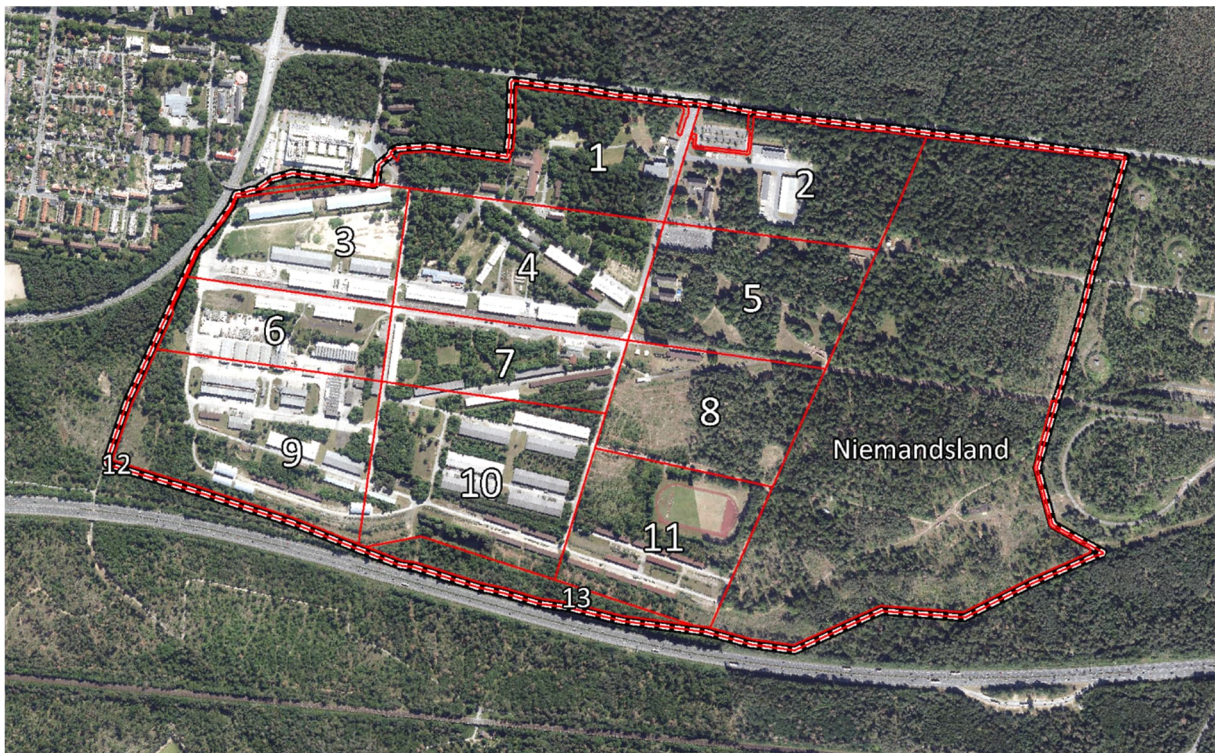


Major-Karl-Plagge-Kaserne Pfungstadt Fachbeitrag Klimaschutz



Projektleitung:
Alexander von Küchler
Simon Dietmann, M. Sc.

Projekt – Nr.: L20-03

Bearbeitung:
Simon Dietmann, M. Sc.

Im Auftrag von:
Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen
Niederlassung Süd
Zeughausstraße 2-4
64283 Darmstadt

Frankfurt, den 14.08.2024

INHALTSVERZEICHNIS

1	Anlass und Aufgabenstellung	4
2	Fachliche und rechtliche Grundlagen.....	5
3	Vorhabensbeschreibung und Klimawirksamkeit	7
4	Methodische Grundlagen.....	9
5	Gegenüberstellung nach Sektoren.....	11
5.1	Gebäude.....	11
5.2	Verkehr	13
5.3	Landnutzung.....	15
6	Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen von Treibhausgas-Emissionen.....	21
7	Kompensationsmaßnahmen.....	23
8	Zusammenfassende Betrachtung	24
9	Literatur	26

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 2022 (Agentur für Erneuerbare Energien e.V.).....	5
Abbildung 2: Übersicht des LbAK für die MKPK.	8
Abbildung 3: Zustand des Planungsgebiets vor dem Eingriff (gegliedert nach Bodensenken, Waldsenken und versiegelten/bebauten Flächen).....	19
Abbildung 4: Zustand des Planungsgebiets nach dem Eingriff (gegliedert nach Bodensenken, Waldsenken und versiegelten/bebauten Flächen).....	20

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Klimawirksame Faktoren und projektbezogene Angaben im Sektor Gebäude, die für die Betrachtung berücksichtigt werden	11
Tabelle 2: überschlägige Berechnung der jährlichen THG-Emissionen im Sektor Gebäude im Null- und im Planfall	13
Tabelle 3: Klimawirksame Faktoren und projektbezogene Angaben im Sektor Verkehr, die für die Betrachtung berücksichtigt werden	14
Tabelle 4: überschlägige Berechnung der jährlichen THG-Emissionen im Sektor Verkehr im Null- und im Planfall	15
Tabelle 5: Klimawirksame Faktoren und projektbezogene Angaben im Sektor Landnutzung, die für die Betrachtung berücksichtigt werden.....	16

Tabelle 6: Flächengrößen generalisierter klimawirksamer Landbedeckungsklassen auf dem Gelände der MKPK (Flächen gerundet)..... 18

Tabelle 7: Gesamtbilanz der THG-Quellen-/Senkenfunktion in Bezug auf das LbAK (jährlicher THG-Umsatz) 25

1 ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG

Der LBIH (Landesbetrieb Bau und Immobilien Hessen) plant im Auftrag des Bundesamtes für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (BAIUDBw) den Umbau der Major-Karl-Plagge-Kaserne und hat als Grundlage hierfür ein liegenschaftsbezogenes Ausbaukonzept (LBAK) entwickelt. Danach soll die Kaserne grundlegend um- und neugestaltet und alle Ver- und Entsorgungseinrichtungen, Verkehrsanlagen und die logistische Infrastruktur bis voraussichtlich 2033 erneuert werden.

Diese wurde Ende der 30er Jahre als Munitionsanstalt (Muna) errichtet. Seit Nutzung durch die Bundeswehr 1955 wurde die Infrastruktur sukzessiv bis Ende der 80er Jahre an den Bedarfen der untergebrachten Dienststellen ausgerichtet. Der Zustand der Gebäude ist größtenteils unsaniertes Altbestand, der über die Jahrzehnte nur teilweise saniert bzw. grundsaniert wurde. Die derzeit genutzten Büro- und Unterkunftsgebäude sowie Lagergebäude sind größtenteils in einem mittleren Bauzustand, die Werkstätten in einem schlechten Bauzustand.

Für die Betrachtung der Vorhabenswirkungen werden großflächig Einteilungen des Planungsgebietes gemäß BKompV in Bauflächen einschließlich eines Anteils typischer Freiflächen vorgenommen, wobei von einem maximalen Grad der Flächeninanspruchnahme ausgegangen wird (worst-case-Annahme). So werden auch geringfügige künftige Änderungen der Planung mit abgebildet, ohne dass die Notwendigkeit einer neuerlichen erweiterten Eingriffsbetrachtung entsteht.

Im Rahmen des §13 KSG (Bundes-Klimaschutzgesetz) haben öffentliche Vorhabenträger die Belange des Klimaschutzes zu berücksichtigen. Bei Investitionen des Bundes ist zu prüfen, wie damit ein Beitrag zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele gem. §3 KSG geleistet werden kann, wobei der gesamte Lebenszyklus der Anlagen und Güter zu berücksichtigen ist. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Prüfung dieser Sachverhalte und Zusammenhänge in einem Gutachten darzulegen.

PGNU - Planungsgesellschaft Natur & Umwelt mbH wurde mit der Erstellung des folgenden Fachbeitrags zum Klimaschutz beauftragt. Gegenstand des Fachbeitrags sind die Projektwirkungen auf das globale Makroklima. Zu erfassen und zu bewerten sind die Einwirkung des Vorhabens auf die globale Klimaschutzfunktion der Treibhausgasspeicher oder -senken sowie die vorhabensbedingten Emissionen. Ein weiteres Ziel dieses Fachbeitrags ist es, Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Treibhausgase zu formulieren.

2 FACHLICHE UND RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Der Begriff Klima fasst Wettererscheinungen zusammen und gibt den mittleren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder für ein Gebiet und einen bestimmten Zeitraum an. Beeinflusst wird das Klima durch die Höhenlage, Nähe zum Meer, Nähe zum Äquator, aber auch durch anthropogene Handlungen. Durch menschliche Aktivitäten werden auch Treibhausgase emittiert, die sich nach Sektoren gliedern lassen (s. Abbildung 1).

