

Land Mecklenburg-Vorpommern, Straßenbauamt Schwerin
Bundesstraße B 105 von: Abs. 485 Km 1,601 bis Abs. 510 Km 2,606
B 105 – OU Mönchhagen_Rövershagen
PROJIS-Nr.: 13179901 00

RAUMVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG

- Fachbeitrag Klimaschutz -

Februar 2025

:

INHALTSVERZEICHNIS

I.	Abbildungsverzeichnis	2
II.	Tabellenverzeichnis	2
III.	Anlagenverzeichnis.....	3
IV.	Kartenverzeichnis (Unterlage / Blatt).....	3
V.	Abkürzungsverzeichnis	4
1	Einleitung.....	5
1.1	Anlass und Aufgabenstellung	5
1.2	Rechtlicher Rahmen	5
1.3	Methodik.....	6
2	Berechnung der THG-Emissionen jeweiliger Teilaspekte	8
2.1	Sektor Verkehr	8
2.2	Sektor Landnutzungsänderung.....	13
2.2.1	Inanspruchnahme hochwertiger Funktionsausprägungen von Böden.....	14
2.2.2	Klimarelevante Vegetationskomplexe	18
2.3	Sektor Industrie: Lebenszyklus.....	24
3	Gesamtbeurteilung der jeweiligen Aspekte.....	28
3.1	Planfallvergleich bezüglich der THG-Emissionen des Verkehrs.....	28
3.2	Planfallvergleich bezüglich der Lebenszyklusemissionen	29
3.3	Planfallvergleich bezüglich der Summe der quantifizierbaren THG-Emissionen (Verkehr und Lebenszyklus)	29
3.4	Planfallvergleich bezüglich der qualitativen THG-Effekte (Landnutzungsänderung)	
	30	
	Bestimmung der Vorzugsvariante aus Klimasicht.....	32
4	32	
5	Prüfung der Vermeidung / Minimierung bei Bau und Betrieb der Infrastruktur	33
6	Fazit.....	34
	Literaturverzeichnis	36

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Klimarelevante Böden im Untersuchungsraum	16
Abbildung 2:	Zu fällende Alleenbäume am Beispiel von Planfall 2.....	21

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Jährliche Minderungsziele für die Jahre 2031 bis 2040 (Anlage 3 § 4 KSG)	5
Tabelle 2:	Parameter zur Bestimmung der Emissionsfaktoren des prognostizierten Verkehrs (2035) [15]	9
Tabelle 3:	Prognostiziertes Verkehrsaufkommen in den Streckenabschnitten der Planfälle [14].....	9
Tabelle 4:	Prognose der jährlichen THG-Emissionen auf Basis des prognostizierten Verkehrsaufkommens: 0+Variante (PF 1)	11
Tabelle 5:	Jährliche THG-Emissionen auf Basis des prognostizierten Verkehrsaufkommens: Prognoseplanfälle (ohne PF 1)	11
Tabelle 6:	Verbleibende THG-Emissionen B 105 nach dem Bau des jeweiligen Planfalls	12
Tabelle 7:	Änderung der jährlichen THG-Emissionen je Planfall inkl. B 105 im Vergleich zur 0+Variante (PF 1)	13
Tabelle 8:	Erfassung und Bewertung der Klimawirksamkeit von Bodennutzungen für Flächen mit besonderer Relevanz für die Eingriffsvermeidung (Wenzel et al. 2022, S. 281; verändert nach Saathoff et al. 2013 und Grothe et al. 2017; zitiert in [5])	15
Tabelle 9:	Ermittlung der planfallspezifischen Betroffenheiten von Dauergrünland bezüglich der klimarelevanten Bodentypen.....	17
Tabelle 10:	Ermittlung der planfallspezifischen Betroffenheiten von Wäldern bezüglich der klimarelevanten Bodentypen.....	17
Tabelle 11:	Summe der Inanspruchnahme von klimaschutzrelevanten Böden	18
Tabelle 12:	Die klimarelevante Gesamtgröße der durch jeden Planfall in Anspruch genommenen Waldfläche	19
Tabelle 13:	Anzahl zu fällender Alleebäume mit entsprechender Flächennutzung	22
Tabelle 14:	Fläche der betroffenen Gehölze	22

Tabelle 15:	Anzahl zu fällender Einzelbäumen mit entsprechender Flächennutzung.....	23
Tabelle 16:	Flächen mit betroffenem Feucht- und Nassgrünland.....	23
Tabelle 17:	Flächeninanspruchnahme der klimarelevanten Vegetationskomplexe (Wälder, Bäume, Gehölz, Feucht- und Nassgrünland) für jeden Planfall.....	24
Tabelle 18:	THG-Emissionsfaktoren für Bauwerke [27]	25
Tabelle 19:	Flächenanspruch in den Planfällen sowie die entsprechenden THG-Emissionen des Lebenszyklus hinsichtlich der versiegelten Fläche (Fahrbahn und Radweg) sowie der Brückenbauwerke.....	26
Tabelle 20:	Gesamte Lebenszyklusemissionen pro Jahr sowie für die Lebensdauer der Infrastruktur	26
Tabelle 21:	Normierung der Verkehrsemissionen.....	28
Tabelle 22:	Normierung der Lebenszyklusemissionen	29
Tabelle 23:	Summe und Normierung der THG-Emissionen (Verkehr und Lebenszyklus) .	29
Tabelle 24:	Flächeninanspruchnahme durch Landnutzungsänderung und Normierung auf die 0+Variante für jeden Planfall	30
Tabelle 25:	Bestimmung der Vorzugsvariante durch Summierung der Rangpunkte der Sektoren Verkehr, Lebenszyklus und Landnutzungsänderung	32

III. Anlagenverzeichnis

Anlage 19.5.1.1	Checkliste Klimaschutz
Anlage 19.5.1.2	Brücken und Überführungen

IV. Kartenverzeichnis (Unterlage / Blatt)

Karte 19.5.2.1 / 1–9	- klimarelevante Bodentypen im Untersuchungsraum
Karte 19.5.2.2 / 1–9	- klimarelevante Bodentypen / Nutzungsbedingungen
Karte 19.5.2.3 / 1–9	- Waldfunktionen
Karte 19.5.2.4 / 1–9	- Feucht- und Nassgrünland
Karte 19.5.2.5 / 1–9	- Alleen-Einzelbäume
Karte 19.5.2.6 / 1–9	- Gesamte Vegetationskomplexe (Waldfunktionen, Alleen-Einzelbäume, Feucht- und Nassgrünland)

V. Abkürzungsverzeichnis

Die nach dem Duden gebräuchlichen Abkürzungen wie ca., usw., u. a. werden im folgenden Abkürzungsverzeichnis nicht mit aufgeführt:

a	Jahr
Abs.	Absatz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
eq	englisch <i>equivalent</i> für „Äquivalent“
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ha	Hektar
Kfz	Kraftfahrzeug
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
N ₂ O	Lachgas
OU	Ortsumgehung
PF	Planfall, synonym für Variante
Pkw / Lkw	Personenkraftwagen / Lastkraftwagen
t	Tonne
THG	Treibhausgas(e)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung

1 Einleitung

1.1 Anlass und Aufgabenstellung

Das Neubauvorhaben der Ortsumgehung (OU) Mönchhagen-Rövershagen im Zuge der B 105 wird einer Raumordnungsprüfung mit Umweltverträglichkeitsstudie unterzogen. Die Prüfung beinhaltet einen Vergleich von acht Planfällen und einer 0+Variante. Für die OU muss als Ergebnis der Checkliste Klimaschutz (Anlage 19.5.1) der Ad-hoc-Arbeitshilfe Klimaschutz M-V [1] ein Klimaschutzbeitrag erstellt werden, der gemäß ARS Nr. 03/2023 [2] die THG-Emissionen für Verkehr, Landnutzung und Lebenszyklusemissionen der Straße bewertet. Die Notwendigkeit dazu ergibt sich aus § 13 Abs. 1 Bundesklimaschutzgesetz (KSG) sowie § 2 Abs. 1 UVPG und § 16 Abs. 3 i.V.m. Anlage 4 Pkt. 4c ff. UVPG.

Eine detaillierte Beschreibung der ausgewählten Planfälle erfolgt im technischen Erläuterungsbericht (Unterlage 1).

1.2 Rechtlicher Rahmen

Mit dem KSG ist ein rechtlicher Rahmen geschaffen worden, der die EU-Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“) umsetzt.

Das KSG sieht vor, in den Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft, Gebäude, Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft sowie Abfall und Sonstiges den Ausstoß von Treibhausgasen schrittweise bis 2030 und darüber hinaus zu verringern (Tabelle 1).

Tabelle 1: Jährliche Minderungsziele für die Jahre 2031 bis 2040 (Anlage 3 § 4 KSG)

	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Jährliche Minderungsziele gegenüber 1990	67%	70%	72%	74%	77%	79%	81%	83%	86%	88%

Die nach dem KSG festgelegte Minderung der Emissionen muss in dem jeweiligen betroffenen Sektor nicht projektbezogen, sondern dadurch erzielt werden, dass der Minderungseffekt in der Gesamtheit des dem Sektor zuzurechnenden Geschehens einschließlich durchgeführter und geplanter Maßnahmen und Projekte erreicht wird. Dies erfordert auch bei der Genehmigung eines einzelnen Projektes eine den gesamten Sektor in den Blick zu nehmende bilanzierende Betrachtungsweise.

EU-rechtlich ist Deutschland verpflichtet, die CO₂-Emissionen der nicht vom Emissionshandel erfassten Bereiche (darunter der Verkehrssektor mit Ausnahme des Luftverkehrs) bis 2030 um 38 Prozent gegenüber 2005 zu vermindern [9].

Laut § 13 Abs. 1 Satz 1 des KSG sind bei der Entscheidung über den Aus- oder Neubau von Straßen im Rahmen von vorhabenbezogenen Planungen und Zulassungsverfahren Klimaschutzbelange zu berücksichtigen. Dies kann in Form eines Fachbeitrages Klimaschutz geschehen [11].

Bei der Planung und dem Bau von Straßen geben Richtlinien und Normen den grundsätzlichen Rahmen für den baulichen Umfang vor, auch bestehen in Abhängigkeit von Entwurfsklassen gem. Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) [12] und den damit verbundenen Nutzungen als Bundes- od. Landesstraße weitgehende Vorgaben für die Festlegung der äußeren Maße der Straßenfläche, Querschnitte (Regelquerschnitte), Knotenpunkte, Straßenflächengestaltung und die Verkehrssicherheit. Auch bestehen Vorgaben für den technischen Aufbau von Straßen, zu verwendende Baustoffe und Bauweisen entsprechend den erforderlichen Belastungsklassen für Verkehrsflächen (Asphalt, Betonbauweisen), die u. a. in der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12)“ [13] festgelegt werden. Entsprechend den einschlägigen Richtlinien sind Querschnitte für Straßen auf das notwendige Maß begrenzt bzw. so ausgelegt, wie sie für die prognostizierte verkehrliche Nutzung benötigt

werden. Im gleichen Umfang wird im Zulassungsverfahren nach der Linienfindung die Identifizierung geeigneter Kompensationsmaßnahmen für die erforderliche Flächenversiegelung und Beseitigung von Biotoptypen erfolgen.

Landnutzungsänderungen durch Straßenbau fallen unter den naturschutzrechtlichen Begriff der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes im Sinne des § 1 Abs. 1 Nr. 2 BNatSchG sowie des § 14 Abs. 1 BNatSchG und sind damit auch integraler Teil der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung [11]. Des Weiteren besagt § 1 Abs. 3 Nr. 4 des BNatSchG, dass das „Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege“ zu schützen ist.

Darüber hinaus sind die Auswirkungen eines Vorhabens auf das Klima im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zu untersuchen.

Das Projekt berührt drei Sektoren der Klimaschutzpolitik: Den Sektor Verkehr durch die Verursachung von THG-Emissionen, den Sektor Landnutzung durch den Verlust von THG-Speichern und -senken in Böden und Vegetationskomplexen sowie den Sektor Industrie durch die Bauwerke, deren Errichtung und Unterhaltung. Im vorliegende Fachbeitrag wird der Einfluss des Projekts auf die Treibhausgasemissionen in diesen Bereichen ermittelt und in Beziehung zu den Klimaschutzzielen gesetzt.

1.3 Methodik

Der Neu- oder Ausbau der Straßeninfrastruktur beeinflusst die Treibhausgasbilanz sowohl direkt als auch indirekt. Gegenstand der Betrachtungen sind dabei alle THG-Effekte, die

- einen (direkten) Zusammenhang zwischen dem Bau und Betrieb der Straße und dem Emissionspfad aufweisen (Kausalitätsprinzip) und die
- durch die jeweilige Planungsentscheidung beeinflussbar sind (Prinzip der Entscheidungsrelevanz).

Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) kann als das wichtigste Bewertungskriterium für den Klimaschutz angesehen werden. Um den Einfluss der THG-Emissionen durch das Vorhaben bestimmen zu können, werden in Anlehnung an die sektorale Betrachtung des KSG und dem „Ad-hoc-Arbeitspapier zur Berücksichtigung von großräumigen Klimawirkungen bei Straßenbauvorhaben“ [11] folgende drei Bereiche von Wirkkomplexen unterschieden, die für die Erreichung der Klimaschutzziele im Straßenbau besonders relevant sind:

- Industrie (Lebenszyklus),
- Verkehr und
- Landnutzungsänderung.

Die dem Bauvorhaben zurechenbare jährliche Treibhausgasemissionsbelastung ist ins Verhältnis zu denen nach Anlage 2 zu § 4 KSG im jeweiligen Sektor zur Erreichung der nationalen Klimaschutzziele zulässigen Jahresemissionsmengen zu setzen. Über diese Zielvorgaben hinaus sind laut FGSV [11] bisher allerdings noch keine konkreten Instrumente festgelegt.

Zunächst werden im vorliegenden Bericht die THG-Emissionen ermittelt und beschrieben, um anschließend Vermeidungsmaßnahmen gemäß Anlage 2 ARS Nr. 03/2023 [2] zu prüfen. Daraus wird abschließend die THG-Gesamtbilanz des Vorhabens dargestellt. Dabei wird die Prognose-0+Variante den Prognose-Planfällen gegenübergestellt. Eine detaillierte Beschreibung der ausgewählten Planfälle erfolgt im technischen Erläuterungsbericht (Unterlage 1).

Die Berechnung der Teilaspekte folgt dabei der Methodik der Ad-hoc-Arbeitshilfe Klimaschutz M-V [5], die der Methodik der FGSV [11] entspricht und diese um Schwellenwerte für Flächengrößen zur Auslösung der Klimarelevanz bestimmter Boden- und Biotoptypen ergänzt (vgl. 2.2.1 und 2.2.2). In den einzelnen Kapiteln werden die zugrunde gelegten Berechnungsgrundlagen erläutert. Die Höhe der Treibhausgasemission bestimmt im Vergleich der Planfälle den

Rang der einzelnen Planfälle für jeden der drei Teilaspekte und in der Summation den Gesamtrang des Planfalls. Der Planfall mit den geringsten Treibhausgasemissionen wird als Vorzugsvariante aus Klimasicht ermittelt.

Die Flächenberechnung für die Elemente des Straßenkörpers erfolgte in der Geoinformationssystem-Software ArcGIS (Version 10.8). Die Flächenberechnung der Brücken und Überführungen wurde mittels Multiplikation der lichten Weite (LW) und der Breite zwischen den Geländern (BzG) durchgeführt. Diese Bauwerke sind mit ihren Standorten (Bau-km) und Dimensionierungen (LW, BzG) in Anlage 19.5.2 aufgeführt.

2 Berechnung der THG-Emissionen jeweiliger Teilaspekte

2.1 Sektor Verkehr

Im Verkehrssektor beziehen sich THG-Emissionen nach dem Quellprinzip auf Veränderungen der Emissionen, die durch das Verkehrsgeschehen im Verkehrsnetz nach Fertigstellung des Vorhabens auftreten (verkehrsbedingte THG-Emissionen gemäß § 4 Abs. 1 Nr. 3 und Anlage 1 Nr. 4 KSG) [11]. Der Betrieb von Straßen führt gemäß aktuellem Stand der Technik unvermeidlich zu Kohlendioxidemissionen (CO_2). Die Bilanzierungsmethodik basiert auf den Kyoto-Konventionen und berücksichtigt sowohl lokal freigesetzte Emissionen während des Kfz-Betriebs („*tank-to-wheel*“) als auch Vorlaufemissionen aus Kraftstoffherstellung und -bereitstellung sowie Stromerzeugung für Elektrofahrzeuge („*well-to-tank*“). Neben CO_2 werden fünf weitere klimarelevante Treibhausgase betrachtet: Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF_6). Die Gesamt-THG-Emissionen werden in CO_2 -Äquivalenten ($\text{CO}_2\text{-eq}$) ausgedrückt, wobei die Emissionen jedes Gases anhand der entsprechenden Wirkfaktoren für das CO_2 -Erwärmungspotenzial (*global warming potential*, GWP) gewichtet werden.

Für den Verkehr ist entscheidend, ob ein Straßenbauprojekt zusätzlichen Verkehr induziert, der ohne das Projekt nicht existieren würde. Umgekehrt kann die Entlastung einer Straße den kraftstoffintensiven Stop-and-Go-Verkehr reduzieren und so den CO_2 -Ausstoß insgesamt verringern. Daher können die verkehrsbedingten THG-Emissionen des Projekts positiv oder negativ sein.

Im Folgenden werden die acht verschiedenen Planfälle (PF 2, PF 2-1, PF 2-2, PF 2-3, PF 2-5, PF 8-1 und PF 8-2) aus Klimasicht betrachtet und dem Prognosenullfall (PF 1 bzw. 0+Variante) gegenübergestellt. Hierfür werden die THG-Emissionen des Verkehrs in den einzelnen Planfällen infolge der prognostizierten Änderung des Verkehrsgeschehens im Verkehrsnetz nach Fertigstellung des Vorhabens für das Jahr 2035 als $\text{CO}_2\text{-eq}$ berechnet und verglichen [11]. Dabei liegt der Fokus im Vergleich der Planfälle auf den Differenzen der THG-Emissionen des fließenden Verkehrs, die sich aufgrund der verkehrlichen Wirkungen einstellen [11]. Es wird allen Planfällen das gleiche Bezugsjahr und die gleiche Flottenzusammensetzung zugrunde gelegt. Die hierfür prognostizierten Verkehrsmengen wurden aus der verkehrstechnischen Untersuchung von TSC Beratende Ingenieure GmbH übernommen [14]. Durch diese Vorgehensweise werden auch Verkehrsverlagerungen im Zuge des Bauvorhabens berücksichtigt.

Die Emissionsfaktoren für das Jahr 2035, welche als Berechnungsgrundlage dienen und die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien berücksichtigen, wurden dem ‚Handbuch für Emissionsfaktoren‘ (HBEFA [15]) entnommen. Das HBEFA ist eine Datenbank, die regelmäßig unter Mitwirkung des Umweltbundesamtes aktualisiert wird und Emissionsfaktoren für THG und Luftschadstoffe des Kfz-Verkehrs zur Verfügung stellt [16].

Darin werden zunächst die klimarelevanten Anteile der direkten Emissionen, d.h. ohne den biogenen Kraftstoffanteil, betrachtet. Die berechneten Emissionsfaktoren der Treibhausgase CO_2 , CH_4 und N_2O werden als zusammenfassende CO_2 -Äquivalente ausgewiesen.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Verwendung der bundesdeutschen Jahresmitteltemperatur, welche den örtlichen Verhältnissen sehr gut entspricht. Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, LNF (leichte Nutzfahrzeuge), Lkw und Busse im Wesentlichen ab von:

- den sogenannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“) - das heißt, der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten, der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der

Technik hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),

- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) verursachen.

Für die Berechnung der THG-Emissionen ist die zusammenfassende Verkehrszusammensetzung aus Leicht- und Schwerverkehr eine hinreichend genaue Grundlage [11]. Die Berechnung von THG-Emissionen des Verkehrs untergliedert sich in zwei Arbeitsschritte:

- Gefahrene Kilometer – Bestimmung durch die Multiplikation von Streckenabschnitten und die Zahl der Pkw/24h und Lkw/24h.
- Emissionsfaktor – Auswahl nach dem Handbuch HBEFA [9] in Abhängigkeit vom Gebietstyp (ländlicher/städtischer Raum), Straßentyp, Tempolimit und Verkehrszustand (Stau, gesättigter, dichter und flüssiger Verkehr) sowie der Fahrzeugkategorien: Personenkraftwagen (Pkw) und Lastkraftwagen (Lkw). Die CO₂-Äquivalente werden in Gramm pro Kilometer (g CO₂-eq/km) angegeben. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass Dörfer und kleine Städte im ländlichen Raum als „ländlich geprägt“ gelten.

Auf diese Weise ergeben sich die THG-Emissionen für jede Kategorie aus der Multiplikation von gefahrenen Kilometern und Emissionsfaktor. Diese Bilanzierung der THG-Emissionen kann nach Fertigstellung des Vorhabens zu positiven oder negativen Auswirkungen führen.

Für den Vergleich wurde ein flüssiger Verkehrszustand in den Planfällen und ein Gesättigter für die 0+Variante mit den entsprechenden Emissionsfaktoren für Steigungsklasse 1 angenommen. Da das Tempolimit auf der bestehenden Straße B 105 niedriger ist als bei den Planfällen, wurden gemäß HBEFA angepasste Emissionsfaktoren ausgewählt (Tabelle 2).

Das prognostizierte Verkehrsaufkommen für die einzelnen Streckenabschnitte der Planfälle ist anschließend in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 2: Parameter zur Bestimmung der Emissionsfaktoren des prognostizierten Verkehrs (2035) [15]

Planfall	Straßen- typ	Tempolimit (km/h)	Verkehrszu- stand	Emissionsfaktor (g CO ₂ -eq/km)	
				Pkw	Lkw/SNF
0+Variante	Fern- /Bundes- straße	70	Gesättigt	110,72	629,95
PF 2 – PF 8-2		100	Flüssig	94,13	456,22
B 105 verblei- bend		70	Flüssig	92,94	447,64

Tabelle 3: Prognostiziertes Verkehrsaufkommen in den Streckenabschnitten der Planfälle [14]

Planfall	Länge Stre- ckenab- schnitt (km)	Kfz/24h	Pkw/24h	Lkw/24h	Pkw- km/24h im Streckenab- schnitt	Lkw-km/24h im Strecken- abschnitt
PF 1	1,454	23.500	32.686	1.483	32.686	1.483
	0,851	23.100	18.858	800	18.858	800
	0,614	22.000	12.925	583	12.925	583
	0,813	21.600	16.788	772	16.788	772

Planfall	Länge Streckenabschnitt (km)	Kfz/24h	Pkw/24h	Lkw/24h	Pkw- km/24h im Streckenabschnitt	Lkw-km/24h im Streckenabschnitt
	1,587	20.650	31.391	1.381	31.391	1.381
	0,12	20.100	2.258	154	2.258	154
	2,485	18.600	43.323	2.898	43.323	2.898
Summe Pkw- und Lkw-km/24h für Planfall 1					158.230	8.070
PF 2	1,994	12.297	11.497	800	22.925	1.595
	4,518	13.795	12.905	890	58.305	4.021
	2,029	13.348	12.218	1.130	24.790	2.293
Summe Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 2					106.020	7.909
PF 2-1	1,994	11.002	10.302	700	20.542	1.396
	6,547	12.475	11.685	790	76.502	5.172
Summe Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 2-1					97.044	6.568
PF 2-2	1,994	13.961	12.981	980	25.884	1.954
	2,288	15.545	14.365	1.180	32.867	2.700
	2,23	15.625	14.635	990	32.636	2.208
	2,029	14.854	13.724	1.130	27.846	2.293
Summe Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 2-2					119.233	9.154
PF 2-3	1,994	12.914	11.934	980	23.796	1.954
	2,288	14.498	13.318	1.180	30.472	2.700
	4,259	14.585	13.465	1.120	57.347	4.770
Summe Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 2-3					111.615	9.424
PF 2-5	1,994	23.516	21.996	1.520	43.860	3.031
	2,288	24.266	22.967	1.299	52.548	2.972
	4,259	14.583	13.463	1.120	57.339	4.770
Summe Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 2-5					153.747	10.773
PF 3	1,994	11.435	10.615	820	21.166	1.635
	4,493	12.932	12.022	910	54.015	4.089
	2,062	12.650	11.500	1.150	23.713	2.371
Summe Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 3					98.894	8.095
PF 8-1	1,994	21.866	20.886	980	41.647	1.954
	2,234	23.450	22.270	1.180	49.751	2.636
	0,894	23.241	22.071	1.170	19.731	1.046
	3,63	15.311	14.181	1.130	51.477	4.102
Summe Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 8-1					162.606	9.738
PF 8-2	1,515	23.670	22.650	1.020	34.315	1.545
	1,221	25.733	24.423	1.310	29.820	1.600
	1,653	22.535	21.495	1.040	35.531	1.719
	0,894	23.061	21.981	1.080	19.651	966
	3,632	15.311	14.181	1.130	51.505	4.104
Pkw und Lkw-km/24h für Planfall 8-2					170.823	9.934

Die THG-Emissionen, die sich aus dem prognostizierten Verkehrsaufkommen und den Emissionsfaktoren für die 0+Variante (Planfall 1) für das Jahr 2035 ergeben, sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Prognose der jährlichen THG-Emissionen auf Basis des prognostizierten Verkehrsaufkommens: 0+Variante (PF 1)

	Pkw (km/24h)	Lkw (km/24h)	Pkw (km/a × 1.000)	Lkw (km/a × 1.000)	Emissionen Pkw (t CO ₂ /Jahr) *	Emissionen Lkw (t CO ₂ /Jahr) †	Summe Emissionen Kfz (t CO ₂ /Jahr)
PF 1	158.230	8.070	57.754	2.946	6.395	1.856	8.251

* Emissionsfaktor: 110,72 g CO₂/km

† Emissionsfaktor: 629,95 g CO₂/km

Die entsprechenden THG-Emissionen, die sich aus dem prognostizierten Verkehrsaufkommen und den Emissionsfaktoren für die Planfälle 2 bis 8-2 ergeben, sind in Tabelle 5 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5: Jährliche THG-Emissionen auf Basis des prognostizierten Verkehrsaufkommens: Prognoseplanfälle (ohne PF 1)

PF	Pkw (km/24h)	Lkw (km/24h)	Pkw (km/a × 1.000)	Lkw (km/a × 1.000)	Emissionen Pkw (t CO ₂ /Jahr) *	Emissionen Lkw (t CO ₂ /Jahr) †	Summe Emissionen Kfz (t CO ₂ /Jahr)
PF 2	106.020	7.909	38.697	2.887	3.643	1.317	4.960
PF 2-1	97.044	6.568	35.421	2.397	3.334	1.094	4.428
PF 2-2	119.233	9.154	43.520	3.341	4.097	1.524	5.621
PF 2-3	111.615	9.424	40.740	3.440	3.835	1.569	5.404
PF 2-5	153.747	10.773	56.118	3.932	5.282	1.794	7.076
PF 3	98.894	8.095	36.096	2.955	3.398	1.348	4.746
PF 8-1	162.606	9.738	59.351	3.554	5.587	1.621	7.208
PF 8-2	170.823	9.934	62.350	3.626	5.869	1.654	7.523

* Emissionsfaktor: 94,13 g CO₂/km

† Emissionsfaktor: 456,22 g CO₂/km

Tabelle 6 führt die berechneten THG-Emissionen des verbleibenden (flüssigen) Verkehrs auf der B 105 auf, die nach dem Bau des jeweiligen Planfalls entstehen.

Tabelle 6: Verbleibende THG-Emissionen B 105 nach dem Bau des jeweiligen Planfalls

PF	Pkw (km/24h)	Lkw (km/24h)	Pkw (km/a × 1.000)	Lkw (km/a × 1.000)	Emissionen Pkw (t CO ₂ /Jahr) *	Emissionen Lkw (t CO ₂ /Jahr) †	Summe Emissionen Kfz (t CO ₂ /Jahr)
B 105 bei PF 2	69.745	1.442	25.457	526	2.366	235	2.601
B 105 bei PF 2-1	76.825	2.979	28.041	1.087	2.606	487	3.093
B 105 bei PF 2-2	58.888	711	21.494	260	1.998	116	2.114
B 105 bei PF 2-3	64.886	1.260	23.684	460	2.201	206	2.407
B 105 bei PF 2-5	37.347	1.470	13.632	537	1.267	240	1.507
B 105 bei PF 3	75.031	1.451	27.386	529	2.545	237	2.782
B 105 bei PF 8-1	21.529	844	7.858	308	730	138	868
B 105 bei PF 8-2	19.045	633	6.951	231	646	103	749

* Emissionsfaktor: 92,94 g CO₂/km

† Emissionsfaktor: 447,64 g CO₂/km

Ermittlung der Summe von THG-Emissionen (t/a) durch den PF inkl. B 105

Die nachfolgende Tabelle 7 stellt die THG-Emissionen für die jeweiligen Planfälle, die entsprechenden THG-Emissionen der B 105 nach Bau des jeweiligen Planfalls (d.h. unter Berücksichtigung der jeweils neuen Verkehrssituation) sowie die Veränderung im Vergleich zur 0+Variante dar. Für diese Nettoänderung der Emissionen durch den Neubau der OU wird eine erste Rangvergabe dargestellt (Rang 1: Höchste Netto-Reduktion, Rang 9: Höchster Anstieg der Netto-Emissionen).

Tabelle 7: Änderung der jährlichen THG-Emissionen je Planfall inkl. B 105 im Vergleich zur 0+Variante (PF 1)

PF	Emission PF (t/a)	Emission B 105 (t/a)	Summe (t/a)	Änderung gegenüber 0+Variante (t/a)	Änderung gegenüber 0+Variante (%)	Rang
PF 1 (0+)	8.251		8.251	0	0,0	7
PF 2	4.960	2.601	7.561	-690	-8,4	3
PF 2-1	4.428	3.093	7.521	-730	-8,8	1
PF 2-2	5.621	2.114	7.735	-516	-6,3	4
PF 2-3	5.404	2.407	7.811	-440	-5,3	5
PF 2-5	7.076	1.507	8.583	332	4,0	9
PF 3	4.746	2.782	7.528	-723	-8,8	2
PF 8-1	7.208	868	8.076	-175	-2,1	6
PF 8-2	7.523	749	8.272	21	0,3	8

Im Ergebnis liegt der Netto-Effekt des Vorhabens durch die veränderte Verkehrsführung in den Planfällen (Summe Kfz-Emissionen Planfälle abzüglich 0+Variante) zwischen -730 (PF 2-1) und 332 (PF 2-5) Tonnen CO₂-eq. pro Jahr. Das entspricht einer Emissionssenkung von 8,8 % (PF 2-1 und PF 3) bzw. einer Erhöhung um 4,0 % (PF 2-5) im Vergleich zur 0+Variante (PF 1) durch Kfz. Mit Ausnahme der PF 2-5 und 8-2 ergibt sich in allen anderen Planfällen eine Netto-Reduzierung der Verkehrsemissionen im Vergleich zur 0+Variante, was einen wünschenswerten Effekt im Sinne des Klimaschutzes bedeutet. Neben PF 2-1 stellen insbesondere PF 3 (-8,8 %) und PF 2 (-8,4 %) die Varianten mit dem höchsten Reduktionspotential dar.

2.2 Sektor Landnutzungsänderung

Unter dem Sektor „Landnutzungsänderung“ („Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ im KSG) ist die Änderung der Treibhausgasemissionen durch die Überbauung/Beseitigung bzw. Neuschaffung und landschaftspflegerische Optimierung von Vegetationsbeständen und Böden, die als THG-Speicher oder -senken dienen (landnutzungsbedingte THG-Emissionen in Anlehnung an § 3a Abs. 1 KSG sowie § 1 Abs. 1 Nr. 2 und § 14 Abs. 1 BNatSchG) zu verstehen.

Gemäß Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern (LEP M-V, Kapitel 6.1.3) [17] sollen „klimaschädliche Degradierung von Moorböden, der Humusverlust und die Bodenerosion, die Bodenversiegelung und -verdichtung [...] auf ein Minimum reduziert“ sowie die natürlichen Funktionen des Bodens und seine Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte erhalten werden.

Laut KSG wird „der Fokus bei der Eingriffsbetrachtung von Boden-Vegetationskomplexen mit Klimaschutzfunktion vor allem auf Moore und moorähnliche Böden gelegt“. Diese Eingriffe bedingen mindestens im Bereich des Straßenkörpers einen weitgehenden Funktionsverlust dieser Komplexe [11].

Straßenbaumaßnahmen mit ihrer bau- und anlagebedingte Flächeninanspruchnahme stellen regelmäßig einen wesentlichen Eingriff in den Naturhaushalt dar, der insbesondere mit Auswirkungen auf den Boden und die Vegetation verbunden ist und (zumindest im Bereich des Straßenkörpers) einen weitgehenden Funktionsverlust der betroffenen Boden-Vegetationskomplexe bedingt. Hierdurch werden zwangsläufig Landnutzungsänderungen ausgelöst, die in der Regel einen negativen Effekt auf die THG-Bilanz und damit auch auf den Klimaschutz haben.

Ein unangepasster Eingriff in Böden und Biotope kann zu Treibhausgasemissionen (CO_2 , CH_4 und N_2O) führen, denn diese speichern Kohlenstoff und Stickstoff. Besonders alte Wälder, Moorflächen und hydromorphe Böden mit viel organischer Substanz sollten beim Straßenbau geschützt werden, um ihre Klimaschutzfunktion zu erhalten [11, 18]. Eingriffe sollten minimiert werden, da auch die Wiedereinbringung entnommener Böden oft mit erhöhter Treibhausgasfreisetzung einhergeht [11].

Die Landnutzungsänderung kann anhand der Flächen von

- unvermeidbar in Anspruch genommenen klimaschutzrelevanten Bodenfunktionen (insbesondere von Moor- und moorähnliche Böden),
- unvermeidbar in Anspruch genommenen klimaschutzrelevanten Biotopen / Vegetationskomplexen sowie der
- Kompensationsmaßnahmen mit Klimaschutzwirkung

erfasst und bilanziert werden.

Da deren Fähigkeit zur THG-Bindung stark von verschiedenen Standortfaktoren abhängig ist, wird empfohlen, die Berücksichtigung der vorhabenbedingten THG-Effekte durch eine flächenhafte und qualitativ-beschreibende Betrachtung vorzunehmen [11]. Daher wird hierfür eine Bewertung anhand der Flächengröße des Eingriffs hinsichtlich des Einflusses auf das Klima abgegeben – die Darstellung der Planfallspezifischen Betroffenheiten erfolgt in ha oder m^2 .

Die Landnutzungsänderung, die durch das Vorhaben verursacht wird, erfordert Kompensationsmaßnahmen. Mögliche Kompensationsmaßnahmen werden im Zuge der Genehmigungsplanung identifiziert, die sich an das derzeitige Raumordnungsverfahren anschließt. Diese Maßnahmen wirken sich nicht nur kompensatorisch auf Biotope und Böden, sondern in der Regel auch positiv auf die Klimabilanz aus. Die Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung im dann zu erstellenden Landschaftspflegerischen Begleitplan (LBP) kann genutzt werden, um die Eingriffe in hochwertige Vegetationskomplexe, Biotoptypen und Böden zu quantifizieren.

Die Bewertung von Eingriff und Kompensation erfolgt dabei nach dem „LBP-Leitfaden zu Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern“ [20]. Gleiches gilt für die Eingriffe in Waldbestände, für die das Waldgesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaldG) angewendet wird und Alleen entsprechend des Alleenerlasses (AlErl M-V) [22] bewertet werden.

2.2.1 Inanspruchnahme hochwertiger Funktionsausprägungen von Böden

Der Fokus bei der Eingriffsbetrachtung von Böden mit Klimaschutzfunktion wird vor allem auf Moore und moorähnliche Böden gelegt. Die CO_2 -Speicherfunktion dieser Böden leitet sich einerseits aus der bereits vorhandenen, integrierten Biomasse ab und andererseits bei natürlicher Ausprägung aus dem Potenzial weiter organische Stoffe durch Wachstum einzubauen.

Sofern diese Bodentypen einen mittleren Grundwasserstand von 0–10 cm unter Flur aufweisen, kommt ihnen klimatisch eine besondere Bedeutung zu, da in diesem anaeroben Zustand die mikrobielle Umsetzung (Respiration) des organischen Kohlenstoffs in CO_2 unterbunden wird. Bei einer Überstauung kommt es hingegen zu negativen Klimaeffekten aufgrund der vermehrten Genese und Emission von Methan in solchen Böden. [11, 23]

Die Bedeutung der Moorböden wird hier durch die Ermittlung der Flächengröße als Auslösekriterium für die Klimarelevanz bestimmt. Dieses Kriterium leitet sich aus der Mindestflächengröße als Bedingung für den Biotopschutz (Anlage 2 NatSchAG M-V) ab.

Daraus ergeben sich folgende Mindestflächengrößen [5]:

- 100 m² für naturnahe oder bewaldete Moorstandorte
- 200 m² für Feuchtwiesen auf Moorstandorten

Neben Moorstandorten sind aber auch Bodentypen wie z.B. Pseudogley, Gley und Podsol sehr gute Kohlenstoffspeicher, wenn ihre Nutzungsbedingungen Wald oder Dauergrünland sind (vgl. Tabelle 8) [5]. Die Größenordnung des gespeicherten Kohlenstoffs ist bei diesen Bodentypen von den Standortbedingungen abhängig.

Zum Abgleich der Moore und moorähnlichen Böden wurde das „Kartenportal Umwelt Mecklenburg-Vorpommern“ (URL: umweltkarten.mv-regierung.de) genutzt.

Tabelle 8: Erfassung und Bewertung der Klimawirksamkeit von Bodennutzungen für Flächen mit besonderer Relevanz für die Eingriffsvermeidung (Wenzel et al. 2022, S. 281; verändert nach Saathoff et al. 2013 und Grothe et al. 2017; zitiert in [5])

Bedeutung für den Klimaschutz	Nutzungsbedingungen	Bodentyp	Potenzielle CO ₂ -Emissionen (+)/CO ₂ -Retention (-) (t CO ₂ /ha)
Bereiche mit besonderer Funktionsfähigkeit für den Klimaschutz			
sehr hoch, positiv	naturnah (mittlerer Grundwasserstand von ca. 10 cm unter Flur)	Niedermoor	-2.600*
		Hochmoor	-1.700
hoch, positiv	Laubwald	Tiefumbruchböden,	-530
	Mischwald	Pseudogley, Gley,	-480
	Nadelwald	Podsol	-440
mittel, positiv	Dauergrünland ≥ 5 Jahre / Dauerbrache ≥ 5 Jahre	Pseudogley	-180
		Tiefumbruchböden	-180
		Auenböden	-160
		Marschen	-130
		Gley	-120
		Podsol	-100

In Abbildung 1 wird dargestellt, welche klimarelevanten Bodentypen sich im Untersuchungsraum befinden. Hier sind vor allem Gley und Pseudogley betroffen.

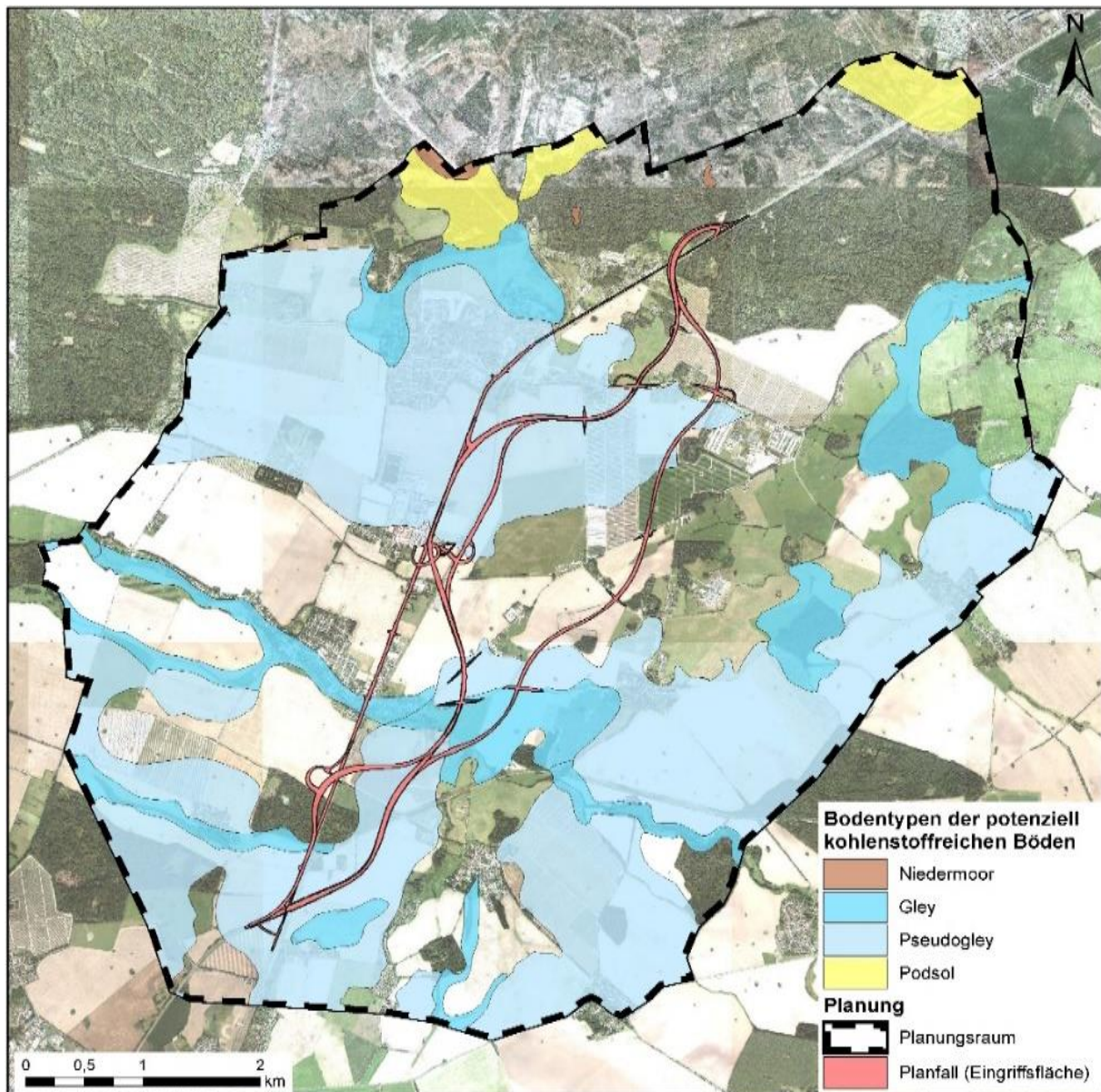


Abbildung 1: Klimarelevante Böden im Untersuchungsraum

Um die Planfällen vergleichen zu können, wird im Folgenden die Größe der Flächeninanspruchnahme klimarelevanter Bodentypen mit Nutzungsbedingungen, die eine besondere Bedeutung für eine THG-Speicherung haben, pro Planfall ermittelt (vgl. Anhangskarte 2).

Moorbodenstandorte befinden sich ausschließlich im Norden des UR. Hier sind anstehend ebenfalls Podsole vorhanden, welche auch eine gute Speicherfähigkeit von Kohlenstoff aufweisen. Als weitere klimarelevante Böden sind mit Wald bestockte oder als Dauergrünland genutzte Gley- und Pseudogleyböden weit verbreitet im UR anzutreffen.

Unbewaldete und bewaldete Moorstandorte sowie Feuchtwiesen auf solchen Standorten sind durch die Planfälle nicht betroffen (Tabelle 9 und Tabelle 10). Aus diesem Grund ist für diese eine flächenhafte Betrachtung nicht erforderlich.

Die klimarelevanten Bodentypen Gley und Pseudogley sind dagegen durch die Planfälle betroffen. Da es sich um Bodentypen von besonderer Bedeutung handelt, wurde die Inanspruchnahme von klimaschutzrelevanten Funktionsausprägungen von Gley und Pseudogley in Abhängigkeit ihrer Standorte ermittelt (vgl. Tabelle 9 und Tabelle 10).

Als Dauergrünland genutzte Gley-Böden sind durch die Planfälle (excl. 0+Variante) mit Flächen zwischen 1,02 (PF 8-2) und 1,43 ha (PF 2-5) betroffen. Bei als Dauergrünland genutzten Pseudogley sind es zwischen 0,13 (PF 3) und 0,58 ha (PF 2-5) (Tabelle 9).

Tabelle 9: Ermittlung der planfallspezifischen Betroffenheiten von Dauergrünland bezüglich der klimarelevanten Bodentypen

PF	Moorstandorte	Gley/Dauergrünland (m ²)	Pseudogley/Dauergrünland (m ²)
PF 1 (0+)	0	0	0
PF 2	0	11.195	4.524
PF 2-1	0	12.803	5.140
PF 2-2	0	12.791	5.140
PF 2-3	0	12.791	5.140
PF 2-5	0	14.333	5.796
PF 3	0	12.213	130
PF 8-1	0	12.603	4.908
PF 8-2	0	10.238	4.882

Als bewaldeter klimarelevanter Bodentyp sind nur jeweils 0,01 ha Gley in PF 8-2 sowie PF 1 betroffen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Ermittlung der planfallspezifischen Betroffenheiten von Wäldern bezüglich der klimarelevanten Bodentypen

PF	Bewaldete Moorstandorte	Gley/Wald (m ²)	Pseudogley/Wald (m ²)
PF 1 (0+)	0	116	0
PF 2	0	0	0
PF 2-1	0	0	0
PF 2-2	0	0	0
PF 2-3	0	0	0
PF 2-5	0	0	0
PF 3	0	0	0
PF 8-1	0	0	0
PF 8-2	0	143	0

Insgesamt werden in den Planfällen Flächen zwischen 1,23 (PF 3) und 2,01 ha (PF 2-5) mit klimarelevanten Böden genutzt – in der 0+Variante PF 1 wären es 0,01 ha (Tabelle 11).

Tabelle 11: Summe der Inanspruchnahme von klimaschutzrelevanten Böden

PF	Summe der Inanspruchnahme von Böden mit klimaschutzrelevanten Funktionsausprägungen (m ²)	Rang
PF 1 (0+)	116	1
PF 2	15.719	4
PF 2-1	17.943	8
PF 2-2	17.931	6
PF 2-3	17.931	6
PF 2-5	20.130	9
PF 3	12.343	2
PF 8-1	17.512	5
PF 8-2	15.264	3

Entsprechend dem Gebot der Eingriffsminimierung erfordert die 0+Variante (PF 1) mit nur 116 m² den mit Abstand geringsten Eingriff in klimarelevante Böden und somit den geringsten Aufwand für Kompensationsmaßnahmen. Der PF 2-5 würde mit 20.130 m² den höchsten Flächenverlust dieser Böden bedeuten. Unter der Prämisse einer Entlastung der Ortsdurchfahrt wären der PF 3 mit 12.343 m² und der PF 8-2 mit 15.264 m² mit der geringsten Inanspruchnahme verbunden. Mit diesen beiden Varianten wäre der Verlust klimarelevanter Böden im Vergleich zu PF 2-5 um 39 bzw. 24 % erheblich geringer.

Für die Bodentypen Gley und Pseudogley werden in der Ad-hoc Arbeitshilfe des Landes M-V [5] zwar keine Schwellenwerte als Auslösekriterium genannt. Da die Fläche solcher Böden mit bis zu 2,01 ha (PF 2-5) betroffen sind (Tabelle 11), was das zehnfache der Auslöse-Schwelle von 200 m² (0,2 ha) für Feuchtwiesen auf Moorstandorten beträgt, wird für das vorliegende Vorhaben eine Klimarelevanz angenommen. Ferner werden im Arbeitspapier der FGSV [11] – im Gegensatz zur Arbeitshilfe M-V [5] – generell keine Schwellenwerte genannt.

2.2.2 Klimarelevante Vegetationskomplexe

Neben klimarelevanten Böden dienen auch bestimmte Biotope und Vegetationskomplexe als Klimasenken. Im Fachbeitrag Klimaschutz ist daher eine Betrachtung der Auswirkungen von Straßenbauvorhaben insbesondere auf Wälder und Vegetationskomplexe als THG-Speicher und -Senken wichtig. In der Ad-hoc-Arbeitshilfe Klimaschutz M-V [5] wird empfohlen, eine halb-quantitative und qualitativ beschreibende Berücksichtigung der Auswirkungen des Vorhabens auf Wald- oder Gehölzflächen vorzunehmen, da die Fähigkeit von Bäumen und Gehölzen stark von verschiedenen Standortfaktoren abhängig ist. Somit ist von einer exakten THG-Bilanz für den Bereich Vegetation abzusehen, weil der organische Kohlenstoffgehalt nach Baumarten und Altersklassen differenziert wird... [5]“ und daher im Einzelfall schwer zu bestimmen ist.

Stattdessen wird hierfür lediglich eine Bewertung anhand der Flächengröße des Eingriffs hinsichtlich des Einflusses auf das Klima abgegeben.

Im vorliegenden Fachbeitrag werden als Äquivalent Flächen gewählt, die sich aus der HzE [21] bzw. dem Alleenerlass (AlErl M-V) [22] ergeben.

In Anlehnung an WENZEL ET AL. (2022) [24] empfiehlt die Ad-hoc-Arbeitshilfe folgende Mindestflächengrößen als Auslösekriterium für die Klimarelevanz von Vegetationskomplexen [5]:

- Wald (inkl. 20 Alleenbäume je 25 m²): 500 m²

- Extensivgrünland auf Mineralboden: 2.000 m²

Die Ermittlung der Flächeninanspruchnahme der Vegetationskomplexe erfolgt in ha oder m² und ergibt sich aus dem Eingriff in klimarelevante Waldfunktionen, Feucht- und Nassgrünland sowie Rodungen von Allee- und Einzelbäumen.

Im Folgenden wird die Inanspruchnahme von klimarelevanten Wäldern und Bäumen bewertet.

Besonders klimarelevante Waldfunktionen

Die Daten zum Speicher und zu den Zuwächsen an organischem Kohlenstoff in der Biomasse der Wälder können je nach Standort, Baumart, Altersklasse stark variieren. Aus diesem Grund wird nur die Flächeninanspruchnahme für den jeweiligen Planfall bewertet.

Die Klimaschutzwälder, Immissionsschutzwälder und Bodenschutzwälder sind drei Waldbiotope, die besonders klimarelevanten Funktionen haben. Daher werden Eingriffe in diese Wälder mit ihren Funktionen neben den allgemeinen Wäldern jeweils einzeln bewertet und dargestellt. (vgl. Anhangskarte 3).

Im Folgenden werden kurz die relevanten Waldfunktionen erläutert [25]:

- Klimaschutzwald hat die Aufgabe die Fläche vor den Erosionsauswirkungen zu schützen.
- Immissionsschutzwald hat die Aufgabe Schadverursachende Auswirkungen durch den Menschen über das Medium Luft zu reduzieren.
- Bodenschutzwald hat die Aufgabe die Fläche vor nachteiligen Auswirkungen von Kaltluft- und Windeinwirkungen zu schützen.

Mit der 0+Variante PF 1 gehen 0,05 ha Bodenschutzwald verloren (Tabelle 12). Durch die anderen Planfälle werden zwischen 0,06 (PF 2) und 0,18 ha (PF 8-2) beansprucht. Klima- sowie Immissionsschutzwälder sind nur in PF 3 mit 14 m² unerheblich betroffen. Werden sonstige Waldfunktionen berücksichtigt, liegt die Inanspruchnahme dieser für PF 1 bei 0,37 ha sowie bei den anderen PF zwischen 3,43 (PF 3) und 6,0 ha (PF 8-2). Die 0+Variante erfordert insgesamt den geringsten Eingriff in Waldflächen (0,41 ha). In den Planfällen für eine OU hat PF 3 den geringsten Bedarf (3,43 ha) und PF 8-2 den höchsten (5,60 ha), was einen Unterschied von 63 % bedeutet. Auf PF 3 folgen PF 8-1 (3,71 ha) und PF 2 (3,96 ha) als weitere günstige OU-Varianten.

Tabelle 12: Die klimarelevante Gesamtgröße der durch jeden Planfall in Anspruch genommenen Waldfläche

PF	Klimaschutzwälder (m ²)	Immissions-schutzwälder (m ²)	Mehrfachfunktion bzw. sonstige Waldfunktionen (m ²)	Bodenschutzwälder (m ²)	Gesamte Flächeninanspruchnahme (m ²)
PF 1 (0+)	0	0	3.650	454	4.104
PF 2	0	0	39.061	550	39.611
PF 2-1	0	0	43.172	693	43.865
PF 2-2	0	0	43.358	693	44.051
PF 2-3	0	0	43.367	693	44.060
PF 2-5	0	0	43.275	693	43.969
PF 3	0	14	33.259	1.059	34.332
PF 8-1	0	0	36.004	1.060	37.064
PF 8-2	0	0	54.153	1.825	55.978

Alleebäume

Im Untersuchungsraum wurden 90 geschützte Alleen und Baumreihen und 828 Einzelbäume gem. § 19 NatSchAG M-V erfasst [26].

Laut der Konkretisierungen zum Alleenerlass (AlErl M-V) gem. dem gemeinsamen allgemeinen Rundschreiben (Punkt 5.1, S. 4) des Ministeriums für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt und des Ministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Tourismus und Arbeit vom 07.03.2022 (zitiert in [5]) wird eine betroffene **Fläche von 25 m²** pro vitalen Alleebaum angenommen.

Durch jeden Planfall kommt es zur Fällung von Alleebäumen. Daraus wird für jeden Planfall eine Flächeninanspruchnahme in Form von zu fällenden Alleebäumen dargestellt und ermittelt (Anhangskarte 5).

In allen Planfällen (außer in PF 8-2 und der 0+Variante PF 1) müssen acht Alleenbäume gefällt werden, was einer Fläche von 200 m² (0,02 ha) entspricht (vgl. Abbildung 2 und

Tabelle 13).

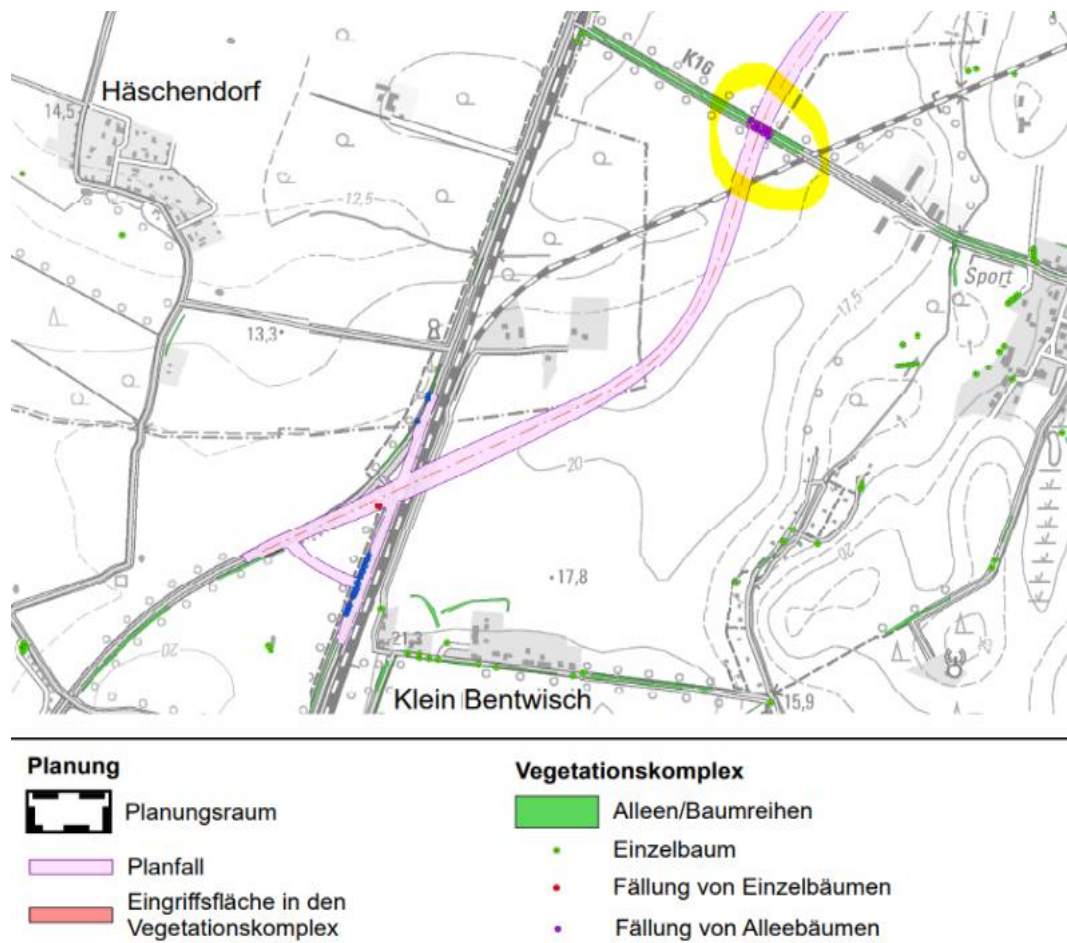


Abbildung 2: Zu fällende Alleenbäume am Beispiel von Planfall 2

Tabelle 13: Anzahl zu fällender Alleebäume mit entsprechender Flächennutzung

PF	Anzahl Alleebäume	Flächeninanspruchnahme (m ²)
PF 1 (0+)	0	0
PF 2	8	200
PF 2-1	8	200
PF 2-2	8	200
PF 2-3	8	200
PF 2-5	8	200
PF 3	8	200
PF 8-1	8	200
PF 8-2	0	0

Gehölz und Einzelbäume

Gehölz ist eine Fläche, die mit einzelnen Bäumen, Büschen, Hecken und Sträuchern bestockt ist. In den Planfällen kommt es zu einem Verlust von Gehölzen (Feldgehölze, Baumhecken und Laubgebüsche) zwischen 0,09 ha (PF 1) und 0,87 ha (PF 2-5) (Tabelle 14). Der PF 8-2 stellt die OU-Variante mit dem geringsten Eingriff (0,45 ha) in Gehölz-Flächen dar

Tabelle 14: Fläche der betroffenen Gehölze

PF	Fläche Gehölz (m ²)
PF 1 (0+)	893
PF 2	7.857
PF 2-1	8.345
PF 2-2	8.672
PF 2-3	8.672
PF 2-5	8.730
PF 3	6.342
PF 8-1	8.036
PF 8-2	4.490

Im Untersuchungsgebiet wurden 828 Einzelbäume gem. § 19 NatSchAG M-V erfasst [26].

Durch jeden Planfall kommt es zur Fällung einer unterschiedlichen Anzahl von Einzelbäumen (Tabelle 15). Auch für die Einzelbäume wird eine Flächeninanspruchnahme **von 25 m²** angenommen. Die daraus berechnete Flächeninanspruchnahme beträgt zwischen 0,03 (PF 2, 2-1, 2-3 und 2-5) und 0,05 ha (PF 8-1 und 8-2). Bei der 0+Variante PF 1 sind es 0,06 ha (Tabelle 15).

Tabelle 15: Anzahl zu fällender Einzelbäumen mit entsprechender Flächennutzung

PF	Anzahl Einzelbäume	Flächeninanspruchnahme (m ²)
PF 1 (0+)	23	575
PF 2	10	250
PF 2-1	10	250
PF 2-2	11	275
PF 2-3	10	250
PF 2-5	10	250
PF 3	14	350
PF 8-1	22	550
PF 8-2	22	550

Feucht- und Nassgrünland

Ein weiterer Vegetationskomplex mit einer hohen Speicherfunktion ist Feucht- bzw. Nassgrünland [11, 18]. In den Planfällen werden zwischen 0,00 (PF 3) und 0,08 ha (PF 2-2) überbaut (Tabelle 16). In der 0+Variante wären es hingegen 0,17 ha. Alle anderen Planfälle führen zu einem Verlust von mindestens 0,06 ha.

Tabelle 16: Flächen mit betroffenem Feucht- und Nassgrünland

PF	Fläche Feucht- / Nassgrünland (m ²)
PF 1 (0+)	1.725
PF 2	824
PF 2-1	705
PF 2-2	836
PF 2-3	705
PF 2-5	705
PF 3	8
PF 8-1	576
PF 8-2	576

Zur Ermittlung, ob die in Anspruch genommenen Vegetationskomplexe eine Klimarelevanz im Sinne der Auslöseschwelle von 500 (Wald) bzw. 2.000 m² (Grünland) haben, wird im Folgenden die Flächeninanspruchnahme der einzelnen Wald- bzw. Baumkategorien addiert und den Flächen für Grünland bzw. der Summe aller relevanten Vegetationskomplexen gegenübergestellt (Tabelle 17).

Tabelle 17: Flächeninanspruchnahme der klimarelevanten Vegetationskomplexe (Wälder, Bäume, Gehölz, Feucht- und Nassgrünland) für jeden Planfall

PF	Flächeninanspruchnahme (m ²)								Rang
	klimarelevante Wald-funktionen	Mehrfach-funktionen von Wäldern	Allee-bäume	Einzel-bäume	Gehölz	Feucht-/Nassgrünland	Summe Wälder, Bäume und Gehölz	Summe Vegetationskomplexe	
PF 1 (0+)	454	3.650	0	575	893	1.725	5.118	6.843	1
PF 2	550	39.061	200	250	7.857	824	47.368	48.192	4
PF 2-1	693	43.172	200	250	8.345	705	51.967	52.672	5
PF 2-2	693	43.358	200	275	8.672	836	52.505	53.341	8
PF 2-3	693	43.367	200	250	8.672	705	52.489	53.194	7
PF 2-5	693	43.275	200	250	8.730	705	52.455	53.160	6
PF 3	1.059	33.259	200	350	6.342	8	40.151	40.159	2
PF 8-1	1.060	36.004	200	550	8.036	576	44.790	45.366	3
PF 8-2	1.825	54.153	0	250	4.490	576	58.893	59.469	9

Es ist zu sehen, dass in allen Planfällen die Schwelle zur Auslösung der Klimarelevanz für Wälder und Gehölze überschritten wird. Daher findet eine weitergehende Betrachtung dieser Kategorie in der Gesamtbeurteilung statt. Die Flächeninanspruchnahme (excl. 0+Variante PF 1) liegt zwischen 4,02 (PF 3) und 5,89 ha (PF 8-2), dies entspricht einem Unterschied von 47 %. Neben PF 3 ergeben sich hier PF 8-1 (4,54 ha) und PF 2 (4,82 ha) als die günstigsten Varianten.

Für die Kategorie Feucht- und Nassgrünland wird der Schwellenwert hingegen nicht überschritten und daher abgeschichtet. Jedoch verursacht die 0+Variante (PF 1), obwohl insgesamt am günstigsten, mit 1.725 m² den mit Abstand größten Verlust dieses klimarelevanten Biototyps, wohingegen mit PF 3 nur 8 m² geschädigt werden.

2.3 Sektor Industrie: Lebenszyklus

Neben den verkehrsbedingten Emissionen und den Emissionen aus der Landnutzungsänderungen sind der Bau von Straßenbauwerken sowie deren Betrieb und Unterhaltung mit THG-Emissionen verbunden. Moderne Straßeninfrastruktur wird trotz des bevorstehenden Technologiewechsels bei Fahrzeugantrieben langfristig benötigt und steht den Klimaschutzzielen nicht entgegen. Die bauliche Anlage von Verkehrswegen ist nur mittelbar für die CO₂-Bilanz verantwortlich, da sie die entsprechende Infrastruktur bereitstellt. Natürliche Baustoffe werden bei der Gestaltung von Schutzeinrichtungen, Nebenanlagen und Lärmschutzmaßnahmen berücksichtigt. Allerdings sind aufgrund von Flächenbedarf, Eingriffen in Rechte Dritter und bestehenden Zwangspunkten nicht immer alle Maßnahmen realisierbar.

Der Sektor „Industrie“ umfasst also die Erzeugung von THG durch die Errichtung, den Betrieb und die Unterhaltung des Bauwerkes (THG-Lebenszyklusemissionen gemäß § 4 Abs 1 Nr. 2 und Anlage 1 Nr. 2 KSG). Die Errichtung des Bauwerkes Straße beinhaltet die Gewinnung bzw. Herstellung der Baumaterialien bzw. -teile, die verwendet werden (z. B. Asphalt, Beton, Stahl,

Brückenelemente u. ä.). Außerdem betrifft dies den Einsatz von Baumaschinen und die baubedingten Verkehre, bei denen vor allem die Anzahl an Lkw-Fahrten und die Streckenlängen, die für die Beschaffung von (Erd-) Material bzw. für die Abfahrt von Aushub nötig sind, relevant sind. Hinzu kommen Kosten für die Unterhaltung und Reparatur sowie für den Betrieb, z. B. Beleuchtung oder Belüftung bei Tunnelstrecken. Der Beitrag zur THG-Bilanz ist in diesem Bereich so lange negativ, bis die Bauwirtschaft Klimaneutralität erreichen kann. Der THG-Beitrag des Bauwerkes kann aber durch eine entsprechende Optimierung vorhabenspezifisch minimiert werden. Die Emissionen, die durch den Bau und die Anlage entstehen, werden im Folgenden als Lebenszyklusemissionen bezeichnet. In diesem Rahmen wird hier eine Schätzung der Treibhausgasemissionen für die Herstellung der Straße sowie deren Nebenanlagen und für den Betrieb, wie z.B. Beleuchtung, durchgeführt.

„Die Abschätzung der Lebenszyklusemissionen ermöglicht in Abhängigkeit von der Größe der geplanten Straßenbaumaßnahme eine summarische Aussage zu den THG-Emissionen, die bei der Errichtung des Bauwerks, seinem Betrieb (Beleuchtung u. ä., nicht Fahrbetrieb) und der Unterhaltung anfallen. Dazu wird auf die Emissionsfaktoren zurückgegriffen, die im Methodenhandbuch des BVWP [3] auf der Grundlage der Berechnungen nach MOTTSCALL UND BERGMANN (2015) [27] angegeben werden“ [5]. Darin sind die THG-Emissionen auf Basis, der im Durchschnitt in Deutschland für den Straßenbau eingesetzten Materialmengen berechnet. Eine weitere Berechnungsgrundlage steht zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zur Verfügung. Als Straßenkategorie wurde die Bundesstraße gewählt, die laut Ad-hoc-Arbeitshilfe auch für Kreis- und Gemeindestraßen anwendbar ist [5].

Die Lebenszyklusemissionen des Vorhabens wurden nach dem Ansatz von MOTTSCALL UND BERGMANN (2015) [27] mit 4,6 kg CO₂-eq je m² und Jahr für die überbaute bzw. versiegelte Straßenoberfläche bestimmt. Insgesamt besteht der Straßenkörper aus den Elementen Fahrbahn, Bankett und Mulde sowie Radweg. Als versiegelte Fläche werden hier die Elemente Fahrbahn und Radweg angenommen. Für Brücken wurde der bei MOTTSCALL UND BERGMANN 2015 angegebene Wert von 12,6 kg CO₂-eq. je m² und Jahr gewählt (Tabelle 18).

Tabelle 18: THG-Emissionsfaktoren für Bauwerke [27]

Straßenkategorie	Spezifische THG-Emissionsfaktor in kg CO ₂ -eq je m ² Straßenoberfläche im Jahr
Bundesautobahnen	6,2
Bundestraße	4,6
Aufschlag für Brückenabschnitte	12,6

Die Anzahl sowie die Dimensionierungen der Brücken und Überführungen variieren in den unterschiedlichen Planfällen. Es werden für den Straßenneubau jeweils 11 (PF 2, PF 2-2, PF 3), 12 (PF 2-2, PF 2-3, PF 2-5), 13 (PF 8-2) bzw. 14 (PF 8-1) Brücken über Fließgewässer, Bahnstrecken, Gemeindestraßen, Wirtschafts- und Radwege bzw. Überführungen von Wirtschaftswegen und der Kreisstraße DBR 17 über den Straßenneubau errichtet. Die 0+Variante PF 1 umfasst vier Brücken über Fließgewässer (vgl. Anlage 19.5.2)

Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den kommenden Jahren technische Fortschritte hinsichtlich der Baumaschinen, Bauverfahren sowie Produktionsprozesse zu erwarten sind. Daher lässt sich anhand der vorliegenden Emissionsfaktoren eine konservative Abschätzung der Lebenszyklusemissionen vornehmen.

Die Berechnungen der Flächen und Lebenszyklusemissionen für die jeweilige Linienführung mit ihren Brücken sind in folgender Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19: Flächenanspruch in den Planfällen sowie die entsprechenden THG-Emissionen des Lebenszyklus hinsichtlich der versiegelten Fläche (Fahrbahn und Radweg) sowie der Brückenbauwerke

PF	Fahrbahn (m ²)	Radweg (m ²)	Gesamte versiegelte Fläche (m ²)	Gesamte Fläche Brücken (m ²)	Lebenszyklus-emissionen Straße (t CO ₂ -eq je Jahr)*	Lebenszyklus-emissionen Brücken (t CO ₂ -eq je Jahr)*
PF 1 (0+)	117.459	14.904	132.363	675	608,87	8,51
PF 2	122.383	990	123.373	3.479	567,52	43,84
PF 2-1	119.413	946	120.359	3.479	553,65	43,84
PF 2-2	127.798	990	128.788	4.145	592,42	52,23
PF 2-3	124.177	990	125.167	4.145	575,77	52,23
PF 2-5	133.187	1.754	134.941	4.901	620,73	61,76
PF 3	122.030	1.015	123.045	3.479	566,01	43,84
PF 8-1	139.237	1.111	140.348	5.128	645,60	64,61
PF 8-2	158.658	1.076	159.734	6.666	734,78	84,00

* Emissionsfaktoren siehe Tabelle 18

Der Planfall, dessen überbaute (versiegelte) Fahrbahnoberfläche den größten Flächenverbrauch und somit die höchsten Lebenszyklusemissionen aufweist, ist der PF 8-2 mit 734,8 t CO₂-eq pro Jahr und m² (Tabelle 19). Die geringsten Emissionen im Straßen-Lebenszyklus entstehen durch PF 3 mit 566,0 t.

Durch Brückenbauwerke entstehen (exkl. 0+Variante) in PF 2, PF 2-1 und PF 3 die niedrigsten Emissionen im Lebenszyklus (43,8 t CO₂-eq je Jahr) und die höchsten in PF 8-2 (84,0 t) (Tabelle 19). Für die 0+Variante ist der Betrag mit 8,51 t am geringsten.

Die Summe der Lebenszyklusemissionen der Planfälle reichen von 597,49 (PF 2-1) bis 818,77 t CO₂-eq pro Jahr (PF 8-2) (Tabelle 20).

Tabelle 20: Gesamte Lebenszyklusemissionen pro Jahr sowie für die Lebensdauer der Infrastruktur

PF	Lebenszyklus-emissionen Straße (t CO ₂ -eq je Jahr)	Lebenszyklus-emissionen Brücken (t CO ₂ -eq je Jahr)	Summe Lebenszyklusemissionen (t CO ₂ -eq je Jahr)	Summe Lebenszyklusemissionen (t CO ₂ -eq)*	Rang
PF 1 (0+)	608,87	8,51	617,37	30.868,74	4
PF 2	567,52	43,84	611,36	30.567,81	3
PF 2-1	553,65	43,84	597,49	29.874,59	1
PF 2-2	592,42	52,23	644,65	32.232,53	6
PF 2-3	575,77	52,23	627,99	31.399,70	5
PF 2-5	620,73	61,76	682,48	34.124,18	7
PF 3	566,01	43,84	609,85	30.492,38	2
PF 8-1	645,60	64,61	710,21	35.510,37	8
PF 8-2	734,78	84,00	818,77	40.938,59	9

* Bezogen auf eine Lebensdauer von 50 Jahren

Es ist zu erkennen, dass die 0+Variante zwar die geringsten Emissionen für Brückenbauwerke verursacht. Bei den anderen Planfällen wie PF 2-1, PF 3 und PF 2 entstehen jedoch weniger

Emissionen im Lebenszyklus der Straßen als in der 0+Variante, so dass diese drei Planfälle in absteigender Reihenfolge mit den geringsten Gesamtemissionen aus der Infrastruktur verbunden sind (Tabelle 20). Die 0+Variante belegt daher in dieser Betrachtung nur Rang 4. Der Unterschied zwischen der günstigsten (PF 2-1) und der ungünstigsten Variante (PF 8-2) beträgt 37 %.

3 Gesamtbeurteilung der jeweiligen Aspekte

Die Gesamtbeurteilung der Klimaschutzbetrachtung des Vorhabens ergibt sich aus den zwei folgenden Bewertungskriterien:

- Die Summe der quantifizierbaren THG-Emissionen des Verkehrs und der Lebenszyklusemissionen
- Berücksichtigung der qualitativen THG-Effekte als Flächeninanspruchnahme

Im Kapitel 3.1 und 3.2 werden zuerst separate Planfallvergleiche bezüglich der THG-Emissionen des Verkehrs und der Lebenszyklusemissionen durchgeführt. Danach wird die Summe der quantifizierbaren THG-Emissionen berechnet.

Der Planfall 1 stellt im Vergleich zu allen anderen möglichen Lösungen als 0+Variante einen Sonderfall dar, da dieser als einziger einen Ausbau der B 105 im Bestand vorsieht. Dem eigentlichen Planziel, die Ortslagen Mönchhagen-Rövershagen zu entlasten, wird der Planfall 1 nicht gerecht.

3.1 Planfallvergleich bezüglich der THG-Emissionen des Verkehrs

Daher werden die Planfälle inklusive der verbleibenden Emissionen der weiterhin genutzten B 105 auf die 0+Variante (PF 1) normiert, um die THG-Emissionen des Verkehrs der unterschiedlichen Planfälle miteinander zu vergleichen und ins Verhältnis setzen zu können (Tabelle 21). Zusätzlich werden die vorhabenbedingten THG-Emissionen des Verkehrs (Differenz aus 0+Variante und Planfall) dargestellt.

Tabelle 21: Normierung der Verkehrsemissionen

PF	THG-Emissionen inkl. der verbleibenden Emissionen auf der B 105 (t CO ₂ -eq/a)	Normierung	Differenz aus Planfall und 0+Variante (t CO ₂ -eq/a)
PF 1 (0+)	8.251	1,00	—
PF 2	7.561	0,92	-690
PF 2-1	7.521	0,91	-730
PF 2-2	7.735	0,94	-516
PF 2-3	7.811	0,95	-440
PF 2-5	8.583	1,04	332
PF 3	7.528	0,91	-723
PF 8-1	8.076	0,98	-175
PF 8-2	8.272	1,00	21

Die geringsten verkehrsinduzierten THG-Emissionen werden durch den **PF 2-1** und den **PF 3** erzeugt. Diese Planfälle bewirken gleichzeitig sogar eine Reduktion der Emissionen um 9 % im Vergleich zur **0+Variante (PF 1)** (vgl. Tabelle 21). Dies liegt an dem prognostizierten dichten Verkehrszustand auf der Strecke der 0+Variante, während die geplanten Fälle der OU einen flüssigen Verkehr gewährleisten werden. Nur die Planfälle PF 2-5 und PF 8-2 würden aufgrund ihrer längeren Streckenführung höhere Emissionen als die 0+Variante verursachen. Die Differenz zwischen den günstigsten Varianten (PF 2, PF 2-1 und PF 3) und der ungünstigsten Variante (PF 2-5) beträgt jeweils etwa 1.000 t CO₂-eq pro Jahr.

3.2 Planfallvergleich bezüglich der Lebenszyklusemissionen

Zusätzlich zu den Verkehrsemissionen müssen noch die Lebenszyklusemissionen für jeden Planfall auf die 0+Variante normiert werden. Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, wurden die Lebenszyklusemissionen des Vorhabens nach dem Ansatz von MOTTSCALL UND BERGMANN (2015) [27] mit 4,6 (Bundesstraße) und 12,6 kg CO₂-eq je m² und Jahr (Aufschlag für Brückenabschnitte) für die überbaute Fläche ermittelt. Für den Vergleich der THG-Emissionen des Lebenszyklus, wird wieder eine Normierung in Bezug auf den Planfall 1 (0+Variante) vorgenommen und die Differenz aus 0+Variante und Planfall dargestellt (Tabelle 22).

Tabelle 22: Normierung der Lebenszyklusemissionen

PF	Emissionen (t CO ₂ -eq/a)	Normierung	Differenz aus Planfall und 0+Variante (t CO ₂ -eq/a)
PF 1 (0+)	617,4	1,00	—
PF 2	611,4	0,99	-6,0
PF 2-1	597,5	0,97	-19,9
PF 2-2	644,7	1,04	27,3
PF 2-3	628,0	1,02	10,6
PF 2-5	682,5	1,11	65,1
PF 3	609,8	0,99	-7,5
PF 8-1	710,2	1,15	92,8
PF 8-2	818,8	1,33	201,4

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Lebenszyklusemissionen im **Planfall 2-1** mit 97 % der Emissionen, die in der 0+Variante zu erwarten wären, am geringsten ausfallen, was 19,9 t CO₂-eq weniger Emissionen pro Jahr entspricht. Die **Planfälle 2 und 3** verursachen mit jeweils 99 % rund 6–7 t CO₂-eq pro Jahr weniger Emissionen als die 0+Variante. Die höchsten Emissionen entstünden wiederum in PF 8-2, die 33 % höher als in der 0+Variante ausfallen (201,4 t CO₂-eq pro Jahr mehr).

3.3 Planfallvergleich bezüglich der Summe der quantifizierbaren THG-Emissionen (Verkehr und Lebenszyklus)

Um die quantifizierbaren THG-Emissionen der Planfälle vergleichen zu können, werden die THG-Emissionen des Verkehrs und des Lebenszyklus im Folgenden summiert. Mit einer Normierung werden diese Summen wiederum ins Verhältnis zur 0+Variante gesetzt.

Tabelle 23: Summe und Normierung der THG-Emissionen (Verkehr und Lebenszyklus)

PF	Emissionen Ver- kehr (t CO ₂ -eq/a)	Emissionen Le- benszyklus (t CO ₂ - eq/a)	Summe der quanti- fizierbaren Emissio- nen (t CO ₂ -eq/a)	Differenz aus Plan- fall und 0+Variante (t CO ₂ -eq/a)
PF 1 (0+)	8.251	617	8.868	—
PF 2	7.561	611	8.172	-696
PF 2-1	7.521	597	8.118	-750
PF 2-2	7.735	645	8.380	-488
PF 2-3	7.811	628	8.439	-429
PF 2-5	8.583	682	9.265	397
PF 3	7.528	610	8.138	-730
PF 8-1	8.076	710	8.786	-82
PF 8-2	8.272	819	9.091	223

Es ist zu erkennen, dass die prognostizierten Verkehrsemissionen für das Jahr 2035 in allen Planfällen mehr als das zehnfache der jährlichen Lebenszyklusemissionen betragen und dem tatsächlichen Verkehr im vorliegenden Projekt somit eine wesentlich höhere Bedeutung zukommt als der Klimawirkung der Infrastruktur.

Insgesamt ergibt sich in Bezug auf die quantifizierbaren THG-Emissionen (Verkehr und Lebenszyklus) der **Planfall 2-1** als günstigste Variante, welche 750 t CO₂-eq/a weniger verursacht als die Bezugsvariante 0+. Daneben stellt sich **Planfall 3** mit 730 t CO₂-eq/a geringeren Emissionen (im Vergleich zur 0+Variante) als die zweitbeste – und der **Planfall 2** mit 696 t weniger als die drittbeste Variante dar. Der PF 2-5 ist dagegen mit zusätzlichen 392 t die Ungünstigste, da in diesem Fall die Flächen der Straße und der Brücken jeweils am größten sind und somit die Herstellung und der Unterhalt dieser Infrastruktur am meisten Emissionen verursacht.

Neben diesen quantitativen THG-Emissionen spielen die betroffenen klimarelevanten Vegetationskomplexe und Böden als qualitative THG-Effekte eine wichtige Rolle, um eine Vorzugsvariante bestimmen zu können.

3.4 Planfallvergleich bezüglich der qualitativen THG-Effekte (Landnutzungsänderung)

Der THG-Effekt der Landnutzungsänderung ergibt sich aus der Flächeninanspruchnahme des Bodens und des Vegetationskomplexes:

- Flächeninanspruchnahme Boden
- Flächeninanspruchnahme Vegetationskomplexe (Wald, Alleebäume, Einzelbäume, Gehölze)

Der Planfallvergleich hinsichtlich der Landnutzungsänderung ist in Tabelle 24 dargestellt. Diese Tabelle fasst die relevanten Flächeninanspruchnahmen durch die Landnutzungsänderungen für jeden Planfall zusammen.

Tabelle 24: Flächeninanspruchnahme durch Landnutzungsänderung und Normierung auf die 0+Variante für jeden Planfall

PF	Flächeninanspruchnahme klimaschutzrelevanter Böden (m ²)	Flächeninanspruchnahme klimaschutzrelevanter Vegetationskomplexe (m ²)	Gesamte Flächeninanspruchnahme klimaschutzrelevanter Landnutzungsänderungen (m ²)	Normierung
PF 1 (0+)	116	6.843	6.959	1,00
PF 2	15.719	48.192	63.911	9,18
PF 2-1	17.943	52.672	70.615	10,15
PF 2-2	17.931	53.341	71.272	10,24
PF 2-3	17.931	53.194	71.125	10,22
PF 2-5	20.130	53.160	73.290	10,53
PF 3	12.343	40.159	52.502	7,54
PF 8-1	17.512	45.366	62.878	9,04
PF 8-2	15.264	59.469	74.733	10,74

Die kleinste Flächeninanspruchnahme wird durch den **Planfall 1** verursacht (0,70 ha). Die geringste zusätzliche Inanspruchnahme einer klimaschutzrelevanten Landnutzung wird durch den **Planfall 3** verursacht (5,25 ha) und entspricht etwa den 7,5-fachen der 0+Variante (PF 1). Dahinter folgen Planfall 8-1 (6,29 ha) und Planfall 2 (6,39 ha). Die größte Fläche für klimarelevante Landnutzungsänderungen wäre in PF 8-2 notwendig (7,47 ha), was 42 % mehr als in PF 3 bedeutet.

Im folgenden Kapitel 4 werden die Ergebnisse aus den Kapiteln 3.3 und 3.4 als Gesamtbilanz zusammengefasst.

4 Bestimmung der Vorzugsvariante aus Klimasicht

Zur Ermittlung der Gesamtbilanz werden zunächst die Normierungen der Planfälle für die THG-Emissionen (Verkehr und Lebenszyklus, Tabelle 21 und Tabelle 22) und für die Landnutzungsänderung (Tabelle 24) extrahiert. Die Bestimmung der Vorzugsvariante erfolgt durch die Vergabe von Rängen für jeweils jeden der drei Teilbereiche, welche für jeden Planfall zu Rangsummenpunkten addiert werden. Aus diesen Punkten wird anschließend eine integrierende Rangordnung abgeleitet, um die Gesamtemissionen aller Planfälle miteinander ins Verhältnis setzen zu können (Tabelle 25).

Tabelle 25: Bestimmung der Vorzugsvariante durch Summierung der Rangpunkte der Sektoren Verkehr, Lebenszyklus und Landnutzungsänderung

Planfall	Normierung Verkehr	Rang Verkehr	Normierung Lebenszyklus	Rang Lebenszyklus	Normierung Landnutzungsänderungen	Rang Landnutzungsänderungen	Summe Rangpunkte	Rang gesamt
PF 1 (0+)	1,00	7	1,00	4	1,00	1	12	4
PF 2	0,92	3	0,99	2	9,18	4	9	3
PF 2-1	0,91	1	0,97	1	10,15	5	7	2
PF 2-2	0,94	4	1,04	6	10,24	8	18	7
PF 2-3	0,95	5	1,02	5	10,22	7	17	5
PF 2-5	1,04	9	1,11	7	10,53	6	22	8
PF 3	0,91	1	0,99	2	7,54	2	5	1
PF 8-1	0,98	6	1,15	8	9,04	3	17	5
PF 8-2	1,00	7	1,33	9	10,74	9	25	9

Aus der summarischen Rangvergabe geht in Bezug auf Klimaschutz der **Planfall 3** als günstigste Variante hervor. Dieser PF 3 zeichnet sich insbesondere wegen des besseren Verkehrsflusses durch die höchste Emissionsreduktion gegenüber der 0+Variante aus. Die Lebenszyklusemissionen und die klimarelevanten Landnutzungsänderungen sind in diesem Planfall jeweils die zweitniedrigsten im Vergleich zu den anderen Varianten. Auf den Rängen zwei und drei folgen die Planfälle PF 2-1 und PF 2, die ebenfalls geringere quantitative Emissionen als die 0+Variante aufweisen.

Die 0+Variante hat zwar den mit Abstand geringsten qualitativen THG-Effekten (Landnutzungsänderungen). Aber der prognostizierte dichte Verkehrsfluss verursacht Emissionen, die nur im PF 2-5 noch höher sein werden.

Insgesamt erweisen sich unter dem Aspekt der Klimawirkungen in absteigender Reihenfolge die Planfälle PF 8-2, PF 2-5 und PF 2-2 als die ungünstigsten Varianten.

Diese Rangfolge kann sich in der UVS (Unterlage 19.1) unterscheiden, da in dieser die drei Wirkkomplexe Industrie (Lebenszyklus), Verkehr und Landnutzungsänderung jeweils einer Gewichtung unterzogen werden, um ihre Gesamtwirkung darzustellen. Dies ist für Klimaschutzfachbeiträge nicht vorgesehen (vgl. [11]).

5 Prüfung der Vermeidung / Minimierung bei Bau und Betrieb der Infrastruktur

In der Anlage 19.5.1 - Checkliste Klimaschutz der Ad-hoc-Arbeitshilfe Klimaschutz M-V [5] heißt es: „Soweit sich die Notwendigkeit eines Fachbeitrages Klimaschutz anhand der Ergebnisse der Punkte 1-3 nicht ergibt, werden nachfolgend mit allen am Planungsprozess beteiligten Fachbereichen abgestimmte, planerische Festlegungen zur Reduktion von THG-Emissionen durch entsprechende Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen dokumentiert“.

In der bisherigen Vorplanung wurde der Klimaschutz bereits in der Raumwiderstandsanalyse des umwelt- und verkehrsfachlichen Variantenvorvergleichs [28] im Sinne des Vermeidungs- und Minimierungsgebotes konsequent berücksichtigt. Die Betrachtung erfolgte insbesondere über die Schutzgüter Boden, Fläche, biologische Vielfalt und Klima mit dem Fokus auf Waldfunktionen, Einzelbäume/Baumgruppen und Moorböden. Als Ergebnis wurden neun der ursprünglich 18 Planfälle ausgeschlossen, um Beeinträchtigungen auf ein Minimum zu reduzieren.

Die Verstetigung des Verkehrsflusses (Vermeidung von Stau, Anfahr- und Bremsvorgänge) in den OU-Planfällen führt (außer in PF 2-5 und PF 8-2) im Vergleich zur 0+Variante grundsätzlich zu einer Reduktion der Verkehrsbedingten Emissionen. Die Reduktion in den Planfällen PF 2-1 und PF 3 erreicht eine Größenordnung, welche die Lebenszyklusemissionen der entsprechenden Bauwerke und Straßen sogar übertrifft, so dass hier eine Umsetzung positive Auswirkungen auf das Klima haben wird (siehe Fazit).

Das in dieser Unterlage betrachtete Vorhaben befindet sich zum jetzigen Zeitpunkt in der Raumordnungsphase / Linienfindung, so dass an dieser Stelle noch keine konkreten Kompensationsmaßnahmen für den Verlust von klimarelevanten Böden und Vegetationsstrukturen benannt werden können. Grundsätzlich sind in den anschließenden Planungsschritten Art und Ausmaß der gebotenen Kompensation nach dem Äquivalenzprinzip im Sinne eines möglichst vollständigen Schadensausgleichs zu bestimmen [29]. Als geeignete Maßnahmen im Planungsprozess könnten Neuaufforstung von Waldflächen, Neuanlage von Alleen und Landschaftswällen aus überschüssigen Bodenmassen (je nach Flächenverfügbarkeit und Bedeutung der Flächen) sowie die Wiederherstellung der Treibhausspeicher insbesondere organischer Böden, d.h. Moorböden und moorähnlichen Böden, vorgesehen werden [30].

Momentan ist noch nicht klar, welche Transportwege / Baulogistik, Bauverfahren vorgesehen sind. Genauere Angaben zu Materialien, Transportwegen etc. werden in der Phase der Ausführungsplanung festgelegt. Damit können auch keine alternativen Minderungsmaßnahmen bei THG-Emissionen vorgeschlagen und geprüft werden. Es können lediglich allgemeine Empfehlungen zur Vermeidung / Minderung bei Bau und Betrieb der Infrastruktur gegeben werden. Im Allgemeinen sind die Transportwege bzw. die Baulogistik möglichst effektiv und effizient zu gestalten, z.B. durch Nutzung von elektrischen Lkw mit Strom aus regenerativen Quellen und Wahl der naheliegendsten Standorte für den Kauf der Baumaterialien sowie die Verwendung wiederverwendeter oder aufbereiteter und CO₂-armer Baustoffe [30].

6 Fazit

Der Klimaschutz ist wichtig, um Schäden für die Natur und infolgedessen für die Gesellschaft zu verhindern bzw. so gering wie möglich zu halten.

Der Bau von Straßeninfrastruktur wirkt sich auf die Treibhausgasbilanz aus. Die Reduzierung der THG-Emissionen kann als das wichtigste Bewertungskriterium für den Klimaschutz angesehen werden. Für die Analyse der THG-Emissionen in der Planungsregion kann auf die quantitativen Daten der Emissionen des Verkehrs und des Lebenszyklus der Bauwerke zurückgegriffen werden.

THG-Emissionen durch die Landnutzungsänderung können laut Ad-hoc-Arbeitspapier der FGSV [11] qualitativ, als Flächeninanspruchnahme bewertet werden, da die Fähigkeiten von Bäumen und Wäldern als Kohlenstoffspeicher zu fungieren je nach Standortfaktoren variieren.

Der Planfall 1 stellt als 0+Variante einen Sonderfall dar, da dieser als einziger einen Ausbau der B 105 im Bestand vorsieht. Dem eigentlichen Planziel, die Ortslagen Mönchhagen-Rövershagen zu entlasten, wird der PF 1 nicht gerecht. Daher wird im Folgenden im Vergleich zu allen anderen möglichen Lösungen auch die zweitbeste Variante genannt, falls PF 1 in der jeweiligen Kategorie als vorzüglich bewertet wird.

Die in Anspruch genommene klimarelevante Landnutzungsänderung beträgt für die Planfälle zwischen 0,70 (PF 1), 5,25 (PF 3) und 7,47 ha (PF 8-2). Davon sind zwischen 0,01 (PF 1), 1,23 (PF 3) und 2,01 ha (PF 2-5) Böden mit zumeist mittlerer Klimarelevanz wie Dauergrünland auf Gley und Pseudogley betroffen, aber keine Böden mit sehr hoher Klimarelevanz wie Mooreböden. Die restliche Landnutzungsänderung erfolgt in klimaschutzrelevanten Vegetationskomplexen mit Flächen zwischen 0,68 (PF 1), 4,02 (PF 3) und 5,95 ha (PF 8-2). Sowohl für Wald als auch Dauergrünland auf Mineralboden werden die Mindestflächengrößen von 500 m² bzw. 2000 m² als Auslösekriterium für die Klimarelevanz von Vegetationskomplexen in allen Planfällen überschritten. Daher wurde eine Betrachtung der Landnutzungsänderung im Rahmen des Klimaschutzfachbeitrages erforderlich. Der PF 1 stellt sich zwar insgesamt am günstigsten dar, verursacht aber mit 1.725 m² den mit Abstand größten Verlust des klimarelevanten Biotoptyps Feucht- und Nassgrünland.

Die Lebenszyklusemissionen des Vorhabens wurden nach dem Ansatz von MOTTSCHALL UND BERGMANN (2015) mit 4,6 kg CO₂-eq pro m² und Jahr für die durch die Elemente Fahrbahn und Radweg verursachte versiegelte Fläche des Straßenkörpers sowie mit 12,6 kg CO₂-eq pro m² und Jahr für die Brücken ermittelt [27]. Die pauschale Lebenszyklusemissions-Abschätzung hat für alle Planfälle Emissionen zwischen 598 t CO₂/a (PF 2-1) und 819 t CO₂/a (PF 8-2) ergeben.

Die THG-Emissionen des Verkehrs ergeben sich nach der Fertigstellung des Vorhabens aus der Multiplikation von gefahrenen Kilometern und den Emissionsfaktoren nach dem Handbuch HBEFA [15]. Daraus ergeben sich, inklusive des verbleibenden Verkehrs auf der B 105, jährliche Emissionen von 7.521 (PF 2-1) bis 8.583 t CO₂/a (PF 2-5) durch den Verkehr für das Prognosejahr 2035. Die jährlichen Emissionen des Verkehrs übertreffen somit die jährlichen Lebenszyklusemissionen der Infrastruktur um etwa das zehnfache und heben die Bedeutung dieser Emissionen in der Gesamtbetrachtung hervor. Da der Verkehrsfluss durch den Bau der OU von einem bisher (und ebenfalls für 2035 prognostizierten) dichten Zustand auf der B 105 in einen Flüssigen umgewandelt wird, bewirken die Planfälle PF 2-1 und PF 3 eine Reduktion der Emissionen um 9 % im Vergleich zur 0+Variante (PF 1). Das entspricht in etwa den Emissionen, die durch den Lebenszyklus der Infrastruktur verursacht würden (Reduktion PF 2-1: -730 t CO₂-eq/a) und bedeutet eine Nivellierung dieser durch den Neubau verursachten Emissionen. Bis auf die Planfälle PF 2-5, PF 8-2 und die 0+Variante kann das Projekt in Bezug auf die quantifizierbaren Emissionen somit klimaverträglich umgesetzt werden.

Da sich sowohl bei den Verkehrsmengen als auch bei den Emissionsfaktoren Änderungen über die Zeit ergeben, ist die berechnete Summe der THG-Emissionen eine Momentaufnahme

für das Prognosejahr – sie stellt somit explizit kein absolutes langjähriges Mittel über die Lebensdauer der Straße dar [11]. Jedoch werden die relativen Unterschiede auch bei einer Veränderung der Verkehrszusammensetzung erhalten bleiben. Zwischen den Planfällen (ohne 0+Variante) bestehen Unterschiede von bis zu 30 % bei der klimarelevanten Landnutzungsänderung, 27 % bei den Lebenszyklusemissionen und 12 % bei den prognostizierten Emissionen durch den Verkehr.

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der verschiedenen Planfälle hinsichtlich der quantitativen und qualitativen Bewertung ist abschließend deutlich geworden, dass insgesamt der **Planfall PF 3, gefolgt von PF 2-1 und PF 2, in Bezug auf den Klimaschutz die Vorzugsvariante** darstellt. Die 0+Variante liegt in der Rangordnung zusammen mit PF 2-3 und PF 8-1 im Mittelfeld. Als im Vergleich ungünstige Varianten haben sich PF 2-2, PF 2-5 und PF 8-2 erwiesen.

Literaturverzeichnis

- [1] Bosch & Partner GmbH, „Ad hoc Papier: Arbeitshilfe zur Erstellung eines Fachbeitrags Klimaschutz für Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern,“ 2022. [Online]. Available: strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Downloads/Arbeitshilfe%20Klimaschutz/220801_FB-Klima_Ad-hoc-Papier_Fortschreibung.pdf. [Zugriff am 22 11 2023].
- [2] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), „ARS Nr. 03/2023. Hinweise zur Berücksichtigung der großräumigen Klimawirkungen in der Vorhabenzulassung,“ 2023.
- [3] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), „Bundesverkehrswegeplan 2030,“ 2016. [Online]. Available: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile. [Zugriff am 20 12 2023].
- [4] Straßenbauamt Schwerin, „Verkehrstechnische Untersuchung B 105 – OU Mönchhagen/Rövershagen, Unterlage ROS-SBA2_AusschlussPlanfalle,“ 2022.
- [5] Bosch & Partner GmbH, „Ad hoc Papier: Arbeitshilfe zur Erstellung eines Fachbeitrags Klimaschutz für Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern,“ 2022. [Online]. Available: strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Downloads/Arbeitshilfe%20Klimaschutz/220801_FB-Klima_Ad-hoc-Papier_Fortschreibung.pdf. [Zugriff am 22 11 2023].
- [6] Ministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Tourismus und Arbeit Mecklenburg-Vorpommern, „Runderlass Straßenbau M-V Nr. 02/2024 – Hinweise zur Berücksichtigung der großräumigen Klimawirkungen in der Vorhabenzulassung,“ Schwerin, 2024.
- [7] Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern, „Rundverfügung Straßenbau MV Nr. 07/2022,“ 2022. [Online]. Available: strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Downloads/Arbeitshilfe%20Klimaschutz/Rundverfügung%20Straßenbau%20MV%2007_2022.pdf. [Zugriff am 23 11 2023].
- [8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), „Klimaschutzplan 2050, Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung,“ 2016. [Online]. Available:

- bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/klimaschutzplan-2050.html. [Zugriff am 20 11 2023].
- [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, „Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1679914/c8724321decefc59cca0110063409b50/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>. [Zugriff am 10 01 2024].
- [10] Umweltbundesamt (UBA), „Klimaschutzinstrumente im Verkehr – Bausteine für einen klimagerechten Verkehr,“ 2023.
- [11] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe „Straßenentwurf“, Ad-hoc-Arbeitspapier zur Berücksichtigung von großräumigen Klimawirkungen bei Straßenbauvorhaben, Köln: FGSV Verlag, 2023.
- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Richtlinien für die Anlage von Landstraßen – RAL, Köln: FGSV Verlag GmbH, 2012.
- [13] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen – RStO 12, Köln: FGSV Verlag GmbH, 2020.
- [14] TSC Beratende Ingenieure für Verkehrswesen, „Verkehrstechnische Untersuchung B 105 – OU Mönchhagen Rövershagen, Version 1,“ Straßenbauamt Schwerin, Neubrandenburg, 2023.
- [15] INFRAS, „Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA),“ Bern, 2014.
- [16] Umweltbundesamt (UBA), „Hintergrundinformationen zum Handbuch für Emissionsfaktoren für Straßenverkehr (HBEFA),“ 2017. [Online]. Available: umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/faqs_hbafa.pdf. [Zugriff am 21 11 2023].
- [17] Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung, „Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern (LEP M-V),“ 2016. [Online]. Available: <https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/download?id=1576266>. [Zugriff am 26 01 2024].

- [18] M. Grothe, M. Kasper und F. Rück, „Klimaschutzfunktion von Böden und Bodennutzungen als Beitrag zur Landschaftsrahmenplanung,“ *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 2017 (3/17)*, pp. 65-116, 2017.
- [19] R. J. Zoomer, D. A. Bossio, R. Sommer und L. V. Verchot, „Global Sequestration Potential of Increased Organic Carbon in Cropland Soils,“ *Scientific Reports*, 2017.
- [20] Froelich & Sporbeck, „LBP-Leitfaden zu Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern,“ Bochum/Schwerin, 2002.
- [21] Ministeriums Landwirtschaft und Umwelt M-V, „Hinweise zur Eingriffsregelung Mecklenburg – Vorpommern (HzE). Redaktionelle Überarbeitung: 01.10.2019,“ 2018. [Online]. Available: https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/hze_2018.pdf. [Zugriff am 08 01 2024].
- [22] Ministeriums für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt M-V und des, „Alleenerlass – AlErl M-V,“ 2015. [Online]. Available: https://www.strassen-mv.de/static/LSBV/Dateien/Umweltschutz/Alleen/Alleenerlass%20MV_2015.pdf. [Zugriff am 08 01 2024].
- [23] J. Couwenberg, J. Augustin, D. Michaelis, W. Wichtmann und H. Joosten, „Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz,“ Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V., Greifswald, 2008.
- [24] T. Wenzel, J. Thiele, O. Badelt, M. Makala, C. Makala und C. von Haaren, „Erfassen und Bewerten der Klimaschutzfunktion: Treibhausgasspeicher und Erzeugung erneubarer Energien in der Landschaft,“ in *Landschaftsplanung*, Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag, Januar 2022, pp. 273-292.
- [25] Forstliche Versuchs-und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), „Waldfunktionenkartierung in Baden-Württemberg,“ o.J.. [Online]. Available: https://www.fva-bw.de/fileadmin/user_upload/Daten_und_Tools/Geodaten/Waldfunktionenkartierung/geodaten_waldfunktionenkartierung.pdf. [Zugriff am 20 12 2023].
- [26] INROS LACKNER SE, „B 105 – OU Mönchhagen-Rövershagen, Umweltverträglichkeitsstudie (Unterlage 19.1),“ Rostock, 2023.
- [27] M. Mottschall und T. Bergmann, Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in

Deutschland - Arbeitspaket 4 des Projektes „Weiterentwicklung des Analyseinstrumentes Renewability“, 3. korrigierte Fassung Hrsg., U. (UBA), Hrsg., Dessau-Roßlau, 2015.

- [28] Inros Lackner SE, „B 105 - OU Mönchhagen-Rövershagen - Umwelt- und verkehrsfachlicher Variantenvorvergleich,“ im Auftrag der Straßenbauverwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Rostock, 2022.
- [29] A. Voßkuhle, Das Kompensationsprinzip, Tübingen: Mohr Siebeck, 1999.
- [30] S. Balla, S. Reiter, G. Löwe, F. Gans und F. Mundt, „Klimawandel und Straßen-Integration einer Treibhausgasbilanz in die Neu- und Ausbauplanung,“ *Natur und landschaft*, Bd. 97, Nr. 9+10, pp. 414-420, 2022.
- [31] INROS LACKNER SE & TSC Beratende Ingenieure, „B 105 - Ortsumgehung Mönchhagen-Rövershagen, Umwelt- und verkehrsfachlicher Variantenvorvergleich,“ Rostock, 2022.
- [32] Inros Lackner SE, „B 105 - OU Mönchhagen Rövershagen - Planungsraumanalyse,“ im Auftrag der Straßenbauverwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Rostock, 2022.
- [33] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bundesverkehrswegeplan 2030, BMVI, Hrsg., Berlin: Hausdruckerei BMVI, August 2016.