

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg

Regierungspräsidium Tübingen

Bundestraße B 27

von NK 7520 060 n NK 7420 003 Stat. 048 bis NK 7420 003 n NK 7420 062 Stat. 0 696

B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel

PROJIS-Nr.: 08 91 8082 00

Feststellungsentwurf

UNTERLAGE 19.6

Fachbeitrag Klima

Aufgestellt:
Regierungspräsidium Tübingen
Abt. 4 - Mobilität, Verkehr, Straßen
Ref. 44 - Planung

Tübingen, den 28.06.2024



Lohmeyer

**B 27 TÜBINGEN (BLÄSIBAD) –
B 28, SCHINDHAUBASISTUNNEL,
ABSCHÄTZUNG DER
TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN**

Auftraggeber:

KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH
Heinrich-Hertz-Straße 2
64295 Darmstadt

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

Dipl.-Geogr. T. Nagel
M. Sc. met. K. Sokur

Dipl.-Geoökol. H. Lauerbach

April 2024, geändert Februar 2025
Projekt 20862-23-01
Berichtsumfang 51 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	5
2	VORGEHENSWEISE	6
2.1	Betriebsbedingte Emissionen	7
2.2	Lebenszyklusemissionen	8
2.3	Landnutzungsänderung durch das Vorhaben	9
3	LAGE UND VERKEHRSNETZ	10
4	VERKEHRSBEDINGTE TREIBHAUSGASE	13
4.1	Direkte THG-Emissionen.....	13
4.1.1	Vorgehensweise bei der Emissionsbestimmung	13
4.1.2	Emissionen des betrachteten Straßennetzes	14
4.2	Indirekte THG-Emissionen	17
4.2.1	Vorgehensweise bei der Emissionsbestimmung	17
4.2.2	Emissionen des betrachteten Straßennetzes	17
4.3	Gesamtemissionen verkehrsbedingter Treibhausgase	18
5	ABSCHÄTZUNG DER LEBENSZYKLUSEMISSIONEN	20
6	FLÄCHENBETRACHTUNG DER KLIMARELEVANTEN LANDNUTZUNGSÄNDERUNGEN	24
7	GESAMTVERGLEICH UND FAZIT	27
8	QUELLEN	29
8.1	Literatur	29
8.2	Materialien und Unterlagen	30
ANHANG		32
A1	Emissionsfaktoren	32
A1	EMISSIONSFAKTOREN	33
A2	Abbildungen	34

A2 ABBILDUNGEN	35
A2 Abbildungen	44
A3 TABELLE LANDNUTZUNG.....	45

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 Name 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

CO₂-Äquivalente

Für die Bilanzierung von Treibhausgasen werden zum einen die klimarelevanten Anteile der direkten CO₂-Emissionen betrachtet, d. h. ohne den regenerativen Kraftstoffanteil. Zusätzlich werden die verkehrsbedingten Beiträge der in geringeren Konzentrationen auftretenden, aber stärker klimawirksamen Treibhausgase Methan und Lachgas in Form von CO₂-Äquivalenten berücksichtigt. Die Angabe von CO₂-Äquivalenten dient als Maßeinheit der Vereinheitlichung der Klimawirksamkeit der verschiedenen Treibhausgase.

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 m³ Luft (µg/m³ oder mg/m³).

Lebenszyklusemissionen

Die Treibhausgasemissionen, die durch die Herstellung, den Bau, den Betrieb (ohne Fahrzeugbetrieb) und die Instandhaltung eines Planvorhabens freigesetzt werden, sind die sogenannten Lebenszyklusemissionen. Diese werden nach dem Klimaschutzgesetz dem Sektor Industrie zugeordnet.

Tank-to-Wheel

Tank-to-Wheel („vom Fahrzeugtank zum Rad“) bezeichnet die Beiträge an Treibhausgasen (THG), die unmittelbar während des Betriebs von Kfz freigesetzt werden. Das sind die THG-Emissionen, die durch die Verbrennung von Kraftstoffen lokal entstehen. Es handelt sich dabei um direkte verkehrsbedingte THG-Emissionen, die nach dem Klimaschutzgesetz dem Sektor Verkehr zugeordnet 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.

Well-to-Tank

Well-to-Tank („von der Primärenergie zum Fahrzeugtank“) bezeichnet die Beiträge an Treibhausgasen, die bei der Erzeugung und der Bereitstellung der Antriebsenergie entstehen. Das sind zum einen THG-Emissionen, die in Deutschland bei der Erzeugung von elektrischem Strom für Kfz mit Elektroantrieb im Mittel entstehen, d. h. auch durch Verstromung fossiler Energieträger und die nicht zwingend direkt im Betrachtungsgebiet freigesetzt werden. Zum anderen sind das die THG-Emissionen, die bei der Bereitstellung von Kraftstoffen durch deren Refinement, deren Transport, usw. entstehen. Bei diesen sogenannten Vorkettenemissionen handelt sich um indirekte verkehrsbedingte THG-Emissionen, die nach dem Klimaschutzgesetz dem Sektor Energiewirtschaft zugeordnet sind.

Well-to-Wheel

Well-to-Wheel („von der Primärenergie zum Rad“) bezeichnet die gesamten Beiträge an verkehrsbedingten Treibhausgasen unter Berücksichtigung der direkten THG-Emissionen durch die Verbrennung von Kraftstoffen („Tank-to-Wheel“) und der indirekten THG-Emissionen durch die Erzeugung und Bereitstellung der Antriebsenergie („Well-to-Tank“).

1 AUFGABENSTELLUNG

Bei Tübingen ist im Zuge der Bundesstraße B 27, die durch das südöstliche Siedlungsgebiet der Stadt Tübingen führt, und der B 28 östlich von Tübingen der Neubau einer Umfahrung mit einer Tunnelstrecke in Planung. Für diese Planungen sind u. a. Aussagen über die Auswirkungen der Planungsmaßnahme auf das globale Klima erforderlich, die eine Bilanzierung der Treibhausgase (THG) für den Kfz-Verkehr im Bereich des Plangebiets umfassen.

In der vorliegenden Untersuchung sind die Auswirkungen der Planungen auf die Freisetzung von Treibhausgasen zu betrachten. Dementsprechend erfolgt hier für das lokale Straßennetz eine CO₂-Gegenüberstellung für den Planfall im Vergleich zum Prognosenullfall 2035 ohne bauliche Änderungen.

2 VORGEHENSWEISE

Mit der Gesetzesnovelle ist am 31.08.2021 das Klimaschutzgesetz (KSG, 2019) in Kraft getreten, das nationale Klimaschutzziele beschreibt und in dieser Fassung Nennungen der Minderungsziele für Treibhausgase für die Jahre 2020 bis 2030 für die sechs Sektoren Verkehr, Industrie, Gebäude, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Sonstiges sowie Energiewirtschaft (Minderungszielnennung nur für drei Jahre) bezogen auf CO₂-Äquivalente enthält; für die Jahre 2031 bis 2040 sind sektorenübergreifende jährliche Minderungsziele bezogen auf das Jahr 1990 genannt.

Im Juli 2024 wurde die Neufassung des Bundes-Klimaschutzgesetzes veröffentlicht (KSG, 2024), die u. a. den Wegfall sektorenbezogener Jahresemissionsmengen bzw. sektorenbezogener Minderungsziele beinhaltet; das Gesamtziel zur Reduzierung von THG-Emissionen bezogen auf das Jahr 1990 bleibt bestehen, wobei für die Jahre 2020 bis 2030 die Summe der zulässigen sektorenbezogenen Jahresemissionsmengen mit linearer Interpolation für den Sektor Energiewirtschaft gebildet wurde.

Für die Berücksichtigung der Treibhausgase in der Straßenplanung wurden in einigen Bundesländern sogenannte Arbeitshilfen entwickelt, z. B. „Arbeitshilfe zur Erstellung eines Fachbeitrags Klimaschutz für Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern (Ad-Hoc Arbeitshilfe Klimaschutz, 2022), „Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern“ (StMB, 17.11.2022). Länderübergreifende Beschreibungen stellen die „Hinweise zur Berücksichtigung der großräumigen Klimawirkungen in der Vorhabenzulassung“, Stand 16.12.2022, eingeführt mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS) 03/2023 vom 25.01.2023 durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV, 2023) sowie das „Ad-hoc-Arbeitspapier zur Berücksichtigung von großräumigen Klimawirkungen bei Straßenbauvorhaben“ (AP Klimaschutz Straße) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV, Dezember 2023) dar.

Danach sind folgende Schwerpunkte aufgeführt:

- Bilanzierung der verkehrsbedingten THG-Emissionen (Betriebsphase, im Folgenden betriebsbedingte Emissionen genannt)
- Bilanzierung der THG-Emissionen aus dem Lebenszyklus des Vorhabens (Bau, Betrieb und Unterhaltung) sowie

- Diskussion bzw. ggf. Bilanzierung der THG-Emissionen aus Landnutzungsänderungen.

Damit erfolgt eine ganzheitliche Betrachtung des Vorhabens und betrachtet folgende Bilanzierungen, hier inklusive Sektoreuzuweisung der ersten Fassung des KSG (2019):

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

2.1 Betriebsbedingte Emissionen

Die Ermittlung der betriebsbedingten Emissionen erfolgt sowohl für die betriebsbedingten Auspuffemissionen (TTW) als auch für die betriebsbedingten Vorkettenemissionen (WTT).

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 hier auf Basis des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (HBEFA) in der aktuellen Version 4.2 (UBA, 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 (CO₂eq).

Neben Emissionsfaktoren für die betriebsbedingten Auspuffemissionen, d. h. Tank-To-Wheel-Emissionsfaktoren (TTW) werden in HBEFA 4.2 auch Emissionsfaktoren für die betriebsbedingten Vorkettenemissionen aus der Kraftstoffherstellung/-bereitstellung und Stromerzeugung / -bereitstellung, d. h. Well-To-Tank-Emissionsfaktoren (WTT) ausgewiesen. Für die Energieerzeugung der Elektrofahrzeuge wird dabei standardmäßig ein bezugsjahresabhängiger Strommix verwendet. Die Berechnungsmethodik entspricht der VDI 3782 Blatt 7 „Kfz-Emissionsbestimmung“ (2020).

Die netzbezogenen Verkehrsdaten des vorhabenbezogenen Verkehrsgutachtens dienen als Grundlage, um anhand der THG-Emissionsfaktoren des HBEFA 4.2 die summarischen Emissionen für den Prognose-Nullfall und für den jeweiligen Planfall zu berechnen. Mit der Differenz aus den Betrachtungsfällen wird der Netto-Effekt des Vorhabens dargestellt.

Das Bezugsjahr für die Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen orientiert sich am Prognosejahr der Verkehrsprognose entsprechend der Empfehlung in FGSV (2023).

2.2 Lebenszyklusemissionen

Die Abschätzung der Lebenszyklusemissionen (LCCE) soll in Abhängigkeit von der Größe und Art der geplanten Straßenbaumaßnahme eine summarische Aussage zu den THG-Emissionen geben, die bei Bau und Unterhaltung der Verkehrsinfrastruktur des Vorhabens sowie seinem Betrieb anfallen.

Ein praktikabler Ansatz ist die Multiplikation von volumen- oder flächenbezogenen Angaben der geplanten Bauwerke mit spezifischen Emissionsfaktoren, die beispielsweise 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.

Als Grundlage für die Berechnungen mit diesen Emissionsfaktoren ist die Kenntnis über die überbaute Straßenoberfläche (versiegelte Fläche) der freien Strecke sowie mit Aufschlägen im Bereich von Brücken sowie im Bereich von Tunneln in m² erforderlich.

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.

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.

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 - soweit möglich bzw. vorhanden die Vegetationskomplexe betrachtet:

- 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

3 LAGE UND VERKEHRSNETZ

Die B 27 wird aus südlicher Richtung im Steinlachtal Richtung Stadtgebiet geführt und schwenkt am Rand des Siedlungsbereichs nach Osten entlang den Randhöhen des Neckartals, um nach Querung der nach Osten verlaufenden B 28 in nordöstliche Richtung entlang dem Verlauf des Neckartals zu schwenken. Damit durchquert die B 27 Bereiche des Siedlungsgebietes der Südstadt von Tübingen und verläuft nahe dem Französischen Viertel.

Die Durchfahrt der Südstadt in Tübingen im Zuge der B 27 soll mit dem Schindhaubasistunnel mit einer Länge von ca. 2 270 m vermieden werden, indem im Süden auf Höhe des ehemaligen Bläsibades der Bläsiberg in nordöstliche Richtung unterfahren wird, um östlich des Französischen Viertels die B 28 zu kreuzen. Im Süden erfolgt die Anbindung der geplanten Tunnelstrecke an das bestehende Straßennetz über eine Anschlussstelle nach dem südlichen Kreisverkehr von Tübingen-Derendingen; im Norden wird eine Anschlussstelle im Kreuzungsbereich der bestehenden B 27 mit der B 28 erbaut.