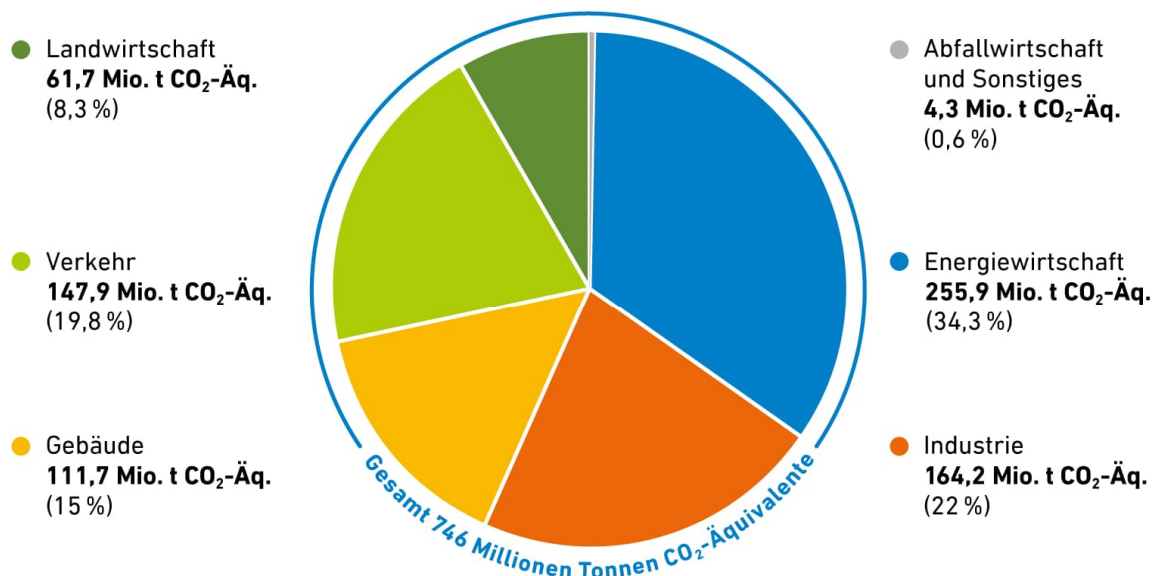


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 2022 (Agentur für Erneuerbare Energien e.V.)

Um dem anthropogenen Klimawandel entgegenzuwirken, wurden im Pariser Klimaschutzabkommen, 2015 von 195 Staaten beschlossen und 2016 in Kraft getreten, völkerrechtlich verbindliche Ziele formuliert: Die Erderwärmung soll im Vergleich zum vorindustriellen Niveau (1850-1900) auf deutlich unter 2 Grad Celsius (°C), idealerweise auf 1,5 °C begrenzt werden. Um dies zu erreichen, darf der Mensch spätestens in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts nur noch so viele Treibhausgase ausstoßen, wie der Atmosphäre z. B. durch Wälder oder Moore wieder entzogen werden (so genannte "Treibhausgas-Neutralität"). Erforderlich ist hierfür ein schneller und konsequenter Wandel der Weltwirtschaft, verbunden mit einer deutlichen Verringerung des Kohlenstoff-Umsatzes (Dekarbonisierung). Weitere Ziele des Vertrages sind die bessere Anpassung der Staaten an den Klimawandel und die Berücksichtigung globaler Finanzflüsse beim Klimaschutz (BMWK o.D.).

Die Umsetzung dieser Ziele wird in Deutschland mit folgenden Gesetzen geregelt:

- BNatSchG – Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), welches zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 08. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2240) geändert worden ist. Das Gesetz bestimmt einen nachhaltigen Schutz von Natur und Landschaft als Ziel. Gemäß §1 (3) Nr.4 sind Beeinträchtigungen des Klimas zu vermeiden.
- KSG – Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S.3905) geändert worden ist. Das Gesetz gibt in §1 das Ziel vor, „zum Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels die Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zu gewährleisten“. §3a (1) gibt hierzu für den Beitrag des Sektors Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft jeweils konkrete Minderungsziele für den Ausstoß von Treibhausgasen (THG) für die Zeiträume bis zu den Jahren 2030, 2040 und 2045 vor. In §3 (2) ist festgelegt, dass die im Jahr 2045 verbleibenden THG-Emissionen durch Senken ausgeglichen werden müssen, so dass THG-Neutralität gem. §3 Nr. 9 KSG erreicht wird.

- HKlimaG – Hessisches Klimagesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels vom 26. Januar 2023. Das Gesetz konkretisiert die Vorgaben des KSG für die Ebene des Bundeslandes und legt Regelungen zur Umsetzung fest.

Im Rahmen des baulichen Vorhabens durch den LBIH sind die Belange des Klimaschutzes zu berücksichtigen. Generell entstehen bei einem Umbau und einer Neugestaltung einer Fläche Treibhausgasemissionen aus verschiedenen Sektoren. Darunter fallen Emissionen aus den Sektoren Verkehr, Gebäude und Landnutzung. Im nachfolgenden Kapitel wird das Vorhaben und dessen Klimawirksamkeit beschrieben.

3 VORHABENS BESCHREIBUNG UND KLIMAWIRKSAMKEIT

Die Major-Karl-Plagge-Kaserne (MKPK) am Standort Pfungstadt (Hessen) umfasst eine Gesamtgröße von ca. 161,8 ha und erstreckt sich über drei Gemarkungen.

Gemäß dem aktuell gültigen liegenschaftsbezogenen Ausbaukonzept (LbAK) des LBIH wurde die MKPK in 11 Planungsfelder (PF) unterteilt zuzüglich der Flächen für den äußeren Zaun als PF12 sowie einen schmalen Waldbereich im Westen als PF13. Diesen Planungsfeldern wurden verschiedene Funktionen, wie z.B. Büro-/ Sport-/ Unterkunft -/ Ausbildungsbereiche und Wirtschaftsbereich (Kantine), Lagerbereiche, Technische Bereiche, etc. zugeordnet. Auch wurde speziell für den Nutzer der Sanität das Planungsfeld zwei am Rande der Liegenschaft maßgeblich vorgehalten.

Für die Beurteilung der Klimawirksamkeit des Vorhabens sind insbesondere relevant (s. Kap. 5):

- die Unterteilung der Planungsfelder in bebaute, versiegelte oder bewaldete Flächen,
- Emissionen beim Bau und Betrieb der Anlagen,
- verkehrsbedingte Emissionen,
- klimawirksame Kompensationsmaßnahmen.

Eine generelle Bebauung bzw. Vollversiegelung bedeutet eine dauerhafte Flächeninanspruchnahme, die wiederum zum Verlust von Treibhausgasen führt (u.a. Böden und Wälder). Neben dem Verlust von potenziellen Treibhausgasen sind außerdem neue Treibhausgasemittenten für die Beurteilung der Klimawirksamkeit innerhalb des Vorhabens relevant.

Der Umbau der Major-Karl-Plagge-Kaserne umfasst eine grundlegende Neugestaltung (s. Abbildung 2). Die Erneuerung aller Ver- und Entsorgungseinrichtungen, Verkehrsanlagen und die logistische Infrastruktur ist bis voraussichtlich 2032 geplant. Die Arbeiten werden auf die folgenden Bauphasen aufgeteilt:

In der Bauphase 0 (2025 - 2026) soll zunächst der Rückbau zahlreicher Gebäude sowie daran anschließend die Sanierung einiger zu erhaltende Gebäude erfolgen. .

Für die Bauphase 1 (2025 - 2027) ist dann die Errichtung von Unterkufts- und Bürogebäude sowie der Heizzentrale in PF1, Neubau der Bundeswehrapotheke in Planungsfeld 2, Lagereinrichtungen in PF 7, Freilager in PF 9 und 10 sowie die Errichtung der neuen Zaunanlage in PF 12 geplant. Weiterhin erfolgt ein umfangreicher Rückbau von baulichen Anlagen in Planungsfeld 11.

Diese werden dann in Bauphase 2 (2028 – 2029) um weitere Freilager und Lagerhallen in den PF 4 und 9 ergänzt. Weiterhin erfolgen dann die Errichtung Funktionsgebäude BwDLZ und Sanität in Planungsfeld 2 und des HIL-Servicezentrum in PF 8

In Bauphase 3 (2030 – 2031) erfolgt die Errichtung weiterer Lagergebäude und Freilager in den PF 4, 6, 7 und 10.

Der Endausbau in Bauphase 4 (2032 – 2033) sieht dann die Errichtung weiterer Freilagerflächen in den PF 3 und 9, sowie die Zufahrt zur BAB im Westen (PF 13) vor. Weiterhin erfolgt dann auch ein umfangreicher Rückbau von baulichen Anlagen in den Planfeldern 5, 9 und 10.

