
LOKALKLIMATISCHE UND LUFTHYGIENISCHE UNTERSUCHUNG

**B-Plan Nr. 1.1 „Technologiapark Feistenberg“
des Zweckverbandes IndustriePark Oberelbe
der Gemeinden Pirna, Dohna und Heidenau**

Erläuterungsbericht

Projektdaten

Projektbezeichnung:

Lokalklimatische und Lufthygienische Untersuchung für das Bebauungsplanvorhaben Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ des Zweckverbandes IndustriePark Oberelbe der Gemeinden Pirna, Dohna und Heidenau

Projektnummer: U0646-1
Erstellt am: 6.7.2022
Seitenzahl des Berichtes mit Anhang: 99

Auftraggeber:

Zweckverband „Industriepark Oberelbe“
Breite Straße 4
01796 Pirna

Telefon
E-Mail
03529 571 0
info@heidenau.de

Projektbeteiligter / Bearbeitung KAPITEL 1:

BfIP - Büro für Immissionsprognosen
Triftstraße 2
99330 Geratal OT Frankenhain/Thür.

Ansprechpartner: Herr André Zorn
Telefon: 036205 91273
E-Mail: a.zorn@immissionsprognosen.com

Projektbeteiligter / Bearbeitung KAPITEL 2:

Technische Universität Dresden
Institut für Hydrologie und Meteorologie
Piener Straße 23
01737 Tharandt

Ansprechpartner: Herr Dr. Valeri Goldberg
Telefon: 0351 463 31347
E-Mail: valeri.goldberg@tu-dresden.de

Hauptauftragnehmer / Bearbeitung KAPITEL 3:

IDU IT+Umwelt GmbH
Goethestraße 31
02763 Zittau

Ansprechpartner: Frau Ellen Cerwinka
Herr Bert Schmiechen
Telefon: 03583 54999 40
E-Mail: umwelt@idu.de

Zusammenfassung:

Im Rahmen des vorgesehenen Bebauungsplanes Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ des Zweckverbandes IndustriePark Oberelbe der Gemeinden Pirna, Dohna und Heidenau erfolgen detaillierte Untersuchungen zu lokalklimatischen und lufthygienischen Wirkungen im umliegenden Gebiet. Neben den Betrachtungen zu Kaltlufteinflüssen werden auch die Wirkungen auf den Wärmehaushalt des Gebietes untersucht. Dabei wird jeweils die Situation im Zustand ohne Bebauungsplan mit dem Planzustand gegenübergestellt und verglichen. Die lufthygienischen Untersuchungen beschränken sich auf die Immissionssituation durch verkehrsbedingte Luftschadstoffe ohne und mit Plangebiet sowie einer qualitativen Darstellung der Luftschadstoffausbreitung ausgehend von möglichen anlagenbezogenen Emissionsquellen im Plangebiet.

Durch die Umgestaltungen der Nutzungen im Geltungsbereich des B-Plangebiet Nr. 1.1 gegenüber einem unveränderten Zustand sind Auswirkungen zu lokalklimatischen und lufthygienischen Bedingungen im Plangebiet selbst aber auch in der Umgebung zu erwarten.

Im Ergebnis der Untersuchung zum Lokalklima im Kapitel 1 und 2 ist festzustellen, dass Kaltluftflüsse im Untersuchungsgebiet mit starker klimaökologischer Wirksamkeit durch das geplante Vorhaben erhalten bleiben. Kleinräumigere Kaltabflüsse werden hingegen durch das Vorhaben beeinflusst, zeigen aber grundsätzlich eine nur geringere Wirksamkeit. Die Auswirkungen der Umsetzung des B-Plans auf den Wärmehaushalt in der Umgebung des B-Plan-Gebietes ist als gering einzuschätzen. Es werden in der Untersuchung die zu erwartenden Temperaturunterschiede innerhalb des Plangebietes und die Fernwirkung dieser Temperaturänderung gezeigt.

Im Rahmen der lufthygienischen Untersuchung im Kapitel 3 ist festzustellen, dass das Untersuchungsgebiet nicht frei von Luftschadstoffbelastungen ist. Neben der allgemeinen Hintergrundbelastung ergeben sich lokale Luftschadstoffbelastungen durch die Hauptverkehrsstraßen, welche auch im Untersuchungsgebiet emittieren. Ausbreitungsberechnungen zeigen, dass die schutzbedürftige Bebauung im Untersuchungsraum durch mögliche anlagenbedingten Schadstoffimmissionen vornehmlich nur gering bis mittel betroffen sein werden. Die vergleichsweise größten Auswirkungen sind dabei an den zum Plangebiet am nächsten gelegenen Immissionsorten in nordöstlicher und östlicher Richtung zu erwarten. Ein wesentlicher Einfluss auf die Immissionssituation im Untersuchungsraum durch das Abfließen von Kaltluft ist im Jahresmittel nicht zu erwarten.

Die Untersuchung gibt Empfehlungen und Hinweise aus lokalklimatischer und lufthygienischer Sicht für die weitere Bauleitplanung und zieht im Kapitel 4 ein grundsätzliches Fazit aus den drei einzelnen Untersuchungen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Projektdaten	2
Zusammenfassung	2
KAPITEL 0 UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND	5
0.1 Sachverhalt und Gegenstand der Untersuchung	6
0.2 Planungsgrundlagen und Unterlagen zur Untersuchung	7
0.3 Beschreibung des Vorhabens und des Untersuchungsraumes	7
0.3.1 Vorhabenplanung	7
0.3.2 Standortbeschreibung Vorhaben	7
0.3.3 Nutzungsbeschreibung des Plangebietes	8
0.3.4 Beschreibung des Untersuchungsraumes	10
0.3.5 Beschreibung der Schutzgüter	11
0.4 Literatur- und Fundstellenverzeichnis	11
KAPITEL 1 UNTERSUCHUNGEN ZUM LOKALKLIMA - KALTLUFTFLÜSSE	12
1.1 Motivation / Veranlassung	13
1.2 Beurteilungskriterien zu Kaltluftflüssen	13
1.3 Methodik der Ermittlungen zu Kaltluftflüssen	14
1.4 Eingangsdaten und Protokolle	15
1.5 Ergebnisse	21
1.5.1 Kaltluft-Geschwindigkeit, Fließrichtung und Schichtdicke	21
1.5.2 Kaltluftvolumenstrom	22
1.5.3 Ausbreitung von Luftbeimengungen bei Kaltluftereignissen	24
1.6 Vergleich zu Ergebnissen vorangegangener Untersuchungen	25
1.7 Fazit zu Kaltluftflüssen, Beurteilung	26
1.8 Literatur- und Fundstellenverzeichnis	27
KAPITEL 2 UNTERSUCHUNGEN ZUM LOKALKLIMA - WÄRMEHAUSHALT	29
2.1 Motivation / Veranlassung	30
2.2 Methodik der Ermittlungen zum Wärmehaushalt des Gebietes	30
2.2.1 Interaktion der Landnutzung mit dem Wärmehaushalt	30
2.2.2 Auswirkung auf Oberflächen- und Lufttemperatur	30
2.2.3 Datengrundlage	31
2.2.4 Verwendete mikrometeorologische Modelle	31
2.2.5 Vergleichsdaten aus Messungen	36
2.2.6 Dokumentation der durchgeführten Fallsimulationen im Vergleich der Landnutzung vor und nach Umsetzung des B-Plans	36
2.3 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	37
2.3.1 Temperaturverhältnisse vor und nach Umsetzung des B-Plans für sommerliche Extrembedingungen (ENVI-met)	37
2.3.2 Oberflächentemperatur für typische Landnutzungen im Gebiet (HIRVAC)	43
2.3.3 Vergleichsmessungen zur Oberflächentemperatur	45
2.4 Fazit zu den Auswirkungen auf den Wärmehaushalt, Beurteilung	46
2.5 Literatur- und Fundstellenverzeichnis	46
KAPITEL 3 UNTERSUCHUNGEN ZUR LUFTHYGIENE	48
3.1 Motivation / Veranlassung	49
3.2 Beurteilungs- und Bewertungsgrundlagen	49
3.3 Erläuterung von Fachausdrücken	50
3.4 Daten und Kenngrößen der Hintergrundbelastung	51
3.5 Methodik der Ermittlungen der Immissionskenngrößen	54
3.5.1 Berechnungs- und Prognosemodell zur Berechnung der Immissionskennwerte	54
3.5.2 Meteorologie im Untersuchungsraum	55
3.5.3 Beurteilungsgebiet, einzelne Aufpunkte	56
3.6 Emissionsdaten	58
3.6.1 Emissionsdaten und Kenngrößen verkehrsbedingter Luftschadstoffe	58
3.6.2 Mögliche anlagenbezogene Emissionsquellen	61

	Seite	
3.7	Immissionssituation im Untersuchungsraum	65
3.7.1	Beurteilungsgrundlage	65
3.7.2	Immissionssituation durch verkehrsbedingte Luftschadstoffe	65
3.7.3	Fazit zu den Auswirkungen der verkehrsbedingten Immissionssituation, Beurteilung	69
3.7.4	Immissionssituation durch anlagenbezogene Luftschadstoffe	70
3.7.5	Fazit zu den Auswirkungen der anlagenbedingten Immissionssituation, Beurteilung	73
3.8	Empfehlungen und Hinweise für die weitere Bauleitplanung	73
3.9	Literatur- und Fundstellenverzeichnis	74
KAPITEL 4	FAZIT ZU DEN UNTERSUCHUNGEN	75
ANHANG		77

KAPITEL 0 UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND

0.1 Sachverhalt und Gegenstand der Untersuchung

Der Zweckverband „Industriepark Oberelbe“ entwirft den B-Plan Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“. Ziel ist die Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen für eine industrielle/gewerbliche Nutzung des am westlichen Rand der Stadt Pirna gelegenen Gebietes. Es handelt sich um ein bisher überwiegend landwirtschaftlich genutztes Areal entlang der Bundesstraße 172a.

Bei der Aufstellung von Bebauungsplänen sind die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Belange des Umweltschutzes gemäß § 1 Abs. 6 Baugesetzbuch (BauGB) zu berücksichtigen. Zur Verhinderung der Einwirkung von schädlichen Umwelteinflüssen auf die Umgebung sollen im Vorfeld Untersuchungen zum Lokalklima und zur Lufthygiene erfolgen.

Die lokalklimatischen Untersuchungen umfassen lt. Aufgabenstellung folgende Punkte:

- eine allgemeine lokalklimatische Untersuchung (Basisuntersuchungen) mit
 - einer Beschreibung der für die Ausbreitung und Auswirkungen von Luftbeimengungen bedeutsamen örtlichen Gegebenheiten im Sinne der VDI 3781-13 auf der Grundlage einer Standortinspektion
 - einer Beschreibung der regionale Windverhältnisse auf der Grundlage von Ergebnissen der METRAS-Simulationen mit Beurteilung des Potenzials der Entstehung von Kaltluftereignissen einschließlich der Unterschiede zwischen Plangebiet und Tallagen
 - jeweils einer Berechnung für den Ist- und einen Plan-Zustand zur Entstehung und zum Abfluss von Kaltluft mit dem Modell KLAM_21 des DWD mit Prüfung und Bewertung der lufthygienischen Wirkungsräume im Zusammenhang mit Kaltluft, einschließlich Vergleich zu den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen des IB Lohmeyer DD
 - einer Prüfung der Übertragbarkeit meteorologischer Daten (QPR) und Erstellung einer Zeitreihe zur Anwendung im Rahmen der TA Luft anhand von Messungen zu den Windverhältnissen an nahe gelegenen Wetterstationen und / oder synthetischen Daten zu Regionalwind-Simulationen im Sinne der VDI 3783-20,
- eine Untersuchung zur Ausbreitung von Luftbeimengungen bei Kaltluftereignissen mit
 - einer Berechnung des Ausbreitungswegs verkehrsbedingter Luftschadstoffe für den Ist- und einen Plan-Zustand mit dem Modell KLAM_21 des DWD
 - einer Berechnung des Ausbreitungswegs aus einer Punktquelle im Plangebiet mit dem Modell KLAM_21 des DWD
 - einer Beurteilung der Frischluft-Qualität bei Kaltluftabflüssen für den Ist- und einen Plan-Zustand einschließlich der Auswirkungen auf besonders empfindliche Nutzungen in der Umgebung.
- eine spezielle Untersuchung zum Lokalklima bezüglich des Wärmehaushaltes mit
 - einer quantitativen Erfassung der nächtlichen Überwärmung insbesondere der Änderung des Wärmehaushalts und damit der Änderung der Lufttemperatur zwischen Ist-Zustand und einen Planzustand.

Die lufthygienischen Untersuchungen umfassen lt. Aufgabenstellung folgende Punkte:

- eine allgemeine Untersuchung zu Verkehr, Industrie/Gewerbe mit
 - einer Untersuchung zu verkehrsbedingten Luftschadstoffen
 - einer Untersuchung zu exemplarischen Luftschadstoffen durch das Plangebiet,
- die Erstellung von Kaltluftströmungsfeldern mit
 - einer Berechnung gesonderter Kaltluftströmungsfelder als Bibliotheken jeweils für den Ist- und einen Plan-Zustand unter Berücksichtigung der Flächenumwandlung einschließlich Bereitstellung von zugehörigen Jahreszeitreihen der Ausbreitungsklassen als Voraussetzung für die Ermittlung von Kenngrößen zur Luftgüte,
- eine spezielle Untersuchung zu Verkehr, Industrie/Gewerbe mit
 - einer Berechnung der Luftschadstoffimmissionen unter Berücksichtigung gesonderter Kaltluftströmungsfelder für den Ist- und einen Plan-Zustand.

Ziel der Untersuchung ist, festzustellen, in welcher Form sich Änderungen in der lokalklimatischen und lufthygienischen Situation im Umfeld des Geltungsbereiches des B-Planes ergeben sowie - soweit erforderlich - Hinweise und Empfehlungen für die weitere Planung zu geben.

0.2 Planungsgrundlagen und Unterlagen zur Untersuchung

Für die Bearbeitung des schalltechnischen Gutachtens lagen folgende projektbezogene Unterlagen einschließlich des Kartenmaterials zum Bauvorhaben vor:

- GIS-Rohdaten
 - ALKIS-Daten Flurstücke und Gebäude
 - DGM - Digitales Geländemodell in unterschiedlicher Auflösung
 - DOM - Digitales Oberflächenmodell in unterschiedlicher Auflösung
 - 3D-Stadtmodell
 - topografische Karten
 - Luftbilder,
- B-Plan Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ (Entwurfszeichnungen vom 17.6.2022),
- Grünordnungsplanung,
- Verkehrsuntersuchung,
- Fotodokumentationen.

Zur Vervollständigung der Beurteilungsgrundlagen fand eine Orts- und Umgebungsbesichtigung statt. Es erfolgten Abstimmungen mit dem Auftraggeber, dem Planungsbüro für den Bebauungsplan und entsprechenden Fachplanern.

0.3 Beschreibung des Vorhabens und des Untersuchungsraumes

0.3.1 Vorhabenplanung

Im Dreieck Pirna-Dohna-Heidenau soll eine planungsrechtliche Voraussetzung für wachstumsstarke Unternehmen geschaffen werden. Mit Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ durch den Zweckverband IndustriePark Oberelbe wird eine Fläche von insgesamt 139 ha überplant. Dabei werden Industrie- und Gewerbeflächen in einer günstigen Anbindung an leistungsfähige Verkehrswege vorgesehen. Das wesentliche Ziel des Zweckverbandes ist, die kommunalen Entwicklungsziele der drei Städte durch die Entwicklung eines interkommunalen Gewerbe- und Industriegebietes umzusetzen und die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Entwicklung im produzierenden Sektor zu schaffen. Zugleich sollen neue Impulse für die wirtschaftliche Entwicklung der Region gegeben und damit die wirtschaftlichen Aufgaben als Mittel- bzw. Grundzentrum erfüllt werden.

0.3.2 Standortbeschreibung Vorhaben

Das Plangebiet des Bebauungsplanes Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ des Zweckverbandes IndustriePark Oberelbe befindet sich

- im Freistaat Sachsen,
- im Landkreis Sächsische Schweiz - Osterzgebirge,
- in der Stadt Pirna und Heidenau/Sa.,
- in der Gemarkung Pirna, Zuschendorf und Großsedlitz.

Die geografische Lage des B-Plangebietes kann durch folgende Koordinaten (ETRS 89, UTM-Koordinaten Zone 33) beschrieben werden:

- Ostwert: von 422438 bis 424143,
- Nordwert: von 5643677 bis 5645174.

Der Geltungsbereich des B-Planes liegt auf einer Höhe von etwa 160 m im Osten bis 196 m im westlichen Teil über NHN. Im südwestlichen Bereich des Plangebietes ergibt sich eine leichte Anhöhe. Durch den zerschneidenden Verlauf der Bundesstraße 172a mitten durch das Plangebiet von West nach Ost ergeben sich anthropogene Oberflächenformen (lokale Damm- oder Troglage der Straße).

Begrenzt wird das Plangebiet

- im Norden durch land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen nördlich der Kreisstraße K 8772,
- im Nordosten durch eine Kleingartenanlage entlang der Dippoldiswalder Straße,
- im Osten durch eine Motorsportanlage des MSC Pirna e.V. und Grünflächen, in weiterer Entfernung durch die derzeit in Bau befindliche Bundesstraße B 172n,
- im Südosten durch Einzelbebauungen der Straße Oberlindigt (Lindigthäuser),
- im Süden durch einen Verbindungsweg zwischen Oberlindigt, Kreisstraße 8771 und Hohle
- im Westen durch landwirtschaftliche Nutzfläche.

Die Bundesstraße 172a und die Kreisstraße 8771 bzw. 8772 durchschneiden den Geltungsbereich des Plangebietes.

Die Lage des Untersuchungsraumes mit den Abgrenzungen des Bebauungsplanes ist in der Abbildung 0.1 dargestellt.

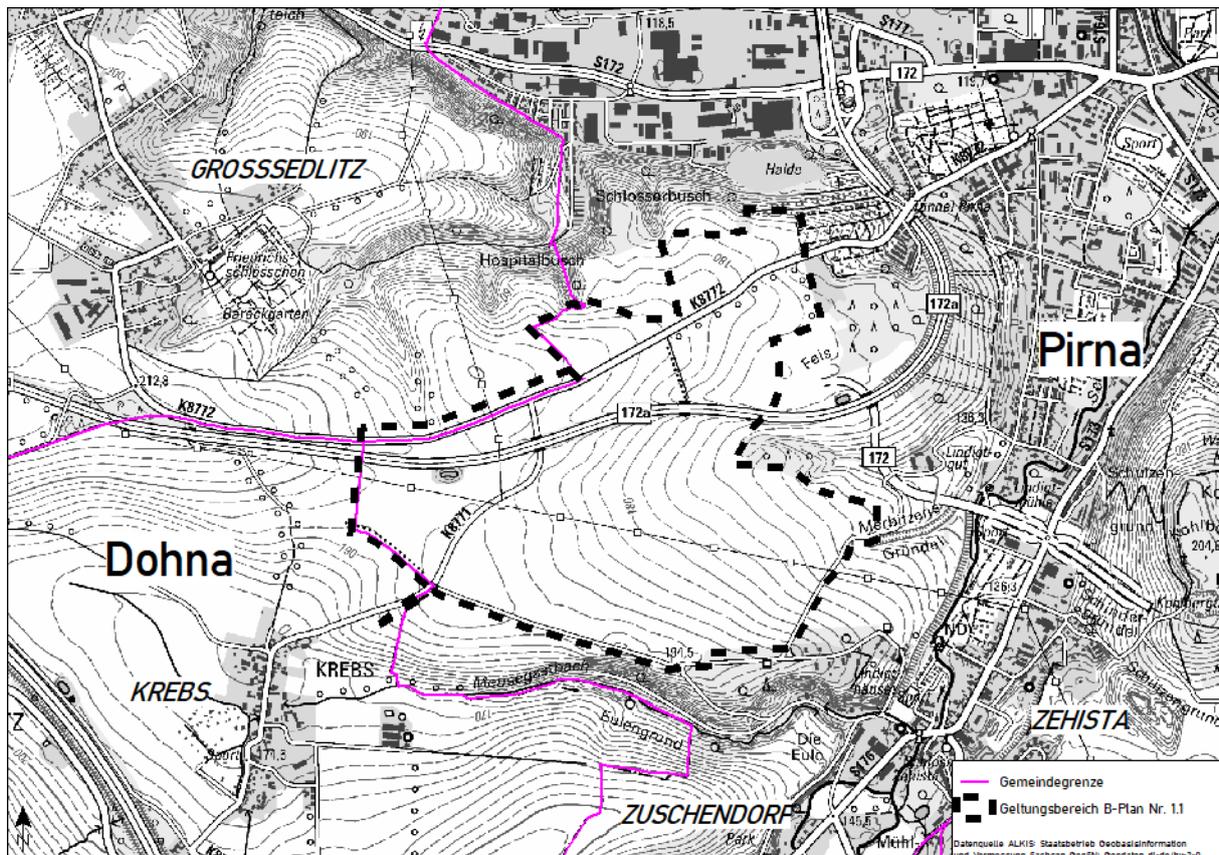


Abbildung 0.1: Übersichtslageplan des B-Planes 1.1 „Technologiepark Feistenberg“, Kartenhintergrund [1]

0.3.3 Nutzungsbeschreibung des Plangebietes

Der Geltungsbereich des Plangebietes wird derzeit - mit Ausnahme der Verkehrsflächen der Bundes- und Kreisstraßen und dessen Nebenanlagen (Regenrückhaltung) - landwirtschaftlich genutzt. Es handelt sich um ausgeräumte Ackerflächen. Gegenwärtig ist das Plangebiet unbebaut.

Die Flächen des Bebauungsplanes werden unterschiedlich überplant. Das sind insbesondere Flächen für:

- Industriegebiete (GI) nach § 9 BauNVO,
- Gewerbegebiete (GE) nach § 8 BauNVO,
- Verkehrsflächen,
- Verkehrsflächen mit einer besonderen Zweckbestimmung,
- Flächen für Ver- und Entsorgungsanlagen,
- Grünflächen.

Die derzeitige Nutzung des Plangebietes zeigt die Luftaufnahme in der Abbildung 0.2. Die vorgesehene Flächenaufteilung im Plangebiet ist in der Abbildung 0.3 dargestellt.



Abbildung 0.2: Übersicht der Nutzungsform (2020) im Geltungsbereich des B-Planes, Kartenhintergrund [1]



Abbildung 0.3: Übersicht der geplanten Flächenaufteilung im Geltungsbereich des B-Planes (Arbeitsstand 17.06.2022)

0.3.4 Beschreibung des Untersuchungsraumes

Der Untersuchungsraum erstreckt sich um das gesamte Plangebiet in einem Puffer von mindestens 1 km und umfasst mindestens den westlichen und südwestlichen Teil der Stadt Pirna (auch die Stadtteile Zehista und Zuschendorf), den östlichen Teil der Stadt Heidenau/Sa., die Ortslage Großsedlitz (zu Heidenau/Sa.), die Ortslage Krebs (zu Dohna). Es handelt sich dabei um die nächstliegenden Bereiche mit dem Schutzgut menschliche Gesundheit.

Die Entwicklung der Modelle für die lokalklimatische Untersuchung erfordert jedoch ein viel größeres Untersuchungsraum, welches sich über mehrere Kilometer um das Plangebiet erstreckt, um so die Einflüsse der komplexen Topographie insbesondere der Sächsischen Schweiz und des Osterzgebirges zu erfassen.

0.3.5 Beschreibung der Schutzgüter

Im Rahmen der lokalklimatischen und lufthygienischen Untersuchung ist das Schutzgut menschliche Gesundheit vordergründig zu betrachten. Damit sind alle umliegenden Bereiche mit einem ständigen Aufenthalt von Menschen gemeint.

Das Plangebiet selbst befindet sich nicht innerhalb eines Natura 2000-Gebietes jedoch im Landschaftsschutzgebiet ‚Großsedlitzer Elbhänge und Hochflächen‘, welches den Bereich nördlich der Bundesstraße 172a umfasst.

Folgende mittelbar umliegende Schutzgebiete sind zu nennen [1]:

- LSG ‚Großsedlitzer Elbhänge und Hochflächen‘ unmittelbar nördlich des Plangebietes,
- LSG ‚Unteres Osterzgebirge‘ - 1.100 m südlich des Plangebietes,
- FFH-Gebiet ‚Barockgarten Großsedlitz‘ - 400 m nordwestlich entfernt),
- FFH-Gebiet ‚Seidewitztal und Börnersdorfer Bach‘ - unmittelbar südlich angrenzend.
- SPA-Gebiet ‚Osterzgebirgstäler‘ - 1.100 m südlich des Plangebietes

Mehrere geschützte Biotope nach § 21 SächsNatSchG grenzen an das Plangebiet.

0.4 Literatur- und Fundstellenverzeichnis

- [1] Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen GeoSN: Höhenmodelle, Topografische Karten, Luftbilder, WMS-Dienste, Geodaten dl-de/by-2-0, Dresden, 2022
<https://www.geodaten.sachsen.de/> Zugriff am 14.3.2022

KAPITEL 1 UNTERSUCHUNGEN ZUM LOKALKLIMA - KALTLUFTFLÜSSE

1.1 Motivation / Veranlassung

Es sollen mögliche Veränderungen des Lokalklimas bei der Bebauung der Flächen im Geltungsbereich des B-Planes Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ bewertet werden. Die Flächen werden derzeit überwiegend ackerbaulich genutzt und können zur Kaltluftentstehung und wegen ihrer Hangneigung auch zur Versorgung der bestehenden Wohnbebauung der Städte Heidenau und Pirna mit Frischluft beitragen. Durch die infrastrukturelle Änderung des Geltungsbereiches ergeben sich möglicherweise Einflüsse auf diese bestehende lokalklimatische Situation.

Aufgabe dieses Untersuchungsteils im Kapitel 1 ist:

- eine Beschreibung der für die Ausbreitung von Luftbeimengungen bedeutsamen örtlichen Gegebenheiten im Sinne der VDI 3781-13 [1] auf der Grundlage einer Standortinspektion,
- eine Beschreibung der regionalen Windverhältnisse auf der Grundlage von Ergebnissen der METRAS-Simulationen [2] mit Beurteilung des Potenzials der Entstehung von Kaltluftereignissen einschließlich der Unterschiede zwischen Plangebiet und Tallagen,
- jeweils eine Berechnung für den Ist- und den Plan-Zustand zur Entstehung und zum Abfluss von Kaltluft einschließlich Vergleich zu den Ergebnissen bisheriger Untersuchungen,
- Berechnung des Ausbreitungswegs verkehrsbedingter Luftschadstoffe für den Ist- und den Plan-Zustand mit dem Modell KLAM_21 des DWD [3],
- Berechnung des Ausbreitungswegs aus einer Punktquelle im Plangebiet mit dem Modell KLAM_21 des DWD [3],
- Beurteilung der Frischluft-Qualität bei Kaltluftabflüssen für den Ist- und einen Plan-Zustand einschließlich der Auswirkungen auf besonders empfindliche Nutzungen in der Umgebung.

Weitergehende Ermittlungen zu den Emissionen und Immissionen sowie deren Auswirkungen gehören nicht zum Gegenstand dieser Betrachtungen in diesem Kapitel.

1.2 Beurteilungskriterien zu Kaltluftflüssen

Kaltluft besitzt, je nachdem ob sie fließt oder stagniert, unterschiedliche Eigenschaften. Diese Eigenschaften können bewertbare Funktionen erfüllen. Die Eigenschaft „Luftaustausch“, die fließender Kaltluft zukommt, kann für eine wärme- oder lufthygienisch belastete Siedlung die Funktion der Belüftung erfüllen.

Bei Kaltluftentstehung und -abfluss können Herkunfts- und Wirkungsraum voneinander unterschieden werden. Der Herkunftsraum ist das Gebiet, in dem die Kaltluft entsteht. Der Wirkungsraum ist der Bereich, in den hinein Kaltluft aus einem zugehörigen Herkunftsraum (Kaltlufteinzugsgebiet) transportiert wird.

Die Bewertung der Kaltluft hängt damit sowohl von den Parametern des Kaltluftflusses als auch von den Verhältnissen des Wirkungsraumes der Kaltluft ab. Diese kann z.B. gleichzeitig einerseits positiv für Menschen infolge des thermischen Ausgleichs sowie der lufthygienischen Entlastung und andererseits negativ für frostempfindliche Vegetation sein. Hierfür gibt es derzeit zwar noch keine verbindlichen (absoluten) Vorgaben im Sinne von Richt- bzw. Grenzwerten. Jedoch lassen sich planerische Auswirkungen von Kaltluftflüssen anhand der Änderung gegenüber dem Ist-Zustand bzw. dem Null-Fall gemäß Tabelle 11 der VDI 3787-5 [4] wie folgt einschätzen:

- Änderung gegenüber dem Ist-Zustand bzw. dem Null-Fall $> 10\%$ → hohe Auswirkungen,
- Änderung gegenüber dem Ist-Zustand bzw. dem Null-Fall $\leq 10\%$ → mäßige Auswirkungen,
- Änderung gegenüber dem Ist-Zustand bzw. dem Null-Fall $\leq 5\%$ → geringe Auswirkungen.

Dies betrifft sowohl die Häufigkeit des Auftretens als auch den Kaltluftstrom selbst, wobei damit im Zusammenhang stehende Temperaturunterschiede eine untergeordnete Rolle einnehmen und hier nicht beurteilt werden.

Die Stärke des Kaltluftabflusses lässt sich nach Werner et al. [5] zitiert nach Abschnitt 3.1 in VDI 3787-1 [6] hinsichtlich ihrer klimaökologischen Wirksamkeit wie folgt unterteilen:

- Kaltluftvolumenstrom $\geq 10000 \text{ m}^3/\text{s}$ → starke klimaökologische Wirksamkeit
- Kaltluftvolumenstrom $1000 \dots 10000 \text{ m}^3/\text{s}$ → mittlere klimaökologische Wirksamkeit
- Kaltluftvolumenstrom $< 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ → schwache klimaökologische Wirksamkeit.

1.3 Methodik der Ermittlungen zu Kaltluftflüssen

Für die Ermittlung und Beurteilung der Auswirkungen von Kaltluft wurden gesonderte Berechnungen mit dem Programmsystem KLAM_21 [3] vorgenommen. Dieses ist ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen und Kaltluftansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände. Es berechnet die bei nächtlicher Abkühlung entstehenden Schwereströmungen sowie die zeitliche Entwicklung der Kaltluflhöhe für vorgebbare Simulationszeiten von mehreren Stunden bis hin zur Andauer der Nacht. Obwohl hierbei die effektive langwellige Ausstrahlung berücksichtigt wird, können daraus keine konkreten Angaben zur Lufttemperatur bzw. deren Änderungen hergeleitet werden.

KLAM_21 verfügt über eine Erweiterung um ein Eulersches Ausbreitungsmodell für Luftbeimengungen. Dies gestattet z.B., die Ausbreitung einer an einem bestimmten Punkt des Modellgebiets gestarteten Tracersubstanz zu verfolgen. Es können aber auch Ensembles von linienhaft oder flächenhaft verteilten Quellen simuliert werden. Das Modell errechnet dann zu wählbaren Zeitpunkten die davon herrührenden Schadstoffkonzentrationen. Berücksichtigt werden die physikalischen Prozesse der Emission mit beliebig vorgebbaren, stationären Quellen sowie der horizontalen Advektion im Strömungsfeld der Kaltluft. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Emissionen in der Kaltluftschicht verbleiben und in derselben Weise wie die Kaltluft transportiert werden. Die errechneten Konzentrationen beruhen auf der Annahme, dass die Beimengung über die Höhe der Kaltluftschicht gleichverteilt ist.

Lokale Senken für Luftbeimengungen sind jedoch noch nicht unmittelbar erfassbar. So ist z.B. die Wirkung von Immissionsschutz-Bepflanzung nicht nur auf die Rauigkeitsinduzierte Turbulenz und die damit verbundene stärkere Durchmischung beschränkt. Hinzu kommen noch insbesondere die unmittelbare Bindung von Luftbeimengungen infolge erhöhter Feuchtigkeit im Blattraum; der mikrobielle Abbau auf der Blatt-, Zweig- bzw. Stammoberfläche; der verbesserte chemische Umsatz durch Freisetzung aktivierten Sauerstoffs im Zusammenhang mit der Photosynthese sowie die stoffwechselbedingte Blattatmung selbst. Je dichter und tiefer bzw. breiter (oft genügen schon wenige Dekameter) ein Grüngürtel ist, um so ausgeprägter ist der Effekt der Immissionsminderung. Hinsichtlich der Quantifizierung besteht jedoch noch Forschungsbedarf, weshalb hier noch keine allgemein gültigen Auslegungswerte angegeben werden können.

Die mit den Ergebnissen der Berechnungen ausgewiesenen Immissions-Konzentrationen gelten lediglich für Einzelfälle innerhalb der Kaltluft beim Eintreten entsprechender Ereignisse im Sinne einer Momentaufnahme für den jeweiligen Zeitpunkt der Datenausgabe. Statistische Kenngrößen zur Beurteilung der Schädlichkeit von Umweltwirkungen, z.B. anhand der Immissions-Jahreswerte (IJW), Immissions-Tageswerte (ITW), Immissions-Stundenwerte (ISW) oder Irrelevanz-Schwellen (IRS) der TA Luft, sind damit nicht ermittelbar. Zu den schädlichen Umwelteinwirkungen gehören Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen der Nachbarschaft und/oder der Allgemeinheit, gegenüber denen ein gesetzlicher Schutzanspruch besteht. Mögliche Belastungen sind i.Allg. erst dann als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen, wenn mit diesen bestimmte Maßstäbe (wie die o.g. IJW, ITW und ISW) überschritten werden. Für diesbezügliche Berechnungen sind jedoch andere Modelle bzw. Programme wie z.B. AUSTAL oder LASAT anzuwenden.

Die ursprünglich im Modell KLAM_21 vorgenommene Parametrisierung der Landnutzung wurde auf sämtliche Kategorien des CORINE Land Cover 5 ha, Stand 2018 (CLC5) [7] ausgedehnt und an die Rauigkeitsklassifizierung der Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft [8] angepasst

Kaltluftereignisse verlaufen üblicherweise mit hoher Dynamik. Das heißt, nach deren Eintreten schaukeln sich diese rasch auf und erreichen nach ca. 2 bis 4 Stunden ihre charakteristischen lokalen Ausprägungen. Im Weiteren greifen regionale Ausgleichsströmungen mehr und mehr durch, welche die lokalen Zirkulationssysteme modifizieren oder gar vollständig ausräumen können. Letzteres ließe sich mit KLAM_21 zwar pauschal über die Vorgabe eines Windwerts berücksichtigen, kann jedoch in seiner Dynamik nur unzureichend abgebildet werden. Daher werden die nachfolgenden Berechnungen auf die ersten vier Stunden nach dem Eintritt eines Kaltluftereignisses begrenzt.

Das Rechengebiet wurde mit einem Kernbereich der Maschenweite 16 m und einem äußeren Netz der Maschenweite 80 m genestet.

1.4 Eingangsdaten und Protokolle

Emissionen diffuser Quellen wurden anhand der Relationen der verkehrsbedingten Stickstoffoxide auf Rasterflächen der im Plan-Fall neu entstandenen Verkehrswege innerhalb des Geltungsbereichs des B-Plans verteilt. Diese wurden so skaliert, dass die entsprechenden Luftbeimengungen als Tracer im Immissionsfeld erkennbar werden. Absolute Konzentrationsangaben sind nicht interpretierbar insbesondere auch, weil keine Vergleichsmaßstäbe wie bei der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft [] zur Verfügung stehen. Jedoch können die relativen Angaben eindrucksvoll das Ausbreitungsverhalten aus sämtlichen diffusen Quellen auch jenseits der verkehrsbedingten Emissionen veranschaulichen.

Ähnliche Betrachtungen für gefasste Quellen wären nur für solche in Tallagen sinnvoll und können daher hier unterbleiben. Die entsprechenden Schornsteine bzw. Kamine dürften im Bereich des geplanten Vorhabens üblicherweise unter Berücksichtigung der Anforderungen der Nr. 5.5 TA Luft [8] ausgelegt werden und mit der zugehörigen thermischen und/oder dynamischen Abgasfahnenüberhöhung in Luftschichten relativ weit über Grund ggf. auch schon oberhalb der Kaltluft emittieren, womit die betreffenden Luftbeimengungen unter solchen Bedingungen kaum die Nähe der Erdoberfläche erreichen.

Als Höhenmodell wurde das DGM20 [9] per Spline-Interpolation auf die Maschenweiten des Rechengitters übertragen, wie nachfolgende Grafik veranschaulicht.

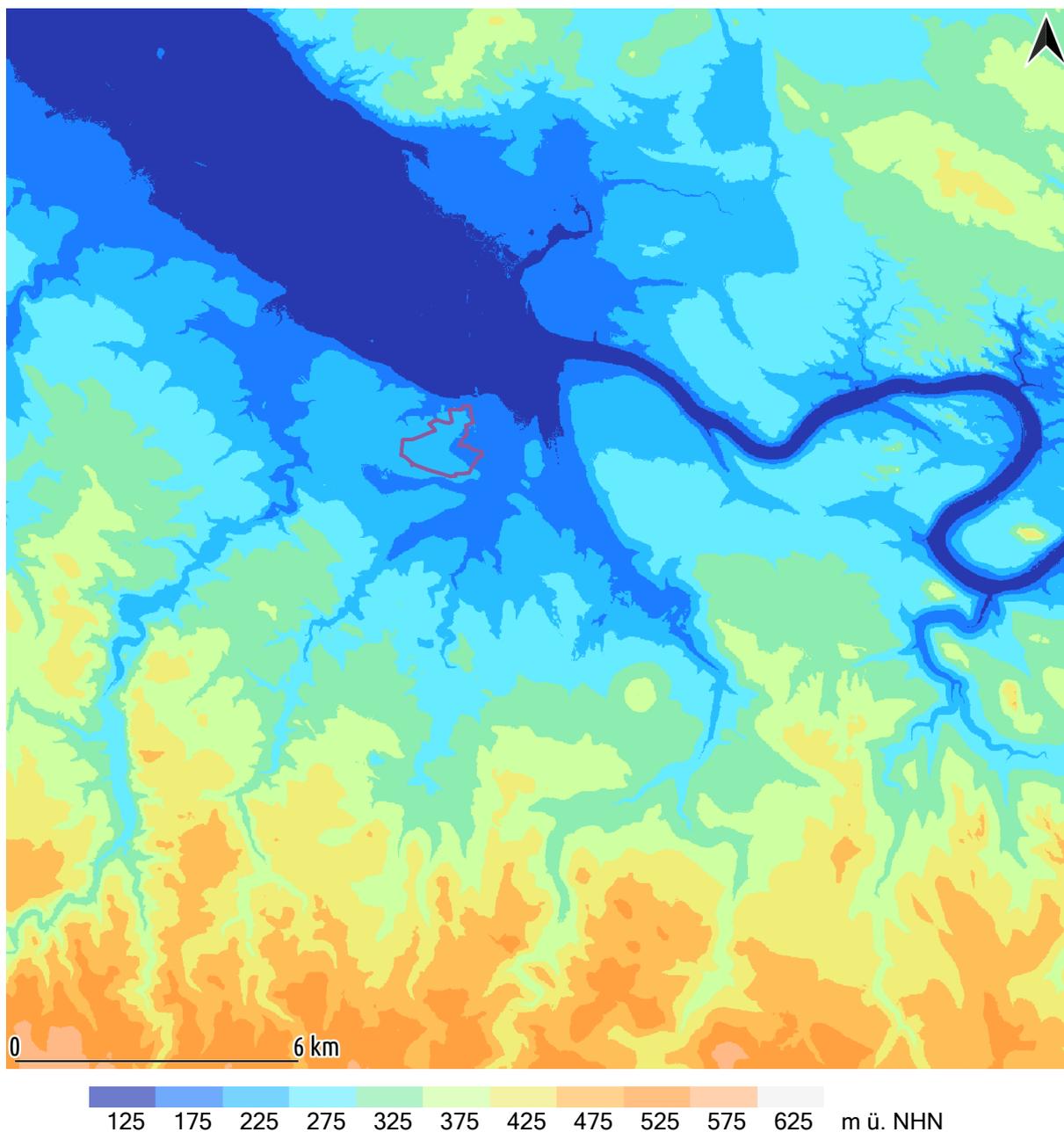


Abbildung 1.1: digitales Höhenmodell DGM20 im Rechengebiet | Auszug 22560 x 22560 m² von {33414096;5631072} bis {33436656;5653632} mit Kontur des Geltungsbereichs des B-Plans

Änderungen der Geländehöhen im Zusammenhang mit dem geplanten Vorhaben sind im Rahmen der verfahrensbedingten Unsicherheiten hier vernachlässigbar und werden daher nicht weiter betrachtet.

