

Stadt Nürnberg, Servicebetrieb Öffentlicher Raum Nürnberg

Frankenschnellweg (Kreisstraße N4)
Ersatzneubau Brücke über den Main-Donau-Kanal und die Südwesttangente
BW 1.418

UNTERLAGE 17.3

Immissionstechnische Untersuchungen - Erläuterungen zu den Luftschadstoffen –

THG-Bilanz - Stellungnahme

Aufgestellt: Nürnberg, den 31.03.2023	Stadt Nürnberg Servicebetrieb Öffentlicher Raum Nürnberg  Technischer Werkleiter



Lohmeyer

Wasserstraße 223, 44799 Bochum
Telefon: +49 (0) 234 / 516685 - 0
Telefax: +49 (0) 234 / 516685 - 29
E-Mail: info.bo@lohmeyer.de
URL: www.lohmeyer.de

Leitung: Dr. rer. nat. Rowell Hagemann

Zertifiziert nach ISO9001:2015

Unser Zeichen
30020-20-01-AS

Bochum, den
20.03.2023

Erneuerung der Hafenbrücken in Nürnberg, THG-Bilanz – Stellungnahme

Für die Planungen zum Ersatzneubau der Brücke Frankenschnellweg in Nürnberg wurden durch unser Büro Ausarbeitungen zu den Luftschadstoffen durchgeführt (Lohmeyer, 2020). Dabei wurden der Planfall und der Prognosenullfall betrachtet und dafür ein umfassendes Straßennetz digital berücksichtigt. Ergänzend sind für das Planverfahren Aussagen zu den Auswirkungen der Planung auf die Treibhausgas-(THG)-Freisetzungen und Aussagen über die Klimarelevanz im Hinblick auf die im neuen Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG, 2019) genannten nationalen Klimaschutzziele erforderlich. Die nationalen Klimaschutzziele des KSG umfassen Minderungsziele für Treibhausgase bezogen auf CO₂-Äquivalente. Dabei sind gegenüber dem Jahr 1990 die Treibhausgase bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 % und bis zum Jahr 2040 um mindestens 88 % zu reduzieren. Weiter sind im KSG zur Erreichung der Klimaschutzziele verbindliche sektorenbezogene Jahresemissionsmengen für die Jahre 2020 bis 2030 u. a. für die Sektoren Verkehr, Industrie und Landnutzungsänderung festgelegt. Für die Jahre 2031 bis 2040 sind derzeit noch keine sektorenbezogene Jahresemissionsmengen enthalten. Für diese Jahre beinhaltet das KSG sektorenübergreifende jährliche Minderungsziele bezogen auf das Jahr 1990.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Auswirkungen der Planungen auf die Freisetzung von Treibhausgasen im direkten Umfeld des Plangebiets betrachtet. Das sind einerseits verkehrsbedingte Emissionen im Sektor Verkehr, die von Kraftfahrzeugen (Kfz) durch den Betrieb der geplanten Straße und den umliegenden bereits bestehenden Abschnitten des öffentlichen Straßennetzes freigesetzt werden. Andererseits sind das für den Sektor Industrie die sogenannten Lebenszyklusemissionen, die durch die Herstellung, den Bau und die Instandhaltung der Baumaßnahme freigesetzt werden. Zusätzlich dazu wird für den Sektor Landnutzungsänderung die anlagenbedingte Flächeninanspruchnahme mit den Kompensationsflächen hinsichtlich der Klimaschutzbelange gegenübergestellt. Grundlage für das Vorgehen bei der Treibhausgasbilanzierung stellt das „Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern“ (StMB, 2022) dar.

Lage des Plangebiets

Das Planvorhaben befindet sich im Hafengebiet im Süden von Nürnberg. Das Plangebiet und seine Umgebung sind in **Abb. 1** dargestellt.

Im Wirkungsbereich des Plangebiets liegt mit der von Südost nach Nordwest verlaufenden Autobahn A 73 bzw. der Südwesttangente eine stark frequentierte Autobahn bzw. Schnellstraße.

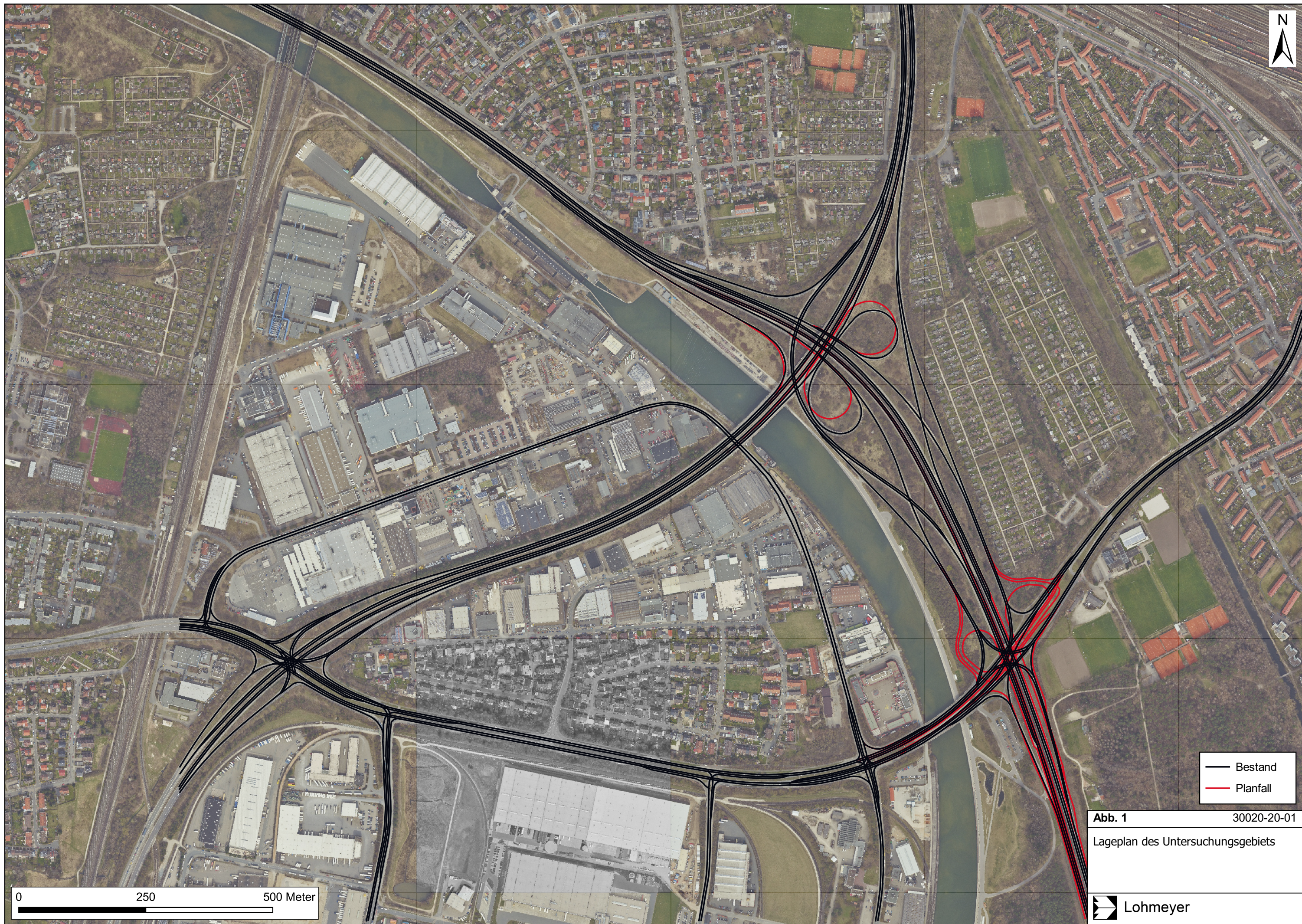
Im Rahmen der Brückenerneuerung soll der Frankenschnellweg (FSW), eine vierstreifig autobahnähnlich ausgebauten Schnellstraße, auf einer Länge von ca. 850 m umgebaut werden. Auf der Brücke FSW erfolgt für beide Fahrrichtungen eine Fahrstreifenreduzierung. Im Anschluss an das Brückenbauwerk kommt es zur Anpassung an den Bestand. Im Zuge des Neubaus der Brücke werden auch die Anschlussrampen des FSW zur Südwesttangente erneuert.