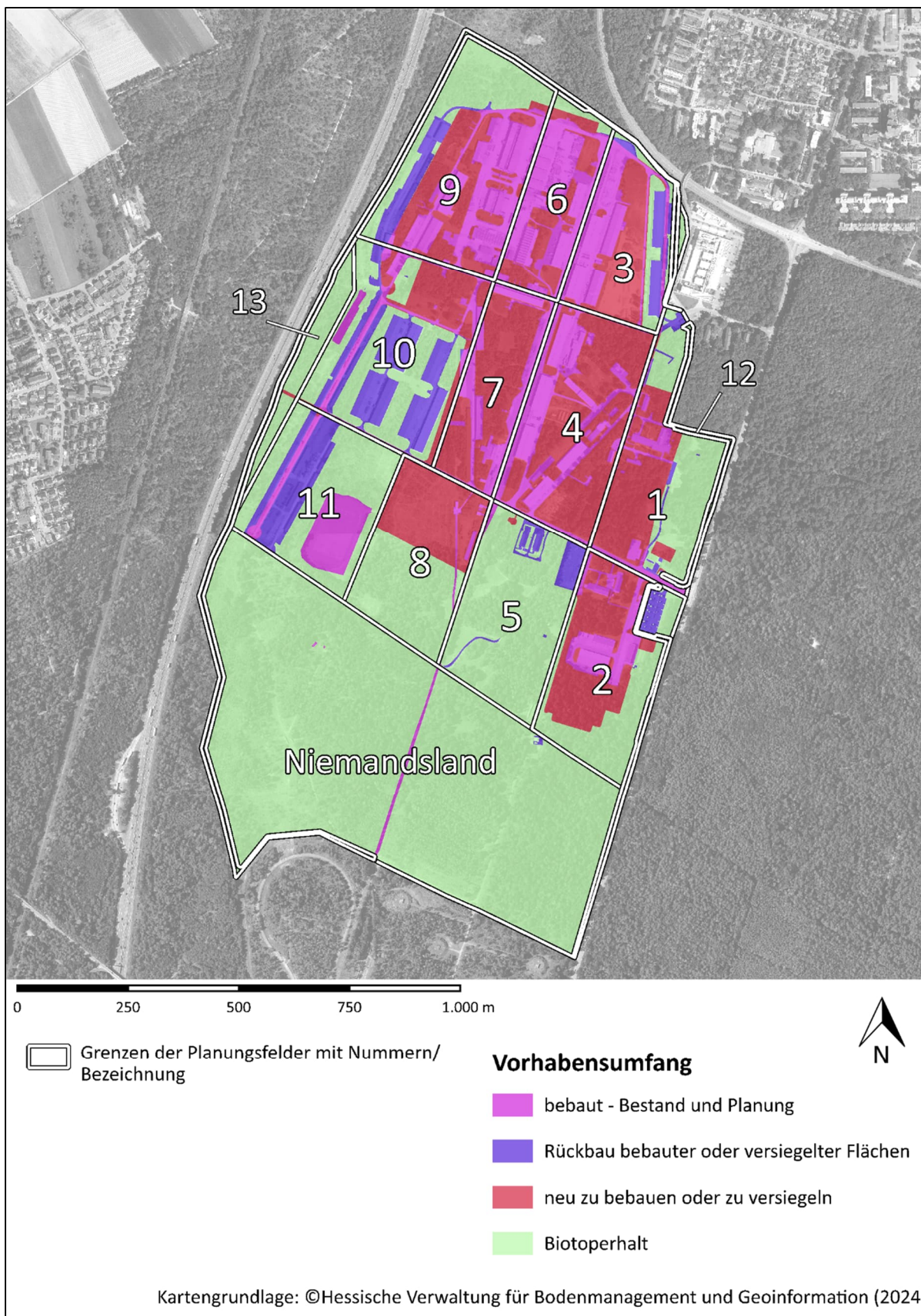


Abbildung 2: Übersicht des LbAK für die MKPK.

4 METHODISCHE GRUNDLAGEN

Zur Beurteilung der Klimawirksamkeit des Vorhabens wird eine Gegenüberstellung der jeweiligen Situation im Nullfall und im Planfall durchgeführt. Betrachtet werden dabei die Wirkungen aufgeteilt in die Sektoren Gebäude, Verkehr und Landnutzung i. S. d. §4 (1) KSG. Es wird dabei das Augenmerk auf die wichtigsten Quellen, Senken und Speicher von Treibhausgasen gelegt, die durch das Vorhaben beeinflusst werden. Nicht berücksichtigt werden Sachverhalte, die vorhabensbedingt keine oder nur eine sehr geringe Änderung aufweisen.

Eine vollständige Bilanzierung aller Klimawirkungen ist dabei aus mehreren Gründen nicht möglich:

- Es liegen noch keine genauen Daten zu den Bautätigkeiten in den einzelnen Bauphasen bis zum Abschluss des Projektes vor.
- Eine Quantifizierung der Speicher-, Quellen- und Senkenfunktion der Anlagen und Biotopflächen ist nach derzeitigem Kenntnisstand nur als überschlägige Abschätzung möglich. Insbesondere zu Speichermengen in Wald- und Offenlandbiotopen liegt eine sehr große Bandbreite an teilweise sehr stark voneinander abweichenden Zahlen in den einschlägigen Quellen vor. Vor dem Hintergrund, dass die auf dem Gelände der MKPK großflächig vorkommenden sandigen Böden ökologische Sonderstandorte darstellen, muss hier mit überschlägigen Annahmen gearbeitet werden.

Grundsätzlich lassen sich die Effekte der Wirkfaktoren in zwei Gruppen einteilen:

1. Quellen/Senken: Es werden zum einen die *Treibhausgasemittenten* betrachtet, die durch eine Nutzung oder einen Verbrauch von natürlichen Rohstoffen Treibhausgase ausstoßen. Darunter fällt beispielsweise das Verkehrsaufkommen oder die Herstellung von Beton/Zement (vgl. Kap. 5.1). Weiterhin wird der Verlust von natürlichen *Treibhausgassenken* berücksichtigt, denn durch das Bauvorhaben werden Boden- und Waldflächen dauerhaft in Anspruch genommen.
2. Speicher: Neben dem fortlaufenden Austausch von THG mit der Atmosphäre sind für die Beurteilung der Klimawirksamkeit auch THG-Speicher zu betrachten, die durch das Vorhaben verloren gehen oder neu angelegt werden. Deren Größe bzw. Kapazität hängt von einer Reihe von Umweltfaktoren ab und unterliegt daher einer großen Variabilität.

Eine Versiegelung geht mit dem Verlust sowohl der natürlichen Treibhausgasspeicher- als auch der -senkenfunktionen einher (vgl. Kap. 5.3).

Unterschieden wird nach folgenden grundlegenden Wirkungsphasen:

- Baubedingte Wirkfaktoren treten ausschließlich temporär im Zuge der Bautätigkeit auf; die sich aus ihnen ergebenden Wirkungen können durchaus über den Zeitraum der Bautätigkeit hinaus bestehen bleiben.
- Anlagenbedingte Wirkfaktoren werden unmittelbar von den errichteten baulichen Anlagen und sonstigen Installationen hervorgerufen; sie sind i. d. R. dauerhaft.
- Betriebsbedingte Wirkfaktoren resultieren aus dem Betrieb / der Nutzung der errichteten Anlagen.

Datengrundlage:

Zur Gegenüberstellung des Null- und des Planfalls werden die erforderlichen Daten zum einen von der LBIH bereitgestellt, zum anderen werden Daten aus der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur verwendet. Grundsätzlich ist eine vollständige Berechnung mit allen relevanten Faktoren nicht möglich, da die benötigten Daten zum jetzigen Zeitpunkt nicht in ausreichendem Umfang vorliegen. Es wird daher eine Gegenüberstellung der bekannten relevanten Größen vor und nach dem Eingriff durchgeführt (s. Kap. 5). Als weitere Datengrundlage wurde die Biotoptypenkartierung im Rahmen des LBP hinzugezogen (PGNU 2024).

Zu den Klima-Wirkfaktoren liegen die in den Unterkapiteln zu den Sektoren genannten projektbezogenen Angaben vor.

Treibhauspotenzial CO₂-Äquivalente:

Die Angaben zur Klimawirksamkeit von THG erfolgt in der Einheit der sogenannten CO₂-Äquivalente [CO₂eq]. Diese Maßeinheit wird verwendet, um die Klimawirkung verschiedener Treibhausgase auf einer einheitlichen Grundlage zu beschreiben, indem diese in Relation zur Wirksamkeit von Kohlenstoffdioxid (CO₂) gesetzt wird. Ein CO₂-Äquivalent entspricht dabei einer emittierten Tonne CO₂. Der Weltklimarat (IPCC) hat standardisierte Werte für Treibhausgase und ihre CO₂-Äquivalente veröffentlicht, die sich auf einen Zeitraum von 100 Jahren beziehen (IPCC 1995):

- 1 kg Methan (CH₄) hat dieselbe schädliche Wirkung wie 25 kg CO₂
- 1 kg Lachgas (N₂O) entspricht 298 kg CO₂
- 1 kg Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) entspricht 124-14.800 kg CO₂
- 1 kg Schwefelhexafluorid (SF₆) entspricht 22.800 kg CO₂

Anrechnung von Waldverlusten und Wiederaufforstung

Vor dem Hintergrund des Ziels der Bundesregierung, THG-Neutralität schon bis 2045 zu erreichen, können die langfristigen Effekte, die Wiederaufforstungsmaßnahmen auf die Speicherung von Kohlenstoff haben, nicht in vollem Umfang in die Bilanzierung einbezogen werden, da sich der Aufbau der Kohlenstoffspeicher in Wäldern nur über sehr lange Zeiträume vollzieht, während die Verluste durch Waldumwandlung kurzfristig in vollem Umfang eintreten. Im vorliegenden Gutachten werden daher die Speichermengen der Wiederaufforstungsmaßnahmen nur teilweise in die Bilanz einbezogen. Dabei wird überschlägig davon ausgegangen, dass der Gesamt-Kohlenstoffspeicher im Wald etwa 90 Jahre nach der Aufforstung das durchschnittliche Niveau und nach 30 Jahren etwa ein Drittel davon erreicht hat. Der Zuwachs der Speicherfunktion der Aufforstungsflächen geht daher nur zu einem Drittel in die Bilanzierung ein:

$$Speicher_{Aufforstung} = Speicher_{Ausgangsbiotop} + \frac{Speicher_{Wald} - Speicher_{Ausgangsbiotop}}{3}$$

In Bezug auf die Senkenfunktion wird dieses Verfahren nicht angewendet, da junge Wälder bereits nach wenigen Jahren eine sehr hohe C-Aufnahmerate erreichen.

