



**LEIPZIG·HALLE  
AIRPORT**

MITTELDEUTSCHE AIRPORT HOLDING

**Klimaexpertise Flughafen Leipzig/Halle  
Erweiterung der Vorfeld- und Gebäudeflächen sowie  
der Flugbetriebsflächen  
Analyse der Veränderungen der klimaökologischen  
Situation durch das Projekt**

GEO-NET Umweltconsulting GmbH

11.10.2019

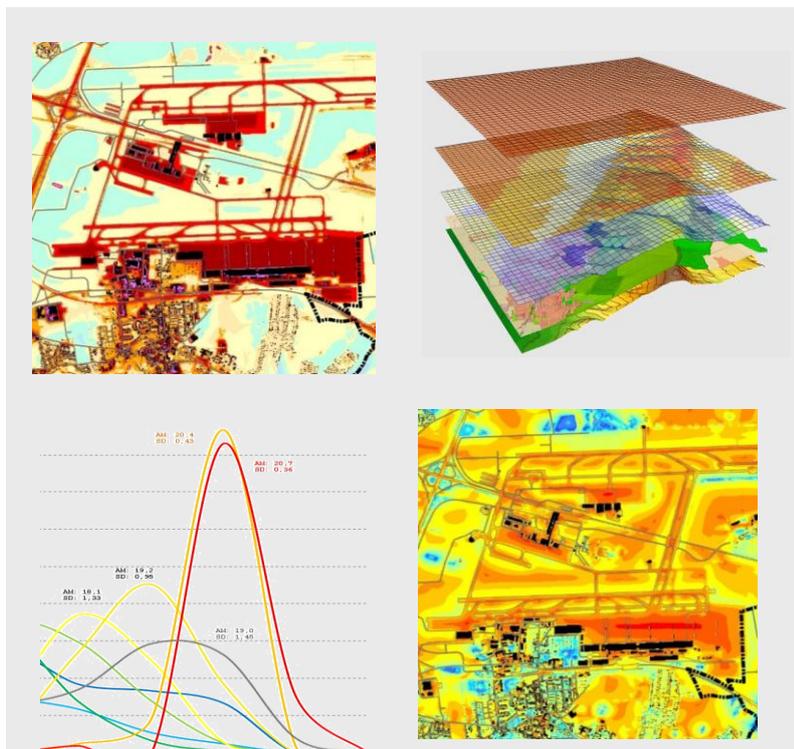
15. Antrag auf Planänderung  
Start-/Landebahn Süd

---

# Klimaexpertise Flughafen Leipzig / Halle

## Erweiterung der Vorfeld- und Gebäudeflächen sowie der Flugbetriebsflächen

Analyse der Veränderungen der klimaökologischen Situation  
durch das Projekt



Auftraggeber:

**Flughafen Leipzig / Halle GmbH**  
Terminalring 11  
04435 Flughafen Leipzig / Halle



**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**

Große Pfahlstraße 5a

3 0 1 6 1 Hannover

Tel. (0511) 3887200

FAX (0511) 3887201

[www.geo-net.de](http://www.geo-net.de)

Hannover, Oktober 2019



## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung und Methode .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Datengrundlage.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Modellrechnung mit dem mesoskaligen Stadtklimamodell FITNAH-3D .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Ergebnisse der Klimamodellierung .....</b>	<b>10</b>
4.1 Lufttemperatur (Nacht).....	10
4.2 Bodennahes Windfeld (Nacht) .....	12
4.3 Kaltluftvolumenstrom (Nacht) .....	17
4.4 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET am Tag).....	18
<b>5. Fazit.....</b>	<b>22</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>23</b>



## Abbildungsverzeichnis

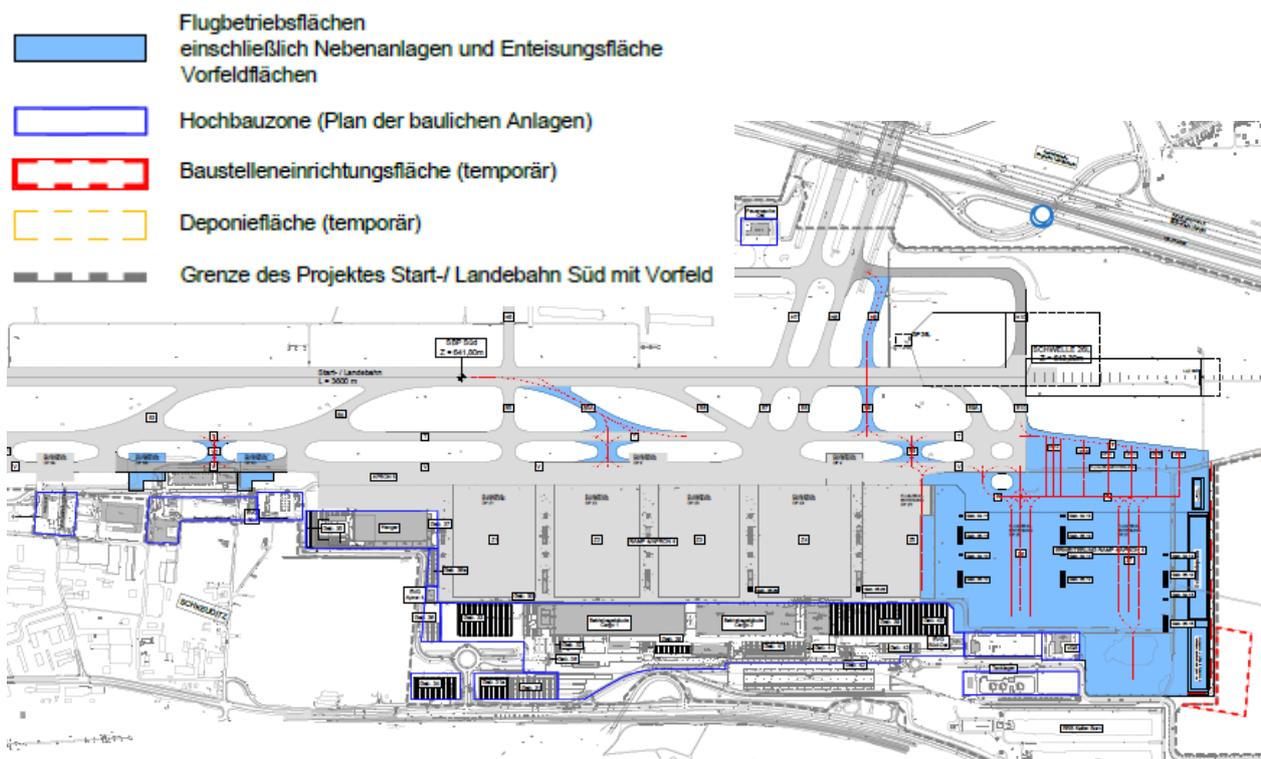
Abb. 1: Erweiterung der Vorfeld- und Gebäudeflächen sowie der Flugbetriebsflächen – Ausschnitt aus dem Übersichtslageplan (Ü5) mit Erweiterung Süd (Quelle: airport consulting partners 2020).....	3
Abb. 2: Das Untersuchungsgebiet Flughafen Leipzig / Halle im Ist-Zustand (Luftbild: Digitales Orthophoto 2018) .....	4
Abb. 3: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage .....	5
Abb. 4: Landnutzung (Ist- und Planzustand) und Geländehöhe im Untersuchungsgebiet .....	6
Abb. 5: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen.....	9
Abb. 6: Lufttemperatur in 2 m ü. Grund um 4 Uhr morgens, Ist-Zustand .....	11
Abb. 7: Änderung der Lufttemperatur in 2 m ü. Grund um 4 Uhr morgens, Plan- minus Ist-Zustand .....	12
Abb. 8: Bodennahes Windfeld um 4 Uhr morgens, Ist-Zustand.....	14
Abb. 9: Bodennahes Windfeld um 4 Uhr morgens, Planzustand .....	15
Abb. 10: Änderung der Windgeschwindigkeit in 2 m ü. Grund um 4 Uhr morgens, Plan- minus Ist-Zustand .....	16
Abb. 11: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom.....	17
Abb. 12: Änderung des Kaltluftvolumenstroms um 4 Uhr morgens, Plan- minus Ist-Zustand .....	18
Abb. 13: Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m ü. Grund um 14 Uhr, Ist-Zustand .....	20
Abb. 14: Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m ü. Grund um 14 Uhr, Planzustand .....	21

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden .....	19
--	----

## 1. Einleitung und Methode

Auf dem Flughafen Halle / Leipzig sollen im Rahmen des Planvorhabens die Vorfeld- und Gebäudeflächen sowie die Flugbetriebsflächen erweitert werden. Bei den neu entstehenden Gebäuden handelt es sich vorrangig um Parkhäuser und Bürogebäude, aber auch andere Nutzungsformen wie Fracht- und Lagerhallen, Erweiterungsgebäude und ein Air Training Center sind vorgesehen. Die maximal zulässigen Gebäudehöhen variieren zwischen 6 und 39 m und orientieren sich vornehmlich an der Höhe der benachbarten Bestandsgebäude. Die Planungen beschränken sich auf den südlichen Teil des Flughafengeländes und sind in der Abb. 1 dargestellt.



**Abb. 1:** Erweiterung der Vorfeld- und Gebäudeflächen sowie der Flugbetriebsflächen – Ausschnitt aus dem Übersichtslageplan (ÜS) mit Erweiterung Süd (Quelle: airport consulting partners 2020)

Der Flughafen Leipzig / Halle ist Teil der Stadt Schkeuditz und befindet sich in 16 Kilometer Entfernung nordwestlich von Leipzigs Innenstadt. Umgeben von ausgedehnten Frei- und Ackerflächen, grenzt der Flughafen im Südosten an die Stadt Leipzig, im Süden an die B6, im Westen an die A9 und im Norden an den Ortsteil Glesien (Schkeuditz). In Ost-West-Richtung wird das Flughafenareal durch die Autobahn A 14 durchzogen. Während der Flughafen und seine Erschließung durch eine starke Versiegelung charakterisiert sind, wird das umgebende Areal von einer ausgedehnten Grün- und Freiraumstruktur geprägt (Abb. 2). Sowohl auf dem Flughafenareal als auch im gesamten Untersuchungsgebiet sind die meisten Gebäude im südlichen Abschnitt konzentriert. Der Gebäudeanteil im Untersuchungsraum ist verhältnismäßig gering. Somit handelt es sich um einen Bereich mit geringer Bodenrauigkeit, in welchem die Winde im Bodenniveau weniger stark ausgebremst werden als in direkter Stadtlage.



**Abb. 2:** Das Untersuchungsgebiet Flughafen Leipzig / Halle im Ist-Zustand (Luftbild: Digitales Orthophoto 2018)

In der Stadtklimaanalyse Leipzig (GEO-NET, 2017-2019) ist das Plangebiet lediglich zu einem Teil enthalten und somit können hieraus keine ausreichenden Informationen zu der klimaökologischen Situation im Plangebiet gezogen werden. Eine modellgestützte Analyse der klimaökologischen Prozesse und Zustände im Untersuchungsraum soll klären, welche Veränderungen der klimaökologischen Situation durch das Planvorhaben zu erwarten sind. Die klimaökologische Funktion des Untersuchungsgebietes wird anhand einer mesoskaligen Klimamodellierung mit dem Modell FITNAH-3D mit einer Rasterauflösung von 10 m ermittelt. Um die Auswirkungen des Planvorhabens einschätzen zu können, wird die derzeitige Klimasituation mit dem Planszenario verglichen. Die Untersuchung betrachtet sowohl die Tag- als auch Nachtsituation und berücksichtigt Lufttemperatur, Windrichtung und -geschwindigkeit, Kaltluftvolumenstrom und die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) als meteorologische Größen.

Ausgangspunkt für die Ermittlung der Zusammenhänge ist eine austauscharme, sommerliche Hochdruckwetterlage, die häufig mit einer überdurchschnittlich hohen Wärmebelastung in den Siedlungsräumen sowie lufthygienischen Belastungen einhergeht. Während bei einer windstarken „Normallage“ der Siedlungsraum gut durchlüftet wird und eine Überwärmung kaum gegeben ist, stellt die windschwache Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel im Sommer eine „Worst Case“-Betrachtung dar (Abb. 3). Unter diesen Rahmenbedingungen können nächtliche Kalt- und Frischluftströmungen aus innerstädtischen Grün- und Brachflächen zum Abbau einer Wärmebelastung in den überwärmten Siedlungsflächen beitragen.

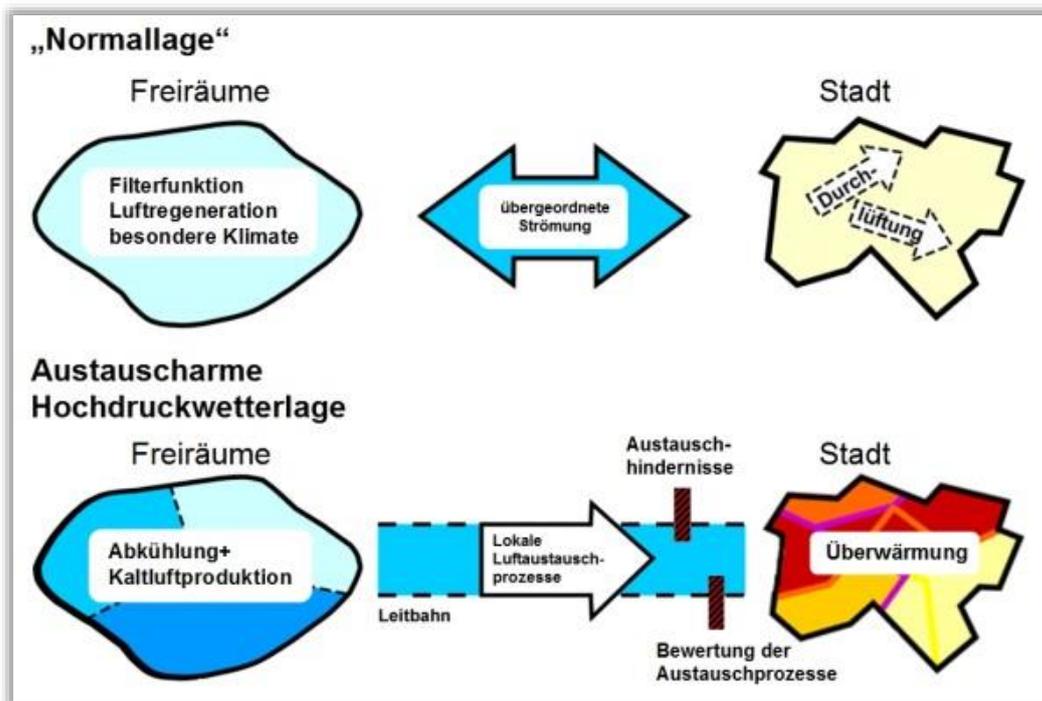


Abb. 3: Prozessorientierte Analyse bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage

## 2. Datengrundlage

Die Übersichtsmodellierung wurde mit dem Strömungs- und Klimamodell FITNAH durchgeführt. Bei einem numerischen Modell wie FITNAH muss zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten zur Verfügung stehen. Nutzungsstruktur und Geländehöhe sind wichtige Eingangsdaten für die Windfeldmodellierung, da über die Oberflächengestalt, die Höhe der jeweiligen Nutzungsstrukturen sowie deren Versiegelungsgrad das Strömungs- und Temperaturfeld entscheidend beeinflusst wird. Das gesamte Rechengebiet (s. Untersuchungsgebiet in Abb. 2) hat bei einer Abmessung von 7,3 km x 5,2 km eine Fläche von etwa 38 km<sup>2</sup>.

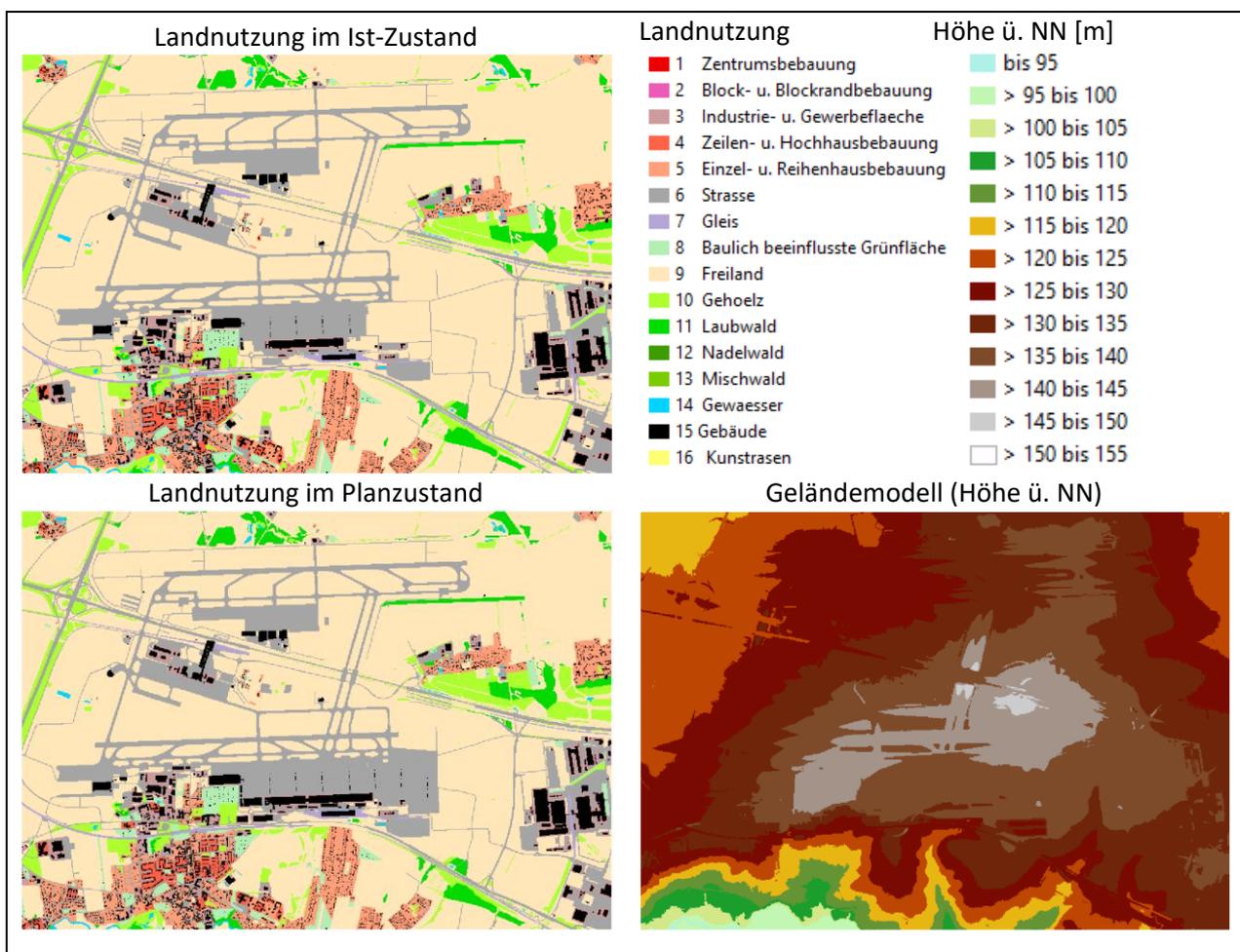
Die Modellierung der meteorologischen Parameter erfolgte mit einer Zellengröße von 10 m x 10 m, wobei die vertikale Auflösung nicht äquidistant sondern in Analyseflächen auf 2, 4, 10, 15, 20, 30, 40, 50, und 70 m über Grund gegliedert ist. Die Modellobergrenze liegt auf 3000 m über Grund.

Zur Aufbereitung der Nutzungsstrukturen wurden die ATKIS<sup>1</sup>- und Basis-DLM-Daten<sup>2</sup> von 2018 herangezogen. Um den speziellen Anforderungen der Modellanalyse gerecht werden zu können, wurden diese für die Modellrechnung zu einem 16-klassigen Nutzungsschlüssel aggregiert. Außerdem wurde ein Digi-

<sup>1</sup> Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

<sup>2</sup> DLM = Digitales Landschaftsmodell

tales Geländemodell mit 2 m Auflösung (Stand 2018) verwendet. Eine Überprüfung bzw. Ergänzung der Daten erfolgte auf der Basis von Luftbildern (Stand 2018) und den Plänen zur Flughafenerweiterung. Das Ergebnis der Einteilung in Nutzungsklassen für Ist- und Planzustand ist in Abb. 4 dargestellt. Um die reinen Auswirkungen des Vorhabens untersuchen zu können, wurden bisher genehmigte (auch wenn noch nicht ausgeführte) Planvorhaben innerhalb des Untersuchungsgebietes bereits als Ist-Zustand angenommen. Zudem ist in Abb. 4 das Digitale Geländemodell für den Ausschnitt des Untersuchungsgebietes dargestellt. Es ist ersichtlich, dass innerhalb der Untersuchungsgebiets Höhenunterschiede von 58,2 m vorherrschen (Minimum: 92,3 m, Maximum: 150,5 m). Diese großen Steigungen in der Geländehöhe haben Einfluss auf den nächtlichen Kaltlufthaushalt, sodass die kühle (schwere) Luft von der Hochfläche im zentral-östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes hangabwärts in alle Richtungen fließt.



**Abb. 4:** Landnutzung (Ist- und Planzustand) und Geländehöhe im Untersuchungsgebiet

Für die Einordnung des Oberflächenversiegelungsgrades sind nutzungsklassifiziert vorliegende Literaturdaten (u.a. MOSIMANN et al. 1999) genutzt worden, die auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen aus mehreren deutschen Städten beruhen. Eine wichtige Modelleingangsgröße stellt zudem die Höhe der Baustrukturen dar, welche einen maßgeblichen Einfluss auf das lokale Windfeld ausübt. Dafür wurden von der Stadt Leipzig die Gebäudegeometrien als 3D-Modell (LOD1, 2017) mit der jeweiligen Gebäudehöhe zur Verfügung gestellt. Auf dieser Grundlage wurde den die Gebäude repräsentieren-



den Rasterzellen eine individuelle Strukturhöhe zugewiesen. Mit der hohen räumlichen Auflösung von 10 m x 10 m war es möglich, die Gebäudestrukturen realitätsnah zu erfassen und ihren Einfluss auf den nächtlichen Luftaustausch abzubilden.

Der Baumbestand wurde mittels automatisierter Analyse des Digitalen Orthofotos (2018) mit CIR-Kanal<sup>1</sup> in Kombination mit der jeweiligen Baumhöhe aus dem Digitalen Oberflächenmodell mit 2 m Auflösung (2018) ermittelt.

### 3. Modellrechnung mit dem mesoskaligen Stadtklimamodell FITNAH-3D

Neben globalen Klimamodellen und regionalen Wettervorhersagemodellen wie sie zum Beispiel vom Deutschen Wetterdienst für die tägliche Wettervorhersage routinemäßig eingesetzt werden, nehmen kleinräumige Modellanwendungen für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen einen immer breiteren Raum ein. Die hierfür eingesetzten mikro- und mesoskaligen Modelle erweitern das Inventar meteorologischer Werkzeuge zur Berechnung atmosphärischer Zustände und Prozesse. Der Großteil praxisnaher umweltmeteorologischer Fragestellungen behandelt einen Raum von der Größenordnung einer Stadt bzw. Region. Die bestimmenden Skalen für die hier relevanten meteorologischen Phänomene haben eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis zu Stunden. Unter Verwendung des üblichen Einteilungsschemas meteorologischer Phänomene müssen diese in die Mikro- und Mesoskala eingeordnet werden. Beispiele für solche mesoskaligen Phänomene sind Land-See-Winde, der Einfluss von Hindernissen auf den Wind (z.B. Kanalisierung, Umströmung), Flurwinde oder Düseneffekte in Straßen sowie das Phänomen der städtischen Wärmeinsel.

Obwohl die allgemeine Struktur und physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene im Wesentlichen bekannt ist, gibt es nach wie vor noch offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragbarkeit auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Ein Grund hierfür sind die relativ kleinen und kurzen Skalen der mesoskaligen Phänomene und deren unterschiedlichem Erscheinungsbild in komplexem Gelände. Entsprechend ist es schwierig aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung zu erhalten, jedoch kann dieser Nachteil mit Hilfe ergänzender Modelluntersuchungen überwunden werden.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert (DFG 1988). Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonne-

---

<sup>1</sup> CIR – Color-Infrarot: Bei den Luftbildern der Color-Infrarot-Befliegungen (CIR) handelt es sich um Farbaufnahmen, bei denen anstelle der bei Colorbildern üblichen Farbkanäle rot, grün, blau (RGB) der blaue Farbkanal durch den Farbkanal des nahen Infrarots ersetzt wurde.



nen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in kleinen, stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

### **Grundlagen mesoskaliger Modelle**

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

Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Alle mesoskaligen Modelle basieren daher, wie Wettervorhersage- und Klimamodelle auch, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die Impulserhaltung (Navier-Stokes Bewegungsgleichung), der Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung) und der Energieerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik). Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst noch erweitert werden, um z.B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung stadtklimatologisch wichtiger Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom mesoskaligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst.

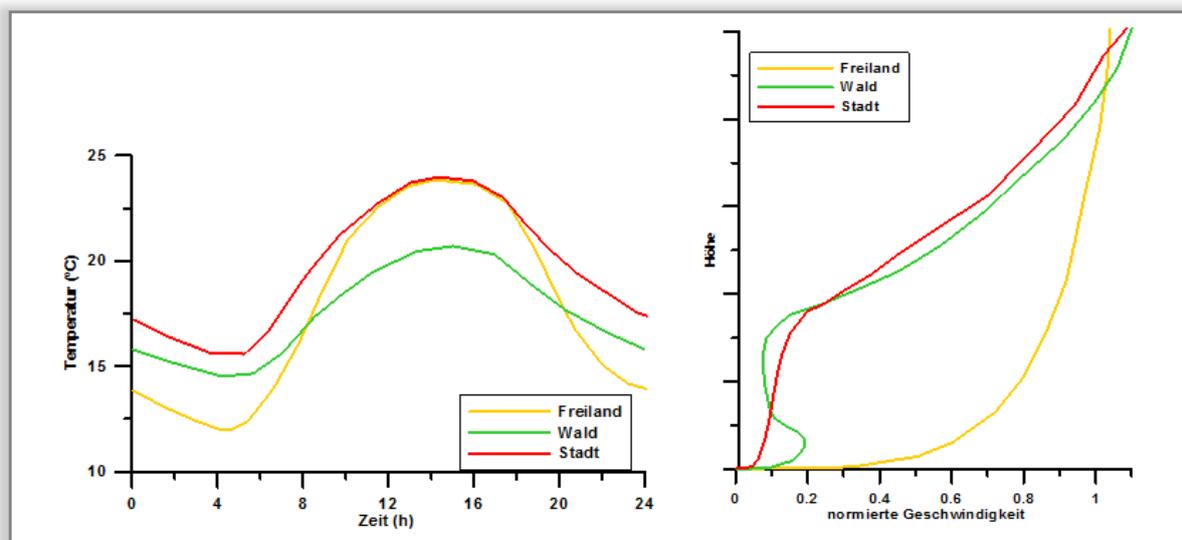
Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH verwendete räumliche Maschenweite 10 m. Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m. Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m über Grund. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind. Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m über Grund = Aufenthaltsbereich der Menschen).

## Betrachtete Wetterlage

Die durchgeführte numerische Simulation mit FITNAH legt eine autochthone Wetterlage zugrunde. Diese wird allgemein durch einen wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, sodass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt besonders gut ausprägen. Entsprechend wurden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen folgendermaßen festgelegt:

- Bedeckungsgrad 0/8,
- kein überlagernder synoptischer bzw. geostrophischer Wind,
- relative Feuchte der Luftmasse 50%.

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



**Abb. 5:** Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen

In Abb. 5 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass sowohl Freiflächen wie z.B. Wiesen als auch Bebauung ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, die nächtliche Abkühlung der Siedlungsflächen vor allem durch die Wärme speichernden Materialien hingegen deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird der Einfluss von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.



## 4. Ergebnisse der Klimamodellierung

In diesem Kapitel werden die meteorologischen Felder der FITNAH-Rechnung in der Tag- und Nachtsituation betrachtet. Zur Beschreibung der Nachtsituation (4 Uhr) werden Lufttemperatur, bodennahes Windfeld (Windgeschwindigkeit und -richtung) und Kaltluftvolumenstrom als meteorologische Größen herangezogen. Für die Analyse der Situation am Tage (14 Uhr) dient die PET (Physiologisch Äquivalente Temperatur) als bioklimatische Kenngröße. Gegenüber vergleichbaren Indizes wie dem PMV (=Predicted Mean Vote) hat die PET vor allem den Vorteil, aufgrund seiner °C-Einheit auch von Nichtfachleuten besser nachvollzogen werden zu können. Die nachstehenden Karten stellen sowohl Ist- als auch Planzustand sowie die zu erwartende Änderung aufgrund der neuen Bebauung in Form von Differenzkarten (Planszenario – Ist-Zustand) dar.

### 4.1 Lufttemperatur (Nacht)

Ein erholsamer Schlaf ist nur bei günstigen thermischen Bedingungen möglich, weshalb der Belastungssituation in den Nachtstunden eine besondere Bedeutung zukommt. Da die klimatischen Verhältnisse der Wohnungen in der Nacht im Wesentlichen nur durch den Luftwechsel modifiziert werden können, ist die Temperatur der Außenluft der entscheidende Faktor bei der Bewertung der thermophysiologischen Belastung. Entsprechend spiegelt die Beurteilung des Bioklimas weniger die thermische Beanspruchung des Menschen im Freien wider, als vielmehr die positive Beeinflussbarkeit des nächtlichen Innenraumklimas (UBA 2017). Die bodennahe Lufttemperatur im Umfeld der Planfläche zum Zeitpunkt 4 Uhr morgens zeigen die Abb. 6 (Ist-Situation), Abb. 7 (Planszenario minus Ist-Situation).

Im Ist-Zustand ergeben sich für den Untersuchungsraum Spannweiten der Temperatur von etwa 9 Kelvin. Mit Temperaturen von maximal 21,2 °C treten die hochversiegelten Bereiche des Flughafens und der Gewerbenutzung im Osten des Untersuchungsgebiets deutlich hervor. Ein moderates Temperaturniveau mit 16 bis 18 °C ist zum Großteil in den Wohngebieten von Schkeuditz entsprechend des jeweiligen Stadtstrukturtypens vorzufinden. Die Freiflächen im Untersuchungsgebiet erreichen mit minimalen Werten von 12,3 °C die niedrigsten Temperaturen. Allgemein sind die Grünflächen wie zu erwarten kühler als bebaute beziehungsweise versiegelte Flächen. Die mittlere Temperatur im gesamten Untersuchungsgebiet liegt bei 14,75 °C.

Durch die geplante Bebauung und Versiegelung des Flughafengebiets ist innerhalb des Planareals lokal mit einer nächtlichen Temperaturzunahme von bis zu 6,8 K zu rechnen (s. Abb. 7). Die stärkste Auswirkung auf die nächtliche Temperatur hat dabei die große Flugbetriebsfläche im Osten des Plangebiets. Die Auswirkungen auf die Lufttemperatur in der Stadt Leipzig durch das Bauvorhaben am Flughafen Leipzig/Halle sind als eher gering einzuordnen. Lediglich eine unbewohnte Fläche mit einer Größe von circa 9 ha im Bereich der Stadtgrenze Leipzigs ist von einer Temperaturerhöhung betroffen.

Die optimalen Schlaftemperaturen im Siedlungsbereich von Schkeuditz werden durch das Projekt nicht beeinflusst.

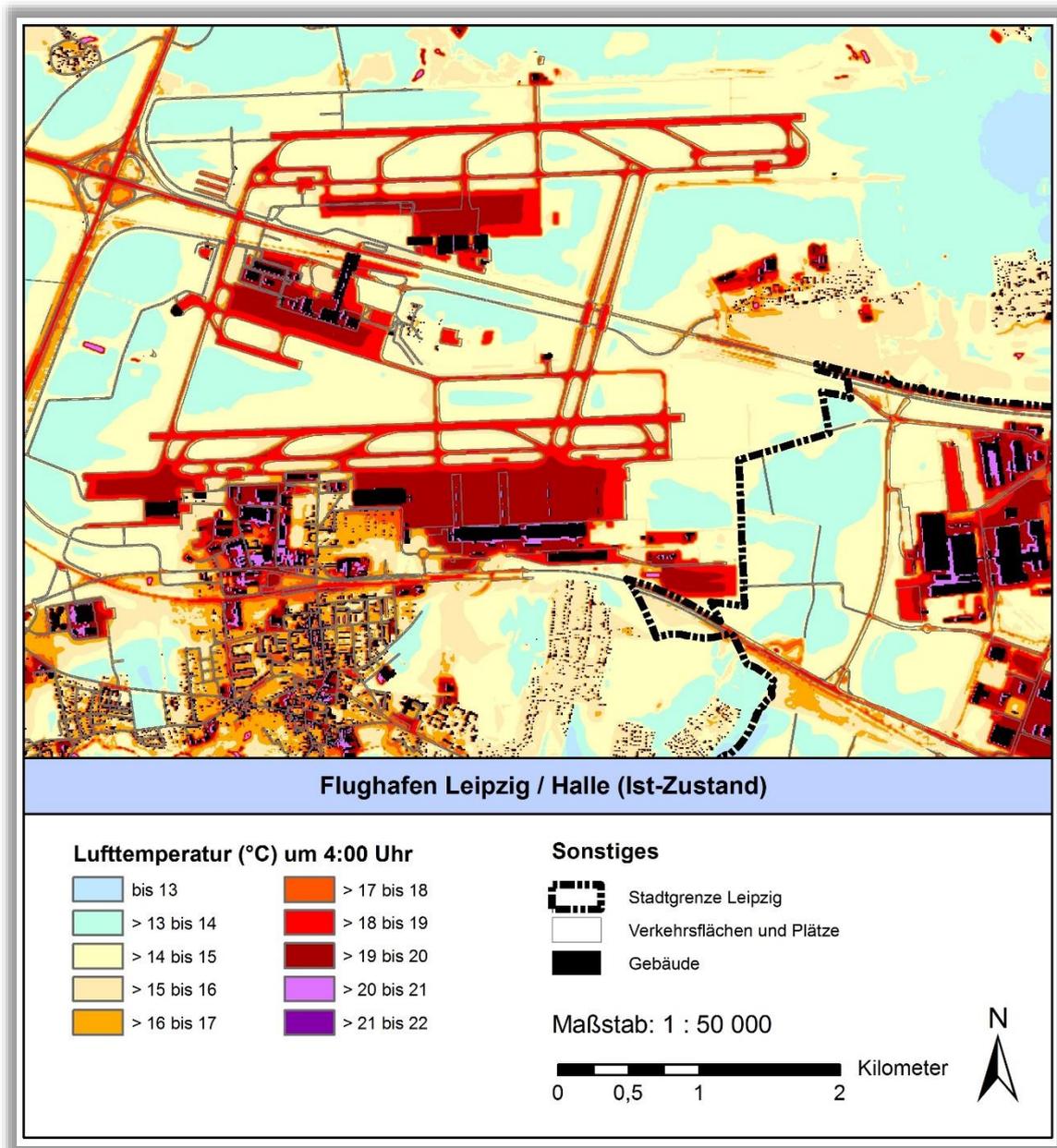


Abb. 6: Lufttemperatur in 2 m ü. Grund um 4 Uhr morgens, Ist-Zustand

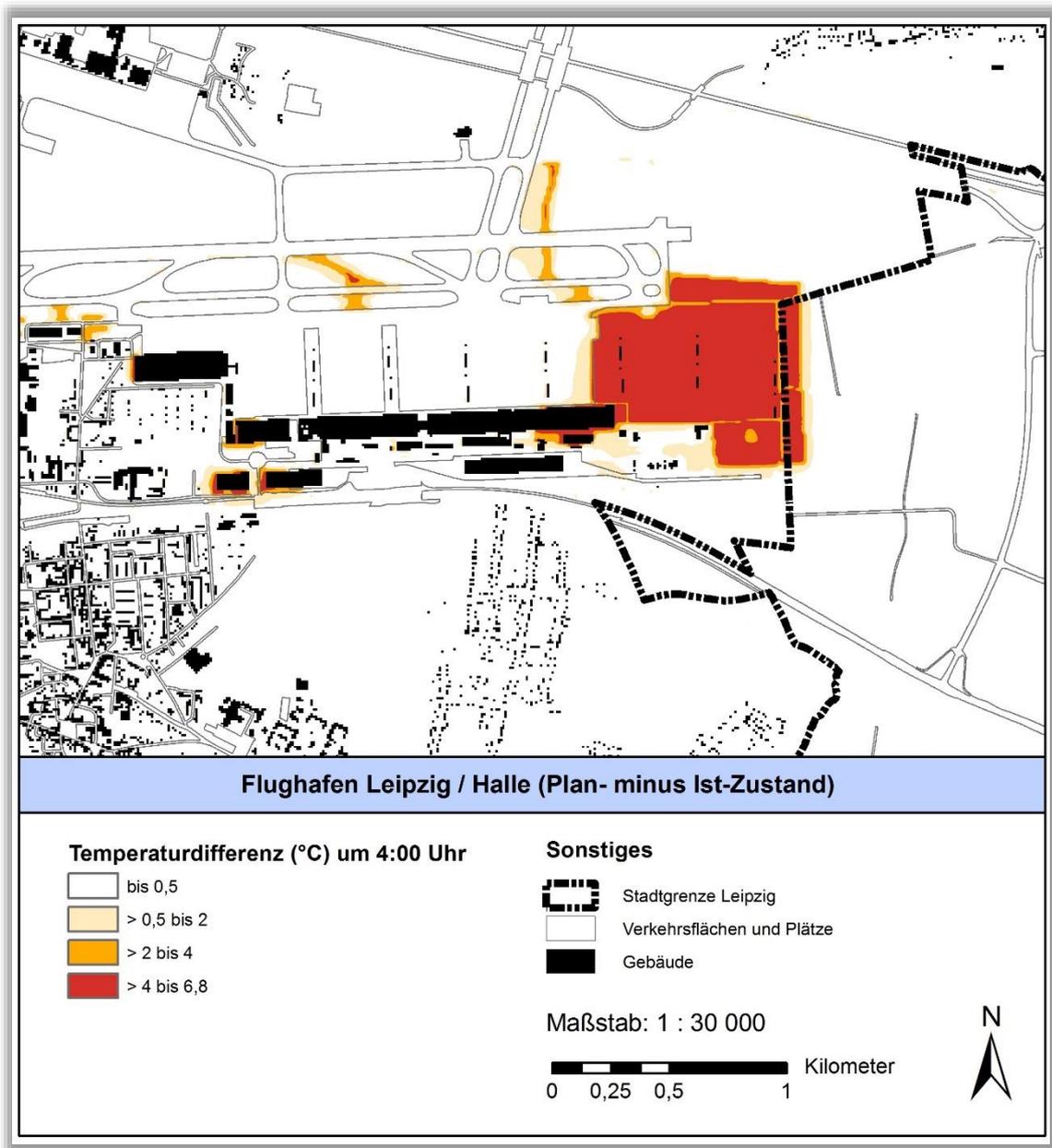


Abb. 7: Änderung der Lufttemperatur in 2 m ü. Grund um 4 Uhr morgens, Plan- minus Ist-Zustand

#### 4.2 Bodennahe Windfeld (Nacht)

Die bodennahe Temperaturverteilung bedingt horizontale Luftdruckunterschiede, die wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Ausgangspunkt dieses Prozesses sind die nächtlichen Temperaturunterschiede, die sich zwischen Siedlungsräumen und vegetationsgeprägten Freiflächen bzw. dem Umland einstellen. Die landnutzungstypischen Temperaturunterschiede beginnen sich schon kurz nach Sonnenuntergang herauszubilden und können die ganze Nacht über andauern. Dabei erweisen sich insbesondere Wiesen- und Ackerflächen als kaltluftproduktiv. Abhängig von den Oberflächeneigenschaften und Abkühlungsraten geht damit die rasche Entwicklung von Kaltluftströmungen einher, die zu-

nächst vertikal nur von geringer Mächtigkeit (5-10 m Schichthöhe) sind und sich zwischen der Vielzahl der unterschiedlich temperierten Flächen ausbilden.

Die Ergebniskarten stellen das sich zum nächtlichen Analysezeitpunkt ausgeprägte Kaltluftströmungsfeld in zwei Ebenen dar. Die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren abgebildet, wobei die Pfeile der Karte für eine übersichtlichere Darstellung auf 100 m aggregiert worden sind. Die unterlegten Rasterzellen stellen zudem die Windgeschwindigkeit flächenhaft in Farbstufung dar. Die Werte beziehen sich auf eine Analysehöhe von 2 m über Grund. Abgebildet sind alle Zellen des ursprünglichen Rasters, für die aufgrund einer modellierten Mindestwindgeschwindigkeit von 0,2 m/s und unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

Die vorliegende Untersuchung geht der Frage nach, in wieweit sich eine bauliche Entwicklung auf den lokalen Luftaustausch des Untersuchungsgebiets auswirken wird. Die Abb. 8 zeigt die Strömungsgeschwindigkeit des modellierten Windfeldes für den Ist-Zustand, das sich während einer sommerlichen Strahlungswetternacht ausbildet. Die Geschwindigkeit der Kaltluftströmungen liegt bodennah zumeist zwischen 0 m/s und 1,4 m/s, wobei deren Dynamik räumlich variiert. Aufgrund der Geländeneigung im Untersuchungsgebiet treten wie bereits erwähnt neben den thermisch induzierten Flurwinden auch Hangabwinde als nächtliche Ausgleichsströmung auf. Entscheidend für den Kaltlufthaushalt im untersuchungsgebiet ist die Hochfläche auf dem Flughafenareal. Hier ist eine starke Kaltluftbildung vorzufinden und diese Kaltluft strömt von der Hochfläche hangabwärts in nahezu alle Himmelsrichtungen einschließlich dem Leipziger Stadtgebiet. Zusätzlich zum Relief wird derzeit die Kaltluftlieferung von der Hochfläche in Richtung Leipziger Siedlungsrand durch die Temperaturunterschiede zwischen der Hochfläche und der Siedlung und durch rauigkeitsarme Strukturen auf dem Weg in Richtung Siedlungsrand begünstigt.

Mit der Umsetzung des Projekts (s. Abb. 9) bleibt das beschriebene Strömungsmuster von der Hochfläche in Richtung Leipzigs Siedlungsrand weiterhin bestehen und die Kaltluft gelangt somit noch immer in die Siedlungsflächen Leipzigs. Dennoch sind durch das Projekt lokal auf dem Flughafenareal und angrenzenden Freiflächen Änderungen in der Windgeschwindigkeit zu erwarten. Diese Änderung der Windgeschwindigkeit ist in Abb. 10 dargestellt. Es werden sowohl Bereiche mit einer Zunahme der Windgeschwindigkeit (grün) als auch Bereiche mit einer Windgeschwindigkeitsabnahme (orange-rot) ersichtlich. Durch die neu entstehenden Gebäude kommt es im Plangebiet zu einer Verringerung der Windgeschwindigkeit, da diese als Strömungshindernisse dienen. Maximal nimmt die Windgeschwindigkeit dabei um 0,4 m/s ab. Durch Kanalisierung der Strömung an den neuen Gebäuden ist lokal auch eine Zunahme der Windgeschwindigkeit an den Gebäudekanten zu beobachten. Im Leipziger Stadtgebiet direkt östlich zum Plangebiet angrenzend ist eine Verringerung der Windgeschwindigkeit zu erkennen. Diese Verringerung ist in der im Planzustand zunehmenden Verlagerung der Flurwinde in Richtung des Flughafenareals begründet.

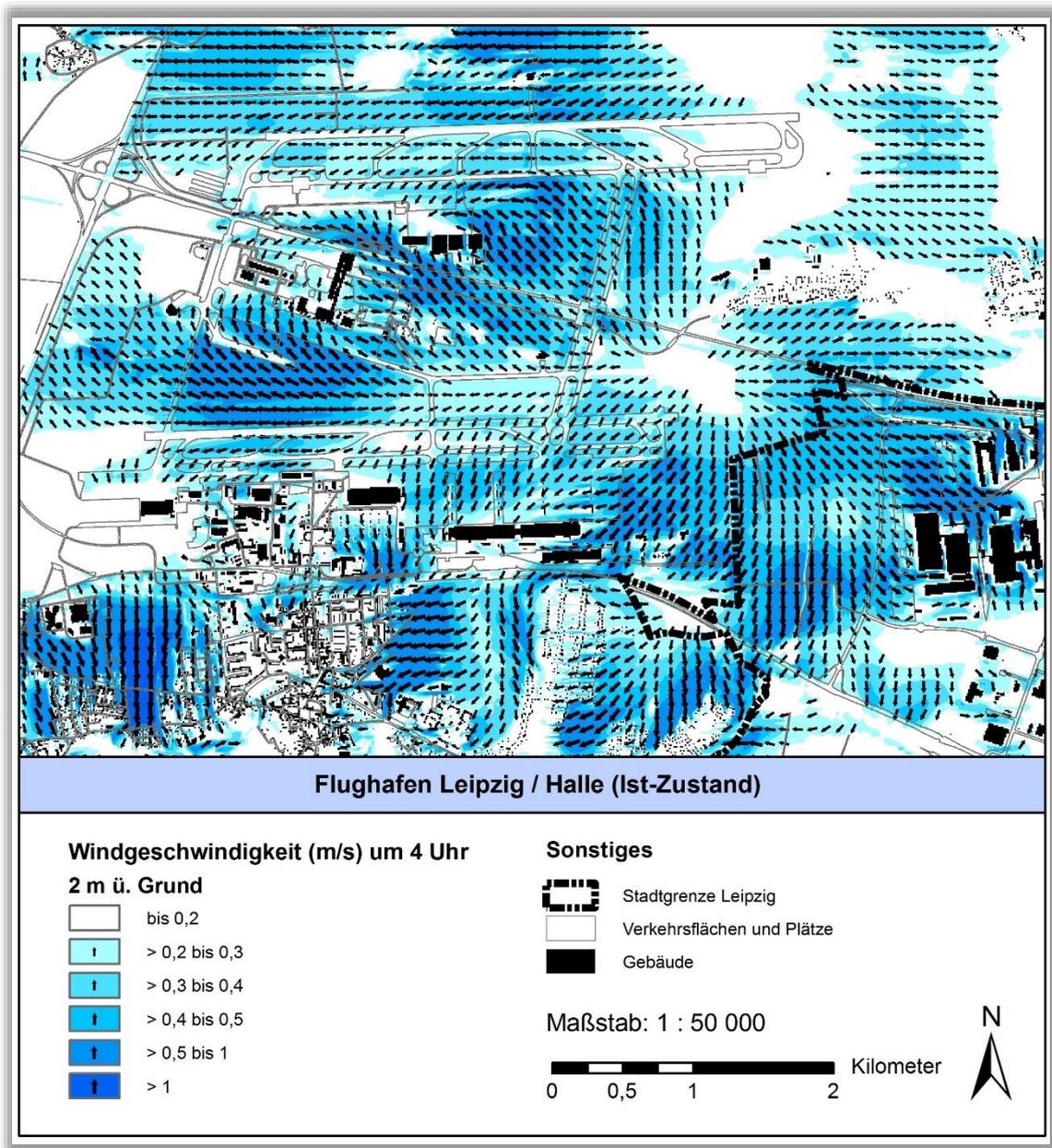


Abb. 8: Bodennahes Windfeld um 4 Uhr morgens, Ist-Zustand

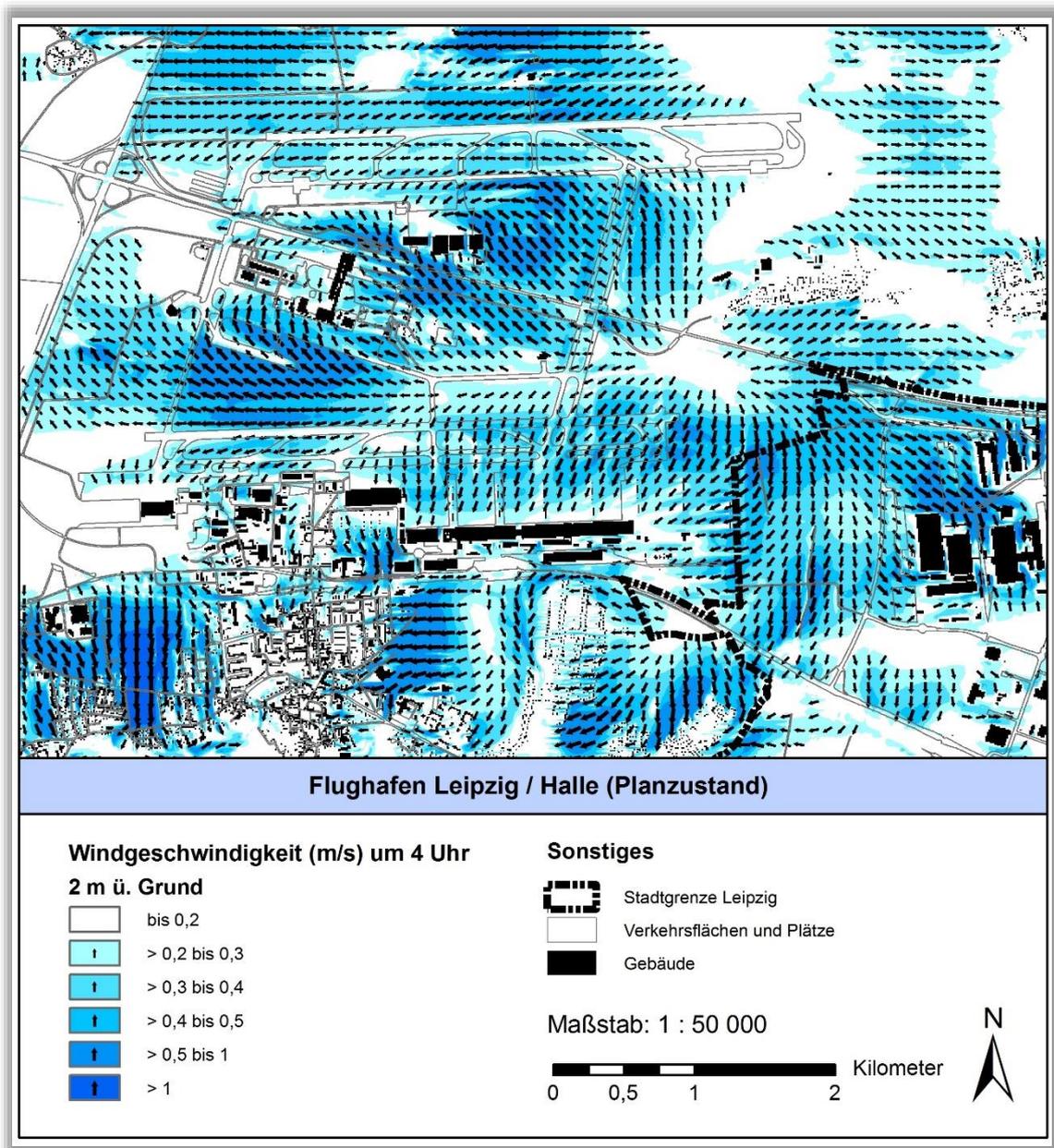


Abb. 9: Bodennahes Windfeld um 4 Uhr morgens, Planzustand

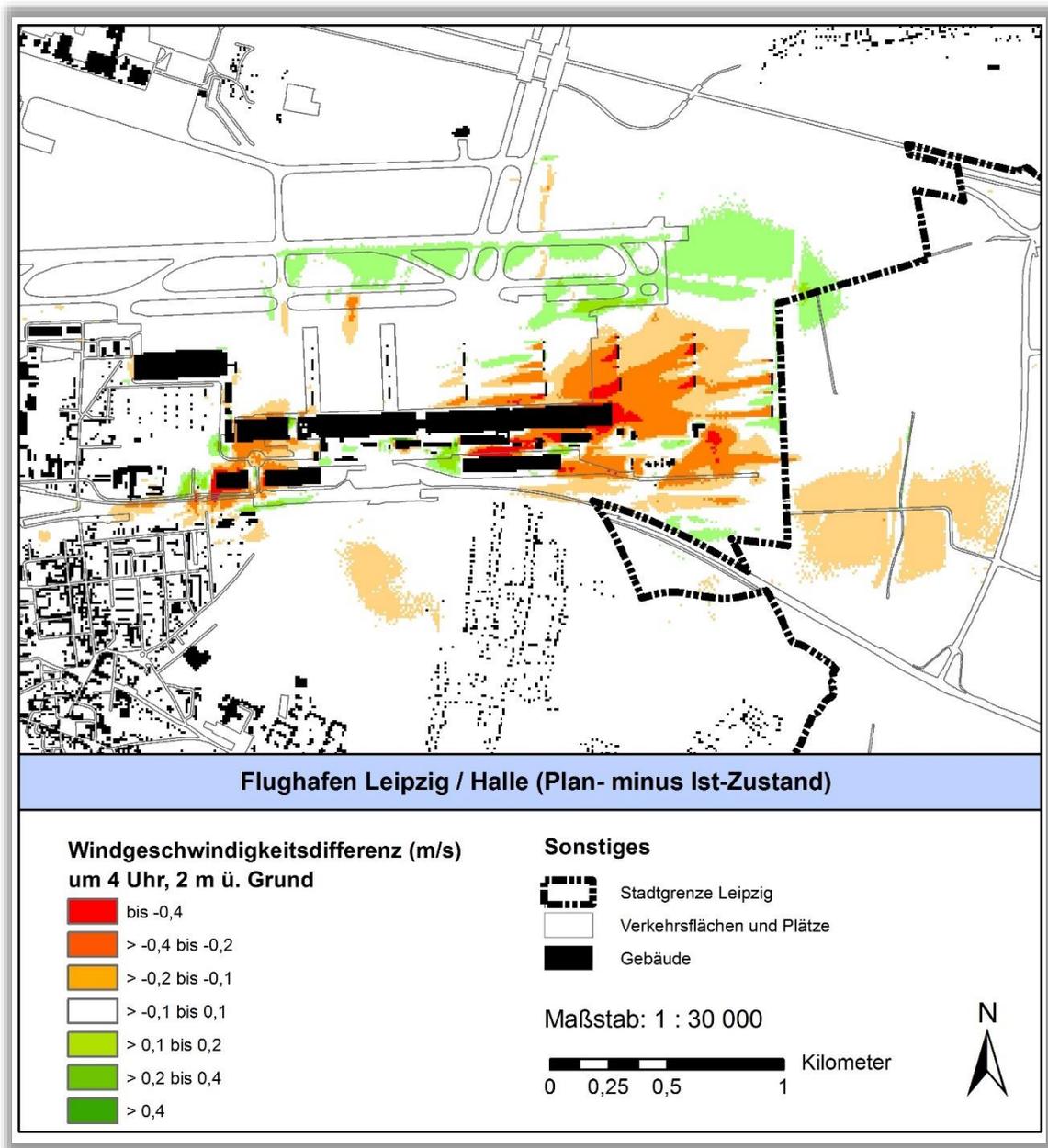


Abb. 10: Änderung der Windgeschwindigkeit in 2 m ü. Grund um 4 Uhr morgens, Plan- minus Ist-Zustand

### 4.3 Kaltluftvolumenstrom (Nacht)

Den lokalen thermischen Windsystemen kommt eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer Grünfläche als Kaltluftentstehungsgebiet nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht) mitbestimmt wird, wird zur Beurteilung der klimatischen Ausgangssituation mit dem Kaltluftvolumenstrom ein weiterer Parameter herangezogen (Abb. 11). Unter dem Begriff Kaltluftvolumenstrom versteht man, vereinfacht ausgedrückt, das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite). Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit  $\text{m}^3$ , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt, beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn, fließt. Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts widerspiegeln, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite (hier 10 m), ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als Volumenstrom-Dichte aufzufassen. Dieser Wert kann über ein 10 m breites, quer zur Luftströmung hängendes Netz veranschaulicht werden, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Wird nun die Volumenstrom-Dichte mit 10 multipliziert, erhält man den rasterbasierten Kaltluftvolumenstrom der 10 m x 10 m breiten Rasterzelle. Um Modellergebnisse verschiedener Gitterauflösungen (z.B. 10, 25 und 50 m) direkt miteinander vergleichen zu können, empfiehlt es sich, die Kaltluftvolumenstromdichte (in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$ ) anstelle des Kaltluftvolumenstroms (in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) als Größe zu verwenden<sup>1</sup>. Der Volumenstrom ist ein Maß für den Zustrom von Kaltluft und bestimmt somit, neben der Strömungsgeschwindigkeit, die Größenordnung des Durchlüftungspotenzials.

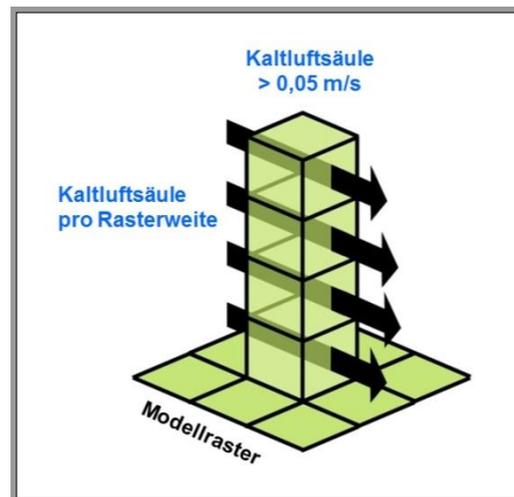


Abb. 11: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom

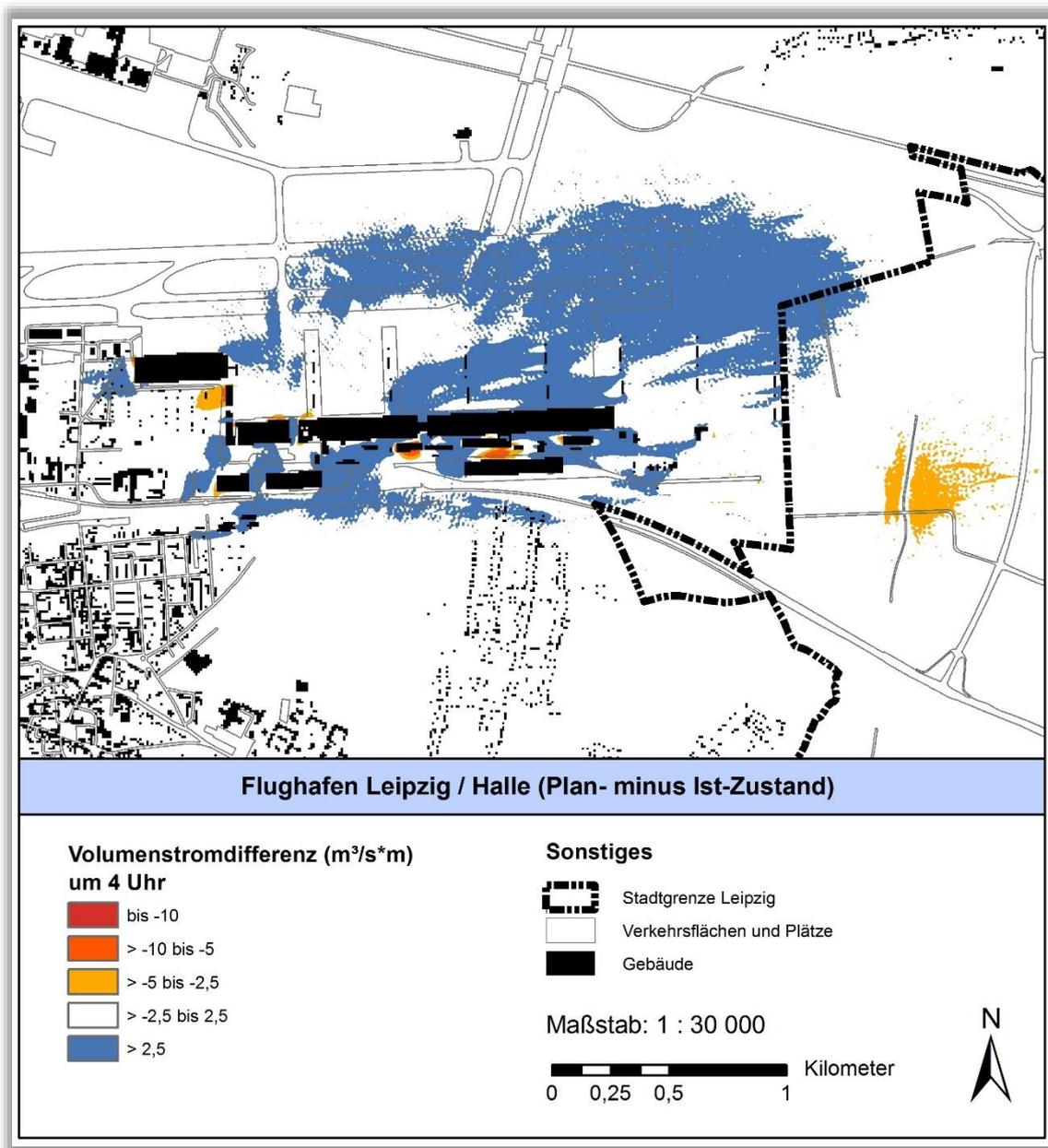
Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum entspricht im Wesentlichen der des bodennahen Strömungsfeldes. Aus diesem Grund reicht es an dieser Stelle die Differenz von Planzustand zu Ist-Zustand im Kaltluftvolumenstrom zu analysieren. Die entsprechende Abbildung ist in Abb. 12 zu finden.

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum entspricht im Wesentlichen der des bodennahen Strömungsfeldes. Aus diesem Grund reicht es an dieser Stelle die Differenz von Planzustand zu Ist-Zustand im Kaltluftvolumenstrom zu analysieren. Die entsprechende Abbildung ist in Abb. 12 zu finden.

<sup>1</sup> Im nachstehenden Text ist mit Kaltluftvolumenstrom streng genommen immer die Kaltluftvolumenstromdichte in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$  gemeint.



Es wird ersichtlich, dass großräumig eher eine Zunahme des Kaltluftvolumenstroms durch das Projekt zu erwarten ist. Wie bereits beim Windfeld beobachtet, ist an gleicher Stelle wie auch die Verringerung der Windgeschwindigkeit eine Verringerung des Kaltluftvolumenstroms innerhalb der Leipziger Stadtgrenze zu finden. Da sich jedoch in diesem Bereich keine Wohnsiedlungen befinden, ist das Projekt auch von der Seite des Kaltluftvolumenstroms als klimaökologisch unbedenklich einzuordnen.



**Abb. 12:** Änderung des Kaltluftvolumenstroms um 4 Uhr morgens, Plan- minus Ist-Zustand

#### 4.4 Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET am Tag)

Zur Bewertung der Tagsituation wird im Folgenden der humanbioklimatische Index PET (=Physiologisch Äquivalente Temperatur) herangezogen (Höppe und Mayer 1987). Die PET bezieht sich (wie die übