



Lohmeyer

Schlussbericht vom 23.03.2023

STADTBAHN DRESDEN
TA 1.2 NOSSENER BRÜCKE / NÜRNBERGER STRAÙE
AUSFÜHRUNGEN ZUM KLIMASCHUTZ

Auftraggeber:

Dresdner Verkehrsbetriebe AG
Hohentalplatz 7, 01067 Dresden

über

EIBS Entwurfs- und Ingenieurbüro GmbH
Bernhardstraße 92
01187 Dresden

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dresden

Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. I. Düring

März 2023
Projekt 10363-22-01
Berichtsumfang 47 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
ABKÜRZUNGEN	3
1 AUFGABENSTELLUNG	4
2 VORGEHENSWEISE	6
2.1 Betriebsbedingte Emissionen	7
2.2 Lebenszyklusemissionen	9
2.3 Landnutzungsänderung durch das Vorhaben	11
2.4 Gesamtbilanzierung	13
3 EINGANGSDATEN	14
3.1 Lage des Untersuchungsgebietes	14
3.2 Verkehrsdaten	16
4 EMISSIONEN	19
4.1 Betriebsbedingte Emissionsfaktoren.....	19
4.2 Betriebsbedingte Emissionen	27
4.3 Emissionsfaktoren für den Lebenszyklus.....	32
4.4 Lebenszyklusemissionen	36
4.5 Emissionsbilanz / Zusammenfassung.....	38
5 EINORDNUNG DER ERGEBNISSE UND FAZIT	41
6 LITERATUR	44

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Namen und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Neuer Europäischer Fahrzyklus

Der Neuen Europäische Fahrzyklus (NEFZ) war von 1992 bis 2018 das vorgeschriebene Prüfverfahren zur Ermittlung der CO_2 - und Schadstoffemissionen neuer Pkw und leichter Nutzfahrzeuge. Da die Flottengrenzwerte bis 2020 jedoch noch unter dem nun veralteten NEFZ-Verfahren festgelegt sind, erfolgt bei Neuzulassungen, die bereits nach dem neuen WLTP-Verfahren typgenehmigt sind, bis einschließlich 2020 eine zusätzliche Umrechnung der CO_2 -Werte in den NEFZ, auf dessen Grundlage die Flottenemissionen der Hersteller bis 2020 berechnet werden. Die nach NEFZ ermittelten Werte gelten als zu niedrig, weil die Prüfbedingungen des Verfahrens so definiert sind, dass erhebliche Abweichungen des Testfahrzeugs und der Testbedingungen von den real zugelassenen Fahrzeugen unter den typischerweise zu erwartenden Einsatzbedingungen möglich sind.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure

Das Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP) ersetzt den NEFZ. WLTP beruht auf einem dynamischeren Fahrzyklus und deutlich genauer definierten, realistischeren Testbedingungen

ZLEV - niedrig emittierende Pkw (engl.: zero and low emitting vehicles)

Unter Zero and Low Emission Vehicles (ZLEV) fallen reine Batterie- bzw. Brennstoffzellenfahrzeuge mit 0 g CO₂/ km oder extern aufladbare Plug-In Hybridfahrzeuge (sofern sie CO₂ Emissionen von unter 50 g CO₂/ km aufweisen). Durch die Produktion und den Verkauf von ZLEV können Hersteller bei der Ermittlung des CO₂-Flottenemissionsfaktors sogenannte Supercredits erwerben. Supercredits sind im Endeffekt eine stärkere statistische Gewichtung von ZLEV gegenüber regulären Fahrzeugen. Sie sorgen dafür, dass sich der Verkauf von ZLEV besonders stark auf die CO₂- Flottenwerte der Hersteller auswirkt: Im Jahr 2020 zählt in der Berechnung der CO₂-Flottenwerte eines Herstellers jeder neue ZLEV-Pkw als zwei Pkw. 2021 beträgt die Gewichtung von ZLEV-Pkw noch 1.67 und 2022 1.33. Erst ab 2023 werden ZLEV-Pkw einfach gewichtet. Die maximal anrechenbare Einsparung durch Supercredits für jeden Hersteller beträgt 7.5 g CO₂/ km

ABKÜRZUNGEN

BVWP	Bundesverkehrswegeplan
BW	Bauwerk
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GWP	Global Warming Potential
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
HVS	Hauptverkehrsstraße
KSG	Klimaschutzgesetz
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LCCE	Lebenszyklusemissionen
LV	Leichtverkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NF	Nullfall
OU	Ortsumfahrung
PF	Planfall
PROBAS	Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme
SSU	Straßen-, Stadt-, und U-Bahnen
SV	Schwerverkehr
THG	Treibhausgas
TL	Tempolimit
TTW	Tank-To-Wheel
UG	Untersuchungsgebiet
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure
WTT	Well-To-Tank
WTW	Well-To-Wheel
ZLEV	Zero and Low Emitting Vehicles (niedrig emittierende Pkw)

1 AUFGABENSTELLUNG

Im Juni 2021 wurde vom Bundestag das geänderte Bundes-Klimaschutzgesetz (Änderung mit Gesetz vom 18.08.2021, BGBl. I S. 3905) beschlossen. Mit dem neuen Gesetz wird das Ziel der Klimaneutralität um fünf Jahre auf 2045 vorgezogen. Der Weg dahin wird mit verbindlichen Zielen für die 20er und 30er Jahre festgelegt. Das Zwischenziel für 2030 wird von derzeit 55 auf 65 Prozent Treibhausgasreduzierung gegenüber 1990 erhöht. Für 2040 gilt ein neues Zwischenziel von 88 Prozent Minderung.

Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) hat den Zweck, die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zu gewährleisten. Grundlage bildet die Verpflichtung nach dem Übereinkommen von Paris aufgrund der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Danach soll der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst auf 1.5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden, um die Auswirkungen des weltweiten Klimawandels so gering wie möglich zu halten. Auch soll damit das Bekenntnis Deutschlands auf dem UN-Klimagipfel am 23. September 2019 in New York gestützt werden, bis 2050 Treibhausgasneutralität als langfristiges Ziel zu verfolgen¹.

Im Sinne einer Vorbildfunktion der öffentlichen Hand wird im § 13 des KSG ein sog. Berücksichtigungsgebot formuliert:

(1) Die Träger öffentlicher Aufgaben haben bei ihren Planungen und Entscheidungen den Zweck dieses Gesetzes und die zu seiner Erfüllung festgelegten Ziele zu berücksichtigen. Die Kompetenzen der Länder, Gemeinden und Gemeindeverbände, das Berücksichtigungsgebot innerhalb ihrer jeweiligen Verantwortungsbereiche auszugestalten, bleiben unberührt. Bei der Planung, Auswahl und Durchführung von Investitionen und bei der Beschaffung auf Bundesebene ist für die Vermeidung oder Verursachung von Treibhausgasemissionen ein CO₂-Preis, mindestens der nach § 10 Absatz 2 Brennstoff-Emissionshandelsgesetz gültige Mindestpreis oder Festpreis zugrunde zu legen.

(2) Der Bund prüft bei der Planung, Auswahl und Durchführung von Investitionen und bei der Beschaffung, wie damit jeweils zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele nach § 3 beigetragen werden kann. Kommen mehrere Realisierungsmöglichkeiten in Frage, dann ist in Abwägung mit anderen relevanten Kriterien mit Bezug zum Ziel der jeweiligen Maßnahme

¹ <https://www.bmu.de/gesetz/bundes-klimaschutzgesetz>

solchen der Vorzug zu geben, mit denen das Ziel der Minderung von Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus der Maßnahme zu den geringsten Kosten erreicht werden kann. Mehraufwendungen sollen nicht außer Verhältnis zu ihrem Beitrag zur Treibhausgasreduzierung stehen. Soweit vergaberechtliche Bestimmungen anzuwenden sind, sind diese zu beachten.

(3) Bei der Anwendung von Wirtschaftlichkeitskriterien sind bei vergleichenden Betrachtungen die dem Bund entstehenden Kosten und Einsparungen über den jeweiligen gesamten Lebenszyklus der Investition oder Beschaffung zugrunde zu legen.

Vor diesem Hintergrund ist im Rahmen der Planungen zur Stadtbahn Dresden eine THG-Bilanzierung (Treibhausgas) zu erstellen.

2 VORGEHENSWEISE

Die nachfolgenden Betrachtungen orientieren sich maßgeblich an der „Arbeitshilfe zur Erstellung eines Fachbeitrags Klimaschutz für Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern – „AD-HOC ARBEITSHILFE KLIMASCHUTZ“ vom 01.08.2022².

Danach werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

1. Bilanzierung der verkehrsbedingten THG-Emissionen (Betriebsphase, im folgenden betriebsbedingte Emissionen genannt)
2. Bilanzierung der THG-Emissionen aus dem Lebenszyklus des Vorhabens (Bau, Betrieb und Unterhaltung) sowie
3. Diskussion bzw. ggf. Bilanzierung der THG-Emissionen aus Landnutzungsänderungen.

Damit erfolgt eine ganzheitliche Betrachtung des Vorhabens, die die Emissionen verschiedener Sektoren im Sinne Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG)³ einbezieht.

In der sektoralen Bilanzierung des KSG werden

- die betriebsbedingten Auspuffemissionen, d.h. Tank-To-Wheel (TTW), dem Sektor „Verkehr“,
- die betriebsbedingten Vorkettenemissionen aus der Kraftstoffherstellung / -bereitstellung und Stromerzeugung / -bereitstellung, d.h. Well-To-Tank (WTT), dem Sektor „Energiewirtschaft“
- die Lebenszyklusemissionen dem Sektor „Industrie“ sowie
- die Emissionen aus Landnutzungsänderungen dem Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“

zugeordnet.

² Bericht von Bosch & Partner sowie Füsser & Partner RA im Auftrag des Landesamtes für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern

³ <http://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>

Nach Empfehlung der o.g. Arbeitshilfe sollte das Themenfeld Klimaschutz prinzipiell auf zwei Prüfebene für Planungs- und Zulassungsverfahren bearbeitet und dokumentiert werden:

- a) Ausfüllen einer Checkliste zur Prüfung von Klimaschutzbelangen bei der Straßenplanung und
- b) Erstellen von Ausführungen zum Klimaschutz.

Durch das Ausfüllen der Checkliste wird eine Vorprüfung vorgenommen, aus deren Ergebnis die Entscheidung getroffen wird, ob Ausführungen zum Klimaschutz notwendig werden oder ob davon ausgegangen werden kann, dass das Vorhaben ohne tieferegehende Betrachtungen mit den Belangen des Klimaschutzes vereinbar ist.

Demnach ist die Prüfung der Anforderungen des § 13 KSG notwendig, wenn:

1. für das Vorhaben ein Verkehrsgutachten zur Analysierung der verkehrlichen Wirkungen erstellt wurde **ODER**
2. durch das Vorhaben besonders klimarelevante Vegetationskomplexe (insbesondere Wald, Allee, Extensivgrünland) in einem Umfang von mehr als 300 m² anlagebedingt dauerhaft in Anspruch genommen werden **ODER**
3. es sich nicht um einen Ersatzneubau handelt.

Im Falle der Planungen zur Stadtbahn Dresden ist somit die Prüfung der Anforderungen an den Klimaschutz gemäß § 13 KSG notwendig und wird hiermit vorgelegt.

2.1 Betriebsbedingte Emissionen

Die Ermittlung der verkehrsbedingten THG-Emissionen erfolgt entsprechend den Inhalten des Klimaschutzgesetzes (KSG) nach dem Quellprinzip bezogen auf den Sektor Verkehr. Damit bezieht sich die Bilanzierungsmethodik entsprechend dem Kyoto-Protokoll auf die THG-Beiträge, die unmittelbar während des Betriebs der Kfz lokal freigesetzt werden – so genannte Tank-To-Wheel-Emissionen. Gemäß dem Kyoto-Protokoll werden dabei neben CO₂ prinzipiell fünf weitere Gaskomponenten als klimarelevant betrachtet: Methan (CH₄), Lachgas (N₂O), Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) sowie Schwefelhexafluorid (SF₆). Die Ausweisung der Gesamt-THG-Emissionen erfolgt in Form so genannter CO₂-Äquivalente, wobei die Emissionen jeder Komponente über einen entsprechenden Wirkfaktor bzgl. des CO₂-Erwärmungspotenzials („Global Warming Potential“ (GWP)) gewichtet werden.

Für den Straßenverkehr erfolgt die Berechnung der Treibhausgasemissionen im vorliegenden Projekt auf Basis des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (HBEFA) in der aktuellen Version 4.2 (2022). Darin werden zunächst die klimarelevanten Anteile der direkten CO₂-Emissionen, d.h. ohne den biogenen Kraftstoffanteil betrachtet. Darüber hinaus werden im HBEFA auch Emissionsfaktoren für CO₂-Äquivalente ausgewiesen, die neben klimarelevantem CO₂, d.h. unter Berücksichtigung des klimaneutralen Biokraftstoffanteils, auch die Treibhausgase Methan und Lachgas mit den entsprechenden Wirkfaktoren beinhalten. Die Bilanzierung der betriebsbedingten THG-Emissionen erfolgt somit auf Basis der CO₂-Äquivalente.

