



R & H Umwelt GmbH

Zentrale Nürnberg
Schnorrstraße 5a
90471 Nürnberg

Telefon 0911 86 88-10
Telefax 0911 86 88-111

info@rh-umwelt.de
www.rh-umwelt.de

VAG Verkehrs- und Aktiengesellschaft

Straßenbahnverlängerung Minervastraße

Klimaschutzgutachten

Auftraggeber

VAG Verkehrs- und Aktiengesellschaft
Südliche Fürther Straße 5
90429 Nürnberg

Angebotsdatum

16.03.2022

Angebotsnummer

21A0714-NA1

Auftragsdatum

29.03.2022

Auftragsnummer

1000153177.02

Projektstandort

Minervastraße
Nürnberg

Projektleiterin

Annett Görne
M. Sc. Biologie

Ort, Datum

Nürnberg, den 29.01.2024

Umfang

11	Berichtsseiten	AG	(3-fach)
0	Anlagen	R & H	(1-fach)

Übergabe

Geschäftsführer
Dr. Alexander Poser

R & H Umwelt GmbH
Tel: 0911 86 88-10 | info@rh-umwelt.de
Fax: 0911 86 88-111 | www.rh-umwelt.de

Amtsgericht Nürnberg HRB 8225
USt.-IdNr. DE133511000
Steuer-Nr. 241/115/22045

Sparkasse Nürnberg
IBAN: DE42 7605 0101 0001 2265 22
SWIFT-BIC: SSKNDE77XXX

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
2.	Lage und Bauvorhaben.....	5
3.	Sektor Industrie.....	6
4.	Sektor Verkehr.....	8
4.1	Analysefall.....	9
4.2	Prognosebezugsfall.....	11
4.3	Planfall	12
5.	Sektor Landnutzungsänderung.....	13
6.	Gesamtbilanz.....	14

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung und Zielerreichung der Treibhausgasemissionen in DE im Sektor Verkehr; veröffentlicht vom Umweltbundesamt, 22.03.2022	4
Abbildung 2: Neu geplante Straßenbahnverlängerung entlang der Diana- und Minervastraße in rot; veröffentlicht vom Verkehrsplanungsamt Stadt Nürnberg	5
Abbildung 3: Aktuelle Verkehrszahlen entlang der neu geplanten Straßenbahnstrecke; Google Maps.....	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei Schienenverkehrswegen (aus dem Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030)	6
Tabelle 2: Berechnung der Lebenszyklusemissionen für die Streckenkategorie Schienenverkehrswege	7
Tabelle 3: Spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei Straßeninfrastruktur (aus dem Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030)	7
Tabelle 4: Berechnung der Lebenszyklusemissionen für die Streckenkategorie Straßeninfrastruktur	7
Tabelle 5: Verkehrszahlen auf den relevanten Straßenabschnitten.....	10
Tabelle 6: Ergebnisse des Analysefalls (Status Quo)	10
Tabelle 7: Ergebnisse des Prognosebezugsfalls	11
Tabelle 8: Ergebnisse des Planfalls	12
Tabelle 9: Flächenbilanz aus Eingriffen und Kompensationen von klimaschutzrelevanten Flächen im Sektor Landnutzungsänderung.....	13
Tabelle 10: Gesamtbilanz der CO₂-Emissionen und der Flächeninanspruchnahme für den Analysefall, den Prognosbezugsfall und den Planfall	15
Tabelle 11: Gesamtbilanzierung der klimaschutzrelevanten Emissionen und Eingriffe nach dem Methodenpapier des STMB.....	15

1. Einleitung

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für Bau der Straßenbahnverlängerung Minervastraße werden die CO₂-Emissionen aus den Sektoren Industrie, Verkehr sowie die Flächenbilanz aus dem Sektor Landnutzungsänderung ermittelt. Dabei werden Emissionen für den Planfall, der die Emissionen nach Ausbau im Jahr 2035 darstellt, dem Prognosebezugsfall, der die Emissionen ohne Ausbau im Jahr 2035 darstellt und dem Status Quo (Analysefall mit Bezugsjahr 2020) gegenübergestellt.

Die geplante Straßenbahnverlängerung in der Minervastraße hat durch einen Eingriff in das Verkehrsaufkommen und bauliche Maßnahmen direkte Auswirkungen auf das globale und lokale Klima. Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG, 2019) stellt nationale Klimaschutzziele auf, wie die konkrete Minderung von Treibhausgasen. Diese sektorenbezogenen Jahresemissionsmengen sind verbindlich.

Hinweis: Für den Sektor Verkehr wurde knapp eine Halbierung der CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1990 festgelegt.

Entwicklung und Zielerreichung der Treibhausgasemissionen in Deutschland im Sektor Verkehr des Klimaschutzgesetzes (KSG)

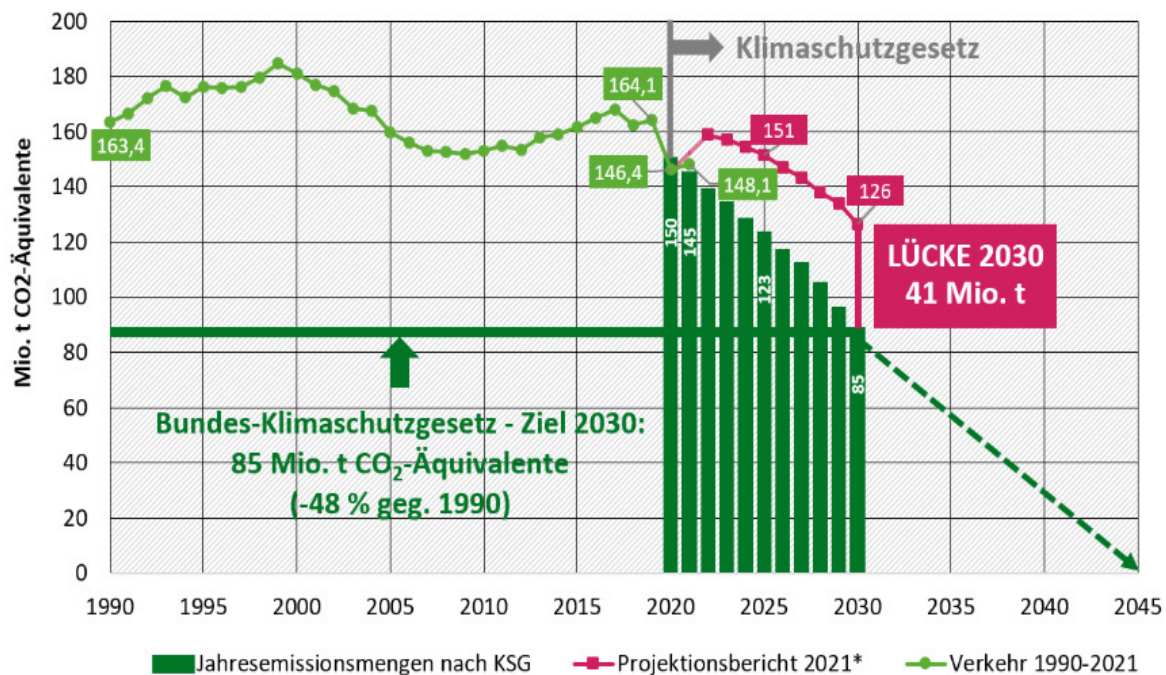


Abbildung 1: Entwicklung und Zielerreichung der Treibhausgasemissionen in DE im Sektor Verkehr; veröffentlicht vom Umweltbundesamt, 22.03.2022

Durch die Klimarelevanz des Projekts muss mittels eines Klimaschutzgutachtens gezeigt werden, dass das Bauprojekt im Einklang mit den Klimaschutzziele steht. Dies bedeutet, dass die direkten CO₂-Emissionen bilanziert werden müssen und langfristig ein positiver Effekt erzielt werden sollte. Hierbei werden CO₂-Emissionen aus den Sektoren Industrie und Verkehr sowie eine Flächenbilanz im Sektor Landnutzungsänderung berücksichtigt. Die Bilanzierung orientiert sich an dem „Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen

Klimas bei der Straßenplanung in Bayern“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnung, Bau und Verkehr vom 20.09.2022.

Lebenszyklusemissionen aus dem Sektor Industrie entstehen durch die Herstellung und Unterhaltung der Straßenbahn (z. Bsp. Betrieb von Baumaschinen).

Verkehrsbedingte Emissionen werden durch die Verkehrsarten (Kfz, Straßenbahn, etc.) vor Ort freigesetzt, die Teile des Untersuchungsrahmens sind. In diesem Fall wird nur die Straßenbahn, die in Zukunft dort betrieben werden wird, betrachtet.

Landnutzungsänderungen entstehen dadurch, dass beim Bau von Infrastruktur Flächen mit klimaschutzrelevanten Funktionen in Anspruch genommen werden. Böden und Vegetation dieser Flächen speichern langfristig CO₂, welches durch den Verlust dieser Flächen in die Atmosphäre entweicht. Gleichzeitig fließen Entsiegelungsmaßnahmen im Zuge des Projektes positiv in die Bilanz ein.

Der vorliegende Bericht enthält sowohl die separate Bilanzierung der drei Sektoren Industrie, Verkehr und Landnutzungsänderung als auch eine Gesamtbilanz in der alle drei Sektoren zusammengefasst dargestellt werden.

2. Lage und Bauvorhaben

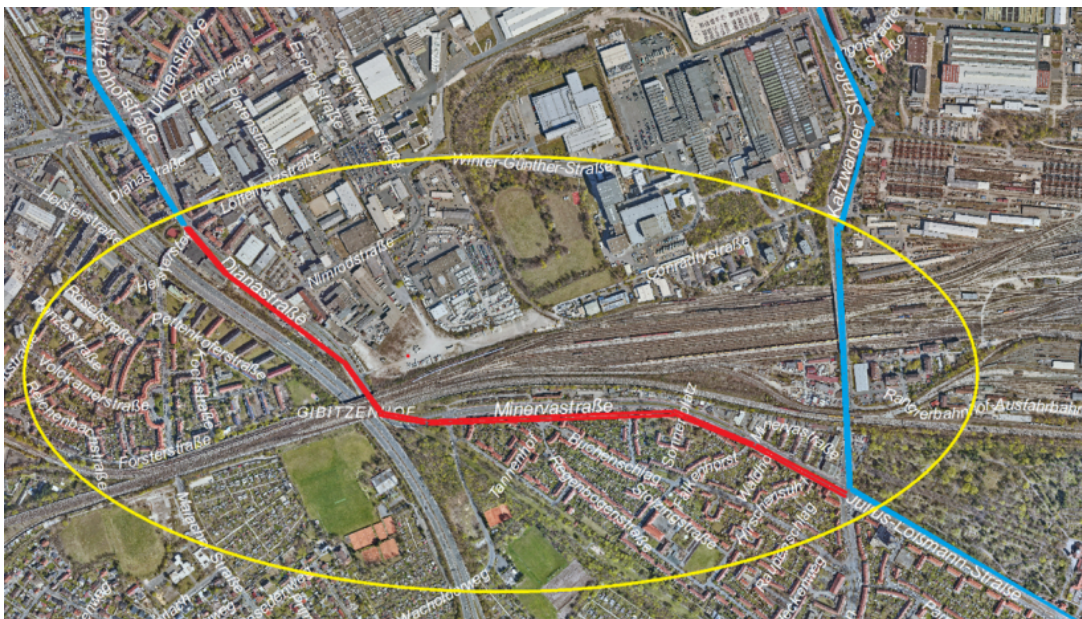


Abbildung 2: Neu geplante Straßenbahnverlängerung entlang der Diana- und Minervastraße in rot; veröffentlicht vom Verkehrsplanungsamt Stadt Nürnberg

Die durch die Stadt Nürnberg und die Verkehrs-Aktiengesellschaft Nürnberg (VAG) neugeplante Straßenbahnverlängerung liegt im südlichen Nürnberger Stadtgebiet. Die 1,7 km lange Strecke verläuft entlang der Dianastraße und Minervastraße und verbindet die beiden bereits bestehenden Straßenbahnhaltstellen Gibitzenhof (aktuell mit Wendeschleife) und Finkenbrunn.

Dazwischen sollen zwei neue Haltestellen entstehen: die bestehende Haltestelle Finkenbrunn wird im Bereich der Julius-Loßmann-Straße erweitert, eine neue Straßenbahnhaltstelle am Minervaplatz ersetzt die bisherige Bushaltestelle und die bestehende Haltestelle Gibitzenhof in der bisherigen Wendeschleife wird durch Neubau in Mittellage versetzt.

Bei dem Vorhaben handelt es sich um einen Lückenschluss zwischen der Straßenbahnwendeschleife in der Dianastraße und dem Knotenpunkt Minervastraße/Julius-Loßmann-Straße/Finkenbrunn, der für ein flexibleres Schienennetz erforderlich ist. Zum einen wird eine neue Ausrückroute in südlicher Richtung geschaffen, zum anderen erhöht sich die Netzkonnektivität, wodurch eine höhere Resilienz, z.B. bei Unfällen geschaffen wird. Das südliche Nürnberger Stadtgebiet würde in diesem Fall nicht vom Straßenbahnnetz abgeschnitten und von Ersatzbussen bedient werden müssen, sondern kann weiter über die Straßenbahn erreicht werden. Zusätzlich sind Sanierungen, z.B. einer DB Brücke angedacht, und ohne Erschließung durch die künftige Straßenbahnstrecke kann das südliche Straßenbahnnetz während dieser Bauzeit nicht bedient werden.

Der komplette Planungsumgriff umfasst ca. 42 ha inklusive eines Umgriffs von ca. 100 m beidseitig der neu geplanten Straßenbahntrasse.

Die neugeplante Straßenbahntrasse beinhaltet ein Straßenbahndoppelgleis und eine Fahrleitungsanlage und soll sich überwiegend im Mittelstreifen der beiden Fahrbahnen der Diana- und Minervastraße als Rasengleis befinden. Außerdem wird auf den Erhalt der Bäume besonders geachtet, was jedoch nicht überall möglich sein wird.

Abschnittsweise erfolgt ein Ersatzneubau der beiden existierenden Fahrstreifen, der Parkplätze, der Grünflächen und der angrenzenden Rad- und Gehwege. Dies erfolgt nur dort, wo erforderliche Straßenbreiten durch die neue Straßenbahntrasse nicht mehr eingehalten werden können. Die bestehenden Grünflächen im Mittelstreifen und die Asphaltflächen in den Kreuzungsbereichen werden rückgebaut.

Im Zuge des Neubaus werden die Straßenentwässerungseinrichtung beider Fahrbahnen, die Lichtsignalanlagen und die Straßenbeleuchtung entlang des neuen Straßenbahnabschnitts miterneuert.

3. Sektor Industrie

Die Umsetzung des Ausbaus erfordert bauliche Maßnahmen vor Ort. Die Treibhausgasemissionen durch Baumaschinen sind nicht unerheblich und beeinträchtigen die lokale und globale Umwelt. Deshalb werden die direkten Emissionen aus dem Zeitraum der Bauteilherstellung und Unterhaltung der Infrastrukturmaßnahme, ebenfalls gemessen in CO₂-Äquivalenten (CO₂-e), bilanziert. Diese Emissionen werden als Lebenszyklusemissionen der Maßnahme ausgewiesen. Nach dem Methodenpapier des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr vom 20.09.2022 haben diese Lebenszyklusemissionen keinen Einfluss auf die Klimaschutzziele des KSG im Sektor Verkehr und werden nur informativ ausgewiesen.

Die Berechnung dieser Lebenszyklusemissionen erfolgt unter Zuhilfenahme der Angaben aus dem Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030. In diesem Handbuch werden für verschiedene Verkehrsträger die spezifischen Treibhausgas-Lebenszyklusemissionen für unterschiedliche Streckenkategorien in CO₂-e angegeben.

Streckenategorie Schienenverkehrswege

Tabelle 1: Spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei Schienenverkehrswegen (aus dem Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030)

Streckenategorie	Spezifische THG-Emissionen
	[t CO ₂ -e/km pro Einzelgleis/Jahr]
Neubaustrecke im Flachland	33
Neubaustrecke im Mittelgebirge	68

Ausbaustrecke (zusätzliches Gleis)	23
Elektrifizierung vorhandener Gleise	2
Geschwindigkeitserhöhung vorhandener Gleise	4

Unter der Kategorie Schienenverkehrswege fallen insgesamt 4,45 km Neubaustreck mit Einzelgleis an. Davon fallen jeweils 1,93 km für das stadtauswärtige und das stadteinwärtige Gleis an, weitere 0,43 km für Abzweige und 0,16 km für die Wendeschleife.

Tabelle 2: Berechnung der Lebenszyklusemissionen für die Streckenkategorie Schienenverkehrswege

Streckenkategorie	Streckenlänge	Spezifische THG-Emissionen je km Einzelgleis	t CO ₂ -e/Jahr
Neubaustrecke im Flachland	4,45 km	33 t CO ₂ -e	147
Gesamtsumme CO₂-e/Jahr			147

Streckenkategorie Straßeninfrastrukturmaßnahmen

Tabelle 3: Spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei Straßeninfrastruktur (aus dem Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030)

Streckenkategorie	Spezifische THG-Emissionen [kg CO ₂ -e/m ² Straßenoberfläche/Jahr]
Bundesautobahnen	6,2
Bundesstraßen	4,6
Aufschlag für Brückenabschnitte	12,6
Aufschlag für Tunnelabschnitte	27,1

Unter der Kategorie Straßeninfrastruktur wird insgesamt eine Fläche von 21.161 m² durch Straßenbau versiegelt. Hinzu kommen 12.357 m² Gehweg und kombinierter Rad- und Gehweg. Das Methodenpapier zum Bundesverkehrswegeplan (2023) unterscheidet nur zwischen den Kategorien Bundesautobahnen und Bundesstraßen. Bei der Minervastraße (Kreisstraße) und den Geh- und Radwegen handelt es sich um keine der beiden Kategorien. Da das Methodenpapier als Grundlage dienen soll und darin keine anderen Daten zur Verfügung stehen, wird mit den spezifischen THG-Emissionen für Bundesstraßen kalkuliert.

Tabelle 4: Berechnung der Lebenszyklusemissionen für die Streckenkategorie Straßeninfrastruktur

Streckenkategorie	Straßenoberfläche	Spezifische THG-Emissionen je km Einzelgleis	t CO ₂ -e/Jahr
Bundesstraßen (Minervastraße)	21.161 m ²	4,6 kg CO ₂ -e	97
Bundesstraßen (Fuß- und Radweg))	12.357 m ²	4,6 kg CO ₂ -e	57
Gesamtsumme CO₂-e/Jahr			154

Insgesamt ergibt sich aus der Summe der Kategorien Schienenverkehrswege und Straßeninfrastrukturmaßnahmen THG-Emissionen von **301 t CO₂-e/Jahr**.

Hinweis: Bei den spezifischen Treibhausgas-Lebenszyklusemissionen aus dem Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030 handelt es sich um pauschale Werte, die nur für eine kleine Anzahl an Kategorien (Straße, Schiene, etc.) angegeben werden. Für die hier beschriebene Straßenbahnbaumaßnahme wird der Wert aus der Kategorie Neubaustrecke im Flachland bzw. Bundesstraßen verwendet, da es keinen spezifischen Wert für Straßenbahnen im innerstädtischen Gebiet gibt. Für die begleitenden Straßeninfrastrukturmaßnahmen wird der Wert aus der Kategorie Bundesstraße verwendet, da es keinen spezifischen Wert für innerstädtische Straßen oder Geh- und Radwege gibt. Es wird ein Zeithorizont bis 2035 angesetzt.

4. Sektor Verkehr

Die Ermittlung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen basiert auf dem sogenannten Quellprinzip entsprechend des KSG. Darunter fallen alle Treibhausgasemissionen, die direkt und lokal, also durch den Betrieb der Kfz vor Ort, freigesetzt werden („Tank-to-Wheel“). Hierbei werden die klimarelevanten Anteile, gemessen in CO₂-e, betrachtet. Weitere Emissionen, z.B. bei Erzeugung des Kraftstoffs, werden nicht berücksichtigt. Damit fallen bei Nutzung von Elektrofahrzeugen keine direkten verkehrsbedingten CO₂-Emissionen an.

Um die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen zu berechnen, werden die Verkehrszahlen auf dem relevanten Streckenabschnitt, die Flottenzusammensetzung sowie die Verkehrssituation herangezogen. Die Verkehrssituation umfasst den Gebietstyp, den Straßentyp mit Längsneigung, das Tempolimit sowie den Verkehrszustand (Stau, gesättigter, dichter und flüssiger Verkehr).

Grundlage der CO₂-Bilanzierung ist das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 4.2, Januar 2022, erstellt durch INFRAS Bern für das Umweltbundesamt), welches Emissionsfaktoren für alle gängigen Fahrzeugkategorien zur Verfügung stellt. Diese Faktoren werden alle 5 Jahre aktualisiert. Es wird differenziert zwischen Land, Jahr, Fahrzeugkategorie, Schadstoff, Straßentyp und Technologie. Für diese Kategorien sind gewichtete Mittelwerte für Deutschland abrufbar, welche typischen Flottenzusammensetzungen entsprechen. Die typischen Flottenzusammensetzungen beinhalten u.a. bereits den Anteil der Elektrofahrzeuge, welcher nach HBEFA bezogen auf Pkw-Fahrten ca. 1 % im Bezugsjahr 2020 beträgt und für das Bezugsjahr 2035 bereits mit ca. 25 % berücksichtigt wird.

Laut Angabe der Stadt Nürnberg handelt es sich bei dem relevanten Streckenabschnitt um eine Hauptverkehrsstraße im städtischen Gebiet mit Tempolimit 50 km/h und flüssigem Verkehr, was der Berechnung zugrunde gelegt wird. Außerdem wird eine Längsneigung von 0 % angesetzt, da die bestehende Höhenänderung von ca. 7 m auf die Strecke von 1,7 km nahe an 0 % liegt.

Die Änderung der CO₂-Emissionen wird anhand eines Prognosebezugsfalls (Prognose ohne Straßenbahnneubau) und eines Planfalls (prognostizierter Zustand nach Straßenbahnneubau) dargestellt. Für den Analysefall wird das Bezugsjahr 2020 gewählt, für den Prognosebezugs- und Planfall das Jahr 2035.

Hinweis: Es wird davon ausgegangen, dass sich im nachgeordneten Verkehrsnetz aufgrund der Maßnahme keine wesentlichen Veränderungen ergeben. Mit einer Verkehrszunahme wird lediglich auf übergeordneten Straßen gerechnet, nicht aber auf innerstädtischen Straßen, wie es hier der Fall ist.

4.1 Analysefall

Zunächst werden die CO₂-Emissionen im Analysefall berechnet, welcher den Status Quo abbildet. Dazu werden aktuelle Verkehrszahlen mit Lkw-Anteilen verwendet, welche durch die Stadt Nürnberg bereitgestellt wurden.

Die Berechnungsgrundlage ist die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) auf den relevanten Abschnitten der Diana- und Minervastraße. In der folgenden Grafik ist die DTVw5 (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an Werktagen, Mo-Fr), basierend auf einer Verkehrszählung der Stadt Nürnberg (Stand 24.03.2022), enthalten:



Abbildung 3: Aktuelle Verkehrszahlen entlang der neu geplanten Straßenbahnstrecke; Google Maps

Die Werte entsprechen der Verkehrsbelastung über 24 Stunden an einem Normalwerktag. Hier wurden für den relevanten Straßenabschnitt im Bereich Diana- und Minervastraße, durch den die neue Straßenbahntrasse verlaufen wird, jeweils 15.000 Kfz/24h gezählt. Folgende weitere Werte wurden bestimmt:

Tabelle 5: Verkehrszahlen auf den relevanten Straßenabschnitten

Straßenabschnitt	Kfz/24h (Werktag)	Nachtanteil	Lkw 1 (Bus + Lkw)-Anteil	Lkw 2 (Lkz* + Krad**)-Anteil
Dianastraße	15.000	8 %	4,5 % tagsüber 3,0 % nachts	5,0 % tagsüber 3,5 % nachts
Minervastraße	15.000	8 %	4,0 % tagsüber 3,0 % nachts	4,0 % tagsüber 3,0 % nachts

* Lkz: leichte Nutzfahrzeuge der HBEFA, ** Krad: Krafträder/Motorräder

Die Lkw1 (Bus + Lkw)- und Lkw2 (Lkz + Krad)-Anteile aus der Verkehrszählung der Stadt Nürnberg werden folgendermaßen auf die Fahrzeugkategorien der HBEFA angewendet (es liegen keine detaillierteren Angaben zur Aufteilung vor):

- Lkw 1 (Bus + Lkw) wird aufgeteilt in 50% LBUS (Linienbus) und 50% SNF (schwere Nutzfahrzeuge)
- Lkw 2 (Lkz + Krad) wird aufgeteilt in 55% LNF (leichte Nutzfahrzeuge) und 45% KR/MR (Krafträder/Motorräder)

Um die DTV aus der DTVw5 zu bestimmen, müssen die Wochenend- und Feiertage miteinbezogen werden.

- Faktor für Wochenend- und Feiertagsverkehr: 0,8
- Anzahl Arbeitstage in Bayern im Jahr 2022: 250 Tage
- Anzahl Wochenend- und Feiertage in Bayern im Jahr 2022: 115 Tage

Daraus ergibt sich der DTV, nach Gewichtung der Wochentage, folgendermaßen:

$$DTV = (DTVw * 250 + DTVw * 0,8 * 115) / 365 = DTVw * 0,937 = 15.000 * 0,937 = 14.055$$

Mit Anwendung der CO₂-Emissionsfaktoren der HBEFA für die einzelnen Fahrzeugkategorien in Deutschland für den Straßentyp Hauptverkehrsstraße mit Tempolimit 50 km/h und flüssigem Verkehr im städtischen Gebiet ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 6: Ergebnisse des Analysefalls (Status Quo)

Fahrzeugkategorie	Anteil	DTV	Emissionsfaktor [g CO ₂ /FzKm]	Strecke [km]	CO ₂ -Emissionen/24h [g CO ₂ /24h]
PKW	91,5%	12.860,3	156,248	1,7	3.415.974
LBUS	2,0%	281,1	948,966	1,7	453.482
SNF	2,0%	281,1	526,470	1,7	251.584
LNF	2,5%	351,4	198,908	1,7	113.447
KR/MR	2,0%	281,1	83,446	1,7	39.876
Summe	100%	14.055			4.274.363

Damit ergeben sich mit der aktuellen Verkehrssituation 4,27 t CO₂-e pro Tag auf dem 1,7 km-langem Streckenabschnitt der Minerva- und Dianastraße, auf dem der neue Straßenbahnabschnitt entstehen soll.

4.2 Prognosebezugsfall

Im Prognosebezugsfall werden die CO₂-Emissionen für das Bezugsjahr 2035 berechnet, unter der Annahme, dass sich die Verkehrssituation verglichen mit dem Status Quo nicht ändert, d.h. ohne den Neubau der Straßenbahnstrecke. Es werden dieselben Werte der Verkehrsparameter verwendet wie im Analysefall, nur das Bezugsjahr ändert sich zu 2035.

Die Berechnungsgrundlage bleibt die DTV von 14.055 Kfz/24h, da die Prognose für das Kfz-Verkehrsaufkommen im Jahr 2035, bereitgestellt von der Stadt Nürnberg, keine Änderung im Vergleich zur heutigen Situation vorsieht. Das Gewerbegebiet Hafen ist bereits vollständig besiedelt und es gibt keine freien Flächen mehr in den angrenzenden Gebieten der Minerva- und Dianastraße. Damit bleibt die Dichte der Bebauung unverändert. Weiterhin wird die Minervastraße hauptsächlich von Anwohnern genutzt, weshalb davon auszugehen ist, dass sich weder die Kfz-Flottenzusammensetzung noch das Kfz-Aufkommen relevant ändern wird.

Da sich v.a. der Anteil an elektrisch betriebenen Fahrzeugen in Zukunft erhöhen wird, nehmen die CO₂-Emissionsfaktoren in der Regel mit der Zeit ab. Durch diese leicht veränderte Flottenzusammensetzung ändern sich auch die CO₂-e-Werte für den Prognosebezugsfall im Vergleich zum Analysefall. Die VAG Nürnberg plant bis 2035 alle Linienbusse elektrisch zu betreiben, weshalb für 50 % des LBUS-Anteil keine Emissionen vor Ort entstehen (weiter 50 % sind Reisebusse, etc.).

Analog zum Analysefall ergeben sich mit Anwendung der CO₂-Emissionsfaktoren der HBEFA für die einzelnen Fahrzeugkategorien in Deutschland für den Straßentyp Hauptverkehrsstraße mit Tempolimit 50 km/h und flüssigem Verkehr im städtischen Gebiet folgende Werte:

Tabelle 7: Ergebnisse des Prognosebezugsfalls

Verkehrsbedingte CO ₂ -Emissionen, prognostiziert (Bezugsjahr 2035), ohne Straßenbahnverlängerung, Städtisches Gebiet, Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, flüssiger Verkehr, Längsneigung 0 %					
Fahrzeugkategorie	Anteil	DTV	Emissionsfaktor [g CO ₂ /FzKm]	Strecke [km]	CO ₂ -Emissionen/24h [g CO ₂ /24h]
PKW	91,5%	12.860,3	99,598	1,7	2.177.462
LBUS	2,0%	281,1	606,110	1,7	289.642
SNF	2,0%	281,1	375,952	1,7	179.656
LNF	2,5%	351,4	133,731	1,7	79.888
KR/MR	2,0%	281,1	69,855	1,7	33.382
Summe	100%	14.055			2.760.030

Damit ergeben sich im Jahr 2035 voraussichtlich **2,76 t CO₂-e pro Tag**, was einer Minderung von ca. **1,51 t CO₂-e pro Tag** aufgrund der prognostizierten veränderten Flottenzusammensetzung (höherer E-Fahrzeuganteil) entspricht (vgl. Analysefall). Für Pkw-Fahrten berücksichtigt die HBEFA ca. 1 % an elektrisch betriebenen Fahrzeugen im Bezugsjahr 2020 und für das Bezugsjahr 2035 bereits ca. 25 %. Weiterhin plant die VAG Nürnberg ihre Linienbusse bis 2035 100% elektrisch zu betreiben. Diese veränderte Flottenzusammensetzung ist der alleinige Faktor für die Einsparung verglichen mit dem Analysefall.

4.3 Planfall

Der Planfall bildet die Verkehrssituation mit Neubau der geplanten Straßenbahnstrecke im Bezugsjahr 2035 ab. Dafür werden zunächst die direkten verkehrsbedingten CO₂-Emissionen ermittelt.

Da die Prognose für das Kfz-Verkehrsaufkommen im relevanten Straßenabschnitt keine Änderung im Vergleich zur heutigen Situation vorsieht und der künftige Straßenbahnabschnitt zusätzliche Verkehrsteilnehmer bedienen wird, ändert sich die Berechnungsgrundlage dahingehend nicht. Allerdings verkehrt aktuell ein Linienbus zwischen den beiden Straßenbahndaltestellen Gibitzenhof und Finkenbrunn, welcher durch die neue Straßenbahnstrecke ersetzt wird. Damit verringert sich der LBUS-Anteil von 2,0% auf 1,0% (Reisebusse etc.).

Insgesamt reduziert sich die DTVw5 um 1,0% von 15.000 auf 14.850, und folgendermaßen die DTV auf 13.915 Kfz/24h, welche als Berechnungsgrundlage für den Planfall herangezogen wird.

Die Straßenbahnnutzung führt vor Ort zu keinen direkten Emissionen, da sie elektrisch betrieben wird.

Die HBEFA stellt alle 5 Jahre angepasste Werte für die durchschnittliche Flottenzusammensetzung in Deutschland zur Verfügung. Da sich v.a. der Anteil an elektrisch betriebenen Fahrzeugen in Zukunft erhöhen wird, nehmen die CO₂-Emissionsfaktoren in der Regel mit der Zeit ab. Abgesehen von dem Bezugsjahr wurden keine Änderungen berücksichtigt, auch der Straßentyp ist unverändert.

Folgende direkte CO₂-Emissionen werden für das Bezugsjahr 2035 auf dem Streckenabschnitt mit der neuen Straßenbahntrasse erwartet:

Tabelle 8: Ergebnisse des Planfalls

Verkehrsbedingte CO ₂ -Emissionen, prognostiziert (Bezugsjahr 2035), mit Straßenbahnverlängerung, Städtisches Gebiet, Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, flüssiger Verkehr, Längsneigung 0 %					
Fahrzeugkategorie	Anteil	DTV	Emissionsfaktor [g CO ₂ /FzKm]	Strecke [km]	CO ₂ -Emissionen/24h [g CO ₂ /24h]
PKW	92,5%	12.860,3	99,598	1,7	2.177.462
LBUS	1,0%	140,6	606,110	1,7	144.872
SNF	2,0%	281,1	375,952	1,7	179.656
LNF	2,5%	351,4	133,731	1,7	79.888
KR/MR	2,0%	281,1	69,855	1,7	33.382
Summe	100%	13.915			2.615.260

Damit ergeben sich nach Fertigstellung des Straßenbahnabschnitts im Bezugsjahr 2035 voraussichtlich **2,62 t CO₂-e pro Tag**, was einer Minderung von ca. **1,65 t CO₂-e pro Tag** verglichen mit dem Status Quo (Analysefall, 2020) entspricht. Diese ergibt sich aus der veränderten Flottenzusammensetzung mit höherem E-Fahrzeuganteil im Jahr 2035, sowie einer Halbierung des Linienbus-Anteils von 2,0% auf 1,0%. Der verringerte Linienbusanteil bedingt die Differenz zwischen den Ergebnissen zwischen dem Prognosebezugsfall (2035) und dem Planfall (2035) von **0,14 t CO₂-e pro Tag**.

5. Sektor Landnutzungsänderung

Es erfolgt eine Gegenüberstellung der in Anspruch genommenen klimaschutzrelevanten Flächen durch das Vorhaben mit den Kompensationsmaßnahmen, die sich positiv auf das Klima auswirken. Für diese Gegenüberstellung wird auf die Bilanzierung zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs aus dem landschaftspflegerischen Begleitplan zurückgegriffen.

Tabelle 9: Flächenbilanz aus Eingriffen und Kompensationen von klimaschutzrelevanten Flächen im Sektor Landnutzungsänderung

Landnutzung Eingriff/Kompensation	Eingriff durch bau- und anlagenbedingte Flächeninanspruchnahme	Kompensation
Feldgehölze mit überwiegend einheimischen, standortgerechten Arten, mittlere Ausprägung	922 m ² /8.298 WP	-
Mäßig extensiv genutztes, artenreiches Grünland	1.440 m ² /6.048 WP	9.105 m ² /27.315 WP
Ruderalflächen im Siedlungsbereich mit artenarmen Ruderal- und Staudenfluren	590 m ² /2.360 WP	-
Einzelbäume/Baumreihen/Baumgruppen mit überwiegend einheimischen, standortgerechten Arten, junge Ausprägung	2.003 m ² /5.608 WP	-
Einzelbäume/Baumreihen/Baumgruppen mit überwiegend einheimischen, standortgerechten Arten, mittlere Ausprägung	568 m ² /3.181 WP	-
Einzelbäume/Baumreihen/Baumgruppen mit überwiegend einheimischen, standortgerechten Arten, alte Ausprägung	292 m ² /3.212 WP	-
Grünflächen und Gehölzbestände junger bis mittlerer Ausprägung entlang von Verkehrsflächen	1.616 m ² /1.939 WP	-
Ökokonto (Umwandlung von „strukturarmen Nadelforst mittlerer Ausprägung“ zu „Waldmantel frischer bis mäßig trockener Standorte“)	-	667 m ² /3.335 WP
Gesamtsumme	7.431 m²/30.646 WP	9.772 m²/30.650 WP

Aus der Flächenbilanzierung (Tabelle 9) geht hervor, dass die Schaffung von klimaschutzwirksamen Flächen durch Kompensationsmaßnahmen (30.646 WP) ergänzt werden muss (siehe Landschaftspflegerische Begleitplanung). Dabei kommt es v. a. zu Versiegelung und dauerhafter Überbauung von diversen Biotoptypen. Durch die Schaffung von mäßig extensiv genutztem, artenreichen Grünland auf 9.105 m² im Rasengleis wird eine Kompensation in Höhe von 27.315 Wertpunkte geschaffen. Für die Differenz von 3.331 WP zum Kompensationsbedarf werden 3.335 WP von einem Ökokonto abgebucht. Es handelt sich dabei um einen ehemals strukturarmen Nadelforst, der auf 667 m² zu einem Waldmantel frischer bis mäßig trockener Standorte aufgewertete wurde.

Hinweis: Im „Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern“ des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr werden die Angaben zu klimaschutzrelevanten Flächen in der Einheit „ha“ (hier in m²) angegeben. Informativ werden zusätzlich die Wertpunkte nach BayKompV angegeben.

6. Gesamtbilanz

Im Folgenden werden die CO₂-Emissionen aus den Sektoren Industrie und Verkehr sowie die Flächeninanspruchnahme aus dem Sektor Landnutzungsänderung für den Analysefall, den Prognosebezugsfall und den Prognosefall verglichen. Wobei die Ergebnisse aus dem Sektor Industrie rein informativ aufgezeigt, jedoch nicht berücksichtigt werden.

Der Analysefall bildet den Status Quo mit Bezugsjahr 2020 ab und dient als Basis für die weiteren Berechnungen im Prognosebezugs- und Planfall. Es ergeben sich **4,27 t CO₂-e pro Tag** auf dem 1,7 km-langen Streckenabschnitt mit der aktuellen Verkehrssituation. Damit ergeben sich **jährlich 1.559 t CO₂-e**.

Im Prognosebezugsfall mit Bezugsjahr 2035 ergeben sich direkte Emissionen von **2,76 t CO₂-e pro Tag** und damit eine Einsparung von **1,51 t CO₂-e pro Tag** aufgrund der prognostizierten veränderten Flottenzusammensetzung (höherer E-Fahrzeuganteil). Der jährliche Emissionswert beläuft sich auf **1.007 t CO₂/a**.

Im Planfall, mit Umsetzung der Straßenbahnbaumaßnahme und Bezugsjahr 2035, resultieren voraussichtlich **2,62 t CO₂-e pro Tag** verkehrsbedingte Emissionen. Dies bedeutet direkte verkehrsbedingte Emissionen von **jährlich 956 t CO₂-e/Jahr**. Im Sektor Industrie fallen **301 t CO₂-e/Jahr** durch die Lebenszyklusemissionen aus dem Bau der neuen Infrastruktur an. Weiterhin kommt es im Planfall zu einer Flächeninanspruchnahme von ca. 7.341 m², der Kompensationsmaßnahmen im Ausmaß von 9.772 m² gegenüberstehen.

Zusammenfassend werden die CO₂-Emissionen und die Flächenbilanz der drei betrachteten Fälle in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Gesamtbilanz der CO₂-Emissionen und der Flächeninanspruchnahme für den Analysefall, den Prognosbezugsfall und den Planfall

	Lebenszyklusemissionen in CO ₂ -e (Sektor Industrie)	Verkehrsemissionen in CO ₂ -e (Sektor Verkehr)	Jährliche Gesamtemissionen in CO ₂ -e	Flächenbilanz (Sektor Landnutzungsänderung)
Analysefall	-	1.559 t/a	1.559 t/a	-
Prognosebezugsfall	-	1.007 t/a	1.007 t/a	-
Planfall	301 t/a	956 t/a	1.359 t/a	Inanspruchnahme: 7.341 m² Kompensation: 9.772 m²

Die Vorgabe des KSG sieht eine lineare Abnahme der CO₂-Emissionen im Sektor Verkehr vor. Zwischen 2020 und 2030 ist eine Einsparung von **43 %** vorgesehen (von 150 Mio. t in 2020 auf 85 Mio. t in 2030). Im Planfall ergibt sich eine Einsparung von ca. **39 %** der verkehrsbedingten Emissionen gegenüber dem Analysefall, sodass das Ziel knapp unterschritten wird. Werden im Planfall zusätzlich die Emissionen durch den Bau der Infrastrukturmaßnahme aus dem Sektor Industrie angerechnet beträgt die Einsparung gegenüber dem Analysefall noch 13 %.

Nachfolgend erfolgt die Darstellung der Ergebnisse separat nach den Sektoren Industrie Verkehr und Landnutzungsänderung entsprechend dem Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern (STMB 2022).

Tabelle 11: Gesamtbilanzierung der klimaschutzrelevanten Emissionen und Eingriffe nach dem Methodenpapier des STMB.

Gesamtbilanz der vorhabenbedingten THG-Emissionen		
Sektor Industrie		
Lebenszyklusemissionen		301 t/a
Sektor Verkehr		
Verkehrsemissionen (vorhabenbedingte Zusatzbelastung)		-51 t/a
Sektor Landnutzungsänderung		
Inanspruchnahme		Kompensationsmaßnahme
Inanspruchnahme von Böden mit klimaschutzrelevanten Funktionen	-	-
Inanspruchnahme von klimaschutzrelevanten Biotopen/Vegetationskomplexen	7.431 m ²	9.772 m ²

R & H Umwelt GmbH

i.V. Mona Münker

Bereichsleiterin

M. Eng. Energiemanagement & -technik



i.A. Tim Danneil

Projektleiter Greengineers GmbH

Glossar/Abkürzungen

BayKompV	Bayerischer Kompensationsverordnung
CO ₂ -e	CO ₂ -Äquivalente
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
KSG	Klimaschutzgesetz
KR	Krafträder
WP	Wertepunkt nach BayKompV

Literaturverzeichnis

BAFU (2015): Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des Non-road-Sektors. Bundesamt für Umwelt (BAFU). Bern, 2015.

BMU (2021): Klimaschutz in Zahlen Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Ausgabe 2021

KSG (2019): Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist, in Kraft getreten am 18. Dezember 2019

PTV Planung Transport Verkehr AG (2016): Methodenhandbuch zum Bundesverkehrswegeplan 2030. Entwurfsfassung für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Karlsruhe, Berlin, Waldkirch, München. https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-methodenhandbuch.pdf?__blob=publicationFile

STMB (2022): Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern. Herford, 2022

UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 4.2 / Januar 2022. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.