



Lohmeyer

**BEBAUUNGSPLAN NR. 65
„INDUSTRIEGEBIET MERSEBURG – SÜD-WEST“
(LEUNA III)**

KLIMAGUTACHTEN

Auftraggeber:

Kreisentwicklungsgesellschaft Saalekreis mbH
Gotthardstraße 35
06217 Merseburg

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dresden / Bochum

M.Sc. Georg. J. Lehmkuhler

Dr. techn. Patrick Hogan

Dr. rer. nat. I. Düring

Dipl.-Met A. Moldenhauer

Oktober 2024
Projekt 10497-24-02
Berichtsumfang 73 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	3
1 ZUSAMMENFASSUNG	6
2 AUFGABENSTELLUNG	11
3 GRUNDLAGEN	14
3.1 Stadtklima/Wärmeinseleffekt	14
3.2 Flurwinde	16
3.3 Kaltluft.....	17
3.4 Thermischer Komfort (Wärmebelastung)	18
4 LOKALKLIMA IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	20
5 VORGEHENSWEISE	22
5.1 MISKAM	22
5.2 PALM-4U	23
6 EINGANGSDATEN	27
6.1 Lage und Relief des Untersuchungsgebiets	27
6.2 Landbedeckung	30
6.2.1 Oberfläche und Vegetation.....	30
6.2.2 Gebäude.....	34
6.3 Meteorologische Daten	36
6.3.1 Eingangsdaten für PALM-4U.....	36
6.3.2 Eingangsdaten für MISKAM	38
7 WINDFELDBERECHNUNGEN AUSSERHALB VON STRAHLUNGSNÄCHTEN	40
7.1 Windkomfort nach VDI 3787 Blatt 4.....	40
7.2 Mittlere Durchlüftung.....	43
8 ERGEBNISSE FÜR EINEN STRAHLUNGSTAG (SCHWACHWIND)	48
8.1 Bioklimatische Situation am Tag.....	48

8.2 Klimatische Situation in den Nachtstunden (Thermische Windsysteme - Kaltluft)	57
8.3 Ergebnisse für die Situation in der Anfangsphase der Kaltluftbildung.....	58
8.4 Ergebnisse für die Situation kurz vor Sonnenaufgang	63
8.5 Fazit und Planungshinweise	69
9 QUELLEN	72
9.1 Literatur	72
9.2 Materialien und Unterlagen.....	73

Hinweise:

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

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Gefühlte Temperatur

Die empfundene Temperatur kann von der gemessenen Lufttemperatur abweichen. Daher wird zur Beschreibung des thermischen Komforts ein bioklimatischer Index, z. B. die Gefühlte Temperatur hinzugezogen, welcher das Temperaturempfinden unter Berücksichtigung der meteorologischen Einflussgrößen Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und der Strahlungstemperatur beschreibt.

Heißer Tag

Ein Heißer Tag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur gleich oder über 30 °C beträgt.

Hitze(-belastung)

Eine Hitzebelastung tritt ein, wenn die Temperaturen in einem bestimmten Gebiet für einen längeren Zeitraum überdurchschnittlich hoch sind. Es gibt keine feste, allgemeingültige Temperaturschwelle, die eine Hitzebelastung definiert, da dies von verschiedenen Faktoren abhängt, einschließlich der jeweiligen klimatischen Bedingungen und der lokalen Anpassungsfähigkeit der Bevölkerung. In der Regel spricht man von einer Hitzebelastung, wenn die Temperaturen deutlich über den normalen Durchschnittstemperaturen für einen bestimmten Ort und eine bestimmte Jahreszeit liegen und/oder wenn es zu Hitzewellen kommt. Hitzewellen sind längere Zeiträume mit außergewöhnlich hohen Temperaturen im Vergleich zur typischen Wetterlage in der Region.

Klima

Als Klima definiert man das langjährige Mittel und die Schwankungen des jährlichen Ablaufs der Witterung eines Gebietes, wobei unter Witterung der Wetterzustand einer Zeitspanne von mehreren Tagen verstanden wird (Scherhag et al., 1977). Der Wetterzustand wird beschrieben durch meteorologische Größen wie Wind, Temperatur, Feuchte, Sonnenscheindauer, Strahlungsmenge und Niederschlag.

Man unterscheidet das regionale Klima (mehrere 10 km) und das lokale Klima (ca. 100 m bis mehrere km). Wichtige Einflussgrößen für das regionale und lokale Klima sind, ausgehend von der geographischen Situation und der Verteilung der großräumigen Wetterlagen, die Topographie (z. B. Geländeform, Exposition) und das Muster der Landnutzung.

Im Rahmen der hier vorliegenden Planung sind die Auswirkungen der Planung auf das lokale Klima der Umgebung und die zu erwartenden klimatischen Verhältnisse im unmittelbaren Nahbereich der Maßnahme von besonderem Interesse.

Kaltluft (-abfluss/-strömungen)

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen (autochthone Wetterlage) können sich nachts oberhalb von Frei- oder Vegetationsflächen Kaltluftmassen bilden. Kalte Luft ist schwerer als die wärmere Umgebungsluft und kann über geneigtem Gelände hangabwärts (Kaltluftabfluss) fließen. Die Fließgeschwindigkeit der Kaltluft hängt ab von der Hangneigung, der Bodenrauigkeit und der Größe des Kaltlufteinzugsgebiets. Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark vom Untergrund ab: Freilandflächen weisen beispielsweise hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluft neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) verhalten.

Kaltluftstaugebiete und Kaltluftsammelgebiete

Geländemulden, Senken und Täler wirken als nächtliche Kaltluftsammelgebiete. Die dort in windschwachen wolkenarmen Strahlungsnächten von den Kaltlufteinzugsgebieten der Hänge und Höhen zusammenfließende Kaltluft lässt niedrigere nächtliche Temperaturminima entstehen, die am Tage - insbesondere im Sommer - durch die für Täler typischen Übergangstemperaturen im statistischen Mittel wieder ausgeglichen werden.

Sommertag

Ein Sommertag ist ein Tag, an dem das Maximum der Lufttemperatur gleich oder über 25 °C beträgt.

Stadtklima

Das Stadtklima ist eines gegenüber dem Umland durch anthropogene Einflüsse (Bebauung, Emissionen) verändertes Mesoklima. Es unterscheidet sich oftmals signifikant von den klimatischen Bedingungen in ländlichen Gebieten oder natürlichen Landschaften. Das Stadtklima ist eine Folge der Wechselwirkung zwischen der städtischen Infrastruktur, der Bebauung, der versiegelten Oberflächen, der Verkehrsbelastung und der natürlichen Umgebung.

Windsysteme

a) Allgemeines

Als Wind wird in der Meteorologie die gerichtete Bewegung der Luft bezeichnet. Ursache des Windes sind Luftdruckunterschiede. Wirkt nur die Kraft eines horizontalen Druckgradienten, entsteht der Euler-Wind, der nur in kleinräumigen Phänomenen eine Rolle spielt.

Wird bei großräumigen Bewegungen der Einfluss der Erdrotation spürbar, so tritt die Corioliskraft zur Druckgradientkraft hinzu. Der Wind weht isobarenparallel und wird geostrophischer Wind genannt. Sind die Isobaren gekrümmt, so tritt die Zentrifugalkraft hinzu. Dieser Wind wird Gradientwind genannt und kommt dem realen Wind noch etwas näher als der geostrophische Wind. Werden Winde in der atmosphärischen Grenzschicht (Bodennähe) betrachtet, so ist zusätzlich die Kraft der Bodenreibung zu berücksichtigen.

Für die kleinräumigen Betrachtungen innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht spielt die Corioliskraft keine relevante Rolle. Für die Luftbewegung und ihre räumliche Ausprägung (Windfeld) gewinnen Relief und Landnutzung an Bedeutung.

b) allochthone Windsysteme

Der Gradientwind als größte Näherung des realen Windes (siehe oben) ist als solcher nur in höheren Luftschichten ungestört zu beobachten. Die Erdoberfläche bremst die Luftbewegung. Die Reibungsschicht ist im Allgemeinen 1 000 m bis 1 500 m hoch. Innerhalb dieser Reibungsschicht zeigt sich eine Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Allochthone Wetterlagen sind Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten, so genannte Gradientwindlagen.

c) autochthone Windsysteme

Bei gradientschwachen Wetterlagen (Strahlungswetterlagen) oder bei einer Abkopplung der bodennahen Strömung durch stabile Schichtung der Atmosphäre können auch schwächere Druckunterschiede (durch lokal unterschiedliche Erwärmung) Luftströmungen von kaum spürbaren Luftbewegungen bis hin zu mittleren und hohen Windgeschwindigkeiten hervorrufen. Wie der Name also bereits impliziert, entstehen thermisch induzierte Windsysteme als Ausgleichsströmung zwischen verschiedenen thermischen Regimes innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht. Vertreter thermisch induzierter Prozesse sind Land- und Seewind, Flurwinde, Berg- und Talwind und Kaltluftströmungen.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Kreisentwicklungsgesellschaft Saalekreis mbH beabsichtigt ein neues ca. 200 ha großes Industriegebiet westlich des bestehenden Chemieparks in Leuna zu erschließen, in welchem sich Betriebe der chemischen Industrie ansiedeln sollen.

Im Rahmen der derzeit laufenden Durchführung eines Bebauungsplanverfahrens sowie der Aufstellung eines Flächennutzungsplans ist ein klimaökologisches Gutachten für das Plangebiet zu erstellen.

Mit dem Gutachten sollen die Veränderungen der folgenden klimaökologischen Parameter für ein Worst-Case-Szenario (Ausschöpfen der Baugrenzen, maximale Höhen, ohne Berücksichtigung potenzieller Minderungsmaßnahmen) untersucht werden:

- thermische Indizes (VDI 3787 Blatt 2)
- Windklima (VDI 3787 Blatt 4)
- Kaltluftentstehung und Kaltluftabfluss (VDI 3787 Blatt 5)

Zur Quantifizierung und Bewertung planungsbedingter lokalklimatischer Veränderungen werden mikroklimatische Simulationsrechnungen für den Masterplan und die angrenzenden Siedlungsflächen durchgeführt, um Aussagen zur Wärmebelastung und zum Einfluss von thermischen Windsystemen sowie zu den Durchlüftungsbedingungen zu erarbeiten.

Aus den Ergebnissen der Modellierung sollen Empfehlungen für die klimaoptimierte Planung unter Berücksichtigung einer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit für ein Industriegebiet der chemischen Industrie sowie Formulierungen vollzugsfähiger Handlungsempfehlungen für die Bauleitplanung (u. a. Festsetzungsmöglichkeiten gemäß § 9 BauGB) abgeleitet werden.

Aufgrund der geplanten baulichen Verdichtung ist zu prüfen, ob es bei einer Realisierung der geplanten Bebauung im Plangebiet und im Bereich der angrenzenden Bestandsbebauung zu negativen Auswirkungen auf die thermische Belastungssituation kommt und ob relevante klimaökologische Funktionen eingeschränkt werden. Die Simulationsrechnungen für einen Strahlungstag wurden mit dem Stadtklimamodells PALM-4U durchgeführt, die mittleren Strömungsverhältnisse außerhalb eines Strahlungstages wurden mit dem prognostischen Strömungsmodell MISKAM ermittelt.

Im Rahmen des Gutachtens wurden auf der Grundlage der genannten Simulationsrechnungen für den zugrunde gelegten Entwurf Aussagen zu den Themenkomplexen Temperatur/Über-

hitzung/Belüftung/Durchlüftung erarbeitet. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse waren die thermischen Verhältnisse für einen „Heißen Tag“ im Sommer zu bewerten und ggf. Möglichkeiten zur Optimierung der lokalen Situation aufzuzeigen. Ziel ist, eine Bedrohung oder Gefährdung der Gesundheit zu vermeiden, allgemeine Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse zu gewährleisten sowie unzumutbare Beeinträchtigungen des allgemeinen Wohlbefindens auszuschließen.

Die lokalklimatischen Modellierungen erfolgten für eine sommerliche autochthone Wetterlage (ohne Bewölkung und sehr niedrige Windgeschwindigkeiten; „Heißer bzw. Hitzetag“) unter Berücksichtigung der Lage und Höhe der Gebäude sowie der Landnutzung inkl. Bäumen/Wald. Die Simulationsergebnisse sollen potenzielle durch Hitze belastete Bereiche aufdecken, so dass die Ergebnisse für darauf aufbauende Planungen zur strategischen Anordnung von Klimaanpassungsmaßnahmen zur Steigerung der Aufenthaltsqualität durch Verringerung der Hitzeentwicklung genutzt werden können.

Für die Untersuchungen zum Hitzestress wurde die bodennahe Lufttemperatur, das bodennahe Windfeld sowie zur Beschreibung der Wärmebelastung eine bioklimatische Kenngröße (UTCI) für den wärmsten Tageszeitraum sowie für den Nachtzeitraum kurz nach Sonnenuntergang und zum kühlgsten Zeitpunkt kurz vor Sonnenaufgang analysiert.

Ergebnis

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass der geplante neue Chemiapark zu einer lokalen Aufheizung der Luft auf dem Plangebiet und dessen unmittelbarer Umgebung führt. Lokal kommt es zu einer Verringerung der Kaltluftproduktion auf denjenigen Flächen, die bebaut werden sollen und die geplanten Gebäude führen zudem zu einem Aufzehren der Kaltluft von unten und lokal zu Umlenkungs- und Überströmungseffekten. Obwohl bei der Prüfung des Planfalls und dessen Auswirkungen ein sehr ungünstiger Zustand betrachtet wurde (alle vorgesehenen Bauflächen sind durchgängig mit der maximalen Bauhöhe von 40 m angesetzt worden), kommt es in den umliegenden Siedlungsbereichen überwiegend nicht zu Änderungen der Lufttemperatur oder zu Änderungen der thermischen Belastung. Auch die Belüftungsverhältnisse in Strahlungsnächten werden in den umliegenden Siedlungsbereichen kaum beeinträchtigt. Geringe Beeinträchtigungen sind am südlichen Ortsrand von Beuna und Kötzschen nicht auszuschließen, und zwar sowohl am Tage als auch in der Nacht. Die dort im Istzustand vorhandenen lokalklimatischen Vorzüge durch die Lage im Nahbereich einer großen kaltluftproduzierenden Fläche werden zum Teil reduziert. Trotzdem sind dort auch im Planfall lokalklimatisch günstigere Verhältnisse vorhanden als in dicht bebauten Innenstadt-

bereichen. Als günstig bewertet wird dort, dass die geplante Bebauung nicht über die L 178n hinaus reicht. Es verbleibt ein ca. 350 m bis 700 m breiter unbebauter und unbefestigter Streifen. Dadurch können die Auswirkungen auf die nördliche Wohnbebauung reduziert werden.

Auch der unbebaute Streifen zwischen der Halde östlich der B 91 und den geplanten Baufens-tern des Plangebietes ist positiv zu bewerten, da dieser breit genug ist, um auch im Planfall Kaltluft bzw. Ausgleichsströmungen nach Norden abfließen zu lassen.

Im östlich des Plangebietes liegenden Gewerbegebiet „Merseburg Süd“ werden in Strahlungs-nächten ebenfalls erhöhte Temperaturen festgestellt, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind, da es sich nicht um Wohnbebauung handelt.

Außerhalb von Strahlungsnächten wurde zudem nachgewiesen, dass sich die Durchlüftung der umliegenden Siedlungsbereiche im Jahresmittel nicht verschlechtern wird. Leichte Verschlechterungen der Durchlüftung ergeben sich im Bereich des Industriegebietes „Merseburg Süd“ und im östlichen Teil des bestehenden Chemieparks Leuna unmittelbar auf der anderen Straßenseite der B 91 südlich der dortigen Halde.

Zudem wurde qualitativ aufgezeigt, dass sich in den Siedlungsbereichen der Windkomfort durch die Planung nicht verändert. Der Windkomfort innerhalb des Planungsgebietes kann erst genauer betrachtet werden, wenn die Planungen für eine realistische Bebauung vorliegen.

Bei den Betrachtungen ist zu berücksichtigen, dass mit Hilfe der Klimasimulation ein Beispiel-tag in Form eines standorttypischen Hitzetages in einer Worst-Case-Betrachtung nachgebildet wird und die absoluten Temperaturwerte an einem Sommertag abweichen können. Der Fokus der Analyse liegt auf den relativen räumlichen Temperaturunterschieden und den Veränderungen, die sich durch die Planung insbesondere im Bereich der Bestandsbebauung ergeben können. Außerdem wurde eine sehr ungünstige Planungsvariante betrachtet. Tatsächlich ist überwiegend mit kleineren Gebäudekomplexen zu rechnen, die nicht überall die maximal erlaubte Höhe ausschöpfen. Die tatsächlichen Auswirkungen sind damit geringer.

Planungshinweise

Die Auswirkungen der Planung auf umliegende Siedlungsbereiche sind auch bei maximaler Ausprägung ohne Berücksichtigung beispielsweise von Ventilationsbahnen oder Kaltluftschneisen relativ gering. Für eine weitere Minimierung des Einflusses empfehlen wir die Umsetzung folgender Planungshinweise:

- Bei der Planung von Gebäudestrukturen sollten im Bereich der sonnenexponierten Süd- und Westfassaden sowie von geplanten versiegelten Stellplatzflächen über Baumpflanzungen nachgedacht werden. Der Schattenwurf der Bäume auf die Gebäudefassaden vermindert die Aufheizung der Gebäude bzw. der Stellplätze selbst und wirkt sich somit positiv auf das Raumklima aus. Dadurch verringert sich der Kühlbedarf im Sommer, was durch den geringeren Energiebedarf zum Klimaschutz beiträgt und Kosten spart. Durch die geringere tägliche Aufheizung wird auch nachts weniger Wärme von der Baumasse an die Umgebung abgegeben. Dies führt zu einer Reduzierung der nächtlichen Lufttemperatur im Plangebiet und in der Umgebung. Neben dem Schattenwurf weisen Bäume zusätzliche positive klimaökologische Effekte auf, wie die Staubfilterung aus der Luft, die Sauerstoffbildung und die Kühlung der Umgebungsluft durch Verdunstung.
- Neben der klimawandelbedingten Zunahme von Hitzeperioden und Starkregenereignissen werden in Zukunft ebenfalls zunehmende Dürrephasen prognostiziert. Grünflächen erzielen ihre höchste Klimawirksamkeit, wenn diese genügend Wasser zu Verfügung haben. Mit abnehmender Bodenfeuchte nimmt auch die Wirksamkeit von Kaltluft und anderen relevanten Klimafunktionen ab, was sich negativ auf die thermischen Verhältnisse auswirkt. Für potenziell geplante unversiegelte Grünflächenbereiche im Plangebiet ist daher die Sicherung der Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen auch während langanhaltender Hitzeperioden von besonderer Bedeutung. Maßnahmen zur (Zwischen-)Speicherung von Regenwasser gewinnen dabei immer mehr an Bedeutung im Kontext einer klimaanangepassten Gebäudeentwicklung. Zu den Maßnahmen gehören u. a. Rigolen oder Zisternen, welche das Regenwasser sammeln und zwischenspeichern. So kann Regenwasser den Pflanzen im Plangebiet an trockenen Sommertagen zur Verfügung stehen und damit deren Klimawirksamkeit zur Reduzierung der Wärmebelastung an solchen Tagen ermöglicht werden.
- Außerdem sollte eine Dachbegrünung bei der Umsetzung aus lokalklimatischer Sicht berücksichtigt werden. Durch die Begrünung der Dachflächen wird die Aufheizung der Oberflächen und somit die Lufterwärmung und die Wärmespeicherung in den Bauteilen gemindert. Dies wirkt sich ganztägig positiv auf die Wärmebelastung im Außenbereich aus und verbessert den thermischen Komfort im Inneren der Gebäude. Eine Dachbegrünung leistet auch einen Beitrag zum Hochwasserschutz, da hierdurch Niederschlagswasser zurückgehalten wird.

- Oberflächen von Verkehrsflächen sollten möglichst teildurchlässig gestaltet werden, um eine Versickerung von Niederschlagswasser zu ermöglichen.
- Für Außenwände und Bodenbeläge im Außenbereich sind möglichst Materialien mit einer niedrigen Wärmekapazität zu favorisieren, um eine starke Überhitzung der Oberflächen und eine starke Wärmespeicherung in den Baustoffen zu vermeiden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Kreisentwicklungsgesellschaft Saalekreis mbH beabsichtigt ein neues ca. 200 ha großes Industriegebiet westlich des bestehenden Chemieparks in Leuna zu erschließen, in welchem sich Betriebe der chemischen Industrie ansiedeln sollen (vgl. **Abb. 2.1**). Der zugehörige Masterplan ist in **Abb. 2.2** dargestellt.

Im Rahmen der derzeit laufenden Durchführung eines Bebauungsplanverfahrens sowie der Aufstellung eines Flächennutzungsplans ist ein klimaökologisches Gutachten für das Plangebiet zu erstellen.

Mit dem Gutachten sollen die Veränderungen der folgenden klimaökologischen Parameter für ein Worst-Case-Szenario (Ausschöpfen der Baugrenzen, maximale Höhen, ohne Berücksichtigung potenzieller Minderungsmaßnahmen) untersucht werden:

- thermische Indizes (VDI 3787 Blatt 2)
- Windklima (VDI 3787 Blatt 4)
- Kaltluftentstehung und Kaltluftabfluss (VDI 3787 Blatt 5)

Zur Quantifizierung und Bewertung planungsbedingter lokalklimatischer Veränderungen werden mikroklimatische Simulationsrechnungen für den Masterplan und die angrenzenden Siedlungsflächen durchgeführt, um Aussagen zur Wärmebelastung und zum Einfluss von thermischen Windsystemen sowie zu den Durchlüftungsbedingungen zu erarbeiten.

Aus den Ergebnissen der Modellierung sollen Empfehlungen für die klimaoptimierte Planung unter Berücksichtigung einer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit für ein Industriegebiet der chemischen Industrie sowie Formulierungen vollzugsfähiger Handlungsempfehlungen für die Bauleitplanung (u. a. Festsetzungsmöglichkeiten gemäß § 9 BauGB) abgeleitet werden.

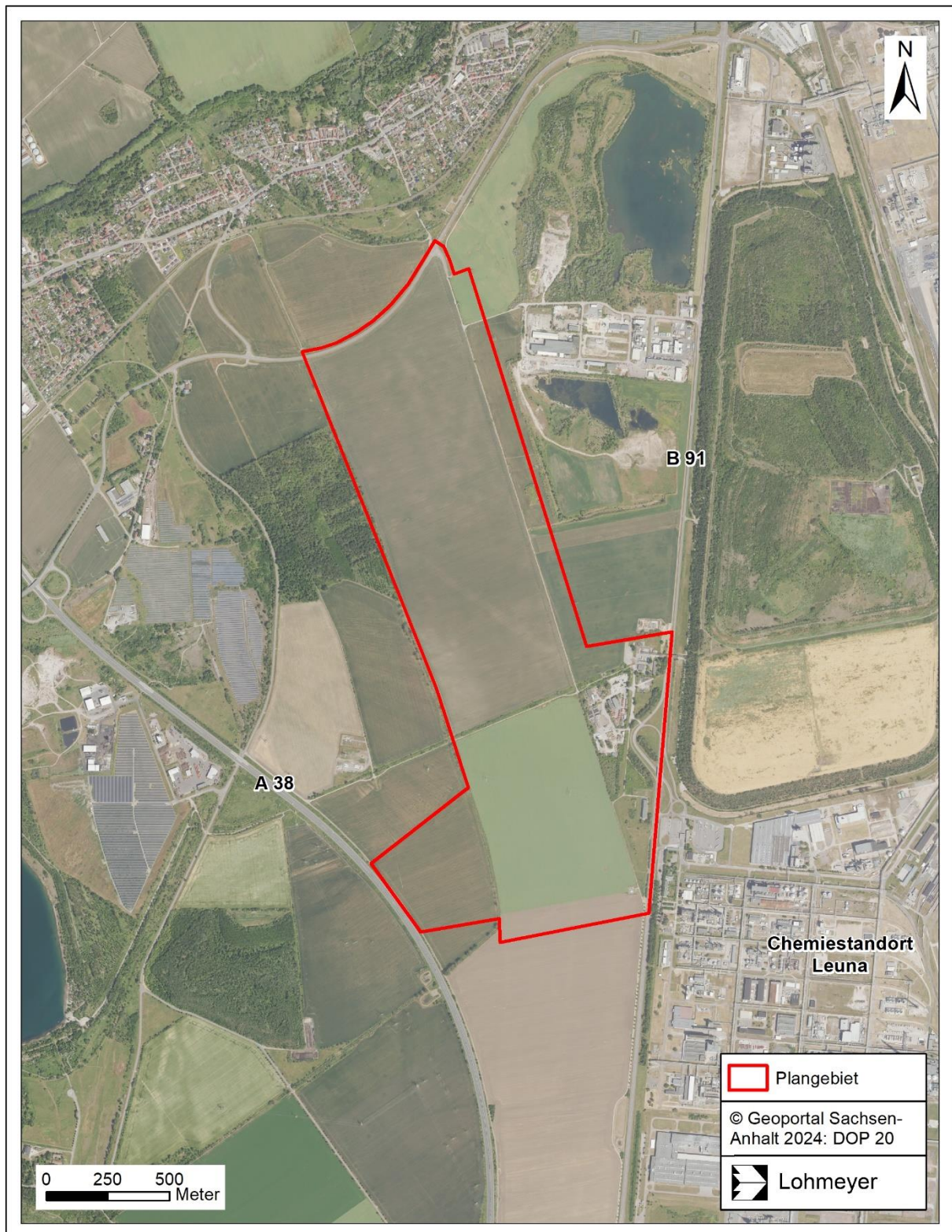


Abb. 2.1: Lage der Projektgrenze



3 GRUNDLAGEN

Die zunehmende Urbanisierung geht mit spürbaren Veränderungen im Stadtklima einher. Die verstärkte Bebauung, versiegelte Flächen und industrielle Aktivitäten führen zu einer urbanen Wärmeinselwirkung, die zu höheren Temperaturen in Städten im Vergleich zu ländlichen Gebieten führt. Dieses veränderte Stadtklima hat Auswirkungen auf die Lebensqualität der Bewohner und erfordert gezielte Maßnahmen in der städtischen Planung, um nachhaltige und klimaangepasste Lebensräume zu schaffen.