Für die Landnutzung wurde das Landbedeckungsmodell Deutschland 2018 (LBM-DE2018) [10] mit seiner detaillierten Gliederung in Landbedeckung (LB) und Landnutzung (LN) sowie Angaben zum Versiegelungs- (SIE) und Vegetationsanteil (VEG) bei einer Mindestgröße von 1 ha verwendet. Aus den Kombinationen von LB und LN werden unter Berücksichtigung von SIE und VEG eindeutige CLC-Klassen abgeleitet („CLC18“). Diese Daten wurden für CLC5 anschließend auf eine Mindestflächengröße von 5 ha generalisiert, welche wiederum für die hier durchzuführenden Untersuchungen auf eine Maschenweite von 16 m gerastert wurden, was in der nachfolgenden Grafik veranschaulicht wird.

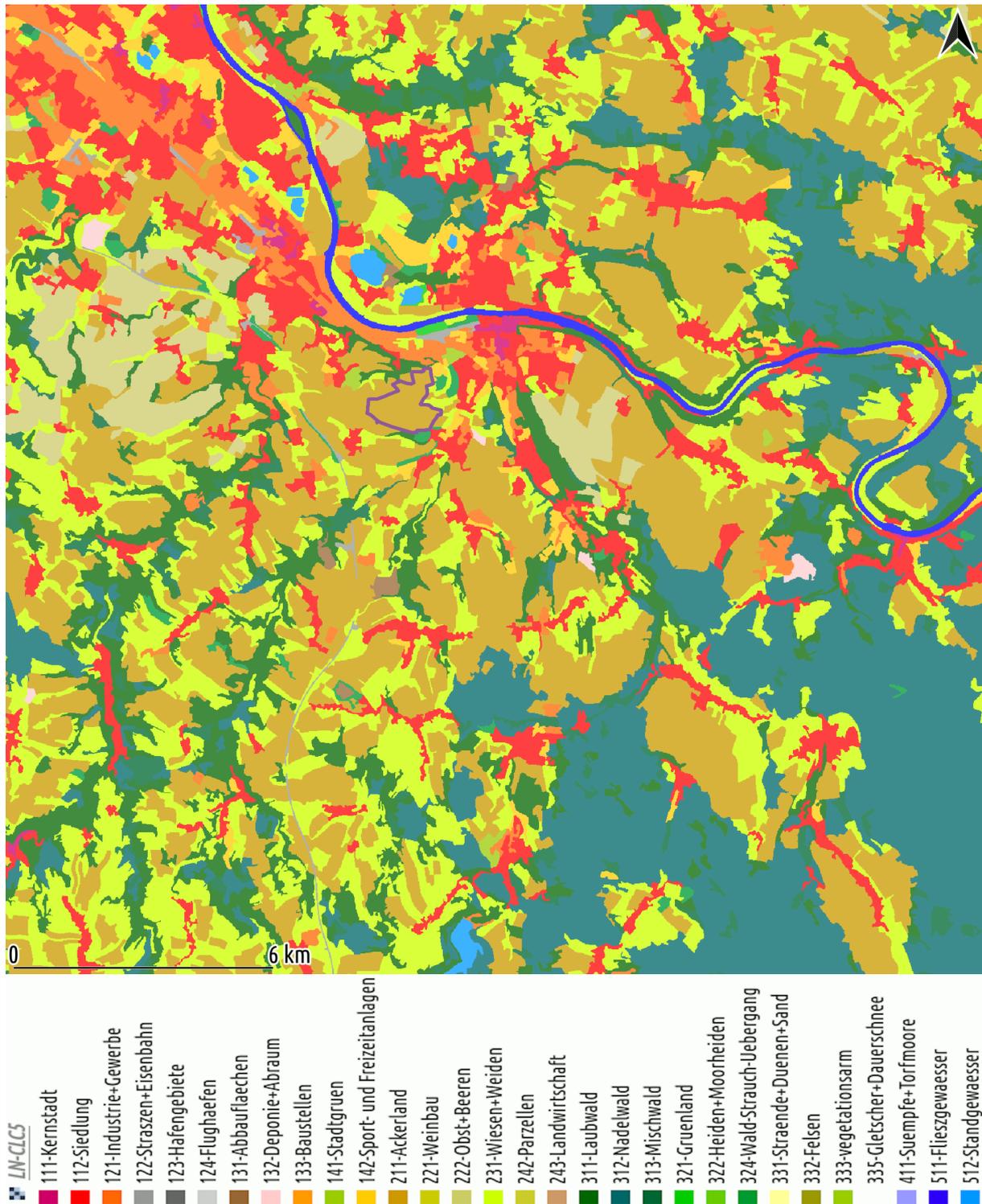


Abbildung 1.2: Landnutzung CLC5 im Rechengebiet, gerastert auf eine Maschenweite von 16 m | Auszug 22560 x 22560 m² von {33414096;5631072} bis {33436656;5653632} mit Kontur des Geltungsberreichs des B-Plans

Diese wurde für hier durchzuführenden Berechnungen zum Null-Fall und zum Plan-Fall entsprechend modifiziert insbesondere, um die im Bau befindliche Südumfahrung von Pirna sowie das geplante Vorhaben berücksichtigen zu können, wie aus der nachfolgenden Abbildung 1.3 hervorgeht.

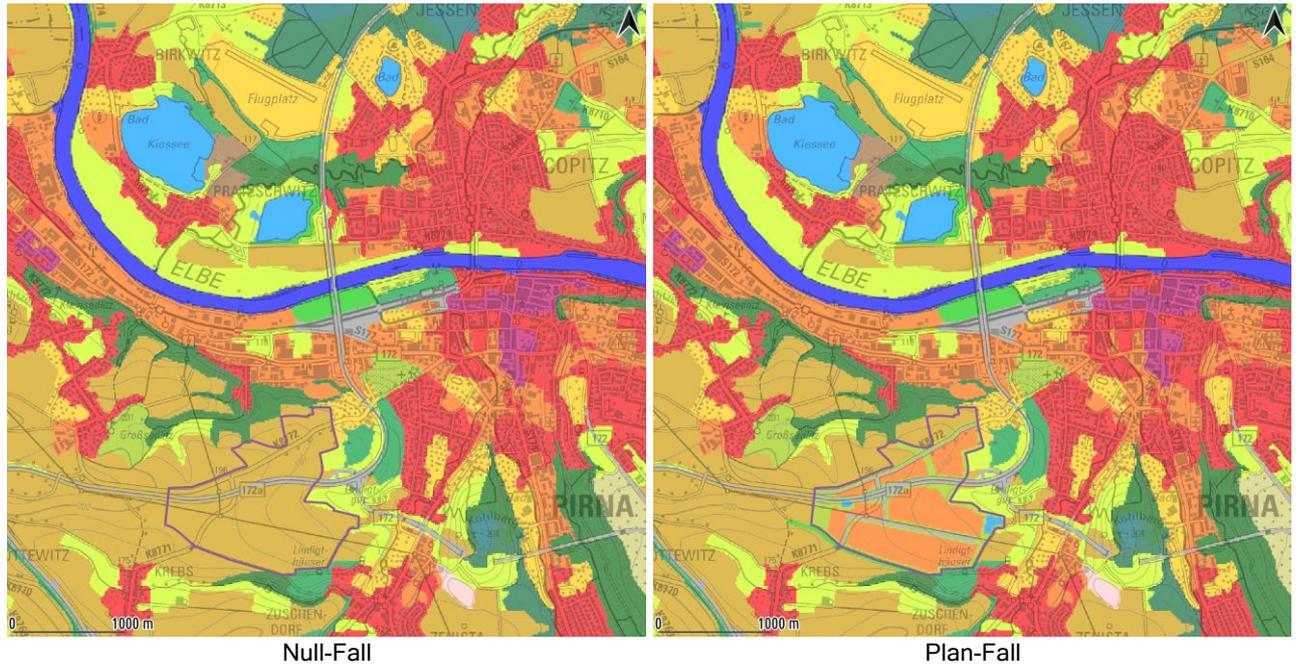


Abbildung 1.3: Landnutzung CLC5 im Null-Fall und im Plan-Fall | Auszüge jeweils 5646 x 5646 m² von {33421039;5643127} bis {33426685;5648773} mit Kontur des Geltungsbereichs des B-Plans | Kartenhintergrund [11]

Soweit bei einzelnen Teilflächen außerhalb des Plangebiets und insbesondere in der Elbaue die reale Oberflächenbeschaffenheit (z.B. Wasser bei kleinräumigen Auskiesungen) nicht derjenigen des o.g. Landbedeckungsmodells entspricht, werden davon die Betrachtungen zu den vorhabenbedingten Änderungen nur wenig beeinflusst, weil ggf. vorhandene Diskrepanzen gleichermaßen im Ist- und im Plan-Zustand auftreten und ohnehin im Zusammenhang mit den mit der Elbaue verbundenen Zirkulationssystemen vernachlässigbar sein dürften.

Nachfolgend sind für den Plan-Fall die entsprechenden Eingangsdaten protokolliert. Diese sind für den Null-Fall abgesehen von bestimmten Verzeichnis-Zuweisungen und Datei-Aufrufen nahezu identisch, weshalb deren Dokumentation hier entfallen kann.

1	542	822	0	0.009317	34	546	821	0	0.039533	67	561	833	0	0.946780	100	571	817	0	0.077652
2	542	821	0	0.009317	35	547	821	0	0.039533	68	561	832	0	0.946780	101	566	816	0	0.077652
3	542	820	0	0.009317	36	548	821	0	0.039533	69	561	831	0	0.946780	102	567	816	0	0.077652
4	543	820	0	0.009317	37	549	821	0	0.039533	70	562	831	0	0.946780	103	568	816	0	0.077652
5	542	819	0	0.009317	38	550	821	0	0.039533	71	562	830	0	0.946780	104	569	816	0	0.077652
6	542	818	0	0.009317	39	547	820	0	0.039533	72	562	829	0	0.946780	105	570	816	0	0.077652
7	541	817	0	0.009317	40	548	820	0	0.039533	73	563	829	0	0.946780	106	571	816	0	0.077652
8	542	817	0	0.009317	41	549	820	0	0.039533	74	563	828	0	0.946780	107	572	816	0	0.077652
9	541	816	0	0.009317	42	550	820	0	0.039533	75	563	827	0	0.946780	108	573	816	0	0.077652
10	542	816	0	0.009317	43	551	820	0	0.039533	76	563	826	0	0.946780	109	574	816	0	0.077652
11	541	815	0	0.009317	44	552	820	0	0.039533	77	563	825	0	0.946780	110	575	816	0	0.077652
12	541	814	0	0.009317	45	553	820	0	0.039533	78	563	824	0	0.946780	111	576	816	0	0.077652
13	541	813	0	0.009317	46	554	820	0	0.039533	79	563	823	0	0.946780	112	571	815	0	0.077652
14	540	812	0	0.009317	47	555	820	0	0.039533	80	563	822	0	0.946780	113	572	815	0	0.077652
15	541	812	0	0.009317	48	556	820	0	0.039533	81	562	821	0	0.946780	114	573	815	0	0.077652
16	540	811	0	0.009317	49	552	819	0	0.039533	82	563	821	0	0.946780	115	574	815	0	0.077652
17	541	811	0	0.009317	50	553	819	0	0.039533	83	562	820	0	0.946780	116	575	815	0	0.077652
18	540	810	0	0.009317	51	554	819	0	0.039533	84	562	819	0	0.946780	117	576	815	0	0.077652
19	540	809	0	0.009317	52	555	819	0	0.039533	85	562	818	0	0.946780	118	577	815	0	0.077652
20	539	808	0	0.009317	53	556	819	0	0.039533	86	562	817	0	0.946780	119	578	815	0	0.077652
21	540	808	0	0.009317	54	557	819	0	0.039533	87	563	819	0	0.077652	120	579	815	0	0.077652
22	539	807	0	0.009317	55	558	819	0	0.039533	88	563	818	0	0.077652	121	580	815	0	0.077652
23	540	807	0	0.009317	56	559	819	0	0.039533	89	564	818	0	0.077652	122	581	815	0	0.077652
24	538	806	0	0.009317	57	560	819	0	0.039533	90	565	818	0	0.077652	123	576	814	0	0.077652
25	536	804	0	0.009317	58	561	819	0	0.039533	91	566	818	0	0.077652	124	577	814	0	0.077652
26	537	804	0	0.009317	59	557	818	0	0.039533	92	563	817	0	0.077652	125	578	814	0	0.077652
27	537	805	0	0.009317	60	558	818	0	0.039533	93	564	817	0	0.077652	126	579	814	0	0.077652
28	543	822	0	0.039533	61	559	818	0	0.039533	94	565	817	0	0.077652	127	580	814	0	0.077652
29	544	822	0	0.039533	62	560	818	0	0.039533	95	566	817	0	0.077652	128	581	814	0	0.077652
30	545	822	0	0.039533	63	561	818	0	0.039533	96	567	817	0	0.077652	129	582	814	0	0.077652
31	543	821	0	0.039533	64	561	817	0	0.039533	97	568	817	0	0.077652	130	583	814	0	0.077652
32	544	821	0	0.039533	65	560	834	0	0.946780	98	569	817	0	0.077652	131	584	814	0	0.077652
33	545	821	0	0.039533	66	561	834	0	0.946780	99	570	817	0	0.077652	132	585	814	0	0.077652

ERQs.txt:

```

133 586 814 0 0.077652 151 593 812 0 0.077652 169 597 810 0 0.077652 187 608 809 0 0.077652
134 581 813 0 0.077652 152 594 812 0 0.077652 170 598 810 0 0.077652 188 609 809 0 0.077652
135 582 813 0 0.077652 153 595 812 0 0.077652 171 599 810 0 0.077652 189 610 809 0 0.077652
136 583 813 0 0.077652 154 596 812 0 0.077652 172 600 810 0 0.077652 190 611 809 0 0.077652
137 584 813 0 0.077652 155 597 812 0 0.077652 173 601 810 0 0.077652 191 612 809 0 0.077652
138 585 813 0 0.077652 156 591 811 0 0.077652 174 602 810 0 0.077652 192 606 808 0 0.077652
139 586 813 0 0.077652 157 592 811 0 0.077652 175 603 810 0 0.077652 193 607 808 0 0.077652
140 587 813 0 0.077652 158 593 811 0 0.077652 176 604 810 0 0.077652 194 608 808 0 0.077652
141 588 813 0 0.077652 159 594 811 0 0.077652 177 605 810 0 0.077652 195 609 808 0 0.077652
142 589 813 0 0.077652 160 595 811 0 0.077652 178 606 810 0 0.077652 196 610 808 0 0.077652
143 590 813 0 0.077652 161 596 811 0 0.077652 179 607 810 0 0.077652 197 611 808 0 0.077652
144 591 813 0 0.077652 162 597 811 0 0.077652 180 601 809 0 0.077652 198 612 808 0 0.077652
145 587 812 0 0.077652 163 598 811 0 0.077652 181 602 809 0 0.077652 199 610 807 0 0.077652
146 588 812 0 0.077652 164 599 811 0 0.077652 182 603 809 0 0.077652 200 611 807 0 0.077652
147 589 812 0 0.077652 165 600 811 0 0.077652 183 604 809 0 0.077652 201 612 807 0 0.077652
148 590 812 0 0.077652 166 601 811 0 0.077652 184 605 809 0 0.077652 -1
149 591 812 0 0.077652 167 602 811 0 0.077652 185 606 809 0 0.077652
150 592 812 0 0.077652 168 596 810 0 0.077652 186 607 809 0 0.077652
    
```

KLAM 21.in

```

&output
commres='Pirna-Plan',           ! in die Ergebnisdateien zu schreibender Kommentar
niozeit=24                      ! Anzahl der Ausgabezeiten
iozeit= 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600,
        4200, 4800, 5400, 6000, 6600, 7200,
        7800, 8400, 9000, 9600, 10200, 10800,
        11400, 12000, 12600, 13200, 13800, 14400 ! Ausgabezeiten in s
zaus=10.                        ! Bezugshoehe fuer das Stroemungsfeld
xtension='asc'                  ! Namenserweiterung Ergebnisdateien
resdir='/home/andre/Programme/KLAM_21/Projekte/Pirna/Plan/'
/end
&grid
nx=1410                         ! Anzahl Gitterabschnitte in x-Richtung
ny=1410                         ! Anzahl Gitterabschnitte in y-Richtung
dx=16.                           ! Maschenweite in Metern
h0_file='/home/andre/Programme/KLAM_21/Projekte/Pirna/srfa000.asc' ! Datei der Gelaendehoehe
nsth0=0                          ! Einlesen mit Trennzeichen (im Stern-Format)
xrmap=414096., yrmap=5631072.   ! li. unt. Ecke Modellgebiet
nesting=.true.
nrest=1
x0nest=420432., y0nest=5642656.
xlnest=5632., ylnest=3584.
/end
&perform
ttotal=14400                    ! Simulationsdauer in Sekunden
dtfix=0.                         ! fester Zeitschritt; wirksam bei Werten >0
dtmax=20.                        ! Maximaler Zeitschritt
vregio=0.                        ! Regionalwindgeschwindigkeit
phiregio=330.                   ! Regionalwindrichtung
ianimat=72                       ! Zeitschritte fuer die Bilderneuerung | urspruenglich 50
/end
&pollution
pollut=.true.                   ! mit Ausbreitungssimulation
s_file='/home/andre/Programme/KLAM_21/Projekte/Pirna/ERQs.txt'
cfact=1000000                   ! 0.001 = pg/m³ | 1 = µg/m³ | 1000 = mg/m³ | 100000 ganze zehn GE/m³
/end
&landuse
fn_file='/home/andre/Programme/KLAM_21/Projekte/Pirna/Plan/work/LN-CLC5-Plan.asc' ! Datei der Flaechenutzung
nsthfn=0                         ! Einlesen mit Trennzeichen (im Stern-Format)
advanced=.true.                 ! Block "Professional" deaktivieren
/end
&professional
mueblend(1)=0
mueblend(2)=0
mueblend(3)=0

name (1)=111-Kernstadt           name (3)=121-Indust-           name (5)=123-Hafengebiete name (7)=131-Abbauflaechen
z0g(1)=2.000                    rie+Gewerbe                   z0g(5)=0.500                z0g(7)=0.050
grz(1)=0.6                      z0g(3)=1.000                 grz(5)=0.6                  grz(7)=0.0
hg(1)=20                        grz(3)=0.6                  hg(5)=12                    hg(7)=0
wai(1)=3.0                      hg(3)=12                    wai(5)=0.9                 wai(7)=0.0
bg(1)=0.0                      wai(3)=0.9                 bg(5)=0.0                  bg(7)=0.0
hv(1)=0                         bg(3)=0.0                   hv(5)=0                    hv(7)=0
xlai(1)=0                      hv(3)=0                     xlai(5)=0                  xlai(7)=0
a(1)=-0.30                     xlai(3)=0                   a(5)=0.00                 a(7)=0.30
r(1)=0.8                       a(3)=0.00                  r(5)=0.4                  r(7)=0.4
g(1)=0.0                       r(3)=0.8                   g(5)=0.4                  g(7)=0.2
b(1)=0.6                       g(3)=0.4                   b(5)=0.4                  b(7)=0.2

name (2)=112-Siedlung           name (4)=122-Straszen+Ei-     name (6)=124-Flughaefen   name (8)=132-Deponie+Ab-
z0g(2)=1.000                    senbahn                       z0g(6)=0.100              z0g(8)=0.050
grz(2)=0.4                      z0g(4)=0.200                grz(6)=0.0                 grz(8)=0.0
hg(2)=10                        grz(4)=0.0                  hg(6)=0                    hg(8)=0
wai(2)=4.0                      hg(4)=0                     wai(6)=0.0                wai(8)=0.0
bg(2)=0.0                      wai(4)=0.0                 bg(6)=0.0                 bg(8)=0.0
hv(2)=0                         bg(4)=0.0                   hv(6)=0                    hv(8)=0
xlai(2)=0                      hv(4)=0                     xlai(6)=0                 xlai(8)=0
a(2)=0.28                      xlai(4)=0                   a(6)=0.64                 a(8)=0.30
r(2)=1.0                       a(4)=0.64                  r(6)=0.8                  r(8)=0.6
g(2)=0.0                       r(4)=0.6                   g(6)=0.8                  g(8)=0.4
b(2)=0.0                       g(4)=0.6                   b(6)=0.8                  b(8)=0.4
b(4)=0.6
    
```

```

name (9)=133-Baustellen      name (15)=231-Wiesen+Wei-   name (21)=321-Gruenland    name (26)=333-vegetati-
z0g (9)=1.000              den                          z0g (21)=0.200            onsarm
grz (9)=0.0                z0g (15)=0.100             grz (21)=0.0              z0g (26)=0.020
hg (9)=0                   grz (15)=0.0               hg (21)=0                 grz (26)=0.0
wai (9)=0.0                hg (15)=0                  wai (21)=0.0             hg (26)=0
bg (9)=0.0                 wai (15)=0.0              bg (21)=0.0              wai (26)=0.0
hv (9)=0                   bg (15)=0.0               hv (21)=0                 bg (26)=0.0
xlai (9)=0                 hv (15)=0                  xlai (21)=0              hv (26)=0
a (9)=0.64                 xlai (15)=0                a (21)=1.00              xlai (26)=0
r (9)=1.0                  a (15)=1.00                r (21)=0.0               a (26)=1.00
g (9)=0.6                  r (15)=0.8                 g (21)=0.8               r (26)=0.6
b (9)=0.0                  g (15)=1.0                 b (21)=0.0               g (26)=1.0
                             b (15)=0.0                 b (26)=0.6               b (26)=0.6

name (10)=141-Stadtgruen   name (16)=242-Parzellen    name (22)=322-Hei-        name (27)=335-Glet-
z0g (10)=0.200            z0g (16)=0.200            den+Moorheiden           scher+Dauersch.
grz (10)=0.0              grz (16)=0.0              z0g (22)=0.200          z0g (27)=0.050
hg (10)=0                 hg (16)=0                 grz (22)=0.0            grz (27)=0.0
wai (10)=0.0              wai (16)=0.0              hg (22)=0               hg (27)=0
bg (10)=0.2               bg (16)=0.1               wai (22)=0.0           wai (27)=0.0
hv (10)=20                hv (16)=3                 bg (22)=0.0            bg (27)=0.0
xlai (10)=6               xlai (16)=3               hv (22)=0               hv (27)=0
a (10)=1.00               a (16)=0.80               xlai (22)=0            xlai (27)=0
r (10)=0.6                r (16)=0.6                 a (22)=1.00            a (27)=1.00
g (10)=0.8                g (16)=0.8                 r (22)=0.4             r (27)=1.0
b (10)=0.0                b (16)=0.6                 g (22)=0.6             g (27)=1.0
                             b (16)=0.6                 b (22)=0.0             b (27)=1.0

name (11)=142-Sport+Frei-  name (17)=243-Landwirt-   name (23)=324-Wald-      name (28)=411-Su-
zeit                        schaft                     Strauch-Ueb.             empfe+Torfmoore
z0g (11)=0.050           z0g (17)=0.200           z0g (23)=0.500         z0g (28)=0.100
grz (11)=0.0             grz (17)=0.0             z0g (23)=0.0           grz (28)=0.0
hg (11)=0                hg (17)=0                 hg (23)=0               hg (28)=0
wai (11)=0.0             wai (17)=0.0             wai (23)=0.0           wai (28)=0.0
bg (11)=0.1              bg (17)=0.0              bg (23)=0.4            bg (28)=0.0
hv (11)=3                hv (17)=0                 hv (23)=10             hv (28)=0
xlai (11)=3              xlai (17)=0               xlai (23)=3            xlai (28)=0
a (11)=0.80              a (17)=1.00               a (23)=0.75            a (28)=0.75
r (11)=1.0               r (17)=0.8                r (23)=0.0             r (28)=0.6
g (11)=0.8               g (17)=0.4                g (23)=0.6             g (28)=0.6
b (11)=0.0               b (17)=0.2                b (23)=0.4             b (28)=1.0

name (12)=211-Ackerland   name (18)=311-Laubwald    name (24)=331-Stra-      name (29)=511-Flieszgewa-
z0g (12)=0.100           z0g (18)=2.000           ende+Duene+S.           esser
grz (12)=0.0             grz (18)=0.0             z0g (24)=0.010        z0g (29)=0.020
hg (12)=0                hg (18)=0                 grz (24)=0.0           grz (29)=0.0
wai (12)=0.0             wai (18)=0.0             hg (24)=0               hg (29)=0
bg (12)=0.0              bg (18)=0.9              wai (24)=0.0           wai (29)=0.0
hv (12)=0                hv (18)=30                bg (24)=0.0            bg (29)=0.0
xlai (12)=0              xlai (18)=6               hv (24)=0              hv (29)=0
a (12)=1.00              a (18)=0.56               xlai (24)=0            xlai (29)=0
r (12)=0.8               r (18)=0.2                a (24)=1.00            a (29)=0.00
g (12)=0.6               g (18)=0.6                r (24)=1.0             r (29)=0.0
b (12)=0.0               b (18)=0.2                g (24)=1.0             g (29)=0.0
                             b (18)=0.2                b (24)=0.6             b (29)=1.0

name (13)=221-Weinbau     name (19)=312-Nadelwald   name (25)=332-Felsen    name (30)=512-Standgewa-
z0g (13)=0.200           z0g (19)=1.500           z0g (25)=0.200        esser
grz (13)=0.0             grz (19)=0.0             z0g (25)=0.0           z0g (30)=0.010
hg (13)=0                hg (19)=0                 grz (25)=0.0           grz (30)=0.0
wai (13)=0.0             wai (19)=0.0             hg (25)=0               hg (30)=0
bg (13)=0.0              bg (19)=0.9              wai (25)=0.0           wai (30)=0.0
hv (13)=0                hv (19)=40                bg (25)=0.0            bg (30)=0.0
xlai (13)=0              xlai (19)=6               hv (25)=0              hv (30)=0
a (13)=1.00              a (19)=0.56               a (25)=1.00            xlai (30)=0
r (13)=0.8               r (19)=0.0                r (25)=0.2             a (30)=-0.20
g (13)=0.8               g (19)=0.4                g (25)=0.2             r (30)=0.0
b (13)=0.0               b (19)=0.4                b (25)=0.2             g (30)=0.6
                             b (19)=0.4                b (25)=0.2             b (30)=1.0

name (14)=222-Obst+Beeren name (20)=313-Mischwald   name (25)=332-Felsen    name (30)=512-Standgewa-
z0g (14)=0.500           z0g (20)=1.500           z0g (25)=0.200        esser
grz (14)=0.0             grz (20)=0.0             z0g (25)=0.0           z0g (30)=0.010
hg (14)=0                hg (20)=0                 grz (25)=0.0           grz (30)=0.0
wai (14)=0.0             wai (20)=0.0             hg (25)=0               hg (30)=0
bg (14)=0.3              bg (20)=0.9              wai (25)=0.0           wai (30)=0.0
hv (14)=3                hv (20)=35                bg (25)=0.0            bg (30)=0.0
xlai (14)=3              xlai (20)=6               hv (25)=0              hv (30)=0
a (14)=1.00              a (20)=0.56               a (25)=1.00            xlai (30)=0
r (14)=0.8               r (20)=0.2                r (25)=0.2             a (30)=-0.20
g (14)=0.8               g (20)=0.4                g (25)=0.2             r (30)=0.0
b (14)=0.6               b (20)=0.2                b (25)=0.2             g (30)=0.6
                             b (20)=0.2                b (25)=0.2             b (30)=1.0

r (37)=1.0
g (37)=1.0
b (37)=1.0

/end
&zeitreihe
nmesp=0
mperiod=100
/end
! aktuelle Anzahl der "Messpunkte"
! "Messintervall" in s
    
```

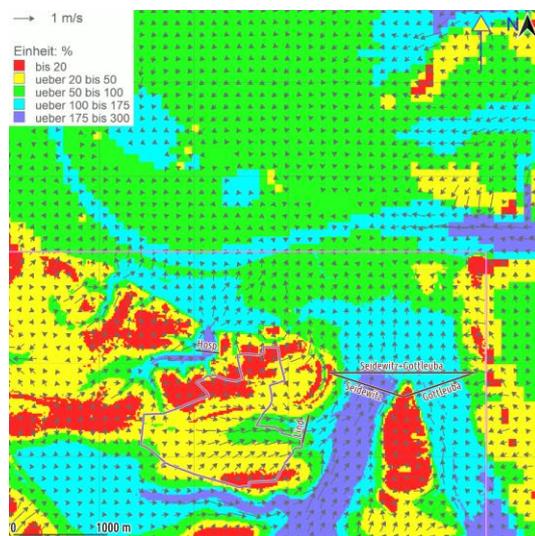
1.5 Ergebnisse

1.5.1 Kaltluft-Geschwindigkeit, Fließrichtung und Schichtdicke

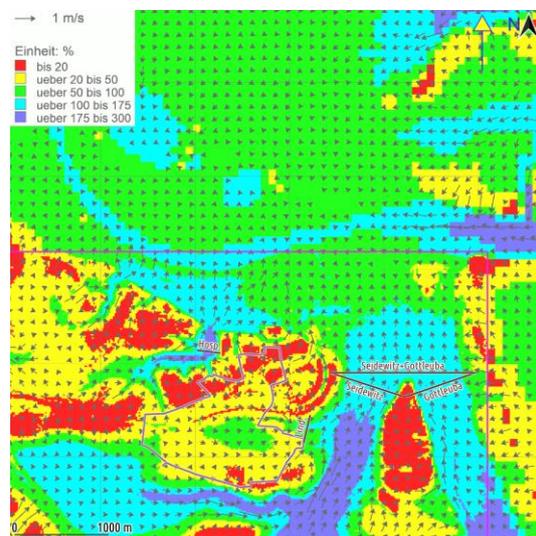
In der nachfolgenden Abbildung 1.4 sind die Verteilungen der Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die der relativen Schichtdicke im Null- und im Plan-Fall für vier Zeitpunkte nach dem Eintritt eines Kaltluft-Ereignisses dargestellt.

Hieraus geht hervor, dass im Bereich des geplanten Vorhabens

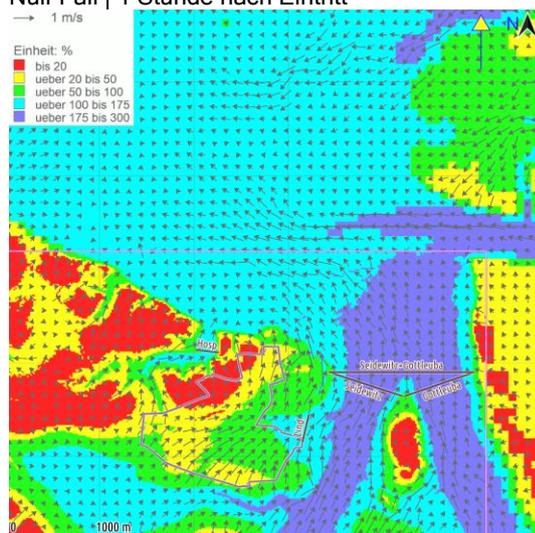
- der Wind zu allen Zeiten recht deutlich abgebremst wird,
- der Abfluss der Kaltluft mit Einsetzen eines Ereignisses nur anfänglich nach Osten in das Tal der Seidewitz gerichtet ist und nach ca. 1 Stunde immer mehr nach Norden direkt ins Tal der Elbe erfolgt,
- die Schichtdicke der Kaltluft in den Tälern der Seidewitz und der Gottleuba schon frühzeitig relativ hoch ist, was erst nach vier Stunden auch im Tal der Elbe erreicht wird. Letzteres verfügt damit offensichtlich über ein hohes Potenzial zur Aufnahme und Weiterleitung von Zuflüssen aus den Seitentälern.



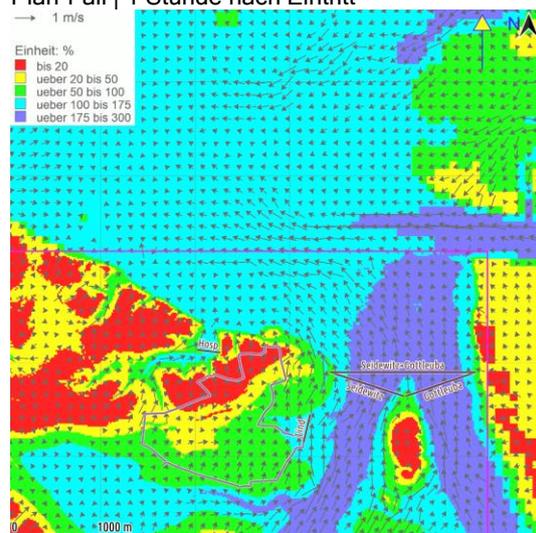
Null-Fall | 1 Stunde nach Eintritt



Plan-Fall | 1 Stunde nach Eintritt



Null-Fall | 2 Stunden nach Eintritt



Plan-Fall | 2 Stunden nach Eintritt

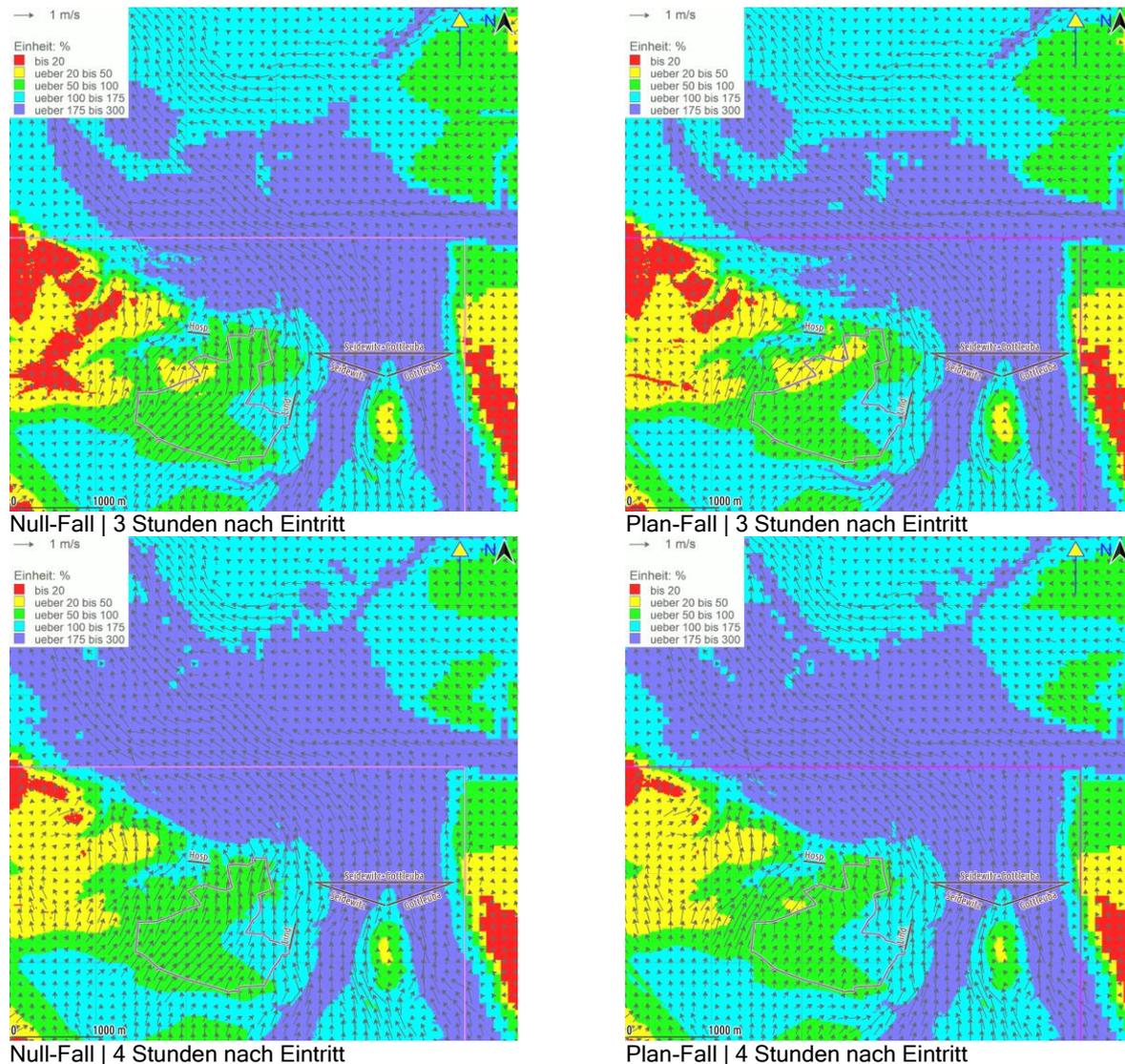


Abbildung 1.4: Wind-Richtung und -Geschwindigkeit sowie relative Schichtdicke im Null- und im Plan-Fall nach Eintritt eines Kaltluft-Ereignisses | Auszüge jeweils 5646 x 5646 m² von {33421039;5643127} bis {33426685;5648773} mit Kontur des Geltungsbereichs des B-Plans und der Position von fünf Talquerschnitten

1.5.2 Kaltluftvolumenstrom

Der Kaltluftvolumenstrom dient zur Beschreibung der Durchlüftungsintensität. Für dessen Änderungen sind erfahrungsgemäß nur solche Taleinschnitte von Bedeutung, welche sich in Abflussrichtung befinden. Daher werden hier nur die in den Grafiken zur Wind-Richtung und -Geschwindigkeit oben bereits dargestellten Fünf betrachtet, welche allesamt im Niveau von ca. 160 m über NHN beginnen und enden.

Tabelle 1.1: Querschnitte für die Bemessung der Kaltluftvolumenströme

Querschnitt	Lagekoordinaten (ETRS89, UTM33)			
	Beginn		Ende	
	Ostwert	Nordwert	Ostwert	Nordwert
Hospitalbusch	423018	5645139	423265	5645110
Lindigtgut	424217	5644448	424149	5644154
Seidewitz	424429	5644900	425210	5644645
Gottleuba	425230	5644645	425962	5644900
Seidewitz+Gottleuba	424429	5644900	425962	5644900

In der nachfolgenden Tabelle 1.2 sind die resultierenden Kaltluftvolumenströme für den Null-Fall und den Plan-Fall zusammengestellt. Hierbei ist zu beachten, dass die angegebene numerische Signifikanz, d.h. die Ziffernfolgen ohne Rundung z.B. auf ganze Hunderter oder Tausender, lediglich der Nachvollziehbarkeit innerhalb der Berechnungen dient, woraus keine entsprechende Genauigkeit gefolgert werden darf. Negative Werte beim Querschnitt Lindigtgut bedeuten, dass die Fließrichtung aufwärts, d.h. gegen die Neigung des Geländes gerichtet ist.