Ergänzend wurden Lagedaten für eine modifizierte Planvariante A 4 mit geringerer Tunnellänge übergeben. Die lagemäßige Führung der Variante A 4 folgt im Wesentlichen der optimierten langen Schindhaubasistunneltrasse, verläuft etwas weiter östlich mit insgesamt drei Tunnelabschnitten und schwenkt im Norden auf die optimierte Schindhaubasistunneltrasse. Die sich im Bereich des Höhenrückens durch die Gradientenföhrung ergebenden Tunnelängen für beide Fahrrichtungen betragen:

Tunnel Hühneracker Kapf Ost-/Weströhre: ca. 297 m und 288 m

Tunnel Schindhau Ost-/Weströhre: ca. 1.213 m und 984 m

Tunnel Landkutscher Kapf Ost-/Weströhre: ca. 398 m und 383 m.

Entsprechend der Abmessung ist die Streckenlänge der Variante A 4 etwa 44 m länger gegenüber der optimierten Schindhaubasistunneltrasse.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit der geplanten Strecke der B 27 und dem bestehenden Straßennetz ist in **Abb. 3.1** dargestellt. Die Lage der Variante A 4 ist in **Abb. A2.9** im Anhang dargestellt.

Für die Planungen der Umfahrung Tübingens durch den Schindhaubasistunnel liegt das Verkehrsgutachten „Aktualisierung Verkehrsuntersuchung B 27 Ortsumfahrung Tübingen (Schindhaubasistunnel) der Bundesverkehrswegemaßnahme: Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel“ (PTV Transport Consult GmbH, 2024) vor.

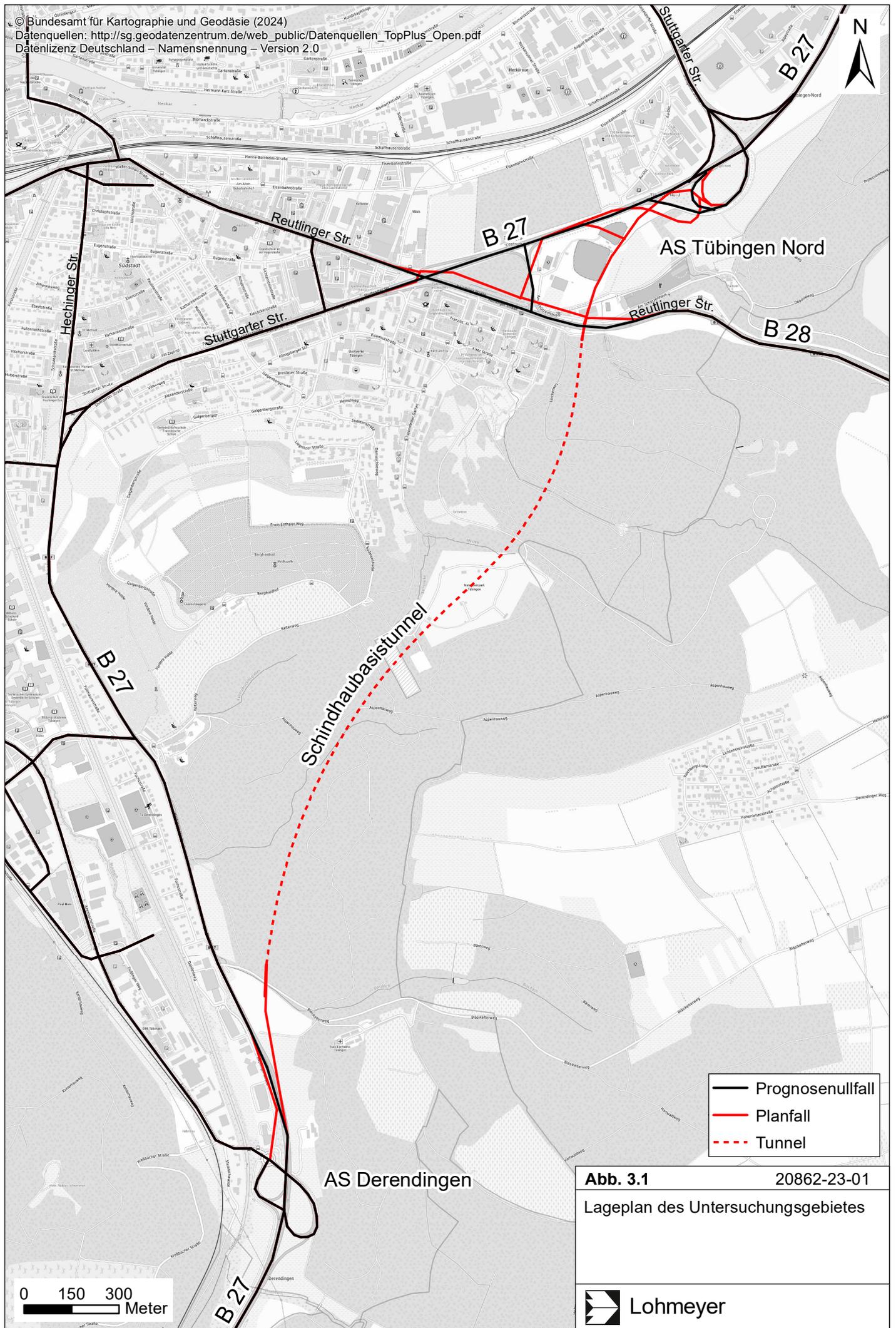


Abb. 3.1 20862-23-01
Lageplan des Untersuchungsgebietes

Darin sind Angaben der durchschnittlichen werktäglichen Verkehrsstärke DTVw in Kfz/24h sowie der durchschnittlichen werktäglichen Fahrten des Schwerverkehrs (SVw) in SV/24h für den in der Verkehrsuntersuchung benannten Prognosebezugsfall und den Planfall im Prognosejahr 2035 enthalten. Auf Grundlage der vom Verkehrsgutachter erhaltenen Informationen, dass für die Umfahrung Tübingen ein Faktor von 0.9 für die Umrechnung von DTVw-Werten in durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) und ein Faktor von 0.72 für die Umrechnung von SVw-Werten in durchschnittliche tägliche SV-Fahrten anzusetzen ist, wurden diese entsprechend in mittlere tägliche Werte umgerechnet. Ergänzend wurde vom Schallgutachter ein Straßennetz für den Prognosefall sowie für den Planfall mit Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke DTV in Kfz/24h übernommen. Die für die Berechnungen berücksichtigten Verkehrsstärken sind in **Abb. A2.1**, **Abb. A2.2** im Anhang dargestellt.

4 VERKEHRSBEDINGTE TREIBHAUSGASE

Der Betrieb von Kraftfahrzeugen (Kfz) ist mit der Aufwendung von Energie verbunden. Dabei können THG-Emissionen entstehen. Es wird zwischen direkten und indirekten THG-Emissionen unterschieden, die durch den Betrieb der Kfz auf dem lokalen Straßennetz freigesetzt werden und nach der ersten Fassung des KSG (2019) verschiedenen Sektoren zugeordnet sind. Die Bestimmung der verkehrsbedingten THG-Emissionen erfolgt für das in **Abb. 3.1** dargestellte Straßennetz, für das durch den Auftraggeber Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt wurden (PTV Transport Consult GmbH, 2024).

4.1 Direkte THG-Emissionen

Während des Betriebs der Straße mit dem geplanten Vorhaben und den umliegenden bereits bestehenden Abschnitten des öffentlichen Straßennetzes werden durch die Verbrennung von Kraftstoffen durch Kfz vor Ort THG-Emissionen freigesetzt („Tank-to-Wheel“). Das sind die sogenannten direkten verkehrsbedingten THG-Emissionen, die nach der ersten Fassung des KSG (2019) dem Sektor Verkehr zugeordnet sind. Die Elektro-Mobilität ist nicht mit Beiträgen zu den direkten THG-Emissionen verbunden.

4.1.1 Vorgehensweise bei der Emissionsbestimmung

Die Emissionsbestimmung erfolgt auf Grundlage der übergebenen Verkehrsdaten, der angesetzten Verkehrssituationen und der Emissionsfaktoren des HEBFA4.2 für die direkten Treibhausgasemissionen für das Bezugsjahr 2035. Die entsprechenden Flottenzusammensetzungen mit den zugrundeliegenden Entwicklungen werden dem HBEFA entnommen. Bei der Emissionsbestimmung wird die Längsneigung der Straßen berücksichtigt, die aus Lageplänen bzw. digitalen Geländedaten des Untersuchungsgebietes übernommen wird. Der Kaltstarteinfluss innerorts für Pkw bzw. leichte Nutzfahrzeuge wird entsprechend HBEFA angesetzt.

Für das Betrachtungsgebiet bei Tübingen werden folgende Verkehrssituationen herangezogen, wobei für vorfahrtsgeregelte Kreuzungsbereiche die Störungen des Verkehrsablaufes mit einem dichten oder gesättigten Verkehrsfluss berücksichtigt werden:

- AB120: Autobahn, Tempolimit 120 km/h
- AO-HVS100: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 100 km/h
- AO-HVS80: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 80 km/h
- AO-HVS70: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h

AO-HVS70d: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS60: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h
IO-HVS50: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IOS-HVS50: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IOS-HVS50d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50g: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
IO-NS30: Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h

Für die Berechnung der direkten Emissionen, die lokal auf dem Straßennetz durch Verbrennungsmotoren freigesetzt werden („Tank-to-Wheel“), zeigt **Tab. A1.1** im Anhang für die berücksichtigten Verkehrssituationen die entsprechenden mittleren Emissionsfaktoren für den klimarelevanten Anteil der CO₂-Äquivalente der dynamischen Kfz-Flottenzusammensetzung für das Prognosejahr 2035, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Gegenverkehrsstrecken (gekennzeichnet durch vorangestellte „_“-Unterstrichzeichen).

Für PKW-Fahrten beträgt entsprechend HBEFA der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrleistungen zwischen ca. 24% auf Außerortsstraßen und ca. 26% innerorts, für leichte Nutzfahrzeuge ca. 19% und für schwere Nutzfahrzeuge zwischen ca. 7% und ca. 9%. Die angesetzten Verkehrssituationen sind exemplarisch für den Planfall in **Abb. A2.3** im Anhang dargestellt.

4.1.2 Emissionen des betrachteten Straßennetzes

Mit Anwendung dieser Emissionsfaktoren entsprechend den Verkehrsstärken (Kfz, SV-Anteil) werden für jeden Straßenabschnitt die Treibhausgasfreisetzungen berechnet und für das jeweilige Straßennetz aufsummiert. Mit dieser Vorgehensweise der CO₂-Bilanzierung werden die Änderungen für den Planfall 2035 gegenüber dem Prognosenullfall 2035 aufgezeigt.

Für die THG-Bilanzierung werden hier drei Bereiche mit unterschiedlichen räumlichen Ausdehnungen betrachtet. Das betrifft einmal den kleinräumigen Bereich der bestehenden und geplanten B 27, für die das Verkehrsgutachten (PTV Transport Consult GmbH, 2024) deutliche Änderungen der Verkehrsbelegung aufweist, um die Verkehrsverlagerungseffekte im Zuge der B 27 zu erfassen (**Abb. A2.6** im Anhang). Ergänzend erfolgt eine Auswertung für das Straßennetz für das Untersuchungsgebiet entsprechend dem Luftschadstoffgutachten, um die lokalen Verkehrsverlagerungseffekte zu berücksichtigen (Lohmeyer, 2024). Weiter wird die Ausdehnung des gesamten Bereichs entsprechend den Ergebnisdarstellungen des Verkehrsgutachtens (**Abb. A2.4, Abb. A2.5, Abb. A2.6** im Anhang) betrachtet, um auch regionale Verkehrsverlagerungseffekte zu erfassen.

Für den Prognosenullfall 2035 wird im kleinräumigen Bereich im Zuge der bestehenden B 27 und B 28 eine CO₂eq-Freisetzung von ca. 10 907 Tonnen pro Jahr bei einer Jahresfahrleistung von ca. 88.8 Millionen Fahrkilometern berechnet. Für den Planfall 2035 mit dem Umbau der B 27 umfassen die Treibhausgasfreisetzungen 11 845 Tonnen pro Jahr an CO₂-Äquivalenten bei einer Jahresfahrleistung von ca. 101.2 Millionen Fahrkilometern. Das entspricht einer lokalen Zunahme der Treibhausgasfreisetzungen um ca. 938 t/a (ca. +8.6%) und einer Zunahme der Fahrleistung um ca. 14% auf dem betrachteten Straßennetz im kleinräumigen Bereich im Zuge der bestehenden B 27 und B 28 und ist darauf zurückzuführen, dass mit dem geplanten Tunnel eine deutliche Zunahme des Verkehrsaufkommens im südlichen Bereich von Tübingen im Zuge der geplanten und bestehenden B 27 prognostiziert ist.