Zusätzlich sind die Folgen des Klimawandels mehr und mehr zu spüren. Siedlungsbereiche reagieren besonders sensibel auf die Auswirkungen des Klimawandels, der u. a. eine Zunahme von Hitzeperioden und den damit verbundenen Hitzestress zur Folge hat. Hierbei stellt der thermische Komfort ein wichtiger Einflussfaktor für die Gesundheit der Bevölkerung dar, insbesondere für vulnerable Gruppen wie ältere Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen und Kleinkinder.

Im kommenden Abschnitt werden die für urbane Räume relevanten Klimafunktionen kurz erläutert.

3.1 Stadtklima/Wärmeinseleffekt

Typische urbane Flächen mit dichten Bebauungsstrukturen und einem hohen Versiegelungsgrad tragen zur Bildung eines Stadtklimas bei, welches definiert ist als das durch Bebauung und Emissionen gegenüber dem Umland veränderte Lokalklima. Aufgrund der in der Regel heterogenen städtischen Strukturen kann es innerhalb der Stadt zur Ausbildung eines differenzierten Mikroklimas kommen (vgl. **Abb. 3.1**).

Insbesondere an sommerlichen und wolkenarmen Nächten ist eine Überwärmung der Innenstädte größerer Ballungszentren gegenüber dem Umland zu beobachten, auch als städtischer Wärmeinseleffekt bekannt. An heißen Sommertagen speichern künstliche Oberflächen, wie Straßen, Gehwege oder Gebäudefassaden, die Wärmeenergie der Sonneneinstrahlung besonders gut. Vor allem dunkle Oberflächen (z. B. Asphalt) haben eine geringe Albedo, was bedeutet, dass sie einen hohen Anteil der Sonneneinstrahlung als Wärmeenergie speichern, statt zu reflektieren. Nachts wird diese Wärme wieder an die Umgebungsluft abgegeben. Natürliche Oberflächen kühlen vergleichsweise schneller aus. Daher ist es nachts im Bereich dicht bebauter Gebiete in der Regel deutlich wärmer als im städtischen Umland.

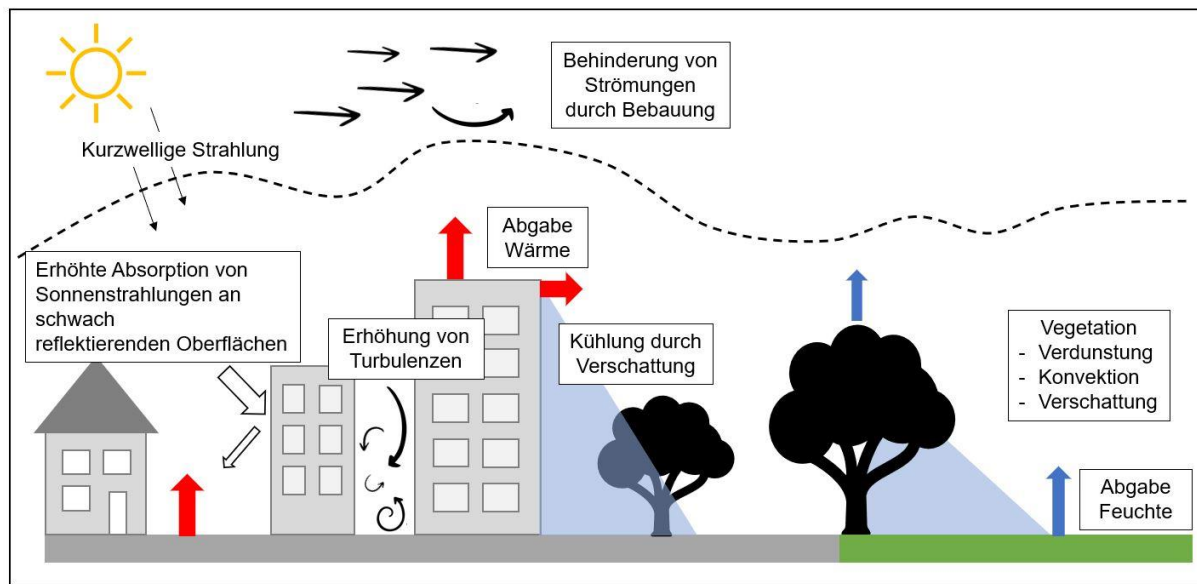


Abb. 3.1: Schematische Darstellung von relevanten klimatischen Funktionen im Stadtgebiet (eigene Darstellung)

Eingeschränkte Durchlüftungsverhältnisse durch eine dichte Bebauungsstruktur können den Wärmeinseleffekt zusätzlich verstärken. Die erhöhte Rauigkeit der Oberfläche sowie die Barrierewirkung dichter Bebauung führen zu Einschränkungen im Windfeld mit reduzierten mittleren Strömungsgeschwindigkeiten und somit zu einer verringerten Frischluftzufuhr. Relevante Einflussfaktoren für das nächtliche Wärmeempfinden sind daher nächtliche Frischluft- und Kaltluftbahnen: Eine ausreichende nächtliche Belüftung trägt zur Durchmischung von erwärmten städtischen Luftmassen mit kühleren Luftmassen der Umgebung bei, was eine Reduzierung der Lufttemperatur zur Folge haben kann. Tagsüber können durch die städtische Bebauung auch lokal begrenzte positive Auswirkungen auf die Temperaturverhältnisse auftreten. So kann sich in dicht bebauten Stadtvierteln durch den Schattenwurf der Gebäude die Luft auf sonnenabgewandten Gebäudebereichen weniger stark erwärmen als auf unverschatteten Freiflächen.

Infolge der Baukörper- und verschiedenen Oberflächenstrukturen bilden sich innerhalb der "Stadt" mehrere differenzierte urbane Mikroklimata aus (Innenstadt- oder Stadtrandklima, Parkklima, Klima und Gewerbegebiet usw.). So wird durch die erhöhte Oberflächenversiegelung und den hiermit verbundenen geringen Grünanteil in städtischen Strukturen die Verdunstung reduziert, was zu einer Erhöhung der Temperatur in innerstädtischen Bereichen führt. Über versiegelten Flächen erfolgt zudem eine stärkere Wärmespeicherung der einfallenden Strahlung. Diese Wärme wird nachts wieder an die Umgebungsluft abgegeben und sorgt für eine gegenüber dem Umland deutlich reduzierte nächtliche Abkühlung.

Grünanlagen dagegen können das Mikroklima in Städten positiv beeinflussen. Durch den Schatten der Bäume und die Verdunstungskühlung von Pflanzen kann die Umgebungstemperatur in städtischen Gebieten gesenkt werden. Dies trägt dazu bei, die Auswirkungen von Hitzeeinseln zu verringern und ein angenehmeres Klima zu schaffen. Neben der Verbesserung des Mikroklimas steigern Grünflächen auch die Aufenthaltsqualität der Stadträume. Durch die Schaffung solcher Grünsysteme können städtische Räume wie Klimaoasen wirken und ihre Umgebung positiv beeinflussen. Je größer die Grünanlage ist, desto höher ist die bioklimatische Bedeutung dieser Fläche als Ausgleichsraum.

3.2 Flurwinde

Flurwinde bezeichnet man bodennahe thermische Luftströmungen, die durch lokale Druckunterschiede und Temperaturvariationen entsteht. Diese Ausgleichsströmungen können sich auf verschiedenen Maßstäben entwickeln. Das bekannteste Beispiel sind Ausgleichsströmungen zwischen einer Stadt und seiner Umgebung. Während eines heißen Sommertages können sich große Temperaturunterschiede zwischen der warmen Stadt und dem kühleren Umland entwickeln, damit verbundene Druckunterschiede müssen durch Ausgleichsströmungen ausgeglichen werden (vgl. **Abb. 3.2**), das sind die sogenannten Flurwinde. Darüber hinaus können kleinräumige Ausgleichsströmungen mit sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten innerhalb des Stadtgebietes aufgrund von Temperaturunterschieden zwischen Grünflächen und bebauten Flächen auftreten.

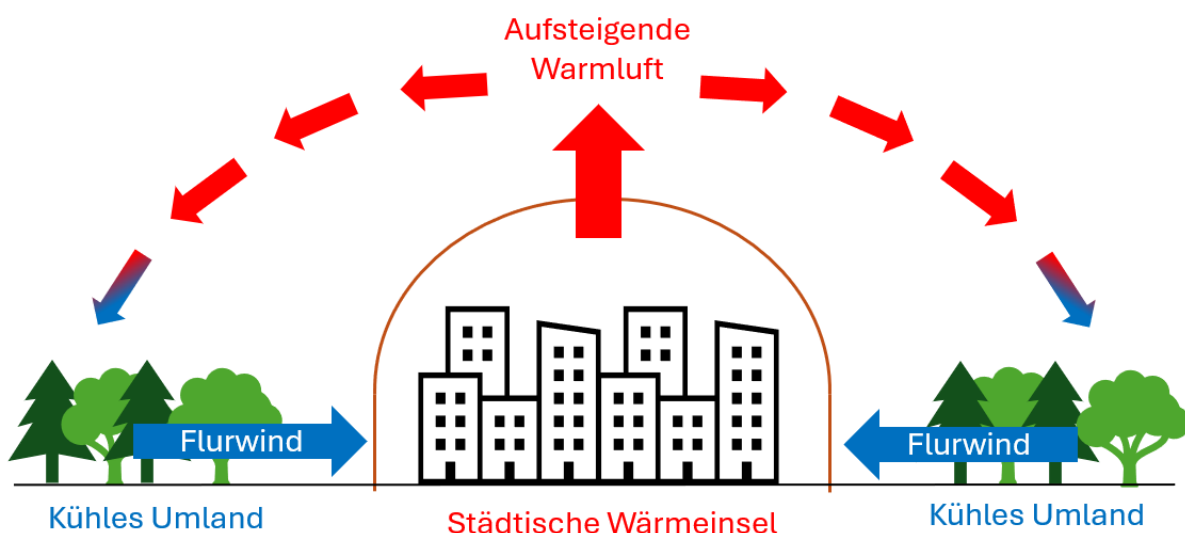


Abb. 3.2: Schematische Darstellung von Flurwinden als Windsystem zwischen Stadt und Umland (eigene Darstellung)

Flurwinde tragen zur Durchmischung der Luftschichten bei und können die Verteilung von Wärme, Feuchtigkeit und Schadstoffen in der Atmosphäre signifikant beeinflussen. Sie gehören damit zu den relevanten Klimafunktionen zur Verbesserung des Stadtklimas.

3.3 Kaltluft

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen können sich nachts über geneigtem Gelände sogenannte Kaltluftabflüsse bilden; dabei fließt in Bodennähe (bzw. bei Wald über dem Kronenraum) gebildete kalte Luft hangabwärts. Die Dicke solcher Kaltluftschichten liegt meist zwischen 1 m und 50 m. In Kaltluftsammlgebieten, in denen sich die Kaltluft staut, kann die Schicht auf über 100 m anwachsen. Die typische Fließgeschwindigkeit der Kaltluft liegt in der Größenordnung von 1 m/s bis 3 m/s. Die folgenden beiden meteorologischen Bedingungen müssen für die Ausbildung von Kaltluftabflüssen erfüllt sein:

- wolkenarme Nächte: durch die aufgrund fehlender Wolken reduzierte Gegenstrahlung der Atmosphäre kann die Erdoberfläche kräftig auskühlen
- großräumig windschwache Situation: dadurch kann sich die Tendenz der Kaltluft, an geneigten Flächen abzufließen, gegenüber dem Umgebungswind durchsetzen.

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark vom Untergrund ab: Freilandflächen weisen beispielsweise hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) verhalten.

Die Kaltluftbildung und Entwicklung der Kaltluftströmung entsteht an wind- und wolkenarmen Tagen nach Sonnenuntergang, indem vegetationsbestandene Flächen gegenüber versiegelten Flächen oder Wasserflächen intensiver und rascher abkühlen. Damit kühlt auch die darüber gelegene Luftschicht intensiver und rascher ab. Bei geneigtem Gelände setzen sich diese kühlen Luftmassen der Geländeneigung folgend in Bewegung und bilden Hangabwinde. In Einschnitten und Tälern werden die Hangabwinde zusammengeführt und bilden intensive Kaltluftströmungen aus, die beispielsweise die nächtliche Belüftung von Siedlungsgebieten fördern können. In Mulden und vor lang gestreckten Hindernissen quer zur Kaltluftströmung entstehen Kaltluftstagnationsbereiche, die sehr stark auskühlen können. In solchen Kaltluftstagnationsbereichen liegt die bodennahe Lufttemperatur bei Kaltluftbedingungen um einige Kelvin unter der Lufttemperatur umliegender Bereiche. Damit besteht dort eine höhere Frostgefährdung.

Unter Umweltgesichtspunkten hat Kaltluft, wie in der VDI-Richtlinie „Lokale Kaltluft“ (VDI 3787 Blatt 5, 2003) zusammenfassend beschrieben, eine doppelte Bedeutung: zum einen kann

Kaltluft nachts für Belüftung und damit Abkühlung thermisch belasteter Siedlungsgebiete sorgen. Zum anderen sorgt Kaltluft, die aus Reinluftgebieten kommt, für die nächtliche Belüftung schadstoffbelasteter Siedlungsräume. Kaltluft kann aber auch auf ihrem Weg Luftbeimengungen (Autoabgase, Geruchsstoffe etc.) aufnehmen und transportieren. Nimmt sie zu viele Schadstoffe auf, kann ihr Zufluss von Schaden sein. Für die Regional- und Stadtplanung ist es daher von großer Bedeutung, eventuelle Kaltluftabflüsse in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ bestimmen zu können.

3.4 Thermischer Komfort (Wärmebelastung)

In der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 2 (2008) werden standardisierte Bewertungsverfahren der Human-Biometeorologie für die auf den Menschen bezogene Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene (Bioklima) bei der räumlichen Gesamtplanung bereitgestellt.

Der thermische Wirkungskomplex umfasst die meteorologischen Elemente Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit sowie kurz- und langwellige Strahlung, die sich thermophysiologisch auf den Menschen im Freien und in geschlossenen Räumen auswirken. Die wahrgenommene Umgebungstemperatur kann aufgrund dieser meteorologischen Parameter von der tatsächlichen Lufttemperatur abweichen. Zum Beispiel wird die Umgebungstemperatur bei starkem Wind oftmals kälter empfunden als durch Messungen erfasst. Die gesundheitliche Bedeutung hängt mit der engen Vernetzung von Thermoregulation und Kreislaufregulation zusammen. Bei hoher Wärmebelastung versucht der Körper durch Erhöhung der Hauttemperatur und Schwitzen die Wärmeabgabe zu steigern. Daneben spielen der Aktivitätsgrad und der Isolationswert der Bekleidung eine entscheidende Rolle für das Wärme- bzw. Kälteempfinden.

UTCI

Zur Bewertung des thermischen Komforts wird der thermische Belastungsindex UTCI (Universal Thermal Climate Index; z. B. Jendritzky et al., 2012, Bröde et al., 2012) ausgewertet. Als meteorologische Größen gehen in den UTCI die Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte ein, die Ausgabe erfolgt anhand einer Äquivalenttemperatur und modelltechnisch bedingt in der Lauf- und Verweilhöhe eines Passanten, d. h. 1.5 m, anstatt in der human-biometeorologischen Höhe von 1.1 m. Für die Bewertung hat dies keine Auswirkungen. Die mittlere Strahlungstemperatur ist definiert als die „einheitliche Temperatur einer schwarz strahlenden Umschließungsfläche (Emissionskoeffizient $\epsilon = 1$), die zu dem gleichen Strahlungsenergiegewinn eines Menschen führt wie die aktuellen, unter Freilandbedingungen meist sehr uneinheitlichen Strahlungsflüsse“. Die mittlere Strahlungstempe-

ratur entspricht in Innenräumen gewöhnlich der Lufttemperatur, kann in besonnten Bereichen im Freien jedoch mehr als 30 K darüber liegen (VDI 3787 Blatt 2, 2022).

Wärmebelastung tritt ab einem UTCI von 26 °C, starke Wärmebelastung ab 32 °C und sehr starke Wärmebelastung ab 38 °C auf. **Tab. 3.1** zeigt den Werten des UTCI zugeordnete Belastungsklassen.

UTCI [°C]	Thermophysiologische Belastungsstufe
≤ -40	Extremer Kältestress
-40 bis -27	Sehr starker Kältestress
-27 bis -13	Starker Kältestress
-13 bis 0	Mäßiger Kältestress
0 bis +9	Schwacher Kältestress
+9 bis +26	Keine thermische Belastung
+26 bis +32	Mäßige Wärmebelastung
+32 bis +38	Starke Wärmebelastung
+38 bis +46	Sehr starke Wärmebelastung
$\geq +46$	Extreme Wärmebelastung

Tab. 3.1: Belastungsklassen des UTCI

4 LOKALKLIMA IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die lokalen klimatischen Eigenheiten des Standortklimas lassen sich auf der Grundlage des Klimagutachtens der Stadt Leuna für das Gebiet der Leuna-Werke (Steinicke & Streifeneder, 1998) charakterisieren. Hier wird dargestellt, dass das Plangebiet durch Freiflächen geprägt ist, auf denen Kaltluft produziert wird.

Die zugehörige Klimafunktionskarte stellt die räumliche kleinklimatische Gliederung in Überwärmungsbereiche und Kaltluftgebiete dar. Außerdem sind qualitativ Luftleitbahnen und Bereiche mit Kaltluftbildung und Kaltluftabflüssen aufgezeigt (vgl. **Abb. 4.1**).

Der bebaute Bereich des Umfeldes des Plangebietes wird durch Überwärmungsbereiche Ü2 und Ü3 charakterisiert. Bei Ü2 handelt es sich um gemäßigte städtische Überwärmungsbereiche mit mäßig erhöhten Temperaturen, mäßigen nächtlichen Abkühlungsraten, einer reduzierten relativen Feuchte und eingeschränktem Luftaustausch. Die Siedlungsbereiche, die mit Ü3 gekennzeichnet sind, zeichnen sich durch im Vergleich zum Umland geringfügig höhere Temperaturen, ausreichende nächtliche Abkühlung und relativ gutem Luftaustausch aus. Diese bebauten Bereiche sind vergleichsweise klimatisch begünstigt.

Das Plangebiet selbst wird als Kaltluftentstehungsgebiet mit eingeschränkten Abflussmöglichkeiten dargestellt. Kaltluft hat insbesondere in den warmen Sommernächten eine hohe Ausgleichsfunktion für überwärmte Siedlungsbereiche. Aufgrund fehlender Hangneigung wirkt die hier produzierte Kaltluft sich jedoch nur positiv auf die unmittelbar angrenzenden Siedlungen aus.

Des Weiteren wird die B 91 östlich des Plangebietes als Luftleitbahn von lokaler Bedeutung ausgewiesen. Hierbei handelt es sich um kleinräumige Strukturen, die den Luftaustausch innerhalb des Stadtgebietes begünstigen.

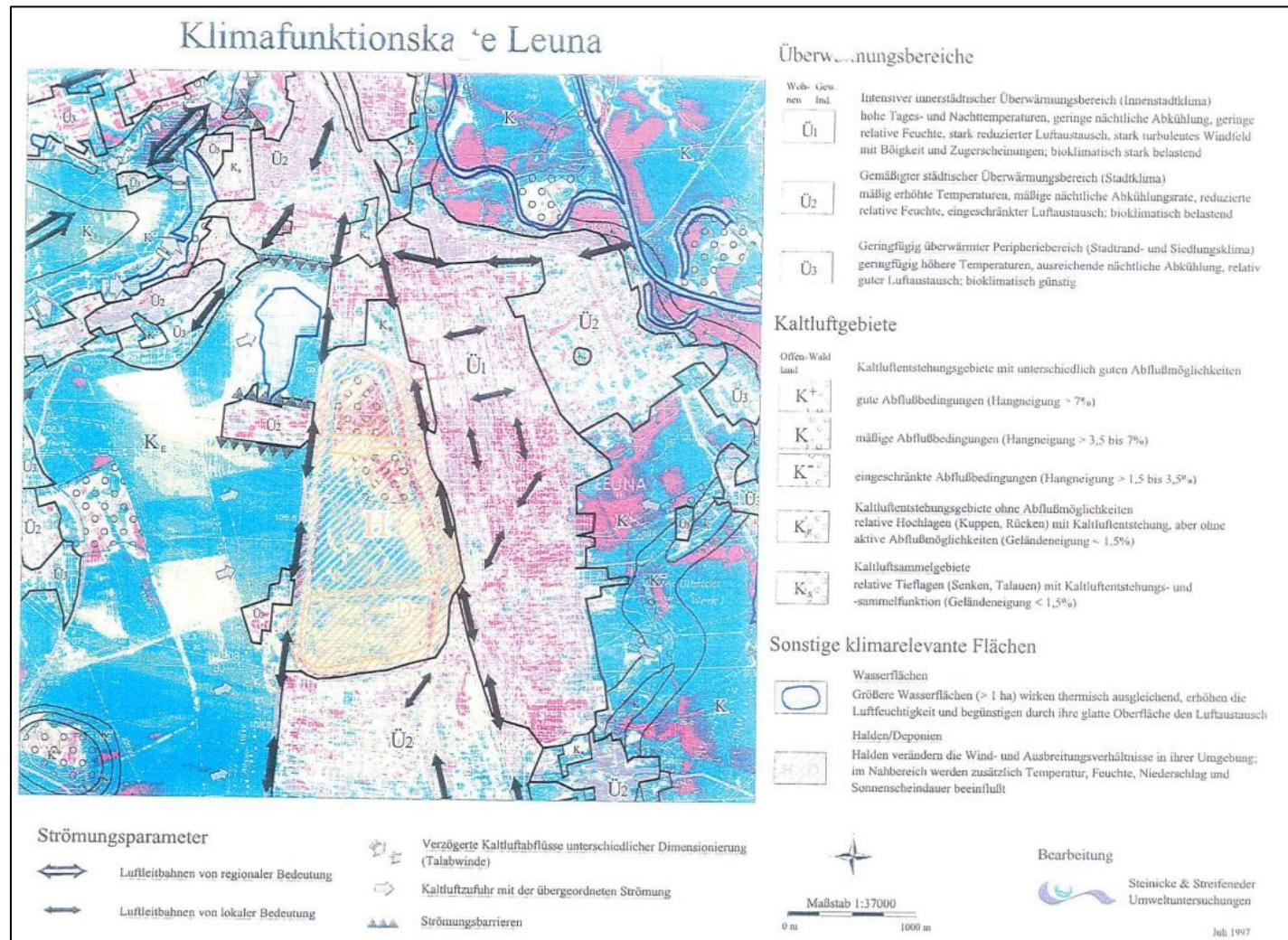


Abb. 4.1: Klimafunktionskarte der Stadt Leuna. Quelle: Steinicke & Streifeneder (1998)

5 VORGEHENSWEISE

5.1 MISKAM

Das Modell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert (z. B. Eichhorn und Kniffka, 2010 und Eichhorn, 2014). Betrachtet werden der derzeitige Bestand mit den bisherigen Gebäuden und ein Planfall mit geänderter Bebauung, um die Änderungen nach Intensität und Lage rechnerisch aufzuzeigen und relativ zu beurteilen. Die Auswertungen erfolgen für die jahresmittleren Windverhältnisse. Grundlage der Simulationsrechnungen ist die digitale Aufnahme der bestehenden und geplanten Bebauung nach Lage und Höhe.

Das Modell MISKAM arbeitet mit einem nicht-äquidistanten Rechengitter. Bei den für die vorliegende Untersuchung durchgeführten Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen werden die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3783 Blatt 9, 2017) hinsichtlich Auflösung und Größe des Rechengitters beachtet. Das hier angesetzte Rechengebiet ist sowohl horizontal als auch vertikal deutlich größer als das Untersuchungsgebiet, um Randeffekte zu vermeiden (Ketzler et al., 1999) und um die Kriterien der o. g. VDI-Richtlinie zu erfüllen. Die digital erfassten Gebäudekataster werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Damit werden die Auswirkungen der geplanten Bebauung auf die bestehenden Windverhältnisse aufgezeigt. Es wird ein Rechengitter verwendet, das in der Umgebung des Bauvorhabens eine Auflösung von 10 m aufweist. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 47 Ebenen bis in eine Höhe von 500 m über Grund, wobei in Bodennähe die Ebenen mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Die Gebäude werden in dieses Gitter übertragen. Die Berechnungen erfolgen mit dem PC-Programm WinMISKAM Version 2024.1.0.8 (<https://www.lohmeyer.de/softwarevertrieb/produktuebersicht/winmiskam/> - zuletzt abgerufen: 16.09.2024) und dem Modell MISKAM Version 6.42, welches alle Testfälle der VDI 3783, Blatt 9 (2017) erfüllt und somit nach VDI-Richtlinie validiert ist (Lohmeyer, 2021). Mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM werden Strömungsrechnungen für alle Windrichtungen in 10 Grad-Schritten entsprechend der vorliegenden lokalrepräsentativen Windstatistiken durchgeführt. Unter Verwendung der gemessenen Häufigkeiten der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen werden Jahreswerte der mittleren Windgeschwindigkeit für jede Box im Rechengitter berechnet. Das Modell ist auch in der Lage, den Windkomfort nach der VDI-Richtlinie 3787 Blatt 4 „Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung“ zu berechnen. Da noch keine detaillierte Ausprägung der tatsächlichen Gebäudekonfiguration

vorliegt, ist dies aus unserer fachlichen Sicht nicht zielführend und wird im Folgenden nur qualitativ diskutiert. Wichtig für die Durchlüftung der umliegenden Siedlungsgebiete sind jedoch die mittleren Windverhältnisse, die im Folgenden explizit untersucht werden.

Bei den Berechnungen werden die Einflüsse der beiden nahegelegenen Halden sowie von größeren Vegetationsflächen (z. B. auf der nordöstlich gelegenen Halde) berücksichtigt.

5.2 PALM-4U

Für die Einbindung lokalklimatischer Belange in die Stadtentwicklung und Bauleitplanung bestehen keine einheitlichen Vorgaben zu inhaltlichen Themen und zu Beurteilungsgrößen. Dem entsprechend werden in den Betrachtungen die lokalen Besonderheiten bezüglich lokalklimatischer Belange herangezogen. Das betrifft beispielsweise die Windrichtungs-, Windgeschwindigkeits- und Temperaturverteilung an einem heißen Sommertag bei einer autochthonen Wetterlage, d. h. wolkenarm und schwachwindig, sowie insbesondere die bodennahen Strömungsfelder im Hinblick auf die nächtlichen Belüftungsverhältnisse, d. h. den möglichen Abtransport lufthygienisch oder thermisch belasteter Luftmassen bzw. dem Zuführen frischer Luftmassen.