Tabelle 1.2: Kaltluftvolumenströme für den Null-Fall und den Plan-Fall und deren Änderung

Kaltluftvolumenstrom im Null-Fall	Hospitalbusch	Lindigtgut	Seidewitz	Gottleuba	Seidewitz+Gottleuba
Stunde nach Eintritt	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
1 h	1.976	3.147	8.634	3.645	12.352
2 h	2.264	2.598	27.414	19.421	47.531
3 h	5.353	149	44.493	38.006	84.273
4 h	6.730	-2.182	52.314	44.861	99.122
Durchschnitt	4.081	928	33.214	26.483	60.820
Kaltluftvolumenstrom im Plan-Fall	Hospitalbusch	Lindigtgut	Seidewitz	Gottleuba	Seidewitz+Gottleuba
Stunde nach Eintritt	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
1 h	1.967	1.036	6.602	3.947	10.533
2 h	2.171	-707	26.169	19.240	46.032
3 h	4.323	-3.344	45.909	39.024	86.882
4 h	5.615	-6.932	55.920	47.256	105.339
Durchschnitt	3.519	-2.487	33.650	27.367	62.197
Änderung des Kaltluftvolumenstroms	Hospitalbusch	Lindigtgut	Seidewitz	Gottleuba	Seidewitz+Gottleuba
Stunde nach Eintritt	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
1 h	0	-67	-24	8	-15
2 h	-4	-127	-5	-1	-3
3 h	-19	-2.344	3	3	3
4 h	-17	218	7	5	6
Durchschnitt	-14	-368	1	3	2

Aus den Ergebnissen in der Tabelle 1.2 geht hervor, dass

- im Querschnitt Lindigtgut anfänglich die Kaltluft der Geländeneigung folgt, später jedoch mit dem Zustrom aus dem Tal der Seidewitz teilweise zur Umkehr gezwungen wird,
- diese Umkehr mit dem geplanten Vorhaben deutlich eher einsetzt,
- im Querschnitt Seidewitz das anfängliche Defizit auf den geringeren Eintrag aus dem Bereich Lindigtgut im Plan-Fall zurückzuführen ist, welches später jedoch überkompensiert wird,

- dieser Effekt auch weiter unten im Querschnitt Seidewitz+Gottleuba in etwas abgeschwächter Form auftritt,
- im Tal der Gottleuba eher eine Zunahme des Kaltluftvolumenstroms auftritt, was auf die rauigkeitsbedingte Abbremsung im Bereich des geplanten Vorhabens und ein damit verbundenes Ausweichen der von weiter entfernt anströmenden Kaltluft zurückzuführen ist,
- im Querschnitt Hospitalbusch zwar mit dem geplanten Vorhaben anfänglich kein Defizit zu verzeichnen ist, sich ein Solches aber nach der ersten Stunde mehr und mehr einstellt.

1.5.3 Ausbreitung von Luftbeimengungen bei Kaltluftereignissen

Für den Plan-Fall ist die Ausbreitung von Luftbeimengungen aus diffusen Quellen entlang der Fahrwege nach Eintritt eines Kaltluft-Ereignisses in der nachfolgenden Abbildung 1.5 veranschaulicht.

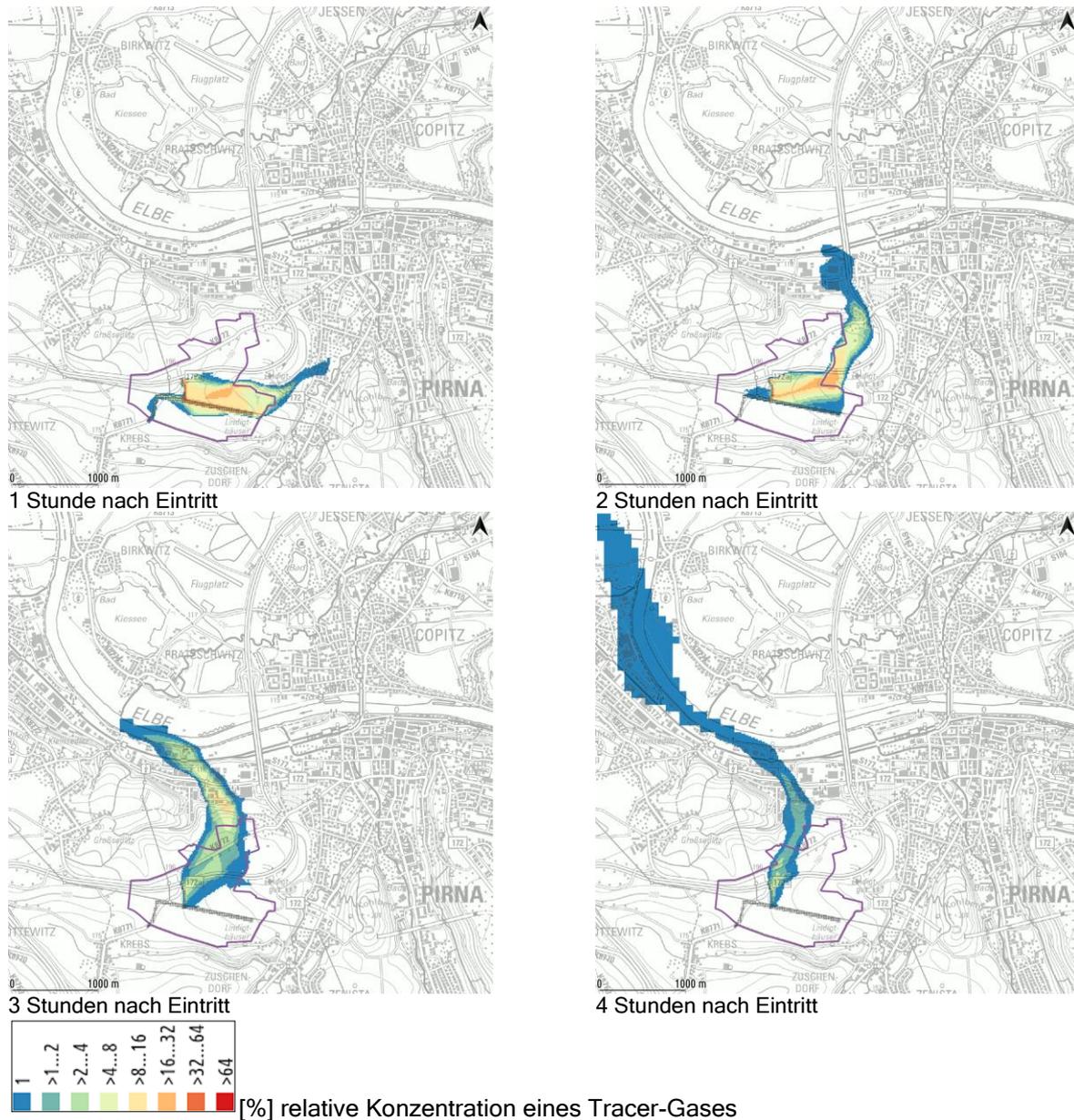


Abbildung 1.5: Ausbreitung von Luftbeimengungen aus den als diffuse Quellen markierten Rasterflächen entlang der Fahrwege im Plan-Fall nach Eintritt eines Kaltluft-Ereignisses | Auszüge jeweils 5646 x 5646 m² von {33421039;5643127} bis {33426685;5648773} mit der Kontur des Geltungsbereichs des B-Plans | Kartenhintergrund [11]

Hieraus geht hervor, dass

- nur anfänglich eine Verfrachtung in Richtung Osten und das auch nur in einem schmalen Streifen erfolgt, worin auch nur geringe Konzentrationen auftreten,
- schon bis zur zweiten Stunde jedoch mit relativ hohen Konzentrationen die Luftbeimengungen merklich nach Norden abgedrängt werden und das Tal der Seidewitz nicht mehr erreichen,
- im weiteren Verlauf die Luftbeimengungen immer strenger dem Tal der Elbe folgen, wobei die Konzentrationen sich dann deutlich abschwächen.

1.6 Vergleich zu Ergebnissen vorangegangener Untersuchungen

Die Ermittlungsverfahren zu Kaltluftflüssen basieren zwar weitgehend auf der sogenannten Flachwassergleichung, sind jedoch weit weniger ausführlich standardisiert, wie dies im Bereich der Luftreinhaltung mit den verwendeten Modellen zur Ausbreitungsrechnung (wie AUSTAL [12] und LASAT [13]) etabliert wurde.

Daher seien hier einige Ergebnisse entsprechend der hier dargelegten Methodik mit denen aus einer vorangegangenen Untersuchung [14][15] verglichen. Einige der dort nicht dokumentierten und hier benötigten Angaben wurden von einer der Autorinnen der Untersuchung dankenswerterweise zur Verfügung gestellt [16]. Hierzu gehören Angaben

- zu den Koordinaten der Querschnitte gemäß Abb.5.1 | Tab.5.1 der vorangegangenen Untersuchung
 - 1: 424125, 5644550 - 424125, 5644175
 - 2: 422325, 5644850 - 422625, 5644850
 - 4: 424498, 5644788 - 425079, 5644495
 - 5: 425397, 5644626 - 425885, 5644722
 - 6: 424536, 5645146 - 425730, 5645143
- zur Maschenweite der Kaltluftmodellierung mit 25 m
- zum Geländemodell
 - im Nahbereich
DGM1 vom Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen 2018 im Bereich
Links unten: 33420000 (Ostwert) 5642000 (Nordwert)
Rechts oben: 33426000 (Ostwert) 5646000 (Nordwert)
 - und außerhalb des Nahbereiches
European Digital Elevation Model (EU-DEM) [17]
- zum Landnutzungsmodell im Ist-Zustand im gesamten Rechengebiet
 - im Nahbereich:
Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Sachsen [18], die Daten vom Planungsbüro GICON mussten an die aktuellen Gegebenheiten angepasst werden
 - außerhalb des Nahbereichs:
Coordinated Information on the European Environment, in der Version CLC06Vers17,
<https://gis.uba.de/catalog/OpenSearch.do?type=/Query/OpenSearch.do&search=CORINE>

Das heißt, die vorangegangene Untersuchung unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht wie z.B. im:

- Rechenmodell einschließlich Software und deren Konfiguration,
- Geländemodell sowie
- Landnutzungsmodell.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse zu den Kaltluftvolumenströmen im Null-Fall bzw. Ist-Zustand aus der vorangegangenen Untersuchung [14] mit dem Modell KALM der Fa. Lohmeyer [19] denen der hier mit dem Modell KLAM_21 [3] vorgenommenen Berechnungen für mehrere Zeitpunkte ± 20 min um die erste Stunde nach dem Eintritt eines Kaltluftereignisses gegenübergestellt.

Tabelle 1.3: Vergleich der Kaltluftvolumenströme für den Null-Fall nach den unterschiedlichen Modellierungen mit KALM und KLAM_21

Rechenmodell	KALM [19]	KLAM_21 [3]	KLAM_21 [3]	KLAM_21 [3]	KLAM_21 [3]	KLAM_21 [3]
Simulationszeit	60 min	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min
Querschnitt	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
1 Südlich B172a	4.000	3.984	3.865	3.373	2.672	3.025
2 Nördlich B172a	1.700	1.719	1.744	1.798	1.978	2.116
4 Seidewitztal	15.300	4.451	6.716	9.274	13.182	17.098
5 Gottleubatal	6.900	1.837	2.630	3.452	3.936	4.183
6 Pirna (Zusammenfluss Seidewitz und Gottleuba)	13.100	5.299	8.465	11.787	15.295	19.702
Wurzel aus der Summe der quadratischen Abweichungen von KALM	0	14.290	10.650	7.094	4.464	7.438

Zu diesen Zeitpunkten ist die klimaökologische Wirksamkeit an den jeweiligen Querschnitten identisch zu beurteilen, womit sich die Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchung bestätigen lassen.

Die Unterschiede zwischen beiden Modellsystemen sind im Rahmen der verfahrensbedingten Unsicherheiten plausibel und unter den gegebenen Bedingungen vernachlässigbar.

1.7 Fazit zu Kaltluftflüssen, Beurteilung

Die Kaltluftflüsse im Bereich der Täler der Seidewitz und der Gottleuba verfügen über eine starke klimaökologische Wirksamkeit. Diese bleibt auch mit dem geplanten Vorhaben erhalten. Die Änderungen sind z.T. zwar anfänglich kurzzeitig recht hoch, lassen sich aber unter Berücksichtigung des weiteren Verlaufs innerhalb eines Kaltluft-Ereignisses als gering einschätzen.

Die klimaökologische Wirksamkeit der Kaltluftflüsse in den Bereichen Hospitalbusch und Lindigtgut kann als mittel angesehen werden. Das geplante Vorhaben wirkt sich jedoch im hohen Ausmaß darauf aus. Das reicht von einem signifikanten Nachlassen der Durchlüftung (Hospitalbusch) bis hin zu einem zeitigeren Einsetzen und einer Verstärkung der Umkehr der Strömungsrichtung (Lindigtgut), wovon die jeweiligen Anwohner spürbar betroffen sein dürften. Im Bereich Lindigtgut wird zwar das lokale Defizit durch einen Zustrom aus dem Tal der Seidewitz mehr als ausgeglichen, jedoch dürfte dieser seiner Herkunft nach nicht gänzlich frei von Luftbelastungen sein.

Luftbeimengungen aus diffusen Quellen im Bereich des geplanten Vorhabens erreichen über keines der Seitentäler die Niederung der Elbe sondern geraten im Wesentlichen über den Hang unmittelbar nördlich des geplanten Vorhabens in die Flussau. Die Minderung möglicher Belastungen durch mitgeführte Luftbeimengungen kann eine geeignete Immissionsschutzbepflanzung innerhalb des Plangebiets herbeiführen, wenn z.B. ein

- einige Dekameter (20...30 m) hoher,
- mehrere Dekameter (50...100 m) breiter,
- durchgehend immergrüner Gürtel (Nadelbäume mit dichtem Unterholz)

am Nordrand des Geltungsbereichs geschaffen wird. Ein entsprechendes Beispiel ist in der nachfolgenden Abbildung 1.6 enthalten.

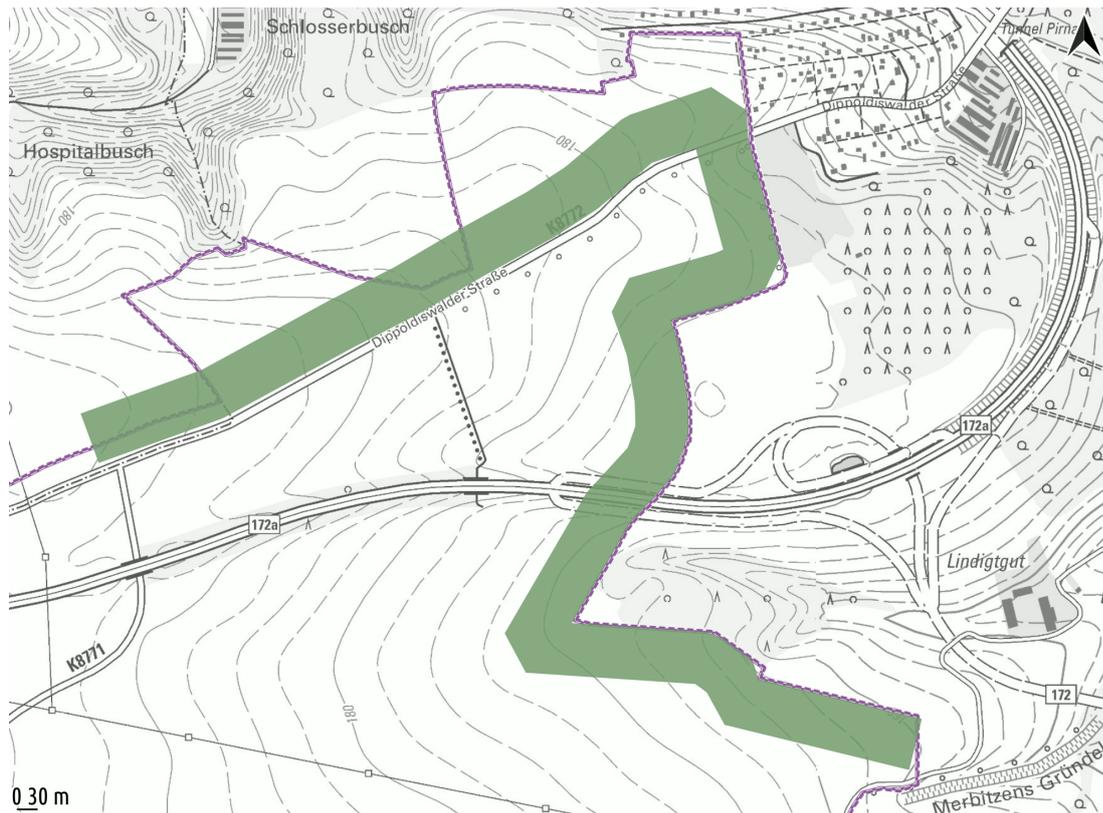


Abbildung 1.6: Beispiel für die Lage und den Verlauf einer 75 m breiten Immissionsschutzbepflanzung am Nordrand des Geltungsbereichs des B-Plans | Auszug 1557 x 1153 m² von {33422859;5644058} bis {33424416;5645211} | Kartenhintergrund [11]

1.8 Literatur- und Fundstellenverzeichnis

- [1] VDI-Richtlinien VDI 3781 Blatt 13: Umweltmeteorologie, Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft, Januar 2010
- [2] K. Heinke Schlünzen, Ronny Petrik, David Grawe: METRAS-PCL Version 5.0.0, nicht-hydrostatisches mesoskaliges Modell, Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg, 2017
- [3] Deutscher Wetterdienst (DWD): Berichte des Deutschen Wetterdienstes 227, Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21; Dr. Uwe Sievers (Autor), Offenbach am Main, 2005
- [4] VDI Richtlinien VDI 3787 Blatt 5: Umweltmeteorologie Lokale Kaltluft, Dezember 2003
- [5] Werner, G; Kresz, R; Mai, H.; Reuter, W.; Roth, D; Schultz, V.: Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung, Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn, 1979
- [6] VDI-Richtlinien VDI 3787 Blatt 1: Umweltmeteorologie, Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, Dezember 1997 (inzwischen ersetzt)
- [7] Umweltbundesamt: CORINE Land Cover - CLC (Coordination of Information on the Environment), Dessau-Roßlau, 2022
<https://www.umweltbundesamt.de/> bzw. <https://gis.uba.de> Zugriff 14.4.2022

- [8] TA Luft - Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 18. August 2021 (GMBI. Nr. 48 - 54 vom 14.9.2021, S. 1049)
- [9] Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen GeoSN: Höhendaten DGM20, Geodaten dl-de/by-2-0, Dresden, 2022
<https://www.geodaten.sachsen.de/> Zugriff am 14.3.2022
- [10] Landbedeckungsmodell Deutschland 2018 (LBM-DE2018) (vgl. <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/open-data/corine-land-cover-5-ha-stand-2018-clc5-2018.html> | Stand Okt. 2020)
- [11] Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen GeoSN: Topografische Karten, Geodaten dl-de/by-2-0, Dresden, 2022
<https://www.geodaten.sachsen.de/> Zugriff am 14.3.2022
- [12] Ingenieurbüro Janicke GbR, Gesellschaft für Umweltphysik im Auftrage des Umweltbundesamtes Berlin: AUSTAL Version 3.1.2-WI-x, Überlingen, 09.08.2021
- [13] Ingenieurbüro Janicke GbR, Gesellschaft für Umweltphysik: LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol-Transport), Überlingen, 2017
- [14] Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG: Aufstellung Rahmen-Bebauungsplan des Industrieparks Oberelbe - Kaltluftmodellierung, Projekt 71384-17-02, Radebeul, September 2019
- [16] Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG: Mitteilungen und Ergänzungen zum Projekt 71384-17-02. E-Mail vom 20.07.2021 und 31.08.2021
- [15] GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH: Lokalklimatische Bewertung für den Bebauungsplan Nr. 1 „Industriepark Oberelbe“, Berichtsnummer: K190218-02, Dresden, November 2019
- [17] European Digital Elevation Model (EU-DEM) Version 1.1, European Environment Agency (EEA) under the framework of the Copernicus programme
<https://land.copernicus.eu/> Zugriff 10.3.2022
- [18] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 61: Landschaftsökologie, Flächennaturschutz: Biotoptypen- und Landnutzungskartierung Sachsen (BTLNK 2005)
<https://www.umwelt.sachsen.de/> Zugriff am 14.3.2022
- [19] Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG: KALM Kaltabflussmodell, Dresden, 2019

KAPITEL 2 UNTERSUCHUNGEN ZUM LOKALKLIMA - WÄRMEHAUSHALT

2.1 Motivation / Veranlassung

Das lokale Klima einer eines überbauten Gebietes z.B. einer dicht bebauten Siedlung, unterscheidet sich wesentlich vom Klima in ländlichen oder nicht überbauten und versiegelten Regionen. Ein Beispiel ist das Phänomen der städtischen Wärmeinsel. Die Temperatur weist durch die dichte Bebauung und den Energieumsatz von Verkehr, Wirtschaft und Haushalten deutlich höhere Werte auf als im Umland, im Jahresmittel um etwa 0,5 bis 2 K. Während sonnenscheinreicher, windschwacher Wärmeperioden können diese Unterschiede weitaus höher ausfallen.

Durch die Entwicklung des Industrie- und Gewerbegebietes im Rahmen des Bebauungsplanvorhabens Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ mit seiner entsprechenden Infrastruktur und Überbauung sind lokalklimatische Veränderungen hinsichtlich des Wärmehaushaltes nicht auszuschließen. Das betrifft zum einen das Gebiet selbst aber auch die umliegenden Bereiche und Nutzungen. In der Untersuchung werden die Zustände ohne und mit den infrastrukturellen Veränderungen gegenübergestellt und bewertet.

2.2 Methodik der Ermittlungen zum Wärmehaushalt des Gebietes

2.2.1 Interaktion der Landnutzung mit dem Wärmehaushalt

Der Wärmehaushalt eines Gebietes hängt maßgeblich von der energetischen Wechselwirkung der Landoberfläche mit dem Boden und der Atmosphäre ab. Dabei ist entscheidend, wie sich der Energieinput der Sonne und der Atmosphäre in den Komponenten der Wärmebilanz aufteilt, die für Oberflächen- und Lufttemperatur verantwortlich sind.

Eine häufig gebräuchliche Schreibweise der Wärmebilanz lautet: $R_n = H + LE + G$, wobei $R_n = R_G - RR + RA - RE$ den effektiven Strahlungsinput von Sonne und Atmosphäre (Nettostrahlung) darstellt und sich aus zwei solaren Komponenten (R_G -Globalstrahlung von der Sonne und RR -Reflexstrahlung von der Oberfläche) und zwei terrestrischen Komponenten (RA -Strahlung der Atmosphäre und RE -Abstrahlung der Oberfläche) zusammensetzt.

Die Landnutzung interagiert über den Anteil reflektierter kurwelliger Solarstrahlung mit der Oberfläche: $RR = aR_G$, mit a -dem Reflektionsvermögen (Albedo) der Oberfläche, sowie RE - der langwelligen terrestrischen Abstrahlung der Oberfläche, die von der Oberflächentemperatur abhängig ist: $RE = \sigma T^4$, mit T -der Oberflächentemperatur und σ -der Stefan-Boltzmann-Konstante.

Die Verteilung der Komponenten H (fühlbarer Wärmestrom), LE (latenter Wärmestrom) und G (Bodenwärmestrom) ergibt sich aus R_n und den Eigenschaften des Bodens und Landnutzung, insbesondere der Bodenfeuchte. So hat z.B. trockener, dunkler, vegetationsloser oder versiegelter Boden eine hohe Oberflächentemperatur und eine geringe Verdunstung, dafür aber einen großen fühlbaren Wärmestrom, der für die Lufterwärmung verantwortlich ist.

2.2.2 Auswirkung auf Oberflächen- und Lufttemperatur

Oberflächen- und Lufttemperatur sind über den turbulenten Austausch fühlbarer Wärme direkt miteinander gekoppelt. Eine hohe Oberflächentemperatur führt insbesondere bei verdunstungsarmen Oberflächen (versiegelt, trocken) aufgrund eines großen fühlbaren Wärmestroms zu einer hohen Lufttemperatur. Gleichzeitig dämpft hohe Bodenfeuchte infolge der Energiebindung durch Verdunstung die Erwärmung der Oberfläche und der Luft. Oberflächen mit guter Wärmeleitung (z.B. nasser oder steiniger Boden) führen bei hoher solarer Einstrahlung zu einem hohen Bodenwärmestrom. Die in den Boden geleitete Wärme trägt nicht zur Erwärmung der Luft bei. Allerdings behindert der inverse Wärmestrom aus dem Boden in der Nacht die Abkühlung bestimmter Oberflächen (z.B. versiegelten Flächen).

Eine besonders effektive Reduktion der Oberflächen- und Lufttemperatur am Tage wird durch Verschattung mit hoher Vegetation erreicht, da der Energieinput durch solare Strahlung deutlich verringert wird.

2.2.3 Datengrundlage

Für die Durchführung von Modellsimulationen wurden einige Dokumente vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Im Folgenden werden sie aufgelistet und der Zweck vorgestellt:

1. **B-Plan 1.1 "Technologiepark Feistenberg" des Zweckverbandes IndustriePark Oberelbe; Variantenuntersuchung für die Einordnung einer Faunabrücke über die B172a** (Stand 17.05.2021) [BP_IPO_17_05_Varianten_Faunabrücken_Gesamt.pdf] - Mit dem Dokument wurde die Größe des Modellgebiets in ENVI-met Simulationen festgestellt. Die Größe des Gebiets wurde so gewählt, dass das ganze Gebiet „B-Plan Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg““ mit den zunächst geplanten Ausgleichsmaßnahmen und Faunabrücken mit einem Puffer von ca. 150 m durch das Input File abgedeckt wird.
2. **Grünordnungsplan zum B-Plan 1.1 „Technologiepark Feistenberg“** (Stand 14.03.2022) [2022_03_14 GOP zum BP_1.1. Arbeitsstand.pdf] - Das Dokument wurde genutzt, um die zukünftigen Straßen, Industrie-/Gewerbegebiete und die Kompensationsflächen im Geltungsbereich sowie außerhalb des Geltungsbereiches im Zustand nach der Umsetzung des B-Plans 1.1 darzustellen.
3. **Fiktive Bebauungsstruktur im Gebiet B-Plan 1.1: „Kennzeichnung der Flächennutzung der Industrie- und Gewerbegebiete. Darstellung der Bauflächen und einer fiktiv gewählten Gebäude-lage“** (Stand 23.03.2022) [abbildung04_final.jpg] - Dieser Plan mit der fiktiven Bebauungsstruktur von Dipl.-Ing. Bert Schmiechen wurde genutzt, um die Lage und absolute Höhe der Gebäude in den zukünftigen Industrie- und Gewerbegebieten im B-Plan Nr. 1.1 zu definieren.
4. **Bearbeitungsstand zum Bebauungsplanentwurf 1.1: Terrassierung (nur Planungshöhe)** (Stand 20.01.2022) [BP_1.1._IPO_20_01_2022-Terrassierung-Planungshöhen.pdf] - Aus diesem Plan wurden die geplanten Gebäudehöhen genommen.
5. **Lageplan B172, Ortsumgehung Pirna, 3. Bauabschnitt** (Stand 04.06.2014) [U07_B01_LP.pdf] - Obwohl sich die B172, Ortsumgehung Pirna, gerade noch im Bau befindet, wurde der im Modellgebiet liegende Teil der B172 für alle Simulationen nach diesem Lageplan aufgenommen, um die Zukunftssituation realistisch darzustellen.
6. **Handlungsleitfaden zur Entwicklung von klimawandelangepassten Industrie- und Gewerbegebieten (KIG) [7]** - Die Empfehlungen des Dokuments wurden bei der Erstellung des Klimagutachtens bezüglich der Analyse der Hitzebelastung an heißen Sommertagen berücksichtigt (siehe u.a. Seiten 26-27, 29 und 69-71).

Zusätzlich zu den oben genannten Dokumenten wurde das Eingangsdatenfeld des Ist-Zustands für das Mikroklimamodell ENVI-met mit Hilfe der Google Maps Satellitenbilder aus dem Gebiet des B-Plan Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ und Vor-Ort-Begehungen erstellt. Die Vor-Ort-Begehungen haben am 13.07.2021 und am 16.07.2021 stattgefunden.

2.2.4 Verwendete mikrometeorologische Modelle

2.2.4.1 Mikroklimamodell ENVI-met

Das Modell wird im Klimagutachten zur Bewertung der Klimaauswirkungen von Versiegelung im Gebiet B-Plan Nr. 1 auf den Wärmehaushalt im Gebiet und seiner Umgebung und zur Bewertung der Wirksamkeit der Ausgleichsmaßnahmen für das Gesamtgebiet verwendet. Dies betrifft insbesondere Änderungen der Lufttemperatur.

ENVI-met ist ein dreidimensionales nicht-hydrostatisches Modell, das die klimatologischen Wechselwirkungen zwischen Oberflächen, Pflanzen und der Atmosphäre in städtischen sowie ländlichen Umgebungen simulieren kann. Die ENVI-met Software ist das Ergebnis von fast 30 Jahren Forschung und Entwicklung [1].

Die Software verwendet die Grundgleichungen für Windströmung, Thermodynamik, Hydrologie und Strahlung. Da ENVI-met ein instationäres Simulationsmodell ist, erlaubt es die Berechnung der sich ändernden Temperaturen und aller anderen prognostischen Größen während des Tagesablaufs. Die Vegetation wird als poröses Material in Form zusätzlicher Terme in den Grundgleichungen des Modells integriert. ENVI-met berechnet unter anderem das Strömungsfeld, die turbulenten Flüsse fühlbarer und latenter Wärme, meteorologische Standardgrößen wie Strahlungskomponenten, Temperatur, spezifische und relative Feuchte sowie die bioklimatische Größe Predicted Mean Vote (PMV). Das Modell wird

durch eindimensionale Randfelder (Wind-, Temperatur- und Feuchteprofile in der Atmosphäre bis 2 km, sowie Bewölkung) initialisiert, die teilweise durch Oberflächenparameter (Albedo, Rauigkeitslänge, Emissivität) kontrollierbar sind. Des Weiteren werden Bodentemperatur- und Bodenfeuchte in drei Schichten vorgegeben. Zur Charakterisierung der Boden- und Grünraumstruktur wird ein Datensatz erweiterbarer Pflanzen- und Bodentypen verwendet. Die Gebäude in ENVI-met werden durch undurchlässige Gitterboxen mit festgehaltener Innentemperatur und einem konstanten Wärmetransferkoeffizienten parametrisiert. Durch die Kopplung der Berechnungen mit pflanzenphysiologischen Modellen, ermöglicht ENVI-met die Simulation des Einflusses der Vegetation auf das Mikroklima. Aufgrund der feinen Auflösung des Simulationsrasters im Bereich von 0,5 bis 10 m kann der Einfluss einzelner Bäume abgebildet werden. [2; 6]

Die Berechnungen im vorliegenden Gutachten wurden mit der frei verfügbaren Programmversion ENVI-met 3.1 ausgeführt. Für die Modellierung wurde eine Auflösung von 10 x 10 m² ausgewählt, um die Landnutzung vor und nach der Umsetzung des B-Plans realistisch und sinnvoll darstellen zu können. Mit einer größeren Auflösung wäre der Rechenaufwand aufgrund der Gebietsgröße zu hoch geworden und mit einer kleineren Auflösung wäre es nicht möglich gewesen, die Straßen und kleineren Gebäuden darzustellen, die aber einen wichtigen Einfluss auf den Wärmehaushalt haben. Die Größe des Gebiets wurde so gewählt, dass das ganze Gebiet „B-Plan Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg““ (Stand 17.05.2021) mit den zunächst geplanten Ausgleichsmaßnahmen und Faunabrücken mit einem Puffer von ca. 150 m durch das Input File abgedeckt wird. Das erstellte Gebiet hat eine Größe von 249 x 188 x 25 Gitterzellen (Abb. 2.1). Das entspricht in Ost-West Richtung auch der maximalen Größe des Gebietes, die das Programm zulässt.



Abbildung 2.1: Das im ENVI-met erstellte Gebiet mit dem rot dargestellten Bereichsgrenzenplan des B-Plans 1.1 (Luftbild: Google Maps 2021 [3])

Das Eingangsdatenfeld des Ist-Zustands für das Mikroklimamodell ENVI-met wurde mit Hilfe der Google Maps Satellitenbilder und Vor-Ort-Begehungen (13. und 16. Juli 2021) erstellt. Aufgrund der gewählten Auflösung (10 x 10 m²), war eine höhere Generalisierung notwendig. D.h. es wurden nur die Parameter gekennzeichnet, die in jeder Gitterzelle hauptsächlich vorkommen oder die Gitterzelle am meisten charakterisieren. Deswegen sind viele kleinere Gebüsche, einzelne Bäume, engere Wege und kleinere Gebäude gar nicht aufgenommen worden, oder manche Pflanzen/Wege/Gebäuden sind größer dargestellt als sie eigentlich sind.

Die Höhen von Pflanzen und Gebäuden wurden während der Vor-Ort-Begehungen ungefähr bestimmt. Auch die Art der Getreide wurde mit Vor-Ort-Begehungen im Juli 2021 bestimmt. Insgesamt wurde zwischen drei Arten von Getreide unterschieden: 60 cm hohes Getreide (z.B. Weizen, Gerste, Hafer), 1,1 m hoher Raps und 1,5 m hoher Mais. Dazu wurde in anderen offenen und wilden Wiesen 60 cm hohes Grasland definiert. Alle oben genannten Pflanzen unterscheiden sich nicht nur in der Höhe, sondern auch in der vordefinierten Blattflächendichte (LAD).

Obwohl sich die B172, Ortsumgehung Pirna, gerade noch im Bau befindet, wurde der im Modellgebiet liegende Teil der B172 für alle Simulationen nach dem „Lageplan B172, Ortsumgehung Pirna, 3. Bauabschnitt“ aufgenommen, um die Zukunftssituation realistisch darzustellen. Die breiteren asphaltierten Straßen (Bundesstraße B172a, Ortsumgehung Pirna B172, Dippoldiswalder Straße und Krebs Straße) wurden sowohl im Ist-Zustand als auch im Zustand nach der Umsetzung des B-Plans mit Asphalt definiert. Andere schmalere Wege sind aufgrund der notwendigen Generalisierung nicht dargestellt geworden.

Der Zustand nach der Umsetzung des B-Plans 1.1 wurde mit Hilfe von hauptsächlich zwei freigegebenen Dokumenten erstellt. Die zukünftigen Straßen, Industrie-/Gewerbegebieten und die Kompensationsflächen im Geltungsbereich sowie außerhalb des Geltungsbereiches wurden mit Hilfe des „Grünordnungsplans zum B-Plan 1.1 „Technologiepark Feistenberg““ (Stand 14.03.2022) festgelegt. Die im Grünordnungsplan bezeichneten Flächen wurden wie folgt in Envi-met definiert:

- Extensives Grünland/Offenland = Grasland 60 cm,
- Begleitgrün Verkehrsachsen = Gras 63 cm,
- Gehölzflächen sind unterteilt in zwei Kategorien: Baumhecken = 9 m hohe Bäume; und Gehölzstreifen = eine Mischung aus 2 m bis 7 m hohen dichteren Gebüsch und Bäumen, die einen Sichtschutz bieten,
- 'Hop-over': Baumtor zur Querung K-Straße = 15 m hohe Bäume mit ausgeprägter Kronenschicht
- Bestandsbiotop = identisch zum Ist-Zustand,
- Straße/Radweg/Gehweg = Asphalt,
- Rückhaltebecken = Beton, da es ohne Dauerstau geplant ist,
- Baumreihen sind nicht erstellt worden aufgrund der gewählten Auflösung (Generalisierung).

Alle Flächen außerhalb des B-Plan 1.1 Gebietes sind so geblieben wie im Ist-Zustand. Da es bis Mitte März 2022 noch keine Lagepläne für die zukünftigen Industrie- und Gewerbegebiete im B-Plan Nr. 1.1 Gebiet gab, wurde eine fiktive Bebauungsstruktur vorgeschlagen, die die folgenden Rahmenbedingungen erfüllte:

- Grundflächenzahl von 0,8, d.h. 80 % der Fläche kann versiegelt/überbaut werden,
- maximale Gebäudehöhe (absolute Höhe) nach Vorgabe B-Plan „Bearbeitungsstand zum Bebauungsplanentwurf 1.1“ (Stand 20.01.2022),
- gewählte Bebauungsdichte wurde abgeleitet aus bebauten Industrie-/Gewerbegebieten im Umkreis (autobahnahe Gebiete), wie z.B. BMW Leipzig, Wilsdruff usw.,
- Gebäudelage ist eher fiktiv und richtet sich nach den Verkehrsachsen.

Die vorgeschlagene Bebauungsstruktur wurde mit einigen kleinen Änderungen durch die Vertreterin des Auftraggebers bestätigt (siehe Abb. 2.2) und im Zustand nach der Umsetzung des B-Plans in die Simulationen aufgenommen. Alle versiegelten Industrie- und Gewerbegebiete wurden mit Asphalt definiert.

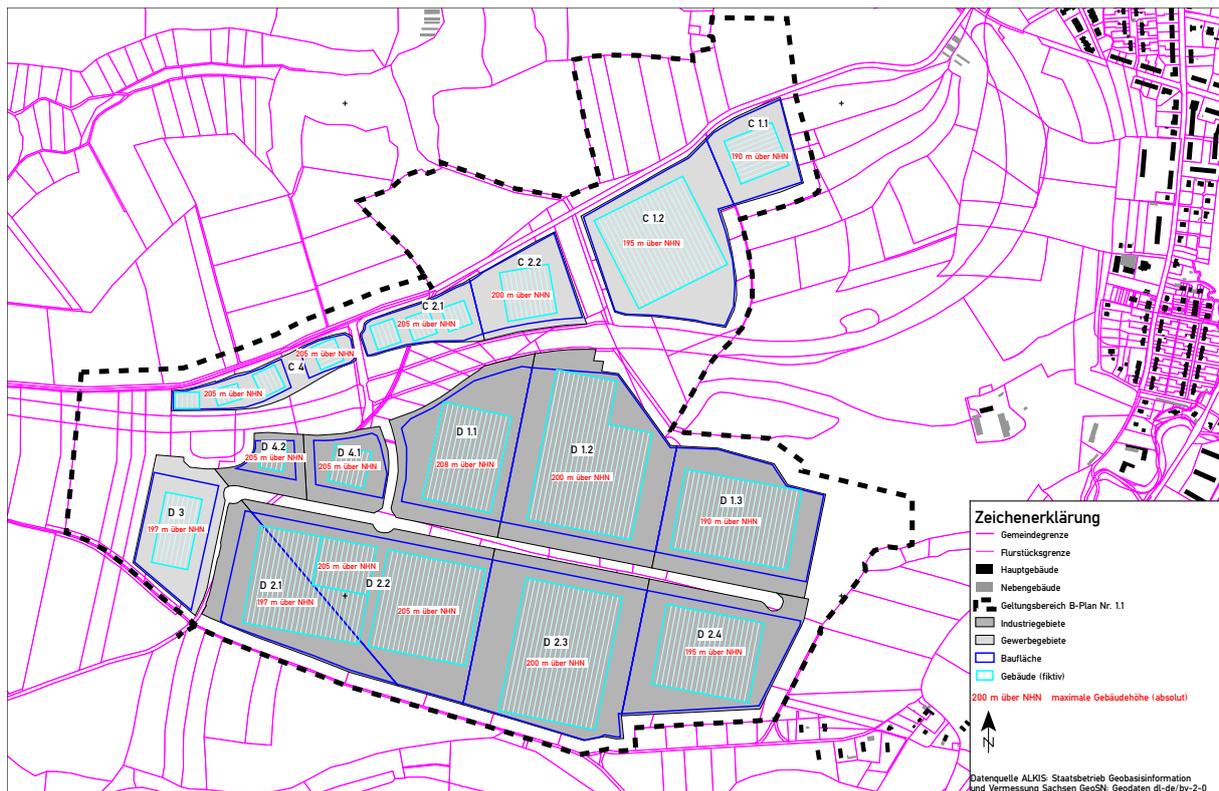


Abbildung 2.2: Fiktive Bebauungsstruktur im Gebiet B-Plan 1.1: Kennzeichnung der Flächennutzung der Industrie- und Gewerbegebiete. Darstellung der Bauflächen und einer fiktiv gewählten Gebäudelage.

