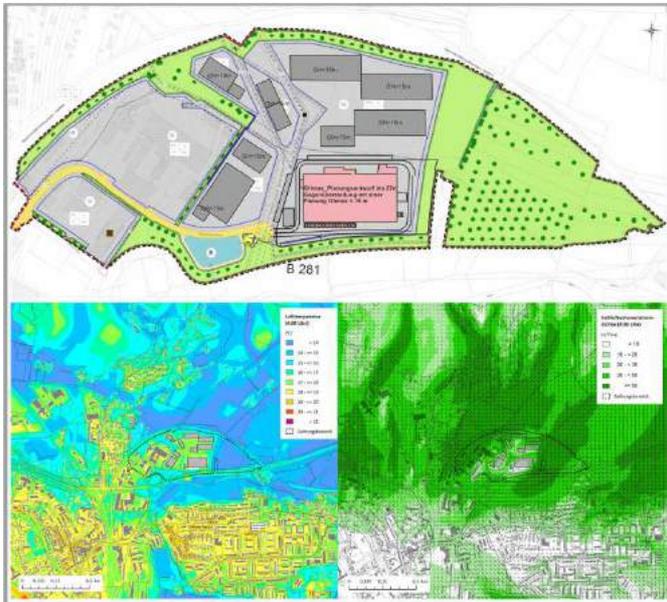


Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“, 1. Änderung Saalfeld/Saale



Auftraggeber:

Stadtverwaltung Saalfeld
Stadtplanungsamt
Markt 1
07318 Saalfeld/Saale



ÖKOPLANA

ÖKOPLANA

Seckenheimer Hauptstraße 98
68239 Mannheim
Tel.: (0621) 474626
www.oekoplana.de



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Tel.: (0511) 3887200
www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. G. Groß
Anerkannt beratender Meteorologe (DMG) /
Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen
und Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Inhalt		Seite
1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
2	Planungsgebiet und Planungsentwurf	2
3	Untersuchungsmethodik	3
4	Klimaökologische Grundlagen	6
5	Klimaökologische Funktionsabläufe	8
5.1	Allgemeine klimatische Bedingungen in Saalfeld/Saale	8
5.2	Lokalklimatische Gegebenheiten im Bebauungsplan- gebiet Nr. 36a „Gewerbegebiet am Bahnbogen“ und in dessen Umfeld	10
5.3	Lufthygienische Verhältnisse in Saalfeld/Saale	11
6	Klimaökologische Auswirkungen des geplanten Bau- vorhabens im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbe- gebiet Am Bahnbogen“ 1. Änderung am Planungsstandort und in dessen Umfeld	14
6.1	Klimaökologische Situation bei der Nullvariante	15
6.1	Klimaökologische Situation bei der Nullvariante	15
6.1.1	Bodennahes nächtliches Temperaturfeld	15
6.1.2	Humanbioklimatische Situation am Tag	17
6.1.3	Kaltluftprozessgeschehen	19
6.2	Veränderung der klimaökologischen Situation bei Realisierung der Planungsvariante	23
7	Abschließende Zusammenfassung, Bewertung und Planungsempfehlungen	24
	Literaturverzeichnis / weiterführend Schriften	28
	Glossar	30

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Lage des Planungsstandorts im Stadtgebiet von Saalfeld/Saale
- Abb. 2.1:** Rechtskräftiger Bebauungsplan Nr. 36 „Industriegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“, Stand 04.04.2006
- Abb. 2.2:** Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung – fotografische Dokumentation
- Abb. 3:** Bebauungsplan Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“ 1. Änderung. Stand 11.02.2019
- Abb. 4:** Planungsentwurf für den Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen im Gewann „Obere Weira“ - Lageplan
- Abb. 5.1:** Planungsentwurf für den Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen im Gewann „Obere Weira“ – Ansichten Norden und Süden
- Abb. 5.2:** Planungsentwurf für den Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen im Gewann „Obere Weira“ – Ansichten Osten und Westen
- Abb. 6:** Klimabewertungsplan Saalfeld, Stand 1999
- Abb. 7:** Potenzielle Baustrukturen im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung als Grundlagen für klimaökologische Modellrechnungen
- Abb. 8:** Reliefsituation im Modellgebiet
- Abb. 9:** Nullvariante, Lufttemperaturverteilung 2 m ü.G. in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr
- Abb. 10:** Nullvariante, PET-Werte 2 m ü.G. an einem Sommertag, Zeitpunkt: 14:00 Uhr
- Abb. 11:** Nullvariante, Kaltluftbewegungen 2 m ü.G. in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr
- Abb. 12:** Nullvariante, Kaltluftvolumenstromdichte 2 m ü.G. in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr
- Abb. 13:** Veränderung der Kaltluftströmungsgeschwindigkeit durch die Planungsvariante gegenüber der Nullvariante in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr
- Abb. 14:** Veränderung der Kaltluftvolumenstromdichte durch die Planungsvariante gegenüber der Nullvariante in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr

1 Einleitung und Aufgabenstellung

In Nordosten von Saalfeld/Saale ist im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung im Bereich des Gewanns Obere Weira der Bau einer neuen Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos sowie Sozialräumen geplant. Ergänzend soll zudem ein Bürogebäude entstehen (Lage siehe **Abbildung 1**). Die max. Gebäudehöhe der langgestreckten Gewerbehalle beträgt ca. 27 m zzgl. Dachaufbauten.

Der rechtskräftige Bebauungsplan Nr. 36 von 2006 (**Abbildung 2**) setzt am Planungsstandort eine max. Gebäudehöhe von 15.0 m fest, so dass eine Bebauungsplanänderung angestrebt wird.

Wie vorliegende Ergebnisse von Klimauntersuchungen des Büros TARAXACUM (1995A und 1995B) aufzeigen, fungiert der bislang unbebaute Planungsstandort als örtliche Kaltluftproduktionsfläche und als Teil einer regional/lokal bedeutsamen Luftleitbahn am Übergang des Weiratal in das Saaletal. Aufgrund der nur recht schwachen Belüftungsintensität in den Talzonen von Saalfeld/Saale ist derartigen klimaökologischen Ausgleichsräumen bei Flächenumwidmungen bzw. Bebauungsplanänderungen erhöhte siedlungsklimatische Bedeutung beizumessen.

Im Rahmen der Klimaexpertise ist daher zu prüfen, ob die angestrebten vergrößerten Baukörperhöhen im Vergleich zu einer Bebauung entsprechend den Festsetzungen im rechtskräftigen Bebauungsplan die örtlichen klimaökologischen Funktionsabläufe gravierend beeinträchtigen bzw. inwieweit durch zusätzliche planerische Maßnahmen (z.B. zusätzliche Schaffung bzw. Aufweitung von Ventilationsbahnen) die strömungsdynamischen / thermischen Negativeffekte aufgefangen werden können.

Die vertiefende Klimaanalyse erfolgt auf Grundlage numerischer Modellrechnungen. Zur flächendeckenden Darstellung der lokalen klimaökologischen Prozesse findet das anerkannte Klimamodell FITNAH-3d Anwendung.

Dabei stehen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Welche klimaökologische Funktion besitzt das Planungsgebiet und dessen Umfeld im stadtklimatischen Wirkungsgefüge von Saalfeld/Saale?
Die Schwerpunktsetzung liegt dabei auf dem nächtlichen Kaltfluthaushalt und der bioklimatischen Belastung am Tag und in der Nacht.
- Welche klimaökologischen Optimierungsmaßnahmen können ggf. nachteilige Effekte der geplanten Neubebauung auf den örtlichen Kaltfluthaushalt und die lokale mindern oder ausgleichen?

Mit dem Klimagutachten wird den Forderungen des BauGB und des BNatSchG Rechnung getragen. So formuliert bspw. § 1 Abs. 3 (4) des BNatSchG, dass *zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes insbesondere (...) Luft und Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu schützen sind. Dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer oder klimatischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen;.....*

2 Planungsgebiet und Planungsentwurf

Das Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung (**Abbildung 2**) befindet sich im Nordosten von Saalfeld/Saale im Weiratal.

Das ca. 23 ha große Areal wird im Norden durch den Bahnbogen (Trasse 6383 Leipzig - Probstzella) und im Süden durch die B 281 eingerahmt.

Das Gelände steigt von der Industriestraße/Paul-Auerbach-Straße im Westen (ca. 214 m ü. NHN) bis zur Bahntrasse im Nordosten (ca. 235 m ü. NHN) um ca. 16 m an.

Nördlich des Bebauungsplangebiets ist ein Anstieg des Geländes bis zum Heiligenberg auf ca. 387 m ü. NHN zu verzeichnen.

Bislang sind nur die westlichen Teilbereiche des Bebauungsplangebiets bebaut. Entsprechend den Festsetzungen sind in den GI-Gebieten max. Gebäudehöhen von 15.0 m möglich. Im GE-Gebiet westlich der Paul-Auerbach-Straße liegt die max. Gebäudehöhe bei 10.0 m. Die GRZ ist jeweils auf 0.7 festgesetzt.

Zur grünordnerischen Einbindung des Bebauungsplangebiets in das Umfeld sind entlang der B 281 und der Bahntrasse 6305 Großheringen – Saalfeld öffentliche Grünstreifen gesichert. Eine großzügige öffentliche Grünfläche östlich des Planungsteilbereichs GI 4 soll u.a. Kaltluftabflüsse vom Eichental in Richtung Weiratal unterstützen.

Wie in Kap. 1 bereits angeführt, ist im Gewann Obere Weira der Bau einer neuen Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos sowie Sozialräumen geplant (**Abbildung 4**). Ergänzend ist im südwestlichen Teilbereich ein Bürogebäude angedacht. Der ca. 135 m lange und ca. 70 m breite Baukomplex weist eine max. Gebäudehöhe von ca. 27.0 m auf (**Abbildungen 5.1 und 5.2**).

Die Anbindung des Planungsstandorts an das Straßennetz erfolgt über die Paul-Auerbach-Straße.

Da der Planungsentwurf eine allseitige Umfahrung der Produktions- und Lagerhalle vorsieht, soll das Baufeld GI 4 im Südosten in Richtung Osten ausgedehnt werden. Als Ausgleich ist im Nordosten eine Verbreiterung der Grünfläche nach Westen (Flächenäquivalent) vorgesehen – siehe **Abbildung 3**.

Das geplante Bürogebäude im Südwesten weist eine Grundfläche von ca. 26 m x 16 m auf.

Die erforderlichen Kfz-Stellplätze (ca. 64) sind am Nord- und Westrand des Planungsstandorts platziert.

3 Untersuchungsmethodik

Zur Beurteilung der kleinklimatischen Situation und zur Erarbeitung klimatisch relevanter Planungsempfehlungen erfolgt zunächst eine Bestandsaufnahme der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe. Hierbei wird auf die Ausarbeitungen zur „Klimaanalyse Saalfeld/Saale“ und zur „Stadtklimatischen Expertise Saalfeld-Nord“ (TARAXACUM 1995A und 1995B) zurückgegriffen. Weitere Informationen werden Veröffentlichungen der THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, REFERAT 44 – KLIMAAGENTUR entnommen.

In weiteren Analyseschritten werden modellgestützt die Auswirkungen der geplanten baulichen Neustrukturierung im Bereich des Planungsstandorts auf die lokalen Kaltluft- / Frischluftbewegungen und die thermischen Umgebungsbedingungen untersucht. Als Ausgangszustand (Nullvariante) wird den klimaökologischen Modellrechnungen eine mögliche Bebauung nach aktuellen Bebauungsplanfestsetzungen zu Grunde gelegt. Die Planungsvariante bildet die klimaökologischen Folgeerscheinungen des vorgelegten Planungsentwurfs mit einer max. Gebäudehöhe von 27 m ab. Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind dabei wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird.

Eine wichtige Modelleingangsgröße stellt zudem die Höhe der Baustrukturen dar, welche einen maßgeblichen Einfluss auf das lokale Windfeld ausübt. Hierfür wurden vom Auftraggeber die Gebäudegeometrien zur Verfügung gestellt.

Abschließend erfolgt auf Grundlage der klimaökologischen Analysen eine Bewertung.

Die Modellsimulationen werden mit dem anerkannten Klimamodell FITNAH-3d durchgeführt. Die Verteilung lokalklimatisch relevanter Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich. Stadtklimamodelle wie FITNAH-3d können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen und Wind- bzw. Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Die Modelle basieren daher, genauso wie Wettervorhersage- und Klimamodelle, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (*Navier-Stokes Bewegungsgleichung*), der Massenerhaltung (*Kontinuitätsgleichung*) und der Energieerhaltung (*1. Hauptsatz der Thermodynamik*).

Die Lösung der Gleichungssysteme erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom jeweiligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst. Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH-3d verwendete horizontale räumliche Maschenweite 10 m. Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m über Grund (ü.G.). Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3.000 m ü.G.

In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind.

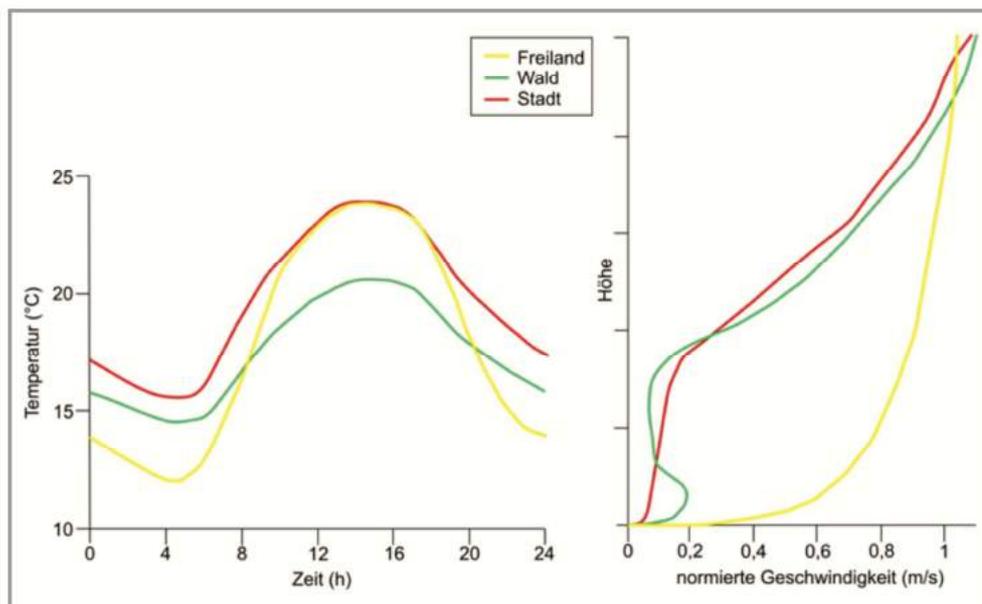
Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m ü. G. = Aufenthaltsbereich der Menschen).