In letzter Zeit werden verstärkt Auswirkungen auf die thermischen Belange im relativen Vergleich und im Vergleich zu Belastungsindizes betrachtet, verstärkt auch vor dem Hintergrund der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels mit verstärkter Häufung von „Heißen Tagen“ und damit verbundenen Hitzestress. Die Gefahr für Hitzestress stellt ein Risiko für die menschliche Gesundheit dar – hiervon sind vor allem vulnerable Bevölkerungsgruppen wie ältere Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen und Kleinkinder betroffen. Aus diesem Hintergrund werden Strategien und Maßnahmen zur Klimaanpassung und Klimaschutz im Rahmen der Stadtentwicklung und der Bauleitplanung immer wichtiger.

Die Simulation der bioklimatischen Parameter erfolgt mit dem Stadtklimamodell PALM-4U (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>). Auf der Grundlage der Simulationsrechnungen werden für das Plangebiet Aussagen zu den Themenkomplexen Temperatur bzw. Überhitzung erarbeitet.

Mittels dem Stadtklimamodell PALM-4U werden u. a. die potenzielle Temperatur, die spezifische Feuchte sowie die Windkomponenten prognostisch berechnet. PALM-4U kann im Bereich der Meso- und der Mikroskala eingesetzt werden und berücksichtigt die energetischen Wechselwirkungen zwischen Boden, Oberflächen und Atmosphäre. Diese werden durch das

Relief, die Landnutzung und durch Strömungshindernisse wie Gebäude, sonstigen Bauwerke oder Vegetation beeinflusst.

Die Berechnungen mit PALM-4U basieren auf den Grundgesetzen der Strömungs- und Thermodynamik und beinhalten die Simulation von:

- turbulenter Umströmung, Überströmung und Unterströmung von Hindernissen bzw. Bauwerken wie Gebäuden,
- Austausch von Wärme und Feuchte an natürlichen und anthropogenen Oberflächen,
- Wechselwirkungen von Strahlung, Impuls und Wärme mit einer expliziten Vegetationsschicht,
- bioklimatischen Bewertungsindizes.

Für weiterführende Informationen sei auf die o. g. Internetadresse sowie auf Fachliteratur (z. B. Raasch und Schröter, 2001; Maronga et al., 2015; Maronga et al., 2019, Maronga et al., 2020) verwiesen.

Das Modell ist nach der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ validiert (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/tec/evaluation>). Eine Validierung des komplexen Testfalls E8 „Stuttgarter Talkessel Strömungskanalisation, Kaltabflüsse“ der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 (2017) „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ wurde erfolgreich durchgeführt (Lohmeyer, 2020).

Grundlage der Simulationsrechnungen sind das Relief und die Landnutzung sowie die Bebauung nach Lage und Höhe im Betrachtungsgebiet. Die Simulationen werden in einem dreistufigen sogenannten Nesting-Verfahren (Gitterverfeinerung) durchgeführt (vgl. **Tab. 5.1**). Um alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete zu erfassen, wird zunächst eine grobe Simulation mit 200 m bzw. 50 m horizontaler Maschenweite vorgeschaltet. Im nächsten Schritt wurde mittels Nesting ein Gebiet mit 10 m horizontaler Maschenweite simuliert (vgl. **Abb. 5.1**). Hierbei werden Baukörper und hohe Vegetation dreidimensional berücksichtigt; in den mesoskaligen Simulationen sind diese parametrisiert enthalten. Das Setup der Simulationen erfolgt in Anlehnung an die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 (2017) und der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 (2017).

Rechengebiet	Gitterzellen in x- und y-Richtung	Horizontale Gitterauflösung in m	Vertikale Gitterauflösung in Bodennähe in m	Anmerkung
Mesoskala	658 x 600	200	20	
Mesoskala	592 x 496	50	12	
Mikroskala	456 x 328	10	8	Gebäude explizit aufgelöst

Tab. 5.1: Modelltechnische Angaben zu den Rechengebieten

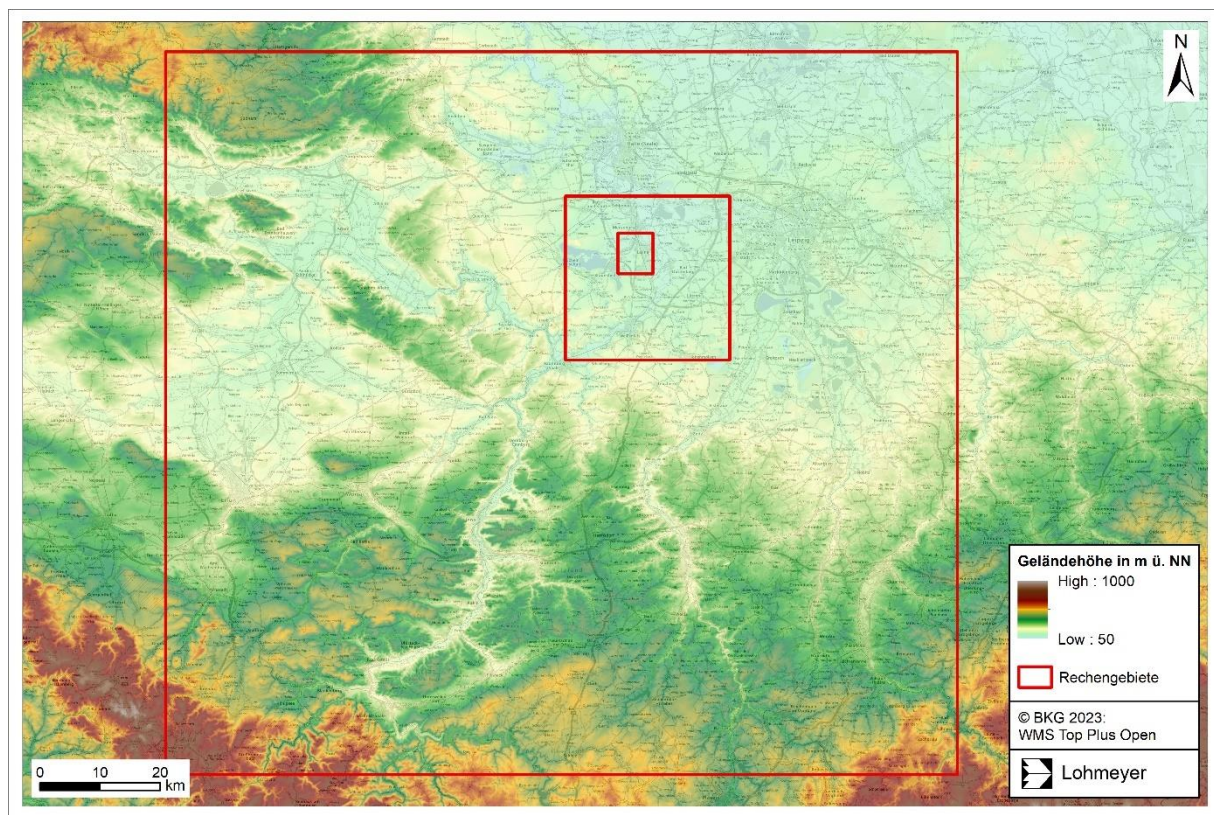


Abb. 5.1: Darstellung der Netzschachtelung bei der Modellierung mit PALM-4U

In der Simulation werden die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter über feste Startparameter, äußere Randbedingungen und den tageszeitlich wechselnden Strahlungseinfall gesteuert. Die Startparameter und Randbedingungen werden dem äußersten Rechengebiet aufgeprägt. Die wichtigsten Parameter sind:

- Geographische Position
- Datum und Uhrzeit
- Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit und -richtung

- Vertikalprofil der Lufttemperatur
- Vertikalprofil der spezifischen Luftfeuchtigkeit
- Bodentemperatur- und Bodenfeuchteprofil

In der vorliegenden Untersuchung wird für das Untersuchungsgebiet der Tagesverlauf an einem strahlungsreichen Sommertag in Form eines heißen Sommertags ohne Bewölkung mit geringer Windgeschwindigkeit und hieraus resultierendem hohen Wärmestress-Potenzial simuliert. Die Initialisierung des Anfangszustands der Atmosphäre und des Bodens erfolgt in Anlehnung an Beobachtungsdaten auf Grundlage von Bodenstationen und Radiosondenaufstiegen, die für die Umgebung des Untersuchungsgebiets vorliegen. Die angesetzten Bodeneigenschaften zeigen noch keine Anzeichen von Trockenstress. Ausreichende Feuchtigkeit im Boden gewährleistet weiterhin die Funktionalität der relevanten klimaökologischen Funktionen, die mit Hilfe der Simulationsrechnung aufgezeigt werden soll (z. B. Grünanlagen).

6 EINGANGSDATEN

Die in diesem Gutachten genutzten Geländeinformationen und Angaben zur Landbedeckung sowie die Lage und Höhe der bestehenden und geplanten Gebäude wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt bzw. freien Datenquellen (Geoportal Sachsen-Anhalt, Copernicus Land Monitoring Service) entnommen.

6.1 Lage und Relief des Untersuchungsgebiets

Das Plangebiet ist ca. 200 ha groß und befindet sich südlich von Merseburg. Das Gebiet wird im Südosten eingegrenzt durch die B 91, im Nordosten durch das Industriegebiet „Merseburg Süd“, im Norden durch die L 178, im Nordwesten durch das Waldgebiet östlich der L 181 und im Südwesten durch die A 38. Teile eines bestehenden Gewerbegebietes südlich des Industriegebietes „Merseburg Süd“ und westlich der B 91 gehören ebenfalls zum Geltungsbereich. Das Untersuchungsgebiet („Ziel-Rechengebiet“) deckt die Wohnsiedlungen nördlich des Plangebietes, die südlichen Bereiche von Merseburg, den nördlichen Bereich des bestehenden Chemieparks sowie die daran angrenzenden westlichen Stadtteile von Leuna ab.

Für die Klimamodellierung ist das Relief eine wesentliche Eingangsgröße, denn es übt direkten Einfluss auf das meteorologische Prozessgeschehen aus (z. B. geländefolgende Windströmungen). In der vorliegenden Untersuchung werden für die Modellsimulationen die Reliefinformationen aus Angaben des digitalen Geländemodells DGM2 abgeleitet.

Im Plangebiet selbst sowie im direkten Umfeld des Plangebiets ist das Relief flach ausgeprägt (**Abb. 6.2**). So sind im Plangebiet Geländehöhen von um die 100 m ü. NHN festzustellen. Im Bereich der östlich gelegenen Halde steigt das Relief steil auf bis zu ca. 150 m ü. NHN an. Eine weitere kleinere Halde im Südwesten des Plangebietes weist ähnliche Höhen auf. Südwestlich des bestehenden Chemiestandortes Leuna steigt das Gelände leicht an.

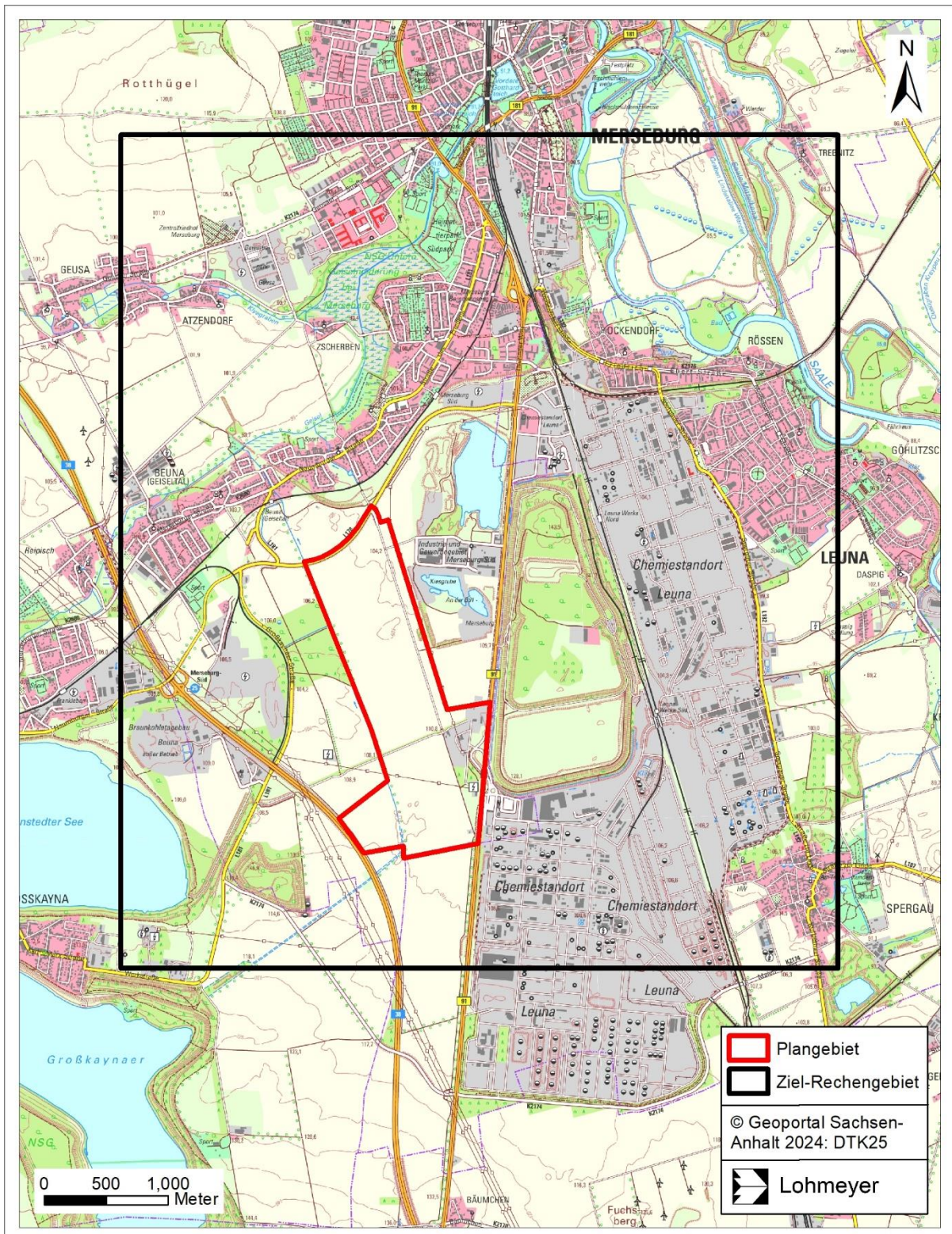


Abb. 6.1: Lage des Untersuchungsgebiets mit Umgriff des Ziel-Rechengebiets

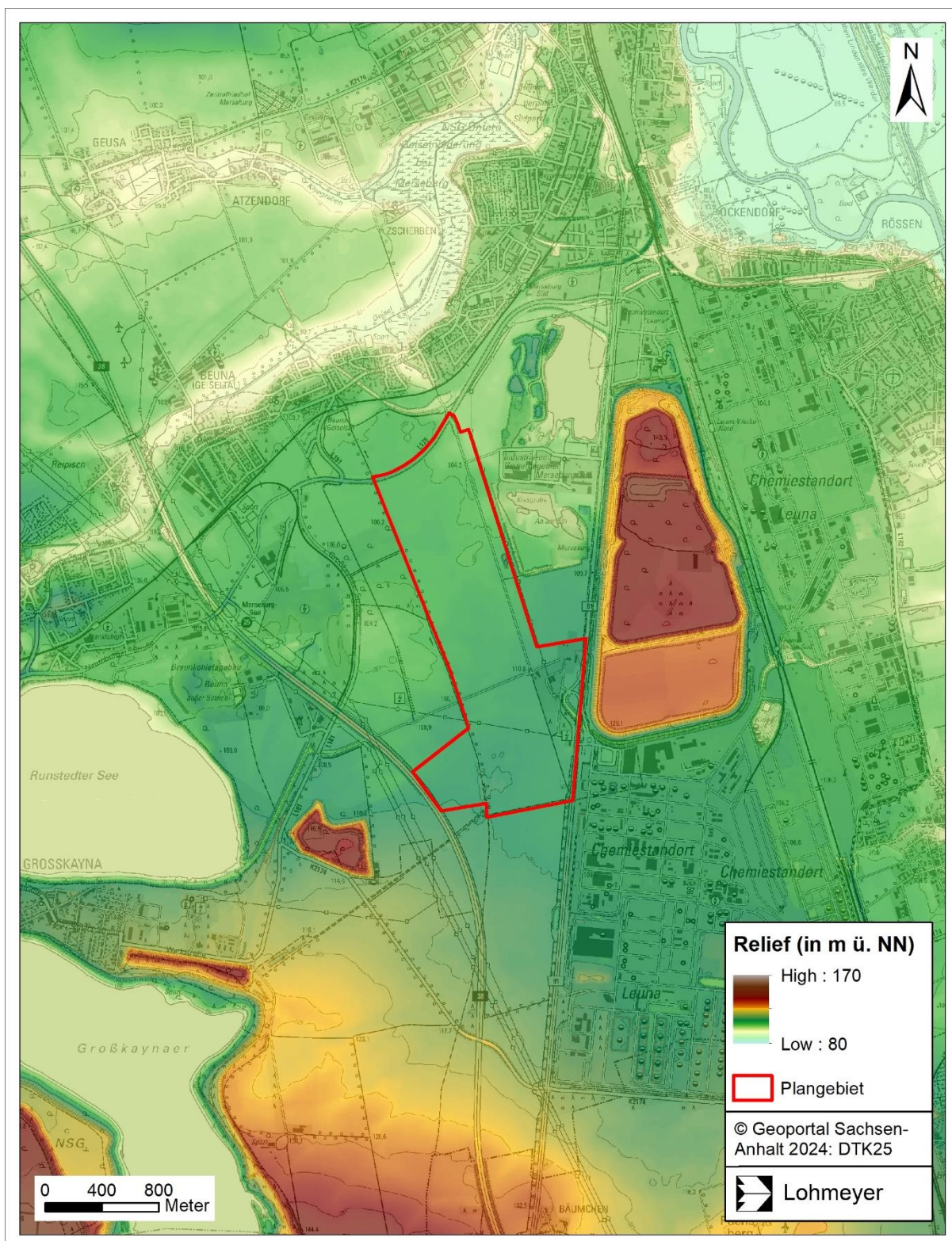


Abb.6.2: Relief im Untersuchungsgebiet

6.2 Landbedeckung

Die Landbedeckung ist ein maßgeblicher Einflussfaktor für die Ausprägung lokalklimatischer Verhältnisse. Einerseits beeinflussen Landbedeckungsmerkmale, z. B. in natürlicher Form von (hoher) Vegetation oder in künstlicher Form wie Gebäude oder Verkehrsflächen, durch die sogenannte Boden- oder Oberflächenrauigkeit die bodennahen Windverhältnisse und damit verbunden den möglichen Abtransport thermisch belasteter bzw. das Zuführen frischer Luftmassen. Andererseits wechselwirkt die Landbedeckung mit dem Wärme- und Feuchtehaushalt der Atmosphäre. Bäume und Gebäude verschatten in ihrer Umgebung den Boden; künstliche, versiegelte Oberflächen erwärmen sich tagsüber in der Regel intensiver gegenüber unversiegelten Oberflächen, insbesondere im Fall von begrünten Oberflächen, und geben diese Wärme abends bis nachts wieder an die Umgebungsluft ab. Unversiegelte, begrünte Oberflächen nehmen Wasser auf und wirken durch Verdunstung positiv auf ihre Umgebung.

In diesem Zusammenhang ist es nachts im Bereich dicht bebauter Gebiete in der Regel deutlich wärmer als im städtischen Umland (Wärmeinseleffekt). Tagsüber können insbesondere im Bereich versiegelter Flächen mit eingeschränkten Durchlüftungsverhältnissen oder im Bereich von Flächen, die über mehrere Stunden unverschattet sind, eine hohe Wärmebelastung mit Hitzestress auftreten. Hier können Grünanlagen das Mikroklima und damit die Lebensqualität in Städten positiv beeinflussen.

6.2.1 Oberfläche und Vegetation

Die in den Simulationsrechnungen verwendeten Oberflächentypen für den Bestand werden auf der Grundlage von Satellitendaten (Urban Atlas Land Cover, Copernicus 2018) sowie von aktuellen Luftbildern abgeleitet. Die Oberflächentypen für das Plangebiet wurden aus digitalen Plangrundlagen entnommen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden (vgl. **Abb. 2.2**).

Der Ist-Zustand ist in der **Abb. 6.3** abgebildet. Das Plangebiet wird derzeit gekennzeichnet durch landwirtschaftliche Nutzflächen, im südöstlichen Teil befindet sich ein kleineres Gewerbegebiet.

Die **Abb. 6.4** zeigt die untersuchte Planvariante mit konservativer maximaler Ausnutzung der geplanten Baufenster mit einer maximal möglichen Bauhöhe von 40 Metern über Grund. Die auf dem Plangebiet im Südosten vorhandenen kleineren Grünflächen sollen auch im Planfall erhalten werden.

Bei der mikroskaligen Klimasimulation, d. h. bei den Simulationen mit einer horizontalen

Auflösung von 10 m oder feiner, werden Bäume in Form von 3D-Objekten berücksichtigt. Die Bäume werden modellseitig u. a. durch ihre Position, Höhe, Wuchsform und Belaubungsdichte definiert.

Die Erfassung der bestehenden Bewuchsstandorte und Baumhöhen erfolgt auf der Grundlage des digitalen Oberflächenmodells, welches vom Landesvermessungsamt Sachsen-Anhalt zur Verfügung gestellt wird.

Im Sinne eines konservativen Ansatzes werden in dieser Untersuchung die Flächen zwischen den Baufeldern, auf denen keine Gebäude entstehen sollen, im Plangebiet als voll versiegelt betrachtet. Ausnahmen bilden die unbebauten Randbereiche im Osten und Westen des Plangebietes.

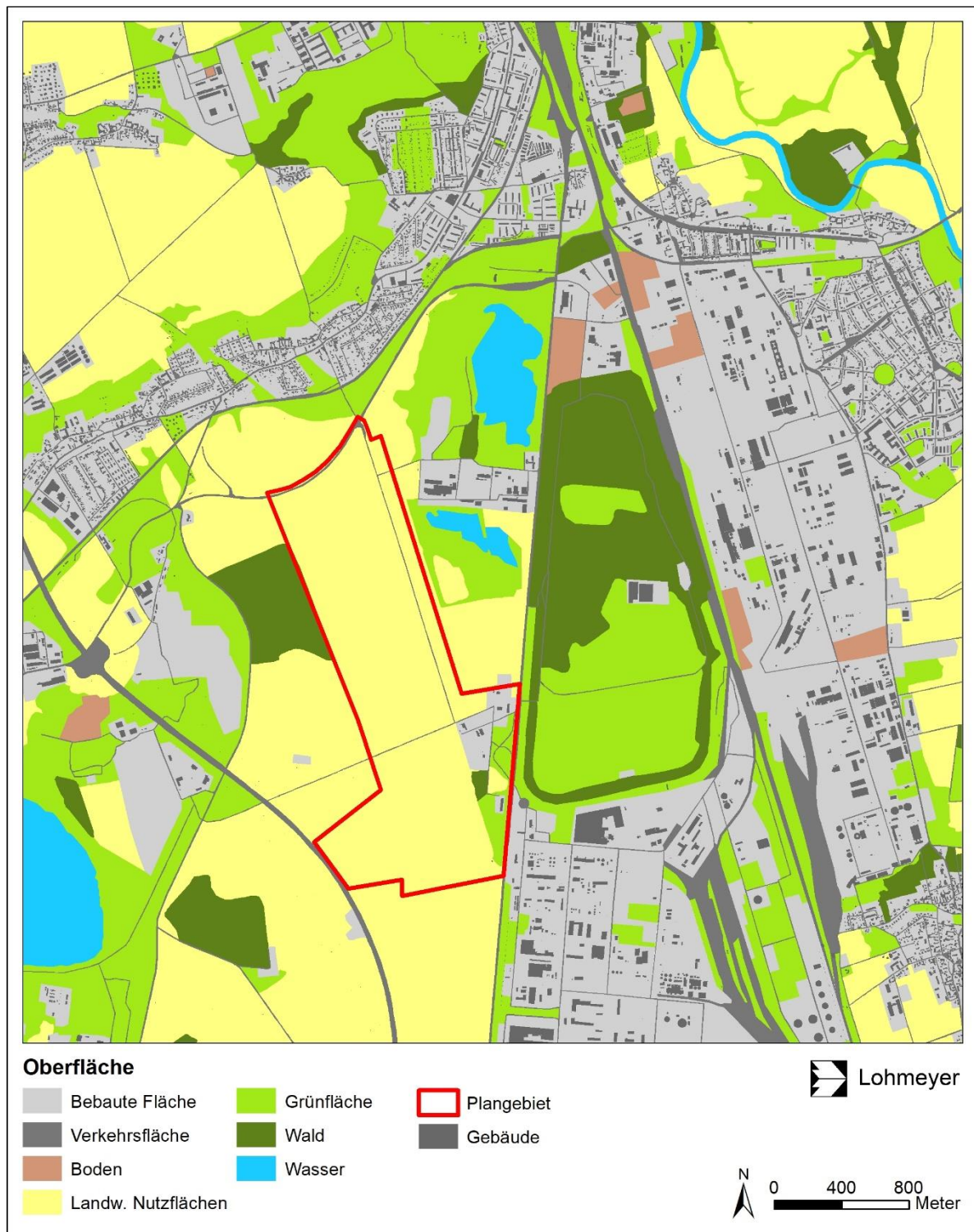


Abb. 6.3: Oberflächen und Vegetation im Bereich des Bebauungsplangebiets und seiner direkten Umgebung im Bestand

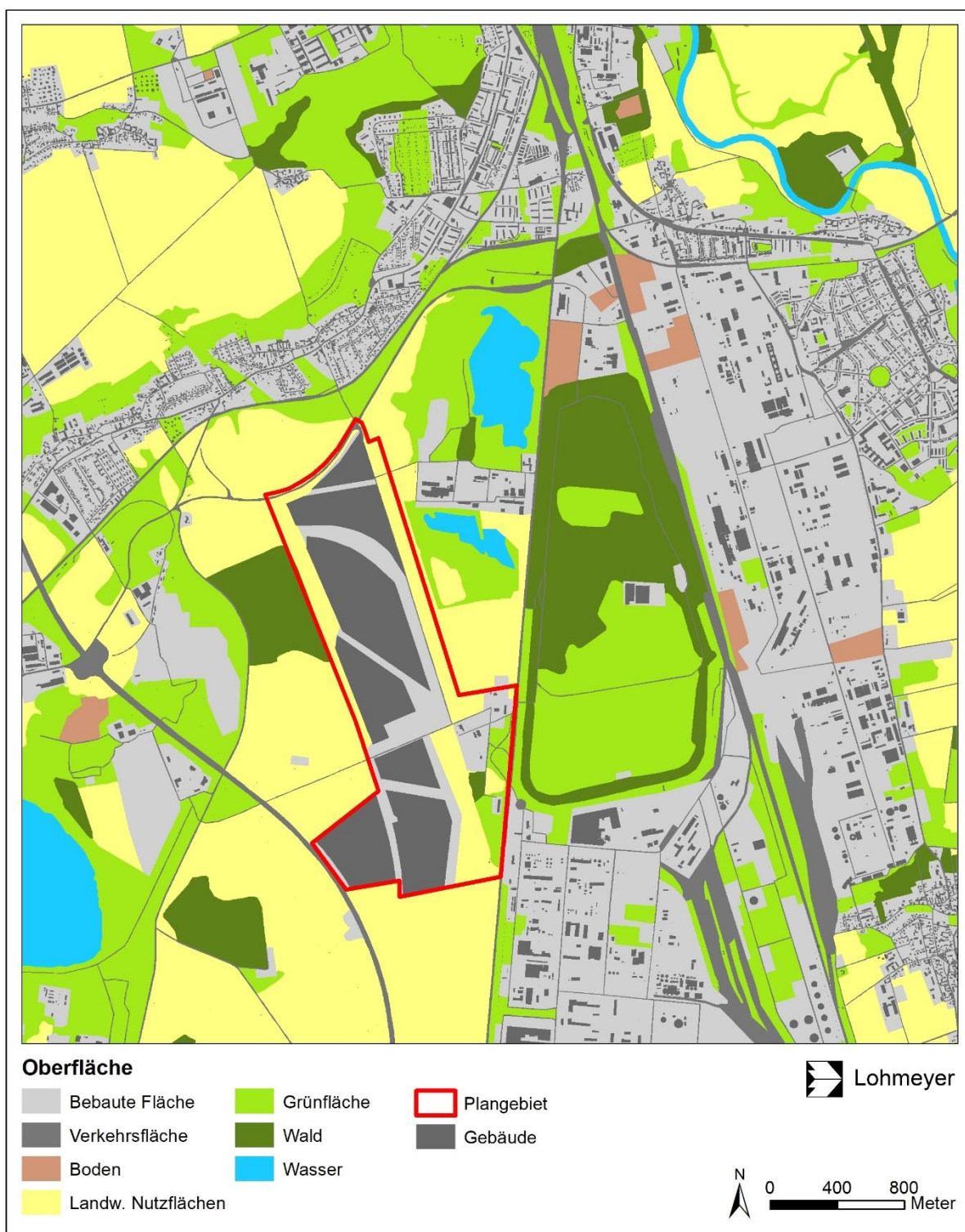


Abb. 6.4: Oberflächen und Vegetation im Bereich des Bebauungsplangebiets und seiner direkten Umgebung im Planfall

6.2.2 Gebäude

Bei der mikroskaligen Klimasimulation, d. h. bei den Simulationen mit einer horizontalen Auflösung von 10 m oder feiner, werden Gebäude in Form von 3D-Objekten berücksichtigt. Die Gebäude werden modellseitig u. a. durch ihre Position und Höhe definiert. Die Erfassung der bestehenden Gebäude erfolgt auf Grundlage des digitalen Gebäudemodells LOD1 des Landesvermessungsamtes Sachsen-Anhalt sowie aktueller Luftbilder. Die Lage und Höhe der Plangebäude werden aus digitalen Plangrundlagen entnommen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Innerhalb des Plangebiets befinden sich im Ist-Zustand mit Ausnahme der kleineren Gewerbefläche im Südosten keine Gebäude.

Im Planfall wird konservativ angenommen, dass die vorgesehenen Baufelder vollständig mit Gebäuden ausgefüllt werden (vgl. **Abb. 6.5**). Dies ist ein Maximalansatz. Tatsächlich wird eine sehr inhomogene Gebäudeverteilung erwartet, etwa vergleichbar mit derjenigen im jetzigen Chemiepark. Die im Plangebiet angesetzten Hindernishöhen entsprechen durchgehend der vorgesehenen Maximalhöhe von 40 Metern. Auch dies ist im Sinne der lokalklimatischen Betrachtung konservativ.

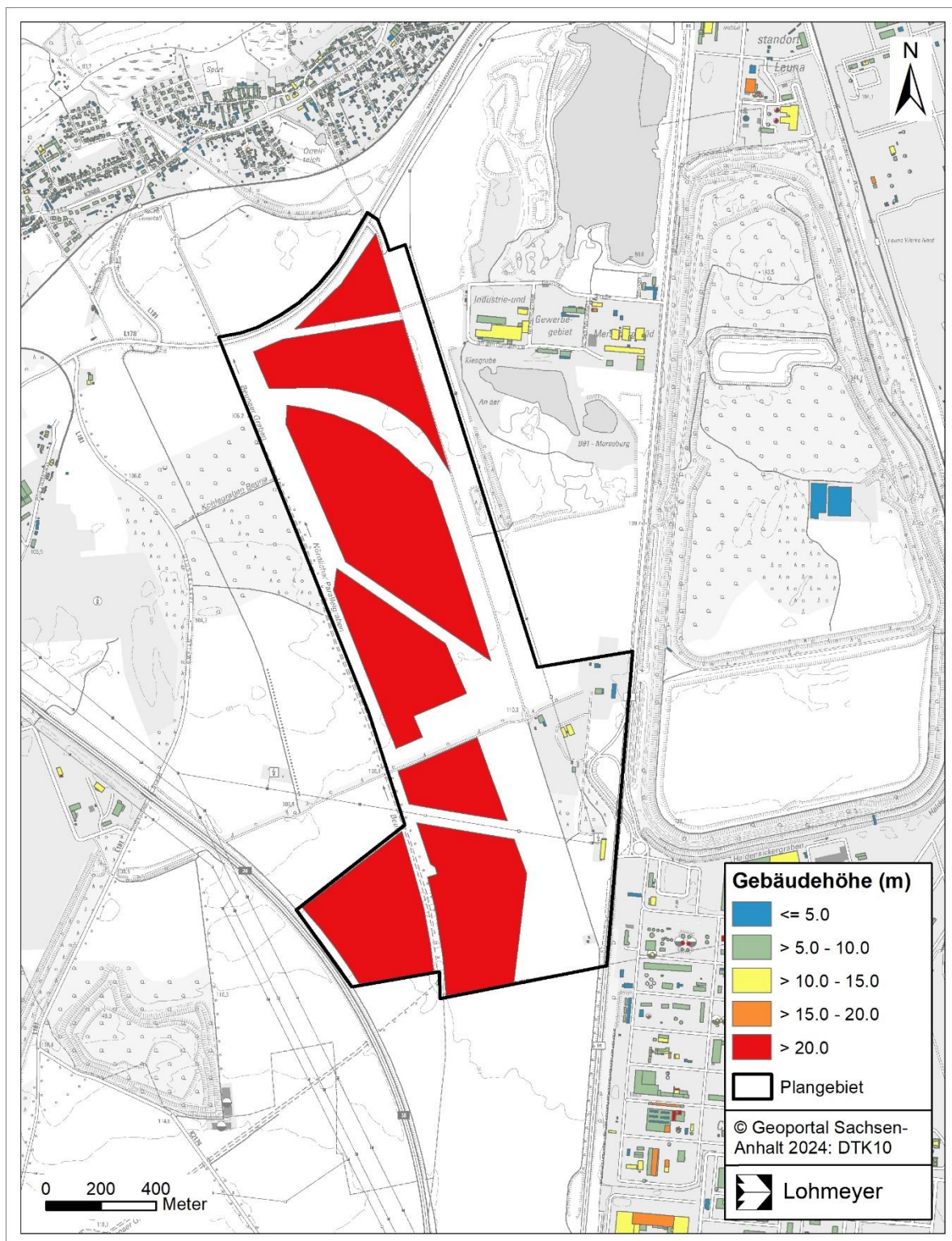


Abb. 6.5: Gebäudehöhen im Bereich des Bebauungsplangebiets und seiner direkten Umgebung im Planfall

6.3 Meteorologische Daten

6.3.1 Eingangsdaten für PALM-4U

In der PALM-4U -Simulation werden die tageszeitlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter über feste Startparameter, äußere Randbedingungen und den tageszeitlich wechselnden Strahlungseinfall gesteuert.

Die Simulationsrechnung erfolgt für eine autochthone Wetterlage. Dabei handelt es sich um eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel, auch als Strahlungswetterlage bekannt. Die hohe solare Einstrahlung und der sehr schwache Wind begünstigen tagsüber und nachts hohe Wärmebelastungen, die sich oftmals räumlich differenzieren und abhängig von der jeweiligen Flächennutzung und Oberflächenbeschaffenheit ausbilden. Bei gradientschwachen Wetterlagen oder bei einer Abkopplung der bodennahen Strömung durch stabile Schichtung der Atmosphäre können auch schwächere Druckunterschiede (durch lokal unterschiedliche Erwärmung) Luftströmungen von kaum spürbaren Luftbewegungen bis hin zu mittleren und hohen Windgeschwindigkeiten hervorrufen. Diese sogenannten thermisch induzierten Windsysteme wirken als Ausgleichsströmung zwischen verschiedenen thermischen Regimes innerhalb der atmosphärischen Grenzschicht, z. B. als Flurwinde und nächtliche Kaltluftströmungen.

Für die Initialisierung des Modells wird daher ein standorttypischer Heißer Tag (Tagesmaximum der Lufttemperaturen ≥ 30 °C) während einer Hitzeperiode zugrunde gelegt.

Die großräumigen, mesoskaligen Rechengebiete gehen deutlich über die Stadtgrenzen von Merseburg hinaus und beschreiben die großräumigen klimatischen Verhältnisse. In der weiteren Umgebung von Merseburg liegen meteorologische Messdaten der Station Flughafen Leipzig/Halle vom Deutschen Wetterdienst (DWD) vor, die etwa 22 km nordöstlich vom Plangebiet liegt. Die Station wird durch die großräumigen Rechengebiete abgedeckt. Die **Abb. 6.6 links** zeigt beispielhaft die Windrose für die Station Leipzig/Halle im Zeitraum von 2013 bis 2022. Die Hauptwindrichtung ist Westsüdwest, ein Nebenmaximum tritt bei ostnordöstlicher und nordwestlicher Anströmung auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 4.1 m/s in 10 m Höhe. Eine Auswertung für heiße Stunden (Lufttemperatur ≥ 30 °C) in den Sommermonaten von 2013 bis 2022 zeigt, dass diese Wetterlagen häufig bei Anströmungen aus östlichen Richtungen auftreten; ein Nebenmaximum tritt bei südlicher Richtung auf (vgl. **Abb. 6.6 rechts**).

Infolgedessen werden die Simulationen mit schwachen östlichen Anströmungen tagsüber, d. h. bis etwa 2 m/s in 10 m Höhe, angetrieben. Nachts wird die Simulation ohne Antrieb gerechnet, da sich die nächtlichen Kaltluftströmungen im Modell selbst ausbilden.

Die **Abb. 6.7** zeigt eine Zeitreihe der Lufttemperatur für eine Hitzeperiode im Zeitraum 24.07.2020 bis 29.07.2020 an der Station Leipzig/Halle. An allen fünf Tagen werden Höchstwerte über 30 °C gemessen, im Laufe der Nacht gehen die Lufttemperaturen auf knapp unter 20 °C zurück. Zur Initialisierung der Rechnungen mit PALM-4U wurden die Temperatur und die Feuchte in Anlehnung an die Werte des 27.07.2020 um 24 Uhr MESZ verwendet. Die Werte im Boden wurden ebenfalls anhand von Messungen an der DWD-Station Leipzig/Halle initialisiert.

Durch die gezielte Wahl der Startparameter wurde ein trocken-heißer Tag ohne Bewölkung mit geringer Windgeschwindigkeit und hieraus resultierendem hohen Wärmestress-Potenzial abgebildet.

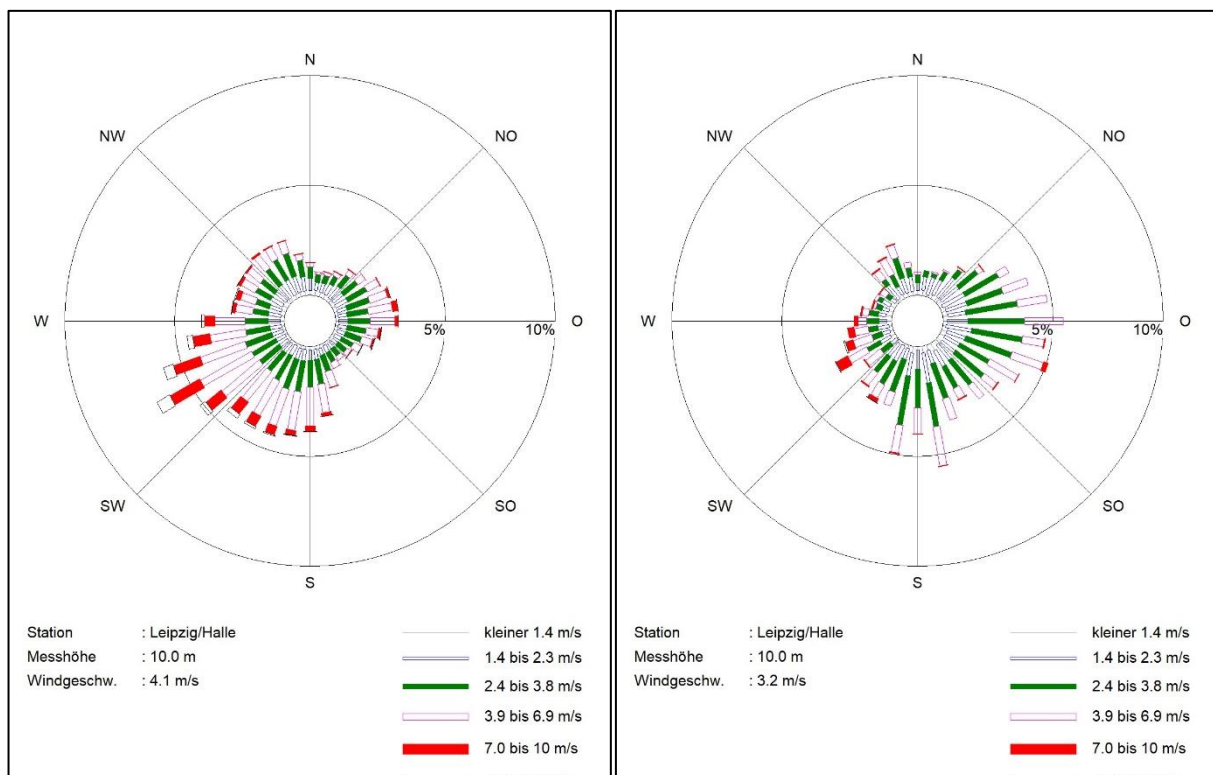


Abb. 6.6: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Flughafen Leipzig/Halle im Zeitraum von 2013 bis 2022 (links) und für gering bewölkte Stunden tagsüber mit einer Lufttemperatur ≥ 30 °C in den Sommermonaten von 2013 bis 2022 (rechts) (Quelle DWD, 2024)

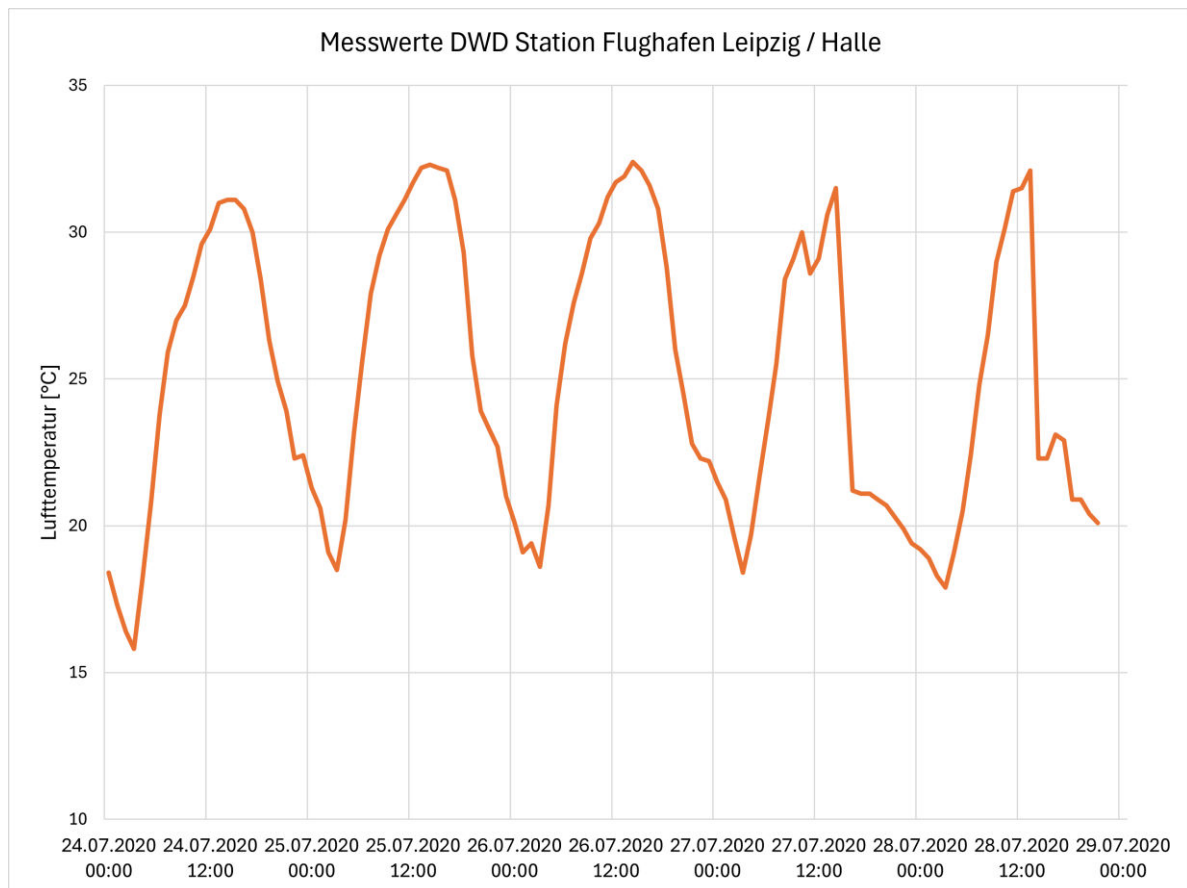


Abb. 6.7: Zeitreihen der Lufttemperatur an der DWD-Station Leipzig/Halle vom 24.07.2020 bis 29.07.2020 (Quelle DWD, 2024)

6.3.2 Eingangsdaten für MISKAM

Für die Berechnung der mittleren Durchlüftungsverhältnisse außerhalb von Strahlungstagen werden räumlich und zeitlich repräsentative Zeitreihen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit benötigt, die für die Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet in Überdachniveau repräsentativ sind. Dafür liegt eine qualifizierte Übertragbarkeitsprüfung (QPR) vor (BfL, 2024). Diese Daten werden unverändert für das hier vorliegende Projekt übernommen.

Die daraus für das Untersuchungsgebiet ermittelte synthetische Windverteilung ist in **Abb. 6.8** dargestellt. Die Hauptwindrichtung ist Südwest bis West. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.2 m/s. Bei einem Z_0 von beispielsweise 0.2 m wird von der QPR eine Anemometerhöhe von 15.2 m vorgegeben.

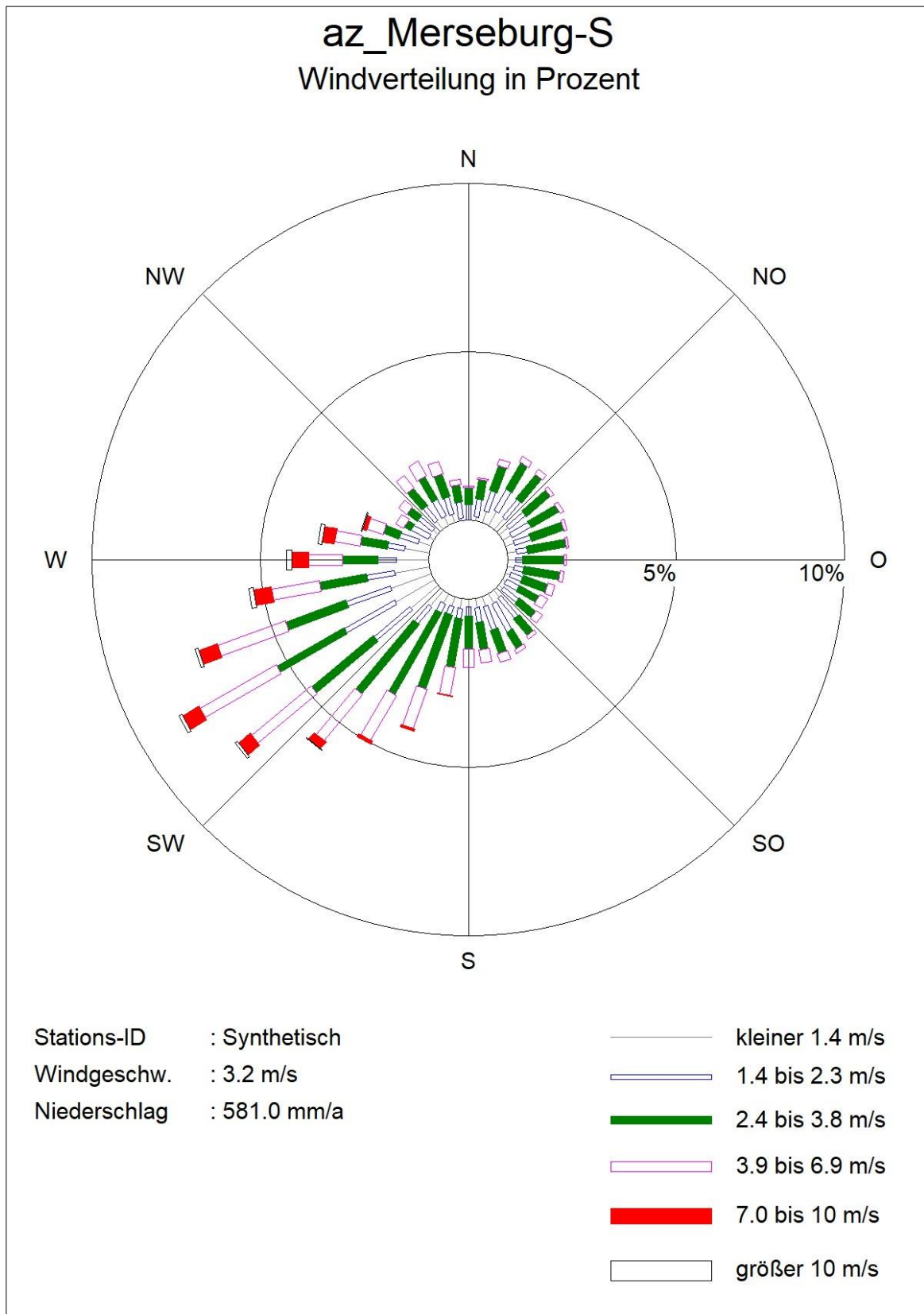


Abb. 6.8: Windklassenstatistik repräsentativ für das Untersuchungsgebiet (BfL, 2024)

7 WINDFELDBERECHNUNGEN AUSSERHALB VON STRAHLUNGSNÄCHTEN

7.1 Windkomfort nach VDI 3787 Blatt 4

Wegen der geplanten vergleichsweise mit der umliegenden Bebauung hohen Gebäuden im Plangebiet ist in deren Nahbereich lokal mit vergleichsweise hohen Windgeschwindigkeiten zu rechnen.

Zur Veranschaulichung der Wirkung von verschiedenen Windgeschwindigkeiten ist in der **Tab. 4.1** der Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und der Windwirkung anhand einiger Beispiele aufgezeigt. Wie man aus der **Tab. 4.1** entnimmt, können beeinträchtigende Windwirkungen bereits ab einer bodennahen Windstärke von ca. 6 m/s auftreten.

Windgeschwindigkeit in m/s	Wind- stärke	Effekt
bis ca. 1.5	1	Ruhe, keine merkliche Luftströmung
ca. 1.6 - ca. 3.3	2	im Gesicht fühlbare Luftströmung
ca. 3.4 - ca. 5.4	3	Wind bewegt leichte Fahnen und lange Haare
ca. 5.5 - ca. 7.9	4	Papier fliegt auf, Frisur wird zerstört
ca. 8.0 - ca. 10.7	5	Windkraft am Körper fühlbar
ca. 10.8 - ca. 13.8	6	Regenschirme nur mit Mühe zu benutzen
ca. 13.9 - ca. 17.1	7	Schwierigkeiten beim Gehen
ca. 17.1 - ca. 20.7	8	große Schwierigkeiten, das Gleichgewicht zu halten
ca. 20.8 - ca. 24.4	9	Menschen werden vom Wind weggeblasen

Tab. 4.1: Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Wirkung des Windes nach Stiemer (1977)

Die in der Literatur angegebenen Windkomfortkriterien beschreiben Einschränkungen für bestimmte Nutzungen bei Überschreitung bestimmter Windgeschwindigkeiten.

Die Bewertungsgrundlage wird in der Richtlinie VDI 3787 Blatt 4 vom Dezember 2020 definiert.

In dieser Richtlinie ist Folgendes vermerkt:

„Eine Windgefahr ist dann gegeben, wenn es lokal, hervorgerufen durch ein Bauwerk, im Bereich einer öffentlich zugänglichen Verkehrsfläche o. Ä. zu einer Verstärkung nicht nur der mittleren Windgeschwindigkeit, sondern auch der Böigkeit kommt, die die Sicherheit von Personen gefährdet (insbesondere durch eine erhöhte Sturzgefahr für Fußgänger und Radfahrer oder umherfliegende Gegenstände, wie Äste).“

Das lokale Windklima lässt sich nach der o. g. Richtlinie in vier Kategorien einteilen, und zwar in die Komfortbereiche A (sehr hoher Windkomfort) bis D (sehr geringer Windkomfort). Der Grad der Belästigung bzw. Beeinträchtigung durch zu hohe Windgeschwindigkeiten ist von den jeweiligen Tätigkeiten betroffener Personen abhängig. Deshalb werden laut o. g. VDI-Richtlinie folgende Aktivitätsklassen gebildet:

- Längeres Sitzen oder Stehen (höchste Anforderungen an den Windkomfort, z. B. in Parkanlagen, Marktplätzen, Straßencafes, Biergärten, Spielplätzen, Ruhezonen)
- Kurzzeitiges Sitzen und Stehen (z. B. Bahn- oder Bushaltestelle, sonstige Wartebereiche im Freien)
- Langsames Flanieren, Bummeln (z. B. Ladenzeilen, Eingangsbereiche)
- Zügiges Durchqueren (geringste Anforderungen an den Windkomfort, z. B. Passagen, Parkplätze).

Den vier Bereichen „A“ bis „D“ werden diese Aktivitätsklassen entsprechend **Tab. 4.2** zugeordnet.

Windkomfort-Bereich	Aktivitätsklasse			
	Längeres Sitzen oder Stehen	Kurzzeitiges Sitzen oder Stehen	Langsames Flanieren, Bummeln	Zügiges Durchqueren
A	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
B	mäßig geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
C	ungeeignet	mäßig geeignet	geeignet	geeignet
D	ungeeignet	ungeeignet	mäßig geeignet	noch geeignet

Tab. 4.2: Kriterien zur Beurteilung des lokalen Windklimas auf Belästigungen durch Wind nach VDI 3787 Blatt 4 (2020)

In **Tab. 4.3** sind Grenzggeschwindigkeiten für die verschiedenen Windkomfortbereiche A-D aufgeführt.

Grenzgeschwindigkeit u_{Grenz} ($p = 0.01 \%$)	Bereich A: $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	Bereich B: $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	Bereich C: $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	Bereich D: $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Überschreitungswahrscheinlichkeit p in %	Grenzgeschwindigkeit in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			
100	0.00	0.00	0.00	0.00
95	0.75	1.13	1.50	1.88
80	1.35	2.03	2.71	3.39
60	1.89	2.83	3.77	4.72
50	2.13	3.20	4.26	5.33
20	2.99	4.48	5.97	7.47
10	3.45	5.17	6.89	8.62
5	3.83	5.74	7.66	9.57
2	4.26	6.39	8.52	10.65
1	4.55	6.82	9.09	11.37
0.5	4.81	7.21	9.62	12.02
0.2	5.13	7.69	10.25	12.82
0.1	5.35	8.02	10.70	13.37
0.05	5.56	8.33	11.11	13.89
0.02	5.82	8.72	11.63	14.54
0.01	6.00	9.00	12.00	15.00

Tab. 4.3: Grenzgeschwindigkeiten u_{Grenz} (p) für die verschiedenen Windkomfortbereiche A-D aus VDI 3787 Blatt 4 (2020)

Bei der Beurteilung ist der ungünstigste ermittelte Windkomfortbereich zu wählen.

Zur Gefährdung durch Starkwind ist der Richtlinie Folgendes zu entnehmen:

„Sind die stundengemittelten Windgeschwindigkeiten mit den zugehörigen Überschreitungswahrscheinlichkeiten größer als der Bereich D, sollte eine genauere Überschreitungswahrscheinlichkeit durch eine Zeitreihenanalyse der Windgeschwindigkeit [...] ermittelt werden. Um eine Gefährdung durch Wind weitgehend auszuschließen, dürfte die lokale stundengemittelte Windgeschwindigkeit von 15 m/s (dies entspricht einer 3-s-Böe von 23.5 m/s) in maximal 0.01 % der Zeit überschritten werden.“

Kann bei der Modellierung eine Gefährdung durch Starkwinde nicht ausgeschlossen werden, sind weiterführende Untersuchungen, z. B. im Windkanal, angezeigt, um auch kurzzeitige Windböen zu erfassen.

Die Erhöhung der Böigkeit des Windes kann jeweils im Nahbereich der Hochhäuser in denjenigen Bereichen, in denen der unbeeinflusste Wind auf größere Gebäudestrukturen trifft, auftreten. Dort können beispielsweise im Bereich von Gebäudekanten Turbulenzen entstehen, die zu schlechterem Windkomfort führen. Im hier vorliegenden Fall wurden, um die maximal möglichen Reichweiten von Windfeldveränderungen für Belüftung mit Kaltluft und für Zeiten ohne Kaltluft eine sehr ungünstige idealisierte Gebäudestruktur angenommen. Genauere Planungen liegen für den neuen Industriepark noch nicht vor. Es ist damit zu rechnen, dass bei einer Berechnung des Windkomforts die Ecken und Kanten bzw. auch die Zwischenräume dieser idealisierten Bebauung mit ungünstigerem Windkomfort belegt werden. Dies wäre jedoch nicht bewertungsrelevant, weil die genaue Ausprägung der Bebauung tatsächlich unbekannt ist.

Aufgrund der großen Abstände der geplanten Gebäudekomplexe zu den Siedlungsbereichen ist zudem in den vorhandenen Siedlungsbereichen durch die Planung nicht mit einer Änderung des Windkomforts zu rechnen. Deshalb wurde im Folgenden der Wert daraufgelegt, nachzuweisen, ob sich in den umliegenden Siedlungsräumen durch die Planung die mittleren Durchlüftungsverhältnisse verändern.

7.2 Mittlere Durchlüftung

Abb. 7.1 zeigt die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in ca. 10 m über Grund für den Bestand. Über größeren unbebauten Bereichen werden etwa 3.1 m/s bis 3.2 m/s berechnet, beispielsweise im nördlichen Bereich des Plangebietes beidseitig der L 178 sowie im südlichen zentralen Bereich des Plangebietes. Im Bereich von Bebauung werden die Windgeschwindigkeiten im Nahbereich von Gebäuden stark eingeschränkt. Im bebauten Bereich von Beuna und Kötzschen liegen die mittleren Windgeschwindigkeiten bei ca. 2 m/s, im Stadtgebiet von Leuna nur um die 1.5 m/s. Die Bereiche mit Baumbestand reduzieren die Windgeschwindigkeiten noch stärker. Dies ist beispielsweise erkennbar in dem Waldbereich unmittelbar westlich des Plangebietes.

Abb. 7.2 zeigt die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in ca. 10 m über Grund für den Planfall sowie **Abb. 7.3** die zugehörigen relativen Differenzen zwischen Planfall und Bestand. Aufgrund der Planung ergeben sich deutliche Änderungen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit im Nahbereich der Plangebäude. Zwischen den angesetzten Bebauungsblöcken werden auf dem Plangebiet selbst großteils weniger als 0.5 m/s berechnet.

Die relativen Änderungen zwischen Planfall und Istzustand zeigen Windgeschwindigkeitsreduktionen im Jahresmittel von mehr als 10 Prozent bis in Entfernungen von maximal 550 Meter von der geplanten Bebauung. In diesen Bereichen sind die Durchlüftungsverhältnisse im

Vergleich zum Istzustand verschlechtert. Davon sind keine Siedlungsgebiete und auch nicht der östlich der B 91 liegende bestehende Chemiepark betroffen. Im westlichen Teil des Industriegebietes „Merseburg Süd“ wird bei der angenommenen konservativen Gebäudekonstellation auf dem Plangebiet eine relevante Reduktion der jahresmittleren Windgeschwindigkeit um mehr als 10 Prozent prognostiziert. In diesem Bereich entstehen im Planfall mittlere Windverhältnisse, die denen in stärker bebauten Teilen des bestehenden Chemieparks entsprechen.

Keine relevanten Verschlechterungen der Durchlüftung gibt es in den unmittelbar nördlich anschließenden Ortsteilen von Merseburg (Beuna und Kötzschen), in den nördlich an die Kiesgrube anschließenden südlichen Stadtteile von Merseburg beidseitig der B 91 sowie in den Siedlungsgebieten von Leuna.

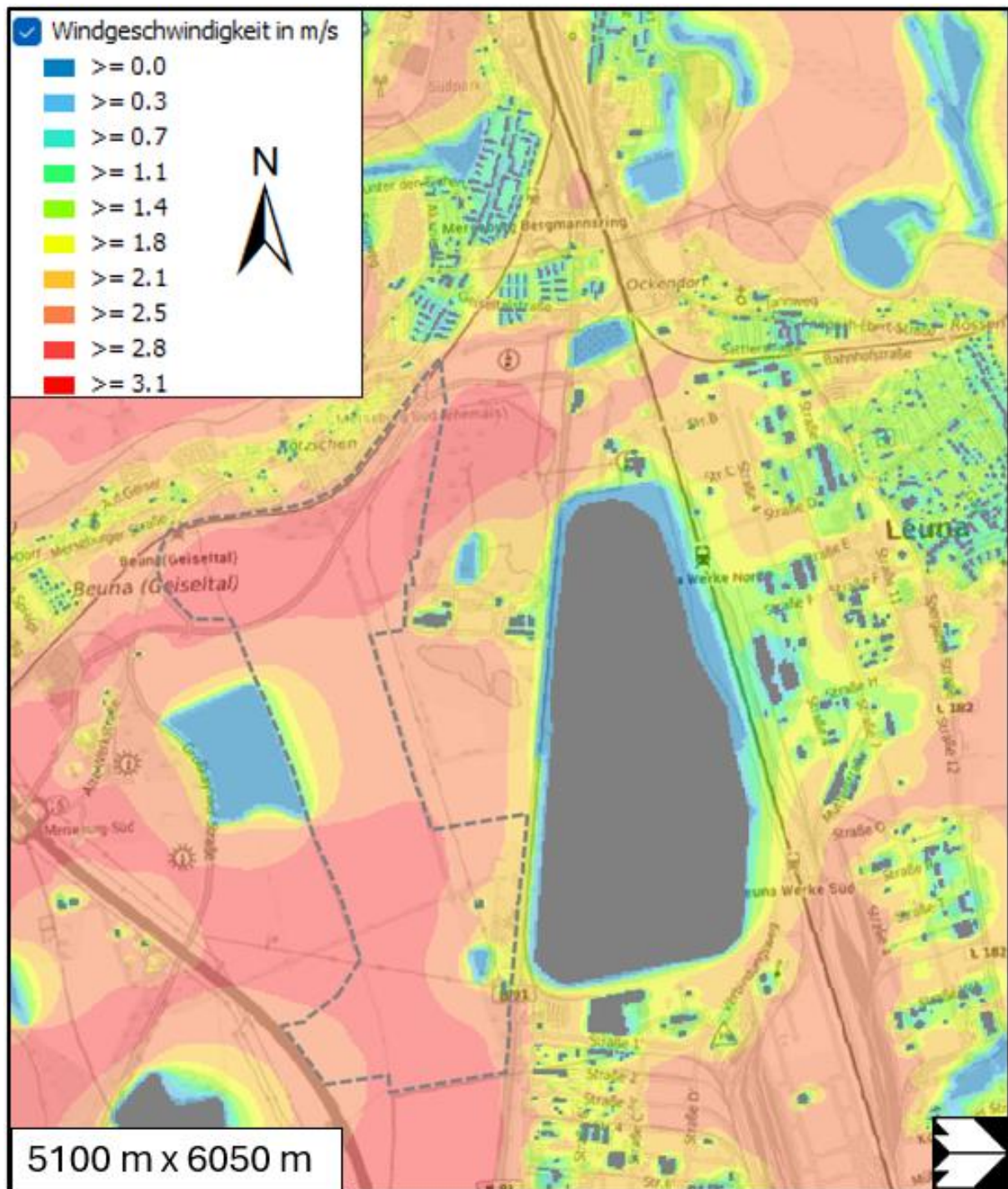


Abb. 7.1: Jahresmittlere Windgeschwindigkeit im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet in 10 m über Grund im Bestand. Plangebiet nachrichtlich grau gestrichelt hinterlegt.
Datenquelle: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

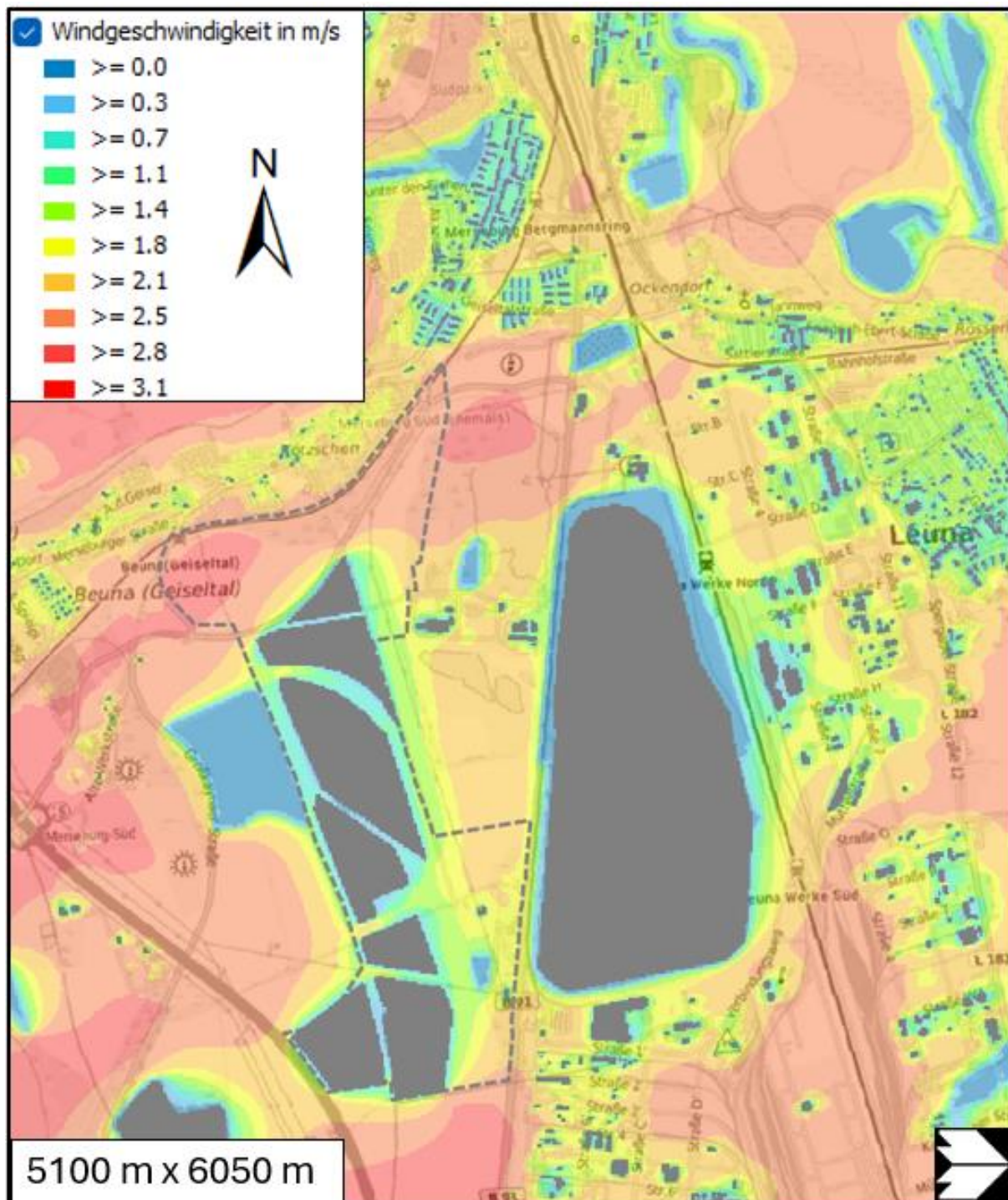


Abb. 7.2: Jahresmittlere Windgeschwindigkeit im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet in 10 m über Grund im Planfall. Plangebiet grau gestrichelt hinterlegt.

Datenquelle: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

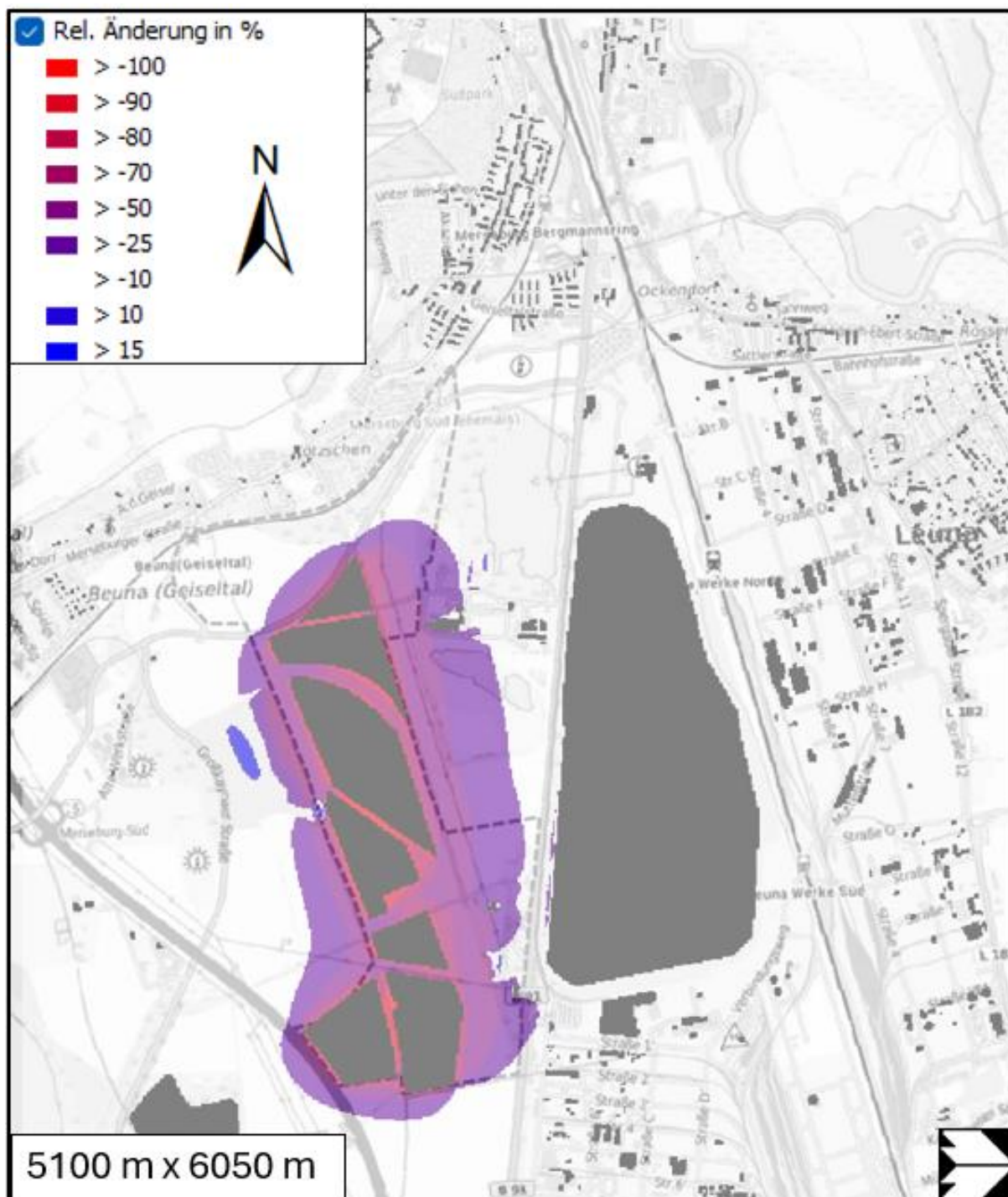


Abb. 7.3: Relative Änderung der jahresmittleren Windgeschwindigkeit im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet in 10 m über Grund zwischen Planfall und Istzustand. Plangebiet grau gestrichelt hinterlegt.
 Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf

8 ERGEBNISSE FÜR EINEN STRAHLUNGSTAG (SCHWACHWIND)

Für das Aufzeigen der bioklimatischen Verhältnisse und die nächtliche Belüftung im Plangebiet bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage werden Simulationen für den Ist-Fall und Planfall mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Dafür werden ergänzend zum Untersuchungsgebiet die umliegenden Bereiche mit den Geländeanstiegen berücksichtigt. Das äußere Recherchegebiet wurde so groß gewählt, dass die Einflüsse der umliegenden Geländeerhebungen auf die Kaltluftströmungen erfasst werden. Entsprechend den Beschreibungen in den Abschnitten 5.2 und 6.3.1 werden die Simulationen um 00 Uhr MESZ gestartet und der Tagesgang eines typischen sommerlichen Tages inklusive der darauffolgenden Nacht bei einer autochthonen Wetterlage berechnet. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt zu einer Stunde mit großer Wärmebelastung am Nachmittag, am frühen Abend zu Beginn des Kaltluftabflusses sowie früh morgens nahe am nächtlichen Temperaturminimum.

Die thermischen Verhältnisse in Bodennähe werden kleinräumig auch durch die bestehenden Nutzungen, insbesondere durch die bestehenden Oberflächen geprägt. Baumbestandene Vegetationsflächen führen in den Tagstunden bei wolkenarmem Himmel zu moderatem Ansteigen der Lufttemperatur und in den Nachtstunden zu deutlichen Abkühlungen. Flächendeckende, niedere Vegetationsflächen führen in den Nachtstunden zu intensiven Abkühlungen. Über künstlichen Oberflächen (Asphalt, Pflaster, Gebäude etc.) führt die Sonneneinstrahlung zu intensiver Erwärmung der unteren Luftschichten, sodass ein deutlicher Anstieg der Lufttemperatur in den Tagstunden und eine verminderte und verzögerte Abkühlung in den Nachtstunden zu beobachten ist.

Die Beschreibung erfolgt anhand der im Kap. 3 beschriebenen klimatologischen Parameter. Neben der Lufttemperatur in 2 m Höhe wird zur Beschreibung der bioklimatischen Situation der Universal Thermal Climate Index (UTCI, siehe Kap. 3) ausgewertet. Dabei liegt keine Wärmebelastung bei UTCI-Werten bis 26 °C vor, die in den grafischen Ergebnisdarstellungen mit grünen Farben belegt werden. Eine starke Hitzebelastung tritt bei mehr als 32 °C auf und wird in roten Farben dargestellt. Eine sehr starke Hitzebelastung mit UTCI-Werten von mehr als 38 °C wird in dunkelrot dargestellt.

8.1 Bioklimatische Situation am Tag

An einem wolkenlosen sommerlichen Strahlungstag wird bei einer autochthonen Wetterlage meist am späten Nachmittag gegen 16 Uhr und 18 Uhr (alle Zeitangaben beziehen sich auf MESZ) die höchste Lufttemperatur in 2 m Höhe erreicht. Für die Wärmebelastung eines Menschen ist diese aber nicht allein prägend, sondern neben der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit vor allem die mittlere Strahlungstemperatur. Diese erreicht im Sommer etwa um

14 Uhr ihren Höchstwert. Als Auswertezeitraum für die Betrachtung der Wärmebelastung am Tag wird eine Stunde am Nachmittag ausgewählt, in der beide Parameter nahe ihrem Höchstwert sind, d. h. etwa um 16 Uhr.

Die **Abb. 8.1** zeigt die berechneten Werte der bodennahen Lufttemperatur sowie die bodennahe Windgeschwindigkeit und -richtung bei schwach östlicher Anströmrichtung für den wärmsten Tageszeitraum. In dieser Auswerteebene kann es aufgrund von Strömungshindernissen durch Relief, Bebauung und Vegetation zu Abweichungen von der übergeordneten Anströmrichtung kommen.

Aus der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur lässt sich die Abhängigkeit zwischen Oberflächenbeschaffenheit, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur gut ableiten: Die niedrigsten Lufttemperaturen bis 24 °C sind über der Wasserfläche des Runstedter Sees im Südwesten des Rechengebietes sowie über dem Kiessee südlich von Merseburg und westlich der B 91 dargestellt. Ebenfalls vergleichsweise geringe Lufttemperaturen von bis zu maximal 25 °C werden innerhalb von Waldbeständen berechnet (z. B. im Waldbereich westlich des Plangebietes oder auf dem nördlichen Bereich der östlich der B 91 liegenden Halde). Im übrigen Untersuchungsgebiet werden über den gut durchlüfteten Freiflächen Lufttemperaturen bis 26 °C dargestellt, so auch im überwiegenden Bereich des Plangebietes. Die höchsten Lufttemperaturen über 26 °C werden in den Bereichen mit dichterem Bebauung und schlechterer Durchlüftung, wie in den östlich dargestellten Wohnbauflächen und den nordwestlich gelegenen Gewerbeflächen, ermittelt.

Die **Abb. 8.2** zeigt die bodennahe Lufttemperatur und das Windfeld nach Realisierung der Planung. Innerhalb des Plangebietes werden wie im Bestand überwiegend Lufttemperaturen bis 26 °C ermittelt. Im Windschatten von den angesetzten Gebäudekomplexen werden in Bereichen, die besonnt sind, kleinräumig Temperaturen über 26 °C ermittelt. Teilweise werden innerhalb des Plangebietes sogar leichte Abnahmen der Lufttemperatur ermittelt, die mit leichten Modifikationen des bodennahen Windfeldes mit kleinräumigen Zunahmen der Windgeschwindigkeit durch die Berücksichtigung der neuen Plangebäude sowie durch Verschattungswirkungen der angesetzten Kubaturen begründet werden können.

Planungsbedingte Änderungen der bodennahen Lufttemperaturen sind zum Tageszeitpunkt lediglich innerhalb des Plangebietes dargestellt (vgl. **Abb. 8.3**). Kleinräumige Bereiche mit geringerer oder höherer Lufttemperatur sind numerisch bedingt und stehen nicht im Zusammenhang mit der Planung. Flächenmäßig halten sie sich in Summe auch etwa die Waage.

Die **Abb. 8.4** zeigt die berechneten Werte für den UTCI um 16 Uhr. Die Abbildung zeigt eine sehr homogene Verteilung des UTCI im Untersuchungsgebiet. Einflussgrößen sind neben der

Lufttemperatur die Verschattungssituation, die Durchlüftung und die Oberflächenbeschaffenheit, wobei im vorliegenden Fall bei der gewählten Rechenauflösung Letzteres dominiert.

Besonders von Hitzestress betroffen sind Bereiche, die über mehrere Stunden hinweg nicht verschattet sind, und zwar außerhalb des Einflussbereiches von Gewässern und von Vegetationsflächen. Das gilt sowohl für unversiegelte als auch versiegelte Flächen. Daher werden beispielsweise im Bereich des bestehenden Industrieparks großflächig starke Hitzebelastungen ermittelt. Ähnlich ist dies im Bereich von Wohnsiedlungen, wie zum Beispiel im Norden in Beuna und Kötzschen sowie in Leuna.

Geringere UTCI werden über den Wasserflächen dargestellt. Aber auch größere Baumgruppen und vor allem Waldgebiete haben einen positiven Einfluss auf den UTCI. Durch die verschattende Wirkung der Baumkronen wird die thermische Belastung reduziert. Großflächige Vegetationsflächen sind beispielsweise in der **Abb. 8.4** durch grüne Farben repräsentiert. Dort wird vom Modell eine thermische Belastung ausgeschlossen. Auch einzelne Bäume wirken sich wegen deren Verschattung positiv auf den UTCI aus. Wegen der Rechenauflösung von 10 m x 10 m sind jedoch Einzelbäume in der Modellierung nicht explizit aufgelöst und deshalb in den Ergebnissen nicht erkennbar. Gleiches gilt für Verschattungsbereiche hinter einzelnen kleineren Gebäuden.

Die **Abb. 8.5** zeigt die berechneten Werte für den UTCI unter Berücksichtigung der Planung. Außerhalb des Plangebietes treten sehr ähnliche Werte auf wie im Bestand. Im Plangebiet selbst kommt es innerhalb der Bebauungskomplexe zu einer zusätzlichen Verschattung, was in Teilen mit etwas geringeren UTCI-Werten verbunden ist. Bereiche vor besonnten Fassaden sind höher belastet als im Bestand.

Die planungsbedingten Änderungen sind in **Abb. 8.6** dargestellt und konzentrieren sich im Wesentlichen auf das Plangebiet. Außerhalb des Plangebietes sind kleinräumige Zu- und Abnahmen des UTCI aufgezeigt, die numerisch bedingt sind und sich flächenmäßig etwa die Waage halten. Mit relevanten planbedingten Änderungen in Bereichen der Siedlungsflächen von Merseburg (Beuna, Kötzschen) und Leuna ist selbst bei der hier durchgeführten konservativen Berechnung nicht zu rechnen.

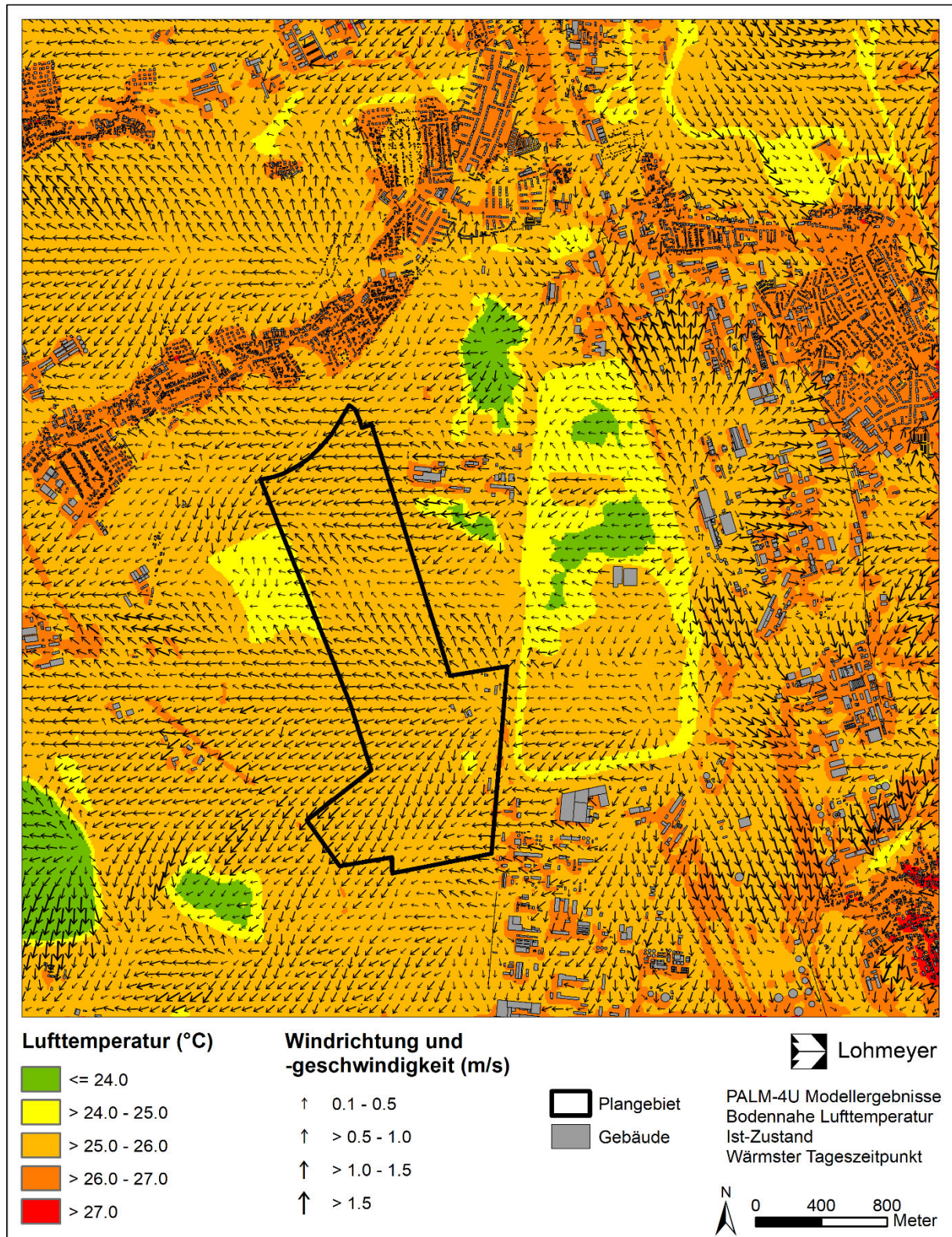


Abb. 8.1: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit im Tageszeitraum für den Ist-Fall

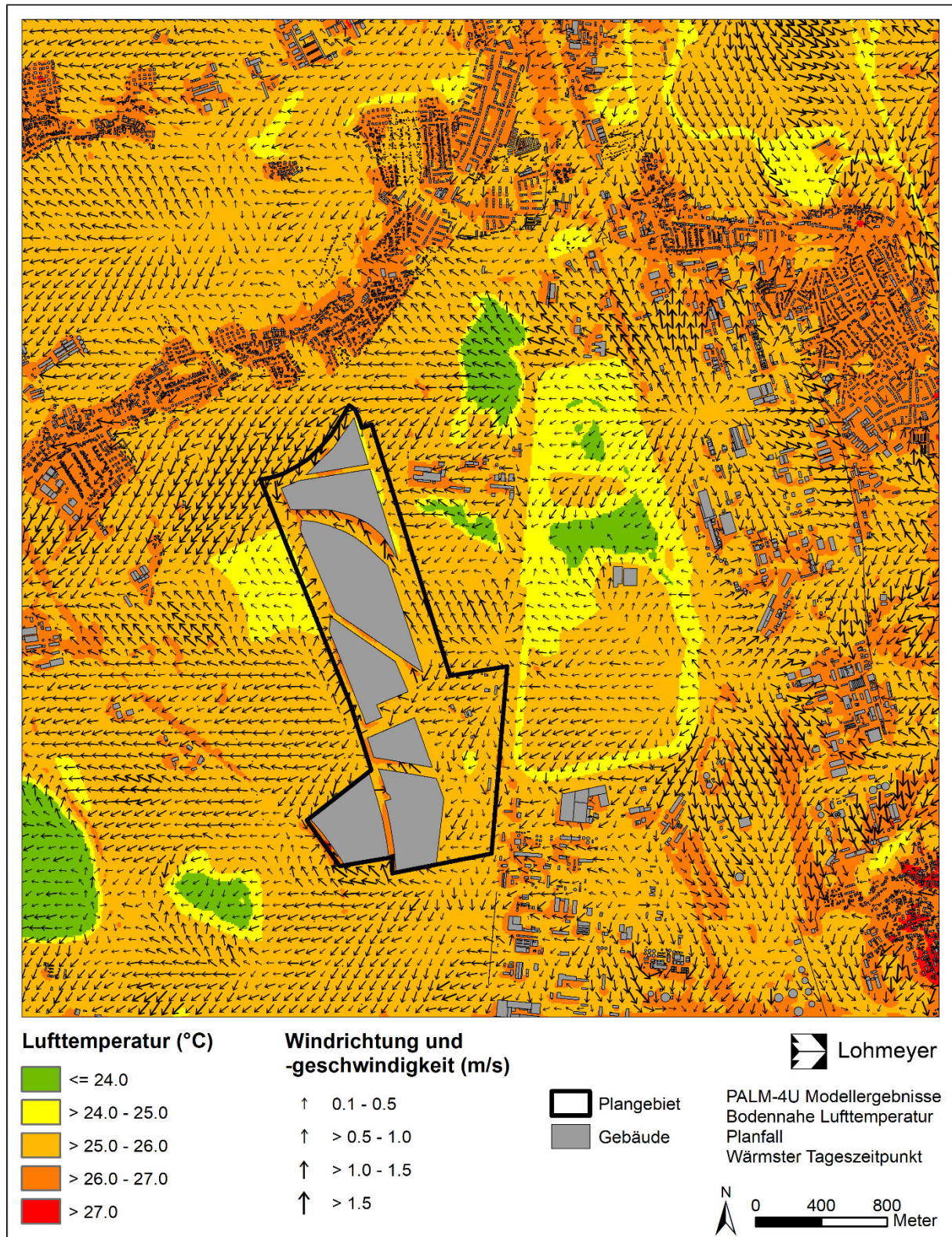


Abb. 8.2: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit im Tageszeitraum für den Planfall

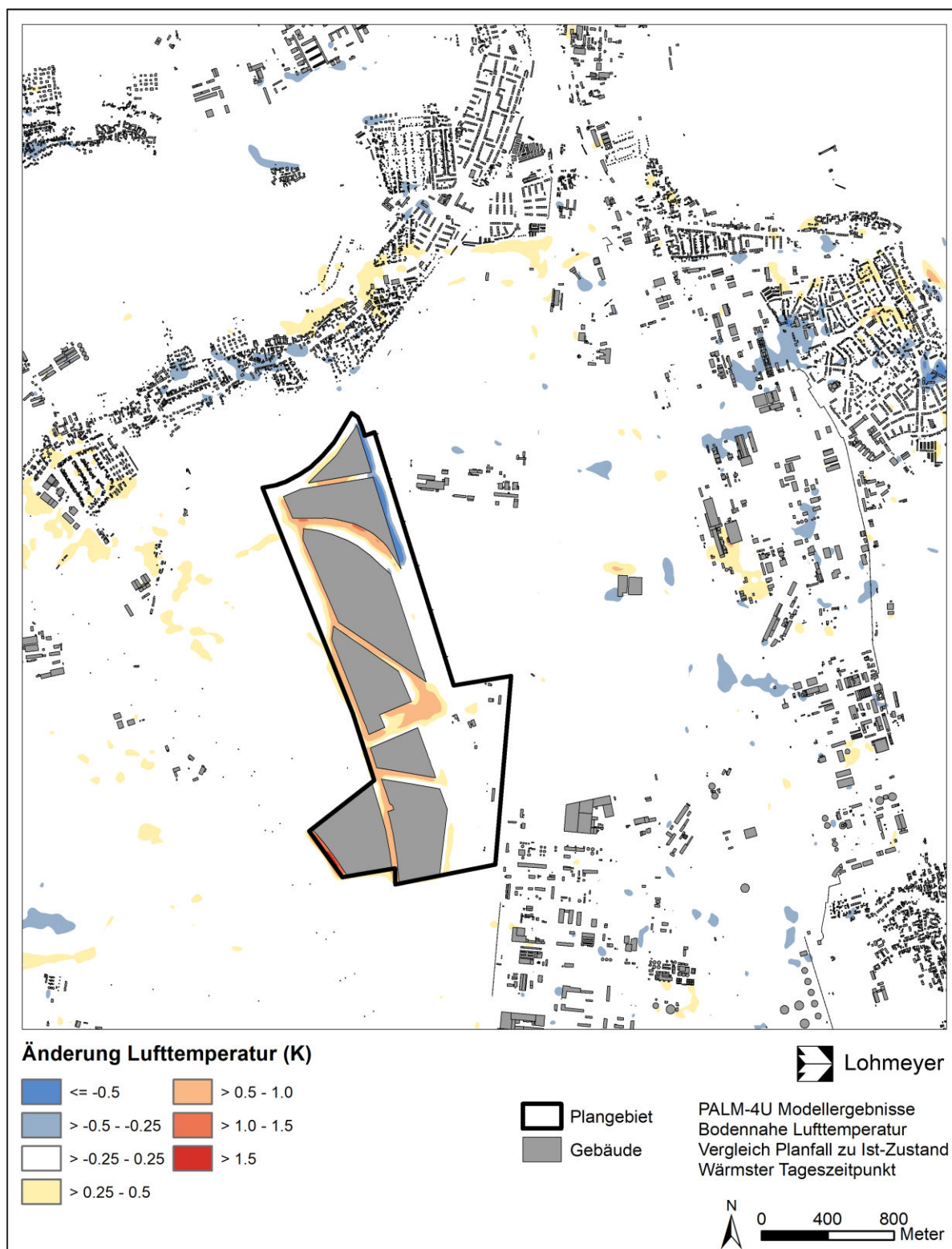


Abb. 8.3: Differenzen der bodennahen Lufttemperatur zwischen Planfall und Ist-Fall im Tageszeitraum

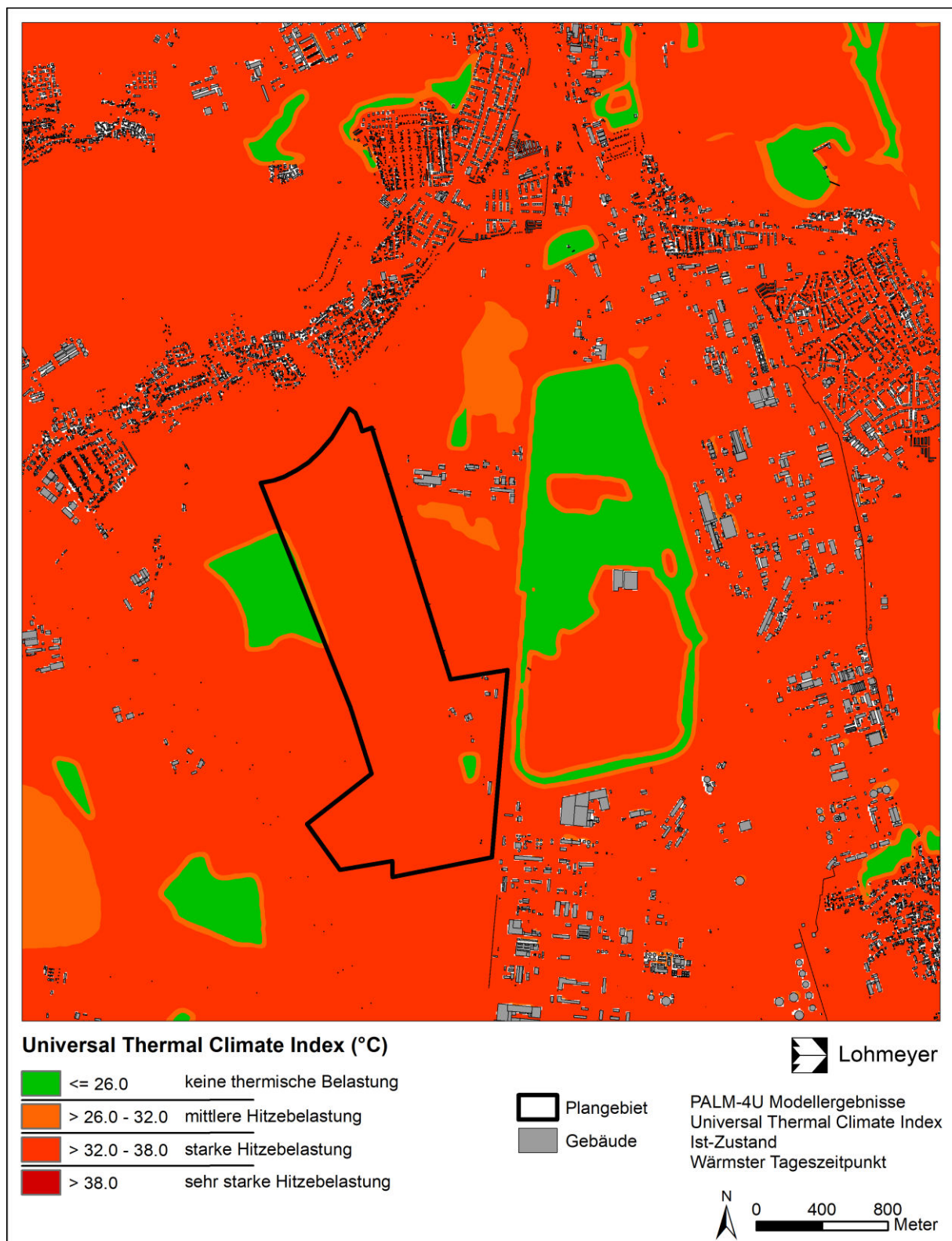


Abb. 8.4: UTCI und zugehörige Wärmebelastungsklassen im Tageszeitraum für den Ist-Fall

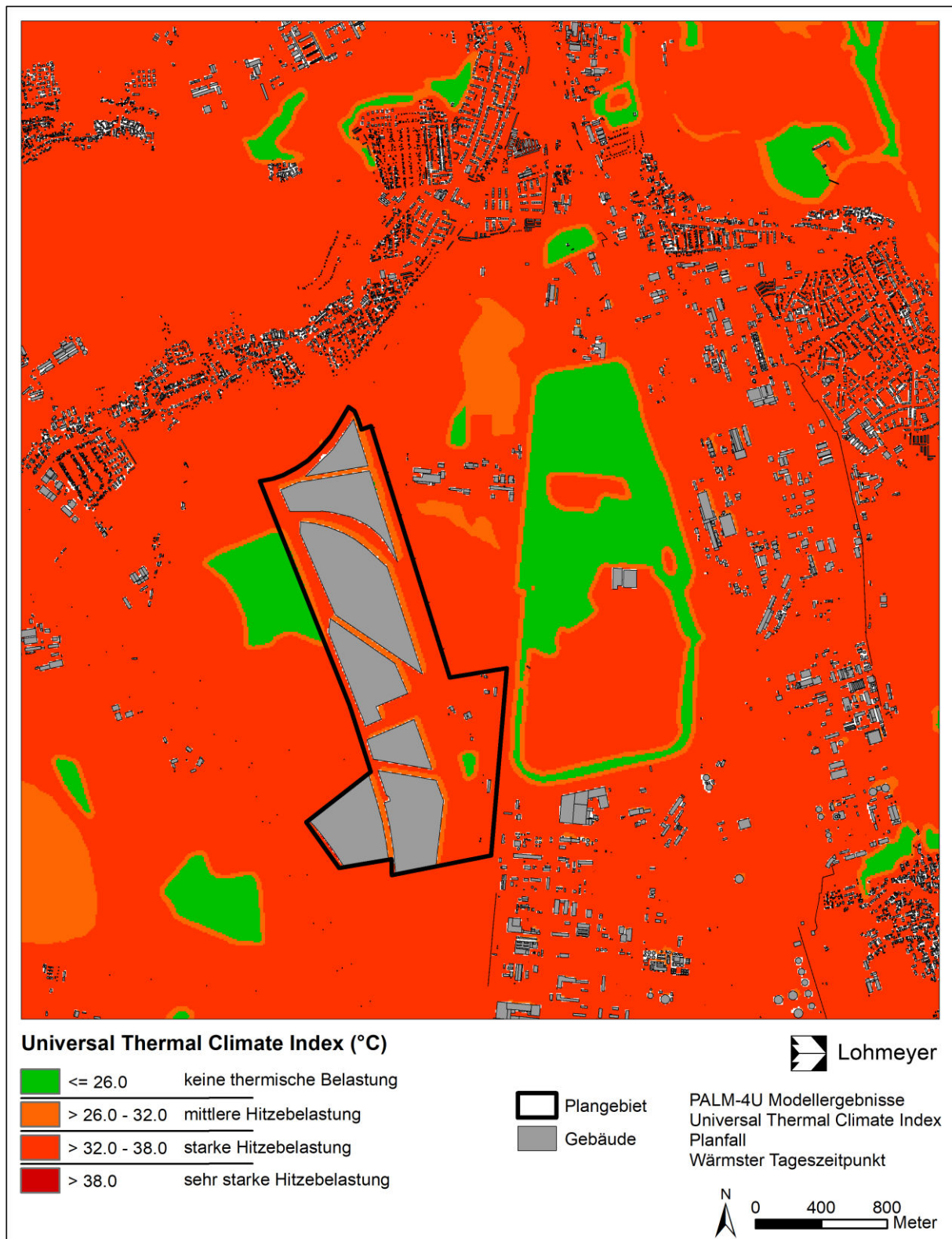


Abb. 8.5: UTCI und zugehörige Wärmebelastungsklassen im Tageszeitraum für den Planfall

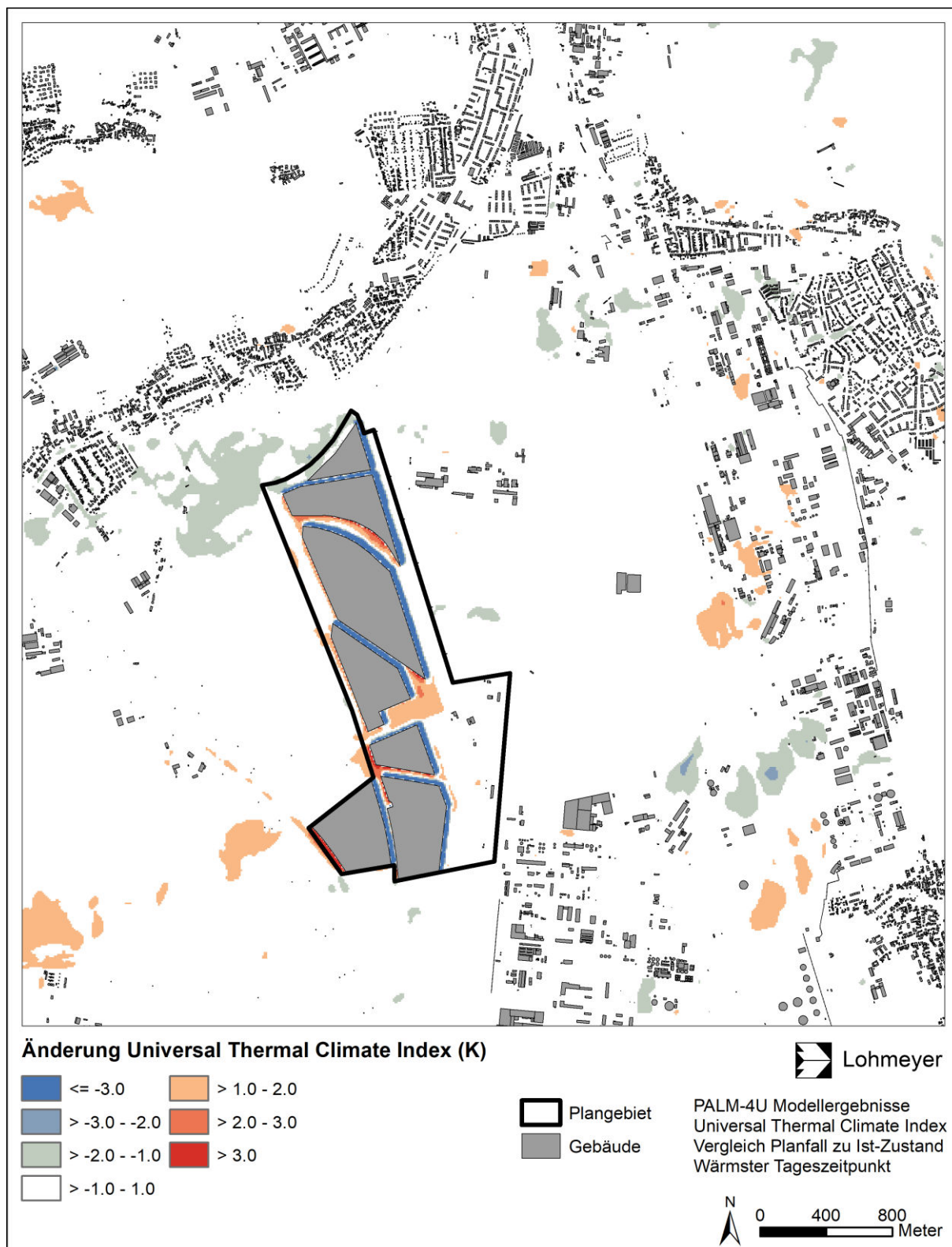


Abb. 8.6: Differenzen des UTCI zwischen Planfall und Ist-Fall im Tageszeitraum

8.2 Klimatische Situation in den Nachtstunden (Thermische Windsysteme - Kaltluft)

Bei autochthonen Strahlungswetterlagen ergibt sich mit dem Sonnenuntergang in unbebauten Bereichen eine spürbare Abkühlung der unteren Luftschichten, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen. Großen Anteil daran haben die strahlungsbedingten Anteile, d. h. es entsteht eine negative Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche aufgrund von mehr Aus- als Einstrahlung aufgrund des Wegfallens der kurzwelligen Einstrahlung der Sonne. In reliefiertem Gelände strömen die bodennah kühlen Luftmassen die Hänge gravitativ hinab und sammeln sich in den nieder gelegenen Bereichen, wie z. B. Senken, Mulden und Tälern, und verstärken dort die Abkühlung. In Einschnitten und Tälern werden die Hangabwinde zusammengeführt und bilden intensive Kaltluftströmungen aus, die beispielsweise die nächtliche Belüftung von Siedlungsgebieten fördern können. Das äußere Rechengebiet wird für die vorliegende Ausarbeitung deshalb so groß gewählt, dass sich die nächtlichen Kaltluftströmungen im Modell eigenständig ausbilden, sodass nachts kein übergeordneter Antrieb berücksichtigt wird. In bebauten Bereichen findet aufgrund der Wärmespeicherung der urbanen Oberflächen und Baukörper eine verzögerte und reduzierte Abkühlung statt, da diese langwellige Wärmestrahlung an die Umgebung abgeben.

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung und die Geschwindigkeit des Kaltluftstroms, die Mächtigkeit der Kaltluft und die daraus resultierende Kaltluftvolumenstromdichte. Die Kaltluftvolumenstromdichte beschreibt die Kaltluftmenge in m^3 , die pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Oberkante der Schichtdicke, die senkrecht zur Strömung steht, fließt. Die Einheit ist $\text{m}^3/(\text{m s})$ bzw. m^2/s . Falls die Volumenstromdichte über einen Querschnitt konstant ist, lässt sich der Volumenstrom direkt und einfach als Volumenstromdichte mal Länge der Grundlinie dieser Fläche berechnen. Der Kaltluftvolumenstrom kann als Größe zur Beschreibung der Durchlüftungsintensität aufgefasst werden. Darüber hinaus werden die Windrichtung, Windgeschwindigkeit und die Lufttemperatur in Bodennähe betrachtet.

Die thermischen Verhältnisse in Bodennähe werden kleinräumig auch durch die bestehenden Nutzungen, insbesondere durch die bestehenden Oberflächen geprägt. Baumbestandene Vegetationsflächen führen in den Tagstunden bei wolkenarmem Himmel zu moderatem Ansteigen der Lufttemperatur und in den Nachtstunden zu deutlichen Abkühlungen. Flächendeckende, niedere Vegetationsflächen führen in den Nachtstunden zu intensiven Abkühlungen. Über künstlichen Oberflächen (Asphalt, Pflaster, Gebäude etc.) führt die Sonneneinstrahlung zu intensiver Erwärmung der unteren Luftschichten, sodass ein deutlicher Anstieg der Lufttemperatur

peratur in den Tagstunden und eine verminderte und verzögerte Abkühlung in den Nachtstunden zu beobachten ist.

Die Kaltluftverhältnisse unterliegen im Laufe der Nacht einem dynamischen Wandel. Zu Beginn sind die Kaltluftschichtdicken noch gering. Kurz vor Sonnenaufgang werden sehr hohe Schichtdicken erreicht mit z. T. geringeren Fließgeschwindigkeiten aber deutlich höheren Volumenströmen und damit deutlich höherer Durchschlagskraft der Kaltluft. Um dieser Dynamik gerecht zu werden, werden hier verschiedene Zeitpunkte einer Kaltlufternacht separat betrachtet, und zwar die Anfangsphase und die Phase kurz vor Sonnenaufgang. Die dazwischen liegenden Zeiten (zum Beispiel gegen Mitternacht) sind von der Fließrichtung der Kaltluft ähnlich den Verhältnissen zu Beginn des Kaltluftabflusses. Deshalb wird auf eine weitere Darstellung verzichtet.

8.3 Ergebnisse für die Situation in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

In den unbebauten Bereichen des Untersuchungsgebietes bildet sich bei den entsprechenden Wetterlagen bodennahe Kaltluft aus. Die Hangneigungen sind im Plangebiet jedoch sehr gering. Es kommt aber zu lokalen Luftbewegungen durch Druckausgleich. Das sind sogenannte Flurwinde, die die gebildete Frischluft in die Siedlungsgebiete hinein transportieren. Die **Abb. 8.7** zeigt die bodennahe Kaltluftströmungsgeschwindigkeit sowie die Lufttemperatur in der Anfangsphase der Kaltluftbildung im Istzustand für einen wolkenlosen Strahlungstag bei einer autochthonen Wetterlage. Im nördlichen Bereich des Plangebietes strömt bodennah die Kaltluft mit bis zu 1.0 m/s in nördliche Richtung und biegt nordöstlich des Plangebietes nach Nordosten ab, folgt also überwiegend dem Freibereich zwischen den südwestlichen Ausläufern von Merseburg und der B 91. In den Siedlungsbereichen sowie im bestehenden Chemiepark Leuna sind die Kaltluftgeschwindigkeiten überwiegend abgeschwächt. In diesen Bereichen liegen die bodennahen Geschwindigkeiten überwiegend unter 0.5 m/s. Gut erkennbar ist die Kaltluftproduktion auf der Halde östlich der B 91. Die dort produzierte Kaltluft fließt entsprechend der dortigen Hangneigung in alle Richtungen von der Halde ab. Die höchsten Kaltluftgeschwindigkeiten sind im südöstlichen Bereich der Halde zu beobachten.

Aufgrund der Planung ergeben sich Änderungen der Strömungsrichtungen und Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich des Plangebietes (**Abb. 8.8**), die sich auf das Umfeld der geplanten Bebauung beschränken. Im Norden wird die nördliche Strömungskomponente in Richtung Siedlungsbereiche vom Ortsteil Beuna herabgesetzt. Dafür verstärkt sich die Umströmung der geplanten Bebauungskörper im nordwestlichen Bereich, wobei ein Teil der ankommenden Kaltluft auch von unten her erwärmt wird. Im Südosten des Plangebietes wird im Planfall der dortige bodennahe Kaltluftstrom in Richtung bestehenden Chemiepark abgeschwächt.

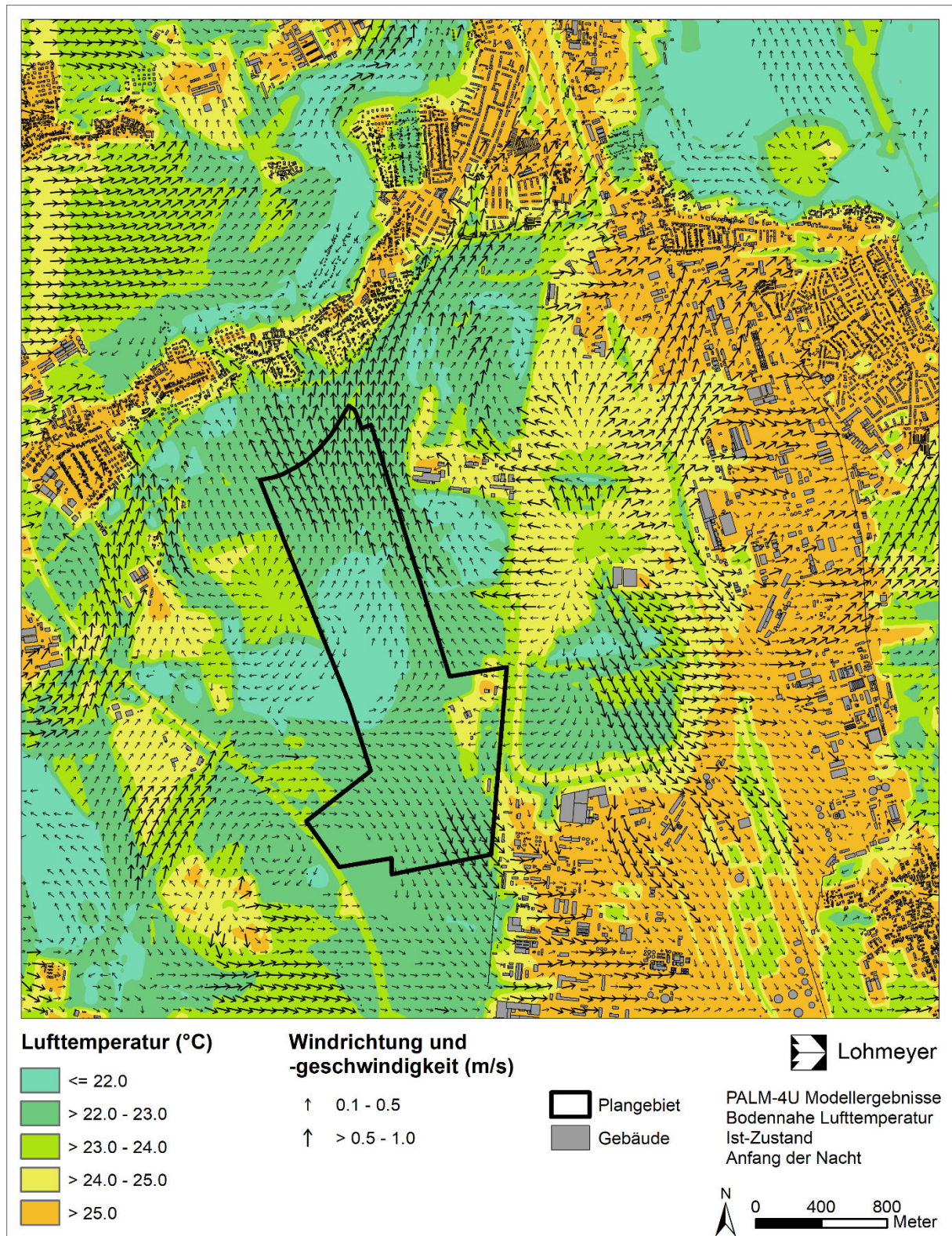


Abb. 8.7: Istzustand - Bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten in ca. 2 m über Grund in der Anfangsphase der Kaltluftbildung (kurz nach Sonnenuntergang) sowie die zugehörigen Lufttemperaturen

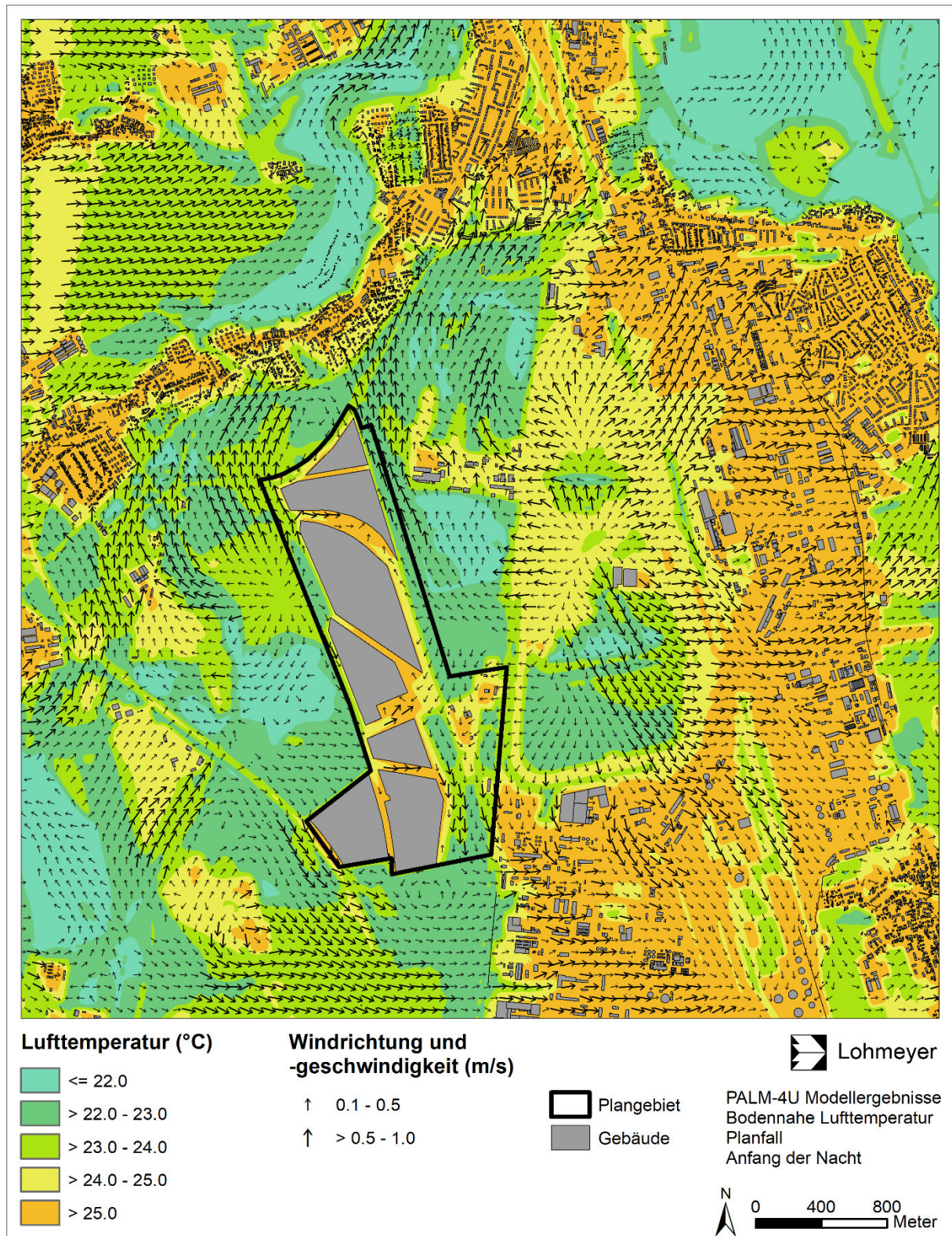


Abb. 8.8: Planfall - Bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten in ca. 2 m über Grund in der Anfangsphase der Kaltluftbildung (kurz nach Sonnenuntergang) sowie die zugehörigen Lufttemperaturen

Mit dem Sonnenuntergang setzt eine spürbare Abkühlung der unteren Luftschichten ein, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen. Verursacht wird diese nächtliche Abkühlung im Wesentlichen durch die negative Strahlungsbilanz der Erdoberfläche, die nach Sonnenuntergang durch das Wegfallen der kurzwelligen Einstrahlung resultiert.

Die **Abb. 8.7** zeigt auch die bodennahe Lufttemperatur zu Beginn der Kaltluftbildung im Istzustand. Auf den großräumigen Freiflächen im Bereich des Plangebietes werden im Istzustand Lufttemperaturen von $<22^{\circ}\text{C}$ bis 23°C berechnet, in stärker besiedelten Bereichen liegt die Lufttemperatur noch über 25°C .

Nach Planungsrealisierung wird sich die Lufttemperatur im Bereich des Plangebietes selbst deutlich erhöhen, vor allem im Nahbereich der geplanten Gebäudekomplexe. Die im Vergleich zum Istzustand geänderten Strömungsverhältnisse führen unmittelbar westlich des Plangebietes und nördlich des westlich anschließenden Waldes zu einer Vergrößerung derjenigen Flächen, in denen die Lufttemperatur kurz nach Sonnenuntergang im Planfall größer als 23°C ist (**Abb. 8.8**), während sie im Istzustand bereits unter diesen Wert gesunken ist. In den nördlich des Plangebietes angrenzenden Wohngebieten Beuna und Kötzschen kommt es in Teilbereichen zu einer Erhöhung der Lufttemperatur im Vergleich zum Istzustand von bis zu 1 K (**Abb. 8.9**). Im Planfall büßt demnach dieser Bereich den im Istzustand vorhandenen Standortvorteil mit Lage unmittelbar an der kaltluftproduzierenden Fläche ein. Die im Planfall berechneten Lufttemperaturen sind aber im Vergleich mit den Werten im Stadtkernbereich trotzdem noch geringer.

Im Süden des Plangebietes kommt es wegen der planbedingten lokalen Abschwächung des thermischen Windsystems zu einer Temperaturerhöhung im Bereich des bestehenden Industrieparks um bis zu 1.5 K. Dies ist jedoch nur ein kleinräumiger Bereich unmittelbar östlich der B 91, ansonsten sind die Änderungen in bebauten Bereichen kleiner als 1 K. Lufttemperaturerhöhungen, die direkt auf die Planung zurückzuführen sind und nicht auf numerische Effekte des Modells, sind jedoch bis Entfernungen von ca. 800 m vom Plangebiet nicht auszuschließen. Aufgezeigte Differenzen in größeren Entfernungen stellen numerische Effekte dar.

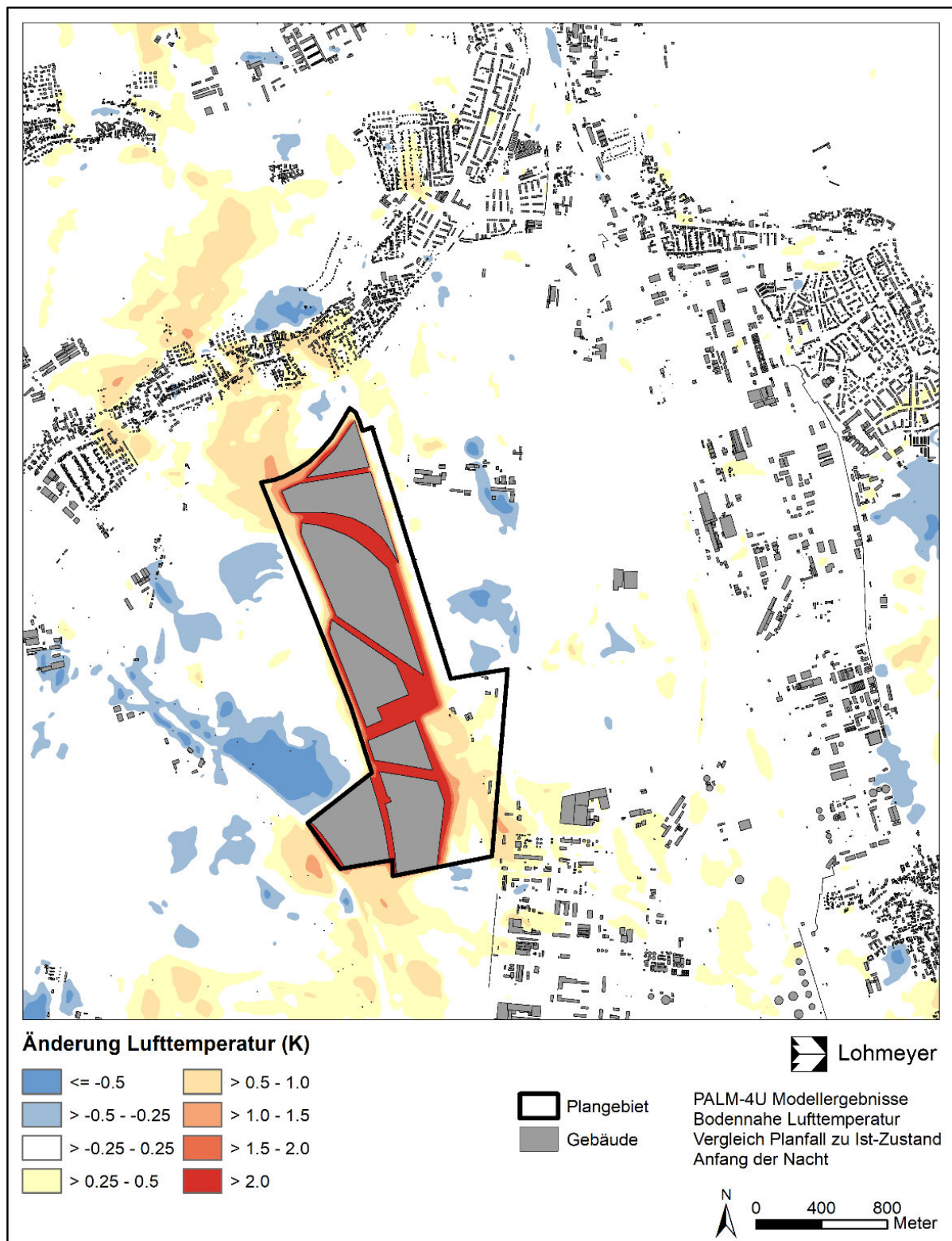


Abb. 8.9: Differenz der Lufttemperatur in 2 m Höhe in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

8.4 Ergebnisse für die Situation kurz vor Sonnenaufgang

Die **Abb. 8.10** zeigt die Höhe der Kaltluftschicht und die Kaltluftvolumenstromdichte zum Ende der Nacht im Istzustand. Die Kaltluftströmungsrichtungen entsprechen dem Median der Strömungsrichtungen jeden Höhenlevels in der Kaltluftschicht und stimmen im Wesentlichen mit den Strömungsrichtungen in Bodennähe überein. Dies bedeutet, dass sich die Richtungen der Kaltluftströmungen in der Kaltluftschicht mit der Höhe nicht wesentlich ändern.

Die Kaltfluthöhen werden maßgeblich von der Topografie bestimmt und schwanken zwischen weniger als 20 Metern in dem Bereich der Halden und ca. 60 m im Bereich des Plangebietes. Östlich von Merseburg und nördlich von Leuna werden bis zu 80 m Kaltluftschichtdicke und mehr berechnet. Im Bereich der geplanten Gebäudekomplexe liegen sie über der angesetzten Maximalhöhe der Plangebäudekomplexe.

Die Kaltluftvolumenstromdichte liegt im Norden des Plangebietes bei Werten von ca. $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$. Damit ergibt sich zwischen den Ortsteilen Beuna und der Halde östlich der B 91 ein Kaltluftvolumenstrom, der sich aus Südwesten kommend in Richtung Merseburg bewegt von mehr als $20\,000 \text{ m}^3/\text{s}$. Ein Teil dieser Luft wird nördlich der Halde in Richtung des bestehenden Chemieparks sowie nach Leuna umgelenkt.

Dieser Volumenstrom hat demnach zum Ende der Nacht eine klimaökologisch wirksame Relevanz (Schwellwert dafür laut VDI 3787 Blatt 5, 2003: $10\,000 \text{ m}^3/\text{s}$). Es ist demnach davon auszugehen, dass im Istzustand von der herantransportierten kalten Luft die südlichen Siedlungsgebiete von Merseburg sowie die nördlichen Bereiche von Leuna profitieren. Nordwestlich des Plangebietes wird eine südliche Komponente des thermischen Windes berechnet, die direkt dem Ortsteil Beuna zugutekommt.

Die bodennahen Strömungen sowie die Lufttemperatur kurz vor Sonnenaufgang ist im Istzustand für eine warme Sommernacht in **Abb. 8.11** dargestellt. Die tiefsten Temperaturen mit Werten um die 18°C werden im Bereich der ausgedehnten landwirtschaftlichen Flächen ermittelt. Dies betrifft fast das gesamte Plangebiet und auch die daran anschließenden landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Wohnsiedlungen im Untersuchungsgebiet weisen überwiegend Lufttemperaturen bis 21°C auf. In den Siedlungsbereichen mit dichter Bebauungsstruktur (z. B. Teilbereiche von Leuna) werden im Untersuchungsgebiet die höchsten Lufttemperaturen über 21°C dargestellt. Auch in den bewaldeten Bereichen (z. B. auf den Halden) sind die Lufttemperaturen im Vergleich zum Umland leicht erhöht.

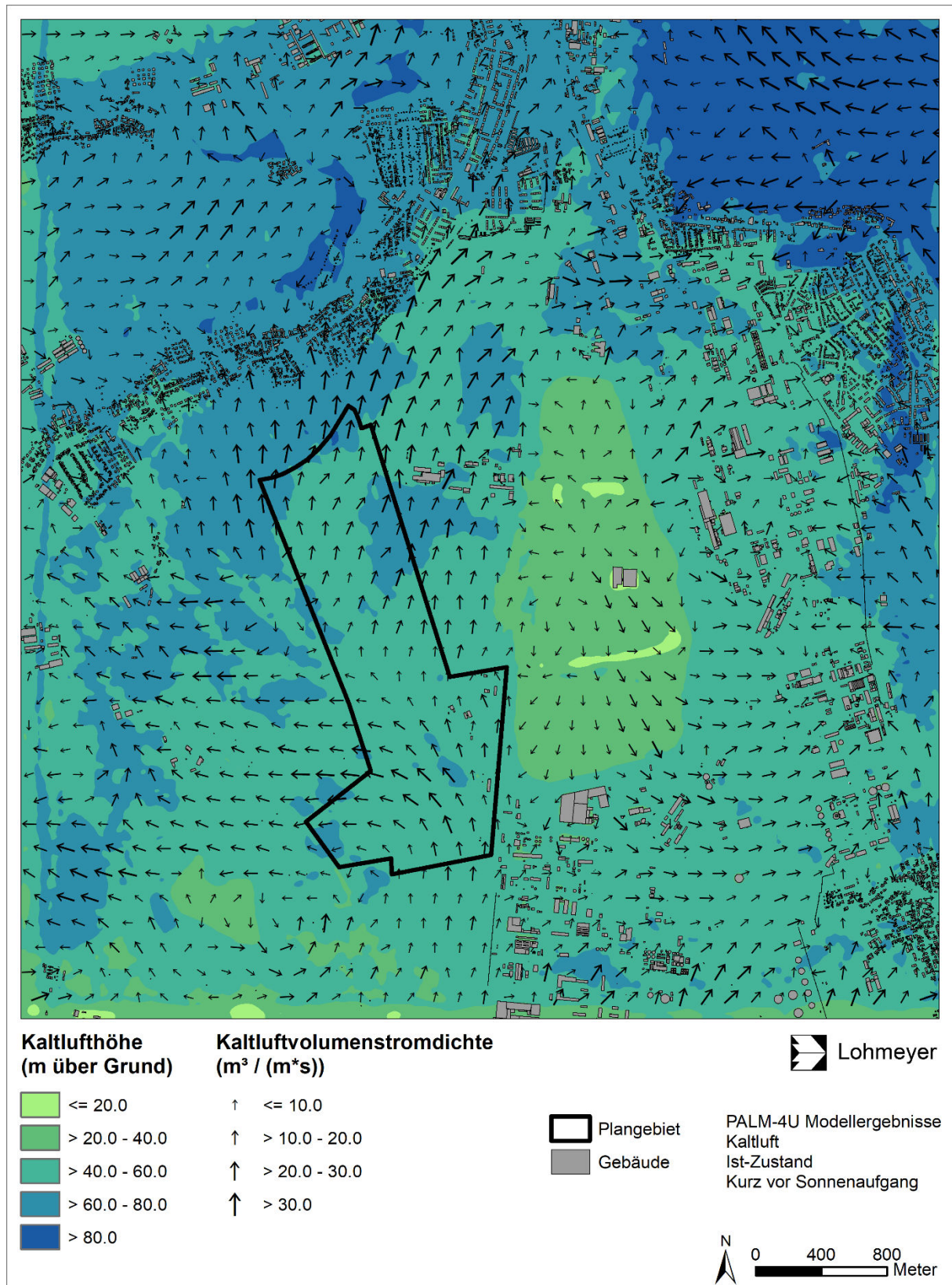


Abb. 8.10: Istzustand - Kaltluftvolumenstromdichte und Kaltluftmächtigkeit kurz vor Sonnenaufgang

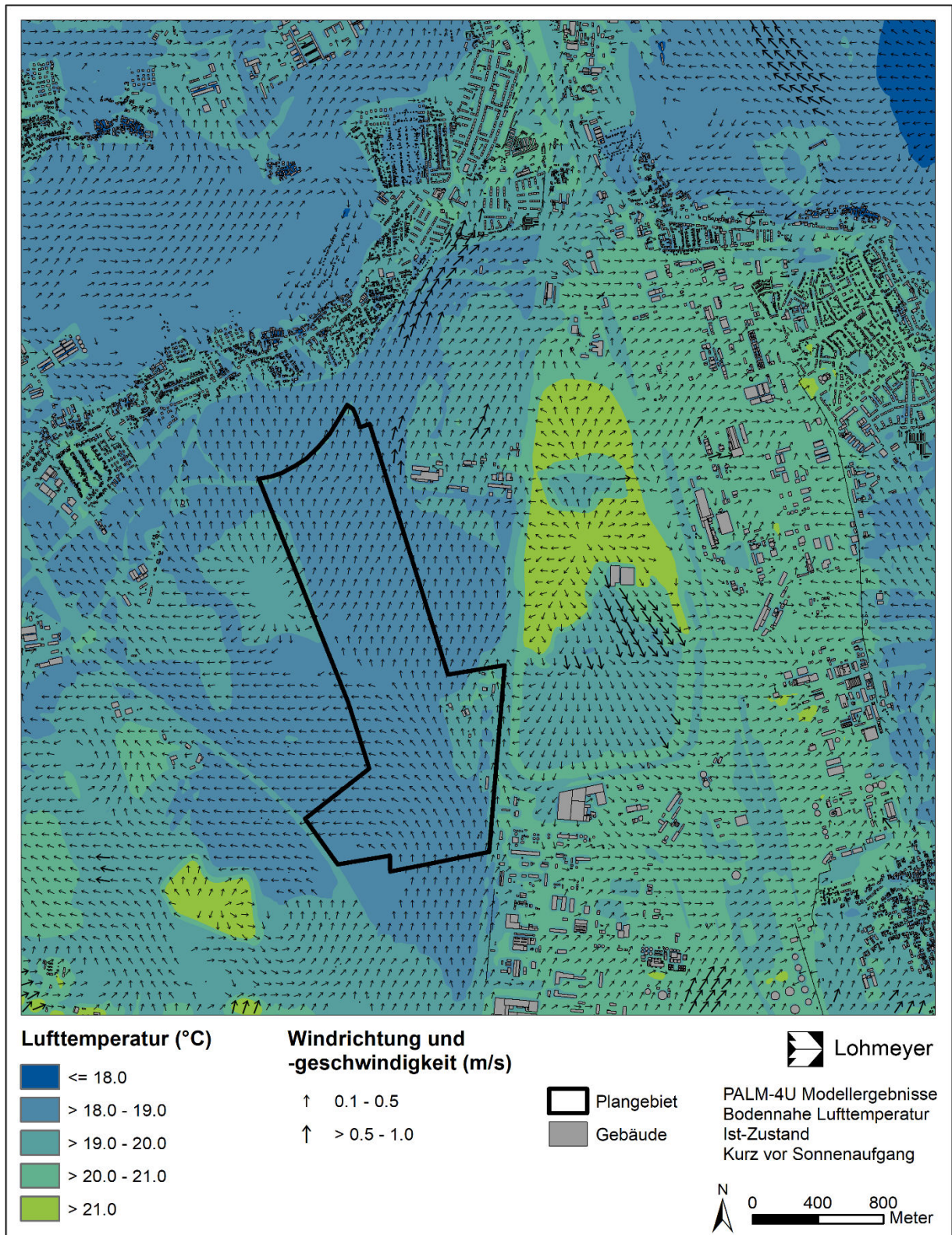


Abb. 8.11: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit nachts kurz vor Sonnenaufgang für den Ist-Fall

Im Plangebiet selbst treten bodennah südliche Windrichtungen auf, und zwar im gesamten Gebiet, die sich im Norden des Plangebietes bis zu den Ortsteilen Beuna und Kötzschen durchsetzen. Die Windgeschwindigkeiten sind hauptsächlich schwach ausgeprägt und liegen überwiegend bei unter 0.5 m/s.

Auch bodennah wird ein Teil der Luft nördlich der Halde in Richtung Leuna nach Osten umgelenkt.

Dies ist auch im Planfall der Fall (**Abb. 8.12**), wobei vor allem östlich von Kötzschen geringere bodennahe Kaltluftgeschwindigkeiten erwartet werden und die Kaltluft nördlich des Plangebietes durch Umströmungseffekte eher südwestliche als südliche Strömungskomponenten aufweist.

Auf dem Plangebiet und dessen nähere Umgebung erhöhen sich die Lufttemperaturen deutlich, und zwar vor allem im Nahbereich der in das Modell eingesetzten maximalen Gebäud Kubaturen. In den umliegenden bebauten Bereichen sind die berechneten Lufttemperaturen denen des Istzustandes ähnlich.

Planungsbedingte Änderungen der bodennahen Lufttemperatur im Bereich der Bestandsbebauung sind in der **Abb. 8.13** für den ausgewerteten Nachtzeitraum als Differenz dargestellt. Die Differenzabbildung verdeutlicht, dass sich die Änderungen hauptsächlich auf das Plangebiet und dessen Umgebung konzentrieren. Im Plangebiet selbst betragen die Temperaturänderungen bis zu 2 K. Außerhalb des Plangebietes sind Temperaturerhöhungen bis maximal 1 K bis in Entfernungen von maximal 200 m vom Plangebiet möglich. Davon sind keine umliegenden Siedlungsgebiete betroffen. Planbedingte Temperaturerhöhungen um 0.25 K bis 0.5 K sind westlich und östlich des Plangebietes bis in eine Entfernung von maximal 800 m vom Plangebiet möglich. Davon sind keine Siedlungsgebiete betroffen, jedoch das Gewerbegebiet „Merseburg Süd“. Nachts stellt dieser Bereich jedoch keine besonders sensible Funktion im Hinblick auf die nächtliche Erholung dar, da es sich um eine gewerbliche Nutzung handelt.

Auf der nördlichen Seite der Planung sind außerhalb des Plangebiets weitere kleinräumige Temperaturzunahmen bis 0.5 K im Bereich der nördlich angrenzenden Bestandsbebauung mit Wohnnutzung dargestellt (Ortsteile Beuna und Kötzschen). Betroffen sind die südlichen Randbereiche der genannten Siedlungsfläche. Die dortigen Nachttemperaturen sind aber auch im Planfall geringer als beispielsweise in den stärker bebauten Innenstadtbereichen von Merseburg oder Leuna.

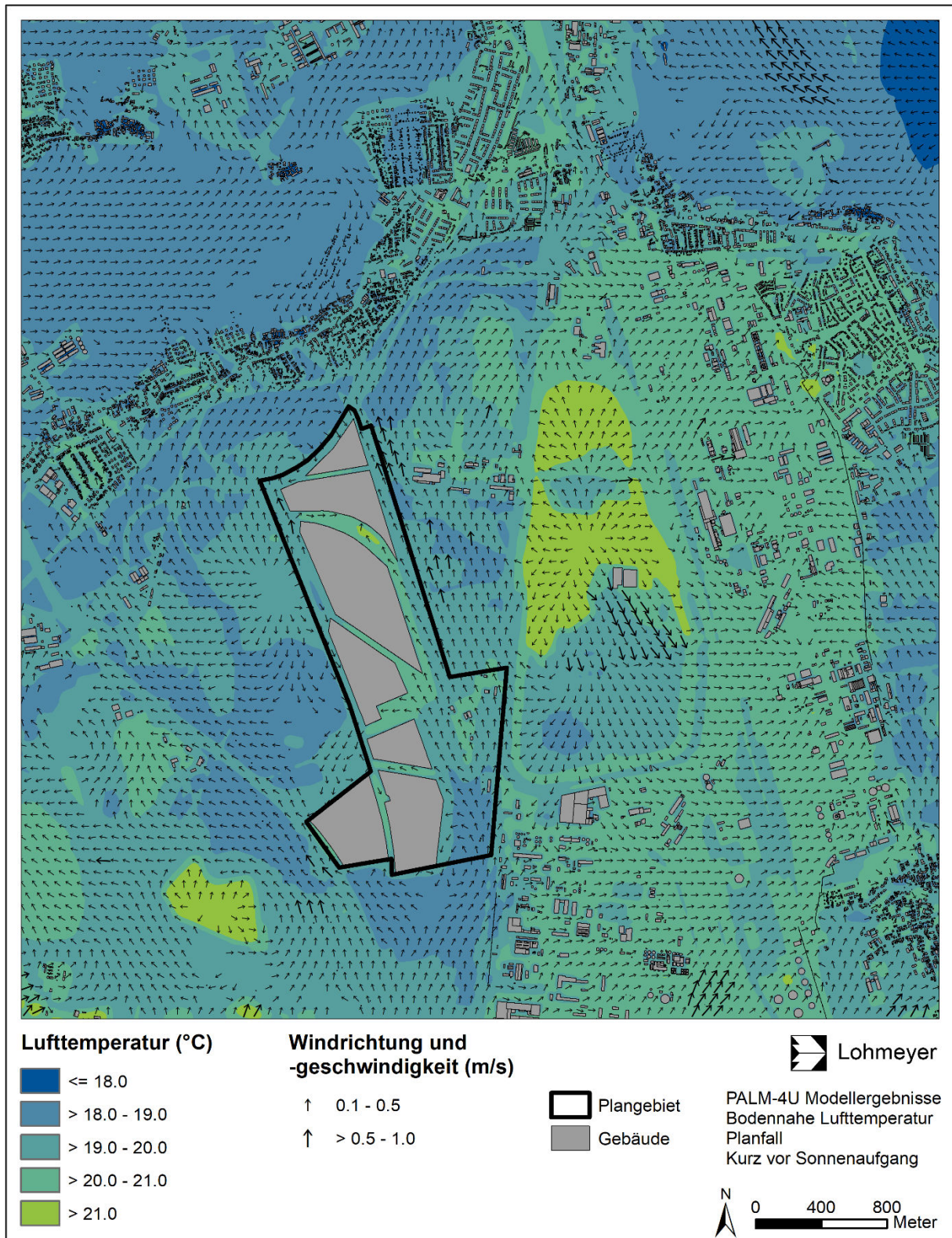


Abb. 8.12: Bodennahe Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit nachts kurz vor Sonnenaufgang für den Planfall

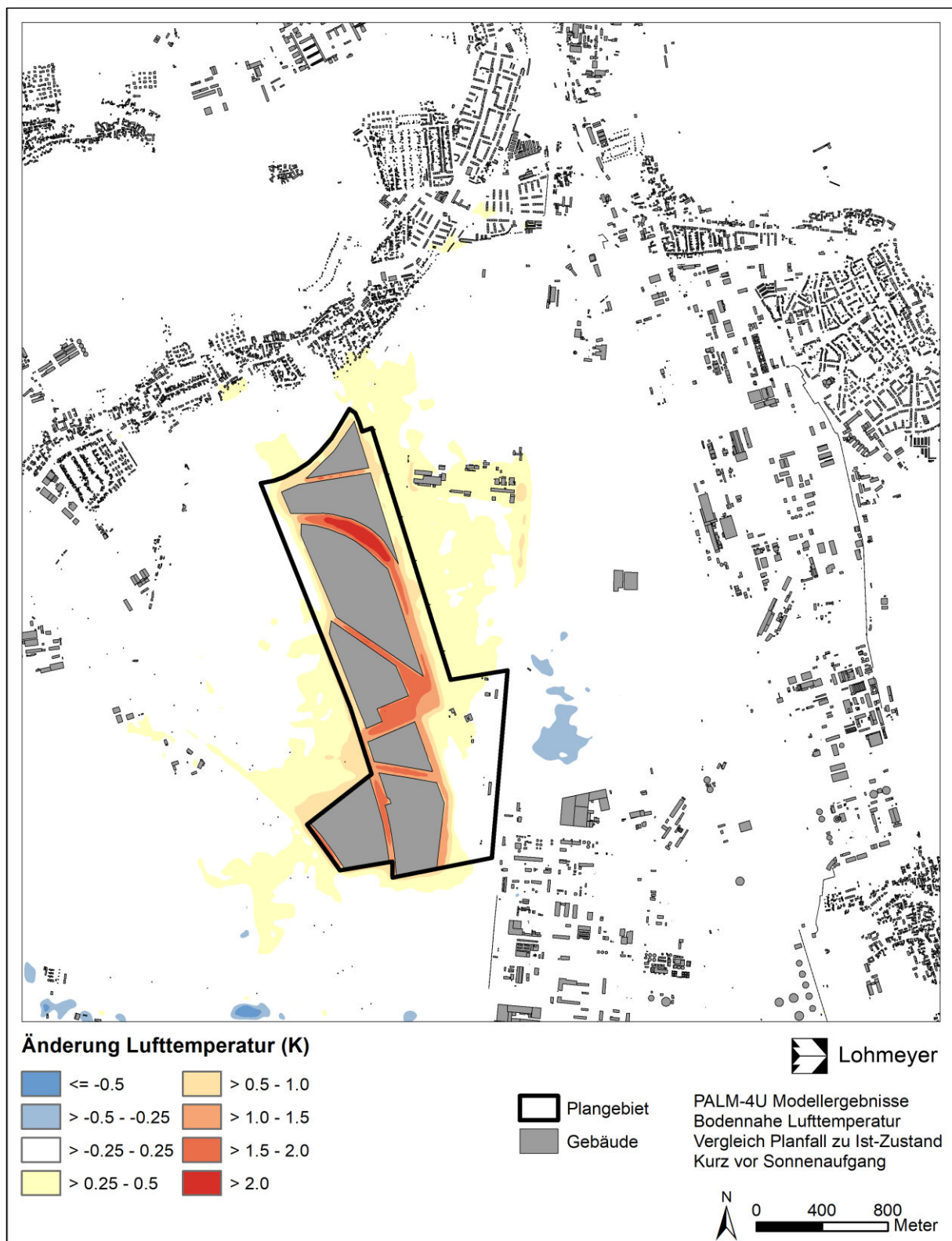


Abb. 8.13: Differenzen der bodennahen Lufttemperatur zwischen Planfall und Ist-Fall nachts kurz vor Sonnenaufgang

8.5 Fazit und Planungshinweise

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass der geplante neue Chemiapark zu einer lokalen Aufheizung der Luft auf dem Plangebiet und dessen unmittelbarer Umgebung führt. Lokal kommt es zu einer Verringerung der Kaltluftproduktion auf denjenigen Flächen, die bebaut werden sollen und die geplanten Gebäude führen zudem zu einem Aufzehren der Kaltluft von unten und lokal zu Umlenkungs- und Überströmungseffekten. Obwohl bei der Prüfung des Planfalls und dessen Auswirkungen ein sehr ungünstiger Zustand betrachtet wurde (alle vorgesehenen Bauflächen sind durchgängig mit der maximalen Bauhöhe von 40 m angesetzt worden), kommt es in den umliegenden Siedlungsbereichen überwiegend nicht zu Änderungen der Lufttemperatur oder zu Änderungen der thermischen Belastung. Auch die Belüftungsverhältnisse in Strahlungsnächten werden in den umliegenden Siedlungsbereichen kaum beeinträchtigt. Geringe Beeinträchtigungen sind am südlichen Ortsrand von Beuna und Kötzschen nicht auszuschließen, und zwar sowohl am Tage als auch in der Nacht. Die dort im Istzustand vorhandenen lokalklimatischen Vorzüge durch die Lage im Nahbereich einer großen kaltluftproduzierenden Fläche werden zum Teil reduziert. Trotzdem sind dort auch im Planfall lokalklimatisch günstigere Verhältnisse vorhanden als in dicht bebauten Innenstadtbereichen. Als günstig bewertet wird dort, dass die geplante Bebauung nicht über die L 178n hinaus reicht. Es verbleibt ein ca. 350 m bis 700 m breiter unbebauter und unbefestigter Streifen. Dadurch können die Auswirkungen auf die nördliche Wohnbebauung reduziert werden.

Auch der unbebaute Streifen zwischen der Halde östlich der B 91 und den geplanten Baufens-tern des Plangebietes ist positiv zu bewerten, da dieser breit genug ist, um auch im Planfall Kaltluft bzw. Ausgleichsströmungen nach Norden abfließen zu lassen.

Im östlich des Plangebietes liegenden Gewerbegebiet „Merseburg Süd“ werden in Strahlungsnächten ebenfalls erhöhte Temperaturen festgestellt, die jedoch nicht bewertungsrelevant sind, da es sich nicht um Wohnbebauung handelt.

Außerhalb von Strahlungsnächten wurde zudem nachgewiesen, dass sich die Durchlüftung der umliegenden Siedlungsbereiche im Jahresmittel nicht verschlechtern wird. Leichte Verschlechterungen der Durchlüftung ergeben sich im Bereich des Industriegebietes „Merseburg Süd“ und im östlichen Teil des bestehenden Chemieparks Leuna unmittelbar auf der anderen Straßenseite der B 91 südlich der dortigen Halde.

Zudem wurde qualitativ aufgezeigt, dass sich in den Siedlungsbereichen der Windkomfort durch die Planung nicht verändert. Der Windkomfort innerhalb des Planungsgebietes kann erst genauer betrachtet werden, wenn die Planungen für eine realistische Bebauung vorliegen.

Bei den Betrachtungen ist zu berücksichtigen, dass mit Hilfe der Klimasimulation ein Beispieltag in Form eines standorttypischen Hitzetages in einer Worst-Case-Betrachtung nachgebildet wird und die absoluten Temperaturwerte an einem Sommertag abweichen können. Der Fokus der Analyse liegt auf den relativen räumlichen Temperaturunterschieden und den Veränderungen, die sich durch die Planung insbesondere im Bereich der Bestandsbebauung ergeben können. Außerdem wurde eine sehr ungünstige Planungsvariante betrachtet. Tatsächlich ist überwiegend mit kleineren Gebäudekomplexen zu rechnen, die nicht überall die maximal erlaubte Höhe ausschöpfen. Die tatsächlichen Auswirkungen sind damit geringer.

Planungshinweise

Die Auswirkungen der Planung auf umliegende Siedlungsbereiche sind auch bei maximaler Ausprägung ohne Berücksichtigung beispielsweise von Ventilationsbahnen oder Kaltluftschneisen relativ gering. Für eine weitere Minimierung des Einflusses empfehlen wir die Umsetzung folgender Planungshinweise:

- Bei der Planung von Gebäudestrukturen sollten im Bereich der sonnenexponierten Süd- und Westfassaden sowie von geplanten versiegelten Stellplatzflächen über Baumpflanzungen nachgedacht werden. Der Schattenwurf der Bäume auf die Gebäudefassaden vermindert die Aufheizung der Gebäude bzw. der Stellplätze selbst und wirkt sich somit positiv auf das Raumklima aus. Dadurch verringert sich der Kühlbedarf im Sommer, was durch den geringeren Energiebedarf zum Klimaschutz beiträgt und Kosten spart. Durch die geringere tägliche Aufheizung wird auch nachts weniger Wärme von der Baumasse an die Umgebung abgegeben. Dies führt zu einer Reduzierung der nächtlichen Lufttemperatur im Plangebiet und in der Umgebung. Neben dem Schattenwurf weisen Bäume zusätzliche positive klimaökologische Effekte auf, wie die Staubfilterung aus der Luft, die Sauerstoffbildung und die Kühlung der Umgebungsluft durch Verdunstung.
- Neben der klimawandelbedingten Zunahme von Hitzeperioden und Starkregenereignissen werden in Zukunft ebenfalls zunehmende Dürrephasen prognostiziert. Grünflächen erzielen ihre höchste Klimawirksamkeit, wenn diese genügend Wasser zu Verfügung haben. Mit abnehmender Bodenfeuchte nimmt auch die Wirksamkeit von Kaltluft und anderen relevanten Klimafunktionen ab, was sich negativ auf die thermischen Verhältnisse auswirkt. Für potenziell geplante unversiegelte Grünflächenbereiche im Plangebiet ist daher die Sicherung der Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen auch während langanhaltender Hitzeperioden von besonderer Bedeutung. Maßnahmen zur (Zwischen-)Speicherung von Regenwasser gewinnen dabei immer mehr an Bedeutung im Kontext einer klimaanangepassten Gebäudeentwicklung. Zu den Maßnahmen gehören u. a. Rigolen oder Zisternen, welche das Regenwasser sammeln und zwischenspeichern. So kann Regenwasser

den Pflanzen im Plangebiet an trockenen Sommertagen zur Verfügung stehen und damit deren Klimawirksamkeit zur Reduzierung der Wärmebelastung an solchen Tagen ermöglicht werden.

- Außerdem sollte eine Dachbegrünung bei der Umsetzung aus lokalklimatischer Sicht berücksichtigt werden. Durch die Begrünung der Dachflächen wird die Aufheizung der Oberflächen und somit die Lufterwärmung und die Wärmespeicherung in den Bauteilen gemindert. Dies wirkt sich ganztägig positiv auf die Wärmebelastung im Außenbereich aus und verbessert den thermischen Komfort im Inneren der Gebäude. Eine Dachbegrünung leistet auch einen Beitrag zum Hochwasserschutz, da hierdurch Niederschlagswasser zurückgehalten wird.
- Oberflächen von Verkehrsflächen sollten möglichst teildurchlässig gestaltet werden, um eine Versickerung von Niederschlagswasser zu ermöglichen.
- Für Außenwände und Bodenbeläge im Außenbereich sind möglichst Materialien mit einer niedrigen Wärmekapazität zu favorisieren, um eine starke Überhitzung der Oberflächen und eine starke Wärmespeicherung in den Baustoffen zu vermeiden.

9 QUELLEN

9.1 Literatur

- BauGB (2017): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 03. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 394)
- BfL (2024): QPR_Merseburg-S Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten gemäß VDI 3783 Bl.20 zur Anwendung im Rahmen der TA Luft. Erstellung einer repräsentativen Ausbreitungsklassenzitreihe für die Durchführung von Immissionsprognosen. AG: IDU IT+Umwelt GmbH, Zittau. Registratur: AKTerms_IDU. 30.05.2024.
- Bröde, P., Fiala, D., Blażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., Havenith, G. (2012): Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). International journal of biometeorology 56.3 (2012): 481-494.
- DWD Web (2021): Stadtklima – die städtische Wärmeinsel. https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_waermeinseln/startseite_projekt_waermeinseln.html
- Deutsche Wetterdienst (2024): Wetterdaten der Station Leipzig-Halle. https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/hourly/. Heruntergeladen im Februar 2024.
- Eichhorn, J., Kniffka, A. (2010): The numerical flow model MISKAM: State of development and evaluation of the basic version. Meteorologische Zeitschrift, Vol 19. No. 1, pp. 081-90.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- Jendritzky, G., de Dear, R., & Havenith, G. (2012). UTCI—why another thermal index?. International journal of biometeorology, 56(3), 421-428.
- Ketzel, M., Berkowicz, R. and A. Lohmeyer (1999): Dispersion of traffic emissions in street canyons - Comparison of European numerical models with each other as well as with results from wind tunnel and field measurements. Contribution to Second International Conference on Urban Air Quality – Measurement, Modelling and Management, 3 - 5 March 1999, Madrid.
- Lohmeyer GmbH (2020): „Simulationen mit PALM-4U“. Lohmeyer aktuell, August 2020. URL: <http://www.lohmeyer.de/de/system/files/content/download/hauszeitung/ausgabe43.pdf>
- Lohmeyer (2021): MISKAM 6.42 ist validiert nach Richtlinie VDI 3783, Blatt 9 (2017). Lohmeyer aktuell Nr. 46 vom Dezember, 2021; [Hauszeitung Ing.-Büro Lohmeyer](#)
- Maronga, B., Gryschka, M., Heinze, R., Hoffmann, F., Kanani-Sühring, F., Keck, M., Ketelsen, K., Letzel, M. O., Sühring, M., and Raasch, S. (2015): The Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) version 4.0 for atmospheric and oceanic flows: model formulation, recent developments, and future perspectives. Geoscientific Model Development Discussions 8 (2015), Nr. 2, S. 1539-1637 (2015).
- Maronga, B., Gross, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Forkel, R., Heldens, W., Kanani-Sühring, F., Matzarakis, A., Mauder, M., Pavlik, D., Pfaffenrodt, J., Schubert, S. Seckmeyer, G., Sieker, H., and Winderlich, K. (2019): Development of a new urban climate model based on the model PALM-Project overview, planned work, and first achievements. Meteorologische Zeitschrift (2019): 1-15.
- Maronga, B., Banzhaf, S., Burmeister, C., Esch, T., Forkel, R., Fröhlich, D., Fuka, V., Gehrke, K. F., Geletič, J., Giersch, S., Gronemeier, T., Groß, G., Heldens, W., Hellsten, A., Hoffmann, F., Inagaki, A., Kadasch, E., Kanani-Sühring, F., Ketelsen, K., Khan, B. A., Knigge, C., Knoop, H., Krč, P., Kurppa, M., Maamari, H., Matzarakis, A., Mauder, M., Pallasch, M., Pavlik, D., Pfaffenrodt, J., Resler, J., Rissmann, S., Russo, E., Salim, M., Schrempf, M., Schwenkel, J., Seckmeyer, G., Schubert, S., Sühring, M., von Tils, R., Vollmer, L., Ward, S., Witha, B., Wurps, H., Zeidler, J., and Raasch, S. (2020): Overview of the PALM model system 6.0. Geoscientific Model Development 13 (2019): 1335–1372.

- Raasch, S., and Schröter, M. (2001): PALM – a large-eddy simulation model performing on massively parallel computers. *Meteorologische Zeitschrift* 10.5 (2001): 363-372.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: *Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138)*.
- Scherhag, R., Blüthgen, J., Lauer, W. (1977): *Klimatologie*. 9. Aufl. Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN N 3-14-160284-0, S. 204.
- Steinicke & Streifeneder Umweltuntersuchungen (1998): *Klimagutachten im Rahmen der Bauleitplanung der Stadt Leuna für das Gebiet der Leuna-Werke*. FIRU 2. Freiburg, 07.05.1998.
- Stiemer, S.F. (1977): Windumströmung von Gebäuden und Gebäudeklima. In: E.Franke (Editor) *Stadtklima Ergebnisse und Aspekte für die Stadtplanung*. Stuttgart: Karl Krämer Verlag, S. 97-111. ISBN 3-7828-0711-1.
- VDI 3783 Blatt 7 (2017): *Umweltmeteorologie – Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle, Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder*. Richtlinie VDI 3783 Blatt 7, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- VDI 3783 Blatt 9 (2017): *Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung*. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017
- VDI 3787 Blatt 2 (2022): *Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima*. Düsseldorf, 2022.
- VDI 3787 Blatt 4 (2020): *Umweltmeteorologie – Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung*. Richtlinie VDI 3787 Blatt 4. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2020.
- VDI 3787 Blatt 5 (2003): *Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft*. Richtlinie VDI 3787 Blatt 5. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.
- WEBSITE PALM (2020): <https://palm.muk.uni-hannover.de/trac>

9.2 Materialien und Unterlagen

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

- Planungsdaten in Form eines Lageplanes
- Bestandsbebauung: LOD1-Gebäudemodell (Geoportal Sachsen-Anhalt, 2024)
- Relief: Digitales Geländemodell DGM2 (Geoportal Sachsen-Anhalt, 2024)
- Oberflächenmodell LOP1 (Geoportal Sachsen-Anhalt, 2024)

Nachfolgende Informationen wurden aus frei-verfügbaren Datenquellen abgeleitet:

- Luftbilder: Digitale Orthophotos Sachsen-Anhalt (WMS Server, 2024)
- Landnutzung: Urban Atlas Land Cover (Copernicus, 2018)