In Tabelle 2.1 wurden alle genutzten Bodenmaterialien im ENVI-met Eingangsdatenfeld mit deren Parametern zusammengefasst. Lehm Boden wurde überall da im Modellgebiet definiert, wo sich kein Asphalt oder Beton befindet. Mit Asphalt wurden alle aufgenommenen Wege, sowie die versiegelten Industrie- und Gewerbegebiete definiert. Beton wurde genutzt, um das ohne Dauerstau geplante Rückhaltebecken im geplanten B-Plan Gebiet darzustellen.

Tabelle 2.1: Alle genutzten Bodenmaterialien im ENVI-met Eingangsdatenfeld mit deren Parametern

Name des Bodenmaterials	Rauigkeitslänge der Oberfläche in [m]	kurzwelliger Albedo der Oberfläche	langwelliger Emissionsgrad der Oberfläche
Lehm Boden	0,015	0,00	0,98
Asphalt	0,010	0,20	0,90
Beton	0,010	0,50	0,90

Um die Tagesgänge der bodennahen Lufttemperatur darstellen zu können, wurden sechs repräsentative Rezeptorpunkte im modellierten B-Plan-Gebiet ausgewählt. Die Lage der Rezeptorpunkte ist dargestellt in der Abbildung 2.3. Rezeptorpunkt 1 repräsentiert eine offene tagsüber schattenfreie versiegelte Fläche im B-Plan-Gebiet. Rezeptorpunkte 2 bis 5 wurden ausgewählt, um die täglichen Temperaturveränderungen auf den verschiedenen Seiten eines Gebäudes nach der Umsetzung des B-Plans zu beschreiben und Rezeptorpunkt 6 repräsentiert die nähere Umgebung des B-Plan-Gebiets (Getreidefeld).



Abbildung 2.3: Die Lage der ausgewählten Rezeptorpunkte (RP) im modellierten B-Plan-Gebiet (aus ENVI-met Input-File). Mit grau sind die Gebäude gezeichnet, mit hellgrün Getreidefelder, Grasland oder Gras, mit mittelgrün Gebüsch oder Bäume, mit dunkelgrün 20 m hoher Wald und mit weiß die versiegelten Flächen wie Wege und B-Plan-Gebiet, sowie lehmiger Boden im Nordosten des modellierten Gebiets.

2.2.4.2 Atmosphärisches Grenzschichtmodell HIRVAC

Das verwendete Modell HIRVAC (hoch aufgelöstes gekoppeltes Vegetations-Atmosphären-Modell - High Resolution Vegetation Atmosphere Coupler) ist ein 1.5-dimensionales mikroskaliges Atmosphärenmodell, das mit Mehrschicht- Vegetations- und Bodenmodulen erweitert wurde [5]. Das Modell löst die prognostischen Gleichungen für Impuls, Wärme und Feuchte in 120 Schichten bis zu einer Höhe von 2 km. Zur vertikalen Auflösung des Vegetationsraumes werden bis zu 60 Modellschichten auf die ersten Dekameter verteilt. Die Vegetation wird durch zusätzliche Quell- und Senkenterme in den Grundgleichungen des Modells berücksichtigt. Diese Terme werden mit Vegetationsparametern (Kronenschlussgrad, Blattflächendichte, Formwiderstand) parametrisiert. Das Modell HIRVAC ist in der Lage das meteorologische Regime für Nadel- und Laubbäume, Grasbestände sowie verschiedene Agrarkulturen simuliert werden. HIRVAC liefert als Output Vertikalprofile und Tagesgänge in verschiedenen Höhenschichten aller meteorologischen Standardgrößen, z.B. Oberflächen- und Lufttemperatur, Feuchte und Wind. Im vorliegenden Gutachten wurde das Modell zur Darstellung maximaler sommerliche Unterschiede im Tagesgang der Oberflächentemperatur über fünf unterschiedliche Landnutzungen im B-Plan Gebiet (Wiese, Bäume, Brache, Agrarpflanze (Raps), Asphalt) eingesetzt.

2.2.5 Vergleichsdaten aus Messungen

Zur Überprüfung der mit HIRVAC bzw. Envi-met berechneten Oberflächentemperatur- bzw. Lufttemperaturwerte wurde auf Daten aus mobilen Messungen im Sommer 2020 in Dresden zurückgegriffen. Dies erwies sich als notwendig, da zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung im Plangebiet nicht das notwendige Spektrum der Landnutzungen vorlag.

2.2.6 Dokumentation der durchgeführten Fallsimulationen im Vergleich der Landnutzung vor und nach Umsetzung des B-Plans

2.2.6.1 Durchführung der Modellsimulationen mit ENVI-met

Es wurden sechs Modellsimulationen mit ENVI-met für das B-Plan-Gebiet für drei repräsentative, heiße Sommertage (15. Juni, 15. Juli und 15. August 2021) für den Ist-Zustand und den Zustand nach der Umsetzung des B-Plans durchgeführt. Dabei wurden wolkenarme, strahlungsreiche Tage ausgewählt, um die maximale Wirkung der Landnutzungsänderung nach der Umsetzung des B-Plans auf den oberflächennahen Wärmehaushalt darzustellen.

Die ENVI-met-Simulationen wurden für 28 Stunden durchgeführt, beginnend mit 20.00 Ortszeit (MEZ) am 14. Juni, 14. Juli und 14. August, wobei die ersten vier Stunden benötigt wurden, um das Modell an die Umgebungsbedingungen anzupassen. Die Ausgabedaten für die Lufttemperatur wurden für jede Stunde berechnet und im Falle der Rezeptorpunkte wurde ein Zeitintervall von 5 min ausgewählt.

Die Modellsimulation für das B-Plan-Gebiet an einem strahlungsreichen Sommertag wurde mit folgenden Startwerten und mit zyklischen Randbedingungen betrieben:

- Auflösung von 10 m in horizontaler (x und y) Richtung bzw. von 2 m oberhalb des Bodens und um 19 % zunehmende Schichtdicke in vertikaler (z) Richtung,
- Windgeschwindigkeit von 4 m/s aus Südosten in 10 m Höhe,
- Spezifische Luftfeuchtigkeit 3 g Wasser/kg Luft in 2500 m Höhe,
- Relative Luftfeuchtigkeit 50 % in 2 m Höhe,
- Initiale Temperatur der Atmosphäre 25 °C,
- Initiale Temperatur des Bodens 20,85 °C.

Um die räumliche und zeitliche Verteilung der bodennahen Lufttemperatur in Abhängigkeit von der variablen Landoberflächencharakteristik vor und nach der Umsetzung des B-Plans in dem gesamten geplanten Industriepark zu analysieren, wurden aus den berechneten Modellergebnissen zwei Uhrzeiten ausgewählt: 04.00 Uhr, um die nächtliche Überwärmung darzustellen und 14.00 Uhr, um die tägliche Aufheizung darzustellen. Die Änderungen in der Lufttemperatur über den ganzen Tag wurde mit den sechs ausgewählten Rezeptorpunkten analysiert, beginnend von 00.00 bis 24.00 Uhr. Die Lufttemperatur wurde für die Schicht zwischen 0 bis 2 Meter extrahiert, mit einer absoluten Höhe von 1 m (Schnittposition: $z = 1$).

Diese Vorgehensweise entspricht grundsätzlich den Empfehlungen des Dokuments „Handlungsleitfaden zur Entwicklung von klimawandelangepassten Industrie- und Gewerbegebieten“ [7; siehe dort Seiten 69-71], wobei die Eingangsparameter an die Tageszeit (Beginn der Simulation) und die geografischen und meteorologischen Bedingungen angepasst wurden.

2.2.6.2 Durchführung der Modellsimulationen mit HIRVAC

Mit dem Modell HIRVAC wurden insgesamt 15 Modellsimulationen (5 Landnutzungen, 3 heiße Sommertage im Juni, Juli, August). Dabei wurden die Anfangsprofile für Temperatur, Feuchte und Wind ähnlich wie für die Envi-met Simulationen gewählt. Gleichfalls wurde die Solarstrahlung in analoger Weise wie mit Envi-met für wolkenlose Sommertage berechnet. Ausgewertet wurde bei einer Simulation von 48 h der Tagesgang des zweiten Simulationstages mit einer zeitlichen Auflösung von 6 min.

2.3 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

2.3.1 Temperaturverhältnisse vor und nach Umsetzung des B-Plans für sommerliche Extrembedingungen (ENVI-met)

Im folgenden Paragraphen werden die nächtliche Überwärmung und tägliche Aufheizung nach der Umsetzung des B-Plans Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ des Zweckverbandes Industrie Park Oberelbe (IPO) für sommerliche Extrembedingungen (heiße, wolkenarme und strahlungsreiche Tage) dargestellt und analysiert. Dafür wurden drei Sommertage (15. Juni, 15. Juli und 15. August) ausgewählt. Die Analyse ist eine Extremabschätzung mit bestimmten Randbedingungen (siehe Punkt 2.2.6.1) und konzentriert sich auf die Differenz der simulierten oberflächennahen Lufttemperatur, die nach der Umsetzung des B-Plans zusammen mit den geplanten Kompensationsmaßnahmen im Vergleich zu dem aktuellen Stand des Gebiets auftreten können.

2.3.1.1 Nächtliche Überwärmung um 04.00 Uhr

Die nächtliche Überwärmung wird für die kälteste Zeit in der Nacht vor dem Sonnenaufgang ausgewertet - 04.00 Uhr. Da die Simulationsergebnisse für alle drei ausgewählte Sommertage um 04.00 Uhr beinahe identische Werte gezeigt haben, wird im Folgenden nur der 15. Juni genauer dargestellt und analysiert.

Die Abbildung 2.4 stellt die simulierten Extremdifferenzen der bodennahen Lufttemperatur nach der Umsetzung des B-Plans zusammen mit den geplanten Kompensationsmaßnahmen im Vergleich zu dem aktuellen Stand des modellierten Gebiets am 15. Juni um 04.00 Uhr dar. Diese ENVI-met Simulation mit den Extremwetterbedingungen zeigt, dass sich innerhalb des bebauten B-Plan-Gebiets die Lufttemperatur von ca. 0,6 K in den Rändern des B-Plan-Gebiets bis zu maximal 1,4 K in der Mitte des B-Plan-Gebiets erhöhen. Dabei sieht man eine großflächige Erhöhung der Lufttemperatur in der Mitte des B-Plan-Gebiets von mindestens 1,0 K (siehe Abb. 2.4, lila Farbtöne). Diese nächtliche Überwärmung ist begründet mit dem Wärmeinseleffekt: Gebäude und versiegelten Flächen speichern tagsüber große Mengen von Wärme aufgrund ihrer höheren spezifischen Wärmekapazität im Vergleich zu natürlichen Flächen wie z.B. das Getreidefeld im Ist-Zustand [4].

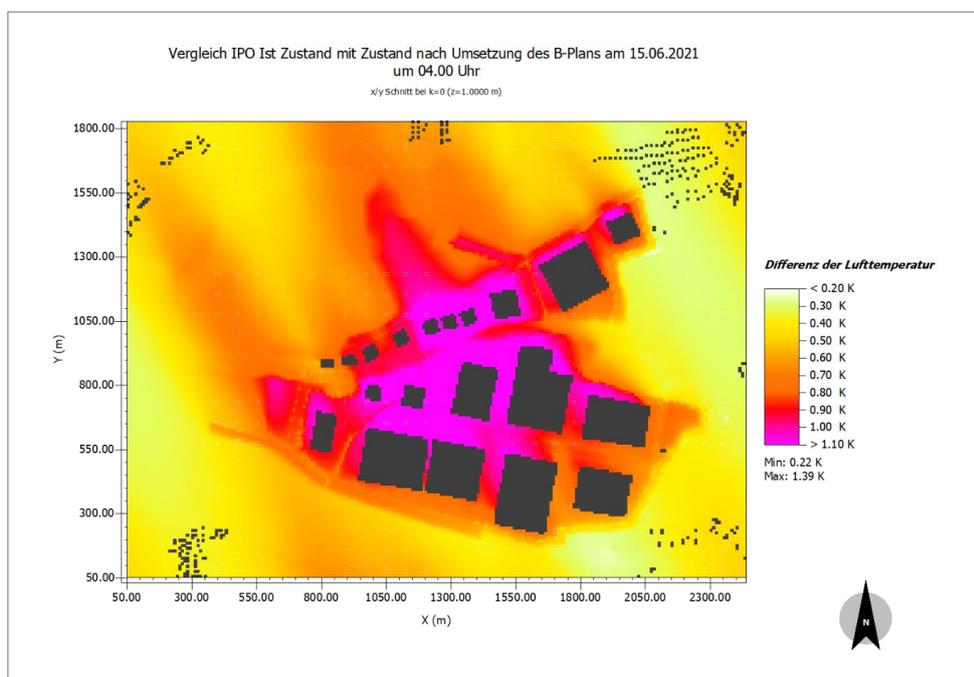


Abbildung 2.4: Vergleich IPO Ist-Zustand mit Zustand nach Umsetzung des B-Plans am 15.06.2021 um 04.00 Uhr. Dargestellt ist die Differenz der Lufttemperatur. Die Erhöhung der Lufttemperatur im gesamten Simulationsgebiet liegt zwischen 0,2 K und 1,4 K.

Die in der Abbildung 2.4 auffälligen wärmeren Schlaufen in Südost-Nordwest-Richtung sind aufgrund des in den Randbedingungen festgelegten Windes entstanden, da der Wind die wärmere Luft in die nähere Umgebung verteilt. In der Realität hängt die Richtung und die Weite der Schlaufen von der Windrichtung und deren Stärke ab. In diesem Fall wurde die Ausgangswindrichtung aus Südosten mit 4 m/s in 10 m Höhe definiert. Die Südost-Windrichtung ist im Bereich des Oberen Elbtals typisch für sommerliche Hochdruckwetterlagen, die eine entscheidende Voraussetzung für die Entstehung von Hitzeperioden darstellen.

Auch die geplanten Kompensationsmaßnahmen am Rand des Geltungsbereiches zeigen einen kleinen Einfluss auf die nächtliche Lufttemperatur. Es ist geplant, das ganze B-Plan-Gebiet mit Gehölzstreifen oder extensivem Grünland zu umgeben. Im Vergleich zu dem Getreidefeld im Ist-Zustand speichern die im Zukunftszustand definierten 2 m bis 7 m hohen dichteren Gebüsch und Bäume sowie das Grasland tagsüber mehr Wärme und geben sie nachts durch Emission von thermischer Gegenstrahlung langsam wieder ab. Deswegen kann man in der Abbildung 2.4 außerhalb des bebauten B-Plan-Gebietes Lufttemperaturerhöhungen von ca. 0,6 K bis zu ca. 1 K beobachten.

Je größer die Entfernung von dem geplanten B-Plan-Gebiet wird, desto kleiner wird der simulierte Einfluss des geplanten Vorhabens auf die bodennahe Lufttemperatur. Für die existierenden Siedlungsgebiete innerhalb des Modellgebiets wird eine Temperaturerhöhung zwischen 0,2 und 0,6 K simuliert.

Zum besseren statistischen Verständnis der Verteilung der bodennahen Lufttemperaturdifferenzen vor und nach der Umsetzung des B-Plans wurden für das B-Plan-Gebiet Boxplots für die drei Sommertage erstellt. Der in der Boxplot-Analyse genutzte Bereich (siehe schwarzes Rechteck in Abb. 2.5) beschreibt das B-Plan-Gebiet zusammen mit den im Grünordnungsplan (GOP) geplanten Kompensationsmaßnahmen. Als einzige Ausnahme wurde der im Osten liegende lange in Ost-West-Richtung laufende Grasstreifen (orangene Farbe), der im Ist-Zustand mit Getreide definiert war, aus der Boxplot-Analyse herausgelassen, um auf die Haupttemperaturveränderungen im B-Plan-Gebiet zu fokussieren und den Einfluss der umliegenden Gebiete mit niedrigeren Temperaturveränderungen zu minimieren. Die Boxplot-Analyse zeigt die Verteilung der simulierten Temperaturdifferenzen zwischen Ist-Zustand und Zustand nach der Umsetzung des B-Plans für alle Gitterzellen, außer Gebäude, innerhalb des gesamten ausgewählten Bereichs, d.h. innerhalb des schwarzen Rechtecks in Abb. 2.5.

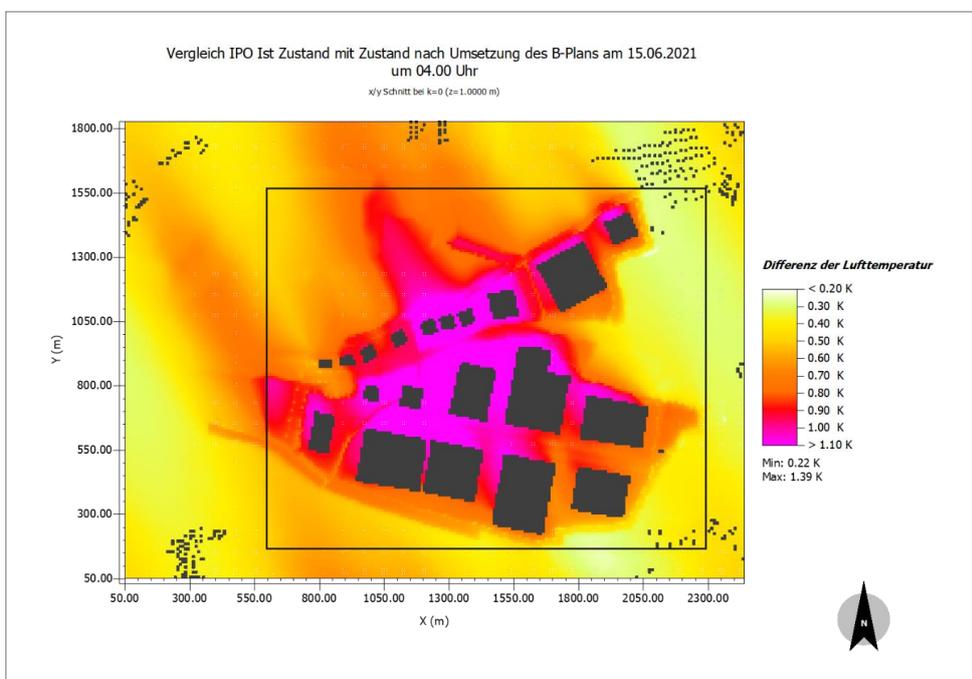


Abbildung 2.5: Vergleich IPO Ist-Zustand mit Zustand nach Umsetzung des B-Plans am 15.06.2021 um 04.00 Uhr. Mit dem schwarzen Rechteck ist der in den Boxplot-Analysen genutzte Bereich dargestellt (Koordinaten linke obere Ecke: $x=600$ und $y=1560$; rechte untere Ecke: $x=2280$ und $y=170$). Dieser Bereich beschreibt das B-Plan-Gebiet zusammen mit den im GOP geplanten Kompensationsmaßnahmen.

Die Abbildung 2.6 zeigt, dass die Verteilung der nächtlichen bodennahen Lufttemperaturdifferenzen zwischen Ist-Zustand und Zustand nach der Umsetzung des B-Plans für die drei simulierten heißen Sommertage im Prinzip identisch ist. Die Lufttemperaturdifferenzen variieren zwischen 0,2 K bis zu maximal 1,4 K, dabei bleibt der Bereich zwischen 25. und 75. Perzentil (Interquartilsabstand) zwischen 0,5 K und 0,9 K. Durchschnittlich liegt die nächtliche bodennahe Lufttemperatur nach der Umsetzung des B-Plans in einer warmen Sommernacht um 04.00 Uhr um 0,7 K höher. Auch der Medianwert der Lufttemperaturdifferenzen beträgt 0,7 K, d.h. 50% des B-Plan-Gebiets wird weniger als 0,7 K wärmer und 50% wird mehr als 0,7 K wärmer.

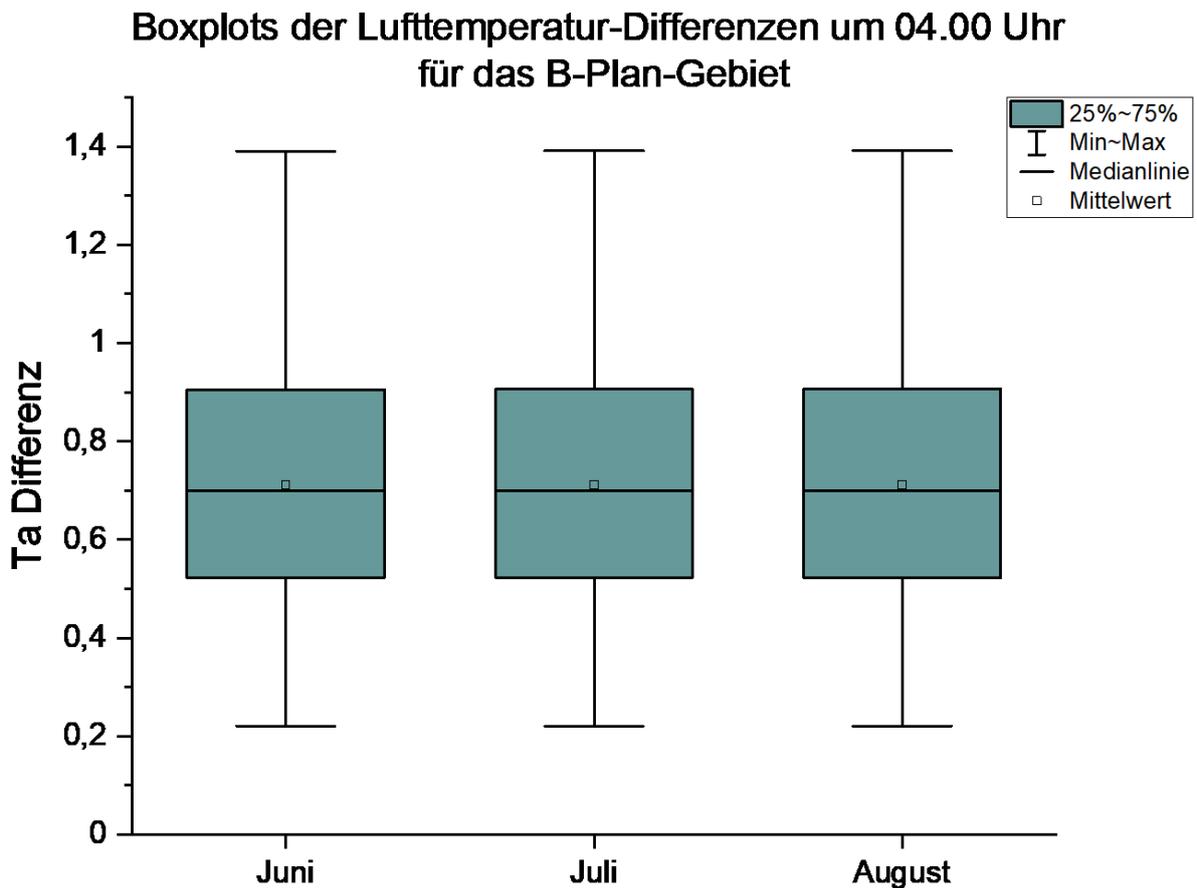


Abbildung 2.6: Boxplots der simulierten Lufttemperatur-Differenzen um 04.00 Uhr für das B-Plan-Gebiet am 15. Juni, 15. Juli und 15. August

2.3.1.2 Tägliche Aufheizung um 14.00 Uhr

Im Folgenden wird die tägliche Aufheizung für die wärmste Zeit des heißen, wolkenarmen und strahlungsreichen Sommertages ausgewertet - 14.00 Uhr. Die Analyse konzentriert sich hauptsächlich auf den 15. Juni, da er von den simulierten Tagen der heißeste Sommertag ist und die größten oberflächennahen Lufttemperaturdifferenzen vor und nach der Umsetzung des B-Plans zeigte.

Die Abbildung 2.7 stellt die simulierten Differenzen der bodennahen Lufttemperatur nach der Umsetzung des B-Plans zusammen mit den geplanten Kompensationsmaßnahmen im Vergleich zu dem aktuellen Stand des modellierten Gebiets am 15. Juni um 14.00 Uhr dar. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass sich innerhalb des bebauten B-Plan-Gebiets die Lufttemperatur von ca. 0,4 K am östlichen Rand des B-Plan-Gebiets bis zu maximal 1,7 K im westlichen Bereich des B-Plan-Gebiets erhöhen. Dabei sieht man eine großflächige Erhöhung der Lufttemperatur in der Mitte/nordwestlich des B-Plan-Gebiets von mindestens 1,2 K (siehe Abb. 2.7, lila-rote Farbtöne).

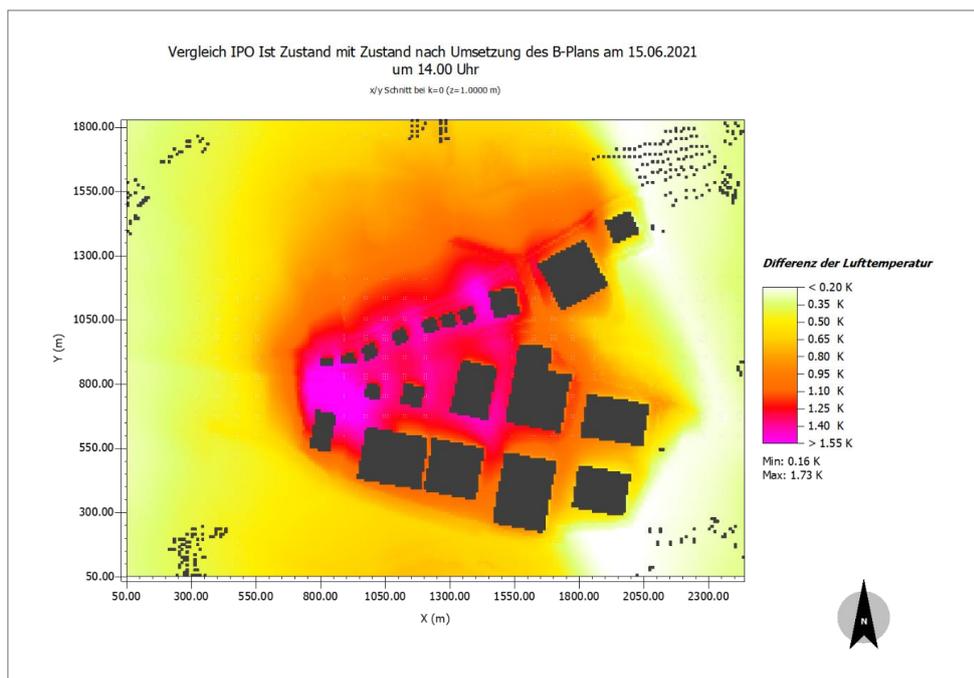


Abbildung 2.7: Vergleich IPO Ist-Zustand mit Zustand nach Umsetzung des B-Plans am 15.06.2021 um 14.00 Uhr. Dargestellt ist die Differenz der Lufttemperatur. Die Erhöhung der Lufttemperatur im gesamten Simulationsgebiet liegt zwischen 0,2 K und 1,7 K.

Die Simulationsergebnisse am 15. Juli waren im Prinzip identisch mit den oben genannten Ergebnissen vom 15. Juni. Am 15. August hat die simulierte Lufttemperatur leicht niedrigere Differenzen gezeigt (siehe Abb. 2.8). Obwohl die minimale Differenz der Lufttemperatur bei ca. 0,4 K am östlichen Rand des bebauten B-Plan-Gebiets bleibt, erreicht die maximale Lufttemperaturdifferenz am 15. August nur noch bis zu 1,6 K im westlichen Bereich des B-Plan-Gebiets. Die gleiche Fläche, die am 15. Juni eine Erhöhung von mindestens 1,2 K zeigt, erhöht sich am 15. August um ca. 0,2 K weniger.

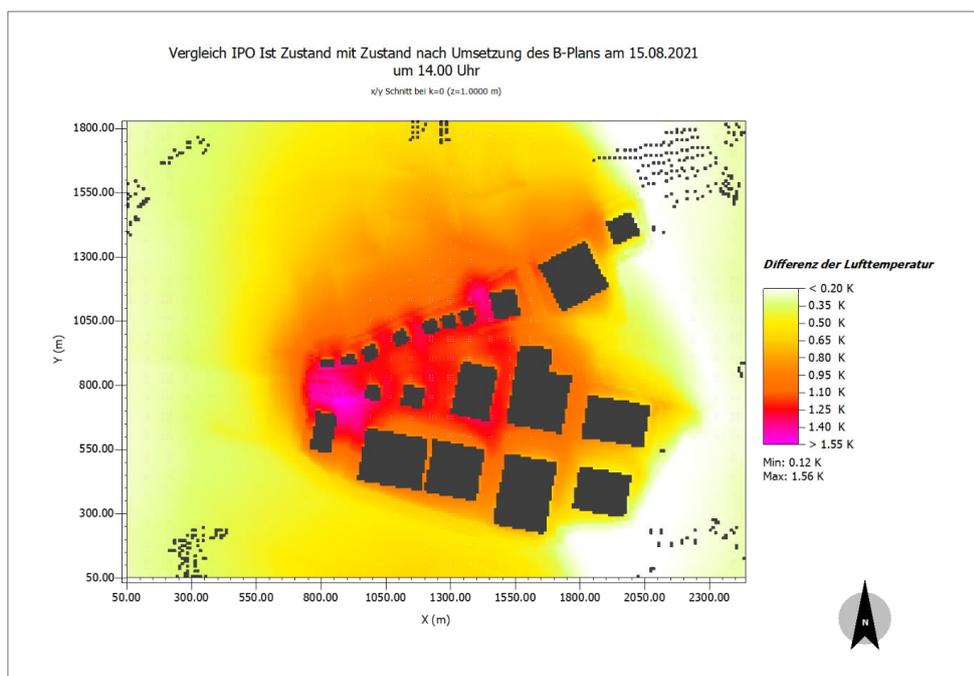


Abbildung 2.8: Vergleich IPO Ist-Zustand mit Zustand nach Umsetzung des B-Plans am 15.08.2021 um 14.00 Uhr. Dargestellt ist die Differenz der Lufttemperatur. Die Erhöhung der Lufttemperatur im gesamten Simulationsgebiet liegt zwischen 0,1 K und 1,5 K.

Auch die täglichen Simulationsergebnisse zeigen die erwartete Abnahme der Lufttemperaturdifferenzen mit der steigenden Entfernung vom geplanten B-Plan-Gebiet. Für die nahgelegenen Siedlungsgebiete innerhalb des Modellgebiets wird eine Temperaturerhöhung von 0,2 K bis zu 0,7 K am 15. Juni und 15. Juli simuliert und von 0,1 K bis zu 0,6 K am 15. August. Ähnlich zu den nächtlichen bodennahen Lufttemperaturdifferenzen außerhalb des B-Plan-Gebiets hängt auch die tägliche Lufttemperatur in der näheren Umgebung des B-Plan-Gebiets von der Windrichtung und Windgeschwindigkeit ab.

Die Abbildung 2.9 zeigt die Verteilung der täglichen bodennahen Lufttemperaturdifferenzen zwischen Ist-Zustand und Zustand nach der Umsetzung des B-Plans für die drei heißen Sommertage um 14.00 Uhr als Boxplots. Analog wie für die nächtliche Überwärmung wurde die Boxplot-Analyse für alle Gitterzellen, außer Gebäude, innerhalb des B-Plan-Gebiets zusammen mit den im GOP geplanten Kompensationsmaßnahmen durchgeführt (siehe Abb. 2.5). Da der 15. Juni und 15. Juli wieder sehr ähnliche Ergebnisse zeigen, wird auch im Folgenden nur der 15. Juni zusammen mit dem 15. August näher analysiert.

Der simulierte Einfluss des geplanten Vorhabens auf die bodennahe Lufttemperatur an einem heißen Sommertag um 14.00 Uhr variiert im Juni zwischen 0,2 K und 1,7 K im B-Plan-Gebiet und im August zwischen 0,1 K und 1,6 K. Dabei bleibt der Bereich zwischen 25. und 75. Perzentil (Interquartilsabstand) zwischen 0,6 K bis zu 1,2 K im Juni und zwischen 0,5 K und 1,0 K im August. Durchschnittlich werden die täglichen bodennahen Lufttemperaturen nach der Umsetzung des B-Plans an einem typischen heißen Sommertag im Juni um 0,9 K höher und im August um 0,7 K höher.

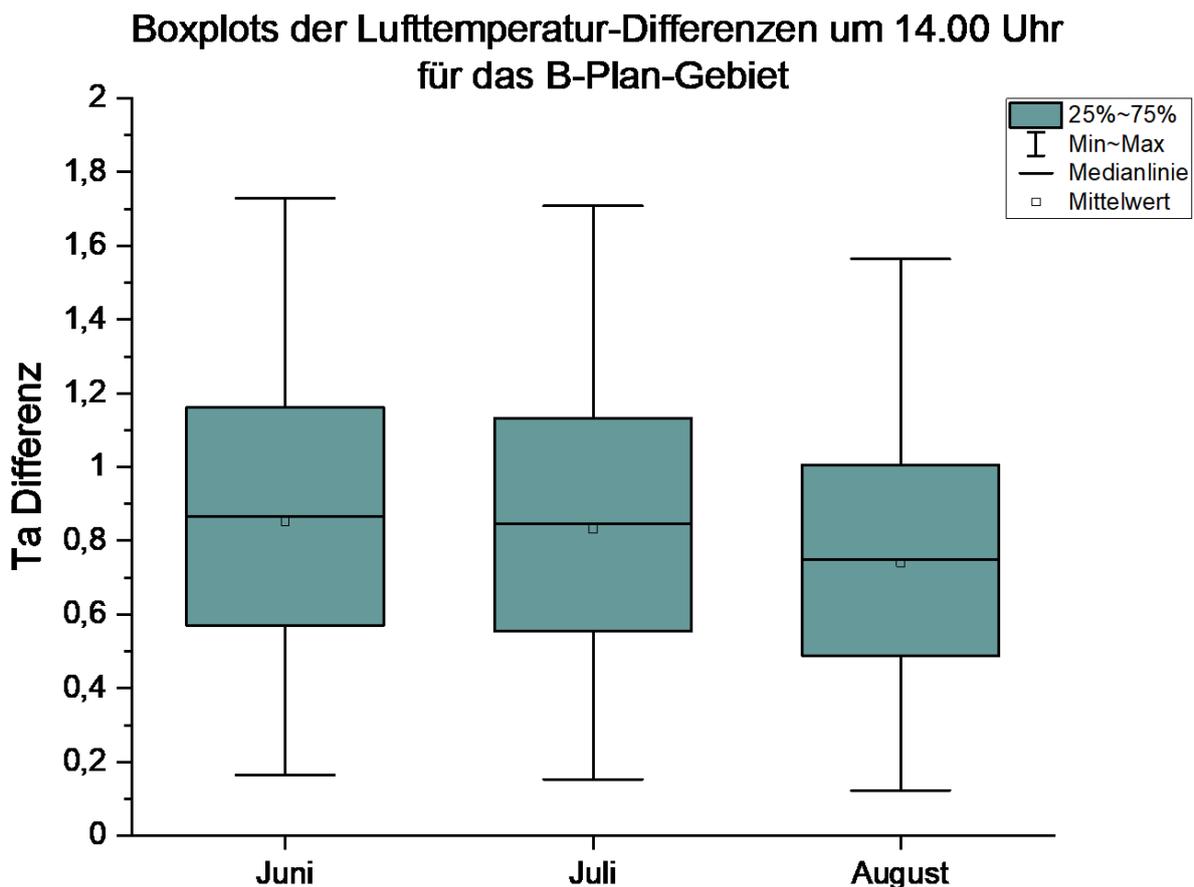


Abbildung 2.9: Boxplots der simulierten Lufttemperatur-Differenzen um 14.00 Uhr für das B-Plan-Gebiet am 15. Juni, 15. Juli und 15. August

2.3.1.3 Tagesgänge der Lufttemperaturdifferenzen

Im Folgenden wird die Veränderung der oberflächennahen Lufttemperaturdifferenzen im Vergleich vor und nach der Umsetzung des B-Plans über den ganzen Tag (von 00.00 Uhr bis 24.00 Uhr) an den ausgewählten Rezeptorpunkten im modellierten B-Plan-Gebiet dargestellt und analysiert. Die Lage der Rezeptorpunkte ist im Paragraph 2.2.4.1 beschrieben und in der Abbildung 2.3 dargestellt. Die Rezeptorpunkte 1 bis 5 repräsentieren das versiegelte B-Plan-Gebiet und der Rezeptorpunkt 6 die Umgebung (Getreidefeld).

Die Abbildung 2.10 zeigt diese Lufttemperaturdifferenzen am 15. Juni in sechs ausgewählten Rezeptorpunkten. Der Tagesgang der Differenz der Lufttemperatur zeigt, dass die Lufttemperaturdifferenzen im Laufe des Tages stark variieren. Die größte Erhöhung der Lufttemperatur liegt zwischen 0,6 K in der Umgebung des B-Plan-Gebiets (RP 6) bis zu 1,4 K im B-Plan-Gebiet (RP 1). Diese Werte werden sowohl in der Nacht als auch am Tag beobachtet. Die kleinsten Unterschiede der Lufttemperaturdifferenzen treten ein paar Stunden nach dem Sonnenaufgang (zwischen 0,2 K bis zu 0,7 K) und kurz vor dem Sonnenuntergang (zwischen -0,1 K bis zu 0,5 K) auf.

Von den Rezeptorpunkten innerhalb des B-Plan-Gebiets (RP 1 bis 5) zeigt Rezeptorpunkt 1, der auf einer offenen versiegelten Fläche liegt, die höchste Lufttemperaturerhöhung (bis zu 1,4 K um 13.30 Uhr). Die Rezeptorpunkte, die auf den verschiedenen Seiten eines Gebäudes gesetzt wurden, zeigen minimale Unterschiede im Vergleich untereinander (ca. 0,1 K). Der Rezeptorpunkt 6, der als einziger außerhalb des B-Plan-Gebiets liegt, zeigt über den ganzen Tag deutlich niedrigere Lufttemperaturerhöhungen (bis zu maximal 0,6 K), bzw. sogar minimale Kühlung (-0,1 K) kurz vor dem Sonnenuntergang.