Eine Fahrstreifenreduzierung je Fahrrichtung erfolgt ebenfalls auf der neuen Brücke Hafenstraße über den Main-Donau-Kanal zugunsten von Fuß- und Radwegen. Zudem wird die Brücke Hafenstraße über die Südwesttangente mit den zugehörigen Anschlussrampen zurück- und neugebaut. Die Rampen Südwest und Südost werden leicht versetzt neu errichtet und dem neuen Gelände angepasst. Die Zufahrt vom Finkenbrunn auf die Südwesttangente Richtung Süden, sowie die Abfahrt von der Südwesttangente aus Süden kommend auf die Hafenstraße erfolgen über eine ringförmige Rampe von Norden.

Verkehrsbedingte Treibhausgase

Die Ermittlung der verkehrsbedingten Emissionen an Treibhausgasen erfolgt entsprechend den Inhalten des KSG nach dem Quellprinzip bezogen auf den Sektor Verkehr; die Vorgehensweise entspricht den Inhalten und Anforderungen des „Methodenpapiers zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern“ (StMB, 2022). Damit bezieht sich die Bilanzierungsmethodik entsprechend den Kyoto-Konventionen auf diese Beiträge an Treibhausgasen, die unmittelbar während des Betriebs der Kfz lokal freigesetzt werden, das sind die sogenannten direkten Emissionen („Tank-to-Wheel“). Betrachtet werden die klimarelevanten Anteile der direkten CO₂-Emissionen, d. h. ohne den regenerativen Kraftstoffanteil, sowie die verkehrsbedingten Beiträge an Treibhausgasen wie Methan oder Lachgas in Form von CO₂-Äquivalenten; Grundlage ist dabei die aktuelle Datenbank für Kfz-Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes HBEFA 4.2 (UBA, 2022).

Für das Luftschadstoffgutachten (Lohmeyer, 2020) wurde entsprechend den Ausarbeitungen des Verkehrsgutachtens (GEVAS, 2019) ein Straßennetz mit detailliert enthaltenen Verkehrssituationen berücksichtigt. Die Bestimmung der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen erfolgt für dieses in **Abb. 1** dargestellte Straßennetz, das aus dem Luftschadstoffgutachten übernommen wurde. Die Verkehrsdaten umfassen Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (DTV) mit Lkw-Anteilen für den Prognosenullfall im Jahr 2030 sowie entsprechende Angaben für den Planfall mit Umsetzung der Planungen im Jahr 2030.



— Bestand
— Planfall

Abb. 1 30020-20-01

Lageplan des Untersuchungsgebiets

 Lohmeyer

Die Emissionsbestimmung erfolgt auf Grundlage der übergebenen Verkehrsdaten, der angesetzten Verkehrssituationen und der Emissionsfaktoren des HBEFA 4.2 für die Treibhausgasemissionen für das Bezugsjahr 2030. Die entsprechenden Flottenzusammensetzungen mit den zugrundeliegenden Entwicklungen werden dem HBEFA entnommen. Bei der Emissionsbestimmung wird die Längsneigung der Straßen berücksichtigt, die aus dem Luftschadstoffgutachten übernommen wird. Der Kaltstarteinfluss innerorts für Pkw bzw. leichte Nutzfahrzeuge wird entsprechend HBEFA angesetzt.

Die verwendeten Emissionsfaktoren des HBEFA 4.2 beziehen sich auf die Freisetzung von CO₂ durch die Erzeugung der Antriebsenergie während des Betriebs der Kfz („Tank-to-Wheel“), hier durch die Verbrennung von Kraftstoff. Bei der Bereitstellung der Antriebsenergie freigesetzte CO₂-Aufkommen („Well-to-Tank“) sind in den Angaben nicht enthalten, damit sind mit dem Betrieb von Elektrofahrzeugen auf den vorliegenden Straßenabschnitten in der vorliegenden Untersuchung keine CO₂-Emissionen verbunden.

Tab. 1 zeigt die entsprechenden Emissionsfaktoren für den Leichtverkehr (LV) und den Schwerverkehr (SV) für den klimarelevanten Anteil der CO₂-Äquivalente für das hier zu betrachtende Prognosejahr 2030, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Steigungs- und Gefällestrassen sowie Gegenverkehrsstrassen mit Steigung. Steigungsstrassen werden gekennzeichnet durch vorangestelltes „+“-Zeichen, Gefällestrassen durch „-“ Zeichen und Gegenverkehrsstrassen durch „±“-Zeichen.

Mit Anwendung dieser Emissionsfaktoren entsprechend den Verkehrsstärken (Kfz, SV-Anteil) werden für jeden Straßenabschnitt die Treibhausgasfreisetzungen berechnet und für das jeweilige Straßennetz aufsummiert.

Zur Ermittlung der Auswirkungen der Planungen auf die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen werden die Änderungen für den Planfall gegenüber dem Prognosenullfall aufgezeigt. Sie sind als relative Änderungen aufzufassen.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren 2030 je Kfz in g/km	
Verkehrssituation	Neigung in %	LV	SV
IOS-AB80	±0 %	107.817	447.405
IOS-AB80	+2 %	152.336	906.199
IOS-AB80	-2 %	65.058	139.988
IOS-AB80	-4 %	32.421	38.042
AOS-FernN100	±0 %	117.612	465.539
AOS-FernN100	+2 %	162.315	1 004.116
AOS-FernN100	-2 %	74.049	105.906
AOS-FernN100g	±0 %	122.157	687.113
AOS-FernC80	±0 %	112.375	439.515
AOS-FernC80	+2 %	154.986	970.695
AOS-FernC80	+4 %	199.161	1 530.008
AOS-FernC80	-2 %	72.645	94.138
IOS-FernC60	±0 %	117.640	417.899
IOS-FernC60	+2 %	158.762	871.081
IOS-FernC60	+4 %	201.764	1 365.405
IOS-FernC60	-2 %	78.288	115.808
IOS-FernC60	-4 %	47.539	50.269
IOS-HVS50	±0 %	132.637	496.347
IOS-HVS50d	±0 %	140.602	552.807
IOS-HVS50d	+2 %	181.007	938.429
IOS-HVS50d	-2 %	103.495	289.603
IOS-HVS50g	±0 %	172.083	925.920
IOS-HVS50g	+2 %	210.312	1 264.162
IOS-HVS50g	-2 %	135.336	651.729
IOS-HVS30	-4 %	42.162	74.961
IOS-HVS30d	±0 %	145.674	481.338
IOS-HVS30g	+4 %	270.686	1 468.275
IOS-Sam50	±0 %	130.219	489.676
IOS-Sam50d	±0 %	146.407	553.984
IOS-Sam50d	+2 %	185.568	938.693
IOS-Sam50d	+4 %	228.784	1 384.648
IOS-Sam50d	-2 %	107.641	290.162
IOS-Sam50d	-4 %	74.035	146.251
IOS-Sam50g	±0 %	181.415	988.170
IOS-Sam50g	+4 %	261.688	1 701.311
IOS-Sam50g	-4 %	130.079	512.502
IOS-Sam40	±0 %	128.921	495.657
IOS-Sam40	+2 %	171.170	914.997
IOS-Sam40	-2 %	84.922	211.342

Tab. 1: THG-Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2030

In **Tab. 2** sind exemplarisch die Verkehrskennwerte und daraus abgeleiteten Emissionen für einen Abschnitt des Frankenschnellwegs nördlich vom Kreuz Nürnberg-Hafen aufgezeigt. Am betrachteten Abschnitt sind im Planfall durch die planungsbedingten Verkehrsveränderungen Zunahmen des DTV um knapp 2 % abgeleitet. Aufgrund der Zunahme der Verkehrsstärke sowie der Erhöhung der zulässigen Fahrgeschwindigkeit und dem damit verbundenen erhöhten Kraftstoffverbrauch ist auf dem Abschnitt für den Planfall gegenüber dem Prognosenußfall eine Zunahme der THG-Emissionen um ca. 5 % prognostiziert.

	DTV in Kfz/24h	Lkw- Anteil in %	Verkehrs- situation	Mittlere THG- Emissionsdichte in mg/(m*s)
Prognosenußfall (2030)	71 760	10.8	AOS-FernC80	140.55
Planfall (2030)	72 891	10.5	AOS-FernN100	147.28

Tab. 2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für einen exemplarischen Querschnitt des Frankenschnellwegs nördlich vom Kreuz Nürnberg-Hafen

Treibhausgasgesamtemissionen des lokalen Straßennetzausschnittes

Für die Untersuchungsfälle werden die Treibhausgasgesamtemissionen ermittelt, die auf dem jeweiligen Straßennetz im Jahresverlauf durchschnittlich freigesetzt werden. Ergänzend zu den verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen werden auf Basis der durchschnittlichen Verkehrsaufkommen und der Streckenlänge die jährlichen Kfz-Fahrleistungen in Kilometern berechnet. Die Ergebnisse sind in **Tab. 3** zusammengefasst und in **Abb. 2** aufgezeigt. Gegenüber dem Bestand im Prognosenullfall sind unter Berücksichtigung der Planung Zunahmen der Fahrleistung um ca. 2 % abgeleitet. Die relative Zunahme der THG-Emissionen ist aufgrund der zusätzlichen Fahrgeschwindigkeitserhöhung im Rahmen des Planvorhabens (s.o.) im Vergleich zur planungsbedingten Zunahme der Fahrleistung im betrachteten Straßennetz etwas intensiver und beträgt ca. 3 %.

	THG-Emission in t CO ₂ -eq/a	Änderung	Fahrleistung in Mio. km/a	Änderung
Prognosenullfall (2030)	28 354.0	-	163.9	-
Planfall (2030)	29 308.7	+ 3.4 %	167.5	+ 2.0 %

Tab. 3: THG-Gesamtemission und Fahrleistung auf dem betrachteten Straßennetz für die betrachteten Untersuchungsfälle

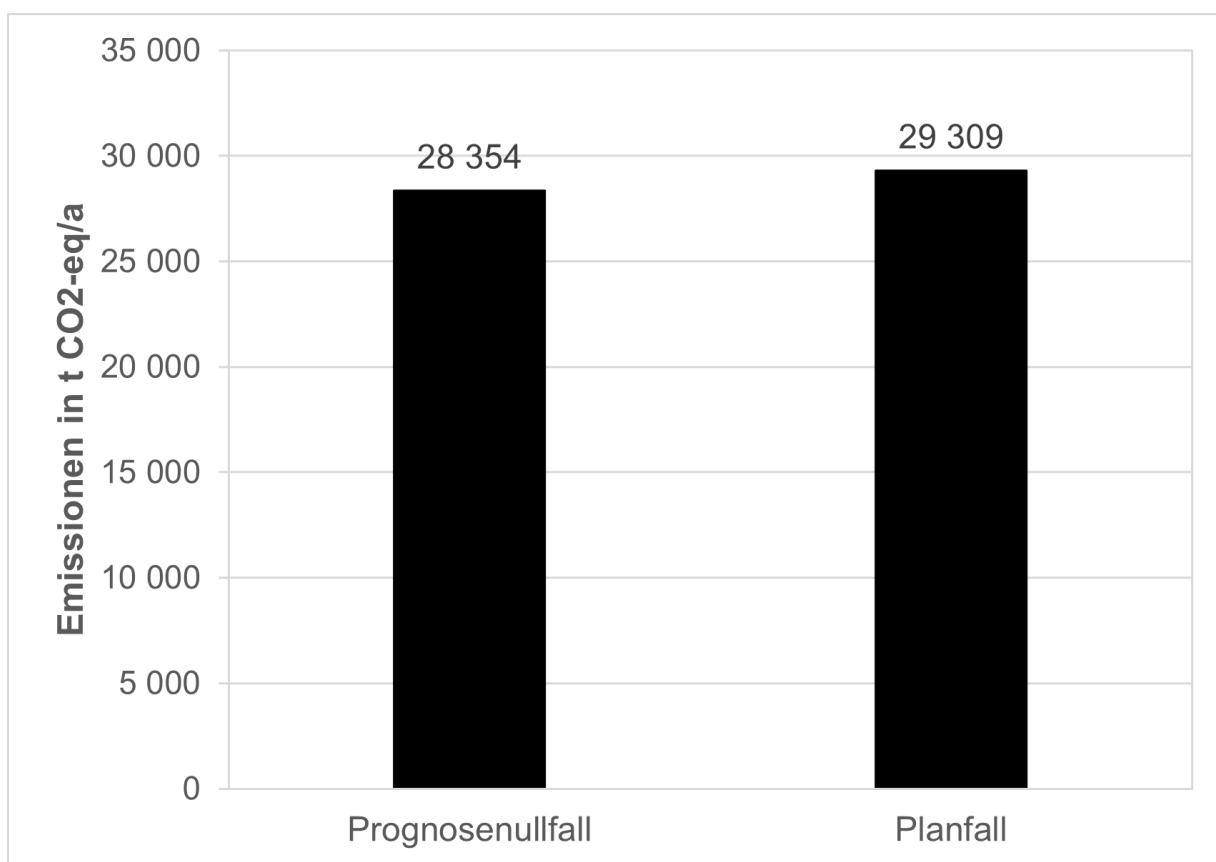


Abb. 2: Verkehrsbedingte Emissionen in t CO₂-eq/a für den Prognosenullfall und Planfall

Treibhausgasemissionen im Sektor Industrie

Die Treibhausgasemissionen, die durch die Herstellung, den Bau und die Instandhaltung des Planvorhabens freigesetzt werden, sind die sogenannten Lebenszyklusemissionen. Diese werden entsprechend dem im „Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern“ (StMB, 2022) genannten Vorgehen ermittelt.

Die jährlichen Emissionen werden auf Basis der im Methodenpapier (StMB, 2022) genannten Durchschnittswerte der spezifischen Treibhausgasemissionen pro m² versiegelter Fläche berechnet. Für zweibahnige Bundesstraßen und Autobahnen beträgt dieser spezifische Emissionsfaktor 6.2 kg CO₂-eq/(m²*a). Aufgrund des höheren Materialbedarfs und Bauaufwands erfolgt für Flächen mit Brücken- und Tunnelabschnitten ein zusätzlicher Aufschlag bei der Berechnung der Lebenszyklusemissionen. Der spezifische Emissionsfaktor beträgt für Brückenabschnitte 12.6 kg CO₂-eq/(m²*a) und für Tunnelabschnitte 27.1 kg CO₂-eq/(m²*a).

Die Angaben zur im Rahmen des Planvorhabens versiegelten Flächengrößen der Verkehrsanlage und der Brücke wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Die Gesamtfläche der Verkehrsanlage beträgt 14 704 m², davon entfallen 9 735 m² auf die Brücke. Tunnelabschnitte sind nicht vorgesehen.

Auf dieser Grundlage ergeben sich die in **Tab. 4** aufgeführten Lebenszyklusemissionen für Umsetzung und Instandhaltung des Planvorhabens. Die Verkehrsanlage führt zu Lebenszyklusemissionen von ca. 91.2 t CO₂-eq/a. Für die Brückenabschnitte erfolgt ein Aufschlag von ca. 122.7 t CO₂-eq/a, sodass sich die Lebenszyklusemissionen insgesamt auf jährlich ca. 213.8 t CO₂-eq/a belaufen.

Straßenkategorie	Gesamtfläche [m ²]	Spezif. THG-Emissionen [kg/(m ² *a)]	kg CO ₂ -eq/a
Frankenschnellweg (inkl. Brücken- und Tunnelabschnitten)	14 704	6.2	91 165
Aufschlag Brückenabschnitte	9 735	12.6	122 661
Aufschlag Tunnelabschnitte	0	27.1	0
Gesamtsumme kg CO₂-eq/a	–	–	213 826

Tab. 4: Bilanzierung der Lebenszyklusemissionen für die Umsetzung und Instandhaltung des Planvorhabens nach StMB, 2022

Treibhausgasemissionen im Sektor Landnutzungsänderung

Ein Planvorhaben führt anlagebedingt zu Landnutzungsänderungen, wodurch sich dauerhafte Auswirkungen auf Biotopstrukturen und Böden ergeben. Verluste von Biotopstrukturen und Böden im Bereich des Planvorhabens wirken sich in der Regel negativ auf die Klimabilanz aus, da mit ihnen wichtige Kohlenstoffspeicher entfallen. Landschaftspflegerische Begleitmaßnahmen zur Kompensation des Eingriffs können sich hingegen positiv auf die Klimabilanz auswirken, insbesondere wenn sie die Entwicklung von Böden oder Vegetationskomplexen/Biotopen mit klimarelevanter Funktionsausprägung fördern. Das Ausmaß der klimarelevanten Landnutzungsänderungen werden entsprechend dem im „Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern“ (StMB, 2022) genannten Vorgehen ermittelt.

Im Gegensatz zu den Sektoren Industrie und Verkehr gibt es zurzeit für die Ermittlung der durch die Landnutzungsänderung bedingten Emissionen keine ausreichend belastbaren Berechnungsgrundlagen. Um wenigstens eine Tendenz der planungsbedingten Auswirkungen zu erhalten, werden entsprechend dem Methodenpapier (StMB, 2022) die Flächen mit klimarelevantem bau- und anlagebedingtem Eingriff den Flächen mit Kompensationsmaßnahmen mit Klimaschutzwirkung gegenübergestellt (vgl. **Tab. 5**). Eine Einstufung der Wertigkeit im Hinblick auf den Klimaschutz ist entsprechend dem Methodenpapier (StMB, 2022) nicht vorgesehen.

Als klimarelevante Böden sind dabei Moorböden und anmoorige Böden sowie feuchte bis nasse Mineralböden wie Gleye oder Pseudogleye einzustufen. Entsprechend der Übersichtsbodenkarte des Bayerischen Landesamtes für Umwelt liegen im Bereich des Planvorhabens besiedelte Flächen mit anthropogen überprägten Bodenformen vor, sodass eine Klimarelevanz nicht gegeben ist.

Im Hinblick auf die Klimarelevanz besonders hochwertige Vegetationskomplexe und Biotope stellen ausgewiesene Klimaschutzwälder, Immissionsschutzwälder, Bodenschutzwälder sowie natürliche und naturnahe Biotope, die dauerhaft keiner Nutzung unterliegen, sowie extensiv bewirtschaftete Feucht- und Nassgrünländer dar. Zur Kompensation der Eingriffe in klimarelevante Biotope können u.a. die fachgerechte Wiedervernässung von Moorstandorten, die Extensivierung von landwirtschaftlichen Flächen und insbesondere nassen Grünlandstandorten, Neuaufforstung, Gehölzpflanzungen oder Waldumbau dienen.

Die Flächenangaben der planungsbedingten Eingriffe und Kompensationsmaßnahmen wurden aus dem durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Landschaftspflegerischen Begleitplan (Roland Raab Landschaftsarchitekt, 2023) entnommen. Berücksichtigt werden im vorliegenden Fall Flächen mit der Minderung oder dem Verlust der Biotopfunktion durch Versiegelung, Überbauung oder zeitlich vorübergehende Überbauung/Inanspruchnahme für Laub(misch)wälder, Säume und Staudenfluren, Ruderalflächen sowie Grünflächen und junge Gehölzbestände entlang der Verkehrsflächen. Auf der Seite der Kompensationsmaßnahmen werden die Entwicklung

und Erstaufforstung von Buchenwald sowie die Herstellung von Sandmagerrasen für die Bilanzierung erfasst, wovon insbesondere die Entwicklung und Erstaufforstung von Buchenwald als klimarelevant hervorzuheben sind.

Landnutzung	Eingriff (bau-/anlage- bedingte Flächen- inanspruchnahme) [m²]	Kompensation (Ausgleichs- und Ersatzmaß- nahmen) [m²]
Böden mit besonderer Funktionsausprägung	–	–
Wald davon ausgewiesene Klimaschutzwälder, Immissionsschutzwälder, Bodenschutzwälder sowie natürliche und naturnahe Waldbestände	–	–
Laub(misch)waldbestände in Straßenklothoiden	7 130	–
Entwicklung von Buchenwald	–	5 546
Erstaufforstung mit Buchenwald	–	1 584
Gehölze Grünflächen mit jungen Gehölzbeständen entlang von Verkehrsflächen	2 568	–
Grünland davon extensiv genutztes Grünland	–	–
sonstige naturnahe Biotope Säume und Staudenfluren, Ruderalflächen Sandmagerrasen	3 956 777 –	– – 3 066
Gesamtsumme	14 431	10 196

Tab. 5: Bilanzierung der Landnutzungsänderungen durch das Planvorhaben nach StMB, 2022

Gesamtbilanz der vorhabenbedingten Treibhausgasemissionen

Tab. 6 fasst die Gesamtbilanz der vorhabenbedingten Treibhausgasemissionen zusammen. Von den in CO₂-eq/a bilanzierbaren vorhabenbedingten Treibhausgasemissionen entfallen ca. 82 % auf die vorhabenbedingte Zusatzbelastung im Sektor Verkehr und ca. 18 % auf die Lebenszyklusemissionen im Sektor Industrie. Insgesamt ergeben sich für diese beiden Sektoren Treibhausgasemissionen von ca. 1 168.5 t CO₂-eq/a.

Gesamtbilanz der vorhabenbedingten THG-Emissionen			
Sektor Industrie			
Lebenszyklusemissionen			213.8 t CO ₂ -eq/a
Sektor Verkehr			
Verkehrsemissionen (vorhabenbedingte Zusatzbelastung)			954.7 t CO ₂ -eq/a
Sektor Landnutzungsänderung			
Inanspruchnahme von Böden mit klimaschutzrelevanten Funktionen	0 m ²	Kompensationsmaß- nahmen mit relevanter Klimaschutzwirkung	10 196 m ²
Inanspruchnahme von klima- schutzrelevanten Biotopen / Vegetationskomplexen	14 431 m ²		

Tab. 6: Gesamtbilanz der vorhabenbedingten Treibhausgasemissionen nach StMB, 2022

Bochum, den 20.03.2023

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
DTV	Durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren
FSW	Frankenschnellweg
Kfz	Kraftfahrzeuge
KSG	Klimaschutzgesetz
Lkw	Lastkraftwagen
LV	Leichtverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
SV	Schwerverkehr
THG	Treibhausgase

Quellen

GEVAS Humberg & Partner (2019): Verkehrsgutachten Hafenbrücken Nürnberg, März 2019.

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

Lohmeyer GmbH (2020): Erneuerung der Hafenbrücken in Nürnberg. Luftschadstoffgutachten. Dorsten, November 2020.

Roland Raab Landschaftsarchitekt (2023): Frankenschnellweg (Kreisstraße N4), Ersatzneubau Brücke über den Main-Donau-Kanal und die Südwesttangente. Landschaftspflegerischer Begleitplan. Tabellarische Gegenüberstellung von Eingriff und Kompensation. Nürnberg, Januar 2023, erstellt im Auftrag der Stadt Nürnberg.

StMB (Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr) (2022): Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern. Erstellt durch Kortemeier Brokmann Landschaftsarchitekten GmbH, Herford, November 2022.

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