5 GEGENÜBERSTELLUNG NACH SEKTOREN

Als Sektoren gem. § 4 (1) KSG, deren Betrachtung im Zusammenhang mit dem untersuchten Vorhaben erfolgen muss, sind Gebäude, Verkehr und Landnutzung zu nennen, wobei Errichtung und Betrieb der militärischen Anlagen dem Sektor Gebäude zugeordnet werden. Nicht betrachtet werden folglich die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges.

5.1 GEBÄUDE

Für diesen Sektor relevant sind THG-Emissionen, die durch den Bau, den Betrieb und die Unterhaltung der Anlagen anfallen. Eine Zusammenstellung der relevanten Wirkfaktoren ist in Tabelle 1 dargestellt, die projektbezogene Quantifizierung findet sich in Tabelle 2. Bei der Betrachtung der durch die Errichtung der Anlagen verursachten Emissionen erfolgt eine Umlegung der Gesamtemissionen auf eine angenommene Lebensdauer von 30 Jahren.

Tabelle 1: Klimawirksame Faktoren und projektbezogene Angaben im Sektor Gebäude, die für die Betrachtung berücksichtigt werden

Bezeichnung	Klimawirksamkeit	Erläuterung
baubedingte Wirkfaktoren		
Zementproduktion	Quelle	Zementverbrauch stellt eine bedeutende THG-Quelle bei Bauarbeiten dar, weil einerseits große Mengen CO ₂ prozessbedingt bei der Herstellung entstehen und andererseits bei Transport und Verarbeitung der Zementmassen viel Energie benötigt wird, die heute weitestgehend aus fossilen Quellen gewonnen wird. Der Gebäudebereich ist mit ca. 40 % der Bereich, in dem die meisten CO ₂ -Emissionen in Deutschland verursacht werden. Dabei wird nicht nur der Energieverbrauch für Warmwasser und Heizwärme betrachtet, sondern auch die <i>grauen Emissionen</i> für den Bau sowie möglichen Rückbau. Der Großteil der CO ₂ -Emissionen entsteht bei der Herstellung von Zement bzw. Beton.
Entsorgung der Bau- und Abbruchmaterialien, Baustellenbetrieb	Quelle	Bei der Entsorgung der Bau- und Abbruchmaterialien fällt ein Abfallstrom an. Der Abfallstrom umfasst den gesamten Fluss des Abfalls von der häuslichen bzw. industriellen Quelle bis hin zur Verwertung, Wiederverwertung oder endgültigen Entsorgung. Diese Maßnahmen verbrauchen eine große Menge an Energie. Es ist davon auszugehen, dass diese Energie größtenteils aus fossilen Energieträgern bezogen wird, was wiederum weitere Treibhausgasemissionen verursacht. Die Treibhausgas-Intensität des Entsorgungsprozesses ist von zahlreichen äußeren Faktoren und projektspezifischen, noch nicht bekannten Modalitäten abhängig, so dass sie hier noch nicht quantifiziert werden können. THG-Emissionen sind darüber hinaus mit dem Baustellenbetrieb durch Aufwendungen für Verkehr und den Betrieb von Maschinen zu berücksichtigen.

Bezeichnung	Klimawirksamkeit	Erläuterung
Kampfmittelräumung	Quelle	<i>Bei einer Kampfmittelräumung werden Bodenmassen umgelagert, die temporär als terrestrische Speicher von Treibhausgasen gestört werden. Dieser Wirkfaktor steht im zeitlichen Zusammenhang mit dem Vorhaben, seine Umsetzung ist jedoch unabhängig davon ohnehin durchzuführen und wird daher hier nicht näher betrachtet.</i>
betriebsbedingte Wirkfaktoren		
Bereitstellung von Wärme und Strom	Quelle	Die Nutzung von Gebäudeeinrichtungen geht mit dem Verbrauch von Energie für die Erzeugung von Wärme und Strom einher. Für die Wärme- und Stromerzeugung werden in Deutschland noch größtenteils fossile Energieträger genutzt. Für den Umbau der MKPK liegt ein Energiekonzept vor, das die Nutzung von Blockheizkraftwerken, einem Pelletkessel, einer Luft-Wasser-Wärmepumpe, eines Erdgas-BW-Kessels sowie die Nutzung einer Photovoltaik-Anlage vorsieht.
Einsatz von Photovoltaikanlagen	Quelle	Auf den Dachflächen der geplanten Gebäude ist die Installation großflächiger Photovoltaikanlagen zur Energieversorgung der Kaserne geplant. Nicht vor Ort benötigte Überschüsse sollen in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Hierdurch wird eine deutliche Reduktion des THG-Ausstoßes für die Versorgung mit elektrischer Energie erreicht.

QUANTIFIZIERUNG

Zementherstellung und -verarbeitung: Für die Errichtung der Anlagen gibt der Vorhabensträger einen Zementverbrauch von 63.303 t an. Als spezifische THG-Emissionen werden für die Zementherstellung unterschiedliche Werte angegeben (820 kg CO₂-eq / t Zement, DENA-Gebäudereport 2022, 587 kg CO₂eq /t Zement, WWF Deutschland 2019). Für die überschlägige Berechnung der Treibhausgasemissionen durch die Zementverarbeitung wird ein mittlerer Wert von 703,5 kg CO₂eq t⁻¹ angenommen. Es ergeben sich daraus Gesamtemissionen von 44 534 t CO₂eq. Dies bedeutet bei einer Lebensdauer der Anlagen von 30 Jahren einen Jahresausstoß von 1 485 t CO₂eq a⁻¹.

Entsorgung von Bau- und Abbruchmaterialien und Baustellenbetrieb: Die hierbei anfallenden Emissionen lassen sich beim gegenwärtigen Planungsstand noch nicht mit hinreichender Zuverlässigkeit quantifizieren. Daher wird hier eine pauschale Annahme von 30 % des Wertes für die Zementherstellung und -verarbeitung angesetzt, der ebenfalls auf eine Lebensdauer der Anlagen von 30 Jahren umzulegen ist. Es ergeben sich daraus geschätzte Emissionen von 447 t CO₂eq a⁻¹.

Bereitstellung von Wärme und Strom: Im Erläuterungsbericht zum LEK werden die CO₂-Aufwendungen für die Bereitstellung von Wärme im aktuellen Zustand der Anlagen mit 272 kg CO₂eq Mwh⁻¹ a⁻¹ angegeben (B.A.C 2022). Demgegenüber lassen sich diese Aufwendungen beim geplanten Einsatz von Blockheizkraftwerken, Pelletheizungen und Luft-Wasser-Wärmepumpen um 77% auf 61 kg CO₂eq MWh⁻¹ a⁻¹ reduzieren. Für die Berechnung des aktuellen THG-Ausstoßes für die Bereitstellung von Strom und Wärme wird in Ermangelung genauerer Angaben mit demselben Verhältnis des erwarteten zum aktuellen Ausstoß gerechnet. Dies stellt im Hinblick auf die derzeit veraltete Gebäudetechnik eine sehr konservative Schätzung dar. Im Liegenschaftsbezogenen Energiekonzept

(LEK) (MPL Wärme 2022) erfolgt eine Berechnung des durch die Strom- und Wärmeversorgung der Kaserne verursachten Treibhausgasausstoßes unter Einsatz der in Tabelle 1 genannten Technologien. Den Berechnungen zugrunde gelegt werden die spezifischen Emissionsfaktoren für verschiedene Energieträger nach den Vorgaben der Anl. 6 GEG. Es ergibt sich daraus ein CO₂-Ausstoß von 388 t CO₂eq a⁻¹. Hierin ist der Einsatz der geplanten PV-Anlage noch nicht berücksichtigt. Unter der Anwendung des o. g. Verhältnisses einer Reduktion um 77 % wird daher ein aktueller Ausstoß von 1 687 t CO₂eq a⁻¹ geschätzt.

Einsatz einer Photovoltaikanlage: Im LEK wurden mehrere Ausbauvarianten für die Installation einer Photovoltaikanlage auf den Dächern der geplanten Gebäude untersucht. Zur Umsetzung soll die maximale Variante mit einer Nennleistung von 5342,1 kWp kommen. Die jährliche Energieerzeugung dieser Anlage wird mit 5 718 708 kWh angegeben, wovon 3 749 191 kWh in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Daraus ergeben sich vermiedene CO₂-Emissionen i. H. v. 2 681 004 kg a⁻¹ oder 2 681 t CO₂eq a⁻¹.

Tabelle 2: überschlägige Berechnung der jährlichen THG-Emissionen im Sektor Gebäude im Null- und im Planfall

Wirkfaktor	Prognose jährliche Emissionen (Quellenfunktion) [t CO ₂ eq a ⁻¹]	
	Nullfall	Planfall
Zementherstellung	0	1 485
Entsorgung Baumaterial	0	447
Bereitstellung Wärme und Strom	1 687	388
Einsatz einer PV-Anlage	0	-2 681
Summe	1 687	-361

Es ergibt sich daraus eine Differenz von 2 048 t CO₂eq a⁻¹, also eine erhebliche Reduktion von THG-Emissionen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die baubedingten Emissionen außer der Zementherstellung nur eine sehr grobe Schätzung darstellen.

5.2 VERKEHR

Für diesen Sektor wird der PKW- und LKW-Verkehr im Betrieb der Anlagen berücksichtigt. Der Baustellenverkehr für den Bau der Anlagen ist dem Sektor Gebäude zuzurechnen. Die Wirkfaktoren dieses Sektors sind in Tabelle 3 dargestellt. Tabelle 4 gibt eine überschlägige Quantifizierung. Den Betrachtungen liegt die sehr konservative Annahme zugrunde, dass der Verkehr in den kommenden Jahren weiterhin vorwiegend durch fossile Energieträger angetrieben wird.

Tabelle 3: Klimawirksame Faktoren und projektbezogene Angaben im Sektor Verkehr, die für die Betrachtung berücksichtigt werden

Bezeichnung	Klimawirksamkeit	Erläuterung
betriebsbedingte Wirkfaktoren		
verkehrsbedingter Ausstoß von THG (und Veränderung der lufthygienischen Situation)	Quelle	Durch die Sanierung und den Ausbau des Planungsgebietes zu einem Logistikstandort für die Bundeswehr und die Nato ist mit einem erhöhten Verkehrsaufkommen zu rechnen. Dementsprechend kommt es zu einer Zunahme der Treibhausgasemissionen. Generell verursacht der Verkehrssektor in Deutschland rund 22 % der Treibhausgasemissionen (UBA 2024).

QUANTIFIZIERUNG

Veränderungen des Verkehrsgeschehens im Zusammenhang mit dem Betrieb der MKPK beschränken sich laut Vorhabenträger vor allem auf den Betrieb der in die Kaserne zu verlegenden Heeresinstandsetzungslogistik (HIL). Es werden die folgenden täglichen Verkehrsbewegungen angegeben:

aktuell: 500 Bewegungen PKW 10 Bewegungen Schwerlastverkehr	Planfall: 880 Bewegungen PKW 10 Bewegungen Schwerlastverkehr Betrieb der HIL: 3 Bewegungen Schwerlastverkehr 2 Anlieferungen LKW 4 Anlieferungen mit Kleintransportern
---	--

Auf eine Bilanzierung des THG-Ausstoßes der Stapler wird verzichtet, da laut Vorhabenträger nicht mit einer Veränderung der Zahl der Staplerbewegungen zu rechnen ist. Unberücksichtigt bleibt auch, dass die von den Staplern gefahrenen Strecken durch eine künftig kompaktere Anordnung der Gebäude möglicherweise verkürzt werden.

Die Quantifizierung trifft in Ermangelung genauere Daten folgende Grundannahmen, wobei davon ausgegangen wird, dass sich die jeweils gefahrenen Strecken nicht vorhabenbedingt ändern werden:

Durchschnittliche Distanz, die bei einer auf den Betrieb der Kaserne bezogenen PKW-Bewegung zurückgelegt wird (Hin- und Rückfahrt): 40 km; Angenommen wird der aktuelle durchschnittliche CO₂-Ausstoß von PKW in Deutschland von 114,9 g CO₂/100 km (Statista 2024).

Hieraus ergibt sich folgender jährlicher THG-Ausstoß:

$$\text{Nullfall: } 365 \text{ d} * 40 \text{ km} * 500 \text{ PKW/d} * 114,9 \text{ g CO}_2 \text{ km}^{-1} = 839 \text{ t CO}_2 \text{ a}^{-1}$$

$$\text{Planfall: } 365 \text{ d} * 40 \text{ km} * 880 \text{ PKW/d} * 114,9 \text{ g CO}_2 \text{ km}^{-1} = 1 476 \text{ t CO}_2 \text{ a}^{-1}$$

Durchschnittliche Distanz, die bei einer auf den Betrieb der Kaserne bezogenen LKW-Anlieferung (Schwerlastverkehr und sonstige LKW) zurückgelegt wird (Hin- und Rückfahrt): 400 km

Angenommen wird ein durchschnittliches zulässiges Gesamtgewicht von 30 t und ein THG-Ausstoß von 68 g je Tonnenkilometer (tkm). Darüber hinaus wird für den Verkehr zur HIL überschlägig für alle Lieferverkehre mit einer Entsprechung von 5 schweren LKW gerechnet, woraus sich 15 Bewegungen von schweren LKW für die gesamte MKPK im Planzustand ergeben.

Hieraus ergeben sich folgende Emissionen für eine Anlieferung mit schweren LKW, angenommen für 230 Werk-tage pro Jahr:

je LKW-Bewegung: $68 \text{ g tkm}^{-1} * 30 \text{ t} * 400 \text{ km} = 816 \text{ kg CO}_2$

Nullfall: $230 \text{ d} * 816 \text{ kg CO}_2 * 10 \text{ LKW} = 1\,876 \text{ t CO}_2$

Planfall: $230 \text{ d} * 816 \text{ kg CO}_2 * 15 \text{ LKW} = 2\,815 \text{ t CO}_2$

Tabelle 4: überschlägige Berechnung der jährlichen THG-Emissionen im Sektor Verkehr im Null- und im Planfall

Wirkfaktor	Prognose jährliche Emissionen (Quellenfunktion) [t CO ₂ eq a ⁻¹]	
	Nullfall	Planfall
PKW-Verkehr	839	1 476
LKW-Verkehr	1 876	2 815
Summe	2 715	4 291

Es ist also vorhabensbedingt mit einer überschlägigen Zunahme der jährlichen verkehrsbedingten THG-Emissionen um 1 576 t CO₂eq oder 58 % zu rechnen.

5.3 LANDNUTZUNG

Für die Betrachtung der Klimawirksamkeit des Vorhabens wurden aus den Ergebnissen der Biotoptypenkartierung im Rahmen der Erstellung des LBP (PGNU 2024) die drei Landbedeckungsklassen Wald, Offenland und versiegelte/bebaute Flächen abgeleitet und deren Größe im Null- und im Planfall gegenübergestellt. Hieraus wurde anhand durchschnittlicher Angaben die Speicher- und Senkenfunktion dieser Klassen quantifiziert und bilanziert. Berücksichtigt wurden zusätzlich Angaben aus dem forstrechtlichen Fachbeitrag sowie forstrechtliche und aus Klimaschutzgründen gebotene Ausgleichsmaßnahmen (s. LBP, PGNU 2024)

Tabelle 5: Klimawirksame Faktoren und projektbezogene Angaben im Sektor Landnutzung, die für die Betrachtung berücksichtigt werden

Bezeichnung	Klimawirksamkeit	Erläuterung
anlagebedingte Wirkfaktoren		
dauerhafte Inanspruchnahme von Böden	Quelle, Verlust von Speicher	Böden sind der größte terrestrische Speicher für Kohlenstoff und sind als Senke von THG für den Klimawandel von Bedeutung (SCHRUMPF UND TRUMBÖRE 2011). Der vollständige Verlust aller Bodenfunktionen geht mit den neu zu bebauenden und versiegelten Flächen einher. Darüber hinaus entsteht durch die Versiegelung bzw. Bebauung eine großflächige Überwärmungsfläche. Bei der Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die geplanten Dachbegrünungen keine erheblichen Auswirkungen auf die Speicher- und Senkenfunktion der bebauten Flächen haben.
dauerhafte Inanspruchnahme von Waldflächen/Gehölzflächen	Quelle Verlust von Speicher	Wälder und Gehölzflächen haben als Treibhausgasspeicher eine hohe Bedeutung für den Klimaschutz. Sie setzen nicht nur Sauerstoff frei und entziehen der Atmosphäre CO ₂ , sondern sie binden dieses auch langfristig, sie sind also sowohl Senke als auch Speicher von Treibhausgasen. Bei der Zersetzung bzw. Verbrennung von Holzbiomasse wird CO ₂ in die Atmosphäre freigesetzt. Der Verlust dieser Flächen verändert außerdem die Verdunstungsverhältnisse und den Strahlungshaushalt, was zu einer Veränderung des Bestandsklimas führt.

QUANTIFIZIERUNG

Gegenübergestellt werden für die Betrachtung dieses Sektors zunächst die Gesamtflächen der THG-Speicher in den generalisierten klimawirksamen Landbedeckungsklassen Wald/Gehölze, Offenland und versiegelte Flächen. Auf dieser Grundlage erfolgt dann eine Umrechnung dieser Flächen in THG-Speicher bzw. Senken. Bei der Berücksichtigung dieser Werte ist zu beachten, dass die künftige Quellen- bzw. Senkenfunktion, neben einer Reihe von bewirtschaftungsbedingten Faktoren, auch von makroklimatischen Einflussfaktoren wie dem Auftreten von Dürreperioden abhängig ist, so dass die Angaben mit Unsicherheiten behaftet sind. Es werden folgende Annahmen und Werte herangezogen, alle Zahlen zur Speicher- und Senkenfunktion entstammen einer breit angelegten Metastudie der Europäischen Umweltagentur (EEA 2022):

Wald- und Gehölzbiotope:

- größter Kohlenstoffspeicher (oberirdische Biomasse, Totholz, Streuauflage, Humus, Boden-Kohlenstoff)
- größte THG-Senke durch größte CO₂-Assimilation
- junge Wälder haben noch ein geringes Speichervolumen, stellen aber wegen des starken Zuwachses eine deutliche Senke dar.
- Durchschnittlicher CO₂-Speicher im Wald: 488,1 t ha⁻¹
- Durchschnittliche Senkenfunktion im Wald: 11,7 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹
- In der Kaserne bestehen im Nullfall 95,41 ha Waldfläche und keine Waldflächen auf den Aufforstungsflächen

- Im Planfall bestehen in der Kaserne ca. 73,86 ha Wald weiterhin und es werden 6,57 ha aufgeforstet, darüber hinaus werden 14 ha außerhalb der Kaserne aufgeforstet.

Offenlandbiotope:

- teilweise bedeutsamer Kohlenstoffspeicher (wenig in oberirdischer Biomasse; Humus, Boden-Kohlenstoff)
- teilweise relevante THG-Senke durch CO₂-Assimilation
- Aufbau des Boden-Kohlenstoffspeichers ist stark von edaphischen Bedingungen und der Nutzungsweise abhängig.
- Überschlägige Werte für die Speicher- und Senkenfunktion:
- im Planungsgebiet magere Böden, spärliche Vegetation, sehr geringer Gehalt an Boden-Kohlenstoff
 - o CO₂-Speicherung überschlägig: 255,8 t ha⁻¹
 - o durchschnittliche Netto-Senkenfunktion: 0,07 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹
- Ausgleichsflächen: durchschnittliche Standortbedingungen der Agrarlandschaft
 - o CO₂-Speicherung überschlägig: 395,3 t ha⁻¹
 - o durchschnittliche Netto-Senkenfunktion: 4,6 t ha⁻¹ a⁻¹
- Es bestehen im Nullfall 26,94 ha Offenland in der Kaserne und 14 ha auf den Aufforstungsflächen
- Im Planfall bestehen in der Kaserne 16,39 ha Offenland und 0 ha auf den Aufforstungsflächen.

Versiegelte und bebaute Flächen:

- kein bedeutsamer Kohlenstoffspeicher, keine Senke
- Es bestehen im Nullfall 39,44 ha dieses Typs, im Planfall 64,97 ha.

In den Abbildung 3 und Abbildung 4 ist die Verteilung der genannten Klassen auf dem Gelände der Kaserne vor und nach der Umsetzung des Vorhabens dargestellt, die Flächengrößen werden in Tabelle 6 einschließlich der geplanten Ausgleichsmaßnahmen aufgeführt. Im Planzustand sind darüber hinaus noch forstrechtlich erforderliche Aufforstungsmaßnahmen außerhalb der Kaserne zu berücksichtigen.

In einer Stellungnahme des Bundesforstbetriebs Schwarzenborn (BIMA 2024) wird für die zu rodenden Waldflächen i. S. d. Waldrechts mit einer Größe von 21,57 ha ein Speicher im Derbholtzvorrat von 980 t CO₂ angegeben. Der sonst übliche Anteil von etwa 80 % stofflicher Verwertung des Holzes, die mit einer längerfristigen Festlegung des gespeicherten Kohlenstoffs einhergeht, könne hier jedoch wegen mangelhafter Qualität des Holzes nicht erreicht werden. Stattdessen wird ein Anteil von 60 % angestrebt, was einer längerfristigen Festsetzung von 588 t CO₂ entspricht, die von den im Planfall freigesetzten Mengen abzuziehen sind. Da im Derbholz allenfalls etwa ein Drittel des gesamten im Wald gespeicherten Kohlenstoffes gespeichert ist, entspricht dies einer dauerhaften Festlegung von rund 20 % des in den vorhabensbedingt verloren gehenden Gehölzbeständen vorhandenen Speichers.

Tabelle 6: Flächengrößen generalisierter klimawirksamer Landbedeckungsklassen auf dem Gelände der MKPK (Flächen gerundet)

Landbedeckungsklasse	Flächengröße [ha]		CO ₂ -Umsatz (Senkenfunktion) [t CO ₂ eq a ⁻¹]		CO ₂ -Speicherung [t CO ₂ eq]	
	Nullfall	Planfall	Nullfall	Planfall	Nullfall	Planfall
MKPK						
<i>Wald/ Gehölze Erhalt</i>	95,41	73,86	-1120	-867	-46571	-36052
<i>Wald Aufforstung¹⁾</i>	0,00	6,57	0	-77	0	-2189
Wald gesamt (MKPK)	95,41	80,43	-1120	-945	-46571	-38241
Offenland	26,94	16,39	-2	-1	-6891	-4193
versiegelt/ bebaut	39,44	64,97	0	0	0	0
Aufforstungsfläche						
Wald/ Gehölze ¹⁾	0,00	14,00	0	-164	0	-5967
Offenland	14,00	0,00	-64	0	-5534	0
Summe Landnutzungswandel	175,79	175,79	-1187	-1110	-58995	-48401
Festlegung durch langfristige Nutzung	-	-				-588
Summe	175,79	175,79	-1187	-1110	-58995	-48989

1) Anrechnung der Speicherfunktion im Planfall nur zu einem Drittel wegen des zeitlichen Verzugs der Wirksamkeit, s. Kap. 4

Unter Einbeziehung der Aufforstungsmaßnahmen außerhalb der Kaserne ergibt sich somit eine sehr geringe Abnahme der klimawirksamen Wald- und sonstigen Gehölzflächen von 95,41 ha auf 94,43 ha, die mit einer geringfügigen Abnahme der Senkenfunktion von 1120 t CO₂ a⁻¹ auf 1109 t CO₂ a⁻¹ (945 + 164) einhergeht. Die in geringerem Umfang klimawirksamen Offenlandflächen nehmen dagegen von 40,94 ha auf 16,39 ha deutlich ab, was aufgrund der unterschiedlichen Standortbedingungen der Ausgleichsflächen im Vergleich zur Kaserne einer deutlichen Abnahme der Senkenfunktion von 66 t CO₂eq a⁻¹ (64 + 2) auf 1 t CO₂ a⁻¹ entspricht.

Insgesamt verringert sich die Senkenfunktion der Biotopflächen auf dem Gelände der MKPK zuzüglich der Wiederaufforstungsflächen landnutzungsbedingt geringfügig von 1187 t CO₂ a⁻¹ auf 1110 t CO₂eq a⁻¹.

Bezüglich der Speicherfunktion ergibt sich ein Verlust von 10 007 t CO₂eq, der vor allem darauf zurückzuführen ist, dass die Speicherung von Kohlenstoff in Aufforstungsbeständen nur mit großem Zeitverzug vorstättengeht und daher nicht voll in die Bilanzierung einzubeziehen ist (s. o.).

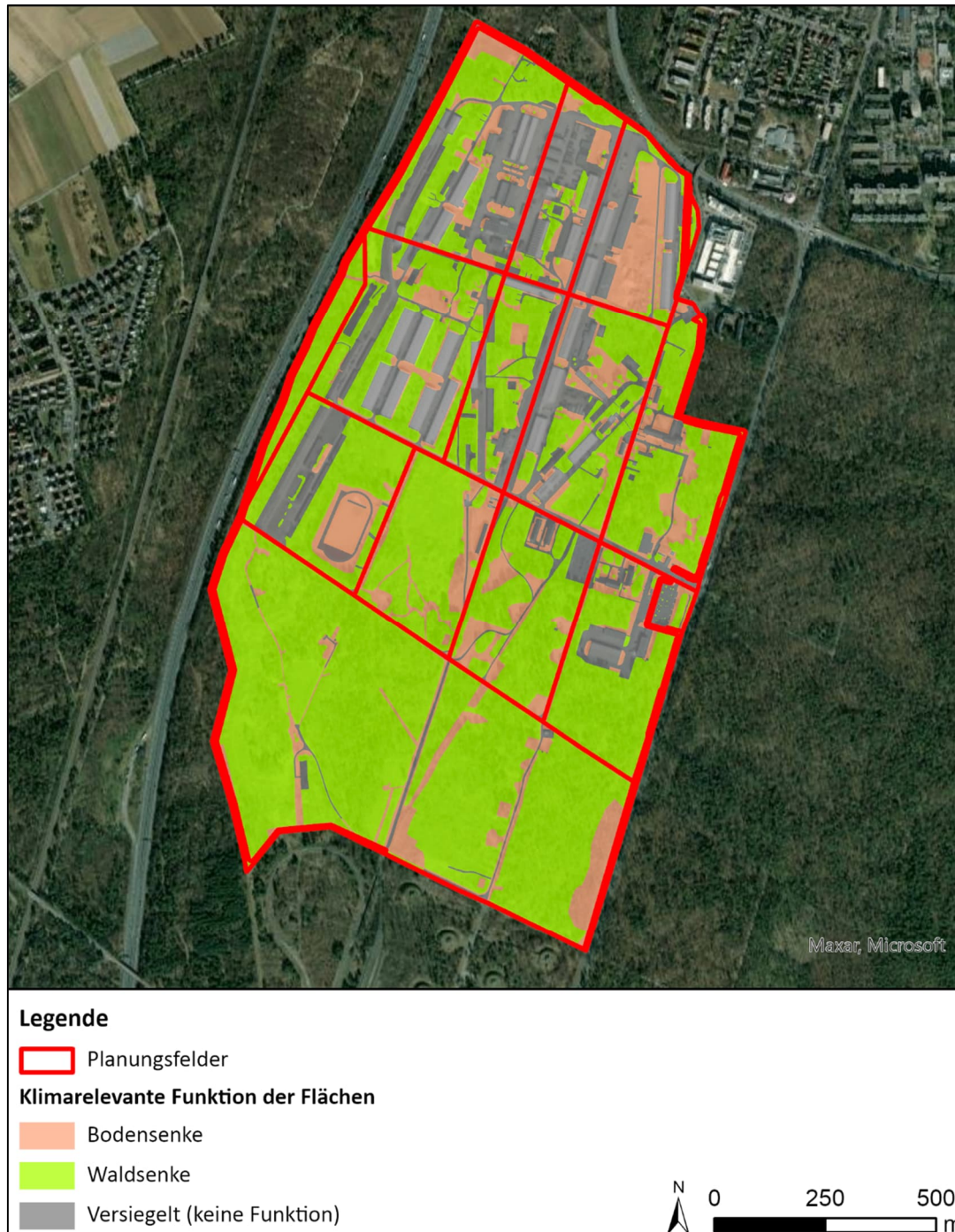


Abbildung 3: Zustand des Planungsgebiets vor dem Eingriff (gegliedert nach Bodensenken, Waldsenken und versiegelten/bebauten Flächen).



Abbildung 4: Zustand des Planungsgebiets nach dem Eingriff (gegliedert nach Bodensenken, Waldsenken und versiegelten/bebauten Flächen).

6 VERMEIDUNGS- UND MINDERUNGSMABNAHMEN VON TREIBHAUSGAS-EMISIONEN

Die Planung des LbAK umfasst eine Reihe von Maßnahmen, die geeignet sind, die vorhabensbedingten THG-Emissionen zu vermindern. Diese lassen sich den folgenden Bereichen zuordnen:

Planung: Bei der Planung der Anlagen wurde soweit möglich nach dem Grundsatz der flächensparenden Anordnung verfahren, soweit dies beim Umbau im laufenden Betrieb möglich ist.

Gebäude- und Energietechnik: Erhebliche Einsparungen lassen sich im Betrieb der Anlagen durch den Einsatz moderner, energieeffizienter Heiz- und Energietechnik erzielen. Geplant wird die Nutzung von Blockheizkraftwerken, einer Pellet-Heizanlage sowie einer Wärmepumpe. Darüber hinaus ist die großflächige Installation von Photovoltaikmodulen mit einer Nennleistung von über 5 400 kWp geplant (s. Kap. 5.1), deren nicht vor Ort benötigte Überschüsse von erwarteten 3 749 MWh in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden sollen (B.A.C. 2022).

Sonstige Maßnahmen: Es soll versucht werden, einen möglichst hohen Anteil des bei den Rodungen von Waldflächen gewonnenen Derbholzes einer stofflichen Verwertung zuzuführen, um so eine möglichst langfristige Festsetzung des darin gebundenen organischen Kohlenstoffs sicherzustellen (BIMA 2024).

Weitere mögliche Maßnahmen: Eine Reihe weiterer möglicher Maßnahmen zur Reduktion der vorhabensbedingten THG-Emissionen kann und sollte in Betracht gezogen werden:

Wiederverwertung von Bau- und Abbruchabfällen

1. Die Entstehung solcher Abfälle sollte möglichst vermieden werden, etwa durch die Erhaltung bestehender Bausubstanz und auf lange Nutzungsdauer ausgelegte Konstruktionen.
2. Nicht vermeidbare Abfälle sollten etwa durch recyclinggerechtes Konstruieren der Bauten, einen recyclinggerechten Baustellenbetrieb und einen recyclinggerechten Abbruch im Wirtschaftskreislauf gehalten werden.
3. Die Beseitigung von Bau- und Abbruchabfällen sollte auf das unumgänglich notwendige Maß beschränkt bleiben und umweltgerecht erfolgen (UBA 2023).

Förderung der Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln

Um das Verkehrsaufkommen zu reduzieren, kann die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln für die Arbeitskräfte attraktiver gestaltet werden. Möglich wäre die Einrichtung einer Bushaltestelle am Kaserneneingang.

Einführung eines Energiemanagementsystems

Mit der betrieblichen Nutzung der Neuanlage kann ein strukturiertes Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001 aufgestellt werden. Mit der Umsetzung dieser Norm können Unternehmen und Organisationen ihre Energieeffizienz verbessern und Energieeinsparpotenziale erkennen.

Umgang mit humosem Oberboden

Bei der Neuinanspruchnahme von bislang vegetationsbedeckten Flächen anfallendes humoses Bodenmaterial sollte einer sachgemäßen Wiederverwertung zugeführt werden, sofern keine Kontamination mit Schadstoffen dem entgegensteht (vgl. etwa LfU 2016).

Einsatz energiesparender Materialien und Techniken

Bei der Auswahl von zu verwendenden Baumaterialien und Verarbeitungstechniken ist deren über den gesamten Lebenszyklus zu erfassende Treibhausgasbilanz mitzubetrachten. Nach Möglichkeit ist der klimaschonenderen Variante der Vorzug zu geben. Dies schließt auch die Förderung der Elektromobilität mit ein.

7 KOMPENSATIONSMABNAHMEN

Durch das Vorhaben kommt es zum anlagebedingten Verlust von insgesamt 15,57 ha Waldfläche mit Klimaschutzfunktion (Treibhausgassenke), der als erhebliche Beeinträchtigung besonderer Schwere (eBs) i. S. d. Anl. 3 BKompV zu bewerten und funktional vor Ort oder im betroffenen Naturraum auszugleichen ist. Im Zuge der im LBP dargestellten Maßnahmenplanung werden innerhalb des Kasernengeländes u.a. insgesamt 6,57 ha Gebäude- und befestigte Flächen zurückgebaut und anschließend wieder entsprechend aufgeforstet. Die Artenauswahl entspricht den Empfehlungen zur klimaangepassten Baumartenwahl (WEZ 10) der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA 2022).

Im waldrechtlichen Sinne, also unter Einschluss nicht mit Gehölzen bestandener Neben- und Kahlschlagsflächen innerhalb der gesetzlich festgelegten Waldflächen, kommt es zur Rodung von 21,58 ha Waldfläche auf der Liegenschaft der MKPK. Das verbleibende Walddefizit wird im Zuge des forstrechtlich erforderlichen Ausgleichs nach BWaldG im Bundesland Hessen ausgeglichen.

Als weitere Maßnahme zum funktionalen Ausgleich des Verlustes von Waldflächen im Sinne der oben genannten Maßnahme der Aufforstung einerseits sowie zum allgemeinen Eingriffsausgleich nach dem Punktwertverfahren andererseits werden alle Waldflächen innerhalb der MKPK (inkl. Kahlschlag- und Vorwaldflächen) durch gelenkte Sukzession zu naturnahen und klimaangepassten Wäldern mit hoher Resilienz entsprechend dem genannten Waldentwicklungsziel aus vornehmlich Eichen und Hainbuchen entwickelt. Die Maßnahme zielt darauf ab, diesen forstökologisch ohnehin geforderten Prozess nach waldökologischen und naturschutzfachlichen Kriterien im Sinne einer möglichst ungestörten Entwicklung zu optimieren. Bei den betroffenen Flächen handelt es sich um alle Waldflächen innerhalb der MKPK mit einer Größe von 34,6 ha, die durch gezielte Förderung von heimischen Eichenarten entwickelt werden können. Diese Maßnahme wurde wegen der nicht annähernd genau zu beziffernden Effekte nicht in die Bilanzierung einbezogen.

Zur kurzfristigen Optimierung der Funktion vorhandener Wälder als Kohlenstoffsенke zur Verminderung des globalen Klimawandels sowie als Ersatz für die Biotop-Schutzgutfunktion der Vielfalt von Lebensgemeinschaften und Lebensräumen sieht §9 (3, 4) BKompV gemäß Anlage 5.A auch das Zulassen der natürlichen Sukzession auf bestehenden Waldflächen vor. Weiterer funktionaler Ausgleich für andere Schutzgutfunktionen ist durch diese Maßnahme ebenfalls möglich. Anl. 6.A BKompV nennt explizit die Vielfalt von Bodentypen und -formen, die Vielfalt von natürlichen Landschaften als natürliches Erbe (sowie, mit Einschränkungen, natürliche Bodenfunktionen, Grundwasserschutz und Wasserretention sowie klimatische und lufthygienische Ausgleichsfunktion). Insgesamt werden im Niemandland ca. 15,8 ha Waldflächen aus der Nutzung genommen.

8 ZUSAMMENFASSENDEN BETRACHTUNG

Der vorliegende Fachbeitrag Klimaschutz zum geplanten Umbau der Major Karl Plagge-Kaserne in Pfungstadt dokumentiert die Wirkungen des Vorhabens auf das globale Makroklima durch die Beeinflussung von Speichern, Senken und Quellen von Treibhausgasen und stellt Maßnahmen zur Optimierung, Vermeidung, Verminderung und Kompensation im Hinblick auf dieses Schutzgut dar.

Die Wirkungen werden differenziert nach den Sektoren Gebäude, Verkehr und Landnutzung aufgeführt. Dabei erfolgt, wo es auf der Grundlage vorhandener Daten und des wissenschaftlichen Kenntnisstands möglich ist, eine überschlägige Quantifizierung der beschriebenen Wirkfaktoren.

Sektor Gebäude

Wesentliche klimawirksame Faktoren sind hier die Herstellung und Verarbeitung von Zement, für die Emissionen von 1 485 t CO₂eq a⁻¹ über eine Lebensdauer der Anlagen von 30 Jahren ermittelt wurden. Für die Entsorgung von Bau- und Abbruchmaterialien und den Baustellenbetrieb wurde ein Wert von 447 t CO₂eq a⁻¹ geschätzt. Für Angaben zur Gebäudetechnik und zur Bereitstellung von Strom und Wärme konnte auf Berechnungen des Liegenschaftsbezogenen Energiekonzepts (LEK) zurückgegriffen werden. Hier ist mit einer Reduktion von aktuell geschätzt etwa 1 687 t CO₂eq a⁻¹ auf 388 t CO₂eq a⁻¹ vor allem durch die Verwendung moderner Heiztechnik zu rechnen. Durch den Einsatz einer großflächigen Photovoltaikanlage auf den Gebäudedächern lassen sich zudem jährlich Emissionen von 2 681 t CO₂eq a⁻¹ einsparen. In der Gesamtschau des Gebäudesektors ergibt sich eine erhebliche Reduktion des THG-Ausstoßes in Höhe von 2 048 t CO₂eq a⁻¹.

Sektor Verkehr

Durch den vorhabensbedingt um etwa 76 % höher anzusetzenden PKW-Verkehr zur Kaserne sowie die Steigerung des LKW-Verkehrs um rund 50 % durch den Betrieb der in die Kaserne zu verlegenden Heeresinstandsetzungslogistik (HIL) ist eine Zunahme der verkehrsbedingten Emissionen von aktuell geschätzten 2 715 t CO₂eq a⁻¹ um 1 576 t CO₂eq a⁻¹ auf künftig 4 291 t CO₂eq a⁻¹ zu erwarten, die durch die Einsparungen im Gebäudesektor mehr als kompensiert wird. Den Berechnungen liegt die konservative Annahme der überwiegenden Verwendung fossiler Energieträger im Verkehrssektor zugrunde.

Sektor Landnutzung

Bei der Gegenüberstellung der Flächengrößen klimawirksamer Landnutzungsklassen im Prognose-Nullfall und im Planfall einschließlich der nach der Eingriffsregelung und dem Waldrecht durchzuführenden Kompensationsmaßnahmen ergibt sich eine geringe Abnahme der als THG-Speicher und -senken wirksamsten Wald- und sonstigen Gehölzflächen. Die Fläche von Offenlandbiotopen nimmt durch das Vorhaben deutlich ab. Durch die stoffliche Verwertung von 60 % des bei den Rodungen anfallenden Derbholzes soll eine langfristige Festsetzung von 588 t CO₂ aus den bestehenden Holzvorräten sichergestellt werden.

Es ergibt sich infolge des Vorhabens eine Abnahme der Senkenfunktion unter Berücksichtigung der Aufforstungsmaßnahmen von 1187 t CO₂eq a⁻¹ auf 1110 t CO₂eq a⁻¹, während die Speicherfunktion von 58 995 t CO₂eq um 10 007 t CO₂eq auf 48 989 t CO₂eq verringert wird.

Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung

Die vorliegende Planung des Liegenschaftsbezogenen Ausbaukonzepts (LbAK) umfasst eine Reihe von Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung von THG-Emissionen:

- nach Möglichkeit flächensparende Anordnung der Anlagen
- energieeffiziente Gebäude- und Heiztechnik (Blockheizkraftwerk, Wärmepumpen, Pelletheizanlage)
- großflächiger Einsatz von Photovoltaik, Einspeisung von Überschüssen in das öffentliche Stromnetz

- möglichst hoher Anteil stofflich zu verwertender Holzträge durch Rodungen

Darüber hinaus ist eine Reihe weiterer Maßnahmen sinnvoll, deren Integration in das Vorhaben zu prüfen ist. Zu nennen sind hier:

- Wiederverwertung von Bau- und Abbruchabfällen
- Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001
- Förderung der Nutzung von ÖPNV
- THG-sensibler Umgang mit humosem Oberboden
- Einsatz energiesparender Materialien und Techniken

In der Summe ergibt sich:

Eine vorhabenbedingte Abnahme der jährlichen THG-Emissionen um 395 t CO₂eq a⁻¹ (Tabelle 7).

Dem gegenüber stehen landnutzungsbedingte Emissionen (Verlust von Speicherfunktionen) in Höhe von 10 007 t CO₂eq.

Nach dieser Berechnung dauert es also etwa 25,3 Jahre, bis die eingriffsbedingten THG-Emissionen durch Einsparungen und Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen sind. Hierbei sind jedoch die in Kap. 7 benannten Waldentwicklungsmaßnahmen auf dem Gelände der MKPK ebenso wenig berücksichtigt wie die zunehmende Nutzung der Elektromobilität im Verkehrssektor.

Bezogen auf den Ist-Zustand und eine angenommene Mindestnutzungsdauer von 30 Jahren für die geplanten Anlagen hat der geplante Umbau der Major-Karl-Plagge-Kaserne in Pfungstadt somit insgesamt sogar einen leicht positiven Effekt auf die vorliegend zu betrachtenden Belange des Klimaschutzgesetzes.

Tabelle 7: Gesamtbilanz der THG-Quellen-/Senkenfunktion in Bezug auf das LbAK (jährlicher THG-Umsatz)

Sektor	Bilanz der Quellen-/Senkenfunktion p.a. [t CO ₂ eq a ⁻¹]	
	Nullfall	Planfall
Gebäude	1 687	-361
Verkehr	2 715	4 291
Landnutzung	-1 187	- 1 110
Summe	3 215	2 820
Differenz		-395

9 LITERATUR

GESETZE UND VERORDNUNGEN

BKOMPV: Bundeskompensationsverordnung vom 14. Mai 2020 (BGBl. I S. 1088). Verordnung über die Vermeidung und die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung.

BNATSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) vom 04. Juli 2009, zul. geändert am 30. Juni 2017.

HKlimaG: Hessisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (Hessisches Klimagesetz) Vom 26. Januar 2023

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

LITERATUR UND INTERNETQUELLEN

Agentur für Erneuerbare Energien e.V. (2022): Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 2022. (2024, 3. Juli). Online abrufbar unter: <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/treibhausgasemissionen-in-deutschland-nach-sektoren-2022>

B.A.C. Dr. Bartleben GmbH (2022): Major Karl Plagge-Kaserne Pfungstadt – Liegenschaftsbezogenes Energiekonzept (LEK). Erläuterungsbericht Version 1.1, Stand: 5. Aug. 2022, unveröfftl. Gutachten i. Auftr. d. LBIH, Leipzig.

BIMA – Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (2024): Stellungnahme des Bundesforstbetriebs Schwarzenborn zur Holzverwertung, Nachhaltigkeit und THG-Minimierung im Rahmen des Scoping-verfahrens zum Umbau der Major Karl Plagge-Kaserne in Pfungstadt.

BMWK (o. D.): Abkommen von Paris. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.htm>, abgerufen am 04.07.2024

DENA (2021): „DENA-Gebäudereport 2022. Zahlen, Daten, Fakten.“ Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.).

EEA – EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (2022): Carbon Stocks and Sequestration in terrestrial and Marine Ecosystems: A Lever for Nature Restoration?, letzter Abruf am 10.7.2024 von <https://www.eea.europa.eu/publications/carbon-stocks-and-sequestration-rates>.

IPCC (1995): Climate Change 1995. IPCC Second Assessment. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

LfU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016): Umgang mit humusreichem organischem Bodenmaterial. Vermeidung – Verwertung – Beseitigung, Augsburg.

MPL Wärme (2022) – Musterplanung Wärmeversorgungsanlagen der Bundeswehr: Pfungstadt Major-Karl-Plagge-Kaserne - Gutachten zur zukünftigen Wärmeversorgung – Projektbezogener Nachtrag zum Gutachten 02/2022, unveröfftl. Gutachten i. Auftr. v. BAIUD Bw, Kompetenzzentrum Baumanagement Wiesbaden, Referat K3.

NW-FVA - NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (2022): Internetdienst zur klimaangepassten Baumartempfehlung, Abgerufen am 1.10.2022 von <https://www.nw-fva.de/BaEm/>.

PGNU (2024): Landschaftspflegerischer Planungsbeitrag zum Umbau der Major Karl Plagge-Kaserne, Gutachten i. Auftr. d. LBIH, Frankfurt

- Schrumpf, M., Trumbore, S. (2011): Unser wichtigster Kohlenstoffspeicher: Wie der Boden als dünne Haut der Erde globale Stoffkreisläufe und das Klima beeinflusst. (o. D.). Max-Planck-Gesellschaft. <https://www.mpg.de/4705567/kohlenstoffspeicher-boden>, abgerufen am 04.07.2024
- Statista 2024: Durchschnittliche CO₂-Emissionen neu zugelassener Personenkraftwagen in Deutschland von 1998 bis 2023, letzter Abruf am 9.7.2024 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/399048/umfrage/entwicklung-der-co2-emissionen-von-neuwagen-deutschland/>
- UBA – Umweltbundesamt (2023): Bauabfälle. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/bauabfaelle#bauabfalle-auf-gipsbasis-und-baustellen-abfalle>, abgerufen am 04.07.2023
- UBA - Umweltbundesamt (2024): Klimaschutz im Verkehr. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr#rolle>, abgerufen am 04.07.2024
- WWF Deutschland (2019): Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie [Report]. https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf, abgerufen am 04.07.2024