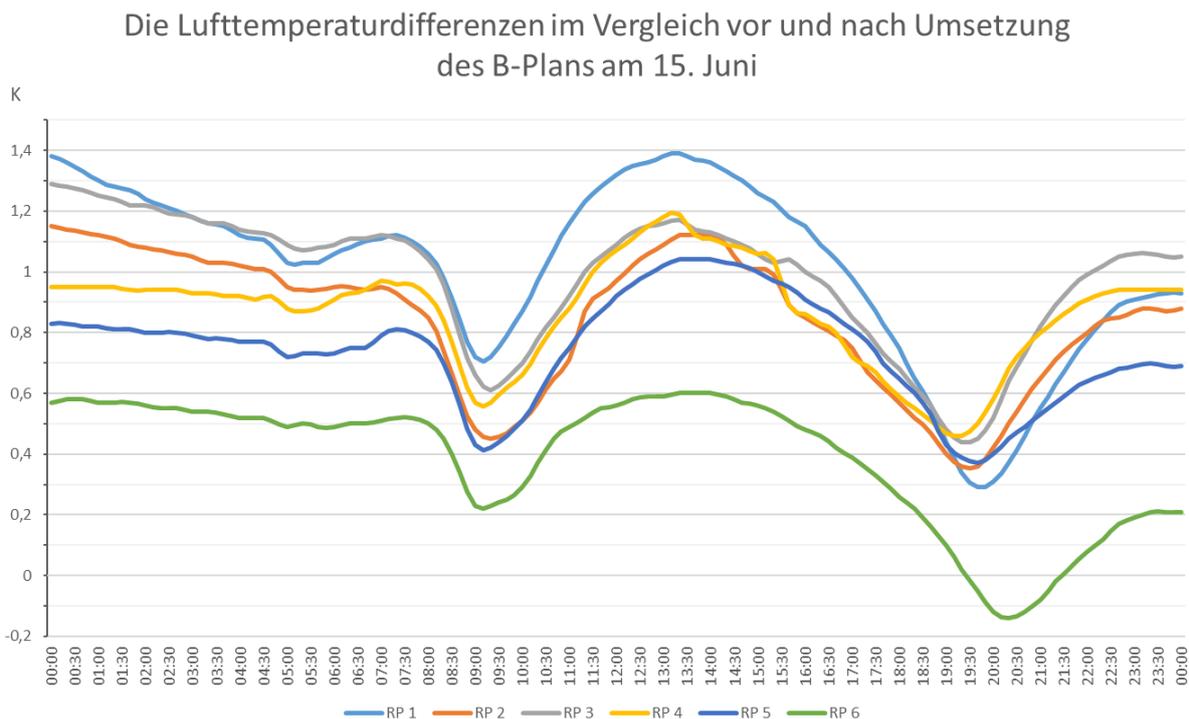


Abbildung 2.10: Die Lufttemperaturdifferenzen im Vergleich vor und nach der Umsetzung des B-Plans am 15. Juni

Die Abbildung 2.11 zeigt die Veränderungen der oberflächennahen Lufttemperaturdifferenzen im Vergleich vor und nach der Umsetzung des B-Plans über den ganzen Tag an drei Sommertagen (15. Juni, 15. Juli und 15. August) beispielhaft an den Rezeptorpunkten 1 und 6. Rezeptorpunkt 1 repräsentiert das B-Plan-Gebiet und Rezeptorpunkt 6 die Umgebung des B-Plan-Gebiets.

Diese Tagesabläufe zeigen, dass die Lufttemperaturdifferenzen Mitte Juni und Mitte Juli prinzipiell identisch sind. Die größeren Unterschiede in den Lufttemperaturdifferenzen tauchen Mitte August auf, da dann die Tage ca. 1,5 h bis 2 h kürzer sind als im Juli bzw. Juni. Wegen des späteren Sonnenaufgangs und früheren Sonnenuntergangs verschieben sich die Verläufe der Temperaturdifferenzen um ca. 40 min nach hinten bzw. vorn. D.h. am Rezeptorpunkt 1 bleibt die Minimumtemperaturerhöhung bei ca. 0,7 K morgens und bei 0,3 K abends und am Rezeptorpunkt 6 bei ca. 0,2 K morgens und -0,1 K abends. Durch die niedrigere globale Sonnenstrahlung liegt die größte Temperaturerhöhung im August im Vergleich zu Juni um ca. 0,1 bis 0,2 K niedriger. Über Nacht gleichen sich die nächtlichen Temperaturunterschiede an allen drei Sommertagen.

Die Lufttemperaturdifferenzen im Vergleich vor und nach Umsetzung des B-Plans an Rezeptorpunkt 1 (links) und Rezeptorpunkt 6 (rechts)

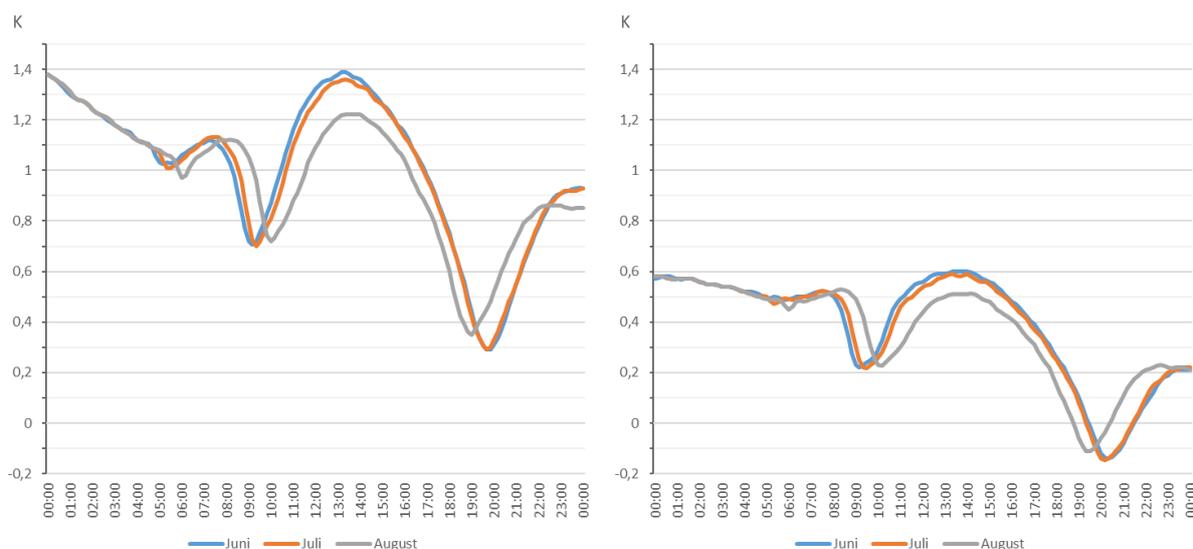


Abbildung 2.11: Die Lufttemperaturdifferenzen im Vergleich vor und nach der Umsetzung des B-Plans am 15. Juni, 15. Juli und 15. August an den Rezeptorpunkten 1 (links) und 6 (rechts)

2.3.2 Oberflächentemperatur für typische Landnutzungen im Gebiet (HIRVAC)

Mit dem mikrometeorologischen Modell HIRVAC wurden für die standardisierten Oberflächentypen Wald (Mischwald, 20 m hoch), Wiese (0,2 m), Raps (1,0 m), Brache und Asphalt Simulationen zur Energiebilanz der Oberfläche durchgeführt. Bei Nutzung des gleichen atmosphärischen Modellantriebs (Strahlung, Feuchte, Wind) für alle Landnutzungen verdeutlichen die Ergebnisse den starken Einfluss der Unterlage auf die Oberflächentemperatur T_s (s. Kap. 2.1 und 2.2).

So zeigen die Tagesgänge von T_s deutliche Differenzen für die drei wolkenlose Sommertage Mitte Juni, Juli und August (Abbildungen 2.12 und 2.13) zwischen versiegelter (Asphalt), unversiegelter (Brache), und bewachsener Oberfläche mit unterschiedlichem Grad der Verschattung (Wiese, Raps, Wald). Die Temperaturunterschiede im Maximum zwischen Asphalt und Wald betragen bis zu 30 K (Abbildung 2.14). Dieses Ergebnis deckt sich gut mit Vergleichsmessungen (Kap. 2.3.3).

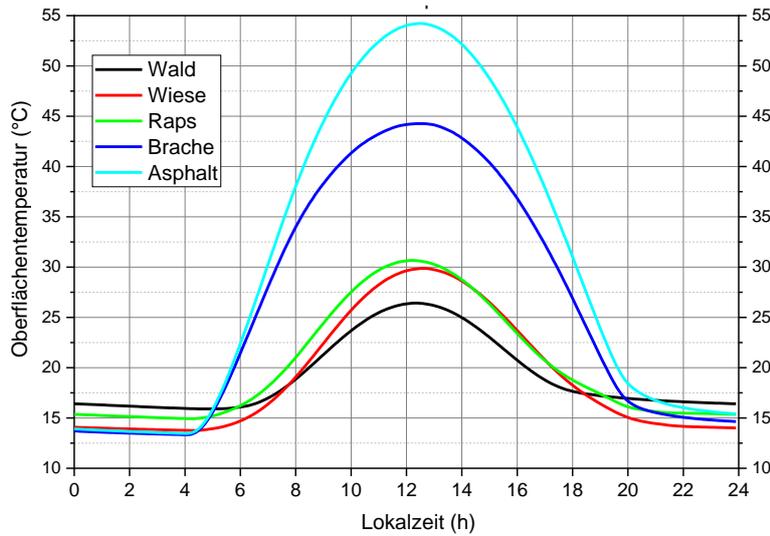


Abbildung 2.12: HIRVAC Simulation der Oberflächentemperatur für unterschiedliche Landnutzungen und einen wolkenlosen Tag für Mitte Juni

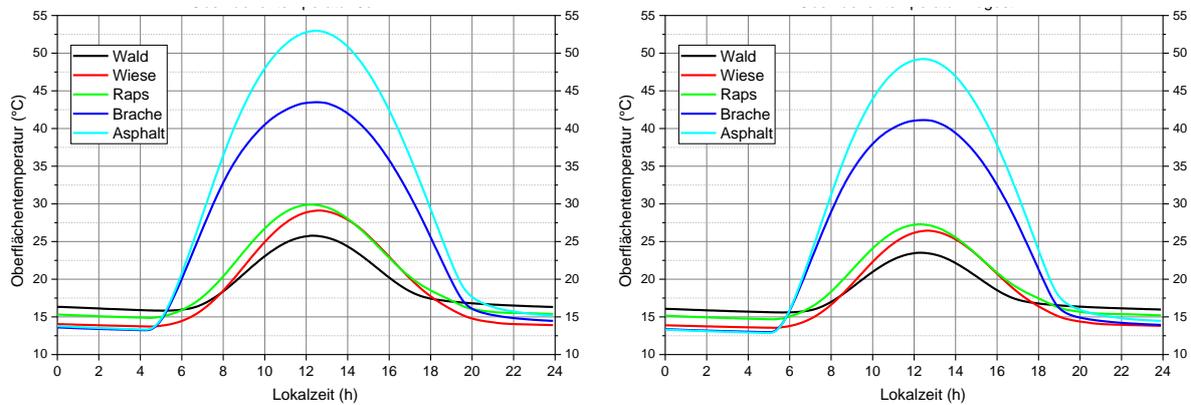


Abbildung 2.13: HIRVAC Simulation der Oberflächentemperatur für unterschiedliche Landnutzungen und einen wolkenlosen Tag für Mitte Juli bzw. Mitte August

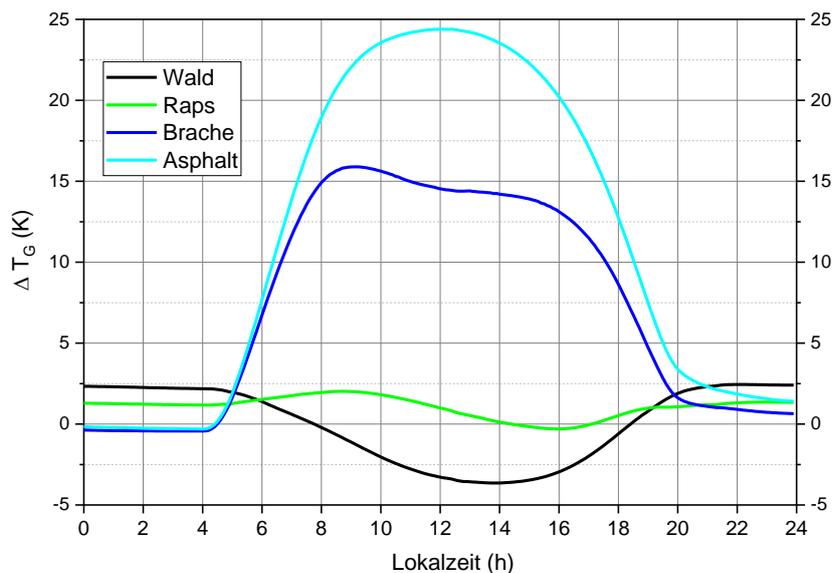


Abbildung 2.14: HIRVAC Simulation der Oberflächentemperatur für unterschiedliche Landnutzungen und einen wolkenlosen Tag für Juni: Unterschied zur Klima-Referenzfläche (Wiese)

2.3.3 Vergleichsmessungen zur Oberflächentemperatur

Im Rahmen eines studentischen Praktikums im Sommer 2020 im Dresdner Südosten wurden mittels eines Messrucksacks meteorologische Messdaten erhoben und ausgewertet. Die Messergebnisse für den 25.06.2020 zeigen den starken Zusammenhang zwischen solarer Einstrahlung (Abbildung 2.15) und Oberflächentemperatur T_s (Abbildung 2.17) in der Wechselwirkung zur Landnutzung (s. Kap. 2.1 und 2.2). So variiert T_s bei etwa gleich hoher solarer Einstrahlung in nicht beschatteten Bereichen zwischen 30°C (Wiesenflächen im Nordosten des Gebietes) und 50 °C (versiegelter Parkplatz im Osten). Die geringsten Werte für T_s von ca. 20 °C ergeben sich durch Abschattung im Bereich von Gebäuden oder Bäumen (Baumallee im Norden, Abbildung 2.17). Die gemessenen Unterschiede in T_s zu den Landnutzungen liegen im gleichen Wertebereich wie die Modellsimulationen mit HIRVAC (Kap. 2.3.2).

Die Unterschiede in der Lufttemperatur T_{air} bleiben im Gebiet mit max. 1.5 K relativ gering und sind gut mit den Modellergebnissen von ENVI-met vergleichbar (Abbildung 2.16, vgl. mit Kap. 2.3.1). Hohe Werte treten bei hoher Einstrahlung und mangelnder Durchlüftung über versiegelten Flächen auf, niedrige Werte sind in beschatteten Bereichen und auf unversiegelten und gut durchlüfteten Flächen zu finden.

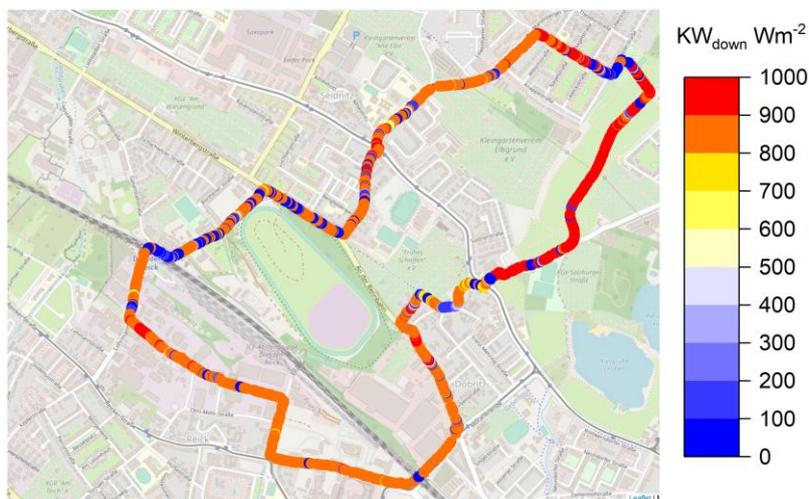


Abbildung 2.15: Variabilität der solaren Einstrahlung bei einer Messrunde im Dresdner Südosten, 25.06.2020, 12:59-14:48 MEZ

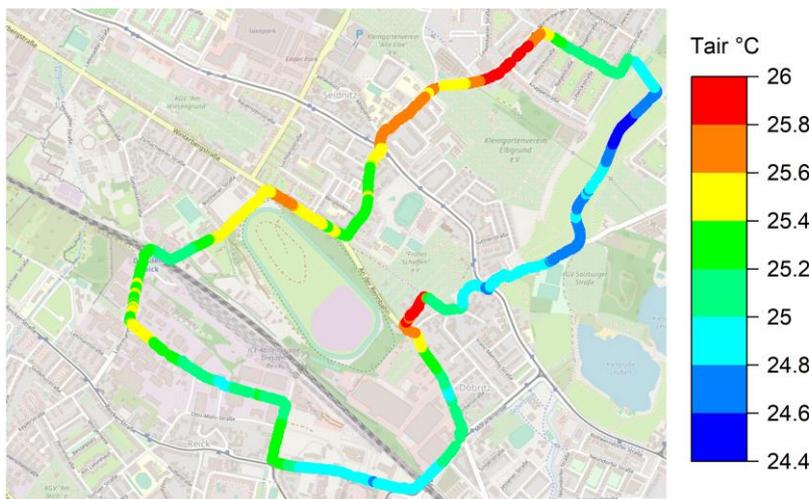


Abbildung 2.16: Variabilität der Lufttemperatur bei einer Messrunde im Dresdner Südosten, 25.06.2020, 12:59-14:48 MEZ

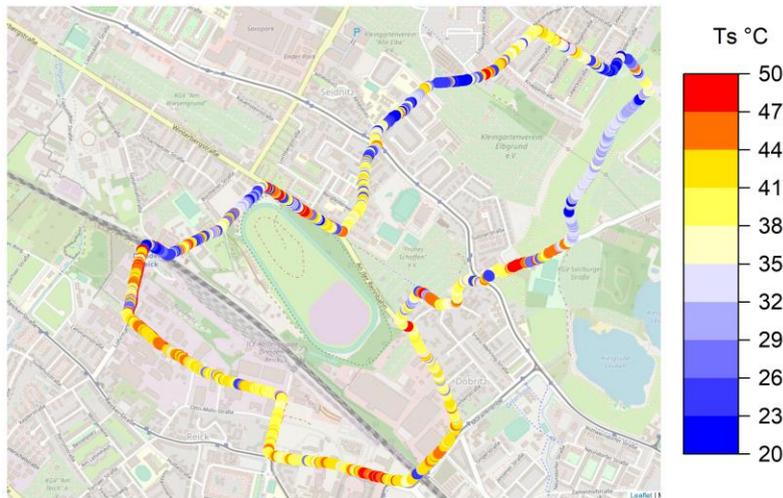


Abbildung 2.17: Variabilität der Oberflächentemperatur bei einer Messrunde im Dresdner Südosten, 25.06.2020, 12:59-14:48 MEZ

2.4 Fazit zu den Auswirkungen auf den Wärmehaushalt, Beurteilung

Die Ergebnisse der Modellsimulationen mit ENVI-met und HIRVAC für die heißen Sommertage haben gezeigt, dass die Auswirkungen der Umsetzung des B-Plans auf den Wärmehaushalt in der Umgebung des B-Plan-Gebietes relativ gering bleiben. Die Erhöhung der Lufttemperatur innerhalb des bebauten B-Plan-Gebiets liegt in den Nachtstunden bei ca. 1 K und tagsüber etwas über 1 K. Die Fernwirkung dieser Temperaturerhöhung ist windrichtungsabhängig und schwächt sich nach einigen 100 m auf wenige Zehntel Kelvin ab.

Deutlich stärkere Änderungen sind für die Oberflächentemperatur bei Umwandlung von unversiegelter in versiegelte Unterlage in Kombination mit dem Übergang von beschatteten zu unbeschatteten Unterlagen zu erwarten. Hierbei können an sonnigen Sommertagen Anstiegswerte von bis zu 30 K auftreten. Neben dem Offenhalten von unversiegelten Wiesenflächen ist zur Kompensation unerwünschter Überhitzungen von Oberflächen die Schaffung von natürlicher oder künstlicher Beschattung empfohlen, durch die T_s wirksam reduziert werden kann (vgl. Kap. 2.3).

Es sei darauf hingewiesen, dass die Modellsimulationen mit HIRVAC und ENVI-met einzelne sommerliche Extremsituationen zur Maximalabschätzung der Auswirkungen darstellen. Die Windrichtungsabhängigkeit der Fernwirkung der Überwärmung wurde im Kap. 2.3 diskutiert.

Zusätzlich ist bei den Simulationsergebnissen in der Nacht bei entsprechenden Wetterlagen eine Überlagerung mit lokalen Kaltluftflüssen (Kap. 1) zu erwarten.

2.5 Literatur- und Fundstellenverzeichnis

- [1] Envi-met 2022: <https://www.envi-met.com/software> (05.04.2022)
- [2] Bruse, M. (1999). Die Auswirkungen kleinskaliger Umweltgestaltung auf das Mikroklima. Entwicklung des prognostischen numerischen Modells ENVI-met zur Simulation der Wind, Temperatur und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Dissertation, Universität von Bochum.
- [3] Luftbild: Google Maps 2021:
<https://www.google.com/maps/@50.9457701,13.9051643,1958m/data=!3m1!1e3>

- [4] Akbari, H. Davis, S., Dorsano, S., Huang, J., Winnett, S. (1992). Cooling our communities. A guidebook on tree planting and light-colored surfacing. No. LBL-31587. Lawrence Berkeley Lab., CA (United States); Environmental Protection Agency, Washington, DC (United States). Climate Change Division.
- [5] Ziemann, A. (1998). Numerical simulation of meteorological quantities in and above forest canopies. Meteorol. Zeitschrift, N.F. 7, 120-128.
- [6] Bruse, M. and Fleer, H. (1998). Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. Environmental Modelling and Software, 13 (3-4), 373-384
- [7] Abromeit, H., Christian, T., Ernst, H., Fuchs, M., Greiving, S., Keulen, J., Schmitt, J.P., Vielhauer, L.S. (2019). Handlungsleitfaden zur Entwicklung von klimawandelangepassten Industrie- und Gewerbegebieten (KIG). Stadt Bottrop (Hrsg.), Seiten 26-27, 29, 69-71.

KAPITEL 3 UNTERSUCHUNGEN ZUR LUFTHYGIENE

3.1 Motivation / Veranlassung

Neben den lokalklimatischen Verhältnissen im Untersuchungsraum sind auch die lufthygienischen Belange betrachtenwert insbesondere die möglichen Veränderungen der Immissionsituation durch eine Ansiedlung von Industrie- und Gewerbeunternehmen. Da es sich bei dem Bebauungsplan um eine Angebotsplanung handelt, können noch keine konkreten Anlagentypen mit einem konkreten Emissionsverhalten prognostiziert werden.

Die lufthygienische Untersuchung soll insbesondere folgende Aspekte näher beleuchten:

- Recherche zur derzeitigen Hintergrundbelastung/Immissionsvorbelastung,
- Immissionsbelastung durch die Straßen im Untersuchungsraum im Prognose-Nullfall 2030 und Prognose-Planfall 2030 (Betrachtung der zu erwartenden Steigerung des Verkehrsaufkommens und Fahrleistungen im Untersuchungsraum) aufgrund des entwickelten Industrie-/Gewerbegebietes,
- qualitative Beschreibung der Schadstoffverteilung diffuser, bodennaher Emissionsquellen im Industrie- und Gewerbegebiet ohne und mit nach einem speziellen Verfahren vorgenommener, gesonderter Berücksichtigung von Kaltluftflüssen,
- qualitative Beschreibung der Schadstoffverteilung gefasster, höher liegender Emissionsquellen im Industrie- und Gewerbegebiet ohne und mit nach einem speziellen Verfahren vorgenommener, gesonderter Berücksichtigung von Kaltluftflüssen.

Mit dieser Immissionsprognose können zumindest planerische Empfehlungen für die weitere Entwicklung des Bebauungsplanes gegeben und auch als Erkenntnisgrundlage für spätere anlagenbezogene Untersuchungen im Rahmen von Genehmigungsverfahren herangezogen werden.

3.2 Beurteilungs- und Bewertungsgrundlagen

Die Grundlage für diese Untersuchung bilden nachfolgend aufgeführte Gesetze, Vorschriften und Richtlinien:

- BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. September 2021 (BGBl. I S. 4458) geändert worden ist,
- 39. BImSchV - Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist,
- Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (ABl. Nr. L 152 vom 11.06.2008 S. 1),
- TA Luft - Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 18. August 2021 (GMBI. Nr. 48 - 54 vom 14.9.2021, S. 1049),
- VDI 3782 Blatt 7, Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen, Beuth Verlag, Berlin, Mai 2020,
- VDI 3783 Blatt 8, Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle, April 2017
- VDI 3783 Blatt 14, Umweltmeteorologie, Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung kraftfahrzeugbedingter Immissionen, August 2013,
- VDI 3945 Blatt 3, Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle -Partikelmodell, September 2000,
- BauGB - Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 10. September 2021 (BGBl. I S. 4147) geändert worden ist,
- BauNVO - Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist.

Für die Bearbeitung des lufthygienischen Gutachtens lagen folgende projektbezogene Unterlagen einschließlich des Kartenmaterials zum Planvorhaben vor:

- GIS-Rohdaten (ALKIS-Daten Flurstücke und Gebäude, Geländemodell DGM20 und Oberflächenmodell DOM1, topografische Karten, Luftbilder) [1],
- Planzeichnung des Bbauungsplanes Nr. 1.1 (Stand 17.06.2022),
- Planzeichnungen der B 172n (Südumfahrung Pirna) einschließlich Anschlüsse,
- Fotodokumentation.

Mit dem Auftraggeber und dem Planungsbüro (B-Plan) erfolgten zahlreiche Gespräche und Abstimmungen zum Vorhaben.

3.3 Erläuterung von Fachausdrücken

Abgas

Abgase im Sinne der TA Luft sind Trägergase mit den festen, flüssigen oder gasförmigen Emissionen. Der Begriff Abluft wird in gleicher Bedeutung verwendet.

Bezugsjahr/Prognosejahr

Das Jahr, für welches die entsprechenden Berechnungen (Emissionen, Vorbelastung) durchgeführt werden.

Emissionsfaktoren

Spezifische Emissionswerte für Kraftfahrzeuge, die die streckenbezogenen Fahrzeugemissionen angeben.

Emission; Immission

Die von einem Fahrzeug, einer Anlage oder anderen Emittenten ausgehenden Luftverunreinigungen werden als Emission bezeichnet. Die in die Atmosphäre abgegebenen Schadstoffe werden durch Luftströmungen und die Diffusion ausgebreitet, was in der Umgebung zu höheren Luftschadstoffkonzentrationen führt. Immissionen im Sinne der TA Luft sind auf Menschen, Tiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre, Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen.

Vorbelastung; Zusatzbelastung; Gesamtbelastung

Die vorhandene Belastung durch einen Schadstoff, welche bereits ohne die betrachteten Emittenten im Untersuchungsraum vorhanden ist, wird als Vorbelastung bezeichnet. Die Zusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag des Vorhabens. Die Gesamtbelastung ergibt sich aus der Vorbelastung und der Zusatzbelastung. Die Gesamtzusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag, der durch die gesamte Anlage hervorgerufen wird. Bei Neugenehmigungen entspricht die Zusatzbelastung der Gesamtzusatzbelastung.

Jahresmittelwert; Tagesmittelwert; Stundenmittelwert

Die lokalen Immissionen unterliegen zeitlichen Schwankungen, welche u.a. durch sich ändernde meteorologische Bedingungen entstehen.

- Der Immissions-Jahreswert ist der Konzentrations- oder Depositionswert eines Stoffes gemittelt über ein Jahr und für Geruchsstoffe die relative Häufigkeit der Geruchsstunden bezogen auf ein Jahr.
- Der Immissions-Tageswert ist der Konzentrationswert eines Stoffes gemittelt über einen Kalendertag mit der zugehörigen zulässigen Überschreitungshäufigkeit (Anzahl der Tage) während eines Jahres.

- Der Immissions-Stundenwert ist der Konzentrationswert eines Stoffes gemittelt über eine volle Stunde, mit der zugehörigen zulässigen Überschreitungshäufigkeit (Anzahl der Stunden) während eines Jahres.

Feinstaub

Feinstaub ist die Staubfraktion mit der längsten Verweilzeit in der Atmosphäre und einem Partikeldurchmesser zwischen 0,1 µm und 10 µm. Die Ablagerungsgeschwindigkeiten sind kleiner als 1 mm/s, weshalb die Sedimentation vernachlässigbar ist. Abgas- und abriebbedingte Partikel sind ausschließlich Feinstaub.

Feinstaub PM₁₀

PM₁₀ sind Partikel, die einen gröbselektierenden Lufterlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

Feinstaub PM_{2,5}

PM_{2,5} sind Partikel, die einen gröbselektierenden Lufterlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

Grenzwerte/Zielwerte

Grenzwerte und Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie von Ökosystemen und der Vegetation sind in der 39. BImSchV festgeschrieben. Die Einhaltung der Grenzwerte der 39. BImSchV ist mit den Mitteln der Luftreinhalteplanung zu sichern. Sie ist keine Rechtmäßigkeitsvoraussetzung für die Planfeststellung eines (Straßen-)Bauvorhabens.

Der Immissionsgrenzwert ist ein Wert, der auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern. Dieser muss innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden. Der Zielwert ist ein Wert, der mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern, und der nach Möglichkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss.

Schadstoffausbreitung/Transmission

Die Schadstoffausbreitung wird durch den Weg von Luftschadstoffen von der Quelle zum Immissionsort gekennzeichnet.

3.4 Daten und Kenngrößen der Hintergrundbelastung

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit Betrachtung der entsprechenden Hintergrundbelastung. Grundsätzlich wurden aktuelle Hintergrundbelastungswerte des Freistaates Sachsen ausgewertet [2] und in der Tabelle 3.1 angegeben. Die lokale Vorbelastung von Staubimmissionen wird im Allgemeinen gekennzeichnet durch:

- den örtlichen Straßenverkehr,
- staubemittlernde Gewerbeansiedlungen,
- den Hausbrand (feste Brennstoffe, Öl) hauptsächlich in den bebauten Ortslagen.

Diese immissionsverursachenden Vorgänge sind in den Angaben des Freistaates Sachsen enthalten.

Die räumliche Verteilung der Hintergrundbelastung für die NO₂-Konzentration und die PM₁₀-Konzentration ist in den Abbildungen 3.1 und 3.2 dargestellt.

Für die Immissionskonzentrationen können zudem hilfswise Vorbelastungswerte aus der RLuS 2012 (Fassung 2020) [3] verwendet werden, soweit keine standortbezogenen Werte vorliegen. In Tabelle 3.1 sind die mittleren Werte für Freiland (mittlere Belastung) und eine Mittelstadt (mittlere Belastung) im Bezugsjahr 2006 sowie mit Angabe des Reduktionsfaktors für das Kalenderjahr 2020 ausgewiesen.

Die Vorbelastungssituation im Jahr 2030 wird gegenüber 2020 weiter leicht rückläufig sein, jedoch ist der Minderungsgrad für die weitere Betrachtung eher unerheblich und wird daher aus konservativer Sichtweise hier nicht berücksichtigt.

Im Untersuchungsraum ergeben sich aufgrund zahlreicher Hauptverkehrsstraßen lokal höhere Immissionsbelastungen durch die Fahrvorgänge der Kfz. Diese lokale Immissionssituation wird separat berücksichtigt.

Tabelle 3.1: Vorbelastungswerte aus RLuS 2012 [3] und ortsbezogene Vorbelastung für 2020 [2]

Luftschadstoffkomponente	Vorbelastungswerte aus RLuS2012 (Fassung 2020) [3]			Vorbelastungswerte [2] Jahresmittelwert 2020 [µg/m³]	verwendeter Vorbelastungswert für die Berechnung [µg/m³]
	Jahresmittelwert [µg/m³]	Reduktionsfaktor [-]	Jahresmittelwert [µg/m³]		
Nutzung	Freiland (mittel) 2006		Freiland (mittel) 2020	Freiland	Freiland
CO	200,0	0,91	181,1	-	185,0
NO	3,0	0,77	2,3	8	8,0
NO ₂	11,0	0,80	8,8	17	17,0
SO ₂	3,0	0,89	2,7	3	3,0
C ₆ H ₆	0,8	0,87	0,7	1	1,0
PM ₁₀	22,0	0,90	19,8	19	19,0
PM _{2,5}	15,0	0,90	13,5	11	11,0
C ₂₀ H ₁₂	0,0	1,00	0,0	-	0,0
O ₃	45,6	1,22	55,7	-	55,7
Nutzung	Mittelstadt (mittel) 2006		Mittelstadt (mittel) 2020	Mittelstadt	Mittelstadt
CO	300,0	0,91	271,6		275,0
NO	15,0	0,72	10,8	14	14,0
NO ₂	25,0	0,75	18,8	23	23,0
SO ₂	5,0	0,89	4,4	3	3,0
C ₆ H ₆	2,0	0,87	1,8	1	1
PM ₁₀	26,0	0,90	23,4	23	23,0
PM _{2,5}	18,0	0,90	16,2	14	14,0
C ₂₀ H ₁₂	0,0	1,00	0,0		0,0
O ₃	45,6	1,22	55,7		55,7

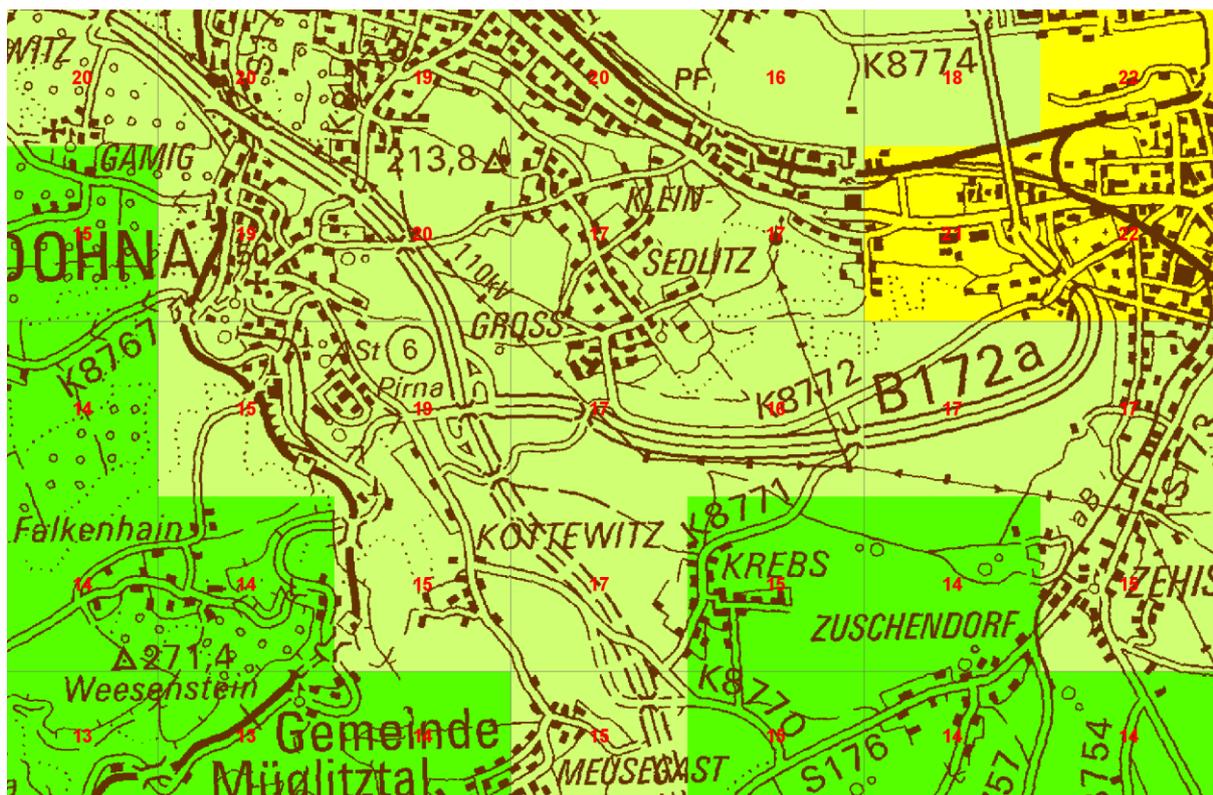


Abbildung 3.1: Hintergrundbelastung der NO₂-Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] im Untersuchungsraum [2]

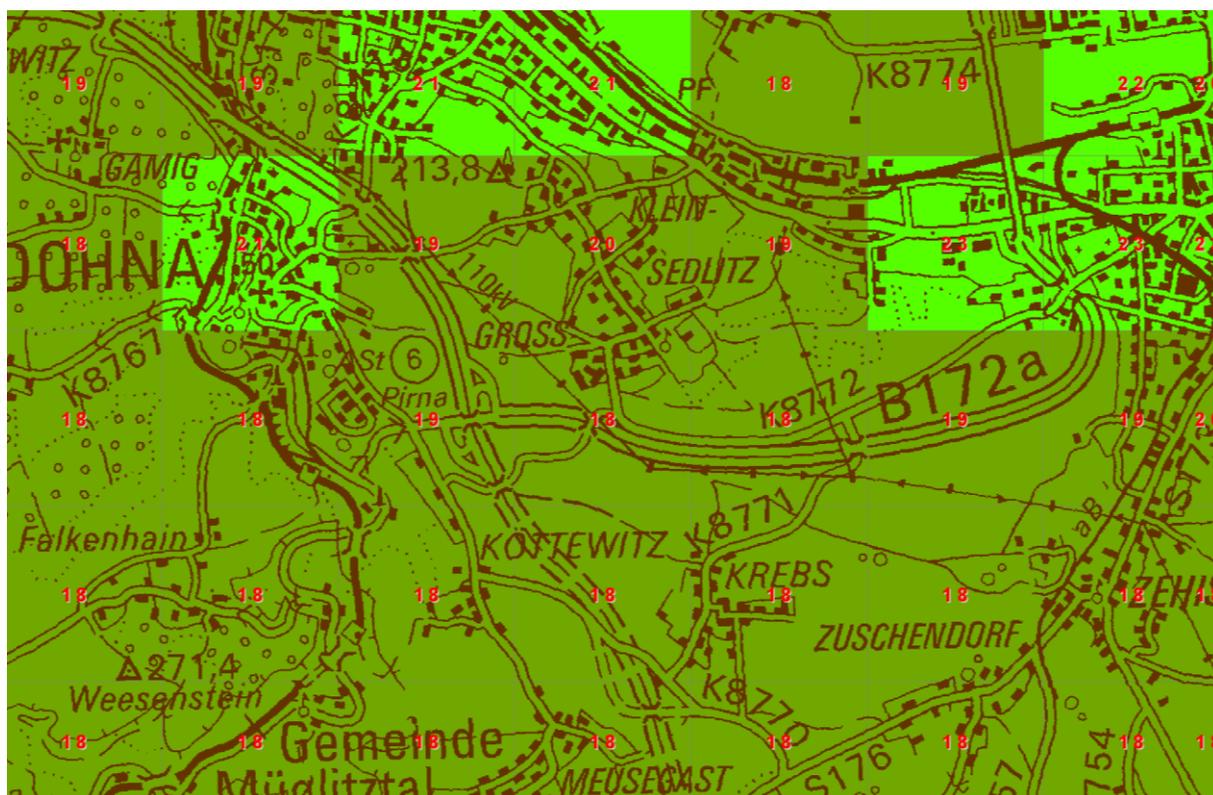


Abbildung 3.2: Hintergrundbelastung der PM₁₀-Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] im Untersuchungsraum [2]

3.5 Methodik der Ermittlungen der Immissionskenngrößen

3.5.1 Berechnungs- und Prognosemodell zur Berechnung der Immissionskennwerte

Für die Bestimmung der Auswirkungen des Schadstoffeintrages in benachbarte Schutzgebiete (Schutzgut menschliche Gesundheit) werden Ausbreitungsrechnungen vorgenommen. Primäres Ziel ist es, die zu erwartende Veränderung der lufthygienischen Situation in der Umgebung qualitativ abzuschätzen, sekundär ist dabei die Ermittlung der Absolutwerte bei den zu untersuchenden Fällen (Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall).

Die Berechnungen wurden im Wesentlichen mit AUSTAL 3.1.2 [4] aufgesetzt und durchgeführt. Aus programmtechnischen Gründen wurde mit LASAT [5] der Verfahrensweise zur Berücksichtigung von Kaltluftabflüssen bei Immissionsprognosen im Rahmen der TA Luft [6] gefolgt.

