & Partner GmbH
Lortzingstraße 1
30177 Hannover
E-Mail: g.loewe@boschpartner.de

Fanny Mundt
Landesamt für
Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern
An der Jägerbäk 3
18069 Rostock
E-Mail: fanny.mundt@sbv.mv-regierung.de

Florian Gans
Bosch & Partner GmbH
Lortzingstraße 1
30177 Hannover
E-Mail: f.gans@boschpartner.de