Für das lokale Straßennetz entsprechend den Ausarbeitungen des Luftschadstoffgutachtens wird im Prognosenullfall 2035 eine CO₂eq-Freisetzung von ca. 37 436 Tonnen pro Jahr bei einer Jahresfahrleistung von ca. 292.3 Millionen Fahrkilometern berechnet. Für den Planfall 2035 mit dem Umbau der B 27 umfassen die Treibhausgasfreisetzungen 39 399 Tonnen pro Jahr an CO₂-Äquivalenten bei einer Jahresfahrleistung von ca. 314.0 Millionen Fahrkilometern. Das entspricht einer lokalen Zunahme der Treibhausgasfreisetzungen um ca. 1 963 t/a (ca. +5.2%) und einer Zunahme der Fahrleistung um ca. 7.4%. In diesem lokalen Straßennetz sind sowohl Entlastungen auf einigen Straßenabschnitten aufgrund der Bündelungswirkung der geplanten B 27 als auch Steigerungen des Verkehrs im Zuge der B 27 wirksam.

Ergänzend wurde eine Auswertung für den großräumigen, regionalen Bereich durchgeführt, in dem entsprechend den Ergebnisabbildungen des Verkehrsgutachtens Auswirkungen der Planungsmaßnahmen zu erwarten sind. Berücksichtigt wurden alle Straßenabschnitte, für die in den übergebenen Abbildungen Verkehrszahlen ablesbar sind. Im Prognosenullfall 2035 wird eine CO₂eq-Freisetzung von ca. 77 622 Tonnen pro Jahr bei einer Jahresfahrleistung von ca. 620.7 Millionen Fahrkilometern berechnet. Für den Planfall 2035 mit dem Umbau der B 27 umfassen die Treibhausgasfreisetzungen 81 100 Tonnen pro Jahr an CO₂-Äquivalenten bei einer Jahresfahrleistung von ca. 652.8 Millionen Fahrkilometern. Das entspricht einer lokalen Zunahme der Treibhausgasfreisetzungen um ca. 3 478 (um ca. 4.5%) und einer Zunahme der Fahrleistung um ca. 5.2%. In diesem lokalen Straßennetz mit regionalem Umgriff sind sowohl Entlastungen auf umliegenden Straßenabschnitten aufgrund der Bündelungswirkung der geplanten B 27 als auch Steigerungen des Verkehrs im Zuge der B 27 wirksam, die im Verkehrsgutachten u. a. durch Verlagerungen im untergeordneten Netz zwischen Mössingen und Reutlingen angeführt werden.

Die Ergebnisse für die betrachteten Straßennetze sind in **Tab. 4.1** zusammengestellt.

THG-Emission in t CO ₂ -eq/a		Änderung gegenüber Prognosenußfall		Fahrleistung in Mio. km/a	Änderung gegenüber Prognosenußfall	
kleinräumiger Bereich im Zuge der bestehenden B 27 und B 28 um Schindhaubasistunnel						
Prognosenußfall	10 907	-	-	88.8	-	-
Planfall	11 845	+938 t/a	+8.6 %	101.2	+12.4 Mio km/a	+14.0 %
lokales Straßennetz entsprechend den Ausarbeitungen des Luftschadstoffgutachtens						
Prognosenußfall	37 436	-	-	292.3	-	-
Planfall	39 399	+1 963 t/a	+5.2 %	314.0	+21.7 Mio km/a	+7.4 %
erweitertes Straßennetz mit regionalem Umgriff entsprechend den Ergebnisabbildungen des Verkehrsgutachtens						
Prognosenußfall	77 622	-	-	620.7	-	-
Planfall	81 100	+3 478 t/a	+4.5%	652.8	32.1 Mio. km/a	+5.2%

Tab. 4.1: THG-Emissionen im Sektor Verkehr („Tank-to-Wheel“) und Fahrleistung für drei Bereiche mit unterschiedlichen räumlichen Ausdehnungen inkl. Schindhaubasistunnel für die betrachteten Untersuchungsfälle 2035

Für die um ca. 44 m längere Variante A4 sind die THG-Emissionen um ca. 61 Tonnen pro Jahr und die Fahrleistungen um ca. 0.5 Millionen Fahrkilometer erhöht gegenüber dem Planfall Schindhaubasistunnel.

Das Klimaschutzgesetz (KSG, 2024) benennt unter anderem nationale Klimaschutzziele. Darin werden Minderungen der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 benannt und in Listen zusammengestellt. Gegenüber dem Jahr 1990 mit ca. 1 251 Millionen Tonnen CO₂eq pro Jahr sollen bis 2030 die CO₂eq-Freisetzen auf 438 Millionen Tonnen pro Jahr reduziert werden; das entspricht einer verbindlichen Reduktion um ca. 65%. Für Jahre nach 2030 werden weitere Reduktionsziele im KSG aufgeführt und fordern für das Jahr 2035 eine Reduktion um 77% (auf ca. 288 Millionen Tonnen pro Jahr) gegenüber 1990. In der aktuellen Fassung des KSG (2024) sind auch die in der Fassung KSG (2019) genannten Minderungsziele bis 2030 für fünf Sektoren tabellarisch aufgeführt.

Aus den jahresbezogenen Zielen im KSG (2024) kann abgeleitet werden, dass von 2020 bis 2035 eine Minderung um ca. 65% erforderlich wird. Dies entspricht einer mittleren jährlichen Minderung um 4.3%, um in kontinuierlichen Schritten das vorgegebene Klimaziel zu erreichen. Diese jahresbezogene relative Minderung kann herangezogen werden, um planungsbedingte Änderungen der THG-Freisetzen auf dem lokalen Straßennetz einzustufen.

4.2 Indirekte THG-Emissionen

Im Hinblick auf verkehrsbedingte THG-Emissionen sind auch die Beiträge zu berücksichtigen, die im Zusammenhang mit Bereitstellung der Antriebsenergien für die E-Mobilität sowie für die konventionellen Fahrzeuge entstehen. Das sind zum einen Treibhausgase, die im Mittel während der Erzeugung des Stroms, der für den Betrieb von Elektro-Kfz benötigt wird, freigesetzt werden. Zum anderen sind dies THG-Emissionen, die bei der Bereitstellung von Kraftstoffen durch deren Refinerie, deren Transport, usw. entstehen. Diese sogenannten Vorkettenemissionen werden nicht zwingend lokal im Untersuchungsgebiet freigesetzt und stellen damit sogenannte indirekte Emissionen („Well-to-Tank“) dar. Sie sind nach der ersten Fassung des KSG (2019) bzw. den Kyoto-Konventionen dem Sektor Energiewirtschaft zugeordnet.

4.2.1 Vorgehensweise bei der Emissionsbestimmung

Die Emissionsfaktoren des HBEFA 4.2 für Elektro-Kfz basieren dabei auf dem prognostizierten Strommix im Jahr 2035 in Form eines EU-Durchschnitts unter Annahme eines Anteils erneuerbarer Energien von ca. 44%; eine weitere Untergliederung zur Berücksichtigung spezifischer Ausprägungen der einzelnen Mitgliedsstaaten ist nicht enthalten. Da die erneuerbaren Energien im Strommix von Deutschland bereits 2022 einen Anteil von 46 % ausmachten (Bundesregierung, 2023) und entsprechend dem aktuellen „Erneuerbaren Energien Gesetz“ (EEG, 2023) bis zum Jahr 2030 eine weitere Steigerung des Erneuerbaren-Energie-Anteils auf mindestens 80% angestrebt wird, sind mit Anwendung des deutschen Strommixes geringere THG-Emissionen erwartbar.

4.2.2 Emissionen des betrachteten Straßennetzes

Im Sektor Energiewirtschaft werden die THG-Emissionen ermittelt, die in der Vorkette durch die Bereitstellung der benötigten Antriebsenergie für die E-Mobilität sowie für konventionelle Fahrzeuge auf dem betrachteten Straßennetz im Jahresverlauf durchschnittlich entstehen („Well-to-Tank“).

Für den Prognosenullfall wird durch den Betrieb der Kfz auf dem gesamten erweiterten Straßennetz im Jahr 2035 eine Energiemenge verbraucht, die bei der Herstellung von Strom für die Elektroantriebe eine CO₂eq-Freisetzung von ca. 8 731 Tonnen bei EU-Mix und bei der Herstellung fossiler Brennstoffe für Verbrennerantriebe eine CO₂eq-Freisetzung von ca. 17 041 Tonnen bewirkt; das sind zusätzlich ca. 11.2% bei EU-Mix und ca. 22.0 % bei fossilen Kraftstoffen der Treibhausgasemissionen zu den oben beschriebenen betriebsbedingten auf dem gesamten betrachteten Straßennetz.

Für den Planfall mit dem Umbau der B 27 sind für die Energiebereitstellung für den Betrieb der Kfz auf dem betrachteten Straßennetz im Jahr 2035 für Elektroantriebe CO₂eq-Freisetzungen von ca. 9 150 Tonnen bei EU- Mix sowie für den Treibstoff der Verbrennerantriebe wird eine CO₂eq-Freisetzung von ca. 17 808 Tonnen berechnet. Die Ergebnisse sind in **Tab. 4.2** zusammengefasst. Für die Variante 4 a sind für Elektroantriebe um ca. 7 Tonnen und für den Treibstoff der Verbrennerantriebe um ca. 13 Tonnen höhere CO₂eq-Freisetzungen gegenüber der Schindhaubasistunnel-Variante abzuleiten.

Untersuchungs-fälle	THG-Emission in t CO ₂ -eq/a Elektroantrieb	Änderung gegenüber Prognosenullfall		THG-Emission in t CO ₂ -eq/a fossile Brennstoffe	Änderung gegenüber Prognosenullfall	
erweitertes Straßennetz mit regionalem Umgriff						
Prognosenullfall	8 731	-	-	17 041	-	-
Planfall	9 150	+419 t/a	+4.8 %	17 808	+767 t/a	+4.5 %

Tab. 4.2: THG-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft („Well-to-Tank“) auf dem erweiterten Straßennetz mit regionalem Umgriff für die betrachteten Untersuchungsfälle für 2035

4.3 Gesamtemissionen verkehrsbedingter Treibhausgase

Die **Abb. 4.1** fasst die Gesamtemissionen der verkehrsbedingten Treibhausgase für den Prognosenullfall und den Planfall zusammen. Dargestellt sind die direkten verkehrsbedingten THG-Emissionen im Sektor Verkehr („Tank-to-Wheel“, schwarze Balken) und die indirekten verkehrsbedingten THG-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft („Well-to-Tank“), aufgeteilt in Elektroantrieb (orange Balken) und konventionelle Kraftstoffe (graue Balken), sowie die gesamten verkehrsbedingten THG-Emissionen („Well-to-Wheel“, gelbe Balken).

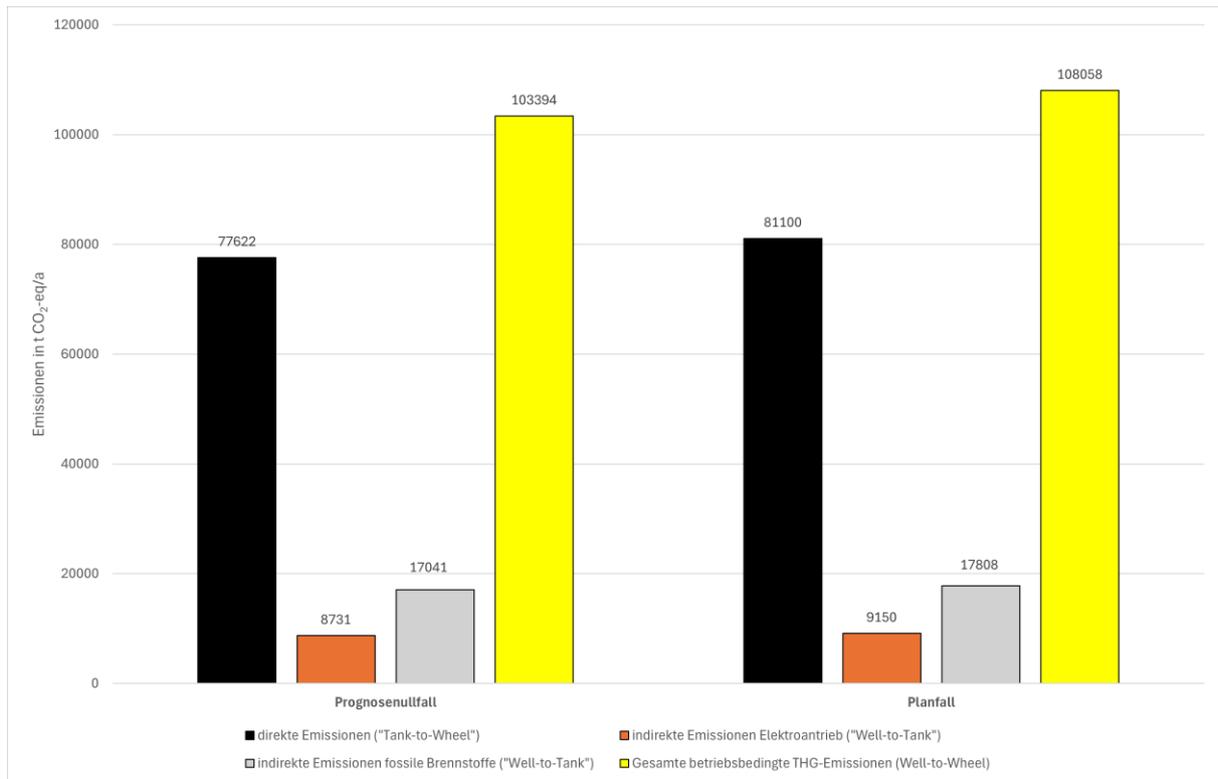


Abb. 4.1: Verkehrsbedingte THG-Emissionen in t CO₂-eq/a für die Untersuchungsfälle für das Plangebiet für 2035

Von den gesamten verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen entfällt sowohl im Prognosenußfall als auch im Planfall mit ca. 75 % der überwiegende Anteil auf die direkten THG-Emissionen im Sektor Verkehr. Die indirekten THG-Emissionen des Sektors Energiewirtschaft machen an den verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen mit knapp 16 % für die fossilen Brennstoffe und mit knapp 8% für die Elektroenergie einen kleineren Anteil aus.