Die Bodenrauigkeit des Geländes wird durch eine mittlere Rauigkeitslänge z_0 beschrieben (TA Luft, Anhang 2, Punkt 6). Sie ist für ein kreisförmiges Gebiet um die Emissionsquelle festzulegen, dessen Radius dem 15-fachen der Quellhöhe, mindestens aber 150 m entspricht. Das Betrachtungsgebiet um die Emissionsquellen setzt sich aus Flächenstücken mit unterschiedlicher Bodenrauigkeit zusammen. Daher ist eine mittlere Rauigkeitslänge durch arithmetische Mittelung mit Wichtung entsprechend der Flächenanteile zu bestimmen. Anschließend ist auf den nächstgelegenen Tabellenwert (TA Luft, Anhang 2, Tabelle 15) zu runden.

Die Eingabe einer variablen Bodenrauigkeit ist in den verwendeten Ausbreitungsmodellen nicht möglich. Für die Untersuchung der verkehrsbedingten Immissionen (Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall) wird eine Rauigkeitslänge von $z_0 = 0,2$ m sowohl für den Prognose-Nullfall als auch den Prognose-Planfall im gesamten Untersuchungsraum angesetzt. Diese spiegelt den zumeist offenen Charakter der Landschaft im gesamten Untersuchungsraum wider. Für die Beurteilung der Immissionssituation ausgehend von den diffusen und gefassten Emissionsquellen innerhalb des B-Plangebietes wird aufgrund der zukünftigen gewerblich/industriellen Bebauungsstruktur eine Rauigkeitslänge von $z_0 = 1,0$ m gewählt.

Die Verdrängungshöhe gibt an, wie weit die theoretischen meteorologischen Profile aufgrund von Bewuchs oder Bebauung in der Vertikalen zu verschieben sind. Die Verdrängungshöhe und die Fortsetzung der meteorologischen Profile innerhalb der Verdrängungsschicht werden gemäß Richtlinie VDI 3783 Blatt 8 festgelegt.

Gemäß TA Luft Anhang 2, Punkt 11 sind Gebäude, die sich in einem Umkreis um die Emissionsquelle befinden, dessen Radius dem 6-fachen der Quellhöhe entspricht, bei der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen, sofern die Quellhöhe im Bereich der 1,2 bis 1,7-fachen Gebäudehöhe liegt. Da die genaue Bebauungsstruktur im Rahmen der Aufstellung des Bebauungsplanes nicht festgelegt werden kann, werden mögliche Gebäudestrukturen in der Ausbreitungsberechnung nicht berücksichtigt.

Nach TA Luft, Anhang 2, Punkt 12 sind Geländeunebenheiten dann zu berücksichtigen, wenn im Rechenggebiet Steigungen $\geq 1:20$ und Höhendifferenzen zum Standort der Emissionsquelle auftreten, die das 0,7-fache der Quellhöhe übersteigen. Die Neigung des Geländes im Untersuchungsraum ist in der Abbildung 3.3 dargestellt.

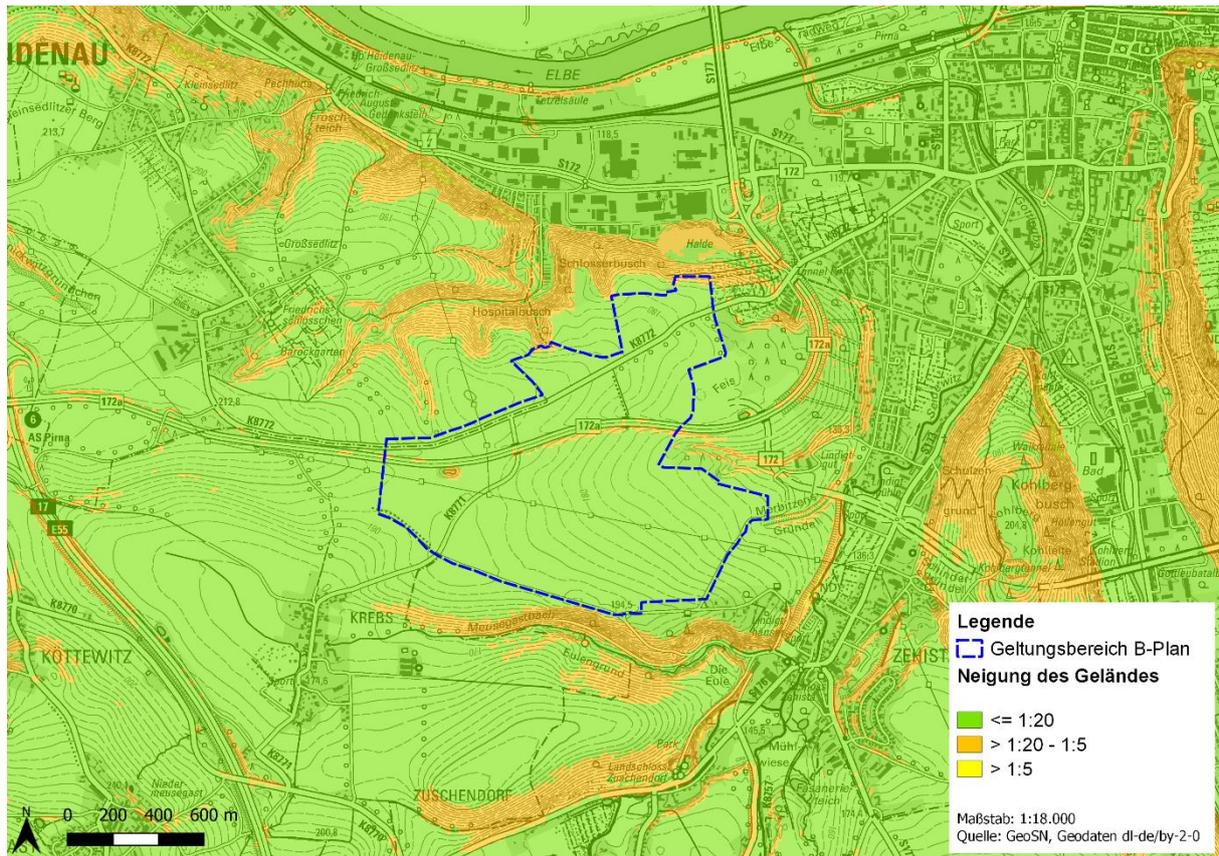


Abbildung 3.3: Neigung des Geländes im Untersuchungsraum

Aufgrund der topographischen Situation im Untersuchungsraum mit dem allgemeinen Abfallen des Geländes in Richtung Elbtal sowie dem Vorhandensein zahlreicher Täler und Senken werden die Geländeunebenheiten mittels eines mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt.

Zur Berücksichtigung der Kaltluft am Standort werden Kaltluftwindfelder nach dem in [7] beschriebenen Verfahren berechnet, welche in die diagnostische Windfeldbibliothek entsprechend eingepflegt werden. In diesem Fall wird für die Ausbreitungsrechnung das Ausbreitungsmodell LASAT eingesetzt.

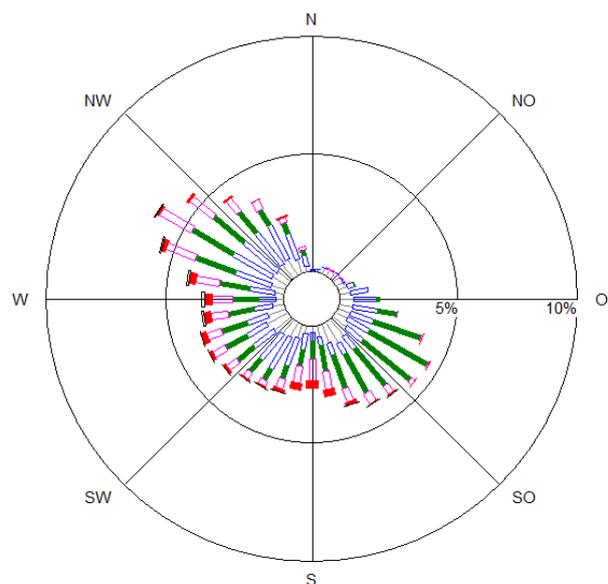
3.5.2 Meteorologie im Untersuchungsraum

Zur Durchführung der Ausbreitungsrechnung nach Anhang 2 der TA Luft ist eine meteorologische Zeitreihe mit einer stündlichen Auflösung zu verwenden, die für den Standort der Anlage charakteristisch ist.

Für die Ausbreitungsrechnung werden synthetische Wetterdaten [8] verwendet, welche für den Standort des Vorhabens repräsentativ sind. Es handelt sich um eine Ausbreitungsklassenzeitreihe (AKTerm), die stündliche Werte der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungsklasse nach Klug/Manier enthält. Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung für den Windgeberstandort ist in Abbildung 3.4 dargestellt.

Die Anemometerposition wurde an den folgenden Koordinaten nordwestlich des Plangebietes festgelegt:

- Ostwert: 422896,
- Nordwert: 5644687.



Station	: AKTerm	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Rechtswert	:	I : 13.4 %	—	1.4 bis 2.3 m/s
Hochwert	:	II : 24.5 %	—	2.4 bis 3.8 m/s
Messhöhe	: 10.0 m	III/1 : 33.9 %	—	3.9 bis 6.9 m/s
Windgeschw.	: 2.9 m/s	III/2 : 16.9 %	—	7.0 bis 10 m/s
Niederschlag	: 744.9 mm/a	IV : 7.1 %	—	größer 10 m/s
		V : 4.2 %	—	

Abbildung 3.4: Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Windrichtung [%] für den Windgeberstandort

3.5.3 Beurteilungsgebiet, einzelne Aufpunkte

Das Rechengebiet für eine einzelne Emissionsquelle ist das Innere eines Kreises um den Ort der Quelle, dessen Radius das 50-fache der Schornsteinbauhöhe beträgt. Tragen mehrere Quellen zur Gesamtzusatzbelastung oder Zusatzbelastung bei, besteht das Rechengebiet aus der Vereinigung der Rechengebiete der einzelnen Quellen. Bei besonderen Geländebedingungen kann es erforderlich sein, das Rechengebiet größer zu wählen.

Das Raster zur Berechnung von Konzentration und Deposition ist so zu wählen, dass Ort und Betrag der Immissionsmaxima mit hinreichender Sicherheit bestimmt werden können. Dies ist in der Regel der Fall, wenn die horizontale Maschenweite die Schornsteinbauhöhe nicht überschreitet. In Quellentfernungen größer als das 10-fache der Schornsteinbauhöhe kann die horizontale Maschenweite proportional größer gewählt werden. Die Berechnungen erfolgen mit geschachtelten Netzen deren Maschenweite 16 m bis 64 m beträgt.

Die Konzentration an den Aufpunkten wird als Mittelwert über ein vertikales Intervall von 0,0 m bis 3,0 m Höhe über Grund berechnet und ist damit repräsentativ für eine Aufpunkthöhe von 1,5 m über Grund.

Als nächstliegende schutzbedürftige Gebiete zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden 13 Monitorpunkte ausgewählt. In Tabelle 3.2 sind die Aufpunkte der schutzbedürftigen Bereiche zusammengestellt. Die Abbildung 3.5 gibt einen Überblick über die Lage der Monitorpunkte.

Tabelle 3.2: gewählte Aufpunkte im Untersuchungsraum - schutzbedürftige Bereiche (Schutzgut menschliche Gesundheit)

Monitorpunkt	Lage Ostwert	Lage Nordwert	Bezeichnung	Nutzung	Gebietseinstufung FNP [9]
M1	423727	5645168	Kleingarten (Flurstück 1283)	Kleingarten (Erholungsfunktion)	Kleingärten
M2	423916	5645062	Kleingarten (Flurstück 1282/4)		Kleingärten
M3	424024	5644979	Kleingarten (Flurstück 1323)		Grünfläche
M4	424253	5645220	Pirna, Dippoldswalder Straße 35	Wohnen	Wohngebiet
M5	424490	5645109	Pirna, Erich-Schütze-Weg 3		Wohngebiet
M6	424532	5644621	Pirna, Postweg 66i		Wohngebiet
M7	424279	5644375	Pirna, Lindigtgut 1		Wohngebiet
M8	423919	5643738	Pirna, Oberlindigt 13		Wohngebiet
M9	422269	5643771	Dohna, Krebs 49		Mischgebiet
M10	421837	5644826	Heidenau, Teichweg 7		Wohngebiet ¹⁾
M11	421938	5644904	Heidenau, Parkstraße 89		Wohngebiet ¹⁾
M12	422226	5645217	Heidenau, Am Hasensprung 9		Wohngebiet ¹⁾
M13	423135	5645242	Pirna, Großsedlitzer Straße 54		Wohngebiet

1) tatsächliche Nutzung

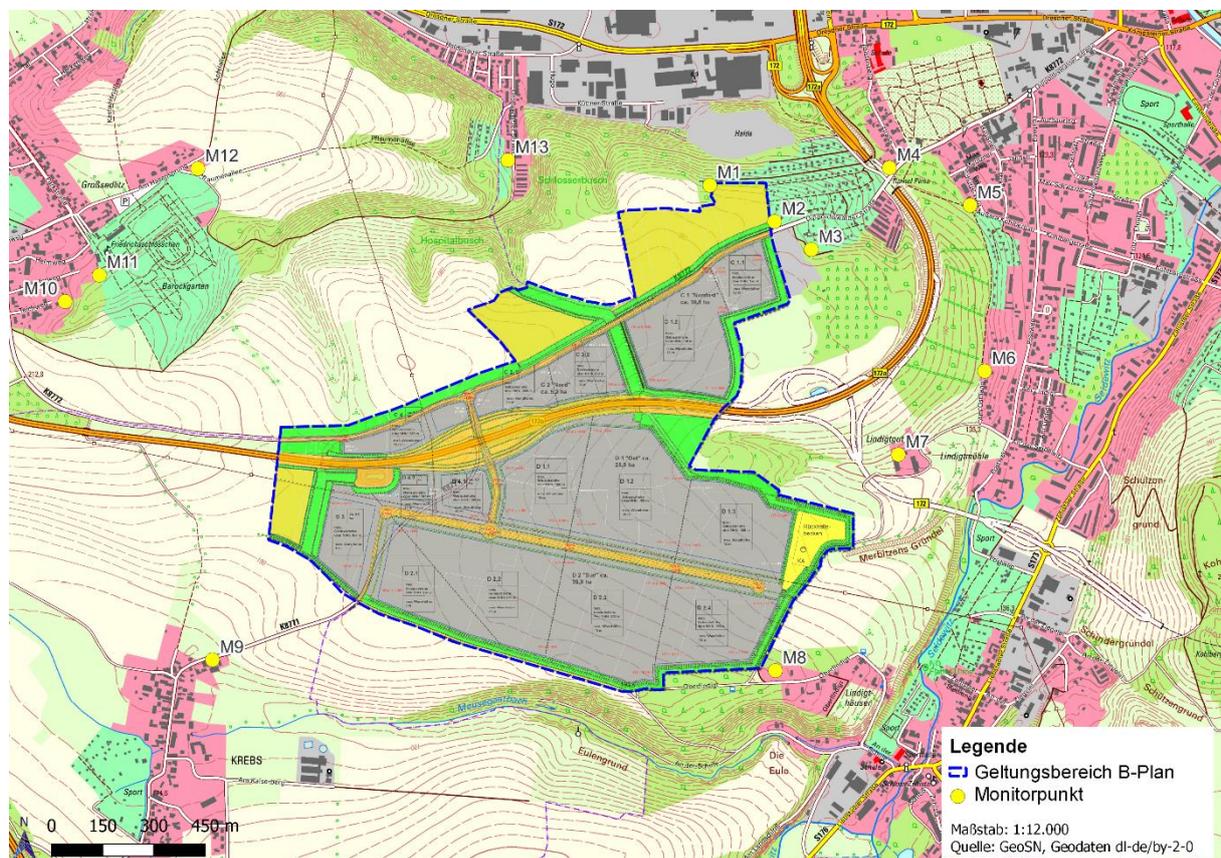


Abbildung 3.5: Darstellung der Monitorpunkte im Untersuchungsraum

3.6 Emissionsdaten

3.6.1 Emissionsdaten und Kenngrößen verkehrsbedingter Luftschadstoffe

3.6.1.1 Ausgangsdaten zu Verkehrsanlagen und Straßenverkehr

Für die Ermittlung der Emissionen der Verkehrsanlagen (Straßen) im Untersuchungsraum werden nachfolgende Ausgangsdaten für den Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall zusammengestellt. Grundlage der Verkehrsdaten sind Zähl- und Zählplan-Verkehrsdaten [10], allgemeine Prognosedaten [11] und detaillierte Prognosedaten im Rahmen der verkehrstechnischen Untersuchung für den Bebauungsplan [12].

Die prognostische durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) und der Lkw-Anteil p am Verkehrsaufkommen für das Jahr 2030 sind in der Tabelle 3.3 ausgewiesen. Der entsprechende Straßentyp ist ebenfalls in der Tabelle 3.3 angegeben.

Tabelle 3.3: Angaben zur Verkehrsbelegung der zu untersuchenden Streckenabschnitte (2030)

Abschnitt-Nr.	Straßentyp/ Bezeichnung/ Abschnitt	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall	
		DTV _{Mo-So} [Kfz/24h]	Lkw-Anteil _{Mo-So} > 3,5 t [%]	DTV _{Mo-So} [Kfz/24h]	Lkw-Anteil _{Mo-So} > 3,5 t [%]
A17_1	Autobahn 17 (AS 5 - AS 6)	45.500	23,3	45.500	23,3
A17_2	Autobahn 17 (AS 6 - AS 7)	25.000	38,9	25.000	38,9
B172n_1	Bundesstraße 172n (B 172a - S 173 Liebstädter Straße)	22.000	3,8	22.616	3,8
B172n_2	Bundesstraße 172n (S 173 Liebstädter Straße - Rottwerndorfer Straße)	17.600	3,8	18.304	3,8
B172a_1	Bundesstraße 172a (A 17 - K 8771)	24.464	5,3	28.688	5,3
B172a_2	Bundesstraße 172a (K 8771 - B 172n)	24.464	5,3	21.824	5,3
B172a_3	Bundesstraße 172a (B 172n - S 172)	19.360	6,0	16.280	6,0
K8771_1	Kreisstraße 8771 Krebs (OA Krebs - B-Plan-Gebiet)	440	8,6	23	100,0
K8771_2	Kreisstraße 8771 Krebs (B-Plan-Gebiet - Kreuzung Anliegerstraße)	440	8,6	531	18,3
K8771_3	Kreisstraße 8771 Krebs (Kreuzung Anliegerstraße - B 172a)	440	8,6	4.261	15,2
K8771_4	Kreisstraße 8771 Krebs (B 172a - K 8772)	440	8,6	6.062	9,9
K8772_1	Kreisstraße 8772 Dippoldiswalder Straße (Teichweg - K 8771)	1.496	4,3	1.995	12,4
K8772_2	Kreisstraße 8772 Dippoldiswalder Straße (K 877 - Postweg)	1.408	4,3	4.544	8,8
S172	Staatsstraße 172 Dresdner Str./Hauptstr. (Pechhüttenstraße - B 172a)	17.424	8,6	17.688	8,6
S173	Staatsstraße 173 Liebstädter Straße (An der Seidwitz - Berggießhübler Straße)	7.568	6,9	7.920	6,9
S177	Staatsstraße 177 (S 172 - Sachsenbrücke)	18.392	5,9	18.216	5,9
Anlieger- straße	Anliegerstraße B-Plan (K 8771; Sackgasse)	0	0,0	3.730	14,7

DTV_{Mo-So}... Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke über alle Tage eines Kalenderjahres

Lkw-Anteil_{Mo-So} > 3,5 t... Schwerverkehrsanteil Lkws mit einem Gesamtgewicht > 3,5 t über alle Tage eines Kalenderjahres (SNfz)

Emissionsbeeinflussende Faktoren sind neben der Verkehrsmenge die Flottenzusammensetzung (neben dem Schwerverkehrsanteil auch der Anteil der leichten Nutzfahrzeuge, Busse aber auch Motoren-typ), die zulässige bzw. daraus resultierende gefahrene Fahrgeschwindigkeit, der Verkehrsfluss einschließlich Störquellen (Kreuzungen, Lichtsignalanlagen, Straßenkapazität), der Zustand der Straßen sowie die Längsneigung der Straße.

Zur Vereinfachung der Berechnungsmodalitäten werden folgende pauschalisierte Annahmen für alle Streckenabschnitte getroffen:

- Anteil leichter Nutzfahrzeuge 10 % am Gesamtverkehrsaufkommen,
- Längsneigung aller Straßen im Durchschnitt $\pm 2\%$,
- flüssige Verkehrssituation ohne Störquellen/Staus,
- Fahrbahnoberfläche aus einem Asphaltbelag in einem normalen Erhaltungszustand.

3.6.1.2 Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren für die motorbedingten und nichtmotorbedingten Luftschadstoffe wurden dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2“ [13] entnommen. In der Tabelle 3.4 sind exemplarisch die Emissionen von Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub PM₁₀ pro Fahrzeug (Pkw, LNfz, SNfz) und km für jeden Straßenabschnitt ausgewiesen. Nichtmotorbedingte Emissionen sind insbesondere die abriebbedingten Feinstaub-Emissionen (z.B. Abrieb Reifen- und Bremsbeläge).

Tabelle 3.4: Emissionsfaktoren (motorbedingte und nichtmotorbedingte Emission) für die gewählten Straßenabschnitte

Abschnitt-Nr.	Gebietstyp nach HBEFA	Straßentyp/Verkehrsfluss nach HBEFA	Geschwindigkeit [km/h]	NO ₂ - Emissionsfaktor Motor PM10 - Emissionsfaktor Motor PM10 - Emissionsfaktor Nichtmotor		
				Pkw [g/km]	LNfz [g/km]	SNfz [g/km]
A17_1	Land	Land/AB/130/fluessig	133	0,01640	0,04616	0,17088
A17_2	Land	Land/AB/130/fluessig	133	0,00174 0,030	0,03327 0,130	0,00406 0,130
B172n_1	Land	Land/Semi-AB/110/fluessig	107	0,00955	0,03740	0,19659
B172n_2	Land	Land/Semi-AB/110/fluessig	107	0,00132 0,030	0,00835 0,130	0,00421 0,130
B172a_1	Land	Land/Semi-AB/110/fluessig	107	0,571	0,384	0,384
B172a_2	Land	Land/Semi-AB/110/fluessig	107	0,00084	0,00442	0,00634
B172a_3	Land	Land/Semi-AB/110/fluessig	107	0,030	0,130	0,130
K8771_1	Agglo	Agglo/HVS/50/fluessig	43	0,00747	0,01780	0,18577
K8771_2	Agglo	Agglo/HVS/50/fluessig	43	0,00084	0,00442	0,00634
K8771_3	Agglo	Agglo/HVS/50/fluessig	43	0,026	0,1	0,1
K8771_4	Agglo	Agglo/HVS/50/fluessig	43	0,00747	0,01780	0,18577
K8772_1	Agglo	Land/HVS-kurv./70/fluessig	60	0,01069 0,00079	0,01899 0,00430	0,09895 0,00561
K8772_2	Agglo	Land/HVS-kurv./70/fluessig	60	0,026	0,1	0,1
S172	Agglo	Agglo/HVS/50/fluessig	43	0,00747	0,01780	0,18577
S173	Agglo	Agglo/HVS/50/fluessig	43	0,00084 0,026	0,00442 0,1	0,00634 0,1
S177	Agglo	Land/Semi-AB/110/fluessig	107	0,00955 0,00132 0,030	0,03740 0,00835 0,130	0,19659 0,00421 0,130
Anliegerstraße	Agglo	Agglo/HVS/50/fluessig	43	0,00747 0,00084 0,026	0,01780 0,00442 0,1	0,18577 0,00634 0,1

Pkw... Personenkraftwagen

LNfz... leichte Nutzfahrzeuge

SNfz... schwere Nutzfahrzeuge

3.6.1.3 Emissionsfracht des Kfz-Verkehrs auf den Straßenabschnitten

Die aus der Verkehrsmenge und den Emissionsfaktoren ermittelte längenbezogene Emissionsfracht wird in der Tabelle 3.5 zusammengestellt.

Tabelle 3.5: Emissionsfracht (motorbedingte und nichtmotorbedingte Emission) für die gewählten Straßenabschnitte

Abschnitt-Nr.	Prognose-Nullfall				Prognose-Planfall			
	NO ₂ [g/km h]	NO ₂ [g/m a]	PM10 [g/km h]	PM10 [g/m a]	NO ₂ [g/km h]	NO ₂ [g/m a]	PM10 [g/km h]	PM10 [g/m a]
A17_1	103,6	907,9	86,2	754,9	103,6	907,9	86,2	754,9
A17_2	81,5	714,3	66,1	579,0	81,5	714,3	66,1	579,0
B172n_1	17,7	155,5	18,5	162,1	18,2	159,8	19,0	166,7
B172n_2	14,2	124,4	14,8	129,7	14,8	129,4	15,4	134,9
B172a_1	22,6	197,7	22,4	196,2	26,5	231,8	26,3	230,1
B172a_2	22,6	197,7	22,4	196,2	20,1	176,3	20,0	175,1
B172a_3	18,9	165,7	18,4	161,2	15,9	139,3	15,5	135,6
K8771_1	0,4	3,8	0,4	3,2	0,2	1,6	0,1	0,9
K8771_2	0,4	3,8	0,4	3,2	0,9	7,9	0,6	5,6
K8771_3	0,4	3,8	0,4	3,2	6,3	55,1	4,6	40,7
K8771_4	0,4	3,8	0,4	3,2	6,6	57,6	5,3	46,7
K8772_1	1,0	8,4	1,0	8,6	1,9	16,3	1,9	17,0
K8772_2	0,9	7,9	0,9	8,1	3,6	31,9	3,8	33,1
S172	17,3	151,4	14,5	126,8	17,5	153,7	14,7	128,7
S173	6,5	57,3	5,8	50,5	6,8	60,0	6,0	52,9
S177	17,7	155,5	17,3	151,9	17,6	154,0	17,2	150,5
Anliegerstraße	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	47,0	4,0	34,9

Bei den Emissionsquellen handelt es sich um diffuse Quellen. Das Straßennetz wird durch vertikale Flächenquellen mit einer Höhe von 0 m bis 1,5 m über Grund dargestellt. Die Abbildung 3.6 gibt einen Überblick über die betrachteten Straßenabschnitte im Planzustand.

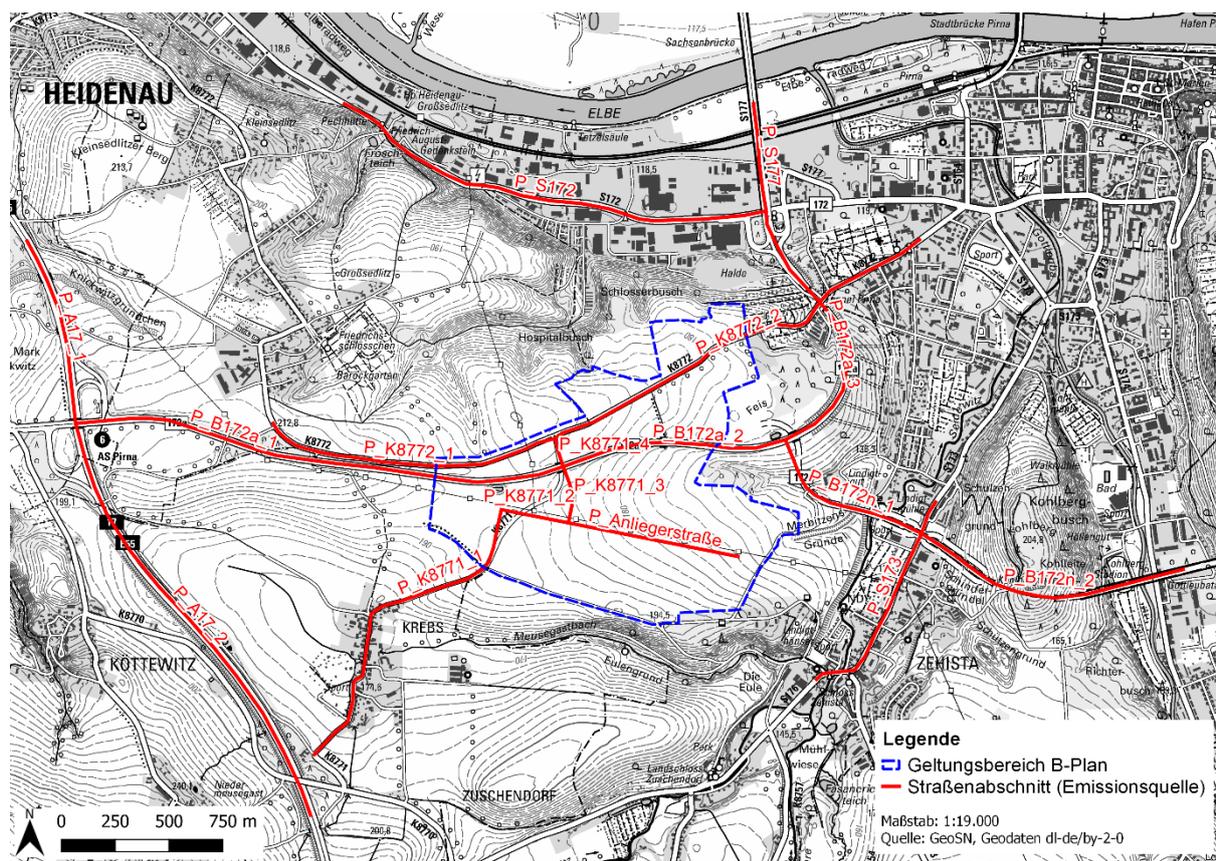


Abbildung 3.6: Darstellung der untersuchten Straßenabschnitte im Planzustand

3.6.2 Mögliche anlagenbezogene Emissionsquellen

Durch die Ansiedlung gewerblicher Anlagen im Plangebiet können anlagenbezogene Luftschadstoffemissionen nicht ausgeschlossen werden. Da es sich bei dem Bebauungsplan um eine Angebotsplanung handelt, können keine konkreten Anlagentypen oder ein konkretes Emissionsverhalten prognostiziert werden. Um dennoch eine qualitative Einschätzung der Immissionssituation im Untersuchungsraum vornehmen zu können, wurden jeder Teilfläche im Plangebiet sowohl eine diffuse Flächenquelle als auch eine gefasste Emissionsquelle zugewiesen.

3.6.2.1 Diffuse anlagenbezogene Emissionsquellen

Bei den diffusen Flächenquellen wurde anhand der Teilflächengröße und des in [12] prognostizierten zukünftigen Verkehrsaufkommens eine tägliche Kfz-Fahrleistung pro Teilfläche abgeschätzt. Zudem wurden Annahmen zu möglichen innerbetrieblichen Fahrvorgängen mit Radlader oder Stapler getroffen. Die Fahrleistung pro Fahrzeug wurde wie folgt angesetzt:

- für einen Pkw 25 m/ha Fläche,
- für einen Lkw 50 m/ha Fläche,
- für einen Radlader/Stapler 1 m/m² Fläche.

In Tabelle 3.6 sind die sich täglich auf den Teilflächen ergebenden Fahrleistungen zusammengefasst.

Tabelle 3.6: möglicher anlagenbezogener Fahrverkehr auf den Teilflächen des B-Planes

Teilfläche	Flächen- größe [ha]	Pkw		Lkw		Radlader/Stapler
		Fahrten/Tag [IVAS]	Fahrleistung km/Tag	Fahrten/Tag [IVAS]	Fahrleistung km/Tag	Fahrleistung m/Tag
C1.1	2,6962	127	9	29	4	27
C1.2	7,9004	371	73	86	34	79
C2.1	2,1296	100	5	23	2	21
C2.2	3,1747	149	12	34	5	32
C4	2,5711	121	8	28	4	26
Summe	18,472	867	107	200	49	185
D1.1	7,0365	299	53	83	29	70
D1.2	11,2563	478	134	132	74	113
D1.3	7,7264	328	63	91	35	77
D2.1	5,556	236	33	65	18	56
D2.2	10,2965	437	113	121	62	103
D2.3	10,6899	454	121	126	67	107
D2.4	7,4321	315	59	87	32	74
D3	4,0182	171	17	47	9	40
D4.1	2,4842	105	7	29	4	25
D4.2	1,5903	68	3	19	1	16
Summe	68,0864	2890	53	800	331	681

Die Emissionsfaktoren für die motorbedingten und nichtmotorbedingten Luftschadstoffe wurden dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2“ [13] entnommen. Dabei wurden für jede Teilfläche folgende Annahmen getroffen:

- Gebietstyp nach HBEFA: Agglo,
- Straßentyp/ Verkehrsfluss nach HBEFA: Agglo/Erschließung/30/flüssig,
- Geschwindigkeit: 10 km/h,
- Verkehrssituation nach HBEFA: stop & go.

Daraus resultieren die in Tabelle 3.7 genannten Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie. Die sich ergebende tägliche Emissionsfracht ist ebenfalls dargestellt.

Tabelle 3.7: Emissionsfaktoren und -frachten (motorbedingte und nichtmotorbedingte Emission) für die Teilflächen im Plangebiet

Teilfläche	Pkw	Lkw	Emissionsfracht			
	NO ₂ - Emissionsfaktor Motor PM ₁₀ - Emissionsfaktor Motor PM ₁₀ - Emissionsfaktor Nichtmotor		NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀
	[g/km]		[g/d]	[g/d]	g/s	g/s
C1.1			401,8	1584,3	0,005	0,018
C1.2			1491,1	5865,4	0,017	0,068
C2.1			308,1	1215,5	0,004	0,014
C2.2			484,7	1910,6	0,006	0,022
C4			334,7	1319,6	0,004	0,015
D1.1			1307,8	5148,3	0,015	0,060
D1.2	0,01385	0,30827	2479,6	9749,6	0,029	0,113
D1.3	0,00164	0,01774	1479,5	5822,9	0,017	0,067
D2.1	0,0150	0,0150	965,5	3802,9	0,011	0,044
D2.2			2187,5	8603,3	0,025	0,100
D2.3			2305,4	9066,0	0,027	0,105
D2.4			1405,3	5531,4	0,016	0,064
D3			647,9	2553,4	0,007	0,030
D4.1			369,4	1457,2	0,004	0,017
D4.2			224,9	887,5	0,003	0,010

Die diffusen, verkehrsbedingten Emissionsquellen auf den Teilflächen des Plangebietes werden als Volumenquelle mit einer vertikalen Ausdehnung von 1,5 m über Grund modelliert. Die Abbildung 3.7 zeigt die Lage der fiktiven diffusen Emissionsquellen im Plangebiet.

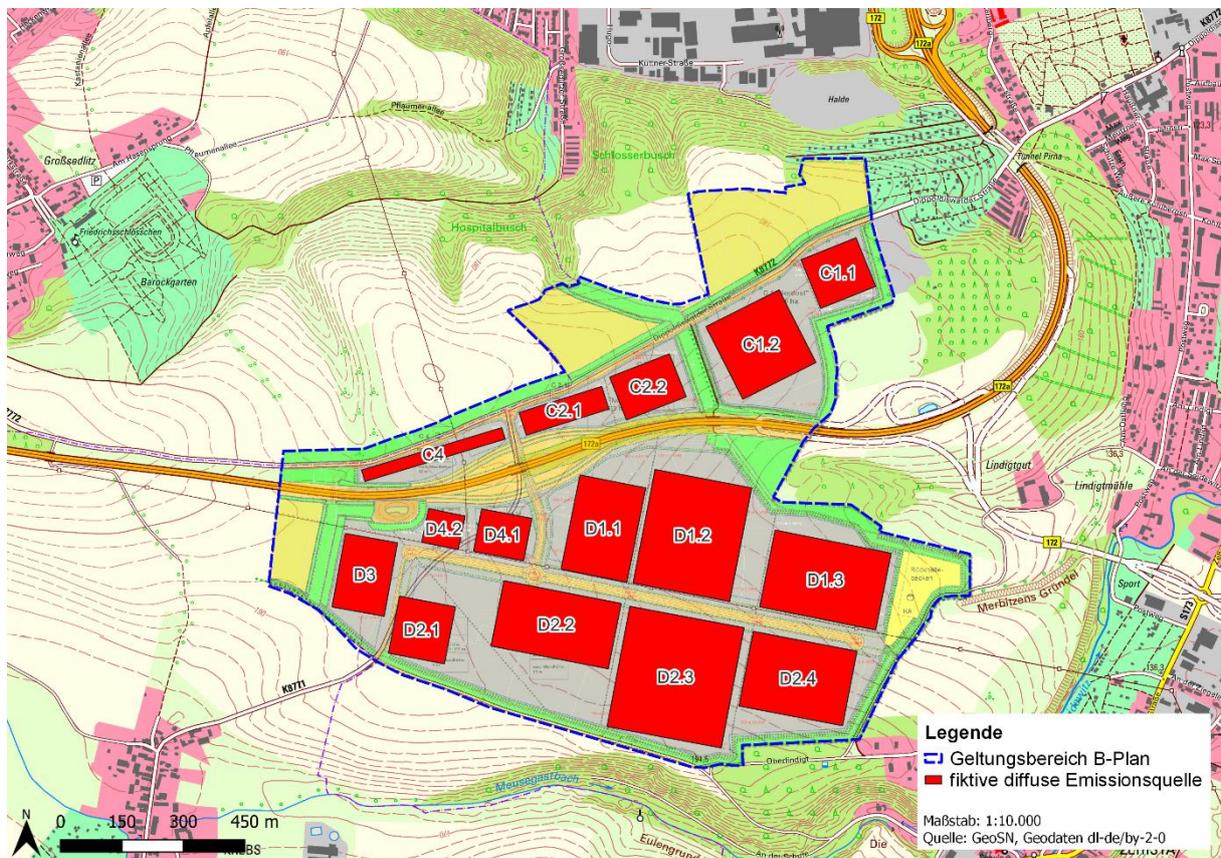


Abbildung 3.7: Darstellung der fiktiven diffusen Emissionsquellen im Plangebiet

3.6.2.2 Gefasste anlagenbezogene Emissionsquellen

Je nach Anlagentyp ist zukünftig im Plangebiet mit gefassten Emissionsquellen zum Beispiel in Form von Abgas-/Abluftkaminen zu rechnen. Um deren möglichen Einfluss auf die Immissionsituation beurteilen zu können, wurde im Schwerpunkt jeder Teilfläche eine fiktive gefasste Emissionsquelle angesetzt. Die Höhe der Emissionsquellen wurde aus dem 1,5-fachen der planungsseitig maximal möglichen Gebäudehöhe abgeschätzt. Für jede Quelle wurde ein fiktiver Abluftvolumenstrom sowie ein maximaler Emissionswert in Anlehnung an die TA Luft angenommen. In Tabelle 3.8 sind die Ausgangsdaten zusammengefasst. Die Abbildung 3.8 zeigt die Lage der fiktiven gefassten Emissionsquellen im Plangebiet.