Die durchgeführten numerischen Simulationen mit FITNAH-3d legt eine stadtklimatisch besonders relevante autochthone Wetterlage zugrunde. Diese wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, sodass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt besonders gut ausprägen. Entsprechend wurden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen folgendermaßen festgelegt:

- ◆ Relative Feuchte der Luftmasse 50 %
- ◆ Bedeckungsgrad 0/8
- ◆ Kein überlagernder geostrophischer Wind

Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten während der austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftschicht. Bei gleichzeitig hoher Ein- und Ausstrahlung können sich somit lokal bioklimatische Belastungsräume ausbilden (Darstellung eines *Worst Case*-Szenarios). Charakteristisch für diese (Hochdruck-)Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden.

In **Grafik 1** sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass unversiegelte Freiflächen wie z.B. Wiesen und bebaute Flächen ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, während die nächtliche Abkühlung über Siedlungsflächen vor allem durch die Wärme speichernden Materialien deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird die Hinderniswirkung von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.



Grafik 1: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen

4 Klimaökologische Grundlagen

Städte / Siedlungen weisen im Vergleich zu den unbesiedelten Umlandbereichen im Regelfall eine Überwärmung auf. Dies wird dadurch hervorgerufen, dass tagsüber durch die Sonneneinstrahlung eine Aufheizung befestigter Flächen (Straßen, Gebäude) erfolgt. Nächtliche Abkühlungsphasen greifen hier nur unzureichend durch, da die überbauten Flächen in der Regel eine hohe Wärmekapazität, d.h. eine hohe Wärmespeicherfähigkeit besitzen. Bei der städtischen Überwärmung spricht man auch von „Wärmeinsel“. Die Luftqualität ist zudem durch Abgase aus Industrie/Gewerbe, Verkehr und Hausbrand belastet.

Bei Wetterlagen mit intensiver Höhenströmung (z.B. Nichtstrahlungswetterlagen) werden freigesetzte Wärmemengen und Abgase effizient abgeführt. Bei austauscharmen Wetterlagen (windschwache Strahlungswetterlagen) findet dieser Austausch hingegen auf einem deutlich geringeren Niveau statt und es kommt in der Folge, insbesondere in den Sommermonaten, zu deutlich erhöhten Lufttemperaturen.

Als Folge der bebauungsbedingten Überwärmung entwickeln sich in flachem Gelände nach Sonnenuntergang über Siedlungsgebieten thermische Auftriebsströmungen, die warme (leichtere) Luftmassen in höhere atmosphärische Schichten befördern. Die aufsteigende Luft zieht bodennah kühlere Luft aus dem Umland nach und es kommt zu einer Art thermisch induzierter Belüftung des Stadtgebietes (→ Flurwinde).

In reliefiertem Gelände (Hang- und Tallagen → Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung) kann die abendliche Abkühlung vergleichsweise intensiv vonstattengehen, wenn von den umgebenden Berghängen bodennah Kaltluft zuströmen kann. Voraussetzung ist eine Hangneigung von $\geq 1^\circ$. Aufgrund der vergleichsweise höheren Dichte von Kaltluft setzt sie sich dem Gefälle folgend hangabwärts in Bewegung.

Tabelle 1 vermittelt einen Eindruck von den Kaltluftproduktionsraten unterschiedlicher Flächennutzungen.

Landnutzung	Kaltluftproduktionsrate $\text{m}^3/(\text{m}^2\text{s})$	Kälteproduktionsrate W/m^2
Grünland, Ackerland	15 – 20	30
Wald	12 – 15	17 (über ebenem Gelände)
Gartenbau, Mischflächen	10 – 15	24
Siedlungsgebiete	1	0 – 8 (dichte – lockere Bebauung)
Wasseroberflächen	0	0 - -6 (flache – tiefe Gewässer)

Tabelle 1: Zuordnung von typischen Kaltluft- bzw. Kälteproduktionsraten ausgewählter Landnutzungen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2013)

Voraussetzung für eine möglichst effektive klimaökologische Ausgleichsleistung durch tal- bzw. hangspezifische Kaltluftabflüsse ist eine ausreichende Größe des Kaltlufteinzugsgebietes, so dass die resultierenden Kaltluftmengen siedlungsklimatisch überhaupt von Relevanz sind.

Die o.a. Aspekte des Stadt-/Siedlungsklimas verdeutlichen, dass dessen Berücksichtigung in der Stadtplanung eine detaillierte Kenntnis der Wechselwirkungsprozesse zwischen städtischen Faktoren und der Atmosphäre erfordert. Erst hierdurch können lokale Potenziale zur Verbesserung der bioklimatischen

Steuerungs- und Sicherungsinstrumente können u.a. das Baugesetzbuch (BauGB), das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) sowie verschiedenste Fachpläne (z.B. Flächennutzungsplan, Bebauungsplan, Landschaftsplan und Grünordnungsplan) sein.

5 Klimaökologische Funktionsabläufe

5.1 Allgemeine klimatische Bedingungen in Saalfeld/Saale

Die lokalklimatische Situation in Saalfeld/Saale mit dem Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung wird wesentlich durch die Tallage (Saale / Weira) geprägt. Wie der *Stadtklimatischen Expertise Saalfeld-Nord* von 1995 (TARAXACUM 1995B) zu entnehmen ist, zeichnet sich das Stadtgebiet durch eine nur geringe Durchlüftungsintensität aus. Der Windgeschwindigkeitskarte des DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (DWD 2009) für den Datenzeitraum 1981 – 2000 kann entnommen werden, dass im Stadtzentrum von Saalfeld/Saale im Jahresmittel nur mittlere Windgeschwindigkeiten unter 2.0 m/s zu erwarten sind. Etwas günstiger ist die Situation im Bebauungsplangebiet nördlich der Weira. In freien Lagen sind dort mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten von ca. 2.2 – 2.5 m/s zu bestimmen. Mit einer ausreichenden weiträumigen Durchlüftung innerhalb von Stadtgebieten ist im Allgemeinen erst bei Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s zu rechnen. Luftströmungen mit Geschwindigkeiten unter 3.0 m/s dringen zwar in die Bebauung ein, greifen dort je nach Bebauungsdichte auch bis zum Boden hin durch, können aber die mit lokalen Eigenschaften behaftete Luft (z.B. Wärme, Luftschadstoffe) nicht vollständig ausräumen.

Im Planungsgebiet herrscht somit im Jahresmittel nur eine mäßige Durchlüftung vor, die bei sogenannten Strahlungswetterlagen in den Nachtstunden durch Talinversionen mit eingeschränktem vertikalen Luftaustausch noch weiter reduziert ist.

Die Windrichtungsverteilungskarte im Regionalen Klimainformationssystem für Thüringen (ReKIS) zeigt, dass in Saalfeld im Stadtzentrum sowie am Planungsstandort im Allgemeinen südliche bis westsüdwestliche Windrichtungen vorherrschen. Ein Sekundärmaximum liegt bei Nordostwinden.

Die Jahresmitteltemperatur¹ beträgt im 30-jährigen Mittel (1981 – 2010) ca. 7.3°C und ist damit ca. 2.0°C niedriger als in der Landeshauptstadt Erfurt.

Die mittleren Sommertemperaturen erreichen Werte um ca. 15.7°C, die mittleren Wintertemperaturen liegen bei ca. -1.1°C.

Die Anzahl bioklimatisch belastender Sommertage ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) und heißer Tage ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) beträgt im 30-jährigen Mittel ca. 48 Tage bzw. ca. 7 Tage.

Die Jahressumme des Niederschlags beträgt im Raum Saalfeld ca. 611 mm, wobei die Monate Juni und Juli im Allgemeinen die größten Niederschlagshöhen aufweisen. In diesen Monaten kommt es durch die hohe Einstrahlungsintensität und die daraus folgende Konvektion mit Wolkenbildung verstärkt zu Schauern und Gewittern.

Mittelfristige Prognosen deuten darauf hin, dass die sommerliche Wärmebelastung (→ Häufung sommerlicher Hitzeperioden) im Zuge des globalen Klimawandels im Raum Saalfeld/Saale deutlich zunehmen wird.

Entsprechend den Prognosen des am POTSDAM INSTITUT FÜR KLIMAFOLGENFORSCHUNG (www.klimafolgenonline.com) entwickelten regionalen Klimamodells „STAR“ ist in Saalfeld/Saale im Zeitraum 2041 - 2070 mit ca. 5 zusätzlichen heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) und ca. 24 zusätzlichen Sommertagen ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) zu rechnen. Der Projektion liegt das Antriebsszenario RCP8.5 (mittlere Temperaturzunahme) zugrunde, das hohe zukünftige Treibhausgasemissionen berücksichtigt.

Um der klimawandelbedingten Zunahme der sommerlichen Wärmebelastung entgegenzusteuern, berücksichtigen zahlreiche deutsche Städte in ihren Planungsprozessen zur Stadtentwicklung klimawirksame Sicherungs- bzw. Ausgleichsmaßnahmen. Hierzu zählen u.a.:

- Sicherung von ausreichend dimensionierten Frisch- und Kaltluftentstehungsgebieten.
- Gewährleistung einer ausreichenden Durch- bzw. Belüftung der Siedlungsstrukturen durch bauleitplanerische Festsetzungen (u.a. Maß der baulichen Nutzung, Baulinien und Baugrenzen, kleinräumig wirksame Ventilationsbahnen, Verwendung heller Baumaterialien).

¹ **Datenquelle:** www.klimafolgenonline.com

- Vernetzung von Grünflächen.
- Maßnahmen zur Flächenentsiegelung, zur Begrünung (Verschattung) von Straßenzügen und Freiflächen.
- Förderung von Dach- und Fassadenbegrünungen.
- Erhalt / Schaffung offener Wasserflächen.

- Optimierung der Gebäudeausrichtung bzgl. Windfeld und Sonneneinstrahlung.

5.2 Lokalklimatische Gegebenheiten im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung und in dessen Umfeld

Zur Beschreibung der lokalklimatischen Situation im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung kann auf die Erkenntnisse aus der *Klimaanalyse Stadt Saalfeld/Saale* (TARAXACUM 1995A) zurückgegriffen werden.

Wie der Klimabewertungsplan Saalfeld (**Abbildung 6**) zeigt, ist das Gewerbegebiet im bereits bebauten westlichen Teilareal als gemäßigter städtischer Überwärmungsbereich einzustufen. Durch die klimaökologische Ausgleichsleistung (Kalt- und Frischluftzufuhr) der nördlich und östlich angrenzenden Freiräume (Heiligenberg/Eichental und Weiratal) bleibt die sommerliche Überwärmung begrenzt. Auch das zur Zeit noch unbebaute östliche Bebauungsplanteilgebiet profitiert von diesen Gunsteffekten. Es ist im Klimabewertungsplan als klimatische Mischung- bzw. Pufferzone ausgewiesen. Die Freiflächen fungieren zudem als Ventilationsachse, über welcher am Tag der Höhenwind bodennah durchgreifen kann und die mit Wärme und Luftschadstoffen belasteten bodennahen Luftmassen vermehrt ausräumt.

Die vom Weiratal und den nördlichen Hangbereichen ausgehenden klimaökologischen Ausgleichsleistungen in Richtung Altsaalfeld werden durch die Barrierewirkung der bereits realisierten Baukörper im Bebauungsplangebiet Nr. 36 und des Brückenbauwerks bzw. der Brückenauffahrt zur B 281 geschwächt. Dies ist in der Klimabewertungskarte bereits kenntlich gemacht.

5.3 Lufthygienische Verhältnisse in Saalfeld/Saale

Zur Charakterisierung der lufthygienischen Verhältnisse in Saalfeld/Saale kann auf die Daten des Luftmessnetzes der THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE zurückgegriffen werden.

In Saalfeld/Saale wird aktuell die Luftmessstation Pöbnecker Straße (siehe **Foto 1**) betrieben. Sie befindet sich auf dem Parkplatz der Agentur für Arbeit Saalfeld zwischen Bahnhofstraße im Süden und Pöbnecker Straße im Norden.



Foto 1: Luftmessstation Pöbnecker Str. (Foto: ÖKOPLANA 2019)

Daneben wurden in den letzten Jahren im Bereich Friedensstraße 30 mittels Passivsammler Stickstoffdioxid-Immissionen erfasst.

Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte werden in der 39. BImSchV (2010) – **Tabelle 2** – definiert. Die Grenzwerte dienen gemäß EU-Richtlinie und nationalem Recht dem Schutz der menschlichen Gesundheit.

Die Grenzwerte müssen auch in unmittelbarer Straßennähe sehr kleinräumig eingehalten werden, wenn in den anliegenden Häusern Menschen wohnen oder arbeiten.

Luftschadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeitwert
NO ₂	Grenzwert	40	200 (Stundenwert, max. 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert	40	50 (Tagesmittel, max. 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert	25	

Tabelle 2: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

Die vorliegende Auswertung des Messergebnisses von 2018 (www.tlug-jena.de) zeigt, dass am Messstandort Pöbnecker Straße ein NO₂-Jahresmittelwert von 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wird. Der Grenzwert von 40,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird nur zu 35% erreicht. Auch der Kurzzeitgrenzwert ist eingehalten. 2017 wurden vergleichbare Werte ermittelt.

An der Verkehrsstation Friedensstraße 30 liegt der NO₂-Jahresmittelwert 2018 bei 33,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 83% des Grenzwerts). 2017 zeigte sich ein Jahresmittelwert von 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der PM10-Jahresmittelwert am Messstandort Pöbnecker Straße beträgt im Jahr 2018 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Der Grenzwert von 40,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird sicher eingehalten. Auch der Kurzzeitgrenzwert wird nicht überschritten. Der Kurzzeitgrenzwert von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zeigt eine 5-malige Überschreitung. Erlaubt sind 35 Überschreitungen im Kalenderjahr. Im Jahr 2017 betrug der PM10-Jahresmittelwert 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6-malige Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwerts).

PM2.5-Messungen werden in Saalfeld/Saale nicht durchgeführt.