Die Berechnungsmethodik entspricht der VDI 3782 Blatt 7 „Kfz-Emissionsbestimmung“ (Mai 2020). Die netzbezogenen Verkehrsdaten des vorhabenbezogenen Verkehrsgutachtens dienen als Grundlage, um anhand der THG-Emissionsfaktoren des HBEFA 4.2 die summarischen Emissionen für den Prognosenullfall und für den Prognoseplanfall zu berechnen. In einem weiteren Schritt wird die Differenz aus beiden Prognosefällen gebildet, um den Nettoeffekt des Vorhabens darzustellen.

Beim beschriebenen Vorgehen der Tank-To-Wheel-Bilanzierung (TTW) muss beachtet werden, dass die Berechnung der verkehrsbedingten THG-Emissionen ausschließlich die lokalen Emissionen einbezieht. Diese Methode entspricht zwar prinzipiell der sektoralen Betrachtungs- bzw. Bilanzierungsweise des Klimaschutzgesetzes - die Vorkettenemissionen aus der Kraftstoff- und Elektroenergieerzeugung (Well-To-Tank-Emissionen) werden nach dieser Bilanzierungsmethode dem Energiesektor zugewiesen - die explizite Ausweisung der gesamten THG-Emissionen (Well-To-Wheel) erfolgt bei diesem Vorgehen allerdings in der Regel nicht.

Bei einem Emissionsvergleich zwischen Null- und Planfall, bei dem in der Regel dasselbe Bezugsjahr und damit dieselbe Flottenzusammensetzung der Fahrzeuge angenommen wird, werden bei einer standardmäßigen Tank-To-Wheel-Betrachtung zwar die Vorkettenemissionen nicht in die Bilanz einbezogen, eine Änderung der Verkehrsmengen wird hingegen emissionsseitig proportional abgebildet, da der Elektroanteil in beiden Szenarien gleich ist.

Fragwürdiger ist die ausschließliche Tank-To-Wheel-Bilanzierung jedoch bei einem Szenarienvergleich, bei dem die betrachteten Bezugsjahre nicht identisch sind (z. B. Ist-Fall/Prognosefall). Hierbei fließt neben der verkehrlichen Entwicklung auch die Flottenzusammensetzung mit ein. Bei der Prognose der Flottenzusammensetzung im HBEFA 4.2 wird künftig von einem relativ starken Fahrleistungsanstieg der Elektrofahrzeuge ausgegangen, die wiederum

entsprechend der Bilanzierungsweise des Klimaschutzgesetzes als „Null-Emissions-Fahrzeuge“ betrachtet werden. Demnach kann u. U. die THG-Bilanz eines Bauvorhabens im Prognosejahr - auf Grund eines gegenüber dem Ist-Fall höheren Elektroanteils - trotz einer Verkehrszunahme und eines dementsprechend höheren Energieverbrauchs - für den Verkehrssektor formal positiv und dementsprechend klimafreundlich ausfallen.

Aus diesem Grunde ist die Ausweisung der Vorkettenemissionen derzeit zwar gesetzlich nicht bewertungsrelevant, aus Transparenzgründen (z. B. in der öffentlichen Diskussion) allerdings hilfreich. Im HBEFA 4.2 werden THG-Emissionsfaktoren für die Well-To-Tank-Emissionen (WTT) der Vorkette ausgewiesen. Für die Energieerzeugung der Elektrofahrzeuge wird dabei standardmäßig ein bezugsjahresabhängiger Strommix verwendet.

Die betriebsbedingten WTT-Emissionen der Straßenbahn sowie der Elektrobusse werden für zwei Szenarien berechnet: Zum einen wird berücksichtigt, dass die DVB seit 2021 klimaneutralen Strom bezieht, sodass die THG-Emissionen aus der Elektroenergieerzeugung in diesem Szenario nicht in die Bilanz einbezogen werden. In einem zweiten Szenario werden die WTT-Emissionen der Straßenbahn und der Elektrobusse aus Vergleichsgründen unter Verwendung des Strommix 2030 aus HBEFA 4.2 berechnet und separat ausgewiesen.

Die Well-To-Tank-Emissionen werden im vorliegenden Bericht auf dieser Basis mit berechnet und tabellarisch separat ausgewiesen.

Im Planungsprozess für die o.g. Baumaßnahme liegt bereits ein Gutachten zur Luftthygiene vor (Lohmeyer, 2020). Der Untersuchungsraum dieses Gutachtens umfasst ausschließlich die nähere Umgebung der Planungstrasse. Die verkehrlichen Veränderungen, die durch den Betrieb der Stadtbahn im Planfall hervorgerufen werden, betreffen jedoch auch Streckenabschnitte außerhalb der Planungstrasse. Aus diesem Grunde erfolgte die Bilanzierung der THG Emissionen auf Basis der Fahrleistungsbilanz - d.h. der erbrachten Fahrzeugkilometer in Null- und Planfall - auf dem gesamtstädtischen Netz Dresdens.

Das Bezugsjahr für die Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen im Null- und Planfall ist 2030.

2.2 Lebenszyklusemissionen

Bei Straßenbauvorhaben soll die Abschätzung der Lebenszyklusemissionen (LCCE) in Abhängigkeit von der Größe und Art der geplanten Maßnahme als summarische Aussage zu

den THG-Emissionen erfolgen, die bei Bau und Unterhaltung der Verkehrsinfrastruktur des Vorhabens, wie

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

sowie seinem Betrieb, wie

- Betrieb der Straßenbeleuchtung,
- Betrieb der Tunnel,
- Betrieb der Lichtzeichenanlagen

anfallen. Dazu sind verschiedene Ansätze möglich. Ein praktikabler Ansatz ist die Multiplikation von volumen- oder flächenbezogenen Attributen der geplanten Bauwerke mit spezifischen Emissionsfaktoren. In o.g. Arbeitshilfe wird auf Emissionsfaktoren zurückgegriffen, die im Methodenhandbuch des Bundesverkehrswegeplanes (BVWP) 2030 auf der Grundlage der Berechnungen nach Mottschall und Bergmann (2013) abgeleitet wurden. Die Berechnung der THG-Emissionen erfolgte dort auf Basis der im Durchschnitt in Deutschland für den Straßenbau eingesetzten Materialmengen. Hierbei wurden auch die Emissionen berücksichtigt, die bei der Gewinnung der Rohstoffe (z. B. Zement, Kies, Sand) sowie deren Transport und deren Verarbeitung zu den Grundmaterialien (wie z. B. Beton, Stahl, Kupfer) entstehen. Ebenfalls betrachtet wurden für die Infrastruktur die Emissionen, die durch den Transport zum Bauort und den Maschineneinsatz auf der Baustelle entstehen.

Handlungsempfehlungen zu den Lebenszyklusemissionen durch Bau und Unterhaltung von Straßenbahntrassen werden in der „AD-HOC ARBEITSHILFE KLIMASCHUTZ“ nicht gegeben. Die Abschätzung der Lebenszyklusemissionen der Straßenbahntrasse der Dresdner Stadtbahn erfolgte deshalb auf Basis der „Berechnungen zur Klimabilanz Berliner U-Bahn- und Straßenbahnplanungen“ in Dittmer et. al (2023). Darin werden auf der Grundlage angenommener Mengengerüste CO₂-Emissionen für den zweigleisigen Straßenbahnneubau in t / km ausgewiesen.

Dabei wird zwischen den beiden baulichen Ausführungsvarianten

- „straßenbündig mit fester Fahrbahn“ (der Gleisbereich ist in dieser Variante für Kraftfahrzeuge befahrbar) und

- „Straßenbahngleise in besonderem Bahnkörper“ (vom Autoverkehr getrennter Bahnkörper mit Schotter- oder Rasengleis)

unterschieden. Weiterhin werden Emissionsfaktoren für die Herstellung von Haltestellen gegeben.

Die Berechnung der Lebenszyklusemissionen erfolgt unter Verwendung der vorliegenden mittleren Emissionsfaktoren aus Mottschall und Bergmann (2013) bzw. Dittmer et. al (2023), den Angaben zur Fläche bzw. Länge der geplanten Straßenausbau- bzw. Straßenbahnneubaustrecke sowie der Anzahl von Haltestellen.

2.3 Landnutzungsänderung durch das Vorhaben

Der Teilaspekt Landnutzungsänderung bezieht sich auf die THG-Bilanz von Boden-Vegetationskomplexen. In der organischen Substanz im Boden und in der Vegetation (unterirdische und oberirdische Biomasse) ist CO₂ in Form von organisch gebundenem Kohlenstoff (CO_{2org}) gespeichert (Speicherfunktion). Je nach Bodenform, Vegetationstyp und Nutzung werden aus dem Boden-Vegetation-System entweder Treibhausgase emittiert oder es wird CO₂ kontinuierlich eingelagert (Senkenfunktion). Im Falle eines Straßenbauvorhabens kommt es zu Änderungen dieser natürlichen Prozesse im Bereich des Eingriffs und im Bereich von flankierenden landschaftspflegerischen Maßnahmen. Diese Effekte sollten nach o. g. Arbeitshilfe idealerweise ermittelt und auf den Planungsebenen Raumordnung/Linienfindung und Zulassung/Planfeststellung ebenenspezifisch berücksichtigt werden.

Die derzeit vorliegende Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz kann die Ermittlung konkreter THG-Effekte anhand ausgewiesener CO₂-Emissionen in Tonnen oder Kilogramm für Bodentypen und Biotoptypen derzeit nicht empfehlen, da hierfür weitere Untersuchungen, insbesondere hinsichtlich landes- bzw. regionalspezifischer Besonderheiten notwendig sind. Entsprechend der Empfehlung der Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz wird die Berücksichtigung der vorhabenbedingten THG-Effekte durch eine flächenbezogene und qualitativ beschreibende Betrachtung vorgenommen.

Der Fokus bei der Eingriffsbetrachtung von Boden-Vegetationskomplexen mit Klimaschutzfunktion wird dabei vor allem auf Moore und moorähnliche Böden gelegt. Je nach Beschaffenheit und Überdeckung (Torfmächtigkeit und Mächtigkeit des organischen Bodens), Nutzung und Wasserstand sowie weiterer (Standort)Faktoren können die Speicher- und Senkenfunktionen von Mooren und moorähnlichen Böden stark variieren.

Wenn weitergehende Differenzierungen, z. B. im Rahmen von Variantenentscheidungen, erforderlich sind und verschiedene Ausprägungen durch das Vorhaben betroffen sein können empfiehlt die Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz die folgende qualitative Unterteilung:

- hervorragend (6): Moorböden und moorähnliche Böden mit hervorragendem C_{org} -Vorrat bzw. hoher Torfmächtigkeit (>70 cm) unabhängig von der Nutzung oder weitgehend intakte Moore unabhängig von der Torfmächtigkeit,
- sehr hoch (5): Moorböden und moorähnliche Böden mit sehr hohem C_{org} -Vorrat bzw. mittlerer Torfmächtigkeit (30 cm bis 70 cm) unabhängig von der Nutzung oder leicht degradierte Moore mit dauerhafter moortypischer Vegetationsbedeckung und höchstens extensiver Nutzung unabhängig von der Torfmächtigkeit und
- hoch (4): Moorböden und moorähnliche Böden mit hohem C_{org} -Vorrat bzw. geringer Mächtigkeit des Torfes bzw. organischen Bodens (<30 cm) unabhängig von der Nutzung.

Sind durch das Vorhaben keine der aufgeführten Bodenformen betroffen und liegen keine anderweitigen Informationen zu besonders klimarelevanten Bodenstrukturen vor, kann entsprechend der Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz eine Betrachtung des Klimaschutzaspektes im Zusammenhang mit vorhabenbedingten Auswirkungen auf Böden entbehrlich sein.

Zur Identifikation und Beschreibung klimarelevanter Biotope werden - mit abnehmender Relevanz - die Vegetationskomplexe

- ausgewiesene Klimaschutzwälder, Immissionsschutzwälder, Bodenschutzwälder sowie natürliche und naturnahe Waldbestände,
- Alleen, Baumreihen und Gehölzbestände,
- sonstige natürliche und naturnahe Biotope, die dauerhaft keiner Nutzung unterliegen sowie
- extensiv bewirtschaftete Feucht- und Nassgrünländer

betrachtet.

Im vorliegenden Vorhaben der Dresdener Stadtbahn handelt es sich um einen innerstädtischen Umbau des Straßenraumes. Somit wird davon ausgegangen, dass durch das Vorhaben keine relevanten Landnutzungsänderungen des Bodens vorgenommen werden. Bzgl. der Auswirkungen auf Vegetationskomplexe oder Biotope wird davon ausgegangen, dass die

im Landschaftspflegerischen Begleitplan geforderten Kompensationsmaßnahmen die klimarelevanten Landnutzungsänderungen durch das Vorhaben ausreichend berücksichtigen.

Eine Bewertung der Landnutzungsänderung durch das Vorhaben erfolgt deshalb im vorliegenden Gutachten nicht.

2.4 Gesamtbilanzierung

Die ermittelten THG-Emissionen werden im Sinne einer Gesamtbilanz tabellarisch zusammengefasst.

3 EINGANGSDATEN

Für die Emissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Vom Auftraggeber wurden als Grundlage für das vorliegende Gutachten u. a. die Verkehrsbelegungsdaten für Null- und Planfall (Landeshauptstadt Dresden, 2019) übergeben:

3.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet der Planungstrasse liegt in unmittelbarer Nähe des Stadtzentrums von Dresden. Der Bauabschnitt erstreckt sich von der Kreuzung Kesselsdorfer Straße / Tharandter Straße / Löbtauer Straße / Freiburger Straße bis in Höhe Kreuzung Nürnberger Straße / Hübner Straße. In diesem Abschnitt wird der Neubau der Stadtbahn geplant, die zumeist in Mittellage verläuft. Lediglich im Bereich zwischen Höhe Fabrikstraße und Freiburger Straße werden die beiden Gleise neben der stadtauswärtigen Fahrbahn geführt. Dabei wird die Trasse über die Nossener Brücke geplant.

Die **Abb. 3-1** zeigt eine Übersicht über das zur THG-Bilanzierung verwendete gesamtstädtische Dresdner Straßennetz aus (Landeshauptstadt Dresden, 2019) sowie eingebettet darin das bei der Erstellung des lufthygienischen Gutachtens in (Lohmeyer, 2020) berücksichtigte Straßennetz.

Planung

- Straßennetz Dresden
- berücksichtigtes Planungsgebiet

Hintergrundkarte: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2023)
Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

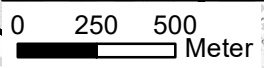


Abb. 3.1 10363-22-01

Übersicht



3.2 Verkehrsdaten

Für das Straßennetz, sowie für das Gebiet der Planungstrasse als auch für das gesamtstädtische Dresdner Straßennetz wurden vom Auftraggeber streckenspezifische Daten zur durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV_{Mo-So}) für

- schwere Nutzfahrzeuge (SNF / LKW > 3.5 t),
- leichte Nutzfahrzeuge (LNF / LKW ≤ 3.5 t),
- Stadtbusse,
- Regionalbusse sowie für
- Straßenbahnen

im Null- und Planfall zur Verfügung gestellt. Sie sind für das Gebiet der Planungstrasse für den Nullfall in **Abb. 3-2** und für den Planfall in **Abb. 3-3** dargestellt.

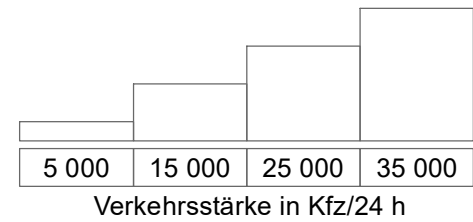
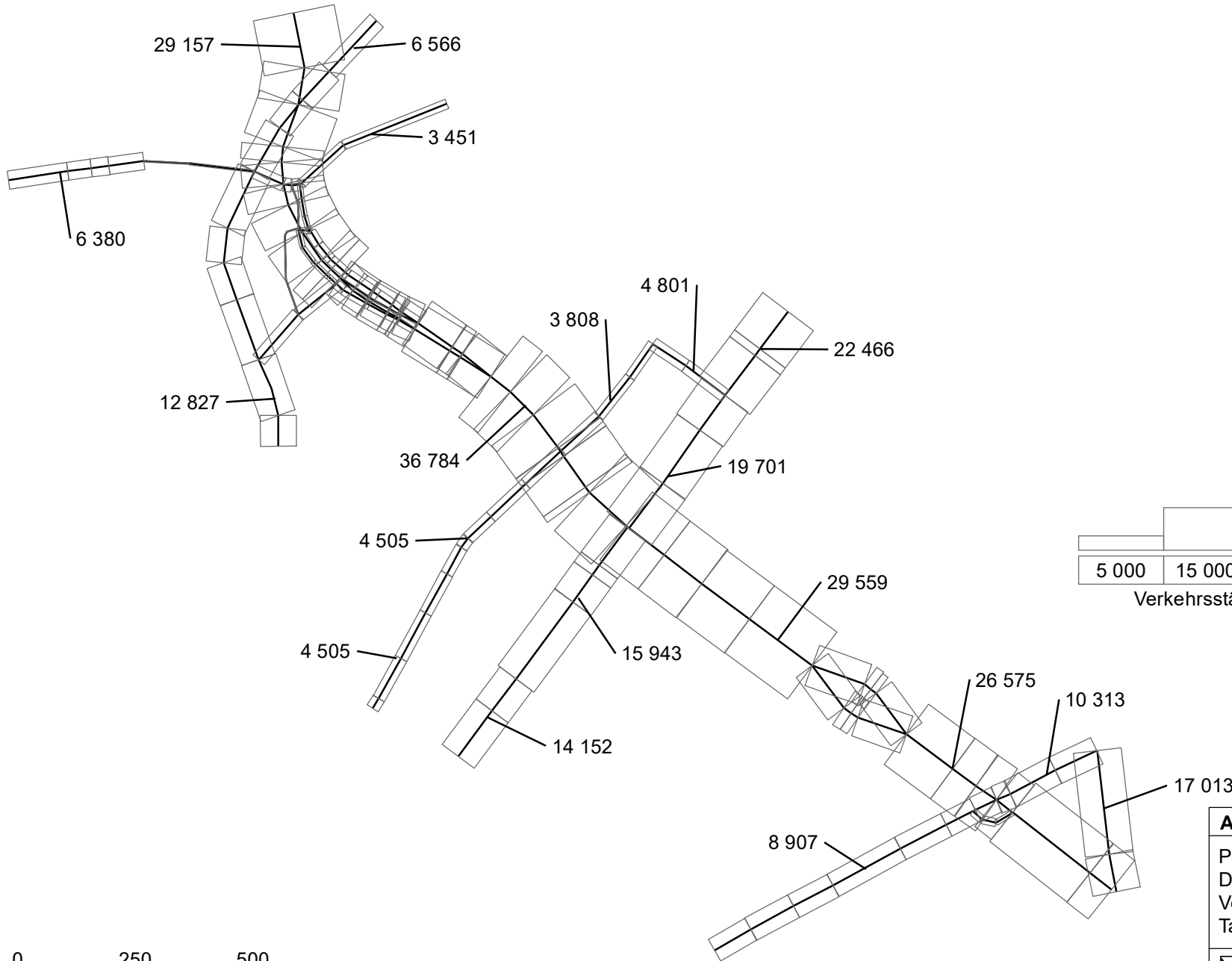



Abb. 3.2 10363-22-01
Prognose-Nullfall 2030
Durchschnittliche tägliche
Verkehrsstärke DTV (Mo-So) in Kfz pro
Tag



Lohmeyer

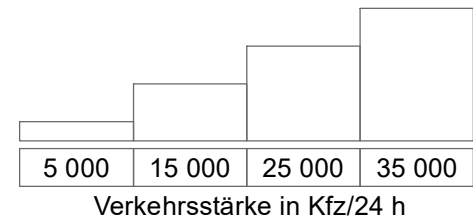
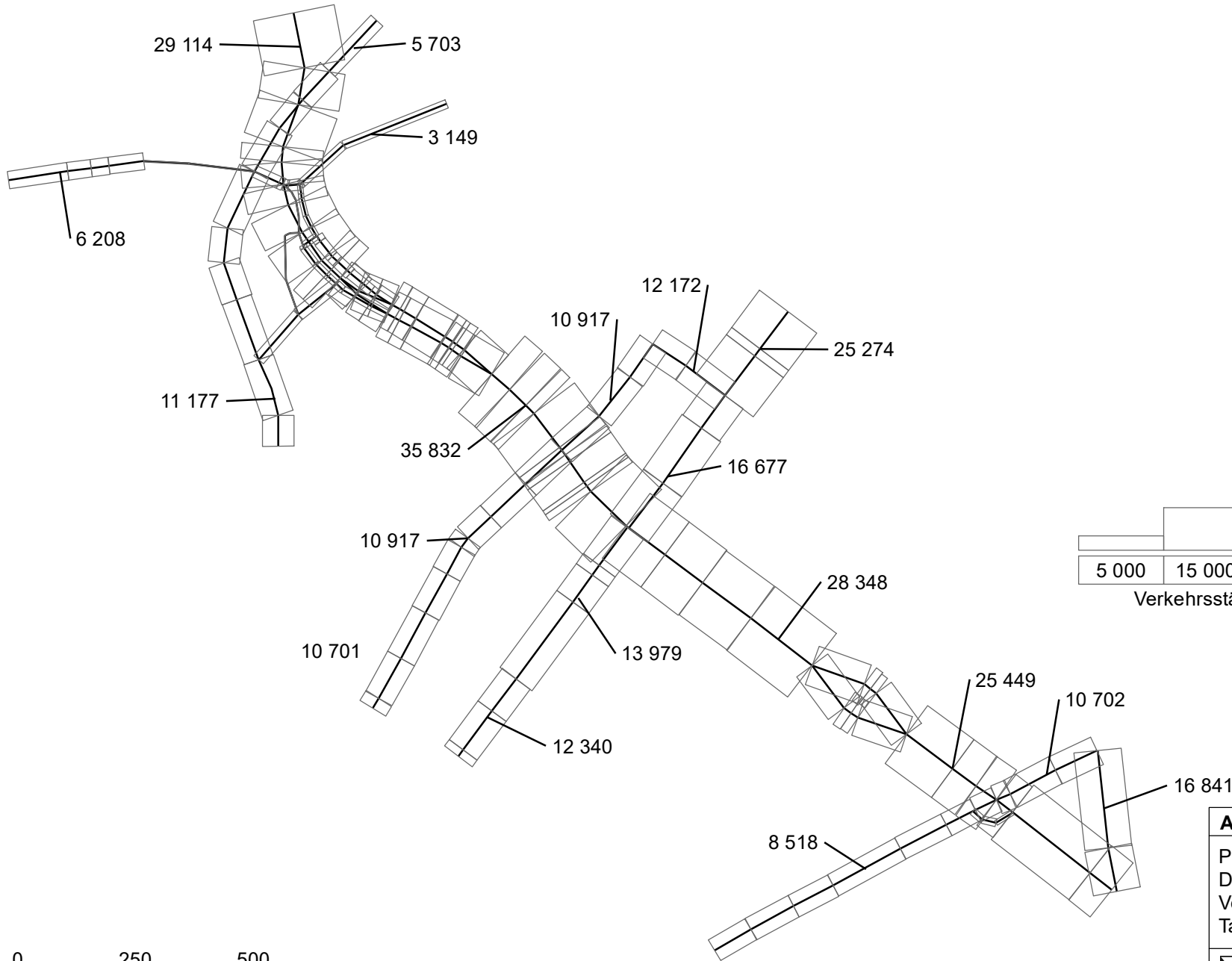



Abb. 3.3 10363-22-01
Planfall 2030
Durchschnittliche tägliche
Verkehrsstärke DTV (Mo-So) in Kfz pro
Tag



Lohmeyer

4 EMISSIONEN

4.1 Betriebsbedingte Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der betriebsbedingten THG-Emissionen werden die Verkehrsdaten und entsprechende Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Emissionsmengen.

Die Emissionen werden im vorliegenden Gutachten auf Basis der Emissionsfaktoren des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) berechnet. Darin werden die Fahrzeuge entsprechend ihrer Bauart und Funktion in die Fahrzeugkategorien

- Pkw,
- leichtes Nutzfahrzeug (LNF/LKW ≤ 3.5 t zGG),
- schweres Nutzfahrzeug (SNF/LKW > 3.5 t zGG, Lastzug, Sattelzug),
- Linienbus (LBus),
- Reisebus (RBus) und
- Kraftrad (KR)

untergliedert.

Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkategorien nach den Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) zusammengefasst. Die Fahrzeugart LV setzt sich dabei aus den Fahrzeugkategorien Pkw, LNF und KR zusammen, der SV umfasst die SNF und die Busse. Die Anteile der LNF innerhalb des LV sowie die der Busse innerhalb der SV wurden aus den vorliegenden Daten aus (Landeshauptstadt Dresden, 2019) übernommen. Die anteilige Zusammensetzung der übrigen Fahrzeugkategorien innerhalb des Leicht- und Schwerverkehrs entspricht den Annahmen in TREMOD (2020).

Die Emissionsfaktoren der Treibhausgase hängen im Wesentlichen ab von:

- dem Fahrverhalten, den so genannten „Verkehrssituationen“, d.h. der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,

- der Flottenzusammensetzung, d.h. der fahrleistungsanteiligen Zusammensetzung der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie entsprechend Antriebsart, Abgasnorm, Größenklasse und Abgasnachbehandlungstechnologie (auf Grund der Einführung verschärfter Abgasgrenzwerte (Euro-1 ... Euro-6) sowie Entwicklungstendenzen bzgl. der Antriebsart - insbesondere der Elektromobilität - ist die Flottenzusammensetzung bezugsjahresabhängig),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab),
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Bilanzierung der THG-Emissionen für Null- und Planfall erfolgt auf Basis streckenspezifischer Daten für das Bezugsjahr 2030. Dementsprechend werden die Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie entsprechend der jeweiligen Fahrleistungsanteile nach HBEFA 4.2 für das Bezugsjahr 2030 gewichtet.

Im vorliegenden lufthygienischen Gutachten liegen auf dem betrachteten Streckennetz der Planungsstrasse folgende Verkehrssituationen vor:

- IOS-FernC50d Fern- / Bundesstraße im Innerortsbereich, TL 50 km/h, dichter Verkehr
- IOS-FernC50g Fern- / Bundesstraße. im Innerortsbereich, TL 50 km/h, gesättigter Verkehr
- IOS-FernC60d Fern- / Bundesstraße. im Innerortsbereich, TL 60 km/h, dichter Verkehr
- IOS-HVS30g Hauptverkehrsstraße im Innerortsbereich, TL 30 km/h, gesättigter Verkehr
- IOS-HVS50d Hauptverkehrsstraße im Innerortsbereich, TL 50 km/h, dichter Verkehr
- IOS-HVS50s Hauptverkehrsstraße im Innerortsbereich, TL 50 km/h, Stop&Go
- IOS-Sam50d Sammelstraße im Innerortsbereich, TL 50 km/h, dichter Verkehr

Die Längsneigung der Straßen ist aus Höhenplänen des Untersuchungsgebietes bekannt.

Der Kaltstarteinfluss wird entsprechend HBEFA 4.2 für Pkw und LNF unter Verwendung mittlerer Standzeit-, Fahrtweiten- und Temperaturverteilungen berücksichtigt.

Wie in Abschnitt 2.1 erläutert, erfolgt die Ausweisung der Gesamt-THG-Emissionen in Form so genannter CO₂-Äquivalente, wobei die Emissionen der betrachteten Komponenten über einen entsprechenden Wirkfaktor bzgl. des CO₂-Erwärmungspotenzials („Global Warming

Potential“ (GWP)) gewichtet werden. Die in HBEFA 4.2 angenommenen Wirkfaktoren sind in **Tab. 4-1** dargestellt.

Tab. 4-1: Global Warming Potential (GWP) der betrachteten Treibhausgase (THG)

THG-Komponente	Global Warming Potential (GWP)
CO ₂ (rep)	1
CH ₄	25
N ₂ O	298

In **Tab. 4-3** sind die Emissionsfaktoren aller im Gutachten verwendeten Verkehrssituationen im Bezugsjahr 2030 differenziert nach Verkehrsart sowie nach Antriebsart dargestellt. Durch die Differenzierung der Emissionsfaktoren nach „Elektro“ und „fossil“ zeigt sich, dass die Emissionen aus der Vorkette (WTT) bei den Elektrofahrzeugen ja nach Verkehrssituation und Fahrzeugart ca. 2 - 4 mal höher sind als die der mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Fahrzeuge. Auf Grund des im Jahre 2030 (noch) relativ geringen Anteils an Elektrofahrzeugen von ca. 14 % beim Leichtverkehr bzw. ca. 5 % beim Schwerverkehr wirken sich die Unterschiede in den Vorkettenemissionen bei der Wichtung (noch) sehr gering aus. Mit künftig steigendem Elektrofahrzeuganteilen wird der Einfluss der Vorkettenemissionen dieser Fahrzeuge allerdings steigen. Lediglich bei den Stadtbussen ist der Anteil an Elektrofahrzeugen entsprechend den Annahmen im lufthygienischen Gutachten mit 45 % bereits im Jahre 2030 relativ hoch.

Auf Basis der im lufthygienischen Gutachten vorliegenden streckenspezifischen Daten zu Verkehrsstärke, Verkehrssituation und Streckenlängsneigung im Gebiet der Planungstrasse für Null- und Planfall wurden fahrleistungsgewichtete mittlere Emissionsfaktoren für jede Fahrzeugkategorie für Null- und Planfall berechnet. Für das Gebiet der Planungstrasse wurden diese entsprechend im Null- und Planfall verwendet. Für das übrige Stadtgebiet wurden sowohl für den Null- als auch für den Planfall die mittleren Emissionsfaktoren des Nullfalls verwendet, da hier davon ausgegangen wurde, dass der Verkehrsfluss im überwiegenden Teil des Streckennetzes von dem Betrieb der Stadtbahn unbeeinflusst bleibt.

Die Flottenzusammensetzung der Stadtbusse wurde analog zum Vorgehen bei der Erstellung des lufthygienischen Gutachtens davon ausgegangen, dass im Jahre 2030 45 % der Busse rein elektrisch betrieben werden, die restlichen 55 % sind EURO 6-Diesel-Busse. Bei der Flottenzusammensetzung der Regionalbusse wurde die Standardlinienbusflotte nach HBEFA 4.2 angenommen. Dort beträgt der Elektrobus-Anteil lediglich 17 %.

Die mittleren Emissionsfaktoren im Prognose-Null- und -Plan-Fall im Bezugsjahr 2030 differenziert nach Verkehrsart sowie nach Antriebsart sind in **Tab. 4-4** dargestellt.

Die WTT-Emissionen der Elektrofahrzeuge werden in HBEFA 4.2 bezugsjahresabhängig auf Basis des europäischen Strommix berechnet bzw. ausgewiesen. Die anteilige Zusammensetzung der einzelnen Energieträger sowie die jeweiligen Emissionsfaktoren in CO₂e / kWh sind in **Abb. 4-1** dargestellt.

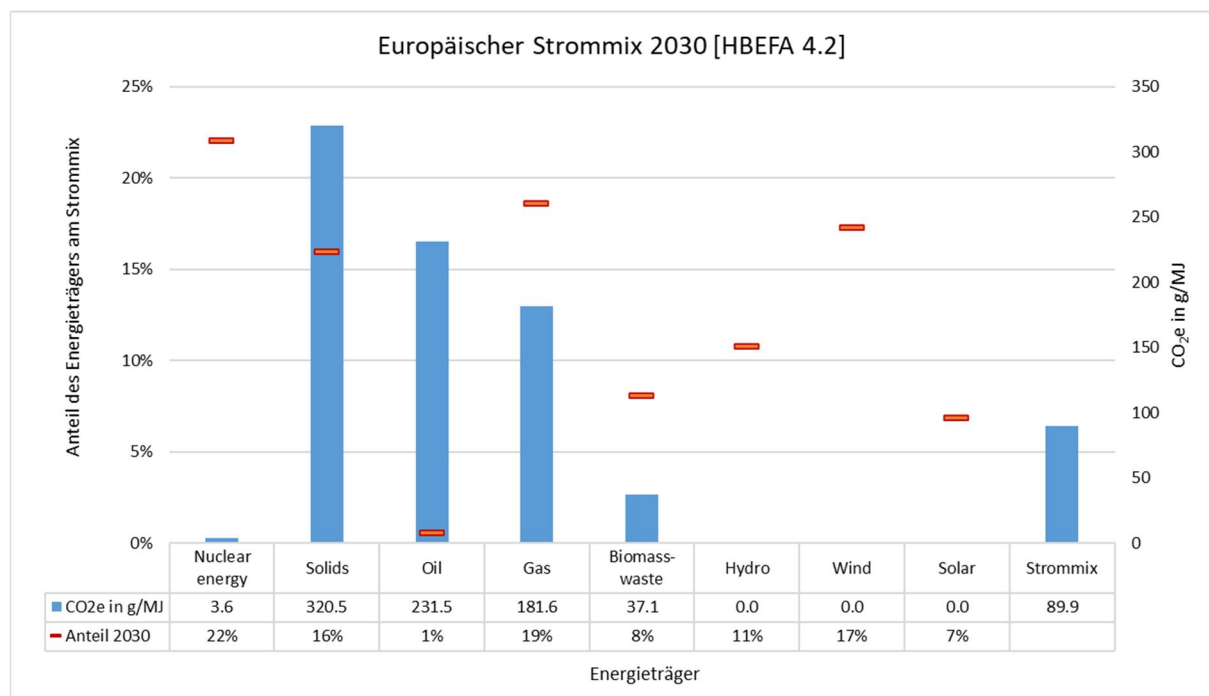


Abb. 4-1: Europäischer Strommix 2030 nach HBEFA 4.2 (UBA, 2022)

Für den Energieverbrauch der Straßenbahn wurden vom AG die in **Tab. 4-2** dargestellten Daten zum Traktionsenergieverbrauch eines Niederflurgelenktriebwagens / Drehgestell 10 Achsen / Typ Dresden (NGT DX DD ZR) zur Verfügung gestellt. Darin wird der Energieverbrauch für die Laststufen I und II (leer bzw. 2/3 beladen) ausgewiesen. Unter der Annahme eines mittleren Auslastungsgrades der Dresdener Straßenbahnen von 19 %⁴ wurde der mittlere Energieverbrauch auf Basis der Energieverbräuche der beiden Laststufen durch lineare Interpolation ermittelt. Dieser Wert wurde einheitlich für die THG-Bilanzierung sämtlicher erbrachten Straßenbahnfahrleistungen verwendet.

⁴ <https://www.dvb.de/de-de/die-dvb/unternehmen/zahlen-und-daten-neu>

Tab. 4-2: Traktionsenergieverbrauch des NGT DX DD ZR

Laststufe	Beladungsgrad	Traktionsenergieverbrauch in kWh/km
Laststufe I	0 %	3.93
Laststufe II	67 %	5.29
mittlere Auslastung	19 %	4.32

Tab. 4-3: Emissionsfaktoren aller im Gutachten verwendeten Verkehrssituationen im Bezugsjahr 2030 differenziert nach Verkehrsart (LV / SV / Stadtbus (S-Bus) / Regionalbus (R-Bus)) sowie nach Antriebsart (Elektro / fossil)

Straßenparameter		Fahrzeugparameter					spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km im Bezugsjahr 2030									
Verkehrssituation	Längs- neigung	Antrieb	Fahrleistungsanteil				CO ₂ e (TTW)			CO ₂ e (WTT)			CO ₂ e (WTW)			
			LV	SV	S-Bus	R-Bus	LV	SV	Bus	LV	SV	Bus	LV	SV	Bus	
IOS-FernC50d	± 0 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	53.9	256.2	527.7	53.9	256.2	527.7	
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	150.9	602.0	630.5	33.2	127.7	132.8	184.0	729.7	763.3	
	+ 2 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	83.3	471.8	1001.2	83.3	471.8	1001.2	
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	197.2	998.7	1185.5	43.5	213.8	252.1	240.6	1212.4	1437.6	
	+ 4 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	114.2	703.8	1506.9	114.2	703.8	1506.9	
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	245.4	1457.6	1792.4	54.1	313.3	382.5	299.5	1770.9	2174.9	
	- 2 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	26.7	55.4	133.7	26.7	55.4	133.7	
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	103.1	315.3	233.5	22.5	65.5	47.5	125.6	380.8	281.1	
	- 4 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	1.6	-114.1	-178.4	1.6	-114.1	-178.4	
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	65.1	159.8	123.9	14.0	31.8	24.0	79.1	191.5	147.9	
	IOS-FernC50g	± 0 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	64.3	240.8	665.2	64.3	240.8	665.2
			fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	186.7	672.0	860.9	41.2	142.9	182.3	227.9	814.8	1043.2
IOS-FernC60d	± 0 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	52.5	255.2	503.8	52.5	255.2	503.8	
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	141.9	507.2	619.9	31.1	107.1	130.6	173.0	614.3	750.4	
	± 2 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	53.5	262.3	542.7	53.5	262.3	542.7	
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	143.0	575.1	701.4	31.4	121.9	148.1	174.4	697.0	849.5	

Straßenparameter		Fahrzeugparameter					spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km im Bezugsjahr 2030								
Verkehrssituation	Längs- neigung	Antrieb	Fahrleistungsanteil				CO ₂ e (TTW)			CO ₂ e (WTT)			CO ₂ e (WTW)		
			LV	SV	S-Bus	R-Bus	LV	SV	Bus	LV	SV	Bus	LV	SV	Bus
IOS-HVS30g	± 0 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	76.4	243.0	798.4	76.4	243.0	798.4
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	213.1	716.2	950.2	47.0	152.6	201.5	260.2	868.8	1151.7
IOS-HVS50d	± 0 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	56.8	230.6	742.6	56.8	230.6	742.6
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	162.1	557.5	992.7	35.6	118.0	210.7	197.7	675.5	1203.3
	± 2 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	57.6	241.3	789.2	57.6	241.3	789.2
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	163.9	623.4	1046.9	36.0	132.3	222.3	200.0	755.7	1269.2
	± 4 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	60.6	276.5	885.1	60.6	276.5	885.1
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	171.0	783.4	1218.7	37.6	167.1	259.2	208.6	950.5	1477.9
IOS-HVS50s	± 0 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	91.4	365.4	1131.2	91.4	365.4	1131.2
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	252.6	1146.1	1499.8	55.8	245.9	319.6	308.4	1392.0	1819.4
IOS-Sam50d	± 0 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	57.7	229.6	742.6	57.7	229.6	742.6
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	167.7	558.8	992.7	36.9	118.3	210.7	204.6	677.1	1203.3
	± 4 %	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	62.3	275.4	885.1	62.3	275.4	885.1
		fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	173.3	783.7	1218.7	38.1	167.1	259.2	211.4	950.8	1477.9

Tab. 4-4: Mittlere Emissionsfaktoren im Prognose-Null- und -Plan-Fall im Bezugsjahr 2030 differenziert nach Verkehrsart (LV / SV / Stadtbus (S-Bus) / Regionalbus (R-Bus)) sowie nach Antriebsart (Elektro / fossil)

Fall	Fahrzeugparameter					spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km im Bezugsjahr 2030								
	Antrieb	Fahrleistungsanteil				CO ₂ e (TTW)			CO ₂ e (WTT)			CO ₂ e (WTW)		
		LV	SV	S-Bus	R-Bus	LV	SV	Bus	LV	SV	Bus	LV	SV	Bus
Prog.-NF 2030	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	59.0	257.8	711.1	59.0	257.8	711.1
	fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	163.8	625.7	913.1	36.0	132.9	193.6	199.8	758.6	1106.7
Prog. PF 2030	Elektro	14.1%	5.0%	45.0%	17.0%	0.0	0.0	0.0	59.9	259.6	796.3	59.9	259.6	796.3
	fossil	85.9%	95.0%	55.0%	83.0%	167.2	652.1	1040.7	36.8	138.6	221.0	204.0	790.7	1261.7

4.2 Betriebsbedingte Emissionen

Die CO_{2e}-Emissionen – sowohl WTT als auch TTW - werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen und Streckenlängsneigungen aus.

In **Tab. 4-5** sind die Fahrleistungen auf dem betrachteten Straßennetz entsprechend der Verkehrsdaten für den Prognose-Null- und -Plan-Fall dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Fahrleistungen des Leichtverkehrs im Prognose-Planfall leicht steigen, die des Schwerverkehrs hingegen marginal sinken. Durch den Bau der Stadtbahn sinken die Fahrleistungen der Stadtbusse deutlich, die der Straßenbahn steigen dementsprechend an. Die Fahrleistungen der Regionalbusse ändern sich durch die Stadtbahn nicht.

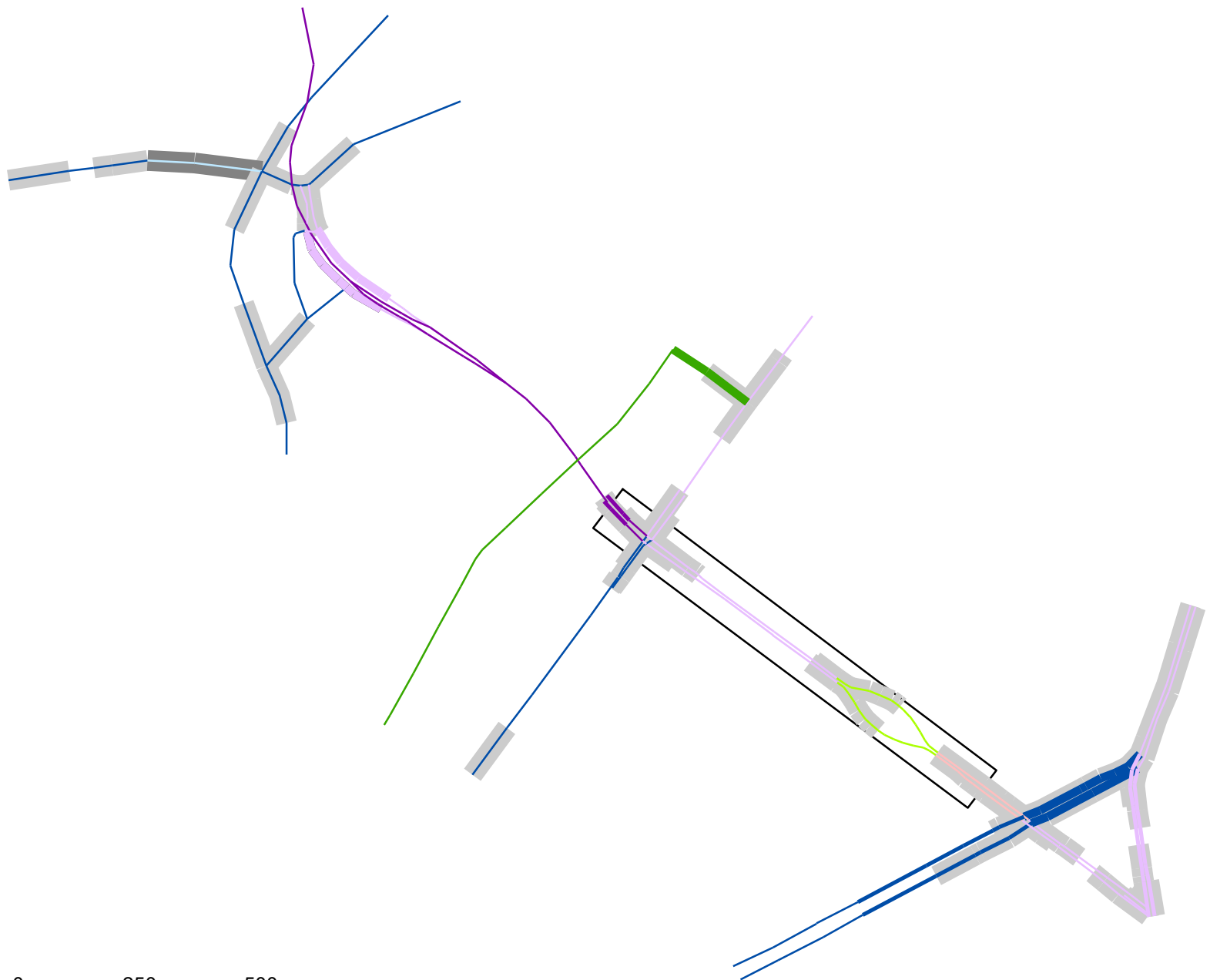
Dabei ist zu beachten, dass sich die in der verkehrsplanerischen Untersuchung (VPU) modellierten Verkehrsmengen auf ein Szenario beziehen, in dem die gesamte Stadtbahntrasse inklusive der geplanten Straßenbahnlinie 5 (Budapester Straße / Chemnitzer Straße) fertiggestellt und in Betrieb genommen ist.

Tab. 4-5: Vergleich der Fahrleistungen im Gesamtnetz in Fahrzeugkilometer pro Tag im Prognose-Null- und -Plan-Fall 2030 nach Verkehrs- und Antriebsart (evtl. Abweichungen in der Summation sind rundungsbedingt)

Fall	Verkehrsart	Antriebsart		
		Elektro	fossil	gesamt
Prog.-NF 2030	LV	3 202 105	19 455 932	22 658 038
	SV	151 248	2 894 775	3 046 023
	Stadtbus	18 374	22 457	40 830
	Regionalbus	19 348	94 164	113 512
	Kfz gesamt	3 422 807	22 435 595	25 858 402
	Straßenbahn	40 764	0	40 764
Prog. PF 2030	LV	3 202 835	19 460 365	22 663 201
	SV	151 243	2 894 698	3 045 941
	Stadtbus	15 991	19 544	35 535
	Regionalbus	19 348	94 164	113 512
	Kfz gesamt	3 421 150	22 437 039	25 858 188
	Straßenbahn	45 001	0	45 001
Diff. PF - NF	LV	730	4 433	5 162
	SV	-4	-77	-81
	Stadtbus	-2 383	-2 912	-5 295
	Regionalbus	0	0	0
	Kfz gesamt	-1 657	1 443	-214
	Straßenbahn	4 237	0	4 237

Die aus dem lufthygienischen Gutachten vorliegenden Verkehrssituationen sind für den Prognose-Nullfall und -Planfall 2030 in **Abb. 4-2** bzw. **Abb. 4-3** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzen sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: Verkehrssituation (siehe Abschnitt 4.1) und Längsneigung. Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an.

Demzufolge bedeutet z.B. eine fett gezeichnete, lilafarbene Liniensignatur (vgl. **Abb. 4-2** und **Abb. 4-3**) eine Verkehrssituation IOS-HVS50 mit dichtem Verkehr und einer Längsneigung >0 %.



Verkehrssituation

- IOS-FernC60d
- IOS-FernC50d
- IOS-FernC50g
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50s
- IOS-Sam50d
- IOS-HVS30g

Längsneigung

- ±0 %
- ±2 %
- ±4 %

Stauanteil

- 20 %
- 100 %

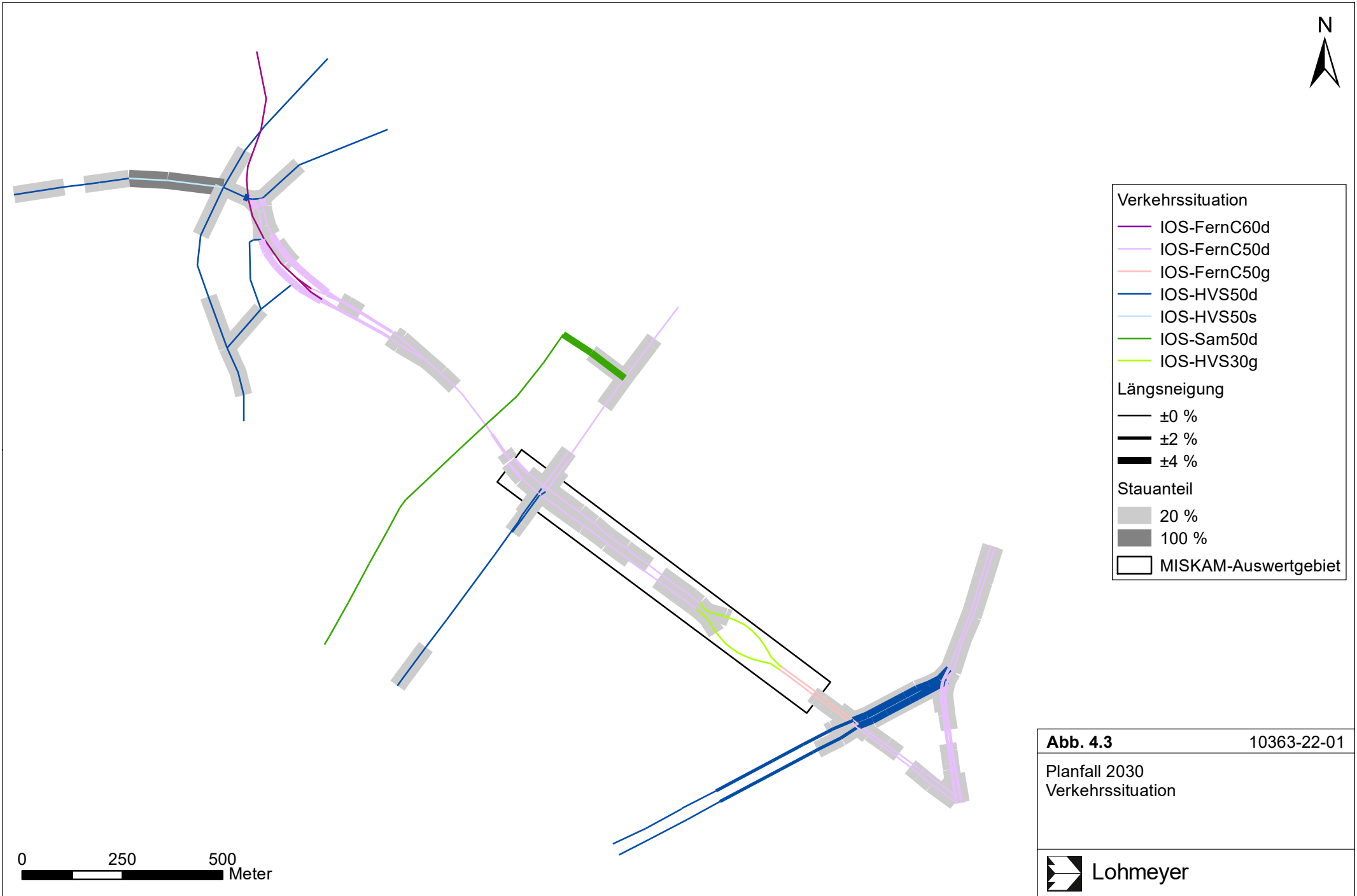
MISKAM-Auswertgebiet



Abb. 4.2 10363-22-01

Prognose-Nullfall 2030
Verkehrssituation





Verkehrssituation

- IOS-FernC60d
- IOS-FernC50d
- IOS-FernC50g
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50s
- IOS-Sam50d
- IOS-HVS30g

Längsneigung

- ±0 %
- ±2 %
- ±4 %

Stauanteil

- 20 %
- 100 %

MISKAM-Auswertgebiet



Abb. 4.3 10363-22-01

Planfall 2030
Verkehrssituation



Nach Summation der streckenspezifischen Emissionen ergeben sich die in **Tab. 4-6** dargestellten betriebsbedingten Emissionen auf dem gesamten betrachteten Straßennetz im Prognose-Null - und -Plan-Fall.

Demnach führt die in **Tab. 4-5** aufgezeigte Fahrleistungsveränderung im Prognose-Planfall zu einer Abnahme der Tank-To-Wheel-CO_{2e}-Emissionen um 507 t / a.

Die Emissionen aus der Vorkette (Well-To-Tank) steigen unter der Annahme des europäischen Strommix für die Elektroenergieverbräuche aller Elektrofahrzeuge - d.h. auch für die der Stadtbusse und der Straßenbahn - im Planfall um 1 457 t / a an, sodass sich in diesem Szenario letztlich ein Anstieg der Well-To-Wheel-Emissionen um 949 t / a ergibt.

Unter Verwendung der CO_{2e}-Null-Emissionen des klimaneutralen Strommix der DVB - d. h. für die Stadtbusse und die Straßenbahn werden keine Vorkettenemissionen aus der Stromerzeugung berücksichtigt - sinken die Well-To-Tank-Emissionen um 79 t / a sowie die Well-To-Wheel-Emissionen um 587 t / a.

Tab. 4-6: Betriebsbedingte THG-Emissionen in t/a im Prognose-Null- und -Plan-Fall im Jahre 2030 für das Gesamtnetz (evtl. Abweichungen in der Summation sind rundungsbedingt)

Fall	CO ₂ e	Verkehrsart					
		LV	SV	Stadtbus	Regionalbus	Straßenbahn	gesamt
Prog.-NF 2030	TTW	1 163 313	661 123	7 485	31 384	0	1 863 305
	WTT ¹	324 783	154 612	6 356	11 675	20 703	518 129
	WTT ²	324 783	154 612	1 587	11 675	0	492 657
	WTW ¹	1 488 096	815 735	13 840	43 059	20 703	2 381 434
	WTW ²	1 488 096	815 735	9 071	43 059	0	2 355 962
Prog. PF 2030	TTW	1 163 727	661 155	6 519	31 396	0	1 862 798
	WTT ¹	324 898	154 619	5 535	11 679	22 855	519 586
	WTT ²	324 898	154 619	1382	11679	0	492 577
	WTW ¹	1 488 625	815 774	12 055	43 075	22 855	2 382 383
	WTW ²	1 488 625	815 774	7 901	43 075	0	2 355 375
Diff. PF - NF	TTW	414	32	-965	12	0	-507
	WTT ¹	114	7	-820	4	2 152	1 457
	WTT ²	114	7	-205	4	0	-79
	WTW ¹	529	39	-1 786	16	2 152	949
	WTW ²	529	39	-1 170	16	0	-587

¹ europäischer Strommix 2030 nach HBEFA 4.2

² DVB-Strom klimaneutral

4.3 Emissionsfaktoren für den Lebenszyklus

In AD-HOC ARBEITSHILFE KLIMASCHUTZ (2022) wird auf Emissionsfaktoren zurückgegriffen, die im Methodenhandbuch des Bundesverkehrswegeplanes (BVWP) 2030 auf der Grundlage der Berechnungen nach Mottschall und Bergmann (2013) abgeleitet wurden. Die Berechnung der THG-Emissionen erfolgte dort auf Basis der im Durchschnitt in Deutschland für den Straßenbau eingesetzten Materialmengen. Hierbei wurden auch die Emissionen berücksichtigt, die bei der Gewinnung der Rohstoffe (z. B. Zement, Kies, Sand) sowie deren Transport und deren Verarbeitung zu den Grundmaterialien (wie z. B. Beton, Stahl, Kupfer) entstehen. Ebenfalls betrachtet wurden für die Infrastruktur die Emissionen, die durch den Transport zum Bauort und den Maschineneinsatz auf der Baustelle entstehen.

Auf Basis der in Mottschall und Bergmann (2013) berechneten CO₂-Äquivalent-Emissionen, die durch den Neubau und den Unterhalt der Straßen der verschiedenen Straßenkategorien entstehen, wurden in der AD-HOC ARBEITSHILFE KLIMASCHUTZ (2022) die Lebenszyklusemissionen für „Straßen ohne Kunstbauwerke“ abgeleitet. Bezugsjahr für diese Berechnungen ist das Jahr 2008 (siehe **Abb. 4-4** bzw. **Tab. 4-7**).

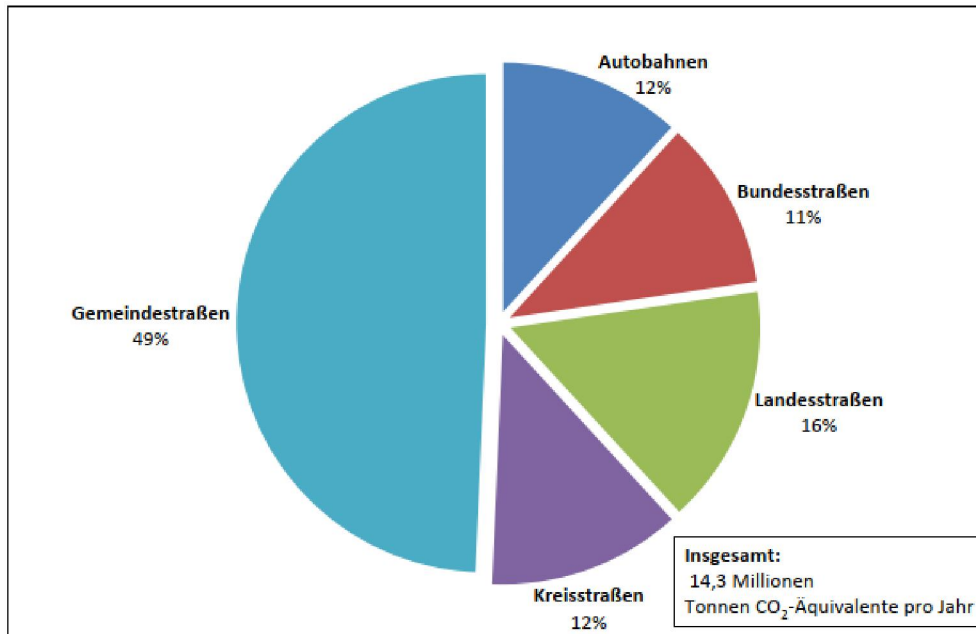


Abb. 4-4. CO₂-Äquivalent-Emissionen durch den Bau und Unterhalt der Straßen im Jahr 2008 nach Straßenkategorien (Mottschall und Bergmann, 2013)

Tab. 4-7: Lebenszyklusemissionen von Straßenbauvorhaben (Mottschall und Bergmann, 2013), (AD-HOC ARBEITSHILFE KLIMASCHUTZ, 2022)

Straßenkategorie	Spezifische THG-Emissionen in kg CO ₂ -eq 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

In Dittmer et.al (2023) wurden CO₂-Emissionsfaktoren für den zweigleisigen Neubau von Straßenbahntrassen in t/km, differenziert nach den beiden baulichen Ausführungsvarianten

- „straßenbündig mit fester Fahrbahn“ (der Gleisbereich ist in dieser Variante für Kraftfahrzeuge befahrbar) und
- „Straßenbahngleise in besonderem Bahnkörper“ (vom Autoverkehr getrennter Bahnkörper mit Schotter- oder Rasengleis)

berechnet (siehe **Tab. 4-8**). In diesen Emissionsfaktoren sind die Emissionen aus dem Bau der Haltestellen enthalten, wobei pauschal von der Annahme ausgegangen wird, dass in jeder Fahrtrichtung eine Haltestelle, d. h. ein „Haltestellenpaar“ pro km erstellt wird.

Zur spezifischen Berücksichtigung der geplanten Haltestellen der Dresdner Stadtbahn wurden die in Dittmer et.al (2023) ausgewiesenen CO₂-Emissionen aus dem Bau der Haltestellen von den Gesamtemissionen subtrahiert, sodass für die beiden o.g. baulichen Ausführungsvarianten jeweils ein separater Emissionsfaktor für den Bau der Straßenbahntrasse sowie für den Bau einer Haltestelle verwendet wurde (siehe **Tab. 4-9**).

In Mottschall und Bergmann, (2013) wurden die Emissionen aus Bau und Unterhaltung über einen Zeitraum von 60 Jahren abgeschrieben. Dieser Zeitraum wurde auch zur Berechnung der jährlichen Emissionsmengen aus dem Bau der Straßenbahntrassen und -haltestellen angenommen.

Tab. 4-8: Ermittlung der CO₂-Emissionen durch einen Kilometer zweigleisigen Straßenbahn-Strecken Neubau (Dittmer et.al, 2023)

STRABENBAHNBAU - Maßnahme pro Kilometer	Menge	[t CO ₂]	Zwischenrechnung 1	Zwischenrechnung 2
Aushub Haltestelle, 62 m lang, 2*2,50 m breit, 0,4 m tief	124 m ³	5,9	62*5*0,4=124	124*0,0476=5,903
Aushub f. Bahnsteigkanten, L 62 m, B 2*0,50 m, T 0,7 m	43,4 m ³	2,1	62*1*0,7=43,4	43,4*0,0476=2,066
Aushub f. Haltestellengleise, L: 62 m, B: 6,36 m, T: 0,8 m	315,5 m ³	15,0	62*6,36*0,8=315,456	315,5*0,0476=15,02
Tragschicht Bahnsteige, L: 62 m, B: 2 * 2,50 m, T: 0,3 m	93,0 m ³	4,4	62*5*0,3=93,0	93*0,0476=4,43
Bahnsteigkanten, L 62 m, B 2 * 0,50 m, T 0,6 m	37,2 m ³	42,7	62*1*0,6=37,2	37,2*1,15=42,745
Plattenbelag Bahnsteige, L 62 m, B 2 * 3 m, T 0,1 m	37,2 m ³	42,7	62*6*0,1=37,2	37,2*1,15=42,745
Aushub alte Leitungen, L: 62 m, B: 4 m, T: 1,20 m	297,6 m ³	14,2	62*4*1,20=297,6	297,6*0,0476=14,17
Aushub neue Leitungen, L: 62 m, B: 4 m, T: 2 m	496,0 m ³	23,6	62*4*2=496	496*0,0476=23,61
Abbruch von Leitungen u. Neubau, incl. Bahnstromkabel	pauschal	400,0	grob ermittelter Durchschnittswert	
Verfüllung alte Leitungen, L: 62 m, B: 4 m, T: 1,20 m	297,6 m ³	14,2	62*4*1,20=297,6	297,6*0,0476=14,17
Verfüllen neue Leitungen, L: 62 m, B: 4 m, T: 2 m	496 m ³	23,6	62*4*2=496	496*0,0476=23,61
Trag-/Frostschuttschicht unter Haltestellengleisen L: 62 m, B: 6,36 m, T: 0,3 m	118,3 m ³	5,6	62*6,36*0,3=118,3	118,3*0,0476=5,63
Beton u. Auspflasterung für Haltestellengleise L: 62 m, B: 5,36 m, T: 0,5 m	166,15 m ³	190,9	62*5,36*0,5=166,15	166,15*1,15=190,92
Alternativ: Schotter für Haltestellengleise (einschl. Tragschicht), L: 62 m, B: 5,36 m, T: 0,5 m	166,15 m ³	7,9	62*5,36*0,5=166,15	166,16*0,0476=7,91
Aushub für vier Rampen, 4 m lang, 2,8 m breit, 0,5 m dick	22,4 m ³	1,1	4*4*2,8*0,5=22,4	22,4*0,0476=1,07
Tragschicht 4 Rampen, 4 m lang, 2,8 m breit, 0,3 m dick	13,5 m ³	0,6	4*4*2,8*0,3=13,44	13,44*0,0476=0,64
Vier Rampen, 4 m lang, 2,8 m breit, 0,2 m dick.	9,0 m ³	10,3	4*4*2,8*0,2=8,96	8,96*1,15=10,30
2 (Außenbahnsteige) * Haltestellenausrüstung (z.B. Wartehallen, Beleuchtung, Infosysteme)	pauschal	100,0		
Haltestelle mit Betonbett für Gleis, Zwischensumme 1	-	897,0	= SUMME (CO ₂ -Werte in Zeile 1 bis Zeile 17) minus CO ₂ -Wert in Zeile 13 b	
Haltestelle mit Schotterbett für Gleis, Zwischensumme 2	-	708,4	= SUMME (CO ₂ -Werte in Zeile 1 bis Zeile 17) minus CO ₂ -Werte in Zeile 12 und Zeile 13a	
2 * Haltestellen pro km mit Betongleis, Zw.summe 1	-	1.794,0	=2*(CO ₂ -Wert in Zeile 18a)	
2 * Haltestellen pro km mit Schotterbett, Zw.summe 2	-	1.416,8	=2*(CO ₂ -Wert in Zeile 18b)	
Baustelleneinrichtung, Arbeitsgeräte, An-, Abfahrt d. Geräte, Energie, z.T. geänderte Straßenführung	pauschal	800,0		
Aushub Tramgleise 5,8 m breit, 0,8 m tief. Länge: 1 km minus zwei Haltestellen á 62 m = 876 m	4.064,7 m ³	193,5	5,8*0,8*876=4.064,64	4064,64*0,0476=193,5
Beseitigung von Findlingen im Boden	pauschal	50,0		
Leitungsbau, Aushub: 1,2 m * 4 m * 876 m	4.204,8 m ³	200,2	1,2*4*876=4.204,8	4204,8*0,0476=200,18
Abbruch von Leitungen u. Neubau, incl. Bahnstromkabel	pauschal	2.600,0	grob ermittelter Durchschnittswert	
Leitungsbau: Verfüllung 1,2 m * 4 m * 876 m	4.204,8 m ³	200,2	1,2*4*876=4.204,8	4204,8*0,0476=200,18
Trag-/Frostschuttschicht unter Gleisen, L: 876 m, B: 5,80 m, T: 0,3 m	1.524,3 m ³	72,6	876*5,8*0,3=1.524,24	1524,24*0,0476=72,57
Beton, Auspflasterung u. Entwässerung für Streckengleise (20 Regenwasser-Einlässe) => L: 876 m, B: 5,8 m, T: 0,5 m	2.540,4 m ³	2.923,1	876*5,8*0,5=2.540,4	(2540,4*1,15)+(20*0,2)=2923,11
Alternativ: Schotter für Streckengleise, *) L: 876 m, B: 5,80 m, T: 0,5 m (einschl. Tragschicht)	2.540,4 m ³	120,9	876*5,8*0,5=2.540,4	2540,4*0,0476=120,94
Unterwerk = ¼ pro km	pauschal	600,0		
Anpassung/Neubau LSA	pauschal	100,0		
Schienen (50 t/km; 85 t CO ₂ /km) 4,2 km, Weichen (4 Stck./km), f. feste Fahrbahn. Betonschwellen sind in Zeile 27a enthalten	4.200 m + 4 Stck.	422,6	4,2*85=357 + Weichen, + 10% Einbau	(357+(4*6,8))*1,1=422,62
Schienen (50 t/km; 85 t CO ₂ /km) 4,2 km, Weichen (4 Stck./km), Holzschwellen (70 kg/m; CO ₂ vernachl.) f. Schotteroberbau (27b)	4.200 m + 4 Stck.	422,6	4,2*85=357 + Weichen, + 10% Einbau	(357+(4*6,8))*1,1=422,62
2 * 30 Oberleitungsmaste, Aushub für Fundamente: 0,8 m * 0,8 m * 1,6 m	61,5 m ³	2,9	60*0,8*0,8*1,6=61,44	61,44*0,0476=2,93
60 Fundamente für Oberleitungsmaste, je 0,8 m*0,8 m*1,6 m	61,5 m ³	70,6	60*0,8*0,8*1,6=61,44	61,44*1,15=70,60
60 Oberleitungsmaste, je 6 m hoch, 0,4 m dick. Einschl. 4 Abspannvorrichtungen.	45,3 m ³	52,0	3,1415*0,04*6*60=45,3	45,3*1,15=51,98
Oberleitung einschl. Ausleger	2100 m	400,0		
Kupferkabel (Bahnstrom und 50 Hz)	pauschal	250,0		
4 Fußgänger-Überwege auf "freier Strecke"	pauschal	120,0		
CO₂-Emission bei 1 km Tram-Neubau (feste Fahrbahn), SUMME 1		10.851,7	= CO ₂ -Wert in Zeile 19a plus SUMME (Zeile 20 bis Zeile 37) minus Zeilen 27b und 31	
CO₂-Emission bei 1 km Tram-Neubau (Schotteroberbau), SUMME 2		7.599,7	= CO ₂ -Wert in Zeile 19b plus SUMME (Zeile 20 bis Zeile 37) minus Zeilen 26, 27a und 30	
CO₂-Emission bei 1 km Neubau, Verhältnis Tram (feste Fb) zu U-Bahn = 1 : 7,365			gerundet ~ 1 : 7,4	
CO₂-Emission bei 1 km Neubau, Verhältnis Tram (Schotter *) zu U-Bahn = 1 : 10,517			gerundet ~ 1 : 10,5	
*) Mit Rasengleis kämen hinzu => B: 5,70 m, L: 1.000 m, T: 0,15 m	855 m³	8,61 t CO₂	5,7*1.000*0,15=855	855*0,0092*1,1=8,61
Das Verhältnis Tram zu U-Bahn wäre dann 1: 10,505			weiterhin ~ 1 : 10,5	

Tab. 4-9: CO₂-Emissionen beim zweigleisigen Straßenbahn-Streckenneubau differenziert nach Trassen- und Haltestellenbau (Dittmer et.al, 2023)

bauliche Ausführung	CO ₂ -Emissionen	
	Trassenbau in t/km	Haltestellenbau in t/„Haltestellenpaar“
straßenbündig mit fester Fahrbahn	9057.7	1794.0
Straßenbahngleise in besonderem Bahnkörper	6182.9	1416.8

4.4 Lebenszyklusemissionen

Unter Verwendung der in **Tab. 4-7** bzw. **Tab. 4-9** ausgewiesenen Emissionsfaktoren sowie der entsprechenden, vom AG zur Verfügung gestellten Angaben zu den relevanten Flächen bzw. Streckenlängen sowie zu Anzahl und Ausführung der Haltestellen wurden die Lebenszyklusemissionen durch den Bau und Unterhalt der Straße sowie der Straßenbahn berechnet. Dabei wurde im Sinne einer konservativen Betrachtung angenommen, dass die gesamte Straßenfläche entlang der Planungstrasse als Neubaustrecke betrachtet wurde, d.h. nicht nur die Flächen, die durch den Ausbau neu versiegelt werden.

Entsprechend dieser Annahmen ergeben sich die in **Tab. 4-10** dargestellten Lebenszyklusemissionen durch den Bau und Unterhalt des Teilabschnitts 1.2 der Stadtbahntrasse in Höhe von 560 t/a.

Tab. 4-10: Lebenszyklusemissionen durch den Bau und Unterhalt des Teilabschnitts 1.2 der Stadtbahntrasse in t/a (evtl. Abweichungen in der Summation sind rundungsbedingt)

Baumaßnahme		Aktivität	Einheit	CO ₂ -EFA	Einheit	CO ₂ in t	CO ₂ in t/a
Straßenaus- / -neubau		60 955	m ²	4.6	kg/m ² und Jahr		280
Straßenbahn							
straßenbündig mit fester Fahrbahn	Trassenbau	0.448	zweigleisiger km	9 057.7	t/ zweigleisiger km	4 053	68
	Haltestellenbau	0	Anzahl Haltestellenpaar	1 794.0	t/Haltestellenpaar	0	0
Straßenbahngleise in besonderem Bahnkörper	Trassenbau	1.374	zweigleisiger km	6 182.9	t/ zweigleisiger km	8 492	142
	Haltestellenbau	3	Anzahl Haltestellenpaar	1 416.8	t/Haltestellenpaar	4 250	71
Gesamt							561

4.5 Emissionsbilanz / Zusammenfassung

Die berechneten jährlichen THG-Emissionen sind für Null- und Planfall 2030 in **Tab. 4-11** aufgeführt. Die Ausweisung der WTT - Emissionen erfolgt dabei separat für die beiden Szenarien „europäischer Strommix“ / „DVB-Strom klimaneutral“, wobei das Szenario „DVB-Strom klimaneutral“ das relevante Beurteilungsszenario ist. Die Emissionen im Szenario „europäischer Strommix“ wurden lediglich zu Vergleichs- bzw. Einordnungszwecken berechnet, um die Größenordnungen zu verdeutlichen, in welchem Maße sich der Bezug „klimaneutralen“ Stromes der DVB in der Gesamtklimabilanz des Vorhabens auswirkt.

Die Treibhausgasbilanz zeigt zunächst, dass die betriebsbedingten Treibhausgasemissionen im Planfall im Szenario „DVB-Strom klimaneutral“ sinken. Dies betrifft sowohl die Auspuffemissionen-Emissionen (TTW: -507 t/a) als auch die Vorketten-Emissionen (WTT: -79 t/a). Die Reduktion der Vorketten-Emissionen ergibt sich aus dem Bezug „klimaneutralen“ Stromes der DVB. Gegenüber dem Vergleichsszenario „europäischer Strommix“ werden dadurch CO₂e-Emissionen in Höhe von 1 457 t/a vermieden.

Allerdings werden durch den Bau und Unterhalt des TA 1.2 der Stadtbahn CO₂e-Emissionen in Höhe von 560 t/a verursacht. Dadurch wird die Reduktion der betriebsbedingten Treibhausgasemissionen nahezu kompensiert, sodass sich bei einer ganzheitlichen Betrachtung der Maßnahme „Stadtbahn Dresden TA 1.2“ im Jahre 2030 im Szenario „DVB-Strom klimaneutral“ eine leichte Verringerung der Treibhausgase um 27 t ergibt.

Wie in Abschnitt 4.2 erläutert, können die in **Tab. 4-5** aufgeführten verkehrlichen Veränderungen - insbesondere die Höhe der Substitution der Stadtbusharleistungen durch die Straßenbahn und die damit verbundene Reduktion der betriebsbedingten Treibhausgasemissionen - nicht in vollem Umfang der Erstellung des Teilabschnitts 1.2 zugerechnet werden.

Die Reduktion der betrieblichen THG-Emissionen auf Basis der verkehrsplanerischen Untersuchung (VPU) zeigt vielmehr das maximale Minderungspotenzial nach Fertigstellung des Gesamtvorhabens „Stadtbahn“ inklusive der Straßenbahnlinie 5 (sowie unter der Annahme eines klimaneutralen Strommix der DVB). In den Berechnungen der Lebenszyklusemissionen aus Bau und Unterhalt werden in der vorliegenden Bilanzierung hingegen lediglich die Emissionen durch die Erstellung des Teilabschnitts 1.2 (Nossener Brücke / Nürnberger Straße) betrachtet.

Bei einer konsistenten Betrachtung müssten dem maximalen Minderungspotenzial der betrieblichen Emissionen auch die vollumfänglichen Emissionen aus Bau und Unterhalt des Gesamtvorhabens gegenübergestellt werden. Dabei würde die in **Tab. 4-11** dargestellte Verringerung der Treibhausgase deutlich überkompensiert werden, sodass es bei einer ganzheitlichen Betrachtung der kompletten Maßnahme „Stadtbahn Dresden“ zu einer Emissionserhöhung kommen würde.

Tab. 4-11: THG-Emissionsbilanzen nach Emissionsart (evtl. Abweichungen in der Summation sind rundungsbedingt)

Fall	TTW	WTT ¹	WTT ²	WTW ¹	WTW ²
	Betriebsbedingte Emissionen in t/a				
Prog.-NF 2030	1 863 305	518 129	492 657	2 381 434	2 355 962
Prog. PF 2030	1 862 798	519 586	492 577	2 382 383	2 355 375
Diff. PF - NF	-507	1 457	-79	949	-587
	Lebenszyklusemissionen aus Bau und Unterhalt in t/a				
Prog.-NF 2030					
Prog. PF 2030	560			560	560
Diff. PF - NF	560			560	560
	Gesamtemissionen in t/a				
Prog.-NF 2030	1 863 305	518 129	492 657	2 381 434	2 355 962
Prog. PF 2030	1 863 358	519 586	492 577	2 382 943	2 355 935
Diff. PF - NF	53	1 457	-79	1 509	-27

¹ europäischer Strommix 2030 nach HBEFA 4.2

² DVB-Strom klimaneutral

Zur Einordnung der unterschiedlichen klimarelevanten Auswirkungen des Vorhabens sind in **Abb. 4-5** die einzelnen Emissionsbeiträge den Bilanzierungssektoren des KSG zugeordnet.

In der sektoralen Bilanzierung des KSG werden

- die betriebsbedingten Auspuffemissionen, d.h. Tank-To-Wheel (TTW), dem Sektor „Verkehr“,
- die betriebsbedingten Vorkettenemissionen aus der Kraftstoffherstellung / -bereitstellung und Stromerzeugung / -bereitstellung, d.h. Well-To-Tank (WTT), dem Sektor „Energiewirtschaft“ sowie

- die Lebenszyklusemissionen aus Bau und Unterhalt dem Sektor „Industrie“

zugeordnet.

Dabei zeigt sich, dass der Betrieb der Stadtbahn hilft, die CO₂e-Emissionen im Verkehrssektor sowie (unter Annahme eines klimaneutralen Strommixes) auch im Sektor „Energiewirtschaft“ zu senken. Demgegenüber führt der Bau der Trasse zu einem Anstieg der CO₂e-Emissionen im Industriesektor.

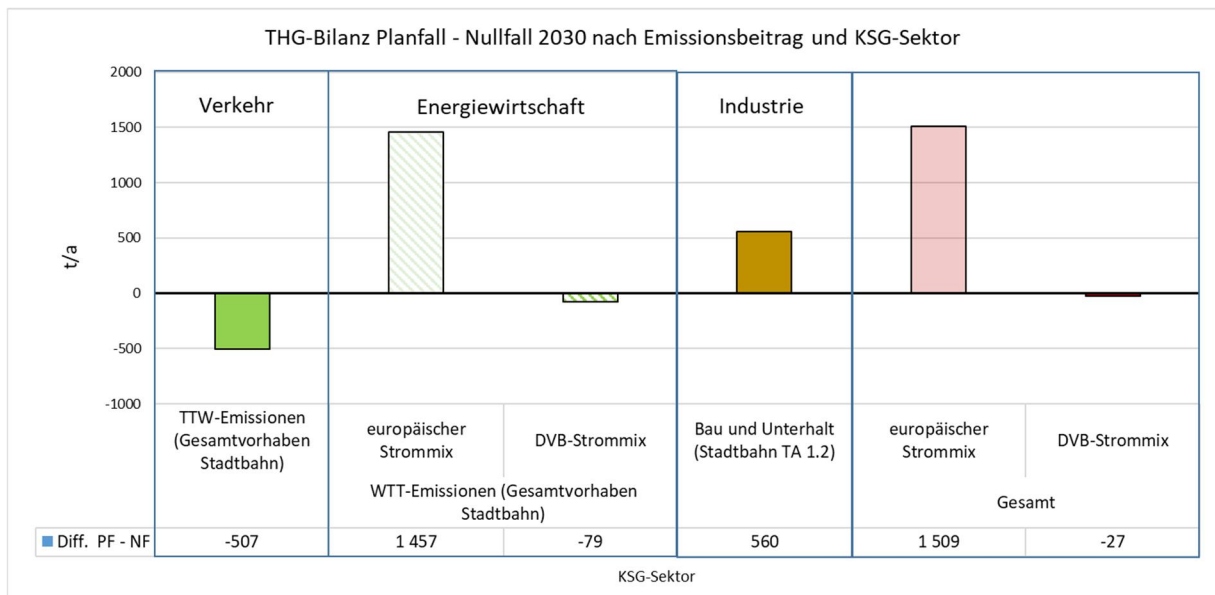


Abb. 4-5: THG-Bilanz Planfall - Nullfall 2030 nach Emissionsbeitrag und KSG-Sektor (evtl. Abweichungen in der Summation sind rundungsbedingt)

5 EINORDNUNG DER ERGEBNISSE UND FAZIT

Im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) werden in § 3 nationale Klimaschutzziele festgeschrieben. Demnach sollen die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 % sowie bis zum Jahr 2040 um mindestens 88 % gemindert werden. Bis zum Jahr 2045 werden die Treibhausgasemissionen so weit gemindert, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Um dies zu erreichen, werden in Anlage 2 zu § 4 des KSG sektorspezifisch zulässige Jahresemissionsmengen festgelegt. Wie im Kapitel 4.5 erläutert, betreffen die im Rahmen des Vorhabens „Stadtbahn Dresden“ betrachteten Emissionsbeiträge die Sektoren

- Verkehr,
- Energiewirtschaft und
- Industrie.

Zur transparenten Überprüfung, inwieweit die derzeitigen und künftig zu erwartenden Treibhausgasemissionen mit den gesetzten Minderungszielen vereinbar sind, wird in § 10 Absatz 2 ab dem Jahre 2021 die Erstellung eines sogenannten Projektionsberichtes⁵ vorgeschrieben. Die darin prognostizierten Treibhausgasemissionsmengen werden unter Berücksichtigung der sektorspezifischen Minderungsmaßnahmen ermittelt.

In **Abb. 5-1** sind die nach § 4 KSG zulässigen Jahresemissionsmengen der bzgl. des Vorhabens „Stadtbahn Dresden“ relevanten Sektoren mit den entsprechenden tatsächlichen und künftig zu erwartenden Treibhausgasemissionen nach Projektionsbericht 2021 für den Zeitraum 2020 – 2030 gegenübergestellt.

⁵<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/szenarien-fuer-die-klimaschutz-energiepolitik/integrierte-energie-treibhausgasprojektionen#Projektionsbericht>

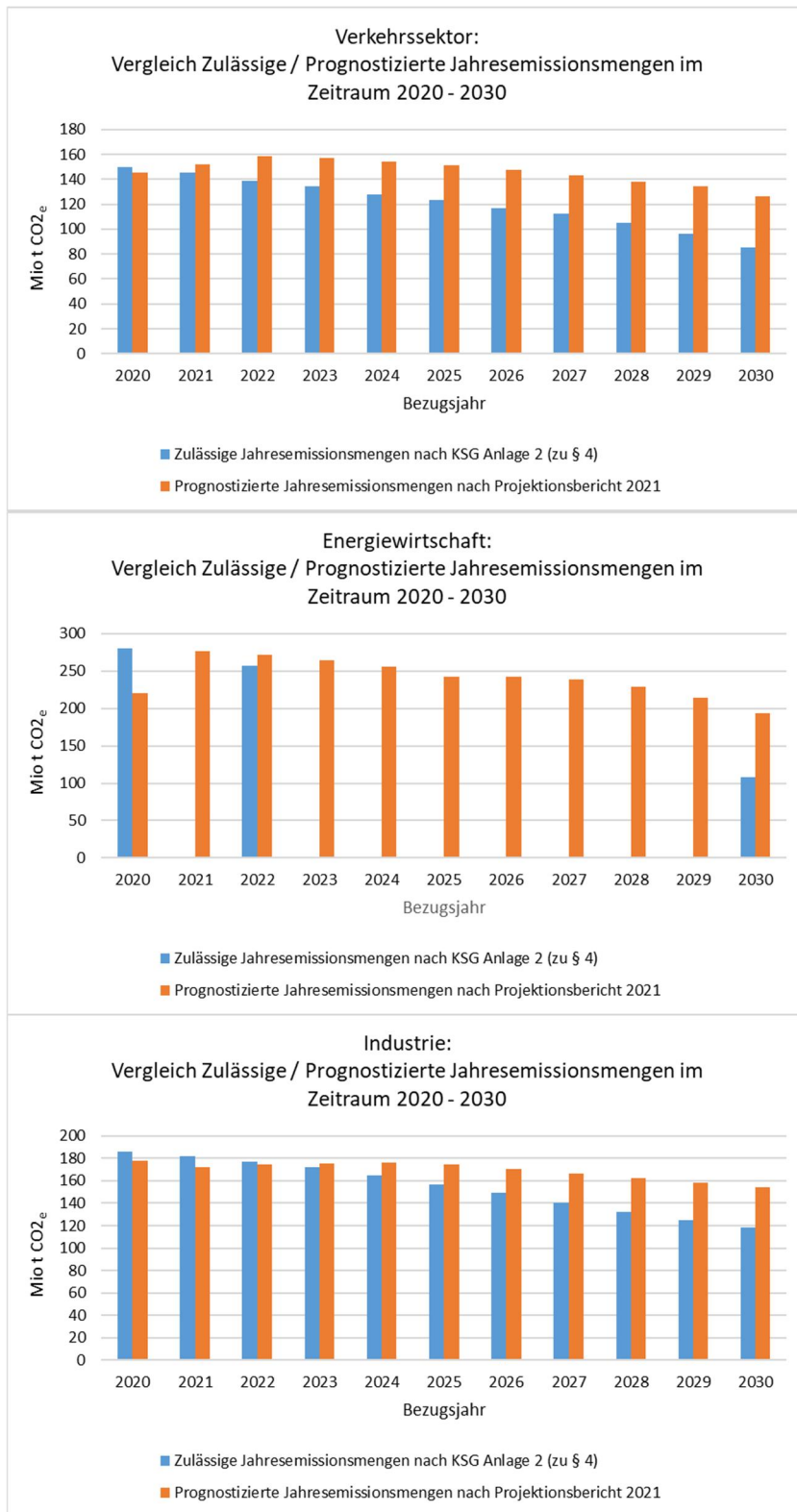


Abb. 5-1: Vergleich Zulässige / Prognostizierte Jahresemissionsmengen in den KSG - Sektoren „Verkehr“, „Energiewirtschaft“, „Industrie“ im Zeitraum 2020 - 2030

Der Vergleich zeigt, dass die Schere zwischen den zulässigen und den prognostizierten Jahresemissionsmengen bei allen betrachteten Sektoren bis zum Jahre 2030 z.T. deutlich größer wird. Insbesondere im Verkehrssektor und in der Energiewirtschaft ist unter den derzeit beschlossenen bzw. umgesetzten Klimaschutzmaßnahmen nicht davon auszugehen, dass die im KSG festgeschriebene Reduktion der Treibhausgasemissionen um mindestens 65 % bis zum Jahr 2030 erreicht wird.

Für den Fall einer Überschreitung der zulässigen Jahresemissionsmenge ist im KSG § 4 Absatz 3 Folgendes festgelegt:

„Über- oder unterschreiten die Treibhausgasemissionen ab dem Jahr 2021 in einem Sektor die jeweils zulässige Jahresemissionsmenge, so wird die Differenzmenge auf die verbleibenden Jahresemissionsmengen des Sektors bis zum nächsten in § 3 Absatz 1 genannten Zieljahr gleichmäßig angerechnet. Die Vorgaben der Europäischen Klimaschutzverordnung bleiben unberührt.“

Um zu verhindern, dass im Falle einer Überschreitung die jährlichen Minderungsmengen der folgenden Jahre derart hoch werden, dass eine Reduktion mit den aktuell aufgestellten Minderungsmaßnahmen nicht mehr möglich ist, muss nach § 8 ein Sofortprogramm für den jeweiligen Sektor vorgelegt werden, das die Einhaltung der Jahresemissionsmengen des Sektors für die folgenden Jahre sicherstellt.

Die Umsetzung des Vorhabens „Stadtbahn Dresden“ trägt bei der sektoralen Betrachtung gemäß KSG dazu bei, im Verkehrssektor sowie (unter Annahme eines klimaneutralen Strommixes) auch im Sektor Energiewirtschaft die Schere zwischen den zulässigen und den prognostizierten Jahresemissionsmengen zu schließen. Demgegenüber führt der Bau der Trasse zu einem Anstieg der CO₂e-Emissionen im Industriesektor.

6 LITERATUR

AD-HOC ARBEITSHILFE KLIMASCHUTZ (2022): Bericht von Bosch & Partner sowie Füsser & Partner RA im Auftrag des Landesamtes für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern. Stand: 31.03.2022

Dittmer, M., Geraets, F., Schwipps, A. (2023): Die Klimabilanz Berliner U-Bahn- und Straßenbahnplanungen. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND) (Hrsg.), 2023

<https://klimabilanz-ubahn-tram.de/download/klimabilanz-ubahn-tram-2023-01.pdf>

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“, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 3. korrigierte Fassung Januar 2015, ISSN 1862-4804

Landeshauptstadt Dresden (2019): Verkehrsplanerische Untersuchung (VPU) auf Basis der Verkehrsprognose 2030 Stadtbahn 2020 TA 1.2, Kesselsdorfer Straße, Nossener Brücke, Nürnberger Straße. Stand 07.10.2019. Geschäftsbereich Stadtentwicklung, Bau, Verkehr und Liegenschaften; Stadtplanungsamt, Abt. Verkehrsentwicklungsplanung.

Lohmeyer (2020): Stadtbahn Dresden 2020, TA 1.2, Luftschadstoffgutachten Unterlage 17.2. Projekt 71054-14-01, Mai 2020. AG: EIBS GmbH, Dresden

TREMODO (2020): Transport Emission Model: „Aktualisierung der Modelle TREMOD/ TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ / Berichtsteil „TREMODO“. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 116/2020. Dessau-Roßlau, Juni 2020.

UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version 24.02.2022). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.

VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL), Düsseldorf, Mai 2020.