



OFFEN – Amts-/Dienstgeheimnis

WIEDERINBETRIEBNAHME
MUNITIONSDEPOT KRIEGSFELD
FACHBEITRAG GLOBALES KLIMA

Auftraggeber:

Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung
Rauschenweg 32
67663 Kaiserslautern

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

M. Ed. B. Kassel

Dipl.-Geoökol. H. Lauerbach

Dipl.-Geogr. T. Nagel

M. Sc. met. K. Sokur

Dezember 2025
Projekt 21272-25-01
Berichtsumfang 66 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	3
ABKÜRZUNGEN	7
1 AUFGABENSTELLUNG	9
2 RECHTLICHE GRUNDLAGE	10
3 VORGEHENSWEISE	13
3.1 Verkehrsbedingte Emissionen	14
3.2 Lebenszyklusemissionen von Gebäuden	15
3.2.1 Allgemeines	15
3.2.2 Lebenszyklusemission für Bilanzrahmen „Konstruktion“ der Gebäude	17
3.2.3 Lebenszyklusemission für Bilanzrahmen „Betrieb“ der Gebäude	17
3.3 Lebenszyklusemissionen von Verkehrswegen	18
3.4 Landnutzungsänderung durch das Vorhaben	19
4 EINGANGSDATEN	21
4.1 Lage des Plangebiets	21
4.2 Verkehrsdaten	22
4.3 Bebauungsstrukturen	23
4.3.1 Informationen zur Energiebereitstellung für die Gebäude	23
4.3.2 Informationen zu den Gebäuden im Plangebiet	23
4.3.3 Informationen zu den Verkehrswegen im Bebauungsplangebiet	24
5 LANDNUTZUNG	25
5.1.1 Boden	25
5.1.2 Vegetation	26
6 ENERGIEVERBRÄUCHE DER GEBÄUDE	28
6.1 Abschätzung der Energieverbräuche der Gebäude im Betrieb	28
6.2 Abschätzung der Energieverbräuche der Container in der Bauphase	28
7 EMISSIONEN	31

7.1 Verkehrsbedingte Emissionen	31
7.1.1 Direkte verkehrsbedingte THG-Emissionen	31
7.1.2 Indirekte verkehrsbedingte THG-Emissionen	33
7.1.3 Verkehrsbedingte Gesamtemissionen	35
7.2 Baubedingte THG-Emissionen	36
7.2.1 THG-Emissionen für die Sanierung von Bestandsgebäuden	37
7.2.2 THG-Emissionen für den Abriss von Bestandsgebäuden	38
7.2.3 THG-Emissionen für den Betrieb der Container in der Bauphase	40
7.3 Lebenszyklusemissionen der Bauwerke	41
7.3.1 THG-Emissionen für die Energieversorgung der Gebäude im Betrieb	41
7.3.2 THG-Emissionen für den Neubau von Gebäuden	44
7.3.3 THG-Emissionen für den Neubau der Zaunanlage	45
7.4 Lebenszyklusemissionen der Verkehrswege	46
7.5 Gesamtbilanzierung	48
7.6 Möglichkeiten zur Verringerung der THG-Emissionen	49
8 EINORDNUNG DER VERKEHRSBEDINGTEN THG-EMISSIONEN	51
9 QUELLEN	53
9.1 Literatur	53
9.2 Materialien und Unterlagen	57
A1 EMISSIONSFAKTOREN	59
A2 ABBILDUNGEN	62

Hinweise:

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

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

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).

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.

THG-Emission

Unter THG-Emissionen versteht man im Folgenden die Summe der Emissionen an Treibhausgasen (z. B. Kohlendioxid (CO₂), Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) oder Ozon (O₃)), die durch ein bestimmtes Vorhaben entstehen. Diese umfassen sowohl die direkten Emissionen durch das Vorhaben als auch die Emissionen der Vorkette (z. B. durch die Herstellung der Materialien). Angegeben werden die THG-Emissionen in CO₂-Äquivalenten (kg CO₂ eq), welche die Masse CO₂ wiedergeben, die in gleicher Weise zum Treibhauseffekt beitragen wie die Summe der freigesetzten Treibhausgase.

Nutzenergie / Endenergie / Primärenergie

Die Nutzenergie beschreibt die Energie, welche vom Endverbraucher für Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlung etc. genutzt wird. Die Nutzenergie für Heizung bzw. Warmwasser entspricht jeweils dem Heizwärmebedarf bzw. dem Energiebedarf für die Warmwasserversorgung. Die Endenergie umfasst die Energiemenge, welche einem Gebäude von außen zugeführt wird, diese enthält im Vergleich zur Nutzenergie auch Gewinne oder Verluste innerhalb des Gebäudes. In der Primärenergie werden auch alle Vorprozesse mit berücksichtigt (z. B. Energiegewinnung, Transport, Umwandlung). Diese kann aus der Endenergie mit Hilfe des Primärenergiefaktors berechnet werden.

Netto- / Brutto-Grundfläche

Die Brutto-Grundfläche (BGF) umfasst die Summe der Flächen aller Grundrissebenen eines Gebäudes. Sie setzt sich aus der Netto-Grundfläche (NGF) und der Konstruktionsfläche (KF) zusammen. Die Netto-Grundfläche beschreibt dabei alle Nutz-, Funktions- oder Technikflächen. Die Konstruktionsfläche umfasst die Grundflächen der Wände.

Neuer Europäischer Fahrzyklus

Der Neuen Europäische Fahrzyklus (NEFZ) war von 1992 bis 2018 das vorgeschriebene Prüfverfahren zur Ermittlung der CO₂- und Schadstoffemissionen neuer Pkw und leichter Nutzfahrzeuge. Da die Flottengrenzwerte bis 2020 jedoch noch unter dem nun veralteten NEFZ-Verfahren festgelegt sind, erfolgt bei Neuzulassungen, die bereits nach dem neuen WLTP-Verfahren typgenehmigt sind, bis einschließlich 2020 eine zusätzliche Umrechnung der CO₂-Werte in den NEFZ, auf dessen Grundlage die Flottenemissionen der Hersteller bis 2020 berechnet werden. Die nach NEFZ ermittelten Werte gelten als zu niedrig, weil die Prüfbedingungen des Verfahrens so definiert sind, dass erhebliche Abweichungen des Testfahrzeugs und der Testbedingungen von den real zugelassenen Fahrzeugen unter den typischerweise zu erwartenden Einsatzbedingungen möglich sind.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Ge-

schwindigkeitsbeschränkung, 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 Raffination, 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“).

Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure

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

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

Unter Zero and Low Emission Vehicles (ZLEV) fallen reine Batterie- bzw. Brennstoffzellenfahrzeuge mit 0 g CO₂/ km oder extern aufladbare Plug-In Hybridfahrzeuge (sofern sie CO₂ Emissionen von unter 50 g CO₂/ km aufweisen). Durch die Produktion und den Verkauf von ZLEV können Hersteller bei der Ermittlung des CO₂-Flottenemissionsfaktors sogenannte Supercredits erwerben. Supercredits sind im Endeffekt eine stärkere statistische Gewichtung von ZLEV gegenüber regulären Fahrzeugen. Sie sorgen dafür, dass sich der Verkauf von

ZLEV besonders stark auf die CO₂- Flottenwerte der Hersteller auswirkt: Im Jahr 2020 zählt in der Berechnung der CO₂-Flottenwerte eines Herstellers jeder neue ZLEV-Pkw als zwei Pkw. 2021 beträgt die Gewichtung von ZLEV-Pkw noch 1.67 und 2022 1.33. Erst ab 2023 werden ZLEV-Pkw einfach gewichtet. Die maximal anrechenbare Einsparung durch Super-credits für jeden Hersteller beträgt 7.5 g CO₂/ km.

Jahresarbeitszahl

Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe misst das Verhältnis von zugeführter Energie (Strom) zu erzeugter Energie (abgegebener Wärme) über ein Jahr.

Kilowatt peak

Kilowatt peak (kW_p) ist eine Maßeinheit, die die maximale Leistung einer Photovoltaikanlage unter Standard-Testbedingungen (STC) angibt.

ABKÜRZUNGEN

BF	Bezugsfall
BMWSB	Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
BRI	Bruttorauminhalt
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
BW	Bauwerk
C _{org}	organischer Kohlenstoff
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
GEG	Gebäude-Energie-Gesetz
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GWP	Global Warming Potential
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
HVS	Hauptverkehrsstraße
KSG	Klimaschutzgesetz
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LCCE	Lebenszyklusemissionen
LV	Leichtverkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NF	Nullfall

NGF	Netto-Grundfläche
PF	Planfall
PROBAS	Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme
SV	Schwerverkehr
THG	Treibhausgas
TL	Tempolimit
TTW	Tank-To-Wheel
UG	Untersuchungsgebiet
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure
WTT	Well-To-Tank
WTW	Well-To-Wheel
ZLEV	Zero and Low Emitting Vehicles (niedrig emittierende Pkw)
kW _p	Kilowatt peak

1 AUFGABENSTELLUNG

Bei dem verteidigungsspezifischen Vorhaben für die Bundeswehr handelt es sich um die bauliche Reaktivierung des Munitionslagers Kriegsfeld, welches 2010/2011 außer Betrieb genommen wurde. Nach der Außerbetriebnahme wurde die Liegenschaft unter Naturschutz gestellt.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) der baulichen Reaktivierung des Munitionslagers Kriegsfeld ist der Fachbeitrag Globales Klima zu erarbeiten, welcher u. a. Aussagen zu den Treibhausgasfreisetzungen beinhaltet.

Betrachtet werden sollen die betriebsbedingten verkehrlichen THG-Emissionen (Bezugsfall und Planfall), die THG-Emissionen aus dem Bau und dem Betrieb von Bebauungsstrukturen im Plangebiet sowie die THG-Emissionen aus Landnutzungsänderungen.

2 RECHTLICHE GRUNDLAGE

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

Im August 2021 wurde das KSG durch das Erste Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes (BGBl. I 2021, Nr. 59) angepasst. Mit dem § 3 nationale Klimaschutzziele des KSG (2021) wurden die Klimaschutzziele verschärft und das Ziel der Klimaneutralität um fünf Jahre von 2050 auf 2045 vorgezogen. Das Zwischenziel für 2030 wurde von 55 auf 65 Prozent Treibhausgasminderung gegenüber 1990 erhöht. Für 2040 wurde ein neues Zwischenziel von 88 Prozent Minderung festgelegt. Bis zum Jahr 2045 sollen die Treibhausgasemissionen so weit gemindert werden, dass eine Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Weiter sind im KSG (2021) zur Erreichung der Klimaschutzziele verbindliche sektorenbezogene Jahresemissionsmengen für die Jahre 2020 bis 2030 u. a. für die Sektoren Verkehr, Energiewirtschaft und Industrie festgelegt. Für die Jahre 2031 bis 2040 enthält das KSG keine sektorenbezogene Jahresemissionsmengen. Für diese Jahre beinhaltet das KSG sektorenübergreifende jährliche Minderungsziele bezogen auf das Jahr 1990.

Das Zweite Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes folgte im Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235). Mit der Änderung des KSG (2024) wurde der Fokus auf zukünftige Emissionen gelegt, um überprüfen zu können, ob eine Nachschärfung der Maßnahmen erforderlich ist. Darüber hinaus wurde festgelegt, dass die THG-Emissionen zukünftig insgesamt und somit unabhängig vom Sektor zu betrachten sind.

Im Sinne einer Vorbildfunktion der öffentlichen Hand wird im § 13 des KSG ein sog. Berücksichtigungsgebot formuliert. Das KSG (2024) legt fest:

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

(2) Der Bund prüft bei der Planung, Auswahl und Durchführung von Investitionen und bei der Beschaffung, wie damit jeweils zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele nach § 3 beigetragen werden kann. Kommen mehrere Realisierungsmöglichkeiten in Frage, dann ist in Abwägung mit anderen relevanten Kriterien mit Bezug zum Ziel der jeweiligen Maßnahme solchen der Vorzug zu geben, mit denen das Ziel der Minderung von Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus der Maßnahme zu den geringsten Kosten erreicht werden kann. Mehraufwendungen sollen nicht außer Verhältnis zu ihrem Beitrag zur Treibhausgasminderung stehen. Soweit vergaberechtliche Bestimmungen anzuwenden sind, sind diese zu beachten.

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

Im Landesgesetz zur Förderung des Klimaschutzes (Landesklimaschutzgesetz – LKSG; 2014) sind die Klimaschutzziele für das Land Rheinland-Pfalz spezifiziert. Dort ist festgelegt, dass die Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 erreicht werden soll.

Der Entwurf des Landesgesetzes zur Förderung des Klimaschutzes aus dem Jahr 2024 sieht ambitioniertere Klimaschutz- und Sektorziele sowie eine Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2040 vor.

Auch im LKSG (2014) wird die allgemeine Vorbildfunktion der öffentlichen Hand hervorgehoben. Im § 9 wird formuliert:

„(1) Den öffentlichen Stellen kommt in ihrem Organisationsbereich im Hinblick auf die Verbesserung des Klimaschutzes eine allgemeine Vorbildfunktion zu. Die Vorbildfunktion bezieht sich insbesondere auf die Schonung natürlicher Ressourcen, die Energieeinsparung,

die Erhöhung der Energieeffizienz sowie die Nutzung erneuerbarer Energieträger, sofern die Organisation der Aufgabenerledigung nicht abschließend durch Bundesrecht geregelt ist.

(2) Die Belange des Klimaschutzes sind bei allem Handeln öffentlicher Stellen mit Ausnahme der Kammern zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere für öffentliche Planungen und bei Zulassungsverfahren für Vorhaben zur Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien mit erheblicher Bedeutung für die Allgemeinheit sowie bei Contractingmaßnahmen.“

Vor diesem Hintergrund ist im Rahmen der Planungen zur Wiederinbetriebnahme des Munitionsdepots Kriegsfeld eine Ökobilanz zu erstellen.

3 VORGEHENSWEISE

Die durch ein Bauvorhaben entstehenden THG-Emissionen setzen sich aus mehreren Beiträgen zusammen. Zur Beschreibung der durch den Bebauungsplan bedingten THG-Freisetzungen wird die Sektoreneinteilung der ersten Fassung des KSG (2019) herangezogen, um neben der Gesamtbilanz auch zielorientierte Aussagen treffen zu können.

Für Straßenbauvorhaben existiert die „Arbeitshilfe zur Erstellung eines Fachbeitrags Klimaschutz für Straßenbauvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern – Ad-Hoc Arbeitshilfe Klimaschutz“ vom 01.08.2022, welche eine gute Systematisierung der Beiträge darstellt. Diese Systematisierung der einzelnen Beiträge zur THG-Emission kann für Bauvorhaben, wie im vorliegenden Fall, verallgemeinert und auf den vorliegenden Bebauungsplan angewendet werden.

Es werden deshalb folgende Schwerpunkte berücksichtigt:

1. Bilanzierung der verkehrsbedingten THG-Emissionen (Betriebsphase)
2. Bilanzierung der THG-Emissionen aus dem Lebenszyklus des Vorhabens:
 - a) Emissionen durch Betrieb und Unterhaltung der Gebäude (Energie- und Warmwasserversorgung)
 - b) Emissionen durch den Bau sowie ggf. Abriss von Gebäuden und Zuwegungen
3. Diskussion bzw. ggf. Bilanzierung der THG-Emissionen aus Landnutzungsänderungen.

Damit erfolgt eine ganzheitliche Betrachtung des Vorhabens, die die Emissionen verschiedener Sektoren im Sinne KSG (2019) einbezieht.

In der sektoralen Bilanzierung des KSG (2019) werden

- die betriebsbedingten Auspuffemissionen, d. h. Tank-To-Wheel (TTW), dem Sektor „Verkehr“,
- die betriebsbedingten Vorkettenemissionen aus der Kraftstoffherstellung / -bereitstellung und Stromerzeugung / -bereitstellung, d. h. Well-To-Tank (WTT), dem Sektor „Energiewirtschaft“,
- die betriebsbedingten Emissionen aus der Bereitstellung von Heizung/Warmwasser und Strom für die neuen Gebäude ebenfalls dem Sektor „Energiewirtschaft“,

- die Lebenszyklusemissionen dem Sektor „Industrie“ sowie
- die Emissionen aus Landnutzungsänderungen dem Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“

zugeordnet.

3.1 Verkehrsbedingte Emissionen

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

Für den Straßenverkehr erfolgt die Berechnung der Treibhausgasemissionen 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. Das HBEFA nutzt dabei folgende GWP-Faktoren: CO₂(rep) 1, Methan (CH₄) 25 und Lachgas (N₂O) 298. Die Bilanzierung der betriebsbedingten THG-Emissionen erfolgt somit auf Basis der CO₂-Äquivalente (CO₂ eq).

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).

3.2 Lebenszyklusemissionen von Gebäuden

3.2.1 Allgemeines

Der Lebenszyklus eines Gebäudes setzt sich aus verschiedenen Lebenswegphasen zusammen. Nach DIN EN 15978 (2012) sind dies (siehe auch **Tab. 3.1**) Herstellung, Errichtung, Nutzung, Entsorgung und ggf. Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen.

Grundsätzlich werden in Anlehnung an die Lebenswegphasen der DIN EN 15978 (2012) zwei sogenannte Bilanzrahmen betrachtet, der Bilanzrahmen „Betrieb“ und der Bilanzrahmen „Konstruktion“.

Der Bilanzrahmen „Betrieb“ umfasst drei Bereiche:

1. Direkte THG-Emissionen durch die Energieerzeugung zur Versorgung des Gebäudes am Standort (z. B. Heizwärme aus Verbrennung von Brennstoffen)
2. Indirekte THG-Emissionen durch die Energieerzeugung zur Versorgung des Gebäudes außerhalb des Standorts (z. B. Fernwärme, Netzstrom)
3. Vermiedene THG-Emissionen durch überschüssige, am Standort produzierte erneuerbare Energie (z. B. aus PV-Anlagen)

Lebensweg- phasen gemäß DIN EN 15978	Herstel- lungsphase	Errich- tungs- phase	Nutzungs- phase	Entsor- gungs- phase	Vorteile und Belastun- gen außer- halb der System- grenzen
Module gemäß DIN EN 15978	A1 - A3	A4 - A5	B1 - B7	C1 - C4	D
Konstruktion	A1 Rohstoff- bereit- stellung A2 Transport A3 Her- stellung	A4 Transport A5 Bau/ Einbau	B1 Nutzung B2 Instand- haltung B3 Reparatur B4 Ersatz B5 Umbau/ Erneu- erung	C1 Abbruch C2 Transport C3 Abfall- bewirt- schaftung C4 Deponie- rung	D Wieder- verwen- dungs-, Rückge- winnungs- und Recycling- Potenzial
Betrieb			B6 Betrieb- licher Energie- einsatz B7 Betrieb- licher Wasser- einsatz		

Tab. 3.1: Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes nach DIN EN 15978 (2012)

Zur Bilanzierung muss dazu der gesamte Energieverbrauch durch die Nutzung des Gebäudes erfasst werden (Heizung, Kühlung, Warmwasser, Beleuchtung, Stromverbrauch zum Betrieb von Geräten, Haustechnik oder Produktionsanlagen, etc.). Der Energieverbrauch wird in Abhängigkeit von den eingesetzten Energieträgern bestimmt und anschließend mit energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren multipliziert und aufsummiert.

Der Bilanzrahmen „Konstruktion“ umfasst die THG-Emissionen der folgenden Phasen und Module nach DIN EN 15978 (2012):

1. Produktionsphase: THG-Emissionen durch Rohstoffbereitstellung, Transport und Herstellung der eingesetzten Materialien und Bauteile (Module A1-A3). Der Transport zur Baustelle und Bau/Einbau (Module A4 und A5) wird nicht erfasst.

2. Nutzungsphase: THG-Emissionen durch Nutzung (Modul B1) und Ersatz (Modul B4) der in der Produktionsphase eingesetzten Materialien und Bauteile.
3. Nachnutzungsphase: THG-Emissionen durch den Rückbau der in der Produktionsphase eingesetzten Materialien und Bauteile, inkl. des Recyclingpotenzials (Module C3, C4 und D).

Die Methodik der DGNB wird im Folgenden verwendet.

3.2.2 Lebenszyklusemission für Bilanzrahmen „Konstruktion“ der Gebäude

Bei der Errichtung von Neubauten und neuen Gebäuden (max. 3 Jahre alt) müssen die THG-Emissionen aller Bauteile in die Bilanz einbezogen werden. Die Plattform ÖKOBAUDAT des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB, 2023) liefert dazu THG-Emissionen für die einzelnen Bauteile unterschieden nach den Modulen des Lebenszyklus.

Liegt keine Ökobilanzberechnung vor, wie im vorliegenden Fall, können nach Rahmenwerk der DGNB vereinfacht die Referenzwerte der DGNB (2020) verwendet werden, um die THG-Emissionen der Konstruktionen abzuschätzen. Dieser liegt für Gebäude von Typ I (Büro, Bildung, Wohnen, Hotel, Verbrauchermärkte, Shopping Center, Geschäftshäuser, Versammlungsstätten ohne Hallencharakter, Gesundheitsbauten) bei $9.4 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}/(\text{m}^2 \text{ NGF} \cdot \text{a})$ für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren. Für Gebäude von Typ II (Logistik, Produktion, Versammlungsstätten mit Hallencharakter) beträgt der Referenzwert $12 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}/(\text{m}^2 \text{ NGF} \cdot \text{a})$ für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren. Als Bezugsgröße dient die Nettogrundfläche (NGF).

3.2.3 Lebenszyklusemission für Bilanzrahmen „Betrieb“ der Gebäude

Im UBA-Vorhaben 205 43 263 (UBA, 2010) wird ein Emissionsmodell zur Ermittlung der Emissionen durch Feuerungsanlagen der 1. BImSchV beschrieben. Im Rahmen dessen ist eine Methode zur Bestimmung des Energiebedarfs von Gebäuden für Heizung und Warmwasser beschrieben. Diese Methode ist jedoch auf städtische Bebauung mit der Hauptnutzung als Wohn-, Büro- oder Geschäftshaus ausgelegt und nicht auf Gewerbe- und Industriegebiete anwendbar. Im vorliegenden Fall, in dem eine Abschätzung der THG-Emissionen für ausschließlich gewerbliche Nutzung erfolgt, ist die Methode somit nicht anwendbar.

Im Bilanzierungstool der DGNB (2022) sind flächen- und nutzungsabhängige Energiekennwerte für den Strom- und Wärmeverbrauch hinterlegt, welche im Folgenden zur Abschätzung verwendet werden. In den Energiekennwerten enthalten ist der Stromverbrauch durch Be-

leuchtung, Kühlung, Luftförderung und für Arbeitshilfen sowie der Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser.

3.3 Lebenszyklusemissionen von Verkehrswegen

Bei Straßenbauvorhaben soll die Abschätzung der Lebenszyklusemissionen (LCCE) in Abhängigkeit von der Größe und Art der geplanten Maßnahme als summarische Aussage zu den THG-Emissionen erfolgen, die bei Bau und Unterhaltung der Verkehrsinfrastruktur des Vorhabens, wie

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

und

- Gebäude (z. B. Tankstellen, Rast- und Autohöfe, Meistereien)

sowie seinem Betrieb, wie

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

anfallen. Dazu sind verschiedene Ansätze möglich. Ein praktikabler Ansatz ist die Multiplikation von volumen- oder flächenbezogenen Attributen der geplanten Bauwerke mit spezifischen Emissionsfaktoren. In o. g. Arbeitshilfe wird auf Emissionsfaktoren zurückgegriffen, die im Methodenhandbuch des Bundesverkehrswegeplanes (BVWP) 2030 auf der Grundlage der Berechnungen nach Mottschall und Bergmann (2013) abgeleitet werden. 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.

3.4 Landnutzungsänderung durch das Vorhaben

Der Teilaspekt Landnutzungsänderung bezieht sich auf die Ökobilanz 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 Bauvorhabens kommt es zu Änderungen dieser natürlichen Prozesse im Bereich des Eingriffs und im Bereich von flankierenden landschaftspflegerischen Maßnahmen. Diese Effekte sollten nach o. g. Arbeitshilfe idealerweise ermittelt und auf den Planungsebenen Raumordnung/Linienfindung und Zulassung/Planfeststellung ebenenspezifisch berücksichtigt werden.

Die derzeit vorliegende Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz (2022) kann die Ermittlung konkreter THG-Effekte anhand ausgewiesener CO₂-Emissionen in Tonnen oder Kilogramm für Bodentypen und Biotoptypen derzeit nicht empfehlen, da hierfür weitere Untersuchungen, insbesondere hinsichtlich landes- bzw. regionalspezifischer Besonderheiten notwendig sind. Entsprechend der Empfehlung der Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz wird die Berücksichtigung der vorhabenbedingten THG-Effekte durch eine flächenbezogene und qualitativ beschreibende Betrachtung vorgenommen.

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

Wenn weitergehende Differenzierungen, z. B. im Rahmen von Variantenentscheidungen, erforderlich sind und verschiedene Ausprägungen durch das Vorhaben betroffen sein können, empfiehlt die Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz (2022) die folgende qualitative Unterteilung:

- hervorragend (6): Moorböden und moorähnliche Böden mit hervorragendem C_{org}-Vorrat bzw. hoher Torfmächtigkeit (>70 cm) unabhängig von der Nutzung oder weitgehend intakte Moore unabhängig von der Torfmächtigkeit,
- sehr hoch (5): Moorböden und moorähnliche Böden mit sehr hohem C_{org}-Vorrat bzw. mittlerer Torfmächtigkeit (30 cm bis 70 cm) unabhängig von der Nutzung oder leicht de-

gradierte Moore mit dauerhafter moortypischer Vegetationsbedeckung und höchstens extensiver Nutzung unabhängig von der Torfmächtigkeit und

- hoch (4): Moorböden und moorähnliche Böden mit hohem C_{org} -Vorrat bzw. geringer Mächtigkeit des Torfes bzw. organischen Bodens (<30 cm) unabhängig von der Nutzung.

Sind durch das Vorhaben keine der aufgeführten Bodenformen betroffen und liegen keine anderweitigen Informationen zu besonders klimarelevanten Bodenstrukturen vor, kann entsprechend der Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz (2022) eine Betrachtung des Klimaschutzaspektes im Zusammenhang mit vorhabenbedingten Auswirkungen auf Böden entbehrlich sein.

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

4 EINGANGSDATEN

Für die Emissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die geplanten Baumaßnahmen, Informationen zum geplanten Energiebedarf sowie und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Vom Auftraggeber wurden als Grundlage für das vorliegende Gutachten u. a. Planungsunterlagen sowie das Städtebauliche Konzept (SBK) zur Verfügung gestellt.

4.1 Lage des Plangebiets

Das Plangebiet befindet sich südlich der Ortsgemeinde Kriegsfeld. Kriegsfeld ist Teil der Verbandsgemeinde Kirchheimbolanden im Donnersbergkreis in Rheinland-Pfalz und liegt am östlichen Rand des Nordpfälzer Berglands. Das Plangebiet erstreckt sich über eine Fläche von ca. 290 ha. Die verkehrliche Anbindung erfolgt über die im Südwesten angrenzende Landesstraße der L 404. Von der A 63 liegt die Liegenschaft ca. 12 km entfernt.

In **Abb. 4.1** ist zur Übersicht ein Ausschnitt aus der topografischen Karte dargestellt, der Standort des Plangebiets ist rot markiert.

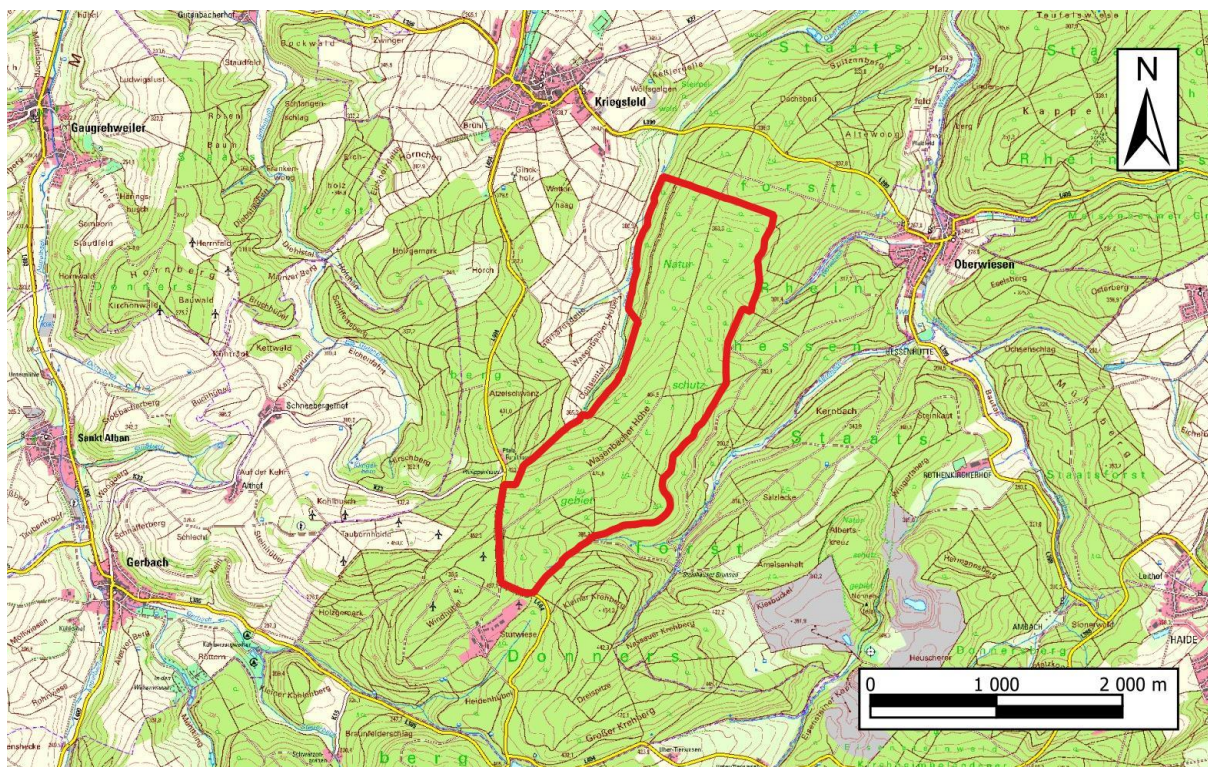


Abb. 4.1: Topografische Karte für den Standort (roter Umriss) und seine Umgebung. Kartengrundlage: DTK25, ©GeoBasis-DE / LVerGeoRP (2025), dl-de/by-2-0, <http://www.lvermgeo.rlp.de>

Das ehemalige Munitionsdepot besteht im Bestand aus zwei Bereichen, die durch die Landesstraße L 404 getrennt sind. Für die folgende Betrachtung ist nur der im Städtebaulichen Konzept festgelegte Bereich nordöstlich der L 404 relevant.

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsinfrastruktur im Plangebiet wird teilweise neu errichtet, teilweise soll der Bestand auf den neuen Bedarf hin ertüchtigt werden.

Für den zukünftigen Betrieb des Munitionslagers liegen überschlägige Beschreibungen vor, die auch Angaben für das beschäftigte Personal beinhalten. Für den Baubetrieb liegen Angaben über zu bewegendes Materialmengen vor. Daraus werden für die vorliegende Ausarbeitung Fahrzeugbewegung innerhalb der Liegenschaft und Fahrbewegungen auf den öffentlichen Straßen abgeleitet. Für den Kfz-Verkehr auf öffentlichen Straßen in der Umgebung von Kriegsfeld wird auf die Verkehrszählzeiten des Jahres 2021 aus dem Mobilitätsatlas Rheinland-Pfalz zurückgegriffen. Berücksichtigt werden die Straßen mit Angaben der Verkehrsstärken bis zu den nächstgelegenen Bundesstraßen (B 48, B 420 westlich von Kriegsfeld) und Autobahnen (A 63) in einem Umgriff von ca. 15 km. Für ferner liegende Straßenabschnitte ist keine einfache Zuordnung der planungsbedingten Kfz-Fahrten gegeben.

Für die Beschäftigten des Munitionslagers werden für den Betrieb tägliche zahlreiche PKW-Fahrten abgeleitet. Dazu kommen im Jahr weitere Kfz-Fahrten aus umliegenden Nutzungen, davon zahlreiche LKW-Fahrten. Für diese Fahrten sind im Südwesten des Plangebiets kurz nach der Zufahrt Stellplätze vorgesehen.

Innerhalb des Munitionslagers werden Kfz-Fahrten durch die Nutzung, den Betrieb und durch Unterhaltaktivitäten (Mähen, Kehren, Winterdienst etc.), die überwiegend mit Sonderfahrzeugen, Pritschenwagen und PKW durchgeführt werden, angesetzt.

Für die Bauphase werden täglich 560 Kfz-Fahrten für das Personal inklusive Bauüberwachung aus den Beschreibungen abgeleitet, die über die öffentlichen Straßen zu den Stellplatzanlagen in der Liegenschaft fahren. Für den Neubau der Gebäude und des Zauns werden zusätzlich während der gesamten Bauphase für Materialanlieferungen ca. 2 270 LKW-Fahrten auf öffentlichen Straßen und bis zur südlichen Baueinrichtungsfläche in der Liegenschaft abgeleitet. Für den Erdaushub werden ca. 155 650 LKW-Fahrten abgeleitet, die innerhalb der Liegenschaft erfolgen.

Die für die Berechnungen berücksichtigten Verkehrsstärken sind in **Abb. A2.2** bis **Abb. A2.4** im Anhang dargestellt.

4.3 Bebauungsstrukturen

Das städtebauliche Konzept, welches auf Grundlage der Bedarfsanforderungen erstellt wurde, teilt die Liegenschaft in einen Verwaltungs- und Wachbereich (VWB) im vorderen Süd-West-Bereich sowie den gefährlichen Betriebsteil (GBT) Richtung Nordosten. Die Trennung der beiden Bereiche findet durch einen Zaun, sowie das Annahme- und Versandgebäude statt.

Der gesamte Verwaltungsbereich, welcher auch Werkstatt- und Technikgebäude enthält, sowie der Wachbereich werden neu entwickelt.

Im gefährlichen Betriebsteil sind das Annahmegebäude, mehrere Arbeitsgebäude und Lagergebäude sowie einige der erdüberdeckten Munitionslagerhäuser neu zu erstellen, sowie die bestehenden Munitionslagerhäuser zu sanieren.

4.3.1 Informationen zur Energiebereitstellung für die Gebäude

Für die Wärmeversorgung sind vor allem die Gebäude im VWB relevant. Die Munitionslagerhäuser werden nicht beheizt. Die Wärmebereitstellung soll gebäudenah erfolgen. Auf Grundlage des im Städtebaulichen Konzept beschriebenen Planungsstands erfolgt die Wärmeerzeugung voraussichtlich über dezentrale strombetriebene Luft-Wasser-Wärmepumpen, welche einzelne Gebäude oder Gebäudeverbünde beheizen. In den Munitionsarbeitshäusern (MunArbH) werden diese ggf. unterstützt durch elektrische Deckenstrahlheizungen.

Die Stromversorgung erfolgt über das öffentliche Stromnetz und wird ergänzt durch Photovoltaikanlagen auf den Dächern der geplanten Betriebsgebäude.

4.3.2 Informationen zu den Gebäuden im Plangebiet

Im Bereich der Liegenschaft werden die Munitionslagerhäuser (MLH) wieder in Betrieb genommen. Dafür werden die MLH saniert und anlagentechnisch den aktuellen Anforderungen angepasst. Neubauten werden hauptsächlich im südlichen Bereich im VWB errichtet. Bestandsgebäude werden bis auf die MLH zurückgebaut. Die Zaunanlagen für die Einfriedung der Liegenschaft werden erneuert.

4.3.3 Informationen zu den Verkehrswegen im Bebauungsplangebiet

Die Verkehrsflächen bleiben im überwiegenden Teil in ihrer Bestandslage erhalten und werden an die geltenden Anforderungen an erforderliche Straßenbreiten zzgl. Straßenbankette für die Entwässerung und das Verlegen der Leitungen angepasst. Im Bereich der neu zu errichtenden MunArbH werden die Verkehrswege im Zuge der notwendigen Geländeanpassungen angepasst bzw. komplett neu errichtet. Zudem werden Plätze, Höfe und Vorfelder an den neuen Gebäuden sowie Parkplatzflächen errichtet. Die Längen und Breiten der Verkehrswege werden aus dem Verkehrsanlagen Übersichtslageplan (Stand 25.07.2025) abgeleitet.

5 LANDNUTZUNG

Die Bewertung der klimarelevanten Landnutzungsänderung erfolgt, wie in Kapitel 3.4 erläutert, lediglich qualitativ. Demnach wird bei der Bewertung nach Eingriffen in besonders hochwertige Funktionsausprägungen von Böden und Vegetationskomplexen/Biotopen unterschieden.

Der Fokus bei der Eingriffsbetrachtung von Boden-Vegetationskomplexen mit Klimaschutzfunktion wird nach Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz (2022) vor allem auf Moore und moorähnliche Böden gelegt.

5.1.1 Boden

Gemäß geologischer Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz liegt die Liegenschaft im Gebiet des Rotliegenden (Permokarbon, Obere-Glan-Subgruppe und Nahe Subgruppe).

Gemäß der Bodenkarte BFD50 des Landesamts für Geologie Rheinland-Pfalz (<https://mapclient.lgb-rlp.de>) liegen Böden aus solifluidalen Sedimenten vor, Regosol aus flachem löss- und grusführendem Schluff (Hauptlage) über grusführendem Schluff (Basislage) über tiefem Schuttschluff aus Silt- und Tonstein (Karbon bis Rotliegend).

Im geotechnischen Bericht (ICP 2024) wird ein Bodenprofil mit 0.4 m Oberbodenschicht über Auffüllungen über bindigen Böden in Wechsellagerung zu nichtbindigen Böden genannt.

In orientierenden Untersuchungen (WPW 2020) wurden auf der Liegenschaft unter einer wenige Dezimeter mächtigen Mutterbodenschicht quartäre Hanglehm- bzw. Hangschuttdecken angetroffen. Deren Mächtigkeit schwankt zwischen wenigen Dezimetern und 1.5 m. Sie setzen sich überwiegend aus Schluff mit schwankenden Anteilen von Ton und Sand, z. T. mit Mittel- und Grobkies zusammen. Darunter steht Festgestein des Rotliegenden (Disibodenberg-Schichten) an. Die ersten 0.5 m bis 1.0 m sind verwittert. Im Zuge der orientierenden Erkundungen wurden bereichsweise sandig, kiesige Auffüllungsmaterialien mit wechselndem Feinkornanteil angetroffen. Die teilweise enthaltenen Sandstein-Bruchstücke weisen darauf hin, dass es sich um ortsstämmige, umgelagerte Materialien handelt. Die natürlichen Böden wurden in Form von Sanden und Kiesen, sehr häufig aber auch in Form von Tonen und Schluffen angetroffen, die über einem Verwitterungshorizont (Sandstein-Bruchstücke) des darunter anstehenden Felses gebildet wurden.

Aufgrund der vergangenen Nutzung der Liegenschaft als Munitionslager ist von Überformungen des Bodens auszugehen. Das Gebiet ist bereits mit Gebäuden, zugehörigen betonierten Flächen und mit Fahrwegen bebaut.

Es gibt somit keine besonders schutzwürdigen Böden im Plangebiet.

5.1.2 Vegetation

Die Liegenschaft des Munitionslagers Kriegsfeld liegt vollständig im Naturschutzgebiet „Wasenbacher Höhe“ (NSG-7333-222). Zudem liegt die Liegenschaft im Flora-Fauna-Habitat-Gebiet (FFH-6313-301) sowie im Vogelschutzgebiet (DE-6313-401).

Für die Umsetzung des städtebaulichen Konzeptes wurden Rodungsflächen für die erforderlichen Baufelder von Gebäuden und Straßen sowie Anpassung der Breiten von bereits vorhandenen Verkehrswegen einschließlich des Anlegens von Banketten ermittelt. Bei der Ermittlung der Gebäudestandorte wurde die Forstbetriebskarte als Grundlage für Baufelder von Neubaugebäuden herangezogen, um hochwertige Waldflächen zu erhalten. Diese stehen für eine Bebauung nicht zur Verfügung. Da der Planungsprozess des Vorhabens nicht abgeschlossen ist, weichen die Rodungsflächen von denen im Städtebaulichen Konzept ab.

Nach Angaben des Auftraggebers beträgt die Gesamtrodungsfläche im Rahmen der Baumaßnahmen 545 138 m². Davon werden 276 050 m² wieder mit Wald aufgeforstet. Dauerhaft gerodet werden 269 088 m². Hierin sind auch Verkehrs- und Gebäudeflächen enthalten.

Als Ausgleich für den mit dem Vorhaben verbundenen Verlust an Waldflächen werden Kompensationsmaßnahmen getroffen. Dazu gehören unter anderem Entsiegelungen im Gebiet des ehemaligen Munitionslagers südöstlich der L 404 (Northpoint), sowie Ausgleichsmaßnahmen auf weiteren externen Liegenschaften. Die Maßnahmen sollen in der weiteren Planung des Vorhabens konkretisiert werden.

Entsprechend der Ad-hoc Arbeitshilfe Klimaschutz (2022) ist davon auszugehen, dass die typischen Kompensationsmaßnahmen – Nutzungsextensivierungen, Neuanlage von naturnahen Biotopstrukturen, Gehölzpflanzungen usw. – auch aus der Sicht des Klimaschutzes positive Maßnahmen darstellen. Da die Fähigkeit von Bäumen und Gehölzen, Kohlenstoff zu binden, stark von verschiedenen Standortfaktoren abhängig ist, wird empfohlen, im Regelfall von einer exakten THG-Bilanz für den Bereich Vegetation/ Biotoptypen abzusehen und stattdessen nur anhand der Flächengrößen der Maßnahmen qualitative Aussagen zum Umfang der Förderung der Klimaschutzfunktion zu treffen.

Für die Ermittlung der dauerhaft zu rodenden Waldflächen, werden die dauerhaft freizuhaltenen Baufelder abzüglich der darin enthaltenen Flächen für Verkehrswege, Flächen für Munitionslagerhäuser (MLH) und zugehörige Vorfelder, sowie weiterer Freiflächen ermittelt. Die Ermittlung der Rodungsflächen ist in **Tab. 5.1** dargestellt.

Insgesamt wurde eine dauerhaft zu rodende Waldfläche von 269 088 m² ermittelt.

Art der Fläche	Fläche in m²
Gesamtrodungsfläche	545 138
... davon wiederaufzuforstende Fläche	276 050
... davon dauerhaft zu rodende Waldflächen	269 088

Tab. 5.1: Ermittlung der Rodungsflächen

6 ENERGIEVERBRÄUCHE DER GEBÄUDE

Für die neu zu errichtenden Gebäude auf der Liegenschaft wurden der Wärme und Strombedarf im Betrieb im Rahmen des Städtebaulichen Konzepts ermittelt.

Für die Bauphase werden ca. 85 Container vor allem als Tagesunterkünfte, Büros und Sanitäranlagen temporär aufgestellt. Die Energieverbräuche für den Wärme- und Strombedarf der Container werden mit Hilfe der mittleren Faktoren nach DGNB (2022) abgeschätzt.

6.1 Abschätzung der Energieverbräuche der Gebäude im Betrieb

Für den Betrieb der Gebäude auf der Liegenschaft im Planzustand wurde im Rahmen des Städtebaulichen Konzepts ein Jahreswärmebedarf von 585 500 kWh/a angegeben.

Für den Stromverbrauch der Gebäude auf der Liegenschaft im Planzustand wurden im Rahmen des Städtebaulichen Konzepts 2 702 206 kWh/a berechnet. Zusätzlich fallen 72 680 kWh/a für sonstige Verbraucher in den Außenanlagen wie beispielsweise die Beleuchtung an. In Summe ergibt sich damit gerundet ein Stromverbrauch von 2 775 MWh/a.

6.2 Abschätzung der Energieverbräuche der Container in der Bauphase

Für die Abschätzung der THG-Emissionen während der Bauphase werden die Energieverbräuche durch den Betrieb der Baucontainer berücksichtigt.

Die DGNB (2022) gibt im Rahmen ihres Bilanzierungstools flächenabhängige Energiekennwerte für verschiedene Nutzungen vor. Diese sind aufgeschlüsselt in Werte für den flächenabhängigen Energiebedarf für Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Luftförderung, Kühlung und Arbeitshilfen.

Anhand der geplanten Anzahl der Container nach Nutzungsart und der Grundfläche von ca. 15 m² je Container wurden Flächen für verschiedene Nutzungen bestimmt. Für diese werden Energiekennwerte für typische, vergleichbare Nutzungen nach DGNB (2022) angesetzt.

Die abgeleiteten Nettogrundflächen der zu berücksichtigenden Nutzungsarten nach DGNB (2022) sind in **Tab. 6.1** aufgelistet.

Die angesetzten spezifischen Verbrauchsfaktoren sind in **Tab. 6.2** zusammengefasst.

Nutzungsart	Anzahl	Nutzungsart nach DGNB	Nettogrundfläche (gerundet) in m²
Büro, Besprechungsräume	30	Gruppenbüro	450
WC und Sanitärräume	20	WC und Sanitärräume	300
Putzraum, Teeküche, Aktenaufbewahrung	3	Lager	45
Sanitätscontainer	1	Behandlungsraum	15
Tagesunterkünfte	30	Wohnen (MFH)	450
Summe	84		1 260

Tab. 6.1: Nettogrundflächen der zu berücksichtigenden Nutzungszonen der Gebäude.

Nutzungsart nach DGNB	Heizung	Warmwasser	Beleuchtung	Luftförderung	Kühlung	Arbeitshilfen
	kWh/(m²*a)	kWh/(m²*a)	kWh/(m²*a)	kWh/(m²*a)	kWh/(m²*a)	kWh/(m²*a)
Gruppenbüro	132.0	13.9	25.5	16.3	12.4	10.5
WC und Sanitärräume	233.0	0.0	15.6	60.9	12.1	0.0
Lager	149.7	0.0	0.6	0.6	1.9	0.0
Behandlungsraum	206.1	5.0	47.7	40.6	21.8	8.8
Wohnen (MFH)	89.7	24.0	49.2	10.9	0.0	36.8

Tab. 6.2: Flächenbezogene Energiekennwerte der DGNB zur Abschätzung der Energieverbräuche nach Nutzung. Quelle: DGNB (2022)

Anhand der Nettogrundflächen der zu berücksichtigenden Nutzungszonen (vgl. **Tab. 6.1**) sowie der flächenbezogenen Energiekennwerte der DGNB (vgl. **Tab. 6.2**) werden die in **Tab. 6.3** aufgeführten Energiebedarfe ermittelt.

Es ergibt sich ein Nutzwärmebedarf für die Heizung und die Warmwassererzeugung während der Bauphase von gerundet 197 MWh/a sowie ein Stromverbrauch für Beleuchtung, Luftförderung, Kühlung und Arbeitshilfen von gerundet 101 MWh/a.

Nutzungsart nach DGNB	Heizung	Warm- wasser	Be- leuch- tung	Luft- förde- rung	Kühlung	Arbeits- hilfen
	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
Gruppenbüro	59 400	6 255	11 475	7 335	5 580	4 725
WC und Sani- täräume	69 900	0	4 680	18 270	3 630	0
Lager	6 737	0	27	27	86	0
Behandlungs- raum	3 092	75	716	609	327	132
Wohnen (MFH)	40 365	10 800	22 140	4 905	0	16 560
Summe	179 493	17 130	39 038	31 146	9 623	21 417

Tab. 6.3: Abschätzung der Energieverbräuche nach Nutzung anhand der Energiekennwerte nach DGNB (2022)

7 EMISSIONEN

7.1 Verkehrsbedingte Emissionen

7.1.1 Direkte verkehrsbedingte THG-Emissionen

Mit dem Betrieb der Kfz im Bebauungsplangebiet und auf den umliegenden 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.

7.1.1.1 Emissionsfaktoren

Die Emissionsbestimmung erfolgt auf Grundlage der übergebenen Verkehrsdaten, der angesetzten Verkehrssituationen und der Emissionsfaktoren des HBEFA4.2 (UBA 2022) 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 Untersuchungsgebiets übernommen wird. Der Kaltstarteinfluss innerorts für Pkw bzw. leichte Nutzfahrzeuge wird entsprechend HBEFA angesetzt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen, wobei aus der Fahrspuranzahl und der Verkehrsbelegung eine Einschätzung des Auslastungsgrades der Streckenabschnitte erfolgte, der im HBEFA mit „level of service“ LOS bezeichnet wird:

- AO-HVS100: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 100 km/h
- AO-HVS70: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h
- AO-HVS70d: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
- IO-HVS50: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
- IO-HVS50d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
- IO-NS30: Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h
- IO-NS30d: Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
- IO-NS30g: Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr
- IO-NS30s: Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, Stop&Go

Innerhalb der Stellplatzanlagen der Liegenschaft wird ein gesättigter Verkehr und ein Stop&Go-Verkehr für Nebenstraßen herangezogen, um auch Beiträge der Rangiertätigkeiten emissionsseitig zu berücksichtigen.

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. Für PKW-Fahrten beträgt entsprechend HBEFA der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrleistungen ca. 33 %, für leichte Nutzfahrzeuge ca. 20 % und für schwere Nutzfahrzeuge zwischen ca. 4 % auf Autobahnen, ca. 7 % außerorts und ca. 9 % innerorts. Die angesetzten Verkehrssituationen sind in **Abb. A2.5** im Anhang dargestellt.

Für den Betrieb und die Bauphase innerhalb der Liegenschaft werden für die Sondermaschinen (Mäh- und Kehrfahrzeuge, Pritschenwagen etc.) die Emissionsfaktoren für LKW der Gewichtsklasse 7.5 t zulässiges Gesamtgewicht und für LKW-Fahrten über 32 t zulässiges Gesamtgewicht herangezogen. Es werden Verkehrssituationen für innerörtliche Nebenstraßen mit dichtem Verkehrsfluss bzw. Stop&Go-Verkehr angesetzt und Längsneigungen bis 6% berücksichtigt.

7.1.1.2 Emissionen

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 den Prognosenullfall 2035 wird für die lokalen Straßenabschnitte (vgl. Anhang 2, **Abb. A2.1**) eine CO₂ eq-Freisetzung von ca. 3 350 Tonnen pro Jahr bei einer Jahresfahrleistung von ca. 21.52 Millionen Fahrkilometern berechnet. Für den Planfall mit Betrieb des Munitionslagers umfassen die Treibhausgasfreisetzungen auf dem lokalen Straßennetz inklusive Fahrbewegungen in der Liegenschaft ca. 3 482 Tonnen pro Jahr an CO₂-Äquivalenten bei einer Jahresfahrleistung von ca. 22.53 Millionen Fahrkilometern. Das entspricht einer lokalen Zunahme der Treibhausgasfreisetzungen um ca. 132 t/a (ca. 3.9 %) und einer Zunahme der

Fahrleistung um ca. 4.7 %. Davon entfallen ca. 43 Tonnen THG pro Jahr innerhalb der Liegenschaft.

Für den Fahrzeugbetrieb in der Bauphase umfassen die Treibhausgasfreisetzungen auf dem lokalen Straßennetz inklusive Fahrbewegungen in der Liegenschaft ca. 3 932 Tonnen pro Jahr an CO₂-Äquivalenten bei einer Jahresfahrleistung von ca. 23.65 Millionen Fahrkilometern. Das entspricht einer lokalen Zunahme der Treibhausgasfreisetzungen um ca. 582 t/a (ca. 17.4 %) und einer Zunahme der Fahrleistung um ca. 9.9 %. Davon entfallen ca. 371 Tonnen THG pro Jahr innerhalb der Liegenschaft.

Die Ergebnisse für die betrachteten Straßennetze sind in **Tab. 7.1** zusammengestellt.

Untersuchungsfall	THG-Emission	Änderung gegenüber Prognosenußfall		Fahrleistung	Änderung gegenüber Prognosenußfall	
	t CO ₂ eq/a	t CO ₂ eq/a	%	Mio. km/a	Mio. km/a	%
Prognosenußfall Kfz	3 350	-	-	21.52	-	-
Planfall Betrieb Kfz	3 482	132	3.9%	22.53	1.01	4.7%
davon Betrieb in Liegenschaft	43	-	-	0.22	-	-
Planfall Bauphase Kfz	3 932	582	17.4%	23.65	2.13	9.9%
davon Bauphase in Liegenschaft	371	-	-	0.39	-	-

Tab. 7.1: THG-Emissionen im Sektor Verkehr („Tank-to-Wheel“) und Fahrleistung auf dem betrachteten Straßennetz inklusive Fahrbewegungen in der Liegenschaft für die betrachteten Untersuchungsfälle 2035

7.1.2 Indirekte verkehrsbedingte 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 Raffination, 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.

7.1.2.1 Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren des HBEFA 4.2 für Elektro-Kfz basieren dabei auf dem prognostizierten Strommix im Jahr 2030 in Form eines EU-Durchschnitts unter Annahme eines Anteils erneuerbarer Energien von ca. 43 %; 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.

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“).

7.1.2.2 Emissionen

Für den Prognosenullfall 2035 wird durch den Betrieb der Kfz auf den umliegenden Straßenabschnitten eine Energiemenge verbraucht, die bei der Herstellung von Strom für die Elektroantriebe eine CO₂ eq-Freisetzung von ca. 331 Tonnen pro Jahr bei EU-Mix und bei der Herstellung fossiler Brennstoffe für Verbrennerantriebe eine CO₂ eq-Freisetzung von ca. 732 Tonnen pro Jahr bewirkt; das sind zusätzlich ca. 9.9% bei EU-Mix und ca. 21.9 % bei fossilen Kraftstoffen der Treibhausgasemissionen zu den oben beschriebenen betriebsbedingten für die Kfz-Fahrten. Für den Planfall mit Betrieb des Munitionslagers sind für die Energiebereitstellung für die Kfz-Fahrten auf dem lokalen Straßennetz inklusive Fahrbewegungen in der Liegenschaft für Elektroantriebe CO₂ eq-Freisetzungen von ca. 350 Tonnen pro Jahr bei EU-Mix sowie für den Treibstoff der Verbrennerantriebe CO₂ eq-Freisetzungen von ca. 764 Tonnen pro Jahr berechnet.

Für den Fahrzeugbetrieb in der Bauphase sind für die Energiebereitstellung für die Kfz-Fahrten auf dem lokalen Straßennetz inklusive Fahrbewegungen in der Liegenschaft für Elektroantriebe CO₂ eq-Freisetzungen von ca. 364 Tonnen pro Jahr bei EU-Mix sowie für

den Treibstoff der Verbrennerantriebe CO₂ eq-Freisetzungen von ca. 1 014 Tonnen pro Jahr berechnet. Die Ergebnisse sind in **Tab. 7.2** zusammengefasst.

Unter- suchungsfall	THG- Emis- sion Elektro- antrieb	Änderung gegenüber Prognosenullfall		THG- Emis- sion fossile Brenn- stoffe	Änderung gegenüber Prognosenullfall	
	t CO ₂ eq/a	t CO ₂ eq/a	%	t CO ₂ eq/a	t CO ₂ eq/a	%
Prognosenull- fall Kfz	331	-	-	732	-	-
Planfall Betrieb Kfz	350	19	5.7%	764	32	4.4%
davon Betrieb in Liegenschaft	8	-	-	12	-	-
Planfall Bau- phase Kfz	364	33	10.0%	1 014	282	38.5%
davon Baupha- se in Liegen- schaft	7	-	-	236	-	-

Tab. 7.2: THG-Emissionen im Sektor Energiewirtschaft („Well-to-Tank“) auf dem betrachteten Straßennetz inklusive Fahrbewegungen in der Liegenschaft für die betrachteten Untersuchungsfälle 2035

7.1.3 Verkehrsbedingte Gesamtemissionen

Die **Tab. 7.3** fasst die Gesamtemissionen der verkehrsbedingten Treibhausgase für den Prognosenullfall, den Planfall und für die Bauphase zusammen.

Von den gesamten verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen entfällt im Prognosenullfall mit ca. 75.9 % der überwiegende Anteil auf die direkten THG-Emissionen im Sektor Verkehr. Die indirekten THG-Emissionen des Sektors Energiewirtschaft machen an den verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen im Prognosenullfall mit knapp 24.1 % einen kleineren Anteil aus.

Für den Planfall mit Betrieb des Munitionslagers entfällt für die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen mit ca. 75.8 % ebenfalls der überwiegende Anteil auf die direkten THG-Emissionen im Sektor Verkehr. Die indirekten THG-Emissionen des Sektors Energiewirtschaft machen an den verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen im Planfall mit knapp 24.2 % einen kleineren Anteil aus.

	TTW	WTT	WTW
Prognosenullfall Kfz	3 350	1 063	4 413
Planfall Betrieb Kfz	3 482	1 114	4 596
Änderung Planfall zu Prognosenullfall	132	51	183
Relative Änderung Planfall zu Prognosenullfall	3.9%	4.8%	4.1%
Planfall Bauphase Kfz	3 932	1 378	5 310
Änderung Planfall zu Prognosenullfall	582	315	897
Relative Änderung Planfall zu Prognosenullfall	17.4%	29.6%	20.3%

Tab. 7.3: THG-Gesamtemissionen in t CO₂ eq/a für den Kfz-Verkehr auf dem betrachteten lokalen Straßennetz inklusive Fahrbewegungen in der Liegenschaft für die betrachteten Untersuchungsfälle im Bezugsjahr 2035

7.2 Baubedingte THG-Emissionen

Während der Bauphase werden mit dem Betrieb der Maschinen, Anlagen oder Fahrzeuge auf dem Betriebsgelände durch die Verbrennung von Kraftstoffen vor Ort direkte THG-Emissionen freigesetzt. Die anfallenden THG-Emissionen werden dem Sektor Industrie zugerechnet. Indirekte Emissionen sind auf die Bereitstellung der Antriebsenergien für die E-Mobilität sowie für die konventionellen Fahrzeuge zurückzuführen. Das sind zum einen Treibhausgase, die im Mittel während der Erzeugung des Stroms freigesetzt werden. Zum anderen sind dies THG-Emissionen, die bei der Bereitstellung von Kraftstoffen durch deren Raffination, deren Transport, usw. entstehen. Diese sogenannten Vorkettenemissionen werden nicht zwingend lokal im Untersuchungsgebiet freigesetzt und stellen damit sogenannte indirekte Emissionen dar. Zur Ermittlung der THG-Emissionen werden sämtliche Änderungen der relevanten Energieverbräuche im Planfall gegenüber dem Referenzfall berücksichtigt, d.h. sämtliche vorhabenbedingten Verbrauchsänderungen - sowohl die der fossilen Energieträger als auch die der Elektroenergie, die sich durch den Betrieb der Maschinen, Anlagen oder Fahrzeuge ergeben.

Die Emissionen werden auf Grundlage der Emissionsfaktors für Diesel nach HBEFA 4.2 bzw. BMDV (2024) berechnet. Die CO₂ eq-Emissionsfaktoren für die Berechnung der THG-Emissionen, die bei der lokalen Verbrennung (direkte Emissionen) sowie bei der Herstellung und -bereitstellung (indirekte Emissionen) eines Liter Diesels entstehen, sind in **Tab. 7.4** in g CO₂ eq/kg dargestellt. Daraus ergibt sich mit der spezifischen Dichte für Diesel von 0.832 kg/l nach BMDV (2024) ein Emissionsfaktor von 3 000 g CO₂ eq/l.

	Emissionsfaktor			
	Direkte Emissionen in g CO ₂ eq/kg	Fremde Hilfsenergie und Vorkette in g CO ₂ eq/kg	Gesamt in g CO ₂ eq/kg	Gesamt in g CO ₂ eq/l
THG-Emissionsfaktoren für Diesel	2 510	730	3 230	3 000

Tab. 7.4: THG-Emissionsfaktoren für Diesel (HBEFA 4.2; BMDV, 2024)

7.2.1 THG-Emissionen für die Sanierung von Bestandsgebäuden

Der größte Teil der relevanten THG-Emissionen zur Sanierung der unterirdisch gelegenen Munitionslagerhäuser wird bei Erdarbeiten freigesetzt. Die Bunker werden von Bewuchs freigemacht, die Erdbedeckung wird abgetragen, die abgetragene Erde nach dem Sieben wieder auf die sanierten Bunkergebäude aufgebracht. Zudem muss die Geländehöhe angepasst werden, sowie Ausschachtungen etc. angelegt werden. Insgesamt sind bei Erdarbeiten für die Munitionslagerhäuser, die Baufelder, den Straßenbau und die Zauntrasse ca. 540 450 m³ Erde zu bewegen.

Für die Ermittlung des Dieserverbrauchs in der Bauphase werden die eingesetzten Baumaschinen, Betriebszeiten, sowie die spezifischen Dieserverbräuche berücksichtigt.

Es wird angenommen, dass 3 Bagger, 3 Lader und ein Sieb gleichzeitig im Einsatz sind. Pro Bagger und pro Lader werden ca. 50 m³/h an Erde bewegt, pro Sieb ca. 150 m³/h. Bei 540 450 m³ Erde ergeben sich daraus 10 809 Baggerbetriebsstunden, 10 809 Laderbetriebsstunden und 3 603 Siebbetriebsstunden. Für die Bauzeit wird ein Zeitraum von 3 Jahren angenommen. Daraus ergeben sich die jährlichen Einsatzstunden.

Der Kraftstoffverbrauch der Radlader und Bagger wurde für mittlere Maschinengrößen aus der Non-road-Datenbank des schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) entnommen. Für das Sieb wurde auf vergleichbare Herstellerangaben zurückgegriffen. Der Kraftstoffverbrauch der Maschinen ist mit den für die Berechnung berücksichtigten jährlichen Einsatzstunden in **Tab. 7.5** zusammengestellt.

Daraus berechnet sich der jährliche Dieserverbrauch zu 214 543 l für die Erdbewegungen während der Bauphase.

Maschinen	Dieserverbrauch in l/h	Einsatzstunden pro Jahr	Dieserverbrauch pro Jahr in l
Bagger (3)	22.1	3 603	79 626
Lader (3)	7.8	3 603	28 103
Sieb (1)	14	1 201	16 814
Summe			124 543

Tab. 7.5: Dieserverbrauch pro Jahr, Eingesetzte Maschinen, Kraftstoffverbrauch und Einsatzstunden pro Jahr

Aus dem berechneten jährlichen Dieserverbrauch und dem Emissionsfaktor von 3 000 g CO₂ eq/l ergeben sich für die Bauphase jährliche THG-Emissionen durch den Maschineneinsatz von 373.6 t CO₂ eq/a (vgl. **Tab. 7.6**).

	Dieserverbrauch pro Jahr in l	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/l	jährliche THG-Emission in t CO ₂ eq/a
Bauphase	124 543	3 000	373.6

Tab. 7.6: THG-Emissionen durch Erdarbeiten während der Bauphase

7.2.2 THG-Emissionen für den Abriss von Bestandsgebäuden

Zur Emissionsbestimmung für den Abriss der Bestandsgebäude (Module C1 und C2) werden die THG-Emissionsfaktoren für LKW-Transporte und Baumaschineneinsatz benötigt. Zusätzlich werden die Emissionen aus den Modulen C3 und C4 mit Hilfe der Emissionsfaktoren aus der ÖKOBAUDAT berechnet. Diese sind in **Tab. 7.7** aufgeführt.

	Modul	Globales Erwärmungspotenzial - total (GWP-total) in kg CO ₂ eq/t	Referenzjahr
Bauschutt-Aufbereitung *	Abfallbehandlung C3	0.0028	2023
Bauschutt-Deponierung **	Beseitigung C4	0.0150	2023

Tab. 7.7: Berücksichtigte Emissionsfaktoren für Bauschuttaufbereitung und -deponierung.

*Der Datensatz beschreibt die durchschnittliche Aufbereitung von 1.03 kg Bauschutt zu 1 kg Bauschuttzyklus in stationären und mobilen Anlagen. Es erfolgt eine Energiegutschrift durch die thermische Verwertung von einzelnen Abfallfraktionen (u. a. Kunststoffen). **Dieser Datensatz deckt die Abscheidung von 1 kg Bauschutt in einer entsprechenden Deponie ab.

Die Bestandsgebäude werden bis auf die MLH zurückgebaut. Die zurückzubauenden Gebäude umfassen einen Bruttorauminhalt (BRI) von ca. 9 415 m³. Der Bruttorauminhalt wurde anhand der im SBK aufgeführten Gebäude abgeschätzt.

Für das Verhältnis aus spezifischer Bauschuttmenge in t und dem BRI wird in KMU (2009) ein mittleres Verhältnis von 0.4 t/m³ angegeben. Dieses ergibt sich auch, wenn man die in Hoffmann & Kremer (1996) dargestellten Werte in Abhängigkeit vom BRI über alle Einzelgebäude gewichtet mittelt. Der maximale Wert für Industriebauwerke liegt bei 1.2 t/m³. Da neben den Betriebsgebäuden auch zwei Bunker abgerissen werden sollen wird ein Zwischenwert von 0.8 t/m³ für die Bestimmung der Bauschuttmenge verwendet.

Für das Verhältnis aus Baustoffvolumen zu BRI wird bei Hoffmann & Kremer (1996) für Geschosßbauten ein Wert von 0.2 m³/m³ und für Bunker ein Wert von 1 m³/m³ angegeben. Da neben den Betriebsgebäuden auch zwei Bunker abgerissen werden sollen, wird ein Zwischenwert von 0.6 m³/m³ angesetzt. Damit ergeben sich mit dem BRI Bauschuttmengen von etwa 7 532 t bzw. etwa 5 649 m³.

Aus der berechneten Bauschuttmenge und einer angesetzten Ladekapazität eines LKW von 25 t ergibt sich eine Anzahl von 301 LKW, welche für den Abtransport benötigt werden. Analog zu den Ansätzen in der ÖKOBAUDAT wird eine Wegstrecke von 50 km pro Fahrt berücksichtigt. Bei Einberechnung von Hin- und Rückfahrt ergeben sich daraus 30 128 km Fahrstrecke. Mit einem Verbrauchsfaktor von 0.35 l/km ergibt sich ein Dieserverbrauch von 10 545 l (vgl. **Tab. 7.8**).

	Dieserverbrauch in l/km	Fahrstrecke n km	Dieserverbrauch in l
LKW	0.35	30 128	10 545

Tab. 7.8: Dieserverbrauch der LKW für den Abriss der Bestandsgebäude

Für die Beladung der LKW werden Bagger und Radlader eingesetzt. Bei einer angesetzten Kapazität von 10 m³/h für Bauschutt (Bagger) ergeben sich 565 Betriebsstunden für den Einsatz von Baggern. Diese Betriebsstunden werden auch für Radlader angesetzt. Für den Betrieb von Radlader und Bagger werden die Dieserverbräuche für mittlere Maschinengrößen aus der Non-road-Datenbank des Schweizer Bundesamts für Umwelt (BAFU) entnommen. Daraus berechnet sich der Dieserverbrauch der Baumaschinen für den Abriss der Gebäude zu 16 891 l (**Tab. 7.9**).

Maschinen	Dieserverbrauch in l/h	Einsatzstunden /Jahr	Dieserverbrauch in l
Bagger	22.1	565	12 484
Lader	7.8	565	4 406
Summe			16 891

Tab. 7.9: Dieserverbrauch pro Jahr, Eingesetzte Maschinen, Kraftstoffverbrauch und Einsatzstunden für den Abriss der Bestandsgebäude

Aus dem berechneten Dieserverbrauch und dem Emissionsfaktor von 3 000 g CO₂ eq/l ergeben sich für LKW-Transporte und Baumaschineneinsatz für den Abriss der Gebäude die in **Tab. 7.10** berechneten THG-Emissionen.

	Dieserverbrauch pro Jahr in l	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/l	THG-Emission in t CO ₂ eq/a
Baumaschinen	16 891	3 000	50.7
LKW	10 545		31.6
Summe			82.3

Tab. 7.10: THG-Emissionen durch LKW-Transporte und Baumaschineneinsatz für den Abriss der Bestandsgebäude

Die Gesamtemissionen unter Berücksichtigung der Module C3 und C4 sind in **Tab. 7.11** aufgelistet.

Module gemäß DIN EN 15978	THG-Emissionen in t CO ₂ eq
Abbruch (C1)	50.7
Transport (C2)	31.6
Bauschuttzubereitung (C3)	0.02
Bauschuttdeponierung (C4)	0.11
Summe	82.4

Tab. 7.11: THG-Emissionen durch den Abriss der zurückzubauenden Gebäude nach DGNB (2020)

Die Emissionen, die durch den Abriss der zurückzubauenden Gebäude entstehen, werden mit 82.4 t CO₂ eq/a für einen Bezugszeitraum von 1 Jahr bestimmt.

7.2.3 THG-Emissionen für den Betrieb der Container in der Bauphase

Für die Baucontainer wird angenommen, dass sowohl Wärmebedarf als auch Strombedarf über das Stromnetz gedeckt werden. Für die Betrachtung der Energieversorgung über den

europäischen Strommix wird ein entsprechender bezugsjahresabhängiger Emissionsfaktor aus HBEFA 4.2 entnommen. Dieser beträgt 301.32 g CO₂ eq/kWh (vgl. **Abb. 7.1**).

Damit berechnen sich bei einem jährlichen Energiebedarf von insgesamt 298 MW die für den Betrieb der Baucontainer anfallenden THG Emissionen zu 89.7 t CO₂ eq/a. (vgl. **Tab. 7.12**).

Energieträger	Nutzung	Energieversorgung pro Energieträger in kWh/a	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/kWh	THG-Emissionen in t CO ₂ eq/a
EU-Strommix	Gebäudeversorgung	101 223	301.32	59.2
EU-Strommix	Warmwasser	196 623	301.32	30.5
Summe				89.7

Tab. 7.12: THG-Emissionen durch die Stromversorgung der Baucontainer mittels dem europäischen Strommix 2030 nach HBEFA 4.2 (UBA, 2022)

7.3 Lebenszyklusemissionen der Bauwerke

7.3.1 THG-Emissionen für die Energieversorgung der Gebäude im Betrieb

Die Stromversorgung erfolgt über das Stromnetz ergänzt durch Photovoltaikanlagen auf den Dächern der geplanten Gebäude im Verwaltungsteil. Für die Wärmeversorgung wird im Rahmen der Abschätzung der THG-Emissionen angenommen, dass der gesamte Bedarf über dezentrale strombetriebene Luft-Wasser-Wärmepumpen gedeckt wird. Die mögliche Unterstützung durch elektrische Deckenstrahlheizungen in den Munitionsarbeitshäusern wird nicht berücksichtigt.

7.3.1.1 THG-Emissionen für die Wärmeversorgung der Gebäude

Die Emissionsfaktoren für die Bestimmung der THG-Emissionen durch die Wärmeversorgung mit Wärmepumpen werden aus UBA (2025) übernommen. Dort sind für erneuerbare und fossile Energieträger Emissionsfaktoren hinterlegt, welche sowohl die direkten Emissionen als auch die Emissionen durch die Vorketten und fremde Hilfsenergie separat aufschlüsseln.

Tab. 7.13 fasst die verwendeten Emissionsfaktoren und Nutzungsgrade aus UBA (2025) zusammen.

Energieträger	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/kWh				Bemerkung
	Vorkette	Direkte Emissionen	Fremde Hilfsenergie	Gesamt	
Elektro-Wärmepumpe, Umgebungswärme – aerothermisch – Luft/Wasser	13.777	0	137.295	151.071	Jahresarbeitszahl (JAZ): 3.2

Tab. 7.13: Emissionsfaktoren für die Wärmeversorgung aus UBA (2025)

Mit den in **Tab. 7.13** dargestellten Emissionsfaktoren ergeben sich bei dezentraler Wärmeversorgung über Wärmepumpen und dem im Rahmen des Städtebaulichen Konzepts (SBK) berechneten Jahreswärmebedarf von 585.5 MWh/a die in **Tab. 7.14** dargestellten jährlichen THG-Emissionen von 88.5 kg CO₂ eq/a.

Energieträger	Nutzwärmebedarf in MWh/a	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/kWh	THG-Emissionen in t CO ₂ eq/a
Elektro-Wärmepumpe, Umgebungswärme – aerothermisch – Luft/Wasser	585.5	151.071	88.5

Tab. 7.14: Emissionen bei zentraler Wärmeversorgung für verschiedene Energieträger

7.3.1.2 THG-Emissionen für die Stromversorgung der Gebäude

Der Großteil des Strombedarfs für die Energieversorgung der Gebäude wird über den europäischen Strommix gedeckt. Ergänzend dazu erfolgt die Installation von Photovoltaik auf den Dächern.

Für die Bestimmung der THG-Emissionen durch den Stromverbrauch werden die Emissionsfaktoren für PV-Anlagen aus UBA (2025) und für den europäischen Strommix aus HBE-FA 4.2 entnommen.

In **Tab. 7.15** sind die Emissionsfaktoren für PV-Anlagen aus UBA (2025) zusammengefasst.

Energieträger	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/kWh			
	Vorkette	Direkte Emissionen	Fremde Hilfsenergie	Gesamt
Photovoltaik-Anlagen	56.07	0	0.44	56.51

Tab. 7.15: Emissionsfaktoren für die Stromversorgung mit Photovoltaik aus UBA (2025)

Für die Betrachtung der Energieversorgung über den europäischen Strommix wird ein entsprechender bezugsjahresabhängiger Emissionsfaktor aus HBEFA 4.2 entnommen. Die anteilige Zusammensetzung der einzelnen Energieträger sowie die jeweiligen Emissionsfaktoren in g CO₂ eq/MJ sind für das Bezugsjahr 2035 in **Abb. 7.1** dargestellt. Daraus ergibt sich ein Emissionsfaktor von 301.32 g CO₂ eq/kWh.

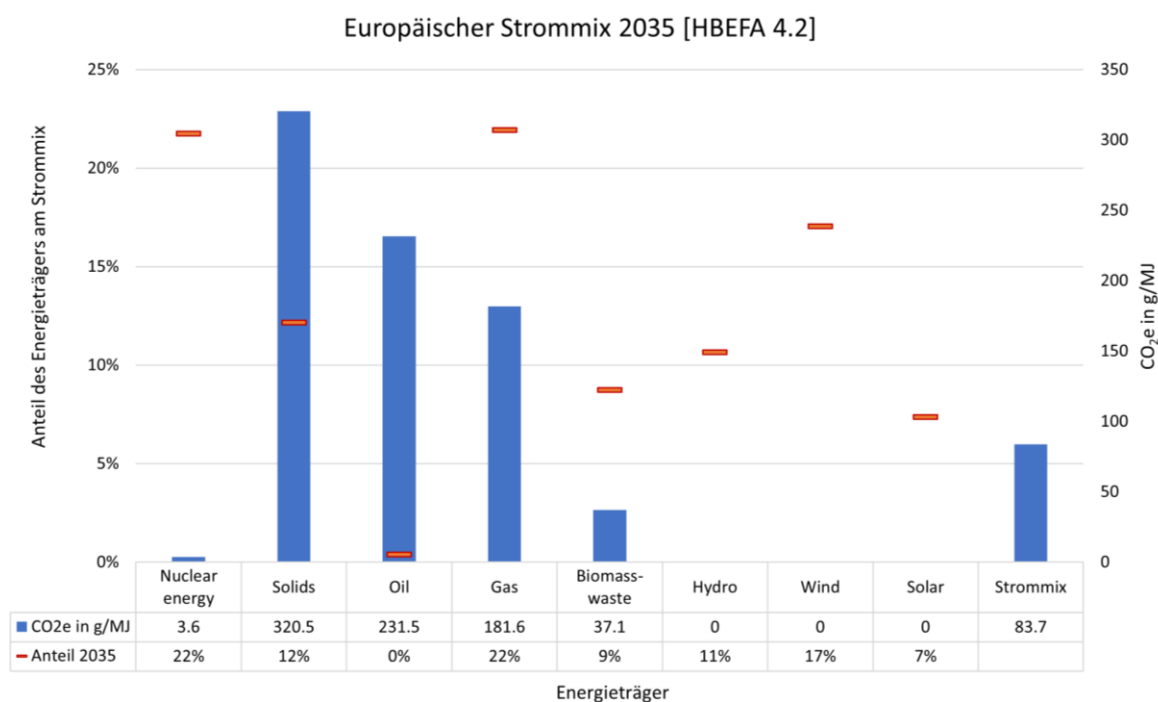


Abb. 7.1: Europäischer Strommix 2035 nach HBEFA 4.2 (UBA, 2022)

Die Neubauten im Verwaltungsteil werden, soweit möglich, vollflächig mit PV-Anlagen auf den Flachdächern ausgestattet. Der gefährliche Betriebsteil ist dafür aus brandschutzfachlicher Sicht ungeeignet. Die Leistung der PV-Anlagen und der Jahresenergieertrag wurden dem SBK entnommen. Die zugehörigen Berechnungen sind in Anlage 3.2.3.4.4 des SBK aufgeführt. Es wird in Summe für die PV-Anlagen eine Leistung von 298 kWp und ein Jahresenergieertrag von 337 539 kWh/a angesetzt.

Die durch den erzeugten PV-Strom vermiedenen THG-Emissionen (negative THG-Emissionen) berechnen sich unter Berücksichtigung des Emissionsfaktors für PV-Anlagen von 56.51 g CO₂ eq/kWh und dem Emissionsfaktor für den EU-Strommix von 301.32 g CO₂ eq/kWh. Pro kWh an produziertem PV-Strom werden somit 244.81 g CO₂ eq im Vergleich zum EU-Strommix vermieden. Eine Bestimmung der vermiedenen THG-Emissionen ist in **Tab. 7.16** aufgeführt. Diese betragen -82.6 kg CO₂ eq/a.

Energieträger	Nutzung	Energieversorgung pro Energieträger in kWh/a	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/kWh	vermiedene THG-Emissionen in t CO ₂ eq/a
PV-Anlage	Stromproduktion	337 539	-244.81	-82.6

Tab. 7.16: Vermiedene THG-Emissionen durch die Photovoltaik-Anlage nach UBA (2025) und dem europäischen Strommix 2035 nach HBEFA 4.2 (UBA, 2022)

Der Strombedarf der Gebäude und der Außenanlage wurden dem SBK entnommen. Die zugehörigen Berechnungen sind in Anlage 3.2.3.4.3 des SBK aufgeführt. Der Gesamtbedarf auf der Liegenschaft beträgt im Planzustand in Summe 2 775 MWh/a. Mit dem Emissionsfaktor für den EU-Strommix von 301.32 g CO₂ eq/kWh ergeben sich jährlichen THG-Emissionen von 836.1 kg CO₂ eq/a (vgl **Tab. 7.17**).

Energieträger	Nutzung	Energieversorgung pro Energieträger in kWh/a	Emissionsfaktor in g CO ₂ eq/kWh	THG-Emissionen in t CO ₂ eq/a
EU-Strommix	Gebäude	2 702 206	301.32	814.2
EU-Strommix	Außenanlage	72 680	301.32	21.9
Summe				836.1

Tab. 7.17: THG-Emissionen durch die Stromversorgung mittels dem europäischen Strommix 2035 nach HBEFA 4.2 (UBA, 2022)

Die durch den Strombedarf anfallenden Emissionen können bei der Bilanzierung mit den durch die PV-Anlage vermiedenen THG-Emissionen verrechnet werden.

7.3.2 THG-Emissionen für den Neubau von Gebäuden

Die neu zu errichtenden Gebäude auf der Liegenschaft umfassen laut Gebäudeliste in Anlage 3.2.4.0 des SBK eine Bruttogrundfläche (BGF) von etwa 19 884 m². Bei den zu errichtenden Gebäuden handelt es sich unter anderem um Gebäude im Verwaltungsbereich sowie um Munitionslagerhäuser, Materiallager und überdachte Flächen.

Die Lebenszyklusemission für die Konstruktion (siehe **Tab. 3.1**) der Gebäude wird vereinfacht mit Hilfe der Referenzwerte der DGNB berechnet. Für Gebäude des Typs I liegt dieser bei 9.4 kg CO₂ eq/(m² a) für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren. Der Wert für Gebäude des Typs II liegt bei 12.0 kg CO₂ eq/(m² a) für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren. Als Bezugsgröße dient die Nettogrundfläche (NGF).

Die zu errichtenden Packmittelschuppen, Munitionslagerhäuser, Kfz-Halle mit Waschhalle, die Tankstelle und die Packstation für Container werden dem Typ II nach DGNB zugeordnet. Die übrigen Gebäude werden dem Typ I zugeordnet. Die an die Gebäude angeschlossenen überdachten Flächen, werden in einer konservativen Abschätzung zu 50% berücksichtigt. Die NGF berechnet sich aus der BGF abzüglich der Wände und Pfeiler.

Die für die Berechnung berücksichtigten Nettogrundflächen in Abhängigkeit des Gebäudetyps nach DGNB (vgl. **Tab. 6.1**) sowie die entsprechenden THG-Emissionen sind in **Tab. 7.18** aufgelistet. Die Emissionen, die durch den Bau der geplanten Gebäude entstehen, werden mit 177.8 t CO₂ eq/a abgeschätzt.

Gebäudetyp nach DGNB (2020)	Nettogrundfläche in m ²	THG-Emissionen in t CO ₂ eq/a
Typ I	9 717	91.3
Typ II	7 201	86.4
Summe		177.8

Tab. 7.18: THG-Emissionen durch den Neubau der zu errichtenden Gebäude nach DGNB (2018)

7.3.3 THG-Emissionen für den Neubau der Zaunanlage

Die Zaunanlage für die Einfriedung wird neu errichtet. Der Hauptzaun umschließt die Liegenschaft vollständig. Aufgrund der Sicherheitsvorschriften für das militärisch genutzte Gelände müssen von der Zaunanlage bestimmte bauliche Vorgaben, erfüllt werden. Für die Ermittlung der THG-Emissionen durch die Errichtung der Zaunanlage ist die Betrachtung eines vereinfachten Zaunaufbaus ausreichend. Es wird ein Doppelstabmattenzaun mit einer Höhe der Zaunelemente von 3 m und einem Pfostenabstand von 2.5 m angenommen. Die Masse des Zauns inkl. Pfosten, beträgt bei durchschnittlich 34.8 kg/m und einer Länge von 8 800 m insgesamt 306 240 kg. Mit einem Emissionsfaktor von 5.5 kg CO₂ eq/kg ergeben sich jährliche THG-Emissionen von 56.6 t CO₂ eq/a (vgl. **Tab. 7.19**). Für die Lebenszyklusemissionen der Zaunanlage wurde entsprechend der Haltbarkeit ein Bezugszeitraum von 30 Jahren angesetzt.

Zaunlänge in m	Materialeinsatz in kg	Emissionsfaktor in kg CO ₂ eq/kg	jährliche THG-Emission in t CO ₂ eq /a
8 800	306 240	5.5	56.6

Tab. 7.19: Materialeinsatz für den Neubau der Zaunanlage, bezogen auf 30 Jahre

Die Emissionsfaktoren der berücksichtigten verbauten Materialien wurden aus veröffentlichten Umweltproduktdeklarationen (EPD) von Herstellern für beispielhafte Produkte entnommen. Diese beinhalten die Phasen Herstellung, und Entsorgung (A1-A3; C1-C4; D nach DIN EN 15978 (2012)). Emissionen für die Nutzungsphase sind nicht enthalten. Da die Materialien fest verbaut sind, ist davon auszugehen, dass auch keine relevanten Emissionen bei Nutzung entstehen. Die Emissionen im Rahmen der Errichtung (A4-A5) fallen hauptsächlich bei der Anlieferung an und werden im Rahmen der verkehrsbedingten Emissionen berücksichtigt.

7.4 Lebenszyklusemissionen der Verkehrswege

Die Flächen der Straßen werden aus dem Verkehrsanlagen Übersichtslageplan (Stand 25.07.2025) anhand der Straßenlänge und der angegebenen Breite der jeweiligen Abschnitte abgeleitet. Wartungswege wurden nicht berücksichtigt, da es sich dabei um keine befestigten Straßen handelt. Die entsprechenden Flächen der berücksichtigten Straßen sind in **Tab. 7.20** zusammengefasst.

Straßenbreite in m	Straßenlänge in m	Fläche in m ²

Tab. 7.20: Abgeleitete Grundflächen der zu sanierenden Straßen

Zusätzlich wird die Fläche der zu sanierenden Vorfeldflächen der MLH berücksichtigt. Diese sind in **Tab. 7.21** zusammengestellt.

MLH	Vorfeldfläche gesamt in m ²

Tab. 7.21: Abgeleitete Grundflächen der zu sanierenden Vorfeldflächen

Insgesamt sind Straßen mit einer Grundfläche von 81 615 m² zu berücksichtigen, sowie Bunkervorflächen mit einer Grundfläche von 30 829 m².

Die Verkehrsflächen bleiben im überwiegenden Teil in ihrer Bestandslage erhalten. Die Verkehrswege weisen unterschiedliche Zustände auf. In einer konservativen Abschätzung wird von einer vollständigen Sanierung der Verkehrswege ausgegangen.

Die THG-Emissionen durch den Bau und Unterhalt neu zu errichtender Verkehrswege werden anhand der Emissionsfaktoren aus Mottschall und Bergmann (2013) abgeschätzt (**Tab. 7.22**). Diese liegen für verschiedene Straßenkategorien vor und werden differenziert ausgewiesen nach den Emissionen, die einerseits durch die eingesetzten Materialmengen durch den Bau und Unterhalt sowie andererseits durch die energetischen Aufwendungen zum Bau und Unterhalt entstehen.

Straßenkategorie	CO ₂ -Äquivalent in kg CO ₂ eq/(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. 7.22: Lebenszyklusemissionen von Straßenbauvorhaben (Mottschall und Bergmann, 2013)

Für die Straßen im Plangebiet und für die Bunkervorflächen wird in einem konservativen Ansatz der Emissionsfaktor für Bundesstraßen verwendet. Die berechneten THG-Emissionen sind in **Tab. 7.23** dargestellt. Für die Verkehrswege wird ein Bezugszeitraum von 60 Jahren berücksichtigt.

Verkehrswege	Straßenkategorie	Grundfläche im m ²	Emissionsfaktor in kg CO ₂ eq/(m ² a)	THG-Emissionen in t CO ₂ eq/a
Straßen	Bundesstraßen	81 615	4.6	375.4
Bunkervorflächen	Bundesstraßen	30 829	4.6	141.8
Summe				517.2

Tab. 7.23: THG-Emissionen durch den Bau der Verkehrswege im Plangebiet

Die Emissionen, die durch den Bau und Unterhalt der Verkehrswege im Plangebiet entstehen, werden mit 517.2 t CO₂ eq/a abgeschätzt.

7.5 Gesamtbilanzierung

Die mittleren jährlichen Emissionen für die Wiederinbetriebnahme des Munitionslagers Kriegsfeld sind in **Tab. 7.24** zusammengefasst.

Prozess	THG-Emissionen (gesamt)
Bauphase	
Verkehrsbedingte Emissionen Bauphase (Bau – BF)	897 t CO ₂ eq/a
Abriss Gebäude	82.4 t CO ₂ eq/a
Erdarbeiten	373.6 t CO ₂ eq/a
Energieversorgung in der Bauphase	
Energieversorgung der Baucontainer	89.7 t CO ₂ eq/a
Verkehrsbedingte Emissionen Betrieb	
Differenz PF-BF	183 t CO ₂ eq/a
Energieversorgung in der Nutzungsphase	
Wärmeversorgung der Gebäude	
Elektro-Wärmepumpe (Luft-Wasser)	88.5 t CO ₂ eq/a
Vermiedene Emissionen durch Stromproduktion (PV-Anlage)	-82.6 t CO ₂ eq/a
Stromversorgung (Netz)	836.1 t CO ₂ eq/a
Neubau von Gebäuden	
Mittlere jährliche Emission über 50 Jahre	177.8 t CO ₂ eq/a
Neubau der Zaunanlage	
Mittlere jährliche Emission über 30 Jahre	56.6 t CO ₂ eq/a
Neubau von Verkehrswegen	
Mittlere jährliche Emission über 60 Jahre	517.2 t CO ₂ eq/a
Landnutzungsänderung durch das Vorhaben	
Gesamtverlust Waldfläche	269 088 m ²

Tab. 7.24: Zusammenfassung der überschlägig ermittelten THG-Emissionen in t CO₂ eq/a durch Errichtung (grau hinterlegt) und Betrieb der Gebäude im Bebauungsplan-gebiet und den Kfz-Verkehr

Die Gesamtemissionen berechnen sich für die Bauphase zu insgesamt 1442.7 t CO₂ eq/a. Für die Nutzungsphase, inklusive der Lebenszyklusemissionen der Bauwerke und Verkehrswege berechnen sich die Gesamtemissionen zu 1776.6 t CO₂ eq/a. In einem verein-

fachten Ansatz wurden die Emissionen von Gebäuden, Zaunanlage und Straßen mit unterschiedlichen Bezugszeiträumen aufsummiert. Der Gesamtverlust an Waldfläche berechnet sich zu 515 168 m².

7.6 Möglichkeiten zur Verringerung der THG-Emissionen

Zur Erreichung der nationalen Klimaschutzziele KSG (2019) sollen bis zum Jahr 2045 die Treibhausgasemissionen so weit gemindert werden, dass eine Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Im Landesgesetz zur Förderung des Klimaschutzes (Landesklimaschutzgesetz – LKSG; 2014) sind die Klimaschutzziele für das Land Rheinland-Pfalz spezifiziert. Dort ist festgelegt, dass die Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 erreicht werden soll. Der Entwurf des Landesgesetzes zur Förderung des Klimaschutzes aus dem Jahr 2024 sieht ambitioniertere Klimaschutz- und Sektorziele sowie eine Netto-Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2040 vor.

Die Formulierung eines singulären Klimaschutzzieles für das Vorhaben lässt sich daraus allerdings nicht ableiten. Es kann aber festgestellt werden, dass die Umsetzung des Vorhabens die landes- und bundesweiten Klimaschutzziele nicht gefährdet, da hier die vorgeschriebenen aktuellen Klimastandards, die Wärmedämmung sowie die Wärmeversorgung betreffend, berücksichtigt werden sollen.

Eine weitere Minderung der THG-Emissionen im Plangebiet würde sich allerdings positiv auf die Erreichung der landes- und bundesweiten Klimaschutzziele auswirken.

Für den Betrieb sehen wir folgende, weitere Möglichkeiten zur Minderung der THG-Emissionen:

- Für die Stromversorgung wird im vorliegenden Gutachten für die Gebäude neben einer Versorgung über die zu installierenden PV-Anlagen eine Versorgung über den europäischen Strommix 2030 angesetzt. Durch eine bewusste Entscheidung hin zur Versorgung der Gebäude mit Strom aus erneuerbaren Quellen können die THG-Emissionen reduziert werden.
- Durch die Installation entsprechender Ladeinfrastruktur für Elektroautos, welche durch die PV-Anlagen versorgt werden, könnten zudem die THG-Emissionen aus dem Mitarbeiter-Verkehr reduziert werden.

- Die berechneten Energieverbräuche basieren auf den aktuell für Neubauten geltenden Standards. Eine Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäude darüber hinaus würde den Energieverbrauch senken und sich positiv auf die THG-Emissionen auswirken.
- Anpflanzungen auf Freiflächen sowie begrünte Dächer und Fassaden tragen zu einer Verbesserung der Luftqualität und der mikroklimatischen Situation bei und verbessern darüber hinaus die Treibhausgasbilanz.
- Die berechneten THG-Emissionen durch den Neubau der Gebäude im Bebauungsplan-gebiet erfolgten auf Basis der Referenzwerte nach DGNB (2020). Durch eine bewusste Entscheidung hin zur Verwendung von nachhaltigen und recycelten Baustoffen können die THG-Emissionen reduziert werden.
- Durch den Einsatz von elektrisch betriebenen Kfz und Sonderfahrzeugen in der Liegenschaft können die THG-Emissionen reduziert werden

Hinweis: Die THG-Emissionen für den Neubau der Gebäude werden grob mit Hilfe des Referenzwertes der DGNB abgeschätzt. Eine genauere Betrachtung ist erst mit der Detailplanung der Gebäude möglich, welche dann zur Auswahl klimafreundlicher Materialien zum Bau genutzt werden kann. Erst dann ist es möglich, im Vergleich zum Referenzwert der DGNB genauere Emissionen zu erhalten und ggf. Optimierungen durchzuführen. Eine Möglichkeit zur Kontrolle der THG-Emissionen durch den Neubau von Gebäuden bietet beispielsweise das Zertifizierungssystem der DGNB für Neubauten.

8 EINORDNUNG DER VERKEHRSBEDINGTEN THG-EMISSIONEN

Der § 3 nationale Klimaschutzziele des KSG (2019) legte erstmals verbindliche Klimaschutzziele für die Bundesrepublik Deutschland fest. Das zentrale Element des KSG (2021) ist die Verschärfung der im KSG (2019) genannten Klimaschutzziele. Das KSG (2021) sieht eine Erhöhung des Ziels für 2030 von 55 % auf 65 % THG-Minderung gegenüber 1990 und das Ziel der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 vor. Mit dem KSG (2024) wurden festgelegt, dass die THG-Emissionen unabhängig vom Sektor zu betrachten sind.

Für den Fall einer Überschreitung der zulässigen Jahresemissionsmenge ist im KSG § 4 Absatz 2 des KSG (2024) Folgendes festgelegt:

„Über- oder unterschreiten die Treibhausgasemissionen ab dem Jahr 2021 die jeweilige Jahresemissionsgesamtmenge, so wird die Differenzmenge auf die verbleibenden Jahresemissionsgesamtmenen bis zum nächsten in § 3 Absatz 1 genannten Zieljahr gleichmäßig angerechnet. Die Vorgaben der Europäischen Klimaschutzverordnung bleiben unberührt.“

Um zu verhindern, dass im Falle einer Überschreitung die jährlichen Minderungsmengen der folgenden Jahre derart hoch werden, dass eine Reduktion mit den aktuell aufgestellten Minderungsmaßnahmen nicht mehr möglich ist, beschloss die Bundesregierung mit § 8 KSG (2024) Maßnahmen, die die Einhaltung der Summe der Jahresemissionsgesamtmenen für diese Jahre sicherstellen; dies gilt bis einschließlich zum Jahr 2029.

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.

In Bezug auf das bundesweit angestrebte Ziel für 2035 von einem Ausstoß von maximal 288 Millionen Tonnen THG pro Jahr sind die für die Planung ermittelten THG von 1442.7 t CO₂ eq/a für die Bauphase und die 1776.6 t CO₂ eq/a für die Nutzungsphase sehr geringer Wert; gleichwohl entsprechen sie einer lokalen Zunahme.

Die Umsetzung des betrachteten Vorhabens trägt in den gemäß KSG (2019) definierten Sektoren Energiewirtschaft und Industrie ebenfalls zu einer Verzögerung beim Erreichen der Klimaschutzziele bei. Den größten Anteil der THG-Emissionen wird durch die Energieversor-

gung des Vorhabens verursacht, insbesondere die Stromversorgung. Hierbei ist zu beachten, dass Möglichkeiten zur Verringerung der THG-Emissionen bestehen.

9 QUELLEN

9.1 Literatur

1. BImSchV (2010): Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV) vom 26. Januar 2010 (BGBl. I, Nr. 4, S. 38), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Oktober 2021 (BGBl. I Nr. 73, S. 4676), in Kraft getreten am 1. Januar 2022.

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, Stand 31.3.2022. August 2022.

BAFU (2025) Non-road-Datenbank (Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz)
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-luft/mobile-maschinen-und-geraete/non-road-datenbank.exturl.html/>

BMDV (2024): Aktualisierung der Kosten- und Wertansätze der Bundesverkehrswegeplanung. Endbericht für das Bundesministerium für Digitales und Verkehr. BMDV-Auftragsforschung: FE-Nr. VB970452. Erstellt durch: Konsortium TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH, Intraplan Consult GmbH, Planco Consulting GmbH, SSP Consult – Beratende Ingenieure GmbH. Dezember 2024.

BMWSB (2023): ÖKOBAUDAT-Datensätze. Aktuelle Version: 2023-I vom 15.06.2023; bereitgestellt durch das Deutsche Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB); <https://www.oekobaudat.de/datenbank/suche.html>, abgerufen am 25.11.2024.

BNatSchG (2009): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 48 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 323).

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.

- DGNB (2018): DGNB System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau, Version 2018. Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen – DGNB e.V.
- DGNB (2020): Rahmenwerk für Klimaneutrale Gebäude und Standorte; März 2020; bereitgestellt durch die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen – DGNB e.V.; https://issuu.com/dgnb1/docs/dgnb_rahmenwerk_2020, abgerufen am 25.11.2024.
- DGNB (2022): CO₂-Bilanzierungsrechner zur Anwendung des von der DGNB veröffentlichten Rahmenwerks für „Klimaneutrale Gebäude und Standorte“ und des DGNB Systems für Gebäude im Betrieb (Version 2020); Version 2.5; Stand 04.05.2022; bereitgestellt durch die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen – DGNB e.V.; <https://www.dgnb.de/de/nachhaltiges-bauen/klimaschutz/toolbox/instrumente-zur-co2-bilanzierung>
- DIN EN 15978 (2012): Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Deutsche Fassung EN 15978:2011. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. Oktober 2012. Beuth Verlag, Berlin.
- EEG (2023): Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. Mai 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 133) geändert worden ist.
- EU 2018/2001 (2018): Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung) (Text von Bedeutung für den EWR.). Amtsblatt der Europäischen Union vom 21.12.2018, Nr. L 328/82.
- 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.
- Hoffmann, M., & Kremer, P. (1996). Zahlentafeln für den Baubetrieb: mit 53 Beispielen. Teubner.
- KMU (2009): EDV-Werkzeug zum Gebäuderückbau, Prof. Dr.-Ing. Albrecht Hecke (Hochschule Biberach Hochschule für Bauwesen und Wirtschaft), Stand 06.11.2009, <https://www.refina-info.de/de/produkte/index0efc.html?productid=55>, abgerufen am 09.01.2024. Mottschall und Bergmann

- KSG (2019): Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 235) geändert worden ist, in Kraft getreten am 18. Dezember 2019.
- KSG (2021): Erstes Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I Nr. 59), in Kraft getreten am 19. August 2021.
- KSG (2024): Zweites Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 15. Juli 2024 (BGBl. I Nr. 235), in Kraft getreten am 17. Juli 2024.
- LKSG (2014): Landesgesetz zur Förderung des Klimaschutzes (Landesklimaschutzgesetz - LKSG -) vom 19. August 2014, letzte berücksichtigte Änderung: geändert durch § 48 des Gesetzes vom 06.10.2015 (GVBl. S. 283, 295). Rheinland-Pfalz
- LSolarG (2021): Landesgesetz zur Installation von Solaranlagen (Landessolargesetz - LSolarG) vom 30. September 2021. Rheinland-Pfalz
- Mottschall, M., Bergmann, T. (2013): Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, Arbeitspaket 4 des Projektes „Weiterentwicklung des Analyseinstrumentes Renewability“, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 3. korrigierte Fassung Januar 2015, ISSN 1862-4804.
- UBA (2010): Modellrechnungen zu den Immissionsbelastungen bei einer verstärkten Verfeuerung von Biomasse in Feuerungsanlagen der 1. BImSchV. Umweltbundesamt, Forschungskennzahl 205 43 263, Juni 2010.
- UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version 24.02.2022). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- UBA (2025): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2023, von Dr. Thomas Lauf, Michael Memmler, Sven Schneider, Umweltbundesamt, erschienen im Januar 2025 in Climate Change 03/2025.

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.

9.2 Materialien und Unterlagen

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

- SBK: B.A.C. Dr Barleben GmbH 2025: Munitionslager Kriegsfeld. Städtebauliches Konzept. 3.1 Erläuterungsbericht. Leipzig (Stand 07.04.2025)
- Anlage 3.2.3.4.2 Anschlusswertermittlung Wärme (Stand: 07.04.2025)
- Anlage 3.2.3.4.3 Anschlusswertermittlung Strom - Soll (Stand: 31.03.2025)
- Anlage 3.2.3.4.4 Berechnungen PV-Anlage (Stand: 04.04.2025)
- Anlage 3.2.4.0 Gebäudeliste. Aufstellung mit Gebäudenummern alt + neu (Stand:01.04.2025)
- Anlage 3.2.3.4.3 Anschlusswertermittlung Strom - Soll (Stand: 31.03.2025)
- Vorplanung. Verkehrsanlagen Übersichtslageplan. Fahrstecke Hyster, Belastungsklassen. LBB Niederlassung Kaiserslautern, Obermeyer Infrastruktur GmbH und Co. KG (Stand 25.07.2025)
- Vorplanung. Infrastruktur. Übersichtslageplan Rodung. LBB Niederlassung Kaiserslautern, Obermeyer Infrastruktur GmbH und Co. KG (Stand 29.08.2025)
- Forstbetriebskarte. Bundesforstbetrieb Rhein-Mosel. Kriegsfeld 0712045 Forstrevier Hunsrück (1.10.2012, bearbeitet 8.12.2014)
- WPW Geoconsult Südwest GmbH (2020): Umwelttechnischer Bericht. Orientierende Untersuchungen; Landstuhl, 16.01.2025.
- ICP Ingenieure GmbH (2024): Baugrunderkundungen mit geotechnischem Bericht; Kaiserslautern, 18.12.2024
- Mobilitätsatlas Rheinland-Pfalz: Straßenverkehrszählung 2021. Online unter: <https://mobilitaetsatlas.de>, (abgerufen im Oktober 2025).

A N H A N G
A1 EMISSIONSFAKTOREN

A1 EMISSIONSFAKTOREN

Verkehrssituation	Neigung	Reisegeschwindigkeit in km/h	spezifische Emissionsfaktoren 2035 je Kfz in g/km					
			TTW		WTTel		WTTfo	
			LV	SV	LV	SV	LV	SV
AO-HVS100	±0 %	94	101.8	440.2	13.9	28.1	22.6	93.8
AO-HVS100	±2 %	94	102.3	508.5	14.2	27.8	22.7	108.8
AO-HVS100	±4 %	94	107.8	696.1	14.9	29.4	23.9	149.7
AO-HVS100	±6 %	94	114.9	926.1	16.0	35.2	25.5	200.0
AO-HVS70	±0 %	67	87.4	426.5	10.9	24.1	19.2	90.1
AO-HVS70	±2 %	67	88.5	496.6	11.2	24.7	19.5	105.4
AO-HVS70	±4 %	67	93.3	694.8	12.0	27.6	20.5	148.7
AO-HVS70	±6 %	67	104.4	924.8	12.9	34.3	23.0	198.9
AO-HVS70d	±0 %	53.8	100.8	458.1	11.9	23.9	22.2	97.0
AO-HVS70d	±2 %	53.8	101.0	526.8	12.1	24.7	22.2	112.0
AO-HVS70d	±4 %	53.8	104.6	710.4	12.7	27.9	23.0	152.1
IO-HVS50	±0 %	49	92.7	371.8	11.2	33.2	20.4	78.2
IO-HVS50	±2 %	49	93.4	431.0	11.4	34.6	20.5	91.1
IO-HVS50	±4 %	49	97.9	600.6	12.2	39.4	21.5	128.0
IO-HVS50	±6 %	49	110.0	807.4	13.0	51.3	24.1	172.9
IO-HVS50d	±0 %	39.6	109.2	402.8	12.7	33.4	24.0	85.0
IO-HVS50d	±4 %	39.6	111.1	623.3	13.6	40.7	24.4	132.9
IO-NS30	±2 %	33.6	114.6	555.6	13.0	48.3	25.1	118.3
IO-NS30	±4 %	33.6	121.5	668.4	13.6	53.5	26.6	142.9
IO-NS30	±6 %	33.6	128.7	840.4	14.4	63.8	28.2	180.2
IO-NS30d	±0 %	26.5	130.7	545.9	14.5	46.2	28.7	116.2
IO-NS30d	±2 %	26.5	131.3	581.7	14.8	48.5	28.8	124.0
IO-NS30g	±2 %	17.1	175.7	711.4	18.2	47.2	38.8	152.2
IO-NS30s	±0 %	9.6	205.6	913.4	24.7	60.5	45.5	196.1
IO-NS30s	±2 %	9.6	203.7	943.5	25.0	62.2	45.1	202.6
IO-NS30s	±4 %	9.6	205.7	1031.7	25.9	66.6	45.5	221.8
IO-NS30s	±6 %	9.6	214.4	1156.8	27.0	76.1	47.4	249.0

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)

Fahrzeugtyp	Verkehrssituation	Neigung	TTW	WTTfo
LKW 7.5t	IO-NS30d	0%	332.0	63.5
LKW 7.5t	IO-NS30d	+/-2%	351.1	66.8
LKW 7.5t	IO-NS30d	+/-4%	419.4	78.5
LKW 7.5t	IO-NS30d	+/-6%	522.6	96.6
LKW 7.5t	IO-NS30s	0%	578.6	113.6
LKW 7.5t	IO-NS30s	+/-2%	594.9	116.3
LKW 7.5t	IO-NS30s	+/-4%	649.5	125.7
LKW 7.5t	IO-NS30s	+/-6%	726.2	139.1
LKW >32t	IO-NS30d	0%	900.8	613.7
LKW >32t	IO-NS30d	+/-2%	980.8	663.2
LKW >32t	IO-NS30d	+/-4%	1217.9	818.3
LKW >32t	IO-NS30d	+/-6%	1557.7	1039.5
LKW >32t	IO-NS30s	0%	1513.3	1034.8
LKW >32t	IO-NS30s	+/-2%	1584.5	1077.9
LKW >32t	IO-NS30s	+/-4%	1772.9	1196.6
LKW >32t	IO-NS30s	+/-6%	2007.6	1356.8

Tab. A1.2: THG-Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für Sonderfahrzeuge in der Liegenschaft für das Bezugsjahr 2035 (TTW = tank to wheel, WTT = well to tank, fo = fossil)

A N H A N G
A2 ABBILDUNGEN

A2 ABBILDUNGEN