Nach CAFE (2004) zeigen europaweite Messungen ein relativ einheitliches Bild für das Verhältnis von PM2.5 zu PM10. Dieses liegt in städtischen Bereichen bei ca. 0,7. Demnach ist in Saalfeld/Saale im Bereich der Luftmessstation Pöbnecker Straße mit einem potenziellen PM2.5-Jahresmittelwert (2018) von ca. 12 – 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu rechnen. Der Grenzwert von 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird zu ca. 48 – 52% erreicht.

Zur allgemeinen Bewertung der lufthygienischen Verhältnisse kann die Einstufung von Schadstoffimmissionen durch die LUBW Baden-Württemberg herangezogen werden (vgl. **Tabelle 3**).

Immissionen in % der jeweiligen Grenzwerte	Bewertung
bis 10%	sehr niedrige Konzentration
> 10% bis 25%	niedrige Konzentration
> 25% bis 50%	mittlere Konzentration
> 50% bis 75%	leicht erhöhte Konzentration
> 75% bis 90%	erhöhte Konzentration
> 90% bis 100%	hohe Konzentration
> 100% bis 110%	geringfügige Überschreitungen
> 110% bis 150%	deutliche Überschreitungen
> 150%	hohe Überschreitungen

Tabelle 3: Bewertung von Immissionen nach LUBW Baden-Württemberg (1993)

Die Luftmessdaten zeigen, dass sich die NO₂-Immissionen in Saalfeld, abhängig von der Lage zu vielbefahrenen Straßen im Bereich zwischen mittlerer und erhöhter Konzentration bewegen.

Die PM₁₀-Immissionen sind als mittlere Konzentration und die potenziellen PM_{2.5}-Immissionen als mittlere bis leicht erhöhte Konzentration einzustufen.

Da die Immissionsbelastung sehr stark von der Belüftungsintensität abhängig ist, sollte bei allen städtebaulichen Planungen darauf geachtet werden, dass insbesondere entlang von Hauptverkehrsachsen ein ausreichender bodennaher Luftaustausch gewährleistet bleibt.

6 Klimaökologische Auswirkungen des geplanten Bauvorhabens im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung am Planungsstandort und in dessen Umfeld

Wie in Kap. 2 bereits angeführt, ist im Gewann Obere Weira der Bau einer neuen Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos sowie Sozialräumen geplant. Ergänzend ist im südwestlichen Teilbereich ein Bürogebäude angedacht. Der ca. 135 m lange und ca. 70 m breite Baukomplex weist eine max. Gebäudehöhe von ca. 27.0 m auf und überschreitet somit die bisherige Festsetzung „max. Gebäudehöhe 15 m“.

Zur Bestimmung der klimaökologischen Folgeerscheinungen der größeren max. Gebäudehöhe werden komplexe Modellrechnungen durchgeführt, deren Ergebnisse nachfolgend erläutert und bewertet werden. Im Vordergrund steht dabei das bodennahe Kalt- und Frischluftgeschehen.

Die Modellierung wird, wie in Kap. 3 beschrieben, mit dem Strömungs- und Klimamodell FITNAH-3d durchgeführt. Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 10 m x 10 m, wobei die durch das Landesprogramm „Offene Geodaten“ auf dem Geoportal Thüringen zur Verfügung gestellten Daten eingesetzt wurden (TLBG 2019). Verwendet wurden das Digitale Geländemodell (DGM2), das Digitale Oberflächenmodell (DOM1), der Nutzungslayer des ALKIS, das Gebäudemodell (LoD1) sowie die Digitalen Orthofotos (DOP20). Die Nutzungskonstellation für den Bebauungsplan Nr. 36 wurde den mit dem Auftraggeber abgestimmten Planunterlagen entnommen (**Abbildung 7**).

Bei der **Nullvariante** wird davon ausgegangen, dass alle Baufelder im Bebauungsplangebiet entsprechend der **Abbildung 7** belegt sind. Im Bereich Obere Weira wird von einer max. Gebäudehöhe von 15 m ausgegangen, wobei die Gebädekubaturen der angedachten Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos entsprechen. Bei der **Planungsvariante** findet der vorgelegte Planungsentwurf mit max. Gebäudehöhen bis 27 m Beachtung.

Das gesamte Rechengebiet hat bei einer Abmessung von etwa 3 km x 3 km (inkl. Randzellen) eine Fläche von gut 900 ha. Es gehört zum nordöstlichen Stadtgebiet von Saalfeld/Saale und überdeckt – größtenteils im Weiratal gelegen – Teile von Gorndorf und Altsaalfeld. Der „Bahnbogen“ wird durch die Bahntrasse 6383 Leipzig - Probstzella und die Bundesstraße B 281 abgegrenzt.

Die Reliefsituation mit dem nach Norden ansteigenden Gelände kann der **Abbildung 8** entnommen werden.

6.1 Klimaökologische Situation bei der Nullvariante

Im Folgenden werden die rasterbasierten Modellergebnisse der Parameter Lufttemperatur, bodennahes Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftvolumenstrom (Nachtsituation) sowie Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET; Tagsituation) beschrieben. Sie basieren auf einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungswetterlage (vgl. Kap. 3). Die Ergebnisse gelten für den Aufenthaltsbereich des Menschen (in 2 m ü. G.) und betrachten die Zeitpunkte 04:00 Uhr für die Nachtsituation (maximale Abkühlung) sowie 14:00 Uhr für die Tagsituation (maximale Einstrahlung).

6.1.1 Bodennahes nächtliches Temperaturfeld

Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt daher in der Regel einen ausgeprägten Abfall während der Abend- und Nachtstunden. Dieser erreicht kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages ein Maximum. Das Ausmaß der Abkühlung kann dabei – je nach den meteorologischen Verhältnissen, der Lage des Standorts und den landnutzungsabhängigen physikalischen Boden- und Oberflächeneigenschaften – große Unterschiede aufweisen, so dass sich bereits auf kleinem Raum ein differenziertes Temperaturfeld mit mehr als 7 K Temperaturabweichung einstellen kann. Besonders auffällig dabei ist das thermische Sonderklima der Siedlungsräume. Die in Städten gegenüber dem Umland modifizierten klimatischen Verhältnisse lassen sich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen. Hierzu gehören:

- die erhöhte Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der Boden- und Oberflächeneigenschaften,
- die durch die Geometrie der städtischen Baukörper vergrößerte strahlungsabsorbierende Oberfläche,
- die herabgesetzte Verdunstung durch die direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation oder die Vorflut,
- die über die vermehrte Emission von Gasen und Aerosolen zugunsten eines langwelligen Strahlungsgewinns veränderte Strahlungsbilanz (lokaler Treibhauseffekt),

- die Wirkung der Stadt als Strömungshindernis mit hoher aerodynamischen Rauigkeit und die damit verbundene Behinderung der Durchlüftung und des Luftaustausches mit dem Umland und
- die erhöhte anthropogen bedingte Wärmeproduktion.

Damit ist das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich vor allem abhängig von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung.

Doch auch die Luftvolumina über grünteprägt Flächen weisen untereinander keinen einheitlichen Wärmezustand auf. Die Abkühlungsrate von natürlichen Oberflächen wird insbesondere von ihren thermischen Bodeneigenschaften (u.a. ihrer Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität) sowie von eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen (Bewuchs, Laubstreu usw.) bestimmt. Das Relief (Exposition, Geländeneigung) und die Lage im Mosaik der Nutzungen und ihrer dynamischen Luftaustauschprozesse üben einen weiteren Einfluss aus.

Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte, insgesamt vermittelnde Tagesgang der Temperatur im Wald beruht zu einem großen Teil auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete sind wichtige Frischluftproduktionsgebiete, wobei hier sauerstoffreiche, staubfreie und wenig belastete Luft entsteht. Während tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ niedrige Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit im Stammraum vorherrschen, treten nachts, im Vergleich zu nicht mit Gehölz bestandenen Grünflächen, eher milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können daher auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen.

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen humanbioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung und Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen.

Abbildung 9 dokumentiert für die Nullvariante (max. GH am Planungsstandort 15 m) die Lufttemperaturverteilung gegen 04:00 Uhr.

Im Bebauungsplangebiet Nr. 36 werden in den potenziell überbauten Randbereichen im Osten Lufttemperaturen von ca. 17 – 18 °C simuliert, wohingegen in den bereits heute überbauten Flächen in der Paul-Auerbach-Straße und Industriestraße stellenweise Lufttemperaturen bis über 19°C anzutreffen sind.

Hier machen sich insbesondere großflächig versiegelte Stellplatzflächen thermisch negativ bemerkbar.

An den östlichen Randbereichen sorgt der Zustrom von Kaltluft aus der nördlichen Hangzone (Eichental) für eine Intensivierung der nächtlichen Abkühlung.

In Altsaalfeld und im Stadtteil Gorndorf zeigen sich großflächig Lufttemperaturen von ca. 18 – 20°C. Sie profitieren von den Kaltluftbewegungen über das Saale- bzw. Weiratal und den bebauungsinternen Grünflächen/Hausgärten.

Die Simulationsberechnung ergibt, dass kein Zusammenschluss der „Wärmeinseln“ Altsaalfeld, Gorndorf und Bebauungsplangebiet Nr. 36 zu erwarten ist.

Insgesamt bilden die Berechnungen näherungsweise die in **Abbildung 6** (Klimabewertungskarte) skizzierte thermische Einstufung der einzelnen Stadtteile ab.

6.1.2 Humanbioklimatische Situation am Tag

Der bioklimatischen Belastungssituation in den Nachtstunden kommt eine besondere Bedeutung zu, weil ein erholsamer Schlaf nur bei ausgewogenen thermischen Bedingungen möglich ist. Doch auch am Tage können bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen starke thermophysiologische Belastungen auftreten. Hierfür ist, neben dem generell hohen Temperaturniveau, insbesondere die strahlungsbedingte Aufheizung städtischer Oberflächen in Verbindung mit ihrer erhöhten Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit verantwortlich. Maßnahmen zur Reduktion dieser Aufheizung – also im Allgemeinen zur Verringerung der Oberflächen- und Lufttemperatur durch verstärkte Beschattung und eine Erhöhung der Evapotranspiration – wirken sich häufig auch positiv auf die lokalen nächtlichen Bedingungen aus.

Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander, sondern in biometeorologischen Wirkungskomplexen auf das Wohlbefinden des Menschen ein. Zur Bewertung werden Indizes (Kenngrößen) verwendet, die Aussagen zur Lufttemperatur und Luftfeuchte, zur Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren.

Wärmehaushaltsmodelle berechnen den Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung und können so die Wärmebelastung eines Menschen abschätzen². Beispiele für solche Kenngrößen sind die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur), der PMV-Wert (Predicted Mean Vote) und der UTCI (Universal Thermal Climate Index).

In der vorliegenden Untersuchung wird zur Bewertung der Tagsituation der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen (**Physiologisch Äquivalente Temperatur** in °C). Wie die übrigen humanbiometeorologischen Indizes bezieht sich die PET auf außenklimatische Bedingungen (Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlungsflüsse) und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur. Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar.

Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologischen Belastungsstufen quantifizieren (z.B. Starke Wärmebelastung ab PET 35 °C; **Tabelle 4**).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4 °C	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
8 °C	Kalt	Starke Kältebelastung
13 °C	Kühl	Mäßige Kältebelastung
18 °C	Leicht kühl	Schwäche Kältebelastung
20 °C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23 °C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29 °C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41 °C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

Tabelle 4: Zuordnung von Schwellenwerten für die PET während der Tagesstunden

² Energiebilanzmodelle für den menschlichen Wärmehaushalt bezogen auf das Temperaturempfinden einer Durchschnittsperson („Klima-Michel“ mit folgenden Annahmen: 1,75 m, 75 kg, 1,9 m² Körperoberfläche, etwa 35 Jahre).

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Nullvariante (**Abbildung 10**) dokumentieren, dass sich im Bebauungsplangebiet über hochgradig versiegelten Flächen (z.B. asphaltierte Stellflächen) die höchste bioklimatische Belastung einstellt. Dort werden PET-Werte von ca. 38 – 41 °C bestimmt. Über der vegetationsbestandenen Ausgleichsfläche im Osten zeigen sich PET-Werte von ca. 32 – 38 °C. Bioklimatisch noch günstiger stellen sich gehölzüberstellte Flächen dar, da der Schattenwurf die thermische Belastung über die direkte Sonneneinstrahlung dämpft. Dort zeigen sich PET-Werte von ca. 22 – 32 °C. Die bioklimatische Gunstwirkung von Bäumen wird offenbar.

In den Stadtteilen Gorndorf und Altsaalfeld wechseln sich auf kurzer Distanz starke und mäßige Wärmebelastung ab. Starke und extreme Wärmebelastungen bleiben auf großflächig versiegelte Flächen begrenzt.

6.1.3 Kaltluftprozessgeschehen

Die im Kap. 4 aufgelisteten Kaltluftproduktionsraten unterschiedlicher Flächennutzungstypen verursachen Temperatur- und Dichteunterschiede, die zu lokalen Ausgleichsströmungen führen. Die auf stadtnahen Flächen entstehende Kaltluft setzt sich aufgrund ihrer höheren Dichte in Richtung der wärmeren Siedlungsräume in Bewegung. Die Ausprägung dieser Flurwinde wird in erster Linie durch den Temperatur- und damit verbundenen Dichteunterschied bestimmt sowie von der Rauigkeit des überströmten Geländes beeinflusst. Flurwinde sind eng begrenzte, oftmals nur schwach ausgeprägte Strömungsphänomene, die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können. Ihre Geschwindigkeit liegt meist unterhalb von 1.0 m/s. Kleinräumige Strömungsphänomene, die zwischen einzelnen strukturellen Elementen innerhalb der Stadt auftreten, werden Strukturwinde genannt.

Über geneigten Flächen fließt abgekühlte und damit schwerere Luft hangabwärts. Die Windgeschwindigkeit dieses kleinräumigen Phänomens wird vornehmlich durch die Hangneigung des Geländes, die Temperaturdifferenz und den Strömungswiderstand der überströmten Flächen bestimmt. Solche orografisch bedingten Kaltluftabflüsse erreichen durchweg höhere Strömungsgeschwindigkeiten als rein thermisch angetriebene Ausgleichsströmungen in ebenem Gelände. Hangabwinde erreichen maximale Abflussgeschwindigkeiten von etwa 3 m/s, ihre Mächtigkeit liegt zumeist bei ca. 10 m – 20 m.

Im Berg- und Bergvorland sind Hangwinde oftmals Teilglieder einer übergeordneten Berg- und Talwind-Zirkulation. Aufgrund ihrer größeren Einzugsgebiete sind nächtliche Bergwinde deutlich stärker ausgeprägt als Hangabwinde und erreichen bei Mächtigkeiten von mehreren Dekametern Strömungsgeschwindigkeiten von über 3 m/s.

Den hier beschriebenen Phänomenen kommt eine besondere landschaftsplanerische Bedeutung zu: Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshindernis. Aus diesem Grund ist die Durchlüftung der Stadtkörper und ihr Luftaustausch mit dem Umland generell herabgesetzt.

Die Abfuhr von schadstoffbelasteten und überwärmten Luftmassen in den Straßenzügen kann in Abhängigkeit von der Bebauungsart und -dichte deutlich eingeschränkt sein. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren humanbioklimatisch zumeist ungünstig aus. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr frischer und kühlerer Luft eine bedeutende klima- und immissionsökologische Ausgleichsleistung für die Belastungsräume erbringen.

Wie auch die anderen Klimaparameter ist das Kaltluftprozessgeschehen eine Größe, die während der Nachtstunden in ihrer Stärke und Richtung veränderlich ist. Der jeweilige Beitrag beschleunigender und bremsender Faktoren zur Dynamik der Strömung wird unter anderem stark von der bisherigen zeitlichen Entwicklung des Abflusses beeinflusst. So können beispielsweise die Kaltluftströmungen über einer Fläche sich im Laufe der Nacht dadurch ändern, dass die Fläche zunächst in einem Kaltluftabflussgebiet und später in einem Kaltluftsammlungsbereich liegt. Letzteres kann als Hindernis auf nachfolgende Luftmassen wirken. Die sich im Verlauf der Nacht einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten hängen im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz der Kaltluft gegenüber der Umgebungsluft, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit ab, wobei die Kaltluft selber auf alle diese Parameter modifizierend einwirkt.

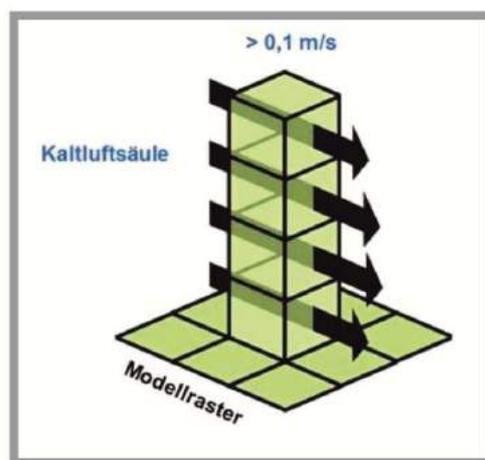
Gebäude, Mauern, Straßendämme oder Lärmschutzwände wirken auf geringmächtige Kaltluftbewegungen (≤ 10 m) als Strömungshindernisse und können luvseitig markante Kaltluftstaus auslösen. Mächtigere Kaltluftschichten (> 10 m), die sich häufig erst im Laufe einer Nacht ausbilden, über- oder umströmen solche Hindernisse. Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebauten Gebiet hängt wesentlich von der Bebauungsdichte und -höhe aber auch der anthropogenen Wärmezufuhr ab.

Auch natürliche Hindernisse wie zum Beispiel dichte Baum- oder Strauchbestände wirken bremsend. Ebenso tragen natürliche Wärmequellen wie z.B. Wasseroberflächen zu einer Erwärmung der Kaltluftschicht bei und beeinflussen so die Ausgleichsströmungen.

Die potenzielle Ausgleichsleistung der Kaltluftströmung lässt sich recht umfassend aus zwei miteinander gekoppelten Parametern des Kaltluftprozessgeschehens ableiten:

1. Aus dem **Kaltluftvolumenstrom**, der das in einer bestimmten Zeiteinheit transportierte Gesamtvolumen an Kaltluft durch eine definierte vertikale Fläche senkrecht zur Strömungsrichtung angibt. Dabei wird das Luftvolumen über die variable absolute Höhe der Kaltluftschicht aufsummiert (integriert), während die horizontale Breite der Fläche stets einem Meter entspricht („Kaltluftvolumenstromdichte“, siehe **Grafik 2**).

Geschwindigkeit und Richtung können innerhalb der Luftsäule veränderlich sein.



Grafik 2: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom

2. Aus der **bodennahen Strömungsgeschwindigkeit**, die aufzeigt, inwieweit die Kaltluft tatsächlich in den Aufenthaltsbereich des Menschen durchgreifen kann und nicht etwa zu wesentlichen Anteilen in höheren Schichten des Überdachniveaus stattfindet. Die bodennahe Strömungsgeschwindigkeit ist nicht nur von der Mächtigkeit der Kaltluftschicht und damit von der tatsächlich transportierten Masse an Kaltluft abhängig, sondern auch von der Windoffenheit der bodennahen Nutzungsstrukturen.

Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den bodennahen Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten. Über den Hangflächen nördlich des Bebauungsplangebiets Nr. 36 entwickeln sich in Strahlungsnächten markante Hangabwinde, die unterhalb der Waldflächen des Katzenhügels und Heiligenbergs Strömungsgeschwindigkeiten bis über 1.5 m/s entwickeln. In Hangeinschnitten (Eichental) wird die Hangkaltluft gebündelt und kann bspw. östlich der Gewerbebebauung über die B 281 hinweg in Richtung der Weiraaue und der Ortslage Gornsdorf wirksam werden. Die dortige nächtliche Abkühlung (= bioklimatische Positivwirkung) und der bodennahe Luftaustausch (= lufthygienische Positivwirkung) werden forciert.

Innerhalb des Bebauungsplangebiets Nr. 36 bilden die Erschließungsstraßen und die öffentlichen Grünflächen bedeutsame Belüftungsachsen, die eine Durchdringung des Gebiets mit Kalt-/Frischlufte gewährleisten.

In Richtung Altsaalfeld lässt die Strömungsintensität der lokalen Kaltluftbewegungen durch die zunehmende Oberflächenrauigkeit der Bebauung und der Verkehrsanlagen (Brückenauffahrt B 281) deutlich nach.

In **Abbildung 12** wird die Kaltluftvolumenstromdichte dargestellt. In Ergänzung zur bodennahen Windgeschwindigkeit repräsentiert diese das über den bodennahen Bereich hinausgehende transportierte Volumen an Kalt-/Frischlufte. Die Klimasimulation zeigt, dass sich über den umgebenden Wald- und Grünflächen bis zum Zeitpunkt 04 Uhr morgens große Mengen an Kalt-/Frischlufte gebildet haben, die das Bebauungsplangebiet Nr. 36 durchsetzen und überströmen. Markant tritt das Eichental in nordöstlicher Verlängerung des Planungsgebiets hervor.

Der über den Hangzonen nördlich des Planungsgebiets auftretende Kaltluftvolumenstrom erreicht meist hohe Werte (Dunkelgrün). Angetrieben durch den Temperaturunterschied zwischen kühlen Wald-/Grünflächen und wärmeren Siedlungsarealen strömt die Kaltluft darüber hinaus mit einem mäßigen Kaltluftvolumen nach Südwesten in Richtung Altsaalfeld, das zudem von den Kaltluftbewegungen über das Saaletal (südliche Kaltluftbewegungen) profitiert.

6.2 Veränderung der klimaökologischen Situation bei Realisierung der Planungsvariante

Wie bereits o.a., findet bei der Planungsvariante der vorgelegte Planungsentwurf mit einer max. Gebäudehöhe bis 27 m Berücksichtigung.

Die Anhebung der max. Gebäudehöhe von 15 m auf 27 m bewirkt im Aufenthaltsbereich des Menschen (2 m ü.G.) sowohl am Tag als auch in der Nacht keine relevante Modifikation der thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen. Das veränderte thermische Prozessgeschehen bleibt kleinräumig auf die Luftschichten oberhalb von 10 m ü.G. begrenzt und ist somit von keiner stadtklimatischen Bedeutung. Auf eine Darstellung der Differenzen von Lufttemperatur und PET zwischen Planungsvariante (PV) und Nullvariante (NV) in der bewertungsrelevanten Höhenschicht 2 m ü.G. wird daher verzichtet.

Auch bzgl. der Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in stadtklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten zeigen sich zwischen der Planungs- und Nullvariante keine gravierenden Differenzen (siehe **Abbildung 13**). In der bewertungsrelevanten Höhenschicht 2 m ü.G. stehen leichten Windgeschwindigkeitsreduzierungen in Gebäudeleelage (südlich der Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos) an der östlichen Gebäudekante leichte Windgeschwindigkeitserhöhungen gegenüber, so dass in der Gesamtbilanz keine relevante Veränderung der örtlichen Belüftungsintensität zu erwarten ist. Der bodennahe Luftaustausch entlang der B 281 unterliegt keiner nennenswerten Modifikation.

Auch in Bezug auf den Kaltluftvolumenstrom (**Abbildung 14**) ergeben sich durch die Planungsvariante keine erheblichen Veränderungen. Durch die größere Bauwerkshöhe kommt es bei örtlich vorherrschenden Kaltluftbewegungen aus nordöstlichen Richtungen (Eichental) im Luv zu Kaltluftstauwirkungen und im Lee zu Windschatteneffekten, so dass dort der Kaltluftvolumenstrom gegenüber der Nullvariante kleinräumig (bis max. 75 m Entfernung) um ca. 5 – 55 % abnimmt. Dem stehen westlich der Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos leichte Kaltluftvolumenstromzunahmen entgegen (+5 - +20%), die auf eine vermehrte Labilisierung der bodennahen Luftschichten zurückzuführen ist. Eine stadtklimatisch / lufthygienisch bedeutsame Einschränkung der Kalt- und Frischluftströmungen in Richtung Gorndorf und Altsaalfeld kann nicht festgestellt werden.

7 Abschließende Zusammenfassung, Bewertung und Planungsempfehlungen

In Nordosten von Saalfeld/Saale ist im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung im Bereich des Gewanns Obere Weira der Bau einer neuen Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos sowie Sozialräumen geplant. Ergänzend soll zudem ein Bürogebäude entstehen. Die max. Gebäudehöhe der langgestreckten Gewerbehalle beträgt ca. 27 m zzgl. Dachaufbauten.

Der rechtskräftige Bebauungsplan Nr. 36 von 2006 setzt am Planungsstandort eine max. Gebäudehöhe von 15.0 m fest, so dass eine Bebauungsplanänderung angestrebt wird.

Wie vorliegende Ergebnisse von Klimauntersuchungen des Büros TARAXACUM (1995A UND 1995B) aufzeigen, fungiert der bislang unbebaute Planungsstandort als örtliche Kaltluftproduktionsfläche und als Teil einer regional/lokal bedeutsamen Luftleitbahn am Übergang des Weiratal in das Saaletal. Aufgrund der nur recht schwachen Belüftungsintensität in den Talzonen von Saalfeld ist derartigen klimaökologischen Ausgleichsräumen bei Flächenumwidmungen bzw. Bebauungsplanänderungen erhöhte siedlungsklimatische Bedeutung beizumessen.

Im Rahmen der Klimaexpertise wird daher auf Grundlage von Modellrechnungen mit dem anerkannten Klimamodell FITNAH-3d analysiert, ob die angestrebten vergrößerten Baukörperhöhen die örtlichen klimaökologischen Funktionsabläufe gravierend beeinträchtigen. Die Schwerpunktsetzung der Analyse liegt dabei auf dem nächtlichen Kaltlufthaushalt und der bioklimatischen / thermischen Belastung am Tag und in der Nacht.

Die modelltechnische Analyse der klimaökologischen Bestandssituation bestätigt weitgehend die in der Klimabewertungsplan Saalfeld (**Abbildung 6**) dargestellten stadtklimatischen Verhältnisse. Das Bebauungsplangebiet Nr. 36 ist im bereits bebauten westlichen Teilbereich als gemäßigt städtischer Überwärmungsbereich einzustufen. Durch die klimaökologische Ausgleichsleistung (Kalt- und Frischluftzufuhr) der nördlich und östlich angrenzenden Freiräume (Heiligenberg/Eichental und Weiratal) bleibt die sommerliche Überwärmung begrenzt. Auch das zur Zeit noch unbebaute östliche Bebauungsplanteilgebiet profitiert von diesen Gunsteffekten. Es ist im Klimabewertungsplan als klimatische Mischungs- bzw. Pufferzone ausgewiesen.

Die Freiflächen fungieren zudem als Ventilationsachse, über welcher am Tag der Höhenwind bodennah durchgreifen kann und die mit Wärme und Luftschadstoffen belasteten bodennahen Luftmassen vermehrt ausräumt.

Die vom Weiratal und den nördlichen Hangbereichen ausgehenden klimaökologischen Ausgleichsleistungen in Richtung Altsaalfeld werden durch die Barrierewirkung der bereits realisierten Bebauung im Bebauungsplangebiet Nr. 36 und des Brückenbauwerks bzw. der Brückenauffahrt zur B 281 geschwächt. Eine weitere Minderung der Belüftungsverhältnisse in Gorndorf / Altsaalfeld sollte vermieden werden, da durch den Klimawandel mittelfristig mit einer deutlichen Zunahme der durchschnittlichen sommerlichen Wärmebelastung zu rechnen ist.

Die Analyse der lufthygienischen Verhältnisse in Saalfeld/Saale dokumentiert, dass sich die NO₂-Immissionsbelastungen im Saalfelder Stadtgebiet, abhängig von der Lage zur vielbefahrenen Straßen, im Jahresmittel zwischen ca. 14 µg/m³ und 33 µg/m³ bewegen. Der Grenzwert nach 39. BImSchV von 40 µg/m³ wird zu 35 – 83% erreicht.

Der PM₁₀-Jahresmittelwert am Messstandort Pöbnecker Straße betrug im Jahr 2018 18 µg/m³. Der Grenzwert von 40,0 µg/m³ wurde sicher eingehalten. Auch der Kurzzeitgrenzwert wurde nicht überschritten. Der Kurzzeitgrenzwert von 50 µg/m³ wurde 5mal überschritten. Erlaubt sind 35 Überschreitungen im Kalenderjahr. Im Jahr 2017 belief sich der PM₁₀-Jahresmittelwert auf 15 µg/m³ (6 Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwerts). Die Werte sind somit nicht als kritisch einzustufen.

PM_{2.5}-Messungen werden in Saalfeld/Saale nicht durchgeführt. Nach CAFE (2004) zeigen europaweite Messungen allerdings ein relativ einheitliches Bild für das Verhältnis von PM_{2.5} zu PM₁₀. Dieses liegt in städtischen Bereichen bei ca. 0,7. Demnach ist in Saalfeld/Saale im Bereich der Luftmessstation Pöbnecker Straße mit einem potenziellen PM_{2.5}-Jahresmittelwert (2018) von ca. 12 – 13 µg/m³ zu rechnen. Der Grenzwert von 25 µg/m³ wird nur zu ca. 48 – 52% erreicht.

Da die Immissionsbelastung sehr stark von der Belüftungsintensität abhängig ist, sollte bei allen städtebaulichen Planungen darauf geachtet werden, dass insbesondere entlang von Hauptverkehrsachsen ein ausreichender bodennaher Luftaustausch gewährleistet bleibt.

Für das Planungsvorhaben im Bebauungsplangebiet Nr. 36 bedeutet dies, dass die Belüftungsintensität nicht weiter gravierend geschwächt werden sollte. Eine deutlich über des Bebauungsplangebiet hinausgehende Schwächung der Frischluftzufuhr ist zu vermeiden.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen zu den thermischen / bioklimatischen Umgebungsbedingungen und planungsbedingten Veränderungen des Windfeldes (Kaltluftprozessgeschehen) belegen, dass die Anhebung der max. Gebäudehöhe von 15 m auf 27 m sowohl am Tag als auch in der Nacht keine relevante Modifikation Lufttemperaturverhältnisse bzw. der gefühlten Lufttemperatur (PET-Werte) bewirkt. Die Veränderung des thermischen Prozessgeschehen bleibt kleinräumig auf die Luftschichten oberhalb von 10 m ü.G. begrenzt und ist somit von keiner stadtklimatischen Relevanz.

Auch bzgl. der Kaltluftströmungsgeschwindigkeit und des örtlichen Kaltluftvolumenstroms, die das Kalt- und Frischluftströmungsgeschehen beschreiben, zeigen sich in stadtklimatisch besonders relevanten sommerlichen Strahlungsnächten zwischen der Planungs- und Nullvariante keine gravierenden Differenzen. In der bewertungsrelevanten Höhenschicht 2 m ü.G. stehen leichten Windgeschwindigkeitsreduzierungen in Gebäudeleelage (südlich der Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos) an der östlichen Gebäudekante leichte Windgeschwindigkeitserhöhungen gegenüber, so dass in der Gesamtbilanz keine relevante Veränderung der örtlichen Belüftungsintensität zu erwarten ist. Der bodennahe Luftaustausch entlang der B 281 unterliegt keiner nennenswerten Modifikation.

Auch in Bezug auf den Kaltluftvolumenstrom ergeben sich durch die Planungsvariante keine erheblichen Veränderungen. Durch die größere Bauwerkshöhe kommt es bei örtlich vorherrschenden Kaltluftbewegungen aus nordöstlichen Richtungen (Eichental) im Luv zu Kaltluftstauwirkungen und im Lee zu Windschatteneffekten, so dass dort der Kaltluftvolumenstrom gegenüber der Nullvariante kleinräumig (bis max. 75 m Entfernung) um ca. 5 – 55 % abnimmt. Dem stehen westlich der Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos leichte Kaltluftvolumenzunahmen entgegen (+5 - +20%), die auf eine vermehrte Labilisierung der bodennahen Luftschichten zurückzuführen ist.

Eine stadtklimatisch / lufthygienisch bedeutsame Einschränkung der Kalt- und Frischluftströmungen in Richtung Gorndorf und Altsaalfeld kann nicht festgestellt werden.

Die im Bebauungsplanentwurf (**Abbildung 7**) vorgesehene Ausdehnung des Baufeldes GI 4 im Südosten in Richtung Osten kann aus klimaökologischer Sicht akzeptiert werden, wenn als Ausgleich im Nordosten eine Verbreiterung der Grünfläche nach Westen (Flächenäquivalent) festgesetzt wird.

Fazit:

Das vorgelegte Planungskonzept für den Bau einer neuen Produktions- und Lagerhalle mit Materialsilos sowie Sozialräumen mit max. Gebäudehöhen bis 27 m lässt keine negativen klimatischen / lufthygienischen Auswirkungen erwarten, die auf Grund ihrer Qualität und Intensität einer Realisierung entgegenstehen.

Unvermeidbare Beeinträchtigungen der Belüftungsintensität, die sich aus dem Projekt ergeben, führen nicht zu einer Unterschreitung des ortsüblichen Qualitätsniveaus und lassen in den nächstgelegenen Wohngebieten (u.a. Gorndorf, Altsaalfeld) keinen Anstieg der bioklimatischen / lufthygienischen Belastung erwarten. Die Frischluftzufuhr über das Freiraumgefüge entlang der Weira sowie über die nördliche Hangzone in Richtung Altsaalfeld und Gorndorf wird nicht beeinträchtigt.



gez. Dipl.-Geogr. Achim. Burst
ÖKOPLANA



gez. Dipl.-Geogr. Peter Trute
GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH

Mannheim / Hannover, Juni 2019

Literaturverzeichnis / weiterführende Schriften

- 39. BImSchV (2010):** Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht.
- BMBAU, BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (1979):** Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. Schriftenreihe 06.032. Bonn.
- BUNDESGESETZBLATT (2011):** Teil I Nr. 39. Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städte und Gemeinden. Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2013):** KLAMIS. Modellgestützte Klimaanalysen und –bewertungen für die Regionalplanung. Grundlagen für einen Leitfaden. Berlin.
- CAFE (2004):** Second Position Paper on Particulate Matter. CAFE Working Group on Particulate Matter.
- FRIEDRICHS, J. ET AL. (2014):** Klimaanpassung in Kommunen und Regionen – eine Praxishilfe des Umweltbundesamtes. In: UVP-Report 28 (3 + 4). Hamm. S. 133 - 138
- GEO-NET UMWELTCONSULTING GMBH (2002):** GIS-basierte Aufbereitung der Modellergebnisse zur Kaltluftsimulation für die Nutzung im Rahmen der Landes- und Regionalplanung Thüringen. Hannover.
- GROSS, G. (1993):** Numerical Simulation of Canopy Flows. Springer Verlag, Heidelberg.
- GROSS, G. (2012):** Numerical Simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol 21, No 2, S. 171 -181, Heidelberg.
- TARAXACUM (1995A):** Klimaanalyse Stadt Saalfeld/Saale. Kassel.
- TARAXACUM (1995B):** Stadtklimatische Expertise Saalfeld-Nord zur Beurteilung von geplanten Brücken- und Dammbauwerken der Bundesstraßenumgehungen 281/85. Kassel.
- TARAXACUM (1996):** Voreinschätzung zur Prädikatsvergabe Heilklimatischer Kurort und Luftkurort „Feengrotten/Saalfeld“. Kassel.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2003): VDI 3787, Bl. 5. Lokale Kaltluft. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (2004): VDI-Richtlinie 3787, Bl. 9. Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in der räumlichen Planung. Düsseldorf.

Internetinformationen:

<https://www.deutschesklimaportal.de>

<https://www.dwd.de>

<https://www.geoportal-th.de/de-de/>

<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>

<https://www.klimafolgenonline.com>

<https://saalfeld.de>

<https://www.tlug-jena.de>

Glossar

Ausgleichsraum: Kaltluft produzierende, unbebaute und vegetationsgeprägte Fläche die an einen Wirkungsraum angrenzt oder mit diesem über eine Leitbahn verbunden ist.

Autochthone Wetterlage: Eigenbürtige Wetterlage: Durch lokale und regionale Einflussfaktoren bestimmte Wetterlage. Solche Wettersituationen entstehen bei Hochdruckwetterlagen und sind durch einen ausgeprägten Tagesgang der Strahlung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Bewölkung geprägt. Durch lokale Temperaturunterschiede entstehen Ausgleichsströmungen.

Autochthones Windfeld: Kaltluftabflüsse und Flurwinde, welche sich als eigenbürtige, landschaftsgesteuerte Luftaustauschprozesse während einer wind-schwachen sommerlichen → Strahlungswetterlage ausbilden.

Bioklima: Beschreibt die Einflüsse von Wetter und Klima (atmosphärische Umgebungsbedingungen) auf lebende Organismen und insbesondere den Menschen.

Flurwind: Thermisch bedingte schwache Ausgleichsströmung, die durch horizontale Temperatur- und Druckunterschiede zwischen vegetationsgeprägten Grün- und Freiflächen im Umland und (dicht) bebauten Gebieten entsteht. Er strömt vor allem in den Abend- und Nachtstunden in das Zentrum der Überwärmung (meist Innenstadt oder Ortsteilzentrum) ein.

Gunsträume: Klimatisch günstige Siedlungsräume: häufig locker bebaute und durchgrünte Siedlungen mit einem geringen Versiegelungsgrad, hohem Vegetationsanteil und relativ hoher nächtlicher Abkühlungsrate. Diese Areale sind zu einem gewissen Maße selbst Kaltluftproduzenten und unterstützen die Kaltluftströmung benachbarter Grün- und Freiflächen. Diese Gebiete führen weder zu einer intensiven bioklimatischen Belastung noch zu Beeinträchtigungen des Luftaustausches. Für die Bewertung des Bioklimas werden diese Räume in Anlehnung an die VDI Richtlinie 3785 den Klassen „nicht belastet (sehr günstig)“ oder „gering belastet (günstig)“ zugewiesen (s. auch Kapitel 7.1 Abschnitt Siedlungsräume).

Bioklimatische Belastung: Belastung der Gesundheit und des Wohlbefindens des Menschen durch meteorologische Einflüsse.

Kaltluftabfluss: An wenig rauen Hängen und Tälern mit genügendem Gefälle (theoretisch ab etwa $0,5^\circ$) setzt sich die Kaltluft aufgrund der Schwerkraft, dem Gefälle folgend, in Bewegung. Er setzt bereits vor Sonnenuntergang ein und kann die ganze Nacht andauern.

K, Kelvin: Abkürzung für die Einheit Kelvin, in der üblicherweise Temperaturdifferenzen angegeben werden. Ein Kelvin entspricht einer Temperaturdifferenz von 1°C .

Kaltlufteinzugsgebiet: Zusammenfassung aller Kaltluft produzierenden Flächen, die einem Kaltluftabfluss oder Flurwind zugeordnet werden können.

Klimafunktionen: Prozesse und Wirkungen in der Landschaft, die das örtliche Klima mitbestimmen und Belastungen von Organismen durch besondere Klimabedingungen erhöhen oder abbauen.

Klimaökologie: Analysiert den Einfluss von Klimaelementen und des Klimas auf das Landschaftsökosystem und seinen Haushalt. Untersucht wird weiterhin die Steuerung der bedeutsamen, bodennahen atmosphärischen Prozesse durch die allgemeinen landschaftlichen Strukturgrößen (Relief, Überbauung...).

Strahlungsnacht: Wolkenlose windschwache Nacht mit ungehinderter Ausstrahlung, s. auch Strahlungswetterlage.

Strahlungswetterlage: Wetterlage mit geringen großräumigen Windströmungen und ungehinderten Ein- und Austrahlungsbedingungen. Für diese Wetterlagen sind eine geringe Bewölkung sowie eine mittlere Windgeschwindigkeit von weniger als $1,5\text{ m/s}$ typisch, die meteorologische Situation in Bodennähe wird dann vornehmlich durch den Wärme- und Strahlungshaushalt geprägt.

Ungunsträume: Klimatisch belastete Siedlungsräume, die einen Durchlüftungsmangel und eine für die Region überdurchschnittliche Wärmebelastung aufweisen. Hierbei werden Siedlungsräume mit den Bewertungskategorien „mäßig belastet (weniger günstig)“ sowie „belastet (ungünstig)“ unterschieden. Unter Berücksichtigung des Belastungsniveaus ergibt sich für diese Räume eine hohe bzw. sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber einer Nutzungsintensivierung.

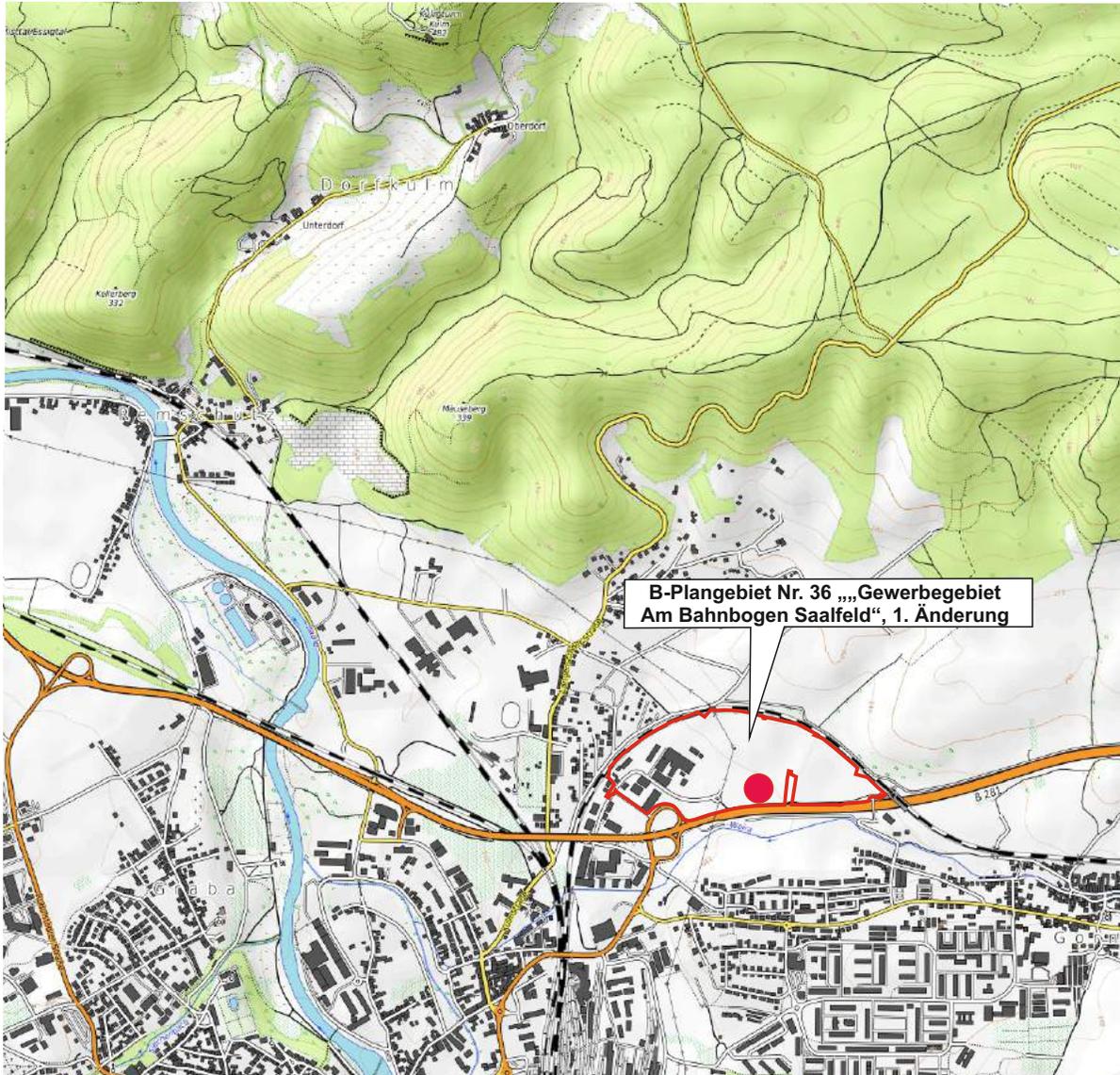
Ventilationsbahn: Leitbahn, die während austauschstärkerer Wetterbedingungen zur Be- und Entlüftung des Wirkungsraumes beiträgt.

Wärmebelastung: Durch Behinderung der Wärmeabgabe des Körpers hervorgerufenen Unbehaglichkeitsempfinden. Wärmebelastung tritt hauptsächlich bei sommerlichen, strahlungsreichen Hochdruckwetterlagen mit hoher Temperatur, hoher Feuchte und geringer Luftbewegung auf (Schwüle).

Wärmeinsel: Städtischer Lebensraum, der gegenüber der Umgebung vor allem abends und nachts eine höhere Lufttemperatur aufweist. Es bilden sich i.d.R. mehrkernige Wärmeinseln in einer Stadt aus. Die Jahresmitteltemperaturen sind in diesen Räumen um 0,5 bis 1,5 Kelvin gegenüber dem Umland erhöht.

Wirkungsraum: Siedlungsraum, der bioklimatisch und/oder lufthygienisch belastet ist und an einen oder mehrere Ausgleichsräume angrenzt oder über Leitbahnen an solche angebunden ist. Die Zufuhr von Kaltluft aus einem Ausgleichsraum kann zu einer Verminderung der Belastung beitragen.

Abb. 1 Lage des Planungsstandorts im Stadtgebiet von Saalfeld/Saale



Standort für den Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen sowie einer max. Gebäudehöhe bis ca. 27 m

Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM /
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale

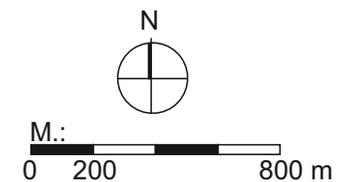


Abb. 2.1 Rechtskräftiger Bebauungsplan Nr. 36 „Industriegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“, Stand 04.04.2006



Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 2.2 Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung - fotografische Dokumentation



Blick vom Kreiselpaul-Auerbach-Straße in Richtung Westsüdwesten



Blick vom Kreiselpaul-Auerbach-Straße in Richtung Westen

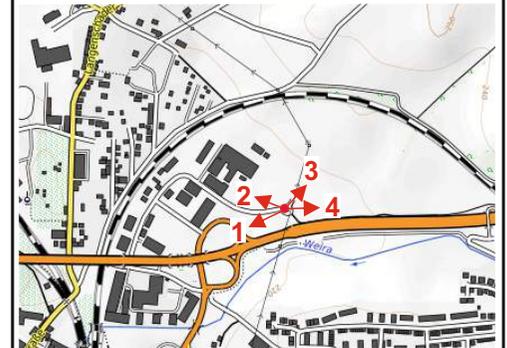


Blick vom Kreiselpaul-Auerbach-Straße in Richtung Nordnordosten



Blick vom Kreiselpaul-Auerbach-Straße in Richtung Osten
(Planungsstandort für den geplanten Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen)

Standort der Fotoaufnahmen und die Blickrichtung



Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM
Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

Fotoaufnahmen: ÖKOPLANA 03/2019

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale



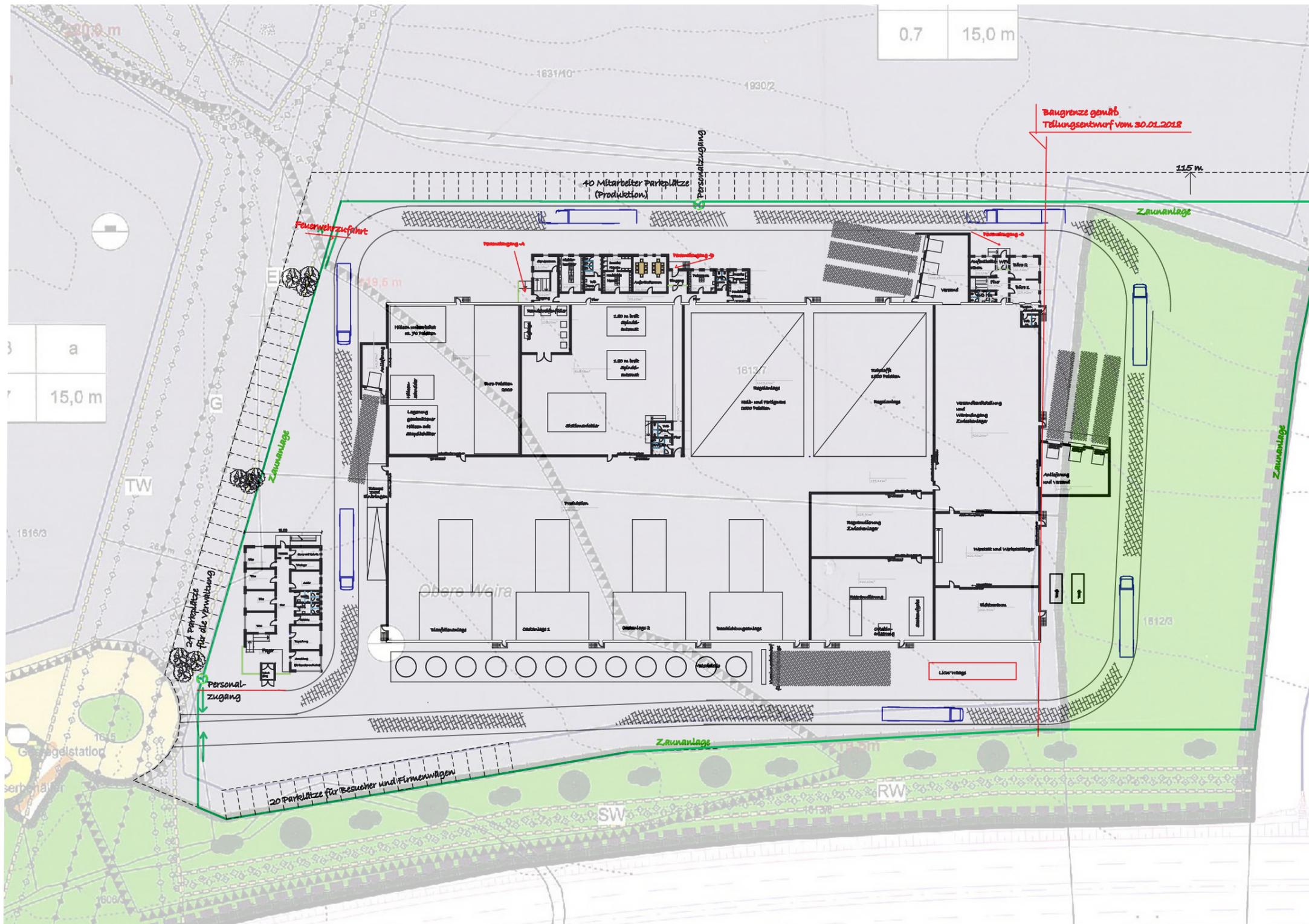
Abb. 3 1. Änderungsplan zum Bebauungsplan Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, Stand 11.02.2019



Projekt:
 Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
 1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 4 Planungsentwurf für den Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen im Gewann „Obere Weira“ - Lageplan



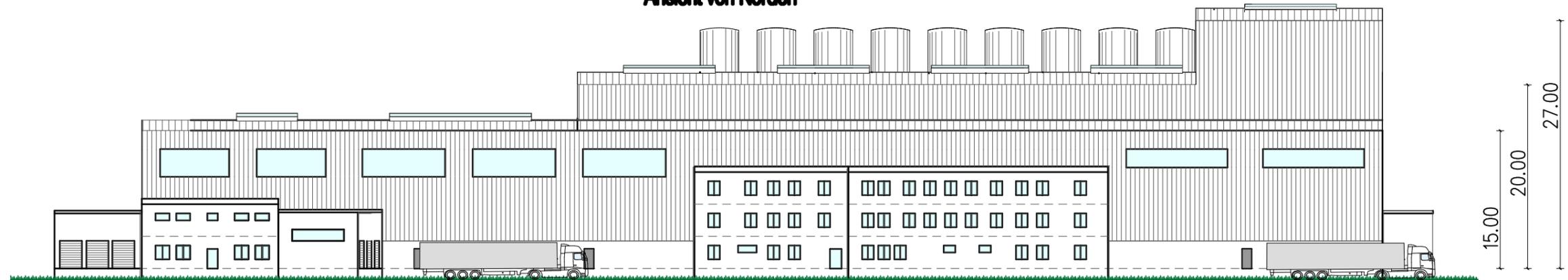
Grafik bereitgestellt von:
Stadt Saalfeld/Saale

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 5.1 Planungsentwurf für den Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen im Gewann „Obere Weira“ - Ansichten Norden und Süden

Ansicht von Norden



Ansicht von Süden

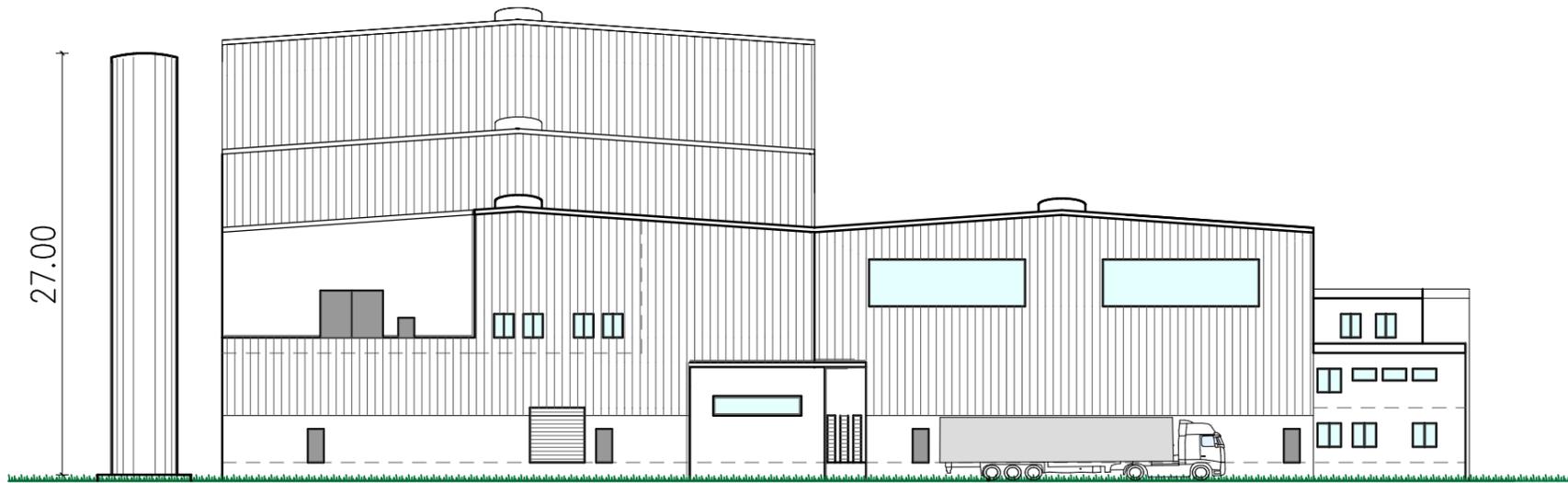


Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale

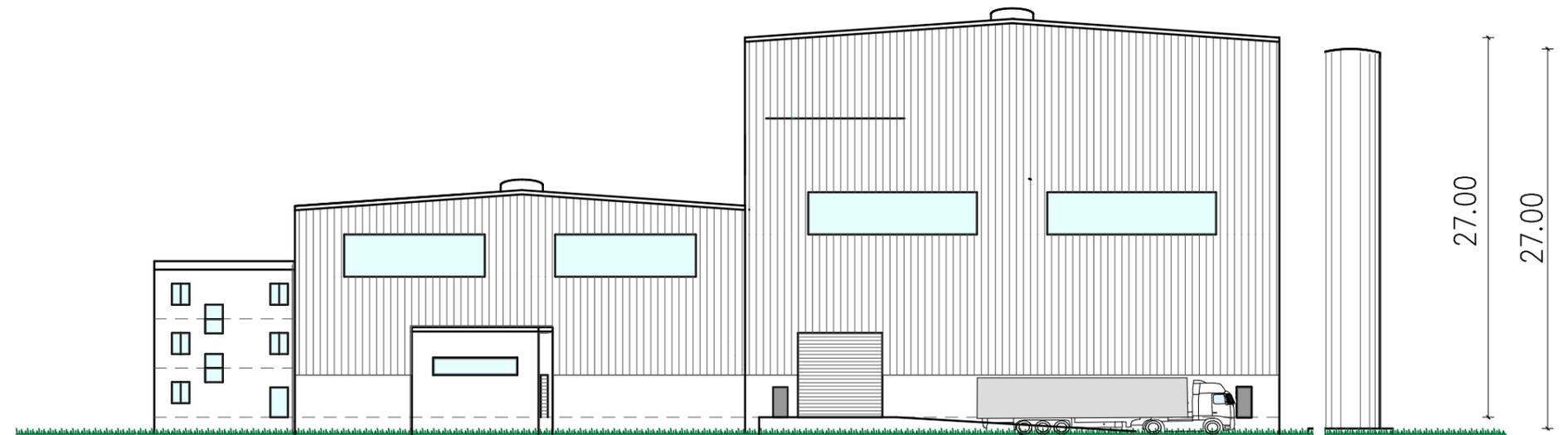
Grafik bereitgestellt von:
Stadt Saalfeld/Saale



Abb. 5.2 Planungsentwurf für den Neubau einer Produktions- und Lagerhalle mit Sozialräumen im Gewann „Obere Weira“ - Ansichten Osten und Westen



Ansicht von Osten



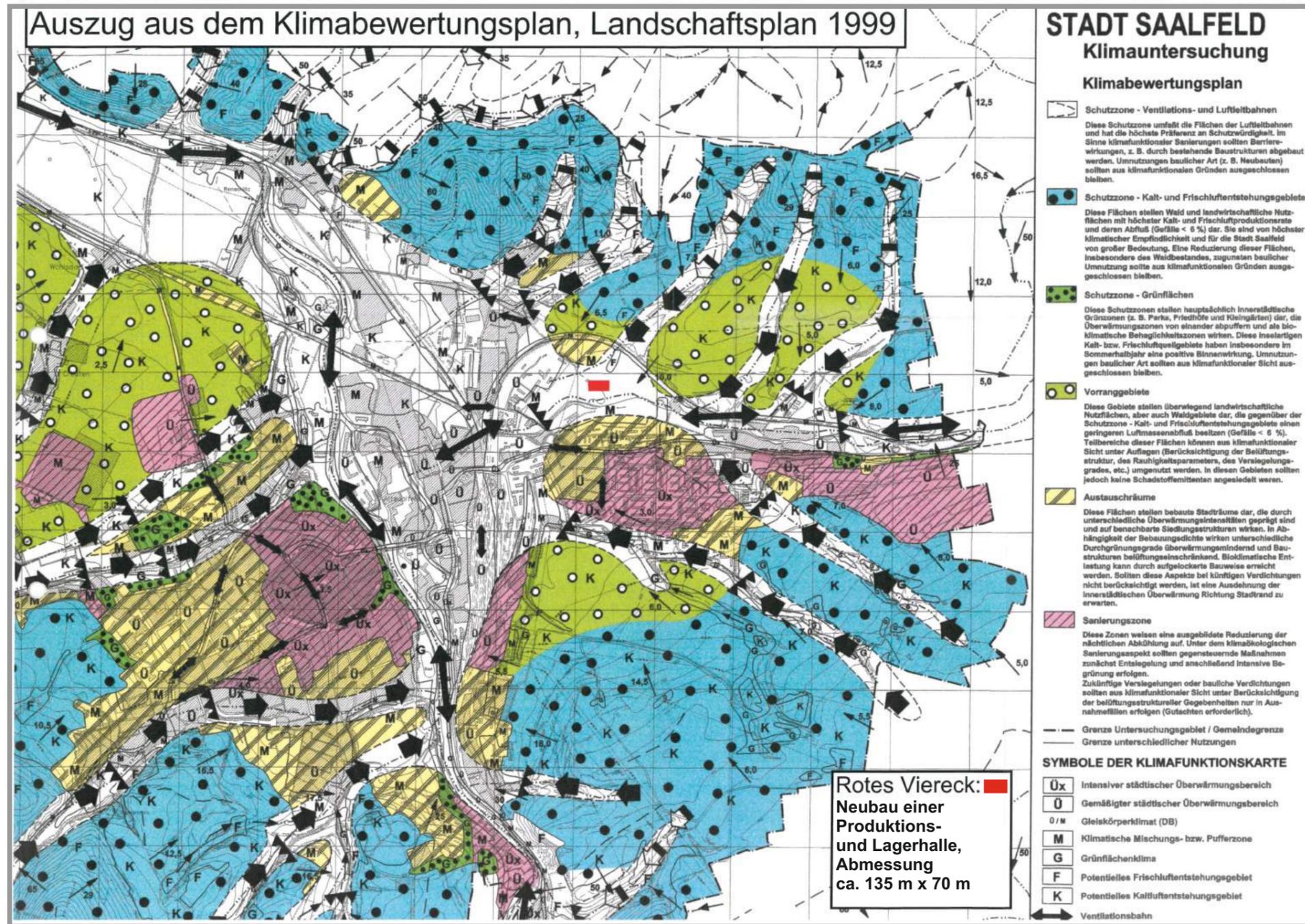
Ansicht von Westen

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale

Grafik bereitgestellt von:
Stadt Saalfeld/Saale



Abb. 6 Klimabewertungsplan Saalfeld, Stand 1999



Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale

Grafik bereitgestellt von:
Stadt Saalfeld/Saale



Abb. 7 Potenzielle Baustrukturen im Bebauungsplangebiet Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen“, 1. Änderung als Grundlagen für die klimaökologischen Modellrechnungen

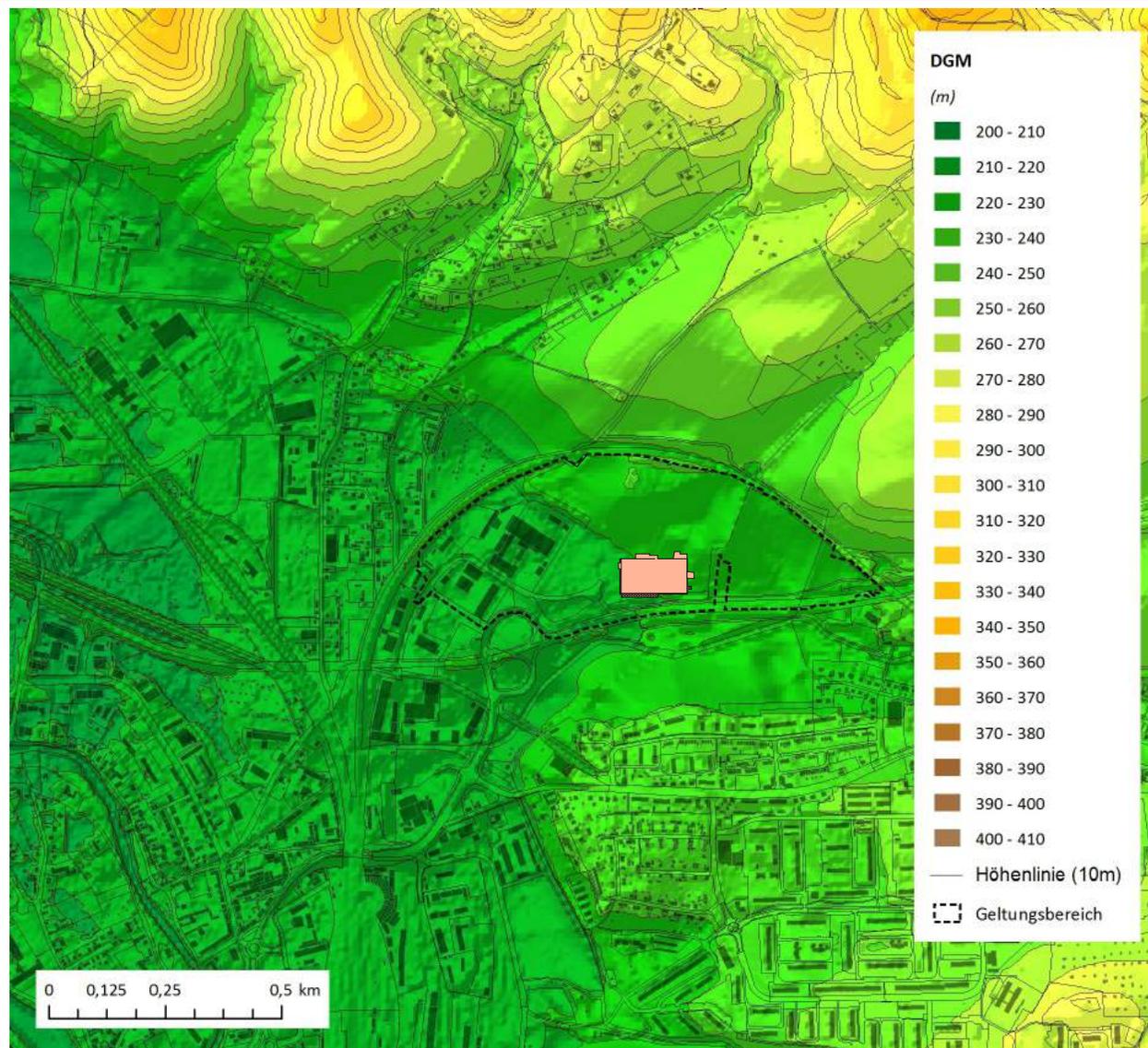


Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale

Grafikgrundlage: Stadt Saalfeld/Saale



Abb. 8 Reliefsituation im Modellgebiet

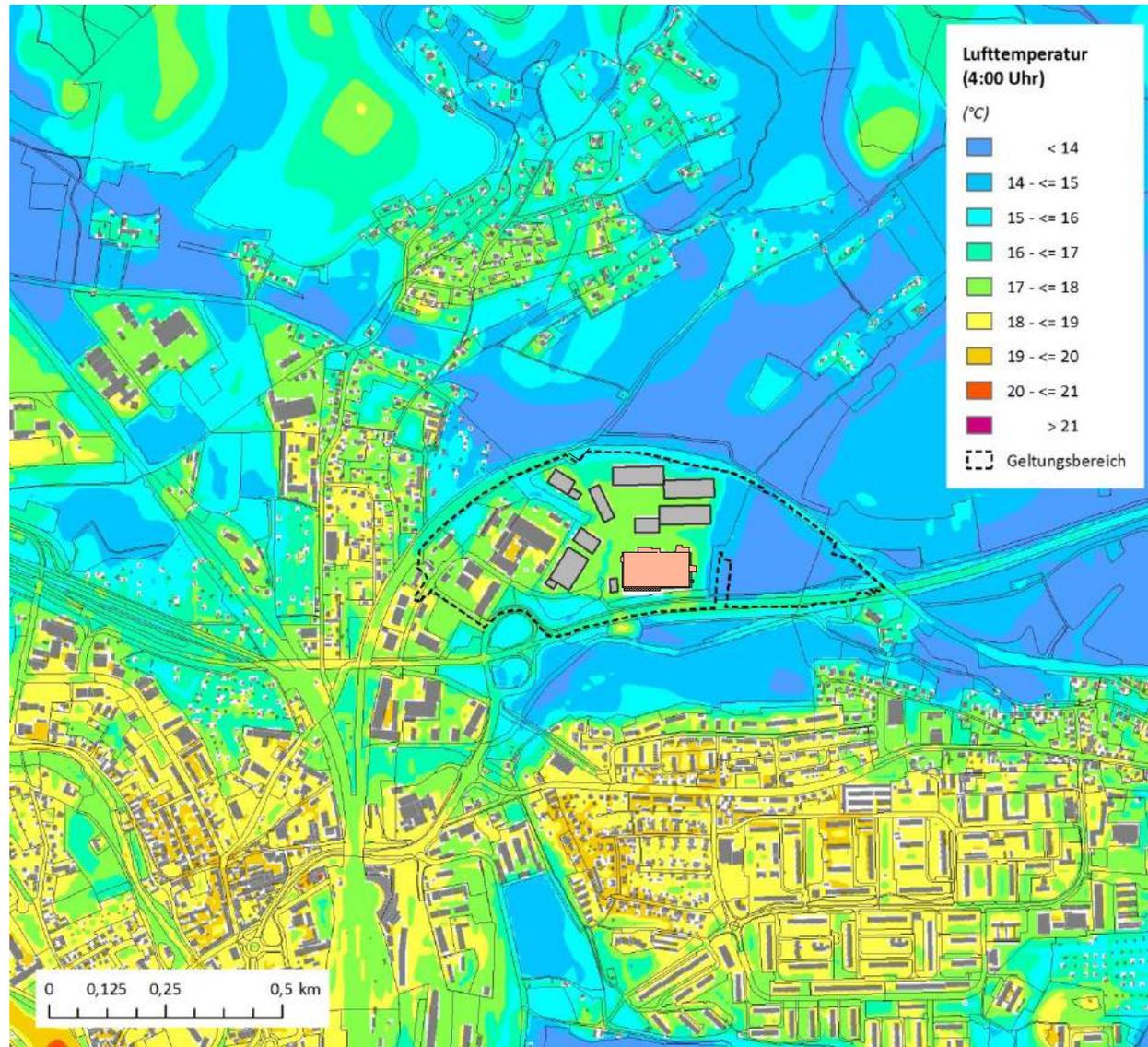


 Potenzieller Baukörper
am Planungsstandort
GHmax = 15 m bzw. 27 m

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 9 Nullvariante, Lufttemperaturverteilung 2 m ü. G. in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr

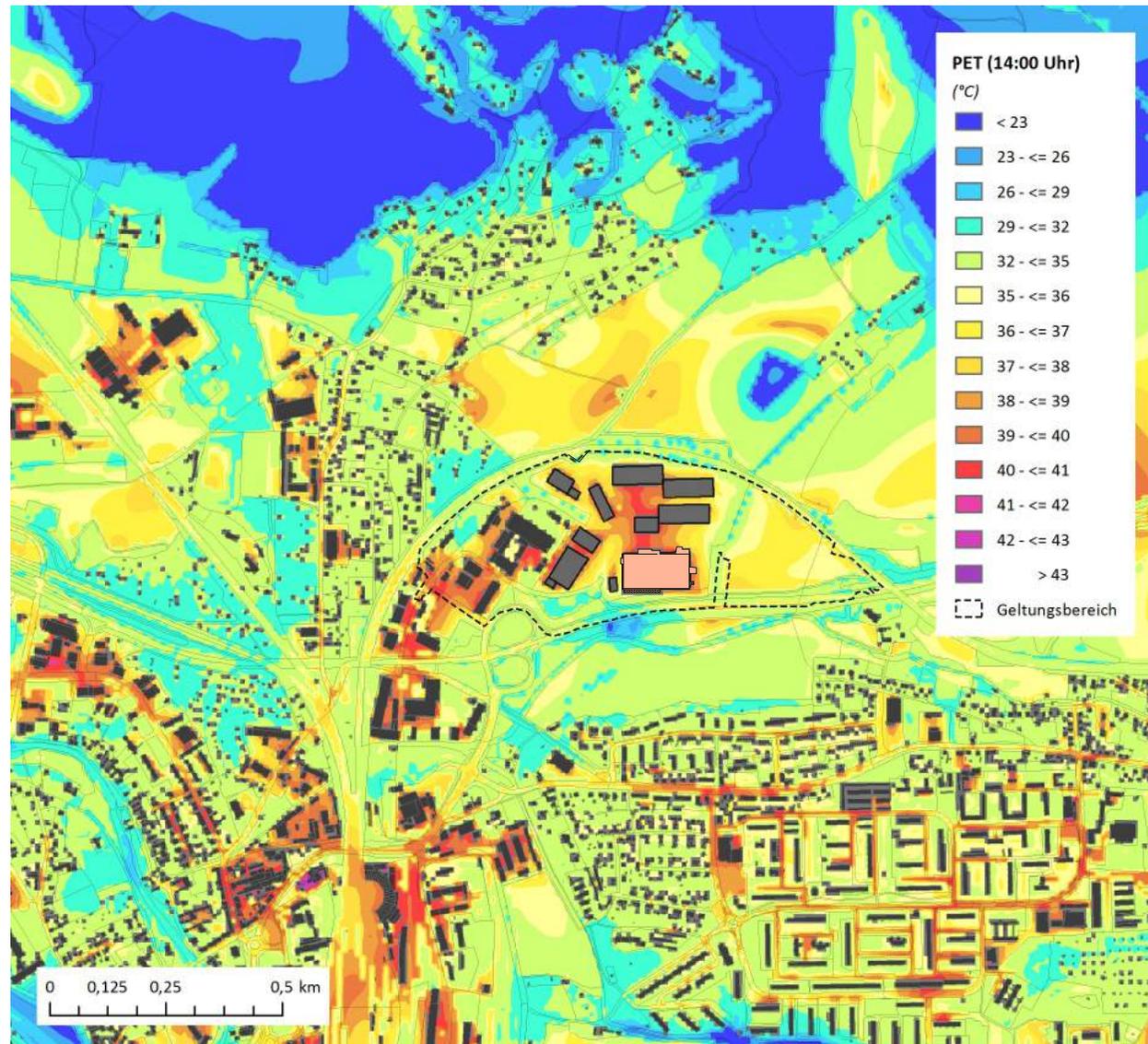


 Potenzieller Baukörper
am Planungsstandort
GHmax = 15 m

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 10 Nullvariante, PET-Werte 2 m ü. G. an einem Sommertag,
Zeitpunkt: 14:00 Uhr

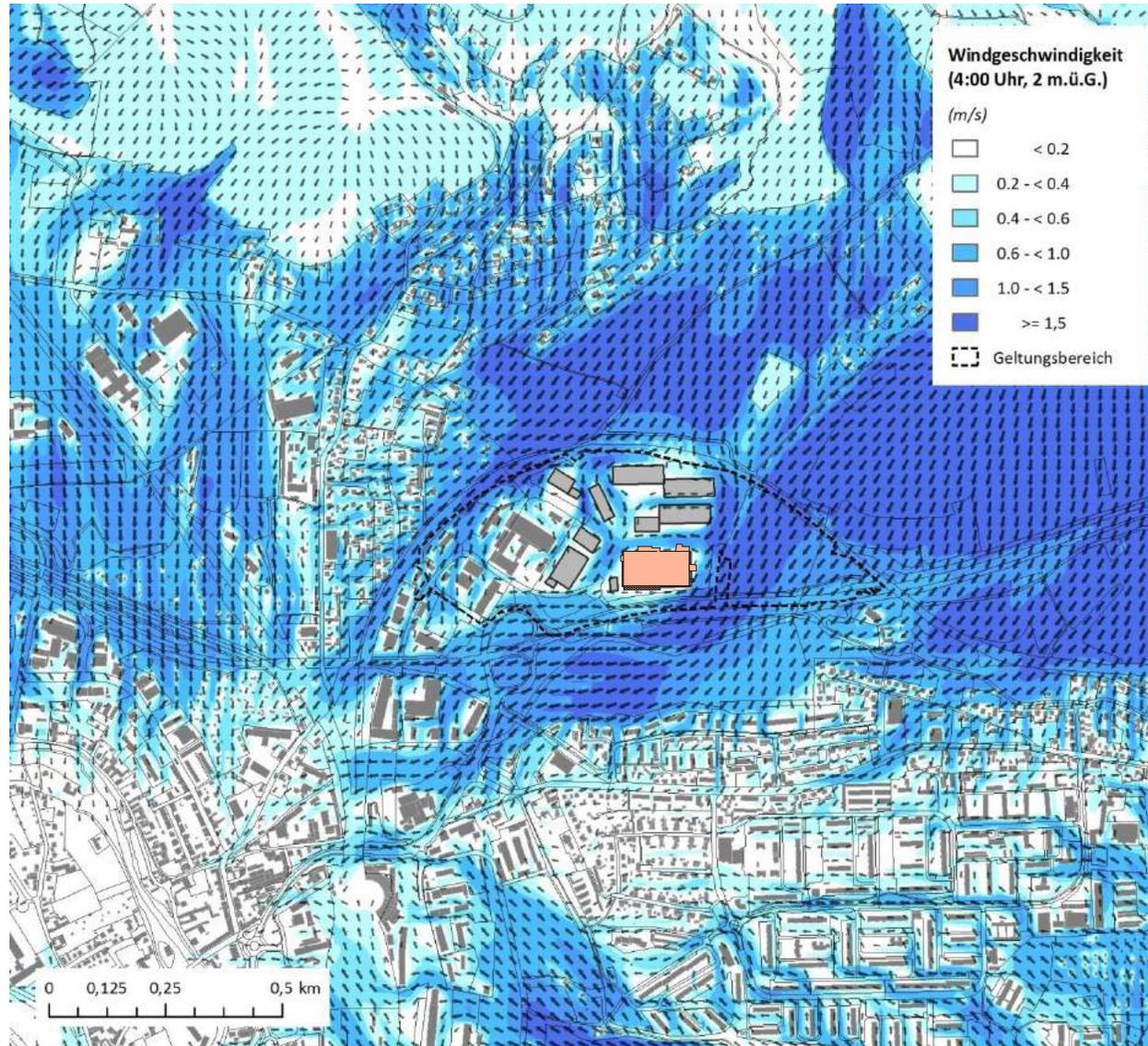


 Potenzieller Baukörper
am Planungsstandort
GHmax = 15 m

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 11 Nullvariante, Kaltluftbewegungen 2 m ü. G. in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr



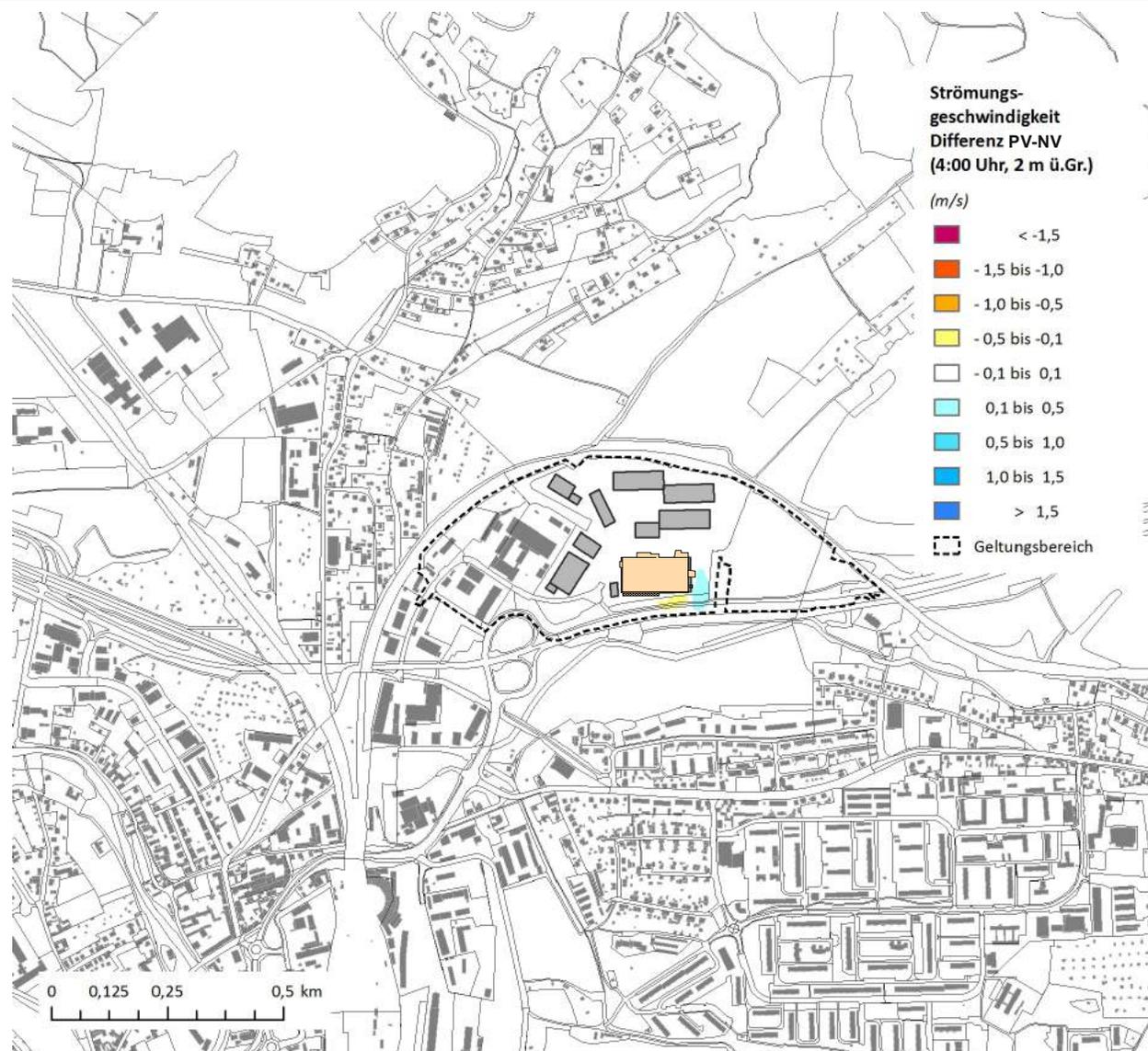
□ Potenzieller Baukörper am Planungsstandort GHmax = 15 m

▬▬▬▬ Richtungsvektoren auf 30 m aggregiert

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36 „Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“, 1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 13 Veränderung der Kaltluftströmungsgeschwindigkeit durch die Planungsvariante gegenüber der Nullvariante in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr

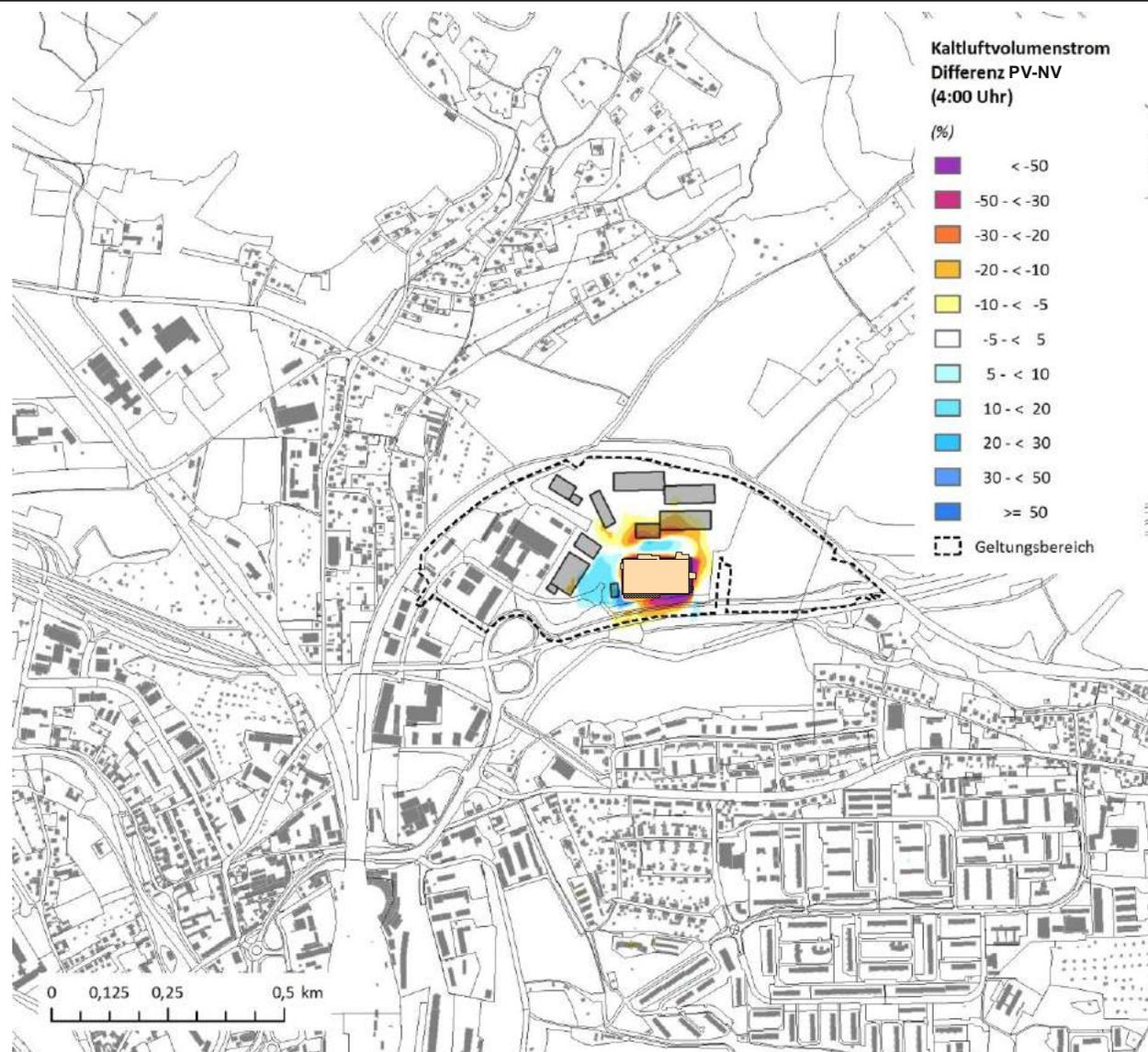


Potenzieller Baukörper
am Planungsstandort
GHmax = 27 m

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale



Abb. 14 Veränderung der Kaltluftvolumenstromdichte durch die Planungsvariante gegenüber der Nullvariante in einer sommerlichen, austauscharmen Strahlungsnacht, Zeitpunkt: 04:00 Uhr



 Potenzieller Baukörper
am Planungsstandort
GHmax = 27 m

Projekt:
Klimaexpertise zum Bebauungsplan Nr. 36
„Gewerbegebiet Am Bahnbogen Saalfeld“,
1. Änderung - Saalfeld/Saale