Tabelle 3.8: Daten der fiktiven gefassten Emissionsquellen auf den Teilflächen des B-Planes

Emissionsquelle	Lageparameter		Höhe über Grund [m]	fiktives Abluftvolumen [m ³ /h]	Emissionskonzentration		Emissionsmassenstrom		
					NO _x [mg/m ³]	PM ₁₀ [mg/m ³]	NO _x [g/s]	NO ₂ [g/s]	PM ₁₀ [g/s]
	Ostwert	Nordwert							
C1.1	423827	5644898	18	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
C1.2	423653	5644715	18	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
C2.1	423163	5644555	18	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
C2.2	423369	5644616	18	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
C4	422851	5644442	18	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D1.1	423253	5644265	30	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D1.2	423483	5644265	30	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D1.3	423791	5644147	22,5	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D2.1	422869	5643992	12	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D2.2	423100	5644006	22,5	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D2.3	423426	5643900	22,5	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D2.4	423731	5643890	22,5	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D3	422669	5644136	12	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D4.1	423005	5644255	18	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014
D4.2	422855	5644263	18	5.000	350	20	0,49	0,31	0,014

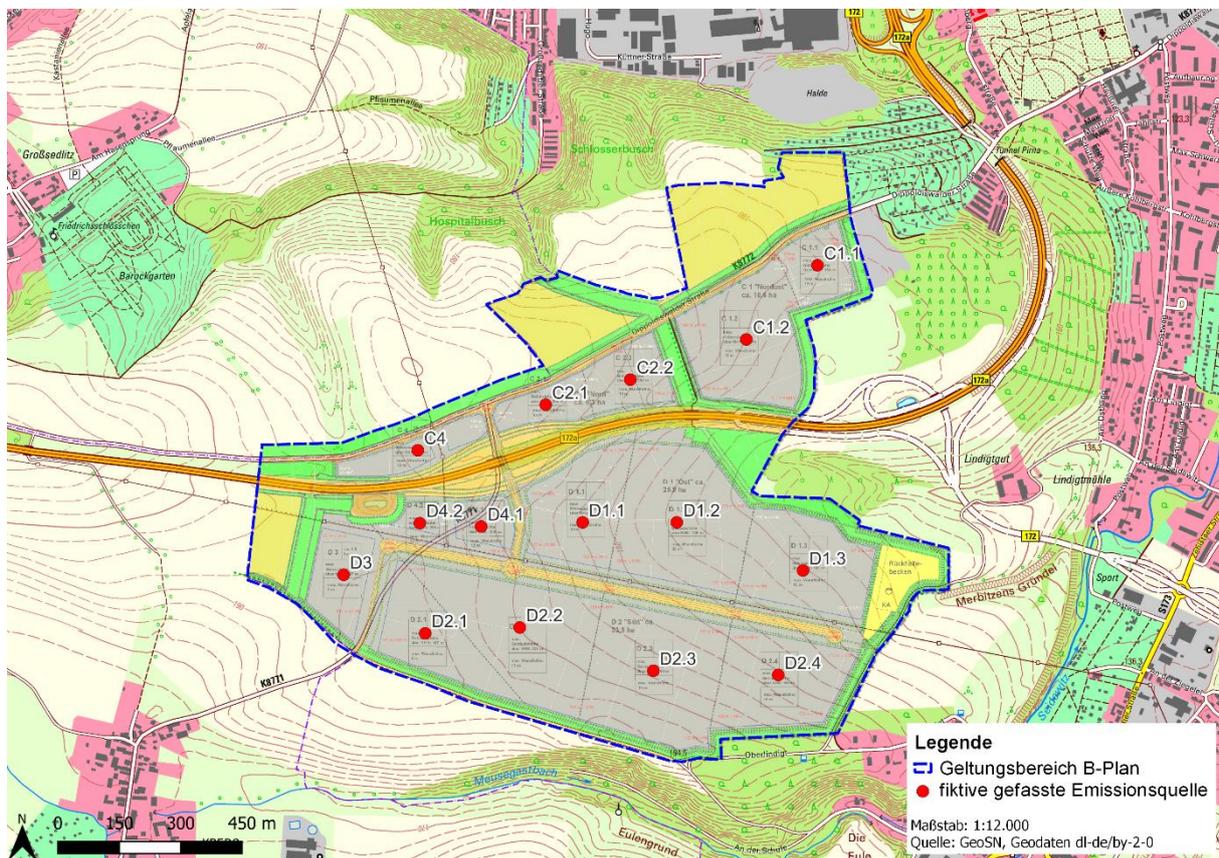


Abbildung 3.8: Darstellung der fiktiven gefassten Emissionsquellen im Plangebiet

3.7 Immissionssituation im Untersuchungsraum

Die Beurteilung der Immissionssituation vor und nach der Umsetzung des Planvorhabens erfolgt im Folgenden exemplarisch für die Leitschadstoffe Stickstoffdioxid NO₂ sowie Feinstaub PM₁₀.

3.7.1 Beurteilungsgrundlage

Für eine Beurteilung der lufthygienischen Immissionsparameter dient die 39. BImSchV. Die Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen ist die unmittelbare Umsetzung europäischer Richtlinien zur Luftreinhaltung in deutsches Recht. Es werden darin Messverfahren, Zielwerte, Immissionsgrenzwerte und Alarmschwellen sowie Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe festgelegt. Die gleichen Immissionswerte sind auch in der TA Luft verankert.

Für die Beurteilung der Luftqualität werden die in der Tabelle 3.9 aufgeführten Grenzwerte für Stickstoffdioxid NO₂ und Feinstaub PM₁₀ herangezogen.

Tabelle 3.9: Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit gemäß der 39. BImSchV sowie TA Luft

Luftschadstoff	Grenzwerte gemäß 39. BImSchV bzw. TA Luft (Jahresmittelwerte) [µg/m ³]
NO ₂	40
PM ₁₀	40

3.7.2 Immissionssituation durch verkehrsbedingte Luftschadstoffe

In den nachfolgenden Tabellen 3.10 und 3.11 werden die punktuellen Luftschadstoffkonzentrationen exemplarisch für die zwei charakteristischen verkehrsbedingten Luftschadstoffe Feinstaub PM₁₀ und Stickstoffdioxid (NO₂) zusammengestellt. Es werden die lokale Hintergrundbelastung (HGB), die verkehrsbedingte Zusatzbelastung (vIZ) und die gesamte Belastung (IG) für die beiden untersuchten Fälle gegenübergestellt.

Tabelle 3.10: Immissionskonzentrationen von Feinstaub PM₁₀ an den gewählten Aufpunkten

Monitorpunkt	Bezeichnung	PM ₁₀	PM ₁₀	PM ₁₀	PM ₁₀	PM ₁₀
		HGB Null-/Planfall [µg/m ³]	vIZ Nullfall [µg/m ³]	vIZ Planfall [µg/m ³]	IG Nullfall [µg/m ³]	IG Planfall [µg/m ³]
ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen						
M1	Kleingarten (Flurstück 1283)	23	0,3	0,3	23,3	23,3
M2	Kleingarten (Flurstück 1282/4)	23	0,5	0,9	23,5	23,9
M3	Kleingarten (Flurstück 1323)	23	0,5	0,6	23,5	23,6
M4	Pirna, Dippoldiswalder Straße 35	23	4,5	4,2	27,5	27,2
M5	Pirna, Erich-Schütze-Weg 3	23	0,9	0,9	23,9	23,9
M6	Pirna, Postweg 66i	19	0,7	0,7	19,7	19,7
M7	Pirna, Lindigtgut 1	18	1,7	1,7	19,7	19,7
M8	Pirna, Oberlindigt 13	18	0,1	0,2	18,1	18,2
M9	Dohna, Krebs 49	18	0,5	0,3	18,5	18,3
M10	Heidenau, Teichweg 7	18	0,4	0,4	18,4	18,4
M11	Heidenau, Parkstraße 89	18	0,3	0,4	18,3	18,4
M12	Heidenau, Am Hasensprung 9	19	0,2	0,2	19,2	19,2
M13	Pirna, Großsedlitzer Straße 54	23	0,3	0,3	23,3	23,3

HGB... Hintergrundbelastung vIZ... verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung IG... Immissionsgesamtbelastung

Fortsetzung Tabelle 3.10

Monitorpunkt	Bezeichnung	PM ₁₀ HGB Null-/Planfall [µg/m ³]	PM ₁₀ vIZ Nullfall [µg/m ³]	PM ₁₀ vIZ Planfall [µg/m ³]	PM ₁₀ IG Nullfall [µg/m ³]	PM ₁₀ IG Planfall [µg/m ³]
mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen						
M1	Kleingarten (Flurstück 1283)	23	0,3	0,3	23,3	23,3
M2	Kleingarten (Flurstück 1282/4)	23	0,5	0,8	23,5	23,8
M3	Kleingarten (Flurstück 1323)	23	0,5	0,6	23,5	23,6
M4	Pirna, Dippoldiswalder Straße 35	23	4,9	4,8	27,9	27,8
M5	Pirna, Erich-Schütze-Weg 3	23	0,9	0,9	23,9	23,9
M6	Pirna, Postweg 66i	19	0,7	0,7	19,7	19,7
M7	Pirna, Lindigtgut 1	18	1,8	1,9	19,8	19,9
M8	Pirna, Oberlindigt 13	18	0,1	0,2	18,1	18,2
M9	Dohna, Krebs 49	18	0,5	0,3	18,5	18,3
M10	Heidenau, Teichweg 7	18	0,4	0,4	18,4	18,4
M11	Heidenau, Parkstraße 89	18	0,3	0,3	18,3	18,3
M12	Heidenau, Am Hasensprung 9	19	0,2	0,2	19,2	19,2
M13	Pirna, Großsedlitzer Straße 54	23	0,2	0,2	23,2	23,2

HGB... Hintergrundbelastung vIZ... verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung IG... Immissionsgesamtbelastung

Tabelle 3.11: Immissionskonzentrationen von Stickstoffdioxid NO₂ an den gewählten Aufpunkten

Monitorpunkt	Bezeichnung	NO ₂ HGB Null-/Planfall [µg/m ³]	NO ₂ vIZ Nullfall [µg/m ³]	NO ₂ vIZ Planfall [µg/m ³]	NO ₂ IG Nullfall [µg/m ³]	NO ₂ IG Planfall [µg/m ³]
ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen						
M1	Kleingarten (Flurstück 1283)	21	0,5	0,5	21,5	21,5
M2	Kleingarten (Flurstück 1282/4)	21	0,6	0,9	21,6	21,9
M3	Kleingarten (Flurstück 1323)	21	0,7	0,8	21,7	21,8
M4	Pirna, Dippoldiswalder Straße 35	22	4,6	4,2	26,6	26,2
M5	Pirna, Erich-Schütze-Weg 3	22	1,2	1,1	23,2	23,1
M6	Pirna, Postweg 66i	17	0,9	0,9	17,9	17,9
M7	Pirna, Lindigtgut 1	17	1,9	1,9	18,9	18,9
M8	Pirna, Oberlindigt 13	14	0,3	0,3	14,3	14,3
M9	Dohna, Krebs 49	15	0,6	0,5	15,6	15,5
M10	Heidenau, Teichweg 7	17	0,6	0,6	17,6	17,6
M11	Heidenau, Parkstraße 89	17	0,5	0,6	17,5	17,6
M12	Heidenau, Am Hasensprung 9	17	0,3	0,4	17,3	17,4
M13	Pirna, Großsedlitzer Straße 54	21	0,4	0,5	21,4	21,5
mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen						
M1	Kleingarten (Flurstück 1283)	21	0,4	0,4	21,4	21,4
M2	Kleingarten (Flurstück 1282/4)	21	0,6	0,9	21,6	21,9
M3	Kleingarten (Flurstück 1323)	21	0,6	0,7	21,6	21,7
M4	Pirna, Dippoldiswalder Straße 35	22	4,8	4,6	26,8	26,6
M5	Pirna, Erich-Schütze-Weg 3	22	1,1	1,1	23,1	23,1
M6	Pirna, Postweg 66i	17	0,9	0,9	17,9	17,9
M7	Pirna, Lindigtgut 1	17	2,0	2,0	19,0	19,0
M8	Pirna, Oberlindigt 13	14	0,2	0,3	14,2	14,3
M9	Dohna, Krebs 49	15	0,6	0,5	15,6	15,5
M10	Heidenau, Teichweg 7	17	0,5	0,6	17,5	17,6
M11	Heidenau, Parkstraße 89	17	0,4	0,5	17,4	17,5
M12	Heidenau, Am Hasensprung 9	17	0,3	0,3	17,3	17,3
M13	Pirna, Großsedlitzer Straße 54	21	0,4	0,4	21,4	21,4

HGB... Hintergrundbelastung vIZ... verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung IG... Immissionsgesamtbelastung

Die Abbildungen 3.9 und 3.10 zeigen exemplarisch die verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung der Luftschadstoffkonzentrationen im Nullfall und im Planfall für den Luftschadstoff Feinstaub PM₁₀ ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen. In den Abbildung 3.11 und 3.12 sind die PM₁₀-Konzentrationen im Nullfall und Planfall mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen dargestellt. Die Differenz zwischen Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall unter Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen ist in Abbildung 3.13 dargestellt.

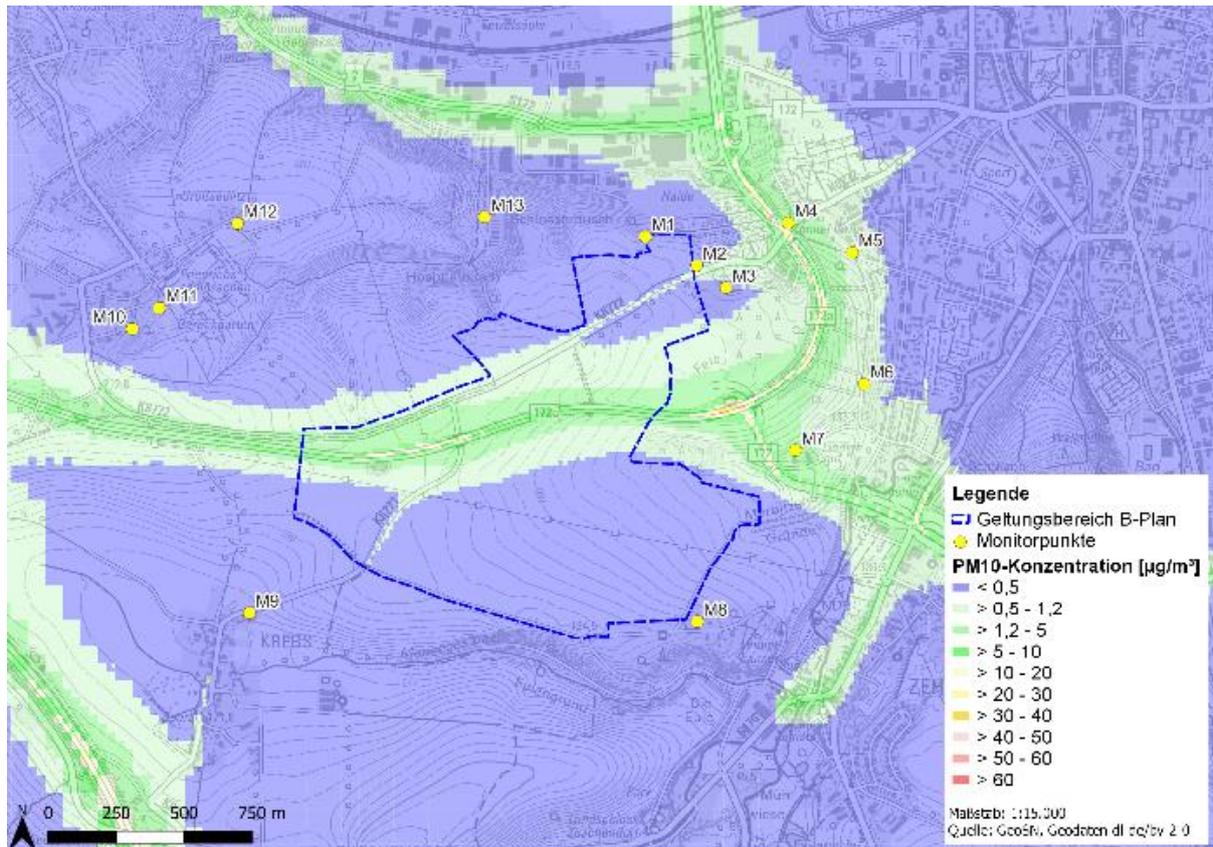


Abbildung 3.9: verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung (IZ) der PM_{10} -Konzentration im Prognose-Nullfall ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen

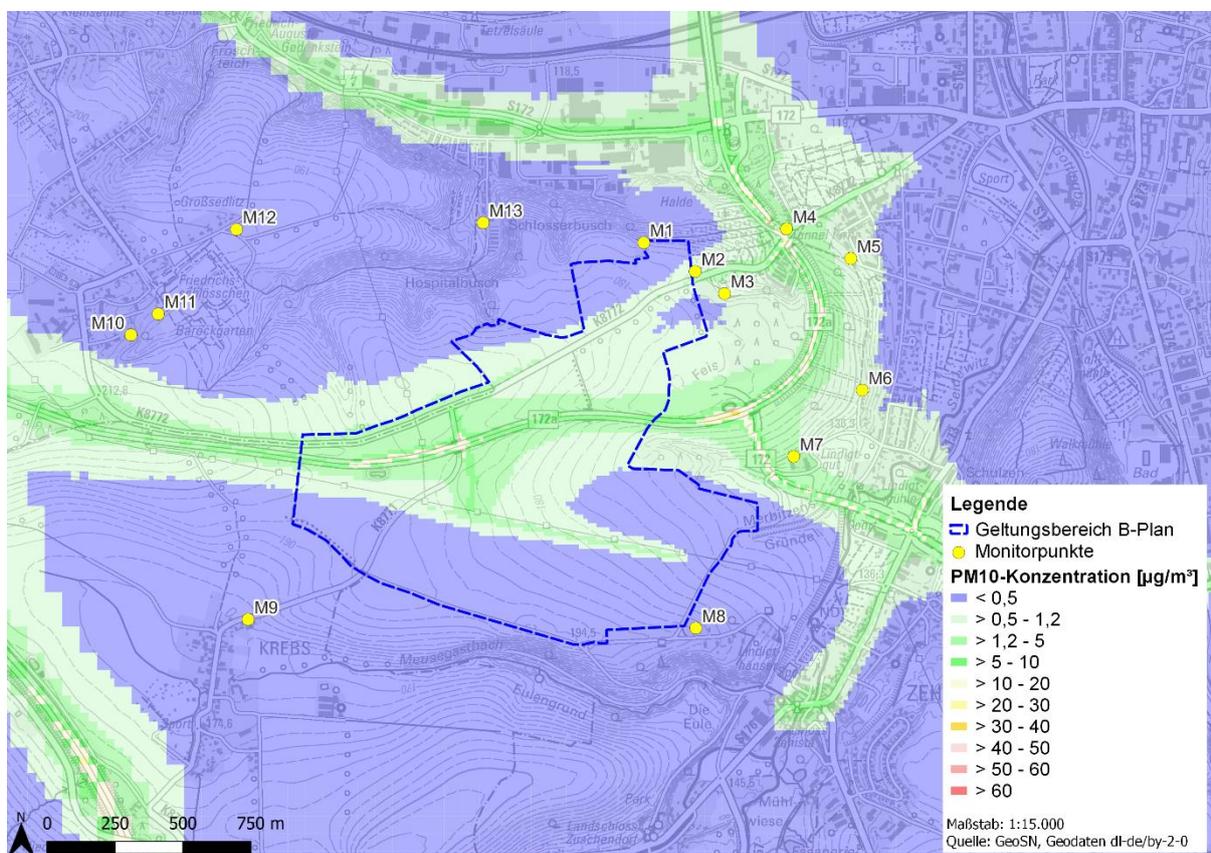


Abbildung 3.10: verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung (IZ) der PM_{10} -Konzentration im Prognose-Planfall ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen

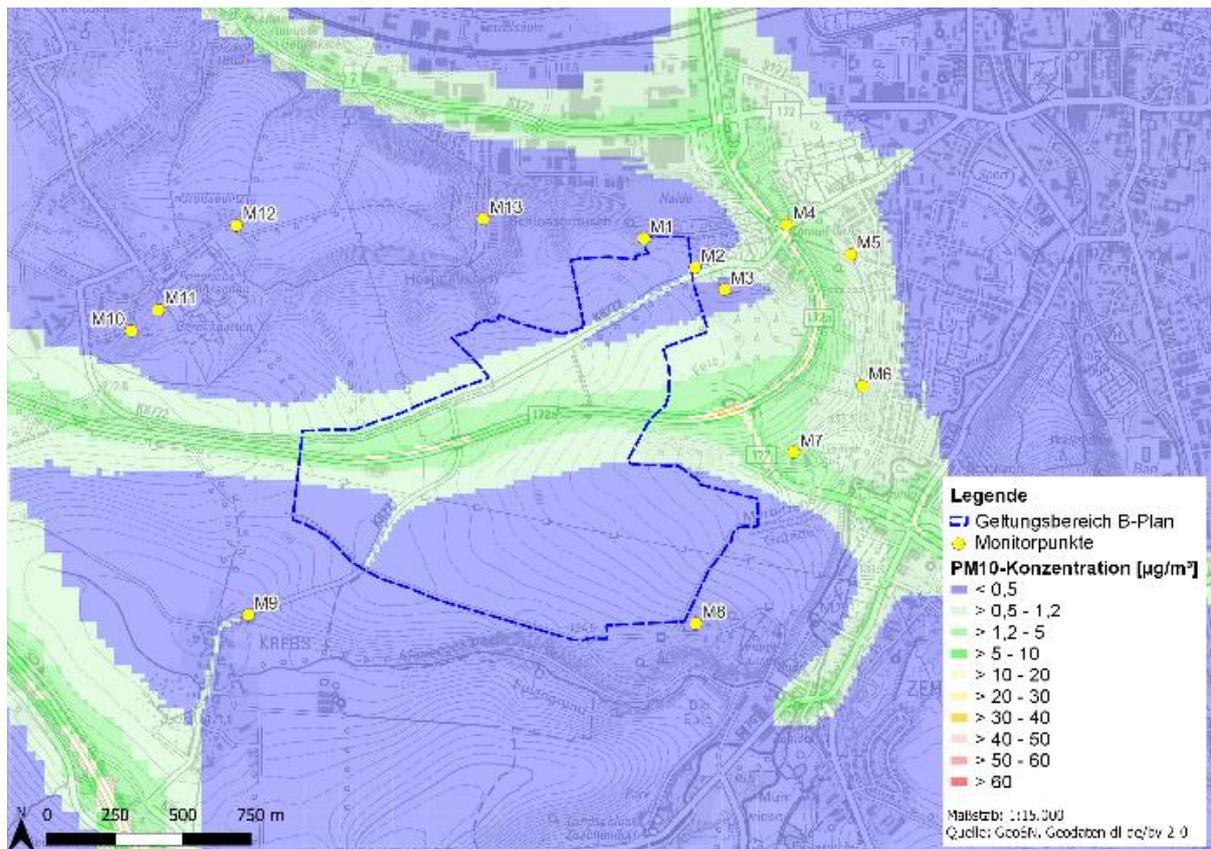


Abbildung 3.11: verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung (IZ) der PM_{10} -Konzentration im Prognose-Nullfall mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen

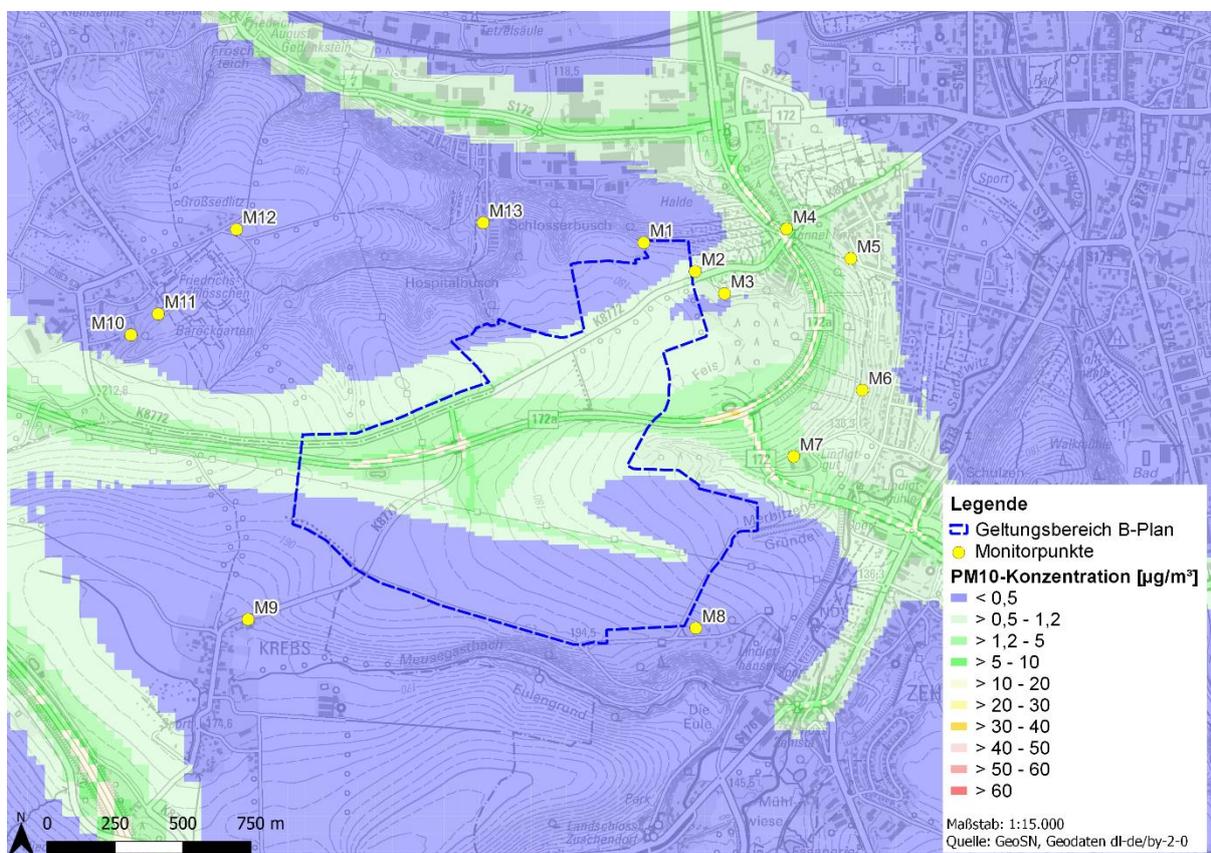


Abbildung 3.12: verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung (IZ) der PM_{10} -Konzentration im Prognose-Planfall mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen

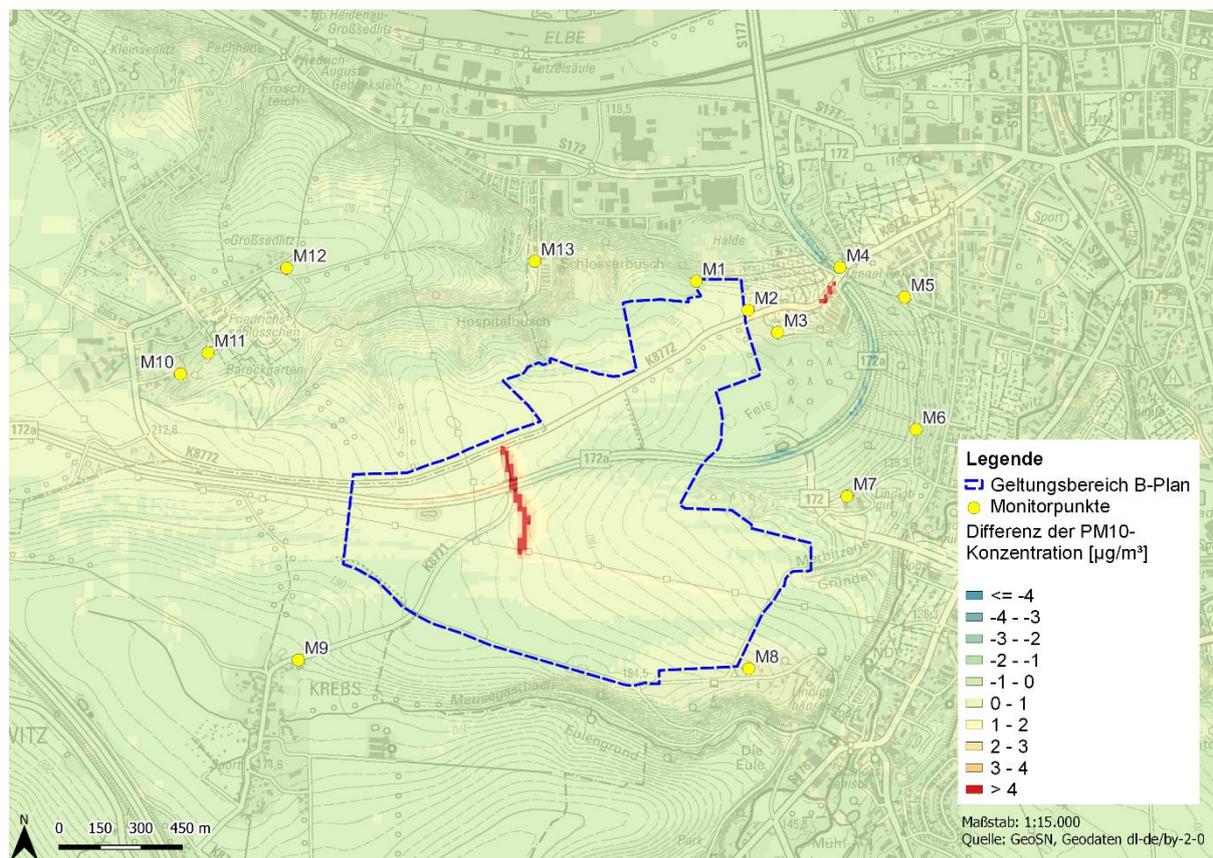


Abbildung 3.13: Differenz der verkehrsbedingten Immissionszusatzbelastung (IZ) der PM₁₀-Konzentration zwischen Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen

3.7.3 Fazit zu den Auswirkungen der verkehrsbedingten Immissionssituation, Beurteilung

Nach Auswertung der Ergebnisse ist festzustellen, dass die schutzbedürftige Bebauung im Untersuchungsraum durch die verkehrsbedingten Schadstoffimmissionen nur geringfügig betroffen ist. Durch die hinreichend großen Abstände, die gute Schadstoffverteilung und -verdünnung ist mit keiner Überschreitung der Immissionsgrenzwerte nach der 39. BImSchV bzw. der TA Luft für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid und Feinstaub PM₁₀ unter Berücksichtigung der Immissionsvorbelastung zu rechnen. Für allen anderen verkehrsbedingten Luftschadstoffe ist eine Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV bzw. der TA Luft ebenfalls zu erwarten.

Schädliche Umwelteinwirkungen auf die menschliche Gesundheit durch die einwirkenden Luftschadstoffkonzentrationen sind im Untersuchungsraum auf Grundlage der Auswertung der Hintergrundbelastung und den verkehrsbedingten Immissionszusatzbelastungen im Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall nicht zu erwarten. Auch durch eine Änderung der Topografie und einer Errichtung von markanten Bebauungsstrukturen im Geltungsbereich des Bebauungsplanes Nr. 1.1 ergeben sich keine signifikanten lufthygienischen Auswirkungen auf die ausgewählten Monitorpunkte.

Auf die Überschreitungshäufigkeiten des Immissionswertes der Tages- bzw. Stundenmittelwerte der NO₂- und PM₁₀-Konzentration kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht eingegangen werden. Dazu müssten neben den Angaben zur Verkehrssituation auch das detaillierte anlagenbezogene Emissionsverhalten (zeitliche Einwirkung, Emissionsschwankungen etc.) im B-Plangebiet bekannt sein.

3.7.4 Immissionsituation durch anlagenbezogene Luftschadstoffe

In der Tabelle 3.12 ist die Bewertung der Immissionsituation ausgehend von den Emissionen gefasster und diffuser Emissionsquellen im Plangebiet auf die ausgewählten Aufpunkte zusammengefasst. Die Wirkung der anlagenbezogenen Immissionsituation wird qualitativ beschrieben, da eine konkrete Struktur von Gebäuden und Anlagentypen im derzeitigen Planungsstand nicht bekannt ist. Die Ergebnisse werden beispielhaft für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid NO₂ und Feinstaub PM₁₀ angegeben.

Die Verteilung der Immissionen für Stickstoffdioxid stellt dabei beispielhaft die Struktur der Verteilung primär verursacht durch gefasste Emissionsquellen dar. Die Verteilung für die PM₁₀-Konzentration steht beispielhaft für die sich ergebende Immissionsituation vorrangig bedingt durch diffuse Emissionsquellen (vgl. Emissionsmassenströme im Punkt 3.6.2).

Die Abbildungen 3.14 und 3.15 zeigen qualitativ die mögliche Wirkung der NO₂-Konzentration im Untersuchungsraum ohne und mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen. In den Abbildungen 3.16 und 3.17 ist die qualitative Bewertung der möglichen Wirkung der Feinstaubkonzentration PM₁₀ mit und ohne Kaltlufteinfluss gegenübergestellt.

Tabelle 3.12: qualitative Bewertung der Wirkung des Vorhabens auf die gewählten Aufpunkte

Monitorpunkt	Bezeichnung	NO ₂ IZ ohne Kaltluft [µg/m ³]	NO ₂ IZ mit Kaltluft [µg/m ³]	PM ₁₀ IZ ohne Kaltluft [µg/m ³]	PM ₁₀ IZ mit Kaltluft [µg/m ³]
M1	Kleingarten (Flurstück 1283)	mittel	mittel	gering	gering
M2	Kleingarten (Flurstück 1282/4)	mittel	mittel	gering	gering
M3	Kleingarten (Flurstück 1323)	mittel	mittel	gering	gering
M4	Pirna, Dippoldiswalder Straße 35	gering	gering	keine - sehr gering	sehr gering
M5	Pirna, Erich-Schütze-Weg 3	gering	gering	keine - sehr gering	keine - sehr gering
M6	Pirna, Postweg 66i	gering	gering	gering	gering
M7	Pirna, Lindigtgut 1	mittel	mittel	gering	gering
M8	Pirna, Oberlindigt 13	mittel - hoch	mittel - hoch	gering	gering
M9	Dohna, Krebs 49	gering	gering	keine - sehr gering	keine - sehr gering
M10	Heidenau, Teichweg 7	gering	gering	keine - sehr gering	keine - sehr gering
M11	Heidenau, Parkstraße 89	gering	gering	keine - sehr gering	keine - sehr gering
M12	Heidenau, Am Hasensprung 9	gering	gering	keine - sehr gering	keine - sehr gering
M13	Pirna, Großsedlitzer Straße 54	gering	gering	gering	gering

IZ... Immissionszusatzbelastung, ausgehend von den fiktiven gefassten und diffusen Emissionsquellen im Plangebiet

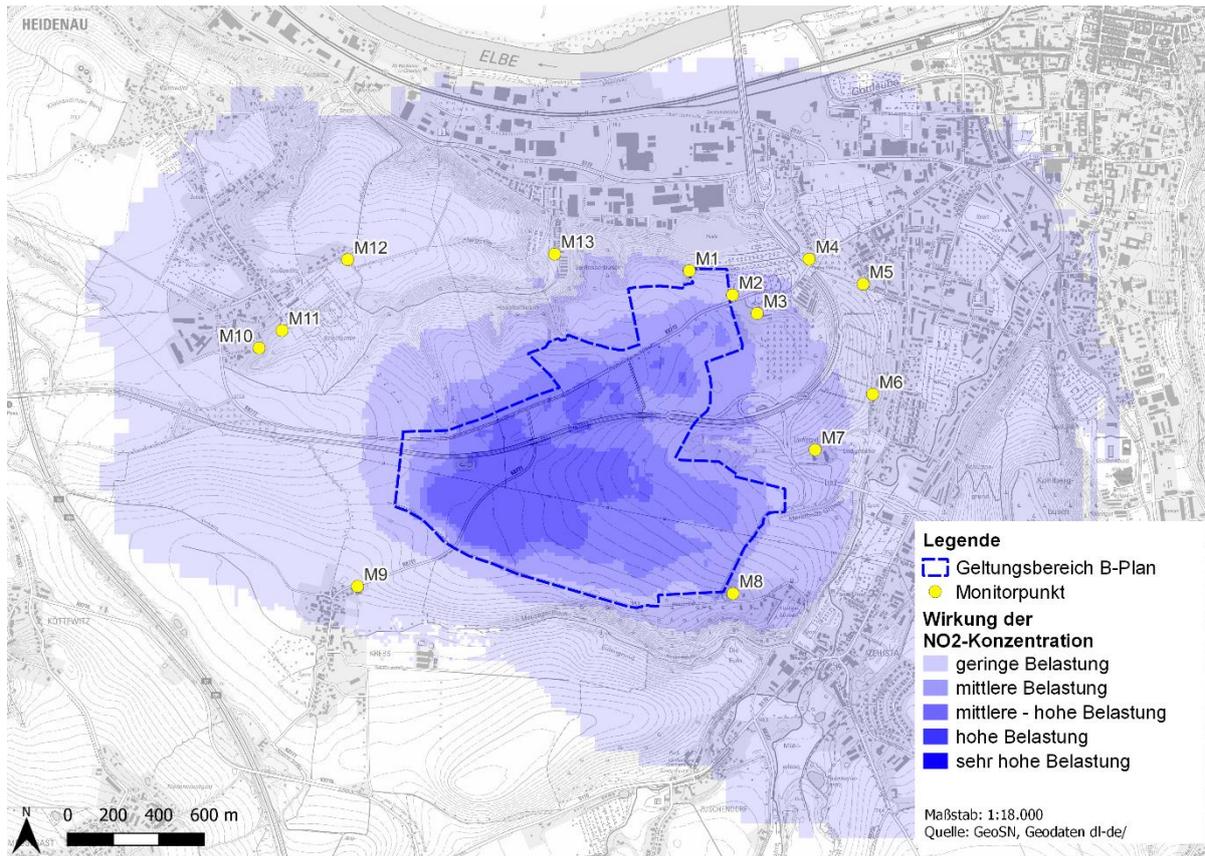


Abbildung 3-14: Wirkung der NO₂-Konzentration im Plangebiet ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen

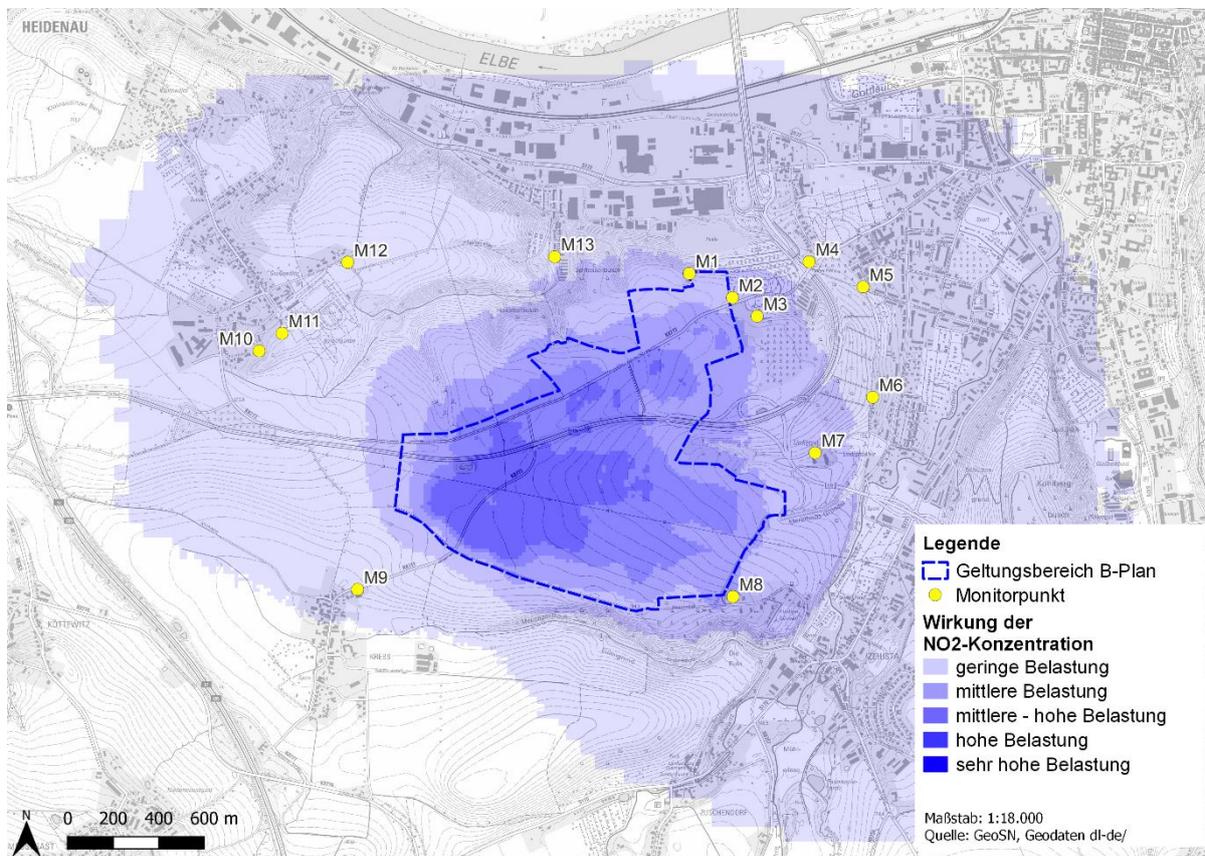


Abbildung 3-15: Wirkung der NO₂-Konzentration im Plangebiet mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen

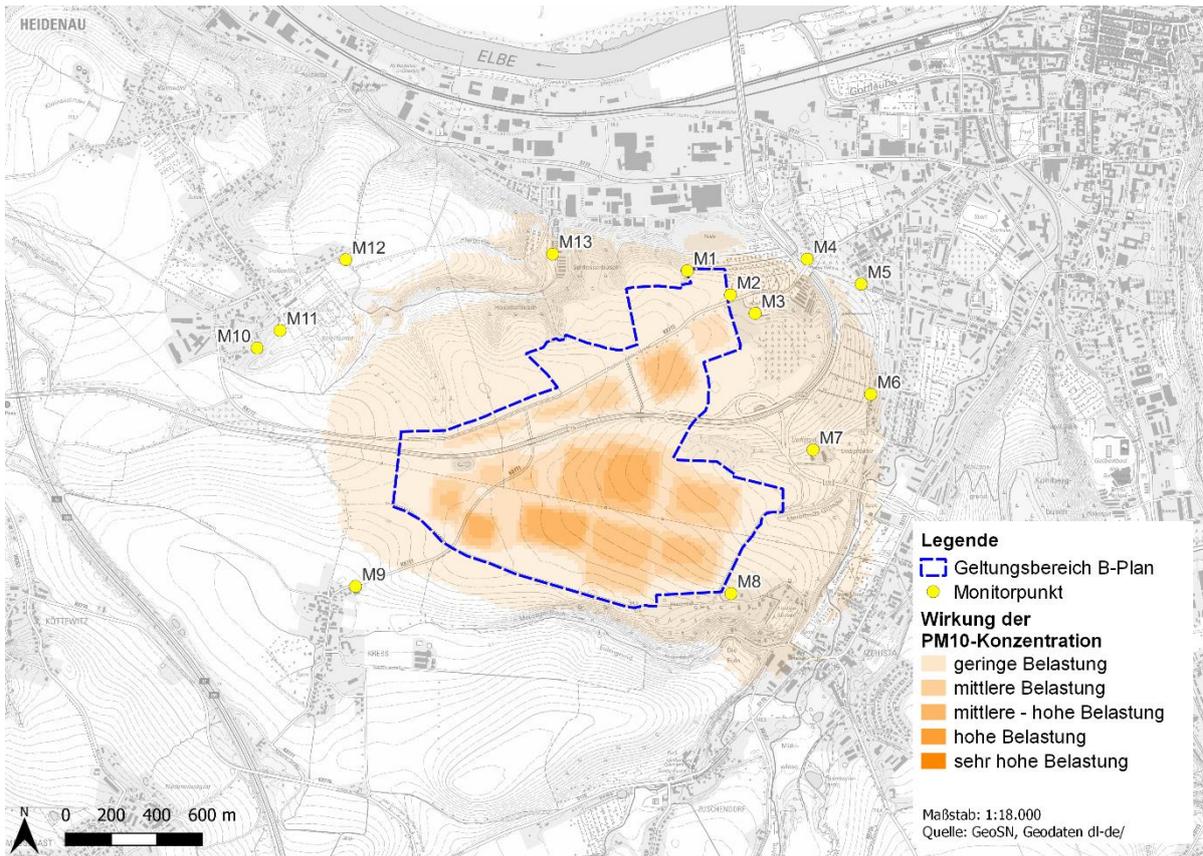


Abbildung 3-16: Wirkung der PM₁₀-Konzentration im Plangebiet ohne Berücksichtigung von Kaltluft-einflüssen

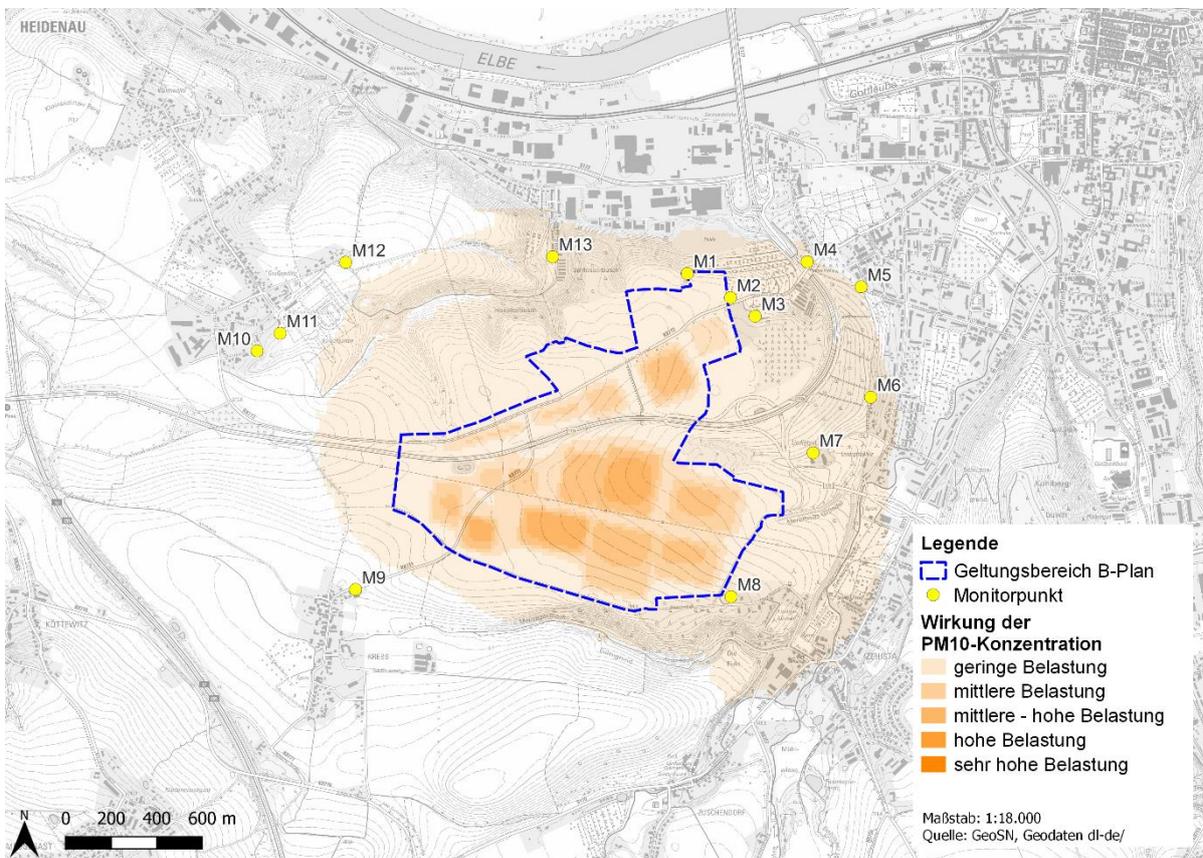


Abbildung 3-17: Wirkung der PM₁₀-Konzentration im Plangebiet mit Berücksichtigung von Kaltluftein-flüssen

3.7.5 Fazit zu den Auswirkungen der anlagenbedingten Immissionssituation, Beurteilung

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen zeigen, dass die schutzbedürftige Bebauung im Untersuchungsraum durch die anlagenbedingten Schadstoffimmissionen vornehmlich nur gering bis mittel betroffen sein werden. Die vergleichsweise größten Auswirkungen sind dabei an den zum Plangebiet am nächsten gelegenen Immissionsorten in nordöstlicher und östlicher Richtung zu erwarten, wobei sich die Immissionsverteilung in diese Richtungen abstandsbezogen relativ homogen darstellt.

Ein wesentlicher Einfluss auf die Immissionssituation im Untersuchungsraum durch das Abfließen von Kaltluft ist im Jahresmittel nicht zu erwarten. Es zeigt sich, dass der Immissions-Jahresmittelwert der Luftschadstoffkonzentration an den untersuchten Aufpunkten durch die Kaltluftflüsse nicht wesentlich beeinflusst wird. Es ergeben sich unter Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen über ein Kalenderjahr gesehen keine relevant höheren Belastungen an den untersuchten Aufpunkten. Auf eine Bewertung der Tages- bzw. Stundenwerte der Immissionskonzentration kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht näher eingegangen werden. Dafür sind räumlich und zeitlich genaue Emissionsdaten erforderlich, beispielsweise bei einer konkreten Anlagenplanung.

Innerhalb des Untersuchungsraumes sind bereits zahlreiche gewerbliche Anlagen vorhanden, welche verschiedene Luftschadstoffe emittieren. Dies sind beispielsweise:

- Moto-Cross-Anlage unmittelbar nordöstlich des Plangebietes,
 - Schweinezuchtanlage in der Ortslage Krebs sowie
 - verschiedene gewerbliche Emittenten im Industrie- und Gewerbepark An der Elbe der Stadt Pirna.
- Zudem sind durch die Nähe zur Bundesautobahn A 17 sowie durch die Bundesstraße B 172a bereits relevante lokale Vorbelastungen existent. Zukünftig wird die Vorbelastung auch durch den Verkehr der Bundesstraße B 172n (Südumfahrung Pirna) weiter erhöht. Somit ist im Bereich des Untersuchungsraumes bereits im Plan-Nullzustand neben der Hintergrundbelastung eine relevante lokale Luftschadstoffvorbelastung gegeben. Die entstehende und abfließende Kaltluft ist im Plan-Nullfall bereits mit Luftschadstoffen angereichert und kann somit nicht als Frischluft (kühle Luft aus einer schadstoffunbelasteten, natürlichen Umgebung) bewertet werden. Die oben genannten Anlagen sind aufgrund ihrer Lagebeziehung für die Anreicherung von Luftschadstoffen nicht maßgebend, sondern vorrangig der Kfz-Verkehr auf den Verkehrswegen.

3.8 Empfehlungen und Hinweise für die weitere Bauleitplanung

Im B-Plan können folgende Empfehlungen zur Minimierung von Luftschadstoffbelastungen gegeben werden:

- Unzulässigkeit bestimmter Anlagentypen (z.B. Energieerzeugungsanlagen für eine Versorgung außerhalb des Plangebietes, Tierhaltungsanlagen),
- Verwendungsverbote und Beschränkungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 23a BauGB hinsichtlich bestimmter luftverunreinigender Stoffe
- Ansiedlung stark emittierender Anlagen vorrangig im südwestlichen und mittleren Bereich des Plangebietes und damit größtmögliche Abstandsbeziehung zu den voraussichtlich am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Bereichen,
- vorzugsweise Einsatz regenerativer Energien zur Wärme- und Energieerzeugung (insbesondere Solarenergie oder Wärmepumpen) sowie größtmögliche Minderung des Einsatzes bestimmter Brennstoffe (fest oder flüssig) und weiterhin Festlegen der Nutzung gegenüber des Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetzes (EEWärmeG) erhöhten Anteils erneuerbarer Energien.

Im Rahmen des jeweiligen Genehmigungsverfahrens von industriellen bzw. gewerblichen Anlagen im Plangebiet werden die Belange des Immissionsschutzes detailliert geprüft. Der gesetzliche Rahmen zur Umsetzung der Ziele der Luftreinhaltung wird in Deutschland vor allem durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und verschiedene Rechtsverordnungen (v. a. 1. - 44. BImSchV) und Verwaltungsvorschriften (v. a. TA Luft) geregelt. Zusätzlich sind in zahlreichen VDI-Richtlinien und DIN-Normen Standards für die Luftreinhaltung nach dem Stand der Technik festgelegt.

Alle im Plangebiet sich ansiedelnden luftschadstoffemittierenden Anlagen sollten im Rahmen ihres jeweiligen Genehmigungsverfahrens den Nachweis der Einhaltung der Bagatellmassenströme nach TA Luft erbringen. Kann dieser Nachweis aufgrund höherer Emissionsfrachten nicht erbracht werden, sollte eine Immissionsprognose zu den emittierenden Schadstoffen erstellt werden. Dabei ist die vorliegende Untersuchung zur Kaltluft und Lufthygiene heranzuziehen, um die lokalklimatische Situation im Untersuchungsraum zu berücksichtigen.

3.9 Literatur- und Fundstellenverzeichnis

- [1] Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen GeoSN: Geodaten dl-de/by-2-0
<https://www.geodaten.sachsen.de/> Zugriff am 16.5.2022
- [2] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Referat 51 Luftqualität: aktuelle Daten zur Hintergrundbelastung für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid und Feinstaub PM10, Benzol und Schwefeldioxid, E-Mail vom 21.8.2021
- [3] Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, RLuS 2012, Fassung 2020
- [4] Ingenieurbüro Janicke im Auftrage des Umweltbundesamtes Berlin: Ausbreitungsmodell AUSTAL Version 3.1.2-WI-x, Überlingen, 09.08.2021
- [5] Ingenieurbüro Janicke: Ausbreitungsmodell LASAT Version 3.4, Überlingen, Mai 2017
- [6] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden (Hrsg.): Kaltluftabflüsse bei Immissionsprognosen, Schriftenreihe des LfULG, Heft 27/2012
- [7] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG): Kaltluftabflüsse bei Immissionsprognosen, Schriftenreihe des LfULG, Heft 27/2012, Dresden, 2012
- [8] Büro für Immissionsprognosen: Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft, Erstellung einer repräsentativen Ausbreitungsklassenzeitreihe für die Durchführung von Immissionsprognosen im Untersuchungsgebiet des B-Planes Nr. 1.1 „Technologiepark Feistenberg“ des Zweckverbandes IndustriePark Oberelbe, April 2022
- [9] Verwaltungsgemeinschaft Pirna-Dohna: rechtswirksamer Flächennutzungsplan der Verwaltungsgemeinschaft Pirna-Dohna, 3 Änderung, 26.07.2017
- [10] Freistaat Sachsen, Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr: Straßenverkehrszählung auf Hauptverkehrsstraßen 2015, Dresden, 2017
- [11] Landesamt für Straßenbau und Verkehr, Zentrale: Landesverkehrsprognose 2030 für den Freistaat Sachsen, Verkehrsmengenkarte Prognose 2030 - Gesamtverkehr -, Dresden, Juli 2017
- [12] IVAS Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und -systeme: Industriepark Oberelbe (IPO), Prognose 2030, Verkehrsuntersuchung zur K 8771 und K 8772, Dresden, April 2022
- [13] INFRAS im Auftrag der Umweltbundesämter von Deutschland, der Schweiz und Österreich: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA): Version 4.2, Januar 2022.

KAPITEL 4 FAZIT ZU DEN UNTERSUCHUNGEN

Durch die Umgestaltungen der Nutzungen im Geltungsbereich des B-Plangebiet Nr. 1.1 gegenüber einem unveränderten Zustand sind Auswirkungen zu lokalklimatischen und lufthygienischen Bedingungen im Plangebiet selbst aber auch in der Umgebung zu erwarten.

Nachfolgend werden die grundsätzlichen Ergebnisse der Untersuchung in den Kapiteln 1-3 zusammengefasst:

1. Die Auswirkungen auf die Änderungen von Kaltluftabflüssen im Untersuchungsraum sind dort, wo diese mit einer starken klimaökologischen Wirksamkeit auftreten, als gering einzuschätzen. Diesbezüglich hohe Auswirkungen sind hingegen lokal begrenzt auf Bereiche mit nur mittlerer klimaökologischer Wirksamkeit zu erwarten.
2. Der Untersuchungsraum ist durch Luftschadstoffe vorbelastet. Dabei spielen die verkehrsbedingten Einflüsse aufgrund der umliegenden Hauptverkehrsstraßen eine maßgebliche Rolle (lokale Immissionsvorbelastung). Die Kaltluftflüsse sind damit auch schon gegenwärtig nicht frei von Belastungen und können somit nicht als ‚Frischluft‘ tituliert werden.
3. Durch mögliche luftschadstoffemittierende Anlagen und den zugehörigen Verkehr im Plangebiet ergeben sich zwangsläufig zusätzliche Beiträge zu den Immissionen. Nur einige wenige nahe schutzbedürftige Bereiche in der Umgebung werden davon merklich betroffen sein. Prinzipiell wird aufgrund der ausreichenden Abstände zwischen Plangebiet und den umliegenden bebauten Gebieten sowie aufgrund der Schadstoffverteilung und -verdünnung nur eine entsprechend geringe Zusatzbelastung eintreten.
4. Obwohl die bei entsprechenden Ereignissen innerhalb der Kaltluft mitgeführten Luftbeimengungen schon nach kurzer Zeit eine bevorzugte Richtung gen Norden aufweisen, kann ausgeschlossen werden, dass dort die betreffenden Schutzstandards über das Jahresmittel überschritten werden.
5. Durch die Flächenversiegelungen und Bebauungen ändert sich der Wärmehaushalt im Plangebiet. Die mittlere Lufttemperatur erhöht sich dabei an heißen Sommertagen um etwas über 1 K in den Tagesstunden und um ca. 1 K nachts.
6. Auswirkungen der Umsetzung des B-Plans auf den Wärmehaushalt in der Umgebung des B-Plan-Gebietes bleiben relativ gering. Nach einigen 100 m Abstand vom Rand des Plangebietes beträgt die mittlere Temperaturerhöhung an einem Sommertag wenige Zehntel Kelvin.

Es werden in den vorgenannten Kapiteln Empfehlungen zur Minderung der lokalklimatischen und lufthygienischen Auswirkungen gegeben, welche im Rahmen der Bauleitplanung beachtet und im Rahmen der Bedeutsamkeit gegenüber anderen Belangen der Planung abgewogen werden sollten.

Bei Betrachtung der Zusammenwirkungen des Lokalklimas und der Luftschadstoffbelastung im Untersuchungsgebiet ist festzuhalten, dass die Wirkung einer Immissionsschutzbepflanzung, welche zur Minderung einer möglichen Luftschadstoffbelastung im Zusammenhang mit Kaltluftereignissen gefolgt werden kann, aus nachfolgenden Gründen unverhältnismäßig erscheint:

- die Kaltluftereignisse im Untersuchungsgebiet beschränken sich auf wenige Zeitbereiche im Kalenderjahr (< 20 % der Jahresstunden),
- die Immissionskonzentrationen von Luftschadstoffen weisen in der Umgebung im Jahresmittel kaum Unterschiede zwischen der Ausbreitungssituation ohne und mit Kaltluftereignissen im Jahresmittel auf,
- das Betroffenheitspotential bei zeitlich langandauernden Kaltabflüssen ist im entsprechend beaufschlagten Bereich gering,
- der Schutzgrad des Gebietes, welches bei zeitlich langandauernden Kaltabflüssen betroffen ist, ist als gering einzuschätzen (vorwiegend gewerbliche/industrielle Nutzung).

Anhang

BERECHNUNGSPROTOKOLLE ZU KAPITEL 3

Berechnungsprotokoll verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung Prognose-Nullfall ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 78 - 80
Berechnungsprotokoll verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung Prognose-Nullfall mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 81 - 83
Berechnungsprotokoll verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung Prognose-Planfall ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 84 - 86
Berechnungsprotokoll verkehrsbedingte Immissionszusatzbelastung Prognose-Planfall mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 87 - 89
Berechnungsprotokoll vorhabenbedingte Immissionszusatzbelastung aufgrund diffuser Emissionsquellen ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 90 - 91
Berechnungsprotokoll vorhabenbedingte Immissionszusatzbelastung aufgrund diffuser Emissionsquellen mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 92 - 94
Berechnungsprotokoll vorhabenbedingte Immissionszusatzbelastung aufgrund gefasster Emissionsquellen ohne Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 95 - 96
Berechnungsprotokoll vorhabenbedingte Immissionszusatzbelastung aufgrund gefasster Emissionsquellen mit Berücksichtigung von Kaltlufteinflüssen	Seite 97 - 99

PM	000	7,154e-01	1,2%	1,801e+00	0,6%	1,447e-01	2,1%	4,988e-01	1,7%	3,667e-01	1,3%	107/m³
PM25	000	3,912e-01	1,1%	9,164e-01	0,9%	8,050e-02	1,8%	2,915e-01	1,7%	2,052e-01	1,2%	107/m³
=====												
PUNKT												
xp		1938	11	12	13	14	15					
yp		4804	5217	5242	5414	5805						
hp		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5						
=====												
E2L	000	0,00	1,8%	5,518e-02	2,8%	7,868e-02	2,8%	7,663e-02	2,8%	1,125e-01	1,6%	107/m³
NO	DEP	9,177e-02	2,6%	0,000e+00	0,0%	7,708e-02	2,6%	7,708e-02	2,6%	7,708e-02	2,6%	107/m³
NO	DRY	0,000e+00	0,0%	107/m³								
NO	WET	0,000e+00	0,0%	107/m³								
NO	NO	6,234e-01	1,5%	3,764e-01	1,5%	4,557e-01	1,6%	5,147e-01	1,4%	7,519e-01	1,1%	107/m³
NO2	DEP	3,553e-01	2,5%	2,465e-01	2,8%	3,036e-01	2,8%	3,467e-01	2,5%	4,348e-01	1,5%	107/m³
NO2	DRY	3,553e-01	2,5%	2,465e-01	2,8%	3,036e-01	2,8%	3,467e-01	2,5%	4,348e-01	1,5%	107/m³
NO2	WET	1,355e-05	0,9%	9,974e-06	1,0%	1,515e-05	0,8%	1,693e-05	0,8%	1,327e-05	0,7%	107/m³
NOX	000	4,404e-01	1,6%	3,090e-01	1,6%	3,608e-01	1,6%	4,001e-01	1,5%	5,304e-01	1,1%	107/m³
PM	DEP	8,208e-05	2,7%	2,487e+00	1,6%	3,086e+00	1,6%	3,251e+00	1,5%	4,750e+00	1,1%	107/m³
PM	DRY	8,208e-05	2,7%	2,487e+00	1,6%	3,086e+00	1,6%	3,251e+00	1,5%	4,750e+00	1,1%	107/m³
PM	WET	3,820e-06	0,8%	2,686e-06	0,9%	4,123e-06	0,8%	4,667e-06	0,7%	3,623e-06	0,6%	107/m³
PM25	000	1,633e-01	1,6%	1,045e-01	1,8%	1,137e-01	1,8%	1,262e-01	1,4%	1,553e-01	1,1%	107/m³
=====												
PUNKT												
xp		16	17	18	19							
yp		4407	4288	4330	4452							
hp		1,5	1,5	1,5	1,5							
=====												
E2L	000	0,01	1,2%	0,00	1,8%	0,00	0,8%	0,01	0,7%	0,00	0,7%	107/m³
NO	DEP	3,460e-01	2,1%	8,681e-02	3,4%	1,823e-01	1,1%	2,489e-01	1,1%	3,667e-01	1,3%	107/m³
NO	DRY	3,460e-01	2,1%	8,681e-02	3,4%	1,823e-01	1,1%	2,489e-01	1,1%	3,667e-01	1,3%	107/m³
NO	WET	0,000e+00	0,0%	107/m³								
NO	NO	2,334e+00	1,1%	5,608e-01	1,7%	1,186e+00	0,7%	1,597e+00	0,7%	2,000e+00	0,7%	107/m³
NO2	DEP	8,915e-01	2,0%	3,886e-01	3,1%	6,480e-01	1,1%	8,061e-01	1,0%	1,000e+00	0,7%	107/m³
NO2	DRY	8,915e-01	2,0%	3,886e-01	3,1%	6,480e-01	1,1%	8,061e-01	1,0%	1,000e+00	0,7%	107/m³
NO2	WET	3,422e-05	0,7%	2,189e-05	0,6%	2,850e-05	0,4%	2,324e-05	0,7%	3,667e-05	0,7%	107/m³
NOX	000	1,206e+00	1,2%	4,166e-01	1,7%	7,551e-01	0,7%	9,459e-01	0,7%	1,200e+00	0,7%	107/m³
PM	DEP	3,274e-04	2,1%	1,098e-04	3,2%	2,101e-04	1,1%	2,745e-04	1,0%	3,667e-04	0,7%	107/m³
PM	DRY	3,274e-04	2,1%	1,098e-04	3,2%	2,101e-04	1,1%	2,745e-04	1,0%	3,667e-04	0,7%	107/m³
PM	WET	1,064e-05	0,7%	5,790e-06	0,6%	8,012e-06	0,6%	6,868e-06	0,6%	5,331e-06	0,6%	107/m³
PM25	000	9,458e-01	1,1%	1,598e-01	1,7%	2,762e-01	0,7%	3,777e-01	0,7%	5,331e-01	0,7%	107/m³
=====												

N02	DRP	0.4250	2.5%	0.8784	1.8%	0.6621	2.5%	3.7607	1.0%	0.9163	2.2%	0.7734	2.4%	1.6467	1.6%				
N02	S54	3.2%	0.3759	2.3%	0.5536	1.6%	0.4671	2.3%	0.3104	2.6%	0.4204	2.8%	0.4794	2.5%	0.4119				
N02	DRY	0.4250	2.5%	0.8784	1.8%	0.7750	1.1%	0.9389	1.0%	0.9163	2.2%	0.7734	2.4%	1.6467	1.6%				
N02	S53	3.2%	0.3759	2.3%	0.5535	1.5%	0.4671	2.3%	0.3104	2.6%	0.4204	2.8%	0.4793	2.5%	0.4119				
N02	WET	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%				
N02	S52	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%				
N02	J00	0.5	1.6%	0.9	1.0%	0.8	1.1%	1.3%	0.9	1.3%	1.5	1.9%	0.3	1.9%	0.5	1.9%			
N02	S51	0.6	1.2%	1.5%	0.4	1.6%	0.5	1.8%	0.5	1.7%	1.2	1.4%	0.5	1.9%	0.9	1.1	0.7%		
N02	S18	8.0	66.5%	10.6	50.7%	11.1	52.3%	32.4	40.9%	16.9	26.9%	12.9	100%	22.1	37.8%	5.7	40.6%	8.0	
N02	S17	7.4	27.9%	8.0	47.7%	5.4	40.0%	7.8	72.0%	8.8	58.1%	5.9	41.4%	16.7	46.5%	9.7	49.5%	8.2	37.1%
N02	S00	14.6	86.9%	17.0	39.1%	22.9	47.5%	67.4	29.5%	42.0	96.6%	26.0	27.2%	36.0	33.0%	11.5	36.5%	15.9	29.5%
N02	S50	13.3	77.3%	16.0	94.5%	9.7	95.6%	12.0	54.1%	14.0	76.6%	10.5	62.1%	30.5	45.0%	14.2	60.7%	16.0	74.6%
N02	DRP	0.1089	3.1%	0.2507	1.9%	0.2050	2.7%	1.2743	1.1%	0.2658	2.3%	0.2253	2.6%	0.5757	1.7%				
N02	S50	3.3%	0.1190	2.2%	0.1507	1.6%	0.1182	2.5%	0.0692	2.6%	0.0937	3.0%	0.1141	2.5%	0.0996				
N02	DRY	0.1089	3.1%	0.0915	3.2%	0.2248	1.2%	0.2559	1.1%	0.2858	2.3%	0.2253	2.6%	0.5757	1.7%				
N02	S50	3.3%	0.1190	2.2%	0.1507	1.6%	0.1182	2.5%	0.0692	2.6%	0.0937	3.0%	0.1141	2.5%	0.0996				
N02	WET	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%				
N02	S52	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%				
N02	J00	0.00	100%	0.01	100%	0.01	100%	0.03	11.0%	0.01	71.7%	0.01	100%	0.01	37.7%	0.00	100%	0.00	100%
N02	S51	0.00	100%	0.01	100%	0.01	100%	0.03	11.0%	0.01	71.7%	0.01	100%	0.01	37.7%	0.00	100%	0.00	100%
N02	DRP	0.0001	3.0%	0.0004	1.9%	0.0002	2.5%	0.0018	1.0%	0.0003	3.1%	0.0002	2.5%	0.0007	1.5%				
N02	S50	3.8%	0.0001	2.4%	0.0002	2.1%	0.0001	2.5%	0.0001	3.1%	0.0001	3.1%	0.0001	2.7%	0.0001	2.7%	0.0001	2.7%	0.0001
N02	DRY	0.0001	3.1%	0.0004	1.9%	0.0002	1.1%	0.0003	1.0%	0.0003	2.3%	0.0002	2.6%	0.0007	1.6%				
N02	S50	4.1%	0.0001	2.6%	0.0002	2.2%	0.0001	2.6%	0.0001	3.2%	0.0001	3.3%	0.0001	2.8%	0.0001	2.8%	0.0001	2.8%	0.0001
N02	WET	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%	0.0000	0.8%	0.0000	0.6%	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%				
N02	S52	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%	0.0000	0.7%				
N02	J00	0.3	2.0%	0.9	1.1%	0.6	1.2%	4.2	6.5%	0.9	1.3%	0.7	1.4%	1.7	0.5%	0.2	2.4%	0.3	2.0%
N02	S51	0.4	1.3%	0.4	1.8%	0.2	2.1%	0.3	2.0%	0.3	1.8%	0.3	1.4%	0.3	2.0%	0.6	0.9%	0.6	0.7%
N02	TS5	0.5	23.5%	1.2	17.1%	1.0	20.6%	5.9	14.6%	1.4	22.2%	1.1	19.7%	2.7	16.8%	0.3	32.5%	0.5	35.6%
N02	S50	0.6	19.6%	0.6	27.8%	0.3	23.0%	0.5	21.6%	0.5	29.9%	0.5	22.1%	1.6	21.8%	0.6	25.7%	1.0	14.4%
N02	T00	1.0	37.7%	1.5	17.1%	1.6	25.1%	8.2	11.6%	2.5	30.3%	1.7	21.5%	4.1	14.3%	0.6	23.1%	0.7	36.4%
N02	S50	0.9	31.3%	0.9	27.1%	0.5	25.3%	0.7	22.6%	0.9	22.3%	0.7	19.1%	2.6	21.4%	1.0	33.9%	1.4	17.6%
N02	J00	0.2	2.8%	0.5	1.2%	0.4	1.8%	2.0	0.6%	0.5	1.4%	0.4	1.6%	0.9	1.0%	0.1	4.0%	0.1	3.3%
N02	S51	0.2	2.0%	0.2	2.5%	0.1	3.5%	0.2	2.8%	0.2	2.4%	0.2	2.2%	0.5	1.5%	0.2	2.7%	0.3	1.3%
N02	TS5	0.2	2.0%	0.2	2.5%	0.1	3.5%	0.2	2.8%	0.2	2.4%	0.2	2.2%	0.5	1.5%	0.2	2.7%	0.3	1.3%
N02	S50	0.2	2.0%	0.2	2.5%	0.1	3.5%	0.2	2.8%	0.2	2.4%	0.2	2.2%	0.5	1.5%	0.2	2.7%	0.3	1.3%

2022-06-11 05:46:26 AUSTAL beendet.

PM	000	6,076e-01	1,2%	1,850e+00	0,9%	1,749e-01	1,9%	2,548e-01	1,8%	4,226e-01	1,2%	µg/m³
PM2.5	000	3,780e-01	1,2%	5,545e-01	0,9%	9,881e-02	1,7%	1,508e-01	1,7%	2,357e-01	1,2%	µg/m³
=====												
PUNKT												
XP		1630	11	2226	12	3133	13	3145	14	3227	15	
YP		4804	11	5115	12	5245	13	5415	14	5800	15	
HP		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
=====												
BZL	000	0,00	1,8%	0,00	1,5%	0,00	1,6%	0,00	1,5%	0,00	1,2%	µg/m³
NO	DEP	1,082e-01	2,5%	6,640e-02	3,1%	7,684e-02	3,1%	8,307e-02	2,6%	1,136e-01	1,6%	kg/(ha*a)
NO	DRY	1,082e-01	2,5%	6,640e-02	3,1%	7,684e-02	3,1%	8,307e-02	2,6%	1,136e-01	1,6%	kg/(ha*a)
NO	WET	0,000e+00	0,0%	kg/(ha*a)								
NO2	DEP	4,199e-01	1,6%	4,312e-01	1,5%	4,554e-01	1,6%	5,344e-01	1,5%	7,557e-01	1,1%	µg/m³
NO2	DRY	4,199e-01	1,6%	4,312e-01	1,5%	4,554e-01	1,6%	5,344e-01	1,5%	7,557e-01	1,1%	µg/m³
NO2	WET	1,835e-01	2,6%	µg/m³								
NOX	000	5,087e-01	1,9%	5,485e-01	1,5%	5,866e-01	1,9%	6,208e-01	1,5%	6,281e-01	1,2%	µg/m³
NOX	DEP	4,672e+00	1,7%	2,828e+00	1,5%	3,363e+00	1,5%	3,426e+00	1,5%	4,637e+00	1,2%	µg/m³
PM	DEP	1,142e-04	2,6%	7,289e-05	3,4%	7,835e-05	3,2%	9,560e-05	2,7%	1,148e-04	1,5%	g/(m**d)
PM	DRY	1,101e-04	2,7%	6,898e-05	3,5%	7,414e-05	3,4%	9,059e-05	2,8%	1,108e-04	1,6%	g/(m**d)
PM	WET	4,137e-06	0,7%	2,654e-06	0,9%	4,457e-06	0,7%	5,009e-06	0,7%	3,955e-06	0,6%	g/(m**d)
PM	000	3,316e-01	1,8%	2,054e-01	1,7%	2,345e-01	1,7%	2,736e-01	1,6%	3,855e-01	1,2%	µg/m³
PM2.5	000	1,914e-01	1,7%	1,205e-01	1,5%	1,465e-01	1,5%	1,651e-01	1,4%	2,456e-01	1,1%	µg/m³
=====												
PUNKT												
XP		4407	16	4289	17	4330	18	4452	19	4761	20	
YP		4431	16	4048	17	4383	18	4761	19	5000	20	
HP		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
=====												
BZL	000	0,01	1,2%	0,00	1,9%	0,00	0,7%	0,01	0,7%	0,01	0,7%	µg/m³
NO	DEP	3,532e-01	2,1%	5,367e-02	3,2%	2,024e-01	1,1%	2,767e-01	1,1%	kg/(ha*a)		
NO	DRY	3,532e-01	2,1%	5,367e-02	3,2%	2,024e-01	1,1%	2,767e-01	1,1%	kg/(ha*a)		
NO	WET	0,000e+00	0,0%	kg/(ha*a)								
NO2	DEP	6,233e-00	1,1%	5,166e-01	3,6%	1,058e+00	0,7%	1,744e+00	0,7%	kg/(ha*a)		
NO2	DRY	6,233e-00	1,1%	5,166e-01	3,6%	1,058e+00	0,7%	1,744e+00	0,7%	kg/(ha*a)		
NO2	WET	9,544e-01	2,0%	3,818e-01	3,1%	7,076e-01	1,1%	8,857e-01	1,0%	kg/(ha*a)		
NOX	000	1,194e+00	1,1%	2,289e-05	0,9%	2,950e-05	0,6%	2,402e-05	0,7%	kg/(ha*a)		
NOX	DEP	1,366e+01	1,2%	3,895e+00	1,9%	7,035e+00	0,7%	9,822e+00	0,7%	kg/(ha*a)		
PM	DEP	3,177e-04	2,1%	1,164e-04	3,1%	2,274e-04	1,1%	3,112e-04	1,0%	g/(m**d)		
PM	DRY	3,071e-04	2,2%	1,104e-04	3,3%	2,150e-04	1,1%	3,038e-04	1,0%	g/(m**d)		
PM	WET	1,057e-05	0,7%	6,047e-06	0,9%	8,333e-06	0,6%	7,328e-06	0,6%	g/(m**d)		
PM	000	6,484e-01	1,2%	3,186e-01	1,9%	5,787e-01	0,8%	8,223e-01	0,7%	µg/m³		
PM2.5	000	5,588e-01	1,1%	1,793e-01	1,9%	3,008e-01	0,7%	4,233e-01	0,7%	µg/m³		
=====												

Sp	1,5		1,5		1,5	
RZL J00	0,00	2,6%	0,00	2,3%	0,00	1,9%
NO DEP	3,765e-02	3,5%	4,581e-02	3,7%	8,019e-02	2,5%
NO DRY	3,765e-02	3,5%	4,581e-02	3,7%	8,019e-02	2,5%
NO WET	0,000e+00	0,0%	0,000e+00	0,0%	0,000e+00	0,0%
NO2 J00	2,432e-01	2,7%	2,568e-01	2,3%	4,881e-01	1,9%
NO2 DEP	2,162e-01	3,5%	2,638e-01	3,7%	4,252e-01	2,5%
NO2 DRY	2,162e-01	3,5%	2,638e-01	3,7%	4,252e-01	2,5%
NO2 WET	6,202e-06	1,4%	1,079e-05	1,1%	2,615e-05	0,8%
NO2 J00	2,383e-01	2,7%	2,892e-01	2,3%	4,483e-01	1,9%
NO2 DEP	1,908e+00	2,9%	1,052e+00	2,7%	2,568e+00	2,8%
NO2 DRY	2,743e-04	3,4%	3,029e-04	3,7%	4,532e-04	2,6%
PM DEP	7,531e-06	1,2%	1,301e-05	1,0%	3,160e-05	0,7%
PM WET	7,531e-06	1,2%	1,301e-05	1,0%	3,160e-05	0,7%
PM J00	3,458e-01	2,7%	4,305e-01	2,4%	6,275e-01	2,0%
PM25 J00	5,294e-02	2,7%	6,443e-02	2,3%	1,039e-01	1,9%

YD	4604	5217	5242				
YD	1,5	1,5	1,5				
BZL J00	0,01	2,7%	0,02	2,3%	0,02	1,8%	µg/m³
NO DEP	2,271e-01	3,5%	2,716e-01	3,0%	4,108e-01	2,5%	kg/(ha*a)
NO DRY	2,271e-01	3,5%	2,716e-01	3,0%	4,108e-01	2,5%	kg/(ha*a)
NO WET	0,000e+00	0,0%	0,000e+00	0,0%	0,000e+00	0,0%	kg/(ha*a)
NO J00	1,375e+00	2,7%	1,711e+00	2,2%	2,517e+00	1,8%	µg/m³
NO2 DEP	4,354e+00	3,4%	5,462e+00	3,0%	7,899e+00	2,4%	kg/(ha*a)
NO2 DRY	4,354e+00	3,4%	5,462e+00	3,0%	7,899e+00	2,4%	kg/(ha*a)
NO2 WET	0,000e+00	0,0%	0,000e+00	0,0%	0,000e+00	0,0%	kg/(ha*a)
NO2 J00	4,266e+00	2,6%	5,316e+00	2,2%	8,154e+00	1,8%	µg/m³
NOX J00	9,279e+00	2,7%	1,135e+01	2,3%	1,666e+01	1,8%	µg/m³
PM DEP	1,366e-04	3,4%	1,688e-04	3,0%	2,310e-04	2,3%	g/(m³*d)
PM DRY	1,334e-04	3,5%	1,631e-04	3,1%	2,185e-04	2,5%	g/(m³*d)
PM WET	3,245e-06	1,1%	5,692e-06	0,9%	1,242e-05	0,7%	g/(m³*d)
PM J00	3,645e-01	2,7%	4,553e-01	2,3%	6,335e-01	1,8%	µg/m³
PM25 J00	2,333e-01	2,7%	2,883e-01	2,2%	4,169e-01	1,8%	µg/m³