Gegenüber dem Prognosenußfall kommt es zu einer vorhabenbedingten Zunahme der gesamten verkehrsbedingten THG-Emissionen um ca. 4 664 t CO₂-eq/a im Planfall.

5 ABSCHÄTZUNG DER LEBENSZYKLUSEMISSIONEN

Die Treibhausgasemissionen, die durch die Herstellung, den Bau und die Instandhaltung des Planvorhabens freigesetzt werden, sind die sogenannten Lebenszyklusemissionen. Diese werden entsprechend der im AP Klimaschutz Straße (FGSV, 2023) genannten Vorgehensweise ermittelt. Dort werden für Autobahnen und Bundesstraßen spezifische Emissionsfaktoren genannt, die sich auf Angaben eines Berichtes des Umweltbundesamtes (Mottschall und Bergmann, 2013) stützen, aus dem die Inhalte der **Tab. 5.1** entnommen sind.

Straßenkategorie	CO ₂ eq in kg/(m ² *a) nach Emissionsquelle (Abschreibungsdauer 60 Jahre)		
	Materialeinsatz	Energie	gesamt
Autobahnen	3.8	2.4	6.2
Bundesstraßen	3.3	1.3	4.6
Landesstraßen	2.9	1.2	4.1
Kreisstraßen	2.8	0.3	3.1
Gemeindestraßen	2.7	0.1	2.8

Tab. 5.1: Lebenszyklusemissionen von Straßenbauvorhaben (Mottschall und Bergmann, 2013)

Für die Planungen des Umbaus der B 27 werden für alle geplanten Abschnitte der B 27, B 28 sowie der Hechinger Straße die Werte für Bundesstraße mit 4.6 kg CO₂eq/(m²*a) und für Brückenabschnitte ein Aufschlag von 12.6 kg CO₂eq/(m²*a) angesetzt. Für die Knotenpunkte Nord und Süd werden weiter Flächenangaben für geplante Radwege, Gehwege, Wirtschaftswege etc. im Landschaftspflegerischen Begleitplan genannt, die ebenfalls im Sinne einer überschlüssigen Betrachtung mit dem Faktor für Bundesstraßen berücksichtigt werden; Flächenangaben für nicht versiegelte Flächen wie Bankette werden nicht in die Lebenszyklusermittlungen eingeschlossen. Für den Rückbau der Straßenabschnitte im Bereich der Anschlussstellen Derendingen und Tübingen Nord werden keine Emissionen durch die Materialherstellung berücksichtigt, sondern es werden ausschließlich die durch die baulichen Tätigkeiten verursachten Emissionen betrachtet. Die Bilanzierung erfolgt dabei unter der Annahme, dass beim Rückbau dieselben energetischen Aufwendungen notwendig sind, wie bei der Erstellung der Straße, die in UBA (2013) mit 1.3 kg CO₂eq/(m²*a) benannt sind.

Für die Planungen des Umbaus der B 27 liegen Lagepläne (siehe **Abb. A2.7**, **Abb. A2.8**) aus (RPT, 2024) vor, aus denen die Längen und Breiten der Bauwerke und Tunnelröhren für die

vorliegende Betrachtung entnommen sind. Für die Röhren des Schindhaubasistunnel werden in den genannten Lageplänen Längen von 2 269.7 m und 2 260.4 m und eine Breite von 9.5 m genannt; dort sind auch Angaben über die Längen und Breiten der Brückenbauwerke für den nördlichen und südlichen Knoten genannt. Ergänzend sind im Erläuterungsbericht „Landespflegerischer Begleitplan zur B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28 Schindhaubasistunnel“ (Menz Umweltplanung, 2024) Angaben zu den versiegelten Flächen in m² für die Knotenpunkte Nord und Süd aufgeführt, die hier für die befestigten Flächen herangezogen werden. Die Gesamtfläche der Verkehrsanlage beträgt ca. 142 995 m², davon entfallen ca. 43 035 m² auf den geplanten Tunnel und ca. 3 192 m² auf Brückenbauwerke.

Für die Planvariante A 4 liegen Angaben zu den Ausbau- und Querschnittslängen von drei Tunnelabschnitten sowie Fahrbahnen zwischen diesen Tunnelabschnitten im Erläuterungsbericht „B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel. Teil A, Unterlage 1“ (RPT, 2024) vor. Für den Anschluss an das bestehende Straßennetz werden die oben beschriebenen Flächenangaben aus dem Landschaftspflegerischen Begleitplan herangezogen. Die Lage der Planvariante A 4 weicht leicht von der des Schindhaubasistunnels ab, schwenkt etwas weiter nach Osten und die Portale an den Enden der Planstrecke weisen Lageabweichungen gegenüber denen des Schindhaubasistunnels auf. Für die überschlägige Betrachtung wird hier zwischen den Knotenpunkten Nord und Süd für die Planvariante A 4 eine um ca. 44 m längere Streckenlänge je Fahrtrichtung und die selbe Fahrbahnbreite angesetzt. Bei der Planvariante A 4 beträgt die Gesamtfläche der Verkehrsanlage ca. 143 831 m², davon entfallen ca. 33 849 m² auf den geplanten Tunnel und ca. 3 192 m² auf Brückenbauwerke.

Auf dieser Grundlage ergeben sich die in **Tab. 5.2** und **Tab 5.3** „Gegenüberstellung (Bilanzierung) der Lebenszyklusemissionen für Bau, Betrieb und Instandhaltung des Planvorhabens“ aufgeführten Lebenszyklusemissionen für Umsetzung und Instandhaltung des Planvorhabens.

Die geplante Verkehrsanlage für dem Schindhaubasistunnel führt zu Lebenszyklusemissionen von ca. 658 t CO₂eq pro Jahr; für den Tunnel erfolgt ein Aufschlag von ca. 1 166 t CO₂eq pro Jahr; für die Brücken von ca. 40 t CO₂eq pro Jahr, sodass sich die Lebenszyklusemissionen insgesamt auf jährlich ca. 1 864 t CO₂eq pro Jahr belaufen. Für den Rückbau des Straßenabschnittes im Bereich der Anschlussstellen Derendingen und Tübingen Nord mit einer Gesamtfläche von ca. 45 530 m² kann eine THG-Freisetzung von ca. 59 t CO₂eq pro Jahr angesetzt werden. Der Rückbau umfasst sowohl die Entsiegelung der Straßennebenflächen, Böschungen und Mulden als auch die Tiefenlockerung der Nebenflächen.

Straßenkategorie	Gesamtfläche in m²	Spezifische THG-Emissionen in kg/(m²*a)	t CO₂eq/a
Fahrbahn Knotenpunkt Nord	65 340	4.6	301
Fahrbahn Knotenpunkt Süd	36 620	4.6	159
Fahrbahn Schindhaubasistunnel	43 035	4.6	198
Verkehrsanlage	142 995	4.6	658
Aufschlag Tunnelabschnitte	43 035	27.1	1 166
Aufschlag Brückenabschnitte	3 192	12.6	40
Summe	-	-	1 864

Tab. 5.2: Gegenüberstellung (Bilanzierung) der Lebenszyklusemissionen für Bau, Betrieb und Instandhaltung des Planvorhabens mit Schindhaubasistunnel

Bei der Planvariante A 4 führt die geplante Verkehrsanlage zu Lebenszyklusemissionen von ca. 662 t CO₂eq pro Jahr; für die Tunnelabschnitte erfolgt ein Aufschlag von ca. 917 t CO₂eq pro Jahr; für die Brücken von ca. 40 t CO₂eq pro Jahr, sodass sich die Lebenszyklusemissionen insgesamt auf jährlich ca. 1 619 t CO₂eq pro Jahr belaufen.

Straßenkategorie	Gesamtfläche in m²	Spezifische THG-Emissionen in kg/(m²*a)	t CO₂eq/a
Fahrbahn Knotenpunkt Nord	65 340	4.6	301
Fahrbahn Knotenpunkt Süd	36 620	4.6	159
Fahrbahn in Tunnelabschnitten	33 849	4.6	156
Fahrbahn zwischen Tunnelabschnitten und Knotenpunkten	10 023	4.6	46
Verkehrsanlage	143 831	-	662
Aufschlag Tunnelabschnitte	33 849	27.1	917
Aufschlag Brückenabschnitte	3 192	12.6	40
Summe	-	-	1 619

Tab. 5.3: Gegenüberstellung (Bilanzierung) der Lebenszyklusemissionen für Bau, Betrieb und Instandhaltung des Planvorhabens für die Planvariante A 4

6 FLÄCHENBETRACHTUNG DER KLIMARELEVANTEN LANDNUTZUNGSÄNDERUNGEN

Entsprechend dem AP Klimaschutz Straße (FGSV, 2023) wird die Berücksichtigung des Einflusses der Landnutzung auf THG-Emissionen angesprochen, indem für die der Ermittlung und Darstellung nachgelagerten Bewertung der THG-Emissionen auch die Landnutzung einzubeziehen ist, wie in Kap. 2.3 beschrieben.

Entsprechend den landesweiten Bodendaten „Moorkarte Baden-Württemberg (2023)“ liegen im Bereich des Planvorhabens keine Bodenkomplexe wie Moore oder moorähnliche Böden vor.

Für die geplanten Baumaßnahmen werden die Flächenangaben der planungsbedingten Eingriffe und Kompensationsmaßnahmen mit Klimarelevanz für die Vorzugsvariante der Abhandlung im Rahmen der Eingriffsregelung in der Landschaftspflegerischen Begleitplanung (Unterlagen 9 und 19) entnommen. In **Tab. 6.1** sind die durch die Planung beanspruchten Vegetationsflächen aufgeführt; eine detaillierte Aufstellung der Landnutzungsänderungen für die Vegetation für die Belange des Biotopschutzes und des Vegetationsflächenschutzes ist in Anhang A3 integriert.

Insgesamt werden durch das Planvorhaben klimarelevante Wald-, Gehölz- und Magerwiesenflächen von ca. 78 835 m² beansprucht. Entsprechend der Aufstellung im Landschaftspflegerischen Begleitplan werden die Waldflächen (33 780 m²) innerhalb der Baufeldgrenze komplett ausgeglichen. Für die anderen genannten Vegetationsflächen (Feldgehölz, Gehölz, Magerwiese, Nasswiese, Biotope) mit einer Gesamtfläche von 44 595 m² sind Ausgleichsmaßnahmen im Baufeld und auf Flächen außerhalb des Baufeldes auf einer Gesamtfläche von ca. 58 930 m² vorgesehen.

Der durch das Planvorhaben entstehende baubedingte sowie anlagebedingte Verlust von 207 Einzelbäumen wird innerhalb des Baufeldes sowie in umliegenden Flächen mit insgesamt 220 Einzelbäumen ausgeglichen und um 13 Einzelbäume erhöht.

Der vorhabenbedingte Verlust der Waldflächen durch die Planvariante A 4 wurde in der Vorplanungsphase mit ca. 44 100 m² als überschlägige Werte angegeben.

Die Ausarbeitungen der Landschaftspflegerischen Begleitplanung im Rahmen der Eingriffsregelung für vegetationsbestandene Landnutzungsflächen und die Benennung von

Kompensationsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes stellt eine anwendbare Grundlage für die flächenbezogene Beschreibung der Änderung der landnutzungsbezogenen Klimaschutzfunktion dar.

Landnutzung	Fläche im Bestand in m²
Wald inklusive Auwald	33 780
Feldgehölz, Gebüsch	32 355
Magerwiese	9 835
Nasswiese	185
Biotop Ried	1 560
Biotop feuchte Hochstauden	660
Summe der Flächen	78 375
	Anzahl im Bestand
Einzelbäume	207

Tab. 6.1: Flächeninanspruchnahme der betroffenen klimaschutzrelevanten Vegetations- bzw. Landnutzungsflächen und Einzelbäume durch das Planvorhaben (Vorzugsvariante)

Mit der Wahl des langen Schindhaubasistunnels können im Vergleich zu kürzeren Tunnelvarianten Eingriffe in Waldflächen vermieden bzw. minimiert werden und somit deren Funktion als Senken und –Speicher von THG-Emissionen erhalten bleiben. Im Rahmen des Maßnahmenkonzeptes für die Antragstrasse wurden zudem folgende Maßnahmen mit Klimaschutzfunktion vorgesehen (vgl. Unterlage 19.1):

Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen:

- Schutz von Bereichen mit hoher Klimaschutzfunktion (Wald, Gehölze, Feuchtgrünlandkomplexe) durch Eingrenzung des Baufeldes
- Schutz von Oberboden durch Eingrenzung des Baufeldes sowie mobile Baustraßen ohne Abschieben des Oberbodens, z.B. im Bereich der Neckarrenaturierungsmaßnahme
- Minimierung der Versiegelung auf ein technisch notwendiges Mindestmaß
- Schutz der an das Baufeld angrenzenden Wald- und Gehölzflächen sowie angrenzender Biotope sowie flankierende Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Minimierung möglicher

Rand- und Folgeschäden durch Windwurf oder absterbende Bäume infolge der Freistellung des Waldrandes.

Kompensationsmaßnahmen:

- Pflanzung von Wäldern von Gehölzstrukturen, Einzelbäumen (unter Verwendung klima- und standortangepasster Baumarten). Baubedingt entfallende Gehölze werden im Baufeld an gleicher Stelle wiederhergestellt. Für anlagebedingt entfallende Gehölze erfolgen die Neupflanzungen an anderer Stelle. Dafür werden Rückbauflächen, Straßennebenflächen bzw. Flächen mit geringerer klimarelevanter Funktion (z.B. Intensivgrünland) herangezogen.
- Wiederherstellung von Nasswiese und Seggenried im Baufeld an gleicher Stelle und Verbesserung des Grundwasserhaushaltes im Bereich des verbleibenden Seggenriedes und der Nasswiese
- Entwicklung von extensiv genutztem Grünland und verschiedener Hochstaudenfluren durch Umwandlung von Intensivgrünland.

Im Hinblick auf den Teilaspekt Landnutzungsänderung ergibt sich durch das Vorhaben keine wesentliche Veränderung der THG-Speicher- und –Senkenfunktion von Boden-Vegetations-Komplexen und somit der globalen klimawirksamen landnutzungsbezogenen THG-Bilanz.

7 GESAMTVERGLEICH UND FAZIT

Die Umsetzung des Planfalls mit dem Schindhaubasistunnel führt zu einer gesamten vorhabenbedingten Zusatzbelastung an THG-Emissionen von ca. 6 528 t/a bezogen auf das Plangebiet mit relevanten verkehrlichen Änderungen. Die Zunahme der verkehrsbedingten Emissionen beträgt ca. 4 664 t/a. Auf die Herstellung, den Bau und die Instandhaltung der Straße (Sektor Industrie) entfallen ca. 1 864 t/a.

Für die zum Vergleich betrachtete Planvariante A 4 mit drei kürzeren Tunnelstrecken ist eine verkehrsbedingte Zunahme der THG-Emissionen von 6 364 t/a berechnet, die gegenüber der Vorzugsvariante um ca. 164 t/a geringer ausfällt. Davon entfallen ca. 1 619 t/a auf die Herstellung, den Bau und die Instandhaltung der Straße (Sektor Industrie).

Entsprechend den Anforderungen des ARS 03/2023 sind die in **Tab. 7.1** und **Tab. 7.2** „Gesamtbilanz der vorhabenbedingten Treibhausgasemissionen in Tonnen pro Jahr“ genannten Änderungen der THG-Freisetzungen zusammenzufassen.

	Planfall (Vorzugsvariante)
Verkehrsbedingte THG-Emissionen „Well-to-Wheel“	+4 664 t/a
Direkte THG-Emissionen „Tank-to-Wheel“	+3 478 t/a
Indirekte Emissionen E-Mobilität „Well-to-Tank“	+419 t/a
Indirekte Emissionen fossile Brennstoffe „Well-to-Tank“	+767 t/a
Lebenszyklusemissionen	+1 864 t/a
Gesamt	+6 528 t/a

Tab. 7.1: Zunahme der vorhabenbedingten Treibhausgasemissionen in Tonnen pro Jahr für den Planfall (Vorzugsvariante)

Durch das Planvorhaben Schindhaubasistunnel werden klimarelevante Wald-, Gehölz- und Magerwiesen-Flächen von ca. 78 835 m² beansprucht. Entsprechend der Aufstellung im Landschaftspflegerischen Begleitplan werden die Waldflächen (33 780 m²) innerhalb der Baufeldgrenze komplett ausgeglichen. Für die anderen genannten Vegetationsflächen (Feldgehölz, Gehölz, Magerwiese, Nasswiese, Biotope) mit einer Gesamtfläche von 44 595 m² sind

Ausgleichsmaßnahmen im Baufeld und auf Flächen außerhalb des Baufeldes auf einer Gesamtfläche von ca. 58 930 m² vorgesehen.

Der durch das Planvorhaben entstehende baubedingte sowie anlagebedingte Verlust von 207 Einzelbäumen wird innerhalb des Baufeldes sowie in umliegenden Flächen mit insgesamt 220 Einzelbäumen ausgeglichen und um 13 Einzelbäume erhöht.

Im Hinblick auf den Teilaspekt Landnutzungsänderung ergibt sich durch das Vorhaben keine wesentliche Veränderung der THG-Speicher- und –Senkenfunktion von Boden-Vegetations-Komplexen und somit der globalen klimawirksamen landnutzungsbezogenen THG-Bilanz.

8 QUELLEN

8.1 Literatur

Ad-Hoc Arbeitshilfe Klimaschutz (2022): Arbeitshilfe zur Erstellung eines Fachbeitrags Klimaschutz für Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern. Im Auftrag von: Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern, August 2022.

BMDV (2023): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 03/2023 „Hinweise zur Berücksichtigung der großräumigen Klimawirkungen in der Vorhabenzulassung“. Hrsg.: Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Bonn, Januar 2023.

Bundesregierung (2023): Fragen und Antworten zur Energiewende. Anteil der Erneuerbaren Energien steigt weiter. www.bundesregierung.de.

BVWP (2030): Bundesverkehrswegeplan 2030, Stand August 2016. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin.

EEG (2023): Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 6) geändert worden ist.

FGSV (2023): Ad-hoc-Arbeitspapier zur Berücksichtigung von großräumigen Klimawirkungen bei Straßenbauvorhaben. AP Klimaschutz Straße. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe „Straßenentwurf“, Köln, Dezember 2023.

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.

KSG (2024): Zweites Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. I Nr. 235), in Kraft getreten am 17. Juli 2024.

Lohmeyer (2024): B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel – Luftschadstoffgutachten. Lohmeyer GmbH, Karlsruhe. Projekt 20862-23-01, Februar 2024. Gutachten im Auftrag von: Regierungspräsidium Tübingen.

StMB (2022): Methodenpapier zur Berücksichtigung des globalen Klimas bei der Straßenplanung in Bayern. Kortemeier Brokmann Landschaftsarchitekten GmbH, Herford,

November 2022, im Auftrag von: Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, München.

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

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

8.2 Materialien und Unterlagen

Für die vorliegende Untersuchung wurden u. a. die nachfolgenden Unterlagen verwendet, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden:

- LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2023): Daten und Kartendienst der LUBW (UDO). - <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/> (zuletzt aufgerufen am 02.04.2024).
- Menz Umweltplanung (2024): Landespflegerischer Begleitplan zur B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28 Schindhaubasistunnel, Unterlage 19.1, Stand 2024.
- Menz Umweltplanung (2024): Landespflegerischer Begleitplan zur B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28 Schindhaubasistunnel. Vergleichende Gegenüberstellung, Unterlage 9.3, Stand 2024.
- PTV Transport Consult GmbH (2024): Aktualisierung Verkehrsuntersuchung B 27 Ortsumfahrung Tübingen (Schindhaubasistunnel) der Bundesverkehrswegemaßnahme: Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel, Stand 2024.
- LGL (2024): Digitale Landnutzungsdaten Baden-Württemberg, Auszug aus den Geodaten des Landesamtes für Geoinformation und Landesentwicklung, ©2024, bearbeitet; LGL, www.lgl-bw.de.
- RPT (2024): Lageplan B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel, Stand 6/2024.

- RPT (2024): Erläuterungsbericht B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel. Teil A, Unterlage 1, Stand 2024.

A N H A N G A 1
EMISSIONSFAKTOREN

A1 EMISSIONSFAKTOREN

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2035	
Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit in km/h	CO ₂ eq	
		LV	SV
AB120	122.0	127.3	439.9
AB120_2	122.0	127.3	532.0
AO-HVS100	94.0	101.8	440.2
AO-HVS100_2	94.0	102.3	508.5
AO-HVS100_4	94.0	107.8	696.1
AO-HVS100_6	94.0	114.9	926.1
AO-HVS80	76.1	92.5	421.5
AO-HVS80_2	76.1	93.2	493.9
AO-HVS80_4	76.1	97.7	695.8
AO-HVS80_6	76.1	107.7	927.2
AO-HVS70	67.0	87.4	426.5
AO-HVS70_2	67.0	88.5	496.6
AO-HVS70d	53.8	100.8	458.1
AO-HVS70d_2	53.8	101.0	526.8
AO-HVS70d_4	53.8	104.6	710.4
AO-HVS70d_6	53.8	121.3	933.1
IOS-HVS60	52.0	102.5	399.0
IOS-HVS60_2	52.0	103.1	458.5
IOS-HVS60_6	52.0	116.4	822.4
IO-HVS50	49.0	92.7	371.8
IO-HVS50_2	49.0	93.4	431.0
IO-HVS50_4	49.0	97.9	600.6
IO-HVS50_6	49.0	110.0	807.4
IOS-HVS50	42.9	109.2	427.0
IOS-HVS50_2	42.9	108.6	479.7
IOS-HVS50_6	42.9	122.7	822.4
IOS-HVS50d	36.0	115.5	476.1
IOS-HVS50d_2	36.0	116.6	530.2
IOS-HVS50d_4	36.0	122.0	663.2
IOS-HVS50g	23.4	141.2	804.8
IO-NS30	33.6	114.9	515.0
IO-NS30_2	33.6	114.6	555.6
IO-NS30_4	33.6	121.5	668.4
IO-NS30_6	33.6	128.7	840.4

Tab. A1.1: THG-Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2035 (TTW = tank to wheel, WTT = well to tank, el = elektrisch, fo = fossil, WTW = well to tank)

A N H A N G A 2
ABBILDUNGEN

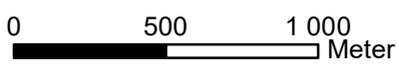
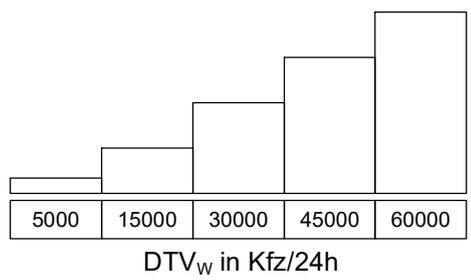
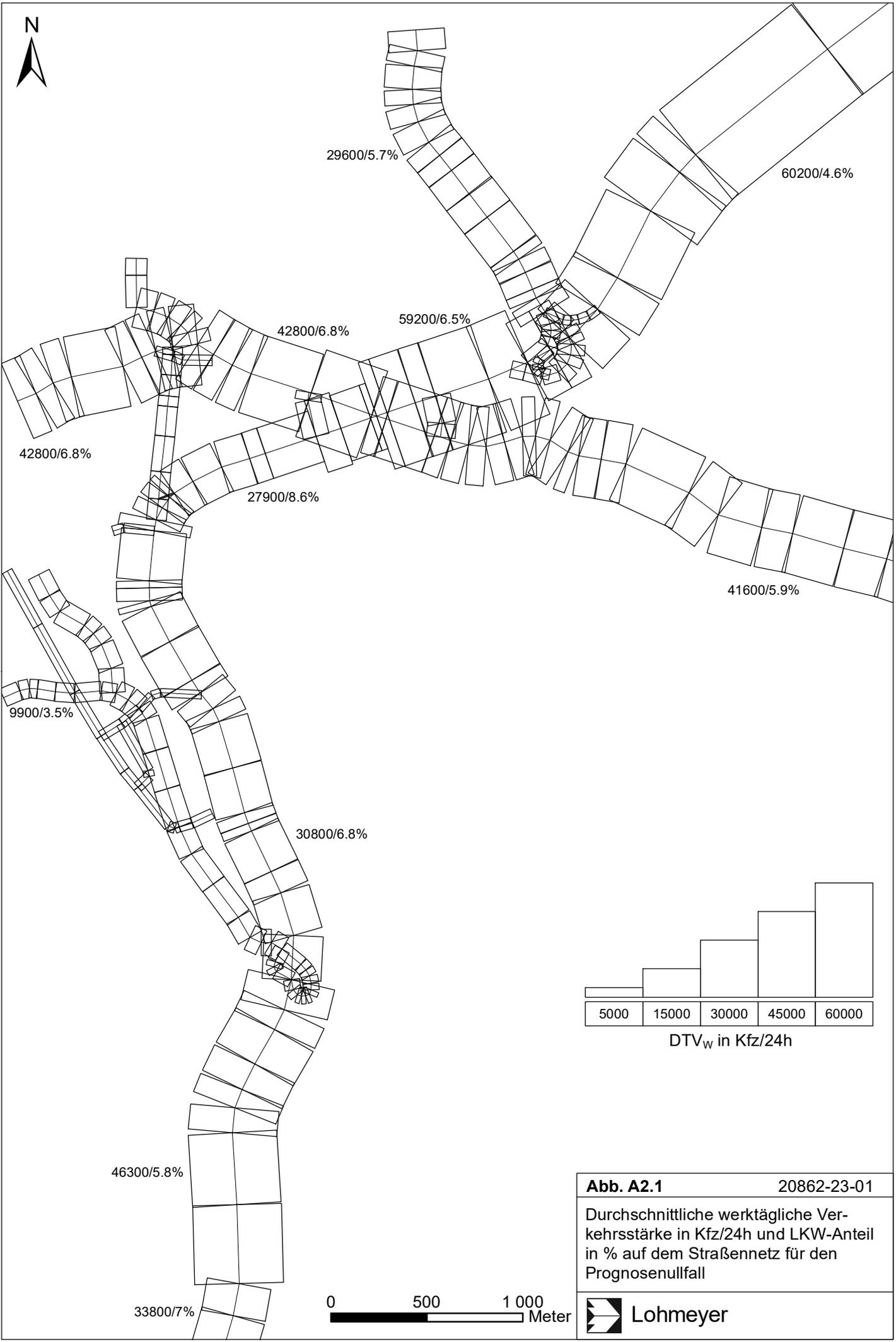


Abb. A2.1 20862-23-01
Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem Straßennetz für den Prognoseullfall

 **Lohmeyer**

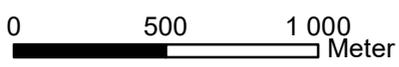
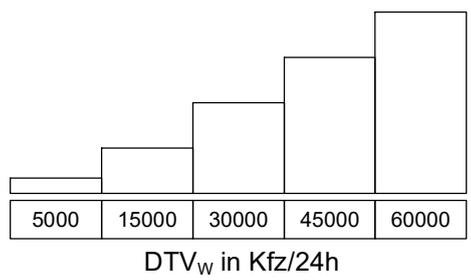
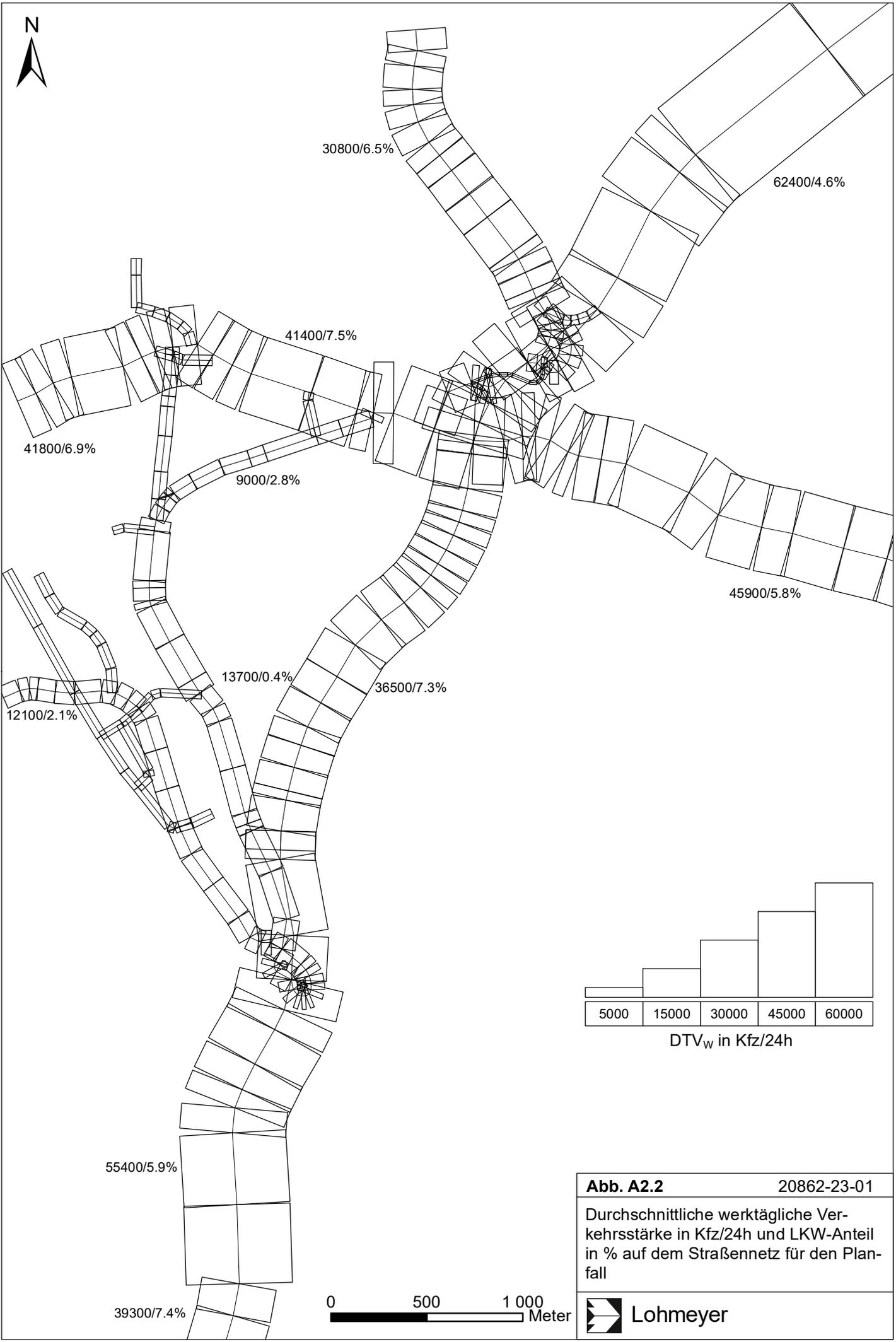
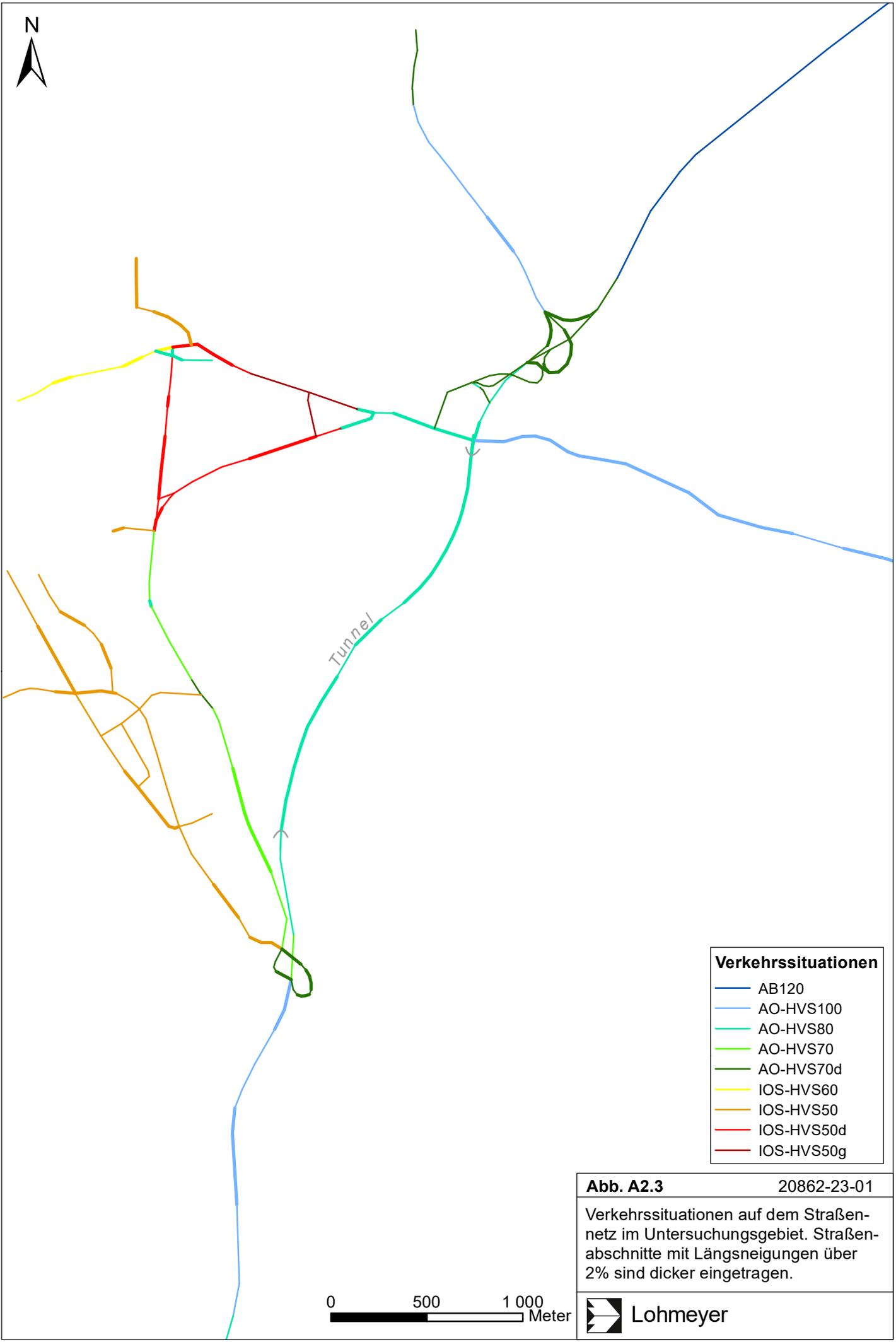


Abb. A2.2 20862-23-01
Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem Straßennetz für den Planfall



Lohmeyer



Verkehrssituationen	
	AB120
	AO-HVS100
	AO-HVS80
	AO-HVS70
	AO-HVS70d
	IOS-HVS60
	IOS-HVS50
	IOS-HVS50d
	IOS-HVS50g

Abb. A2.3 20862-23-01
 Verkehrssituationen auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingetragen.

0 500 1 000 Meter



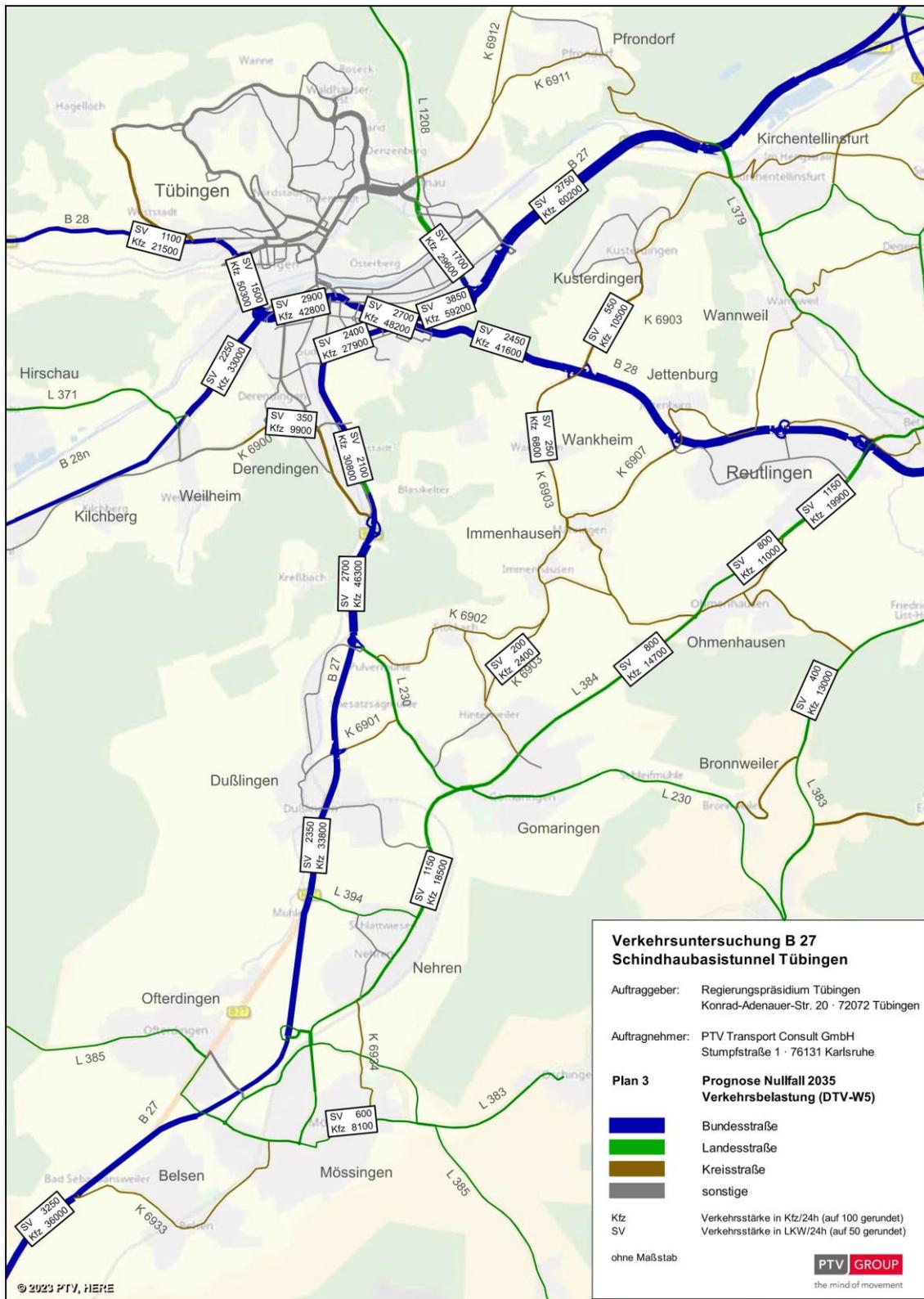


Abb. A2.4: Lageplan des Untersuchungsgebiets aus dem Verkehrsgutachten mit Verkehrsbelastungswerten (DTVw) für den Prognosenullfall 2035 in Kfz/24h.

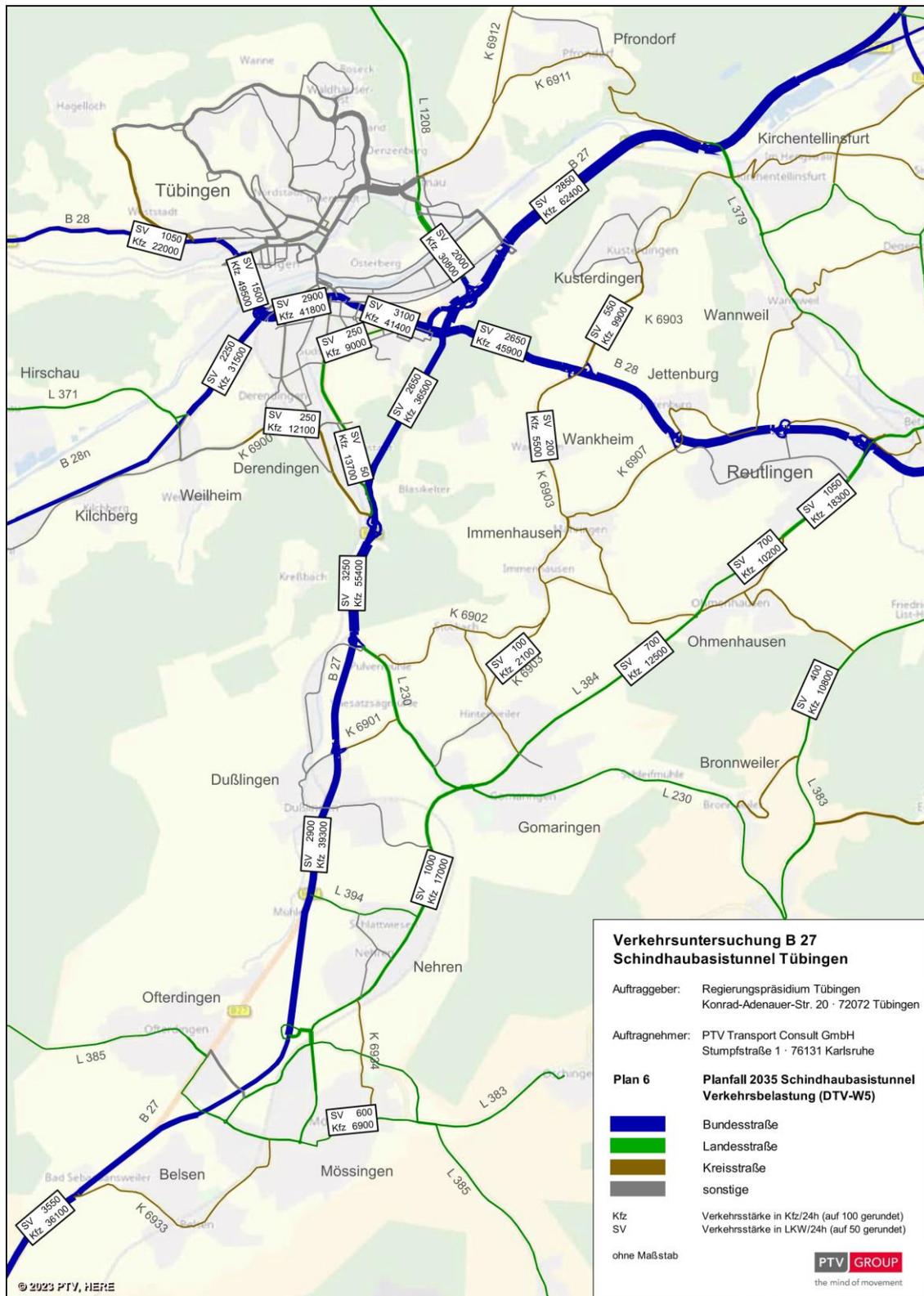


Abb. A2.5: Lageplan des Untersuchungsgebiets aus dem Verkehrsgutachten mit Verkehrsbelastungswerten (DTVw) für den Planfall 2035 in Kfz/24h.



Abb. A2.6: Lageplan des Untersuchungsgebiets aus dem Verkehrsgutachten mit Zunahmen (rot) und Abnahmen (grün) des Kfz-Verkehrs in Kfz/24h.

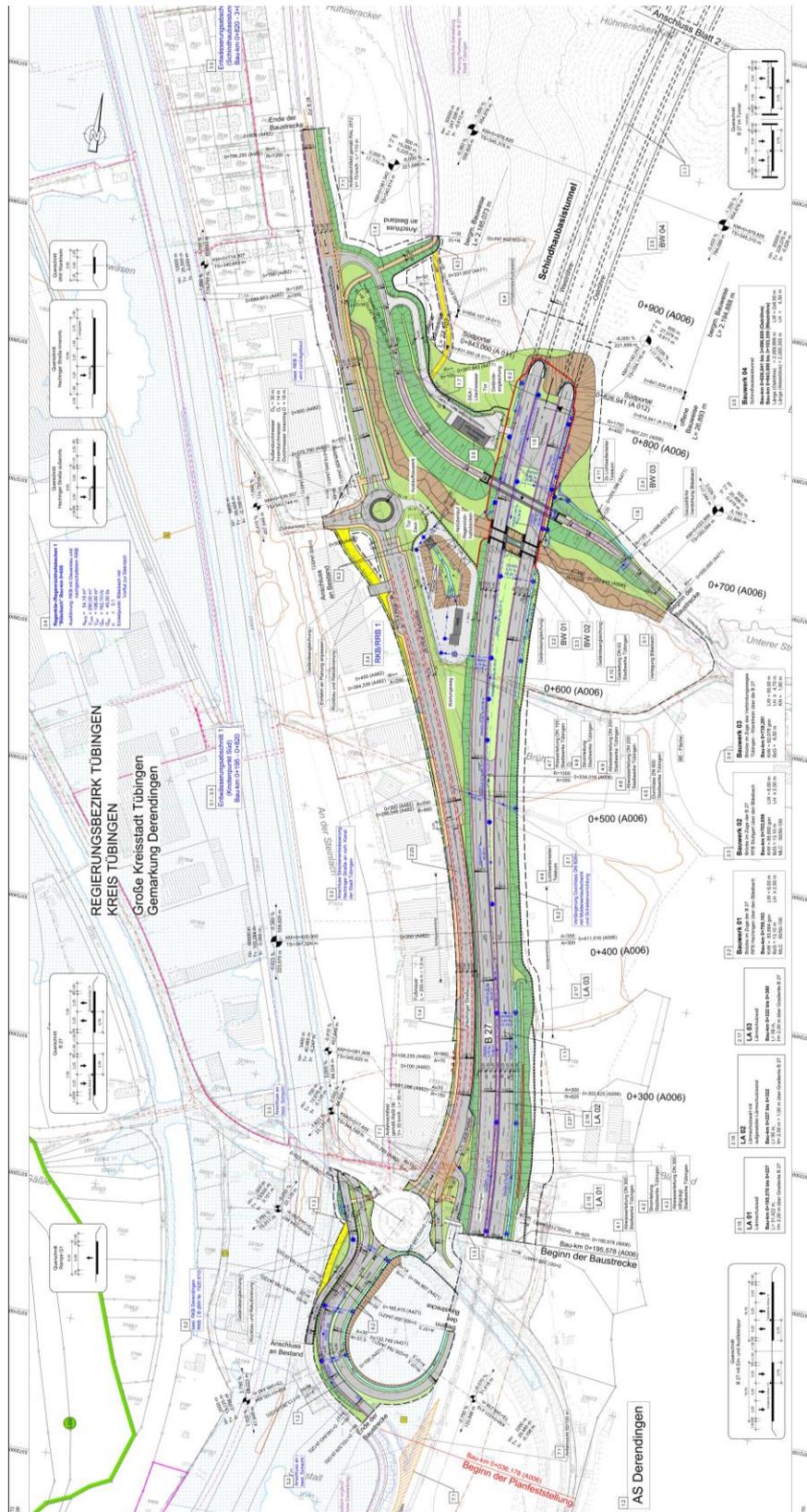


Abb. A2.7: Lageplan der Baumaßnahme: AS Derendingen (Quelle: RPT, 2024).

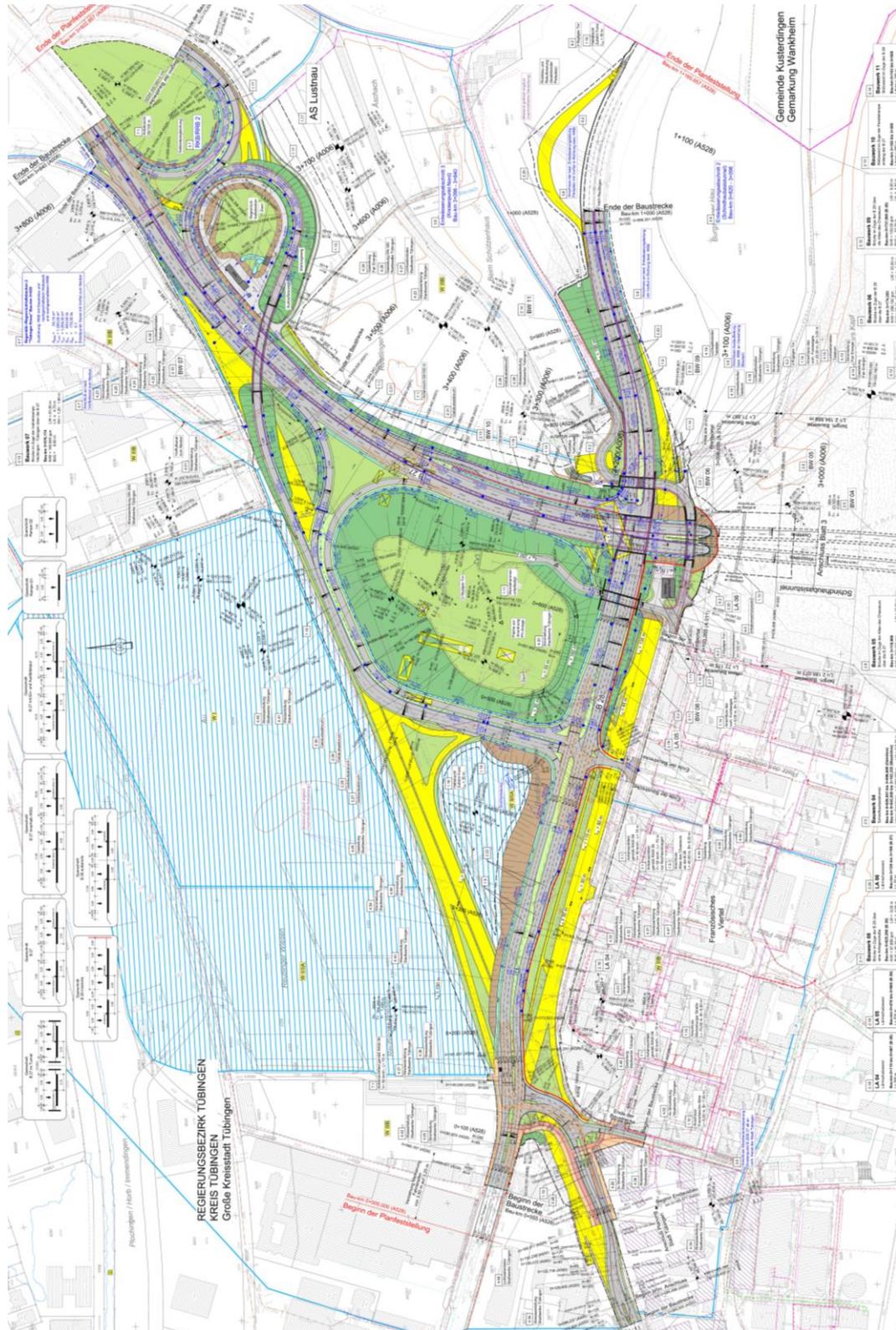


Abb. A2.8: Lageplan der Baumaßnahme: AS Tübingen Nord (Quelle: RPT, 2024).

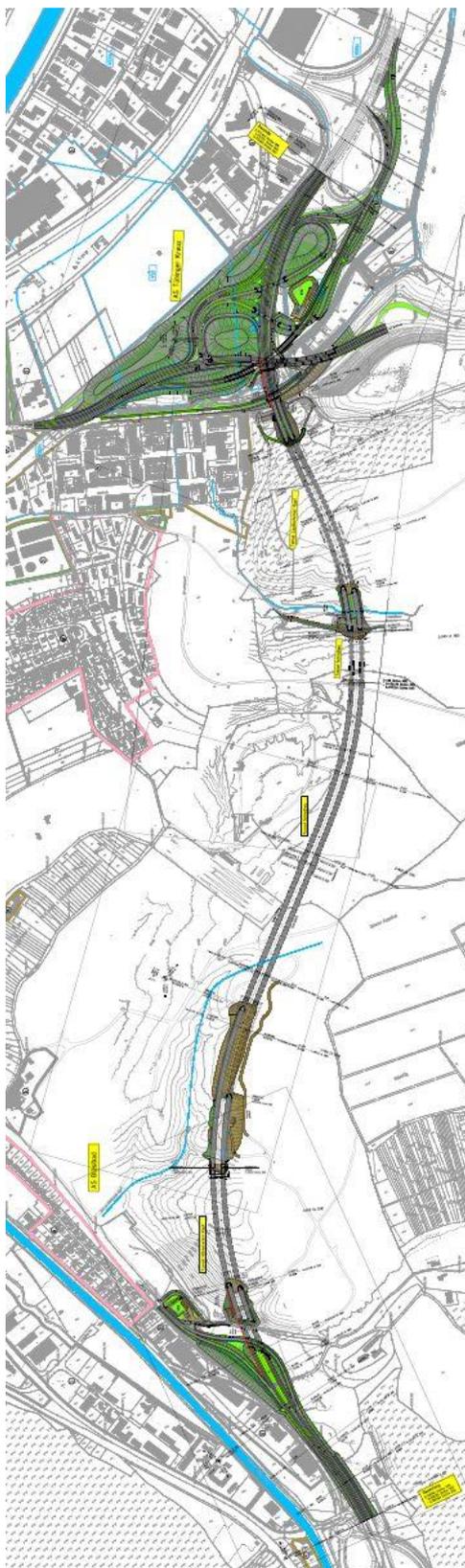


Abb. A2.9: Lageplan der Planvariante A 4 (Quelle: RPT, 2024).

A N H A N G A 3
Tabelle Landnutzung

A3 TABELLE LANDNUTZUNG

Ausgangsbiotop	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Klimaschutzfunktion
Wald						
Laubwald, Mischwald (darin enthalten Klima- und Im- missionsschutzwald)	9.875 m ²	Baubedingt im Bereich der Tun- nelportale und auf Straßenne- benflächen ent- lang der B 28	33 Wiederauf- forstung 09 Entwicklung struktureicher Waldrand	8.195 m ² <u>1.680 m²</u> 9.875 m ²	Wiederher- stellung Im Baufeld	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Bio- toptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standort- verhältnissen (Bau- feld, Straßenneben- flächen)
Laubwald, Mischwald, Sukzes- sionswald (darin enthalten Klima- und Im- missionsschutzwald)	23.565 m ² (2,36 ha)	Anlagebedingt im Bereich der Tun- nelportale und auf Straßenne- benflächen ent- lang der B 28	34 Neupflanzung von Laubwald 35 Entwicklung Waldrand mit Bäumen und Sträuchern 2. Ordnung	22.295 m ² <u>1.630 m²</u> 23.925 m ² (2,39 ha)	Neuanlage im Baufeld auf Rückbau- flächen ehe- mals versie- gelter Stra- ßenflächen, Straßenne- benflächen	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Bio- toptypen - E-/A-Flächen teil- weise mit ähnlichen Standortverhältnis- sen (Straßenneben- flächen) - Teilweise Verwen- dung von Flächen mit negativer Klima- relevanz (Rückbau- flächen)

Ausgangsbiotop	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Klimaschutzfunktion
Kleinere Gehölzflächen						
Auwald (gewässerbegleitend)	340 m ²	Eingriff entlang des Bläsibaches	32 naturnaher Bachabschnitt mit bachbegleitendem Auwald	340 m ²	Neuschaffung entlang des neu verlegten Bläsibaches (ehemals Intensivgrünland)	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Biotoptypen - Verwendung von Flächen mit mittlerer Klimarelevanz (Intensivgrünland)
Feldgehölze/Feldhecken (geschützt)	18.830 m ²	Eingriff auf Straßennebenflächen und im Baufeld	<p>27 Neupflanzung Feldgehölze/Feldhecken</p> <p>32 naturnaher Bachabschnitt mit Feldgehölzen</p>	<p>16.350 m²</p> <p><u>2.480 m²</u> 18.830 m²</p>	<p>Pflanzung auf Straßennebenflächen</p> <p>Neuschaffung entlang des neu verlegten Bläsibaches auf ehemals Intensivgrünland</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Biotoptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standortverhältnissen (Baufeld, Straßennebenflächen) - Teilweise Verwendung von Flächen mit mittlerer Klimarelevanz (Intensivgrünland)

Ausgangsbiotop	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Klimaschutzfunktion
Gebüsch, Gehölzflächen etc. (nicht geschützt)	13.525m ²	Eingriff auf Straßennebenflächen und im Baufeld	27 Neupflanzung Feldgehölze/Feldhecken	1.050 m ²	Pflanzung auf Straßennebenflächen	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Biotoptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standortverhältnissen (Baufeld, Straßennebenflächen) - Teilweise Verwendung von Flächen mit mittlerer Klimarelevanz (Intensivgrünland)
			28 Neupflanzung Gebüsch	2.210 m ²	Pflanzung auf Straßennebenflächen	
			30 Artenreiche Vegetation auf Straßennebenflächen	7.500 m ²	Pflanzung auf Straßennebenflächen	
			32 naturnaher Bachabschnitt mit Feldgehölzen, Hochstaudenflur	175 m ² 3.465 m ²	Neuschaffung entlang des neu verlegten Bläsi-baches (ehemals Intensivgrünland), Neuschaffung entlang der Blaulach (ehemals	
			36 bachbegleitende Hochstaudenflur	<u>1.030 m²</u> 15.430 m ²		

Ausgangsbiotop	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Klimaschutzfunktion
					Intensivgrünland)	
Bäume						
Einzelbäume, Alleen, Baumreihen, Streuobstbäume	207 Bäume	Eingriff auf Straßenebenenflächen und im Baufeld	29 Pflanzung von Einzelbäumen 31 Saumvegetation mit Einzelbäumen und Wildobst	202 Bäume <u>18 Bäume</u> 220 Bäume	Nachpflanzung von Bäumen entlang der Trassen auf Straßenebenenflächen	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Biotoptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standortverhältnissen (Straßenebenenflächen, städtisch geprägter Raum) - Verwendung klima- und standortangepasster Baumarten
Extensiv bewirtschaftetes Grünland frischer bis nasser Standorte						
Magerwiesen (Magere Flachland-Mähwiesen)	2.100 m ² <u>7.735 m²</u> 9.835 m ²	Eingriff bau- und anlagebedingt, teilweise im Baufeld	26 Neuanlage von Magerwiesen 15 Entwicklung Magerwiese in	970 m ² 4.300 m ²	Wiederherstellung im Baufeld Umwandlung Intensiv- zu Extensivgrünland	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Biotoptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standortverhältnissen (Bau Feld, Straßenebenenflächen)

Ausgangsbiotop	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Klimaschutzfunktion
			Gewann Reutlinger Wiesen 39 Entwicklung Magerwiese in Gewann Stiege-lacker 40 Entwicklung Magerwiese in Gewann Saustall	2.100 m ² <u>2.465 m²</u> 9.835 m ²	außerhalb des Bau-feldes Umwandlung von Wald in Extensiv-grünland auf Straßen-nebenfläche Umwandlung Intensiv- zu Extensiv-grünland au-ßerhalb des Bau-feldes	- Teilweise Verwen-dung von Flächen mit sehr hoher Klimarelevanz (Wald) und mittlerer Klimarelevanz (In-tensivgrünland)
Nasswiese	115 m ² <u>70m²</u> 185 m ²	Eingriff bau- und anlagebedingt in Nasswiese mit vorgeschädigtem Wasserhaushalt	26 Wiederher-stellung Nasswiese 18 Verbesserung des Grundwas-serstandes im Bereich der an-grenzenden	100 m ² 13.205 m ² (davon an-teilig	Wiederher-stellung im Bau-feld Maßnahme umfasst auch die angren-zende	- Wiederherstellung klimarelevanter Bio-toptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standort-verhältnissen (Bau-feld) - Klimarelevante Auf-wertung der angren-zenden bestehen- den

Ausgangsbiotop	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m ² /Anzahl	Beschrei- bung	Klimaschutzfunktion
			bestehenden Nasswiese	Nasswie- senfläche)	bestehende Nasswiese	Nasswiesenfläche

Ausgangsbiotop	Umfang m ² /Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m ² /Anzahl	Beschrei- bung	Klimaschutzfunktion
Natürliche und naturnahe Biotope (die dauerhaft keiner Nutzung unterliegen)						
Ried	680m ² <u>880m²</u> 1.560 m ²	Eingriff bau- und anlagebedingt in Großseggenried mit vorgeschä- digtem Wasser- haushalt	26 Wiederher- stellung Seggenried 18 Verbesserung des Grundwas- serstandes im Bereich des	870 m ² 13.205 m ² (davon an- teilig Riedfläche)	Wiederher- stellung im Baufeld Maßnahme umfasst auch das angren- zende	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Bio- toptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standort- verhältnissen (Bau- feld) - Klimarelevante Auf- wertung des

			bestehenden Seggenrieds		bestehende Großseggenried	angrenzenden bestehenden Seggenriedes
Feuchte Hochstaudenflur der planaren bis montanen Höhenstufe	660 m ²	Anlagebedingter Eingriff entlang des Bläsibaches	32 naturnaher Bachabschnitt mit begleitender Hochstaudenflur	660 m ²	Neuschaffung entlang des neu verlegten Bläsibaches (ehemals Intensivgrünland)	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung klimarelevanter Biotoptypen - E-/A-Flächen mit ähnlichen Standortverhältnissen (Baufeld) - Teilweise Verwendung von Flächen mit mittlerer Klimarelevanz (Intensivgrünland)
Ausgangsbiotop	Umfang m²/Anzahl	Beschreibung	Zielbiotop/ Maßnahmen-Nr.	Umfang m²/Anzahl	Beschreibung	Klimaschutzfunktion
	Summe: 78.375 m ² 207 Bäume			Summe: 93.070 m ² 220 Bäume		

Tab. A3.1: Ausführliche Aufstellung der Landnutzungsänderungen für die Vegetation durch das Vorhaben aus der Landschaftspflegerischen Begleitplanung (Unterlagen 9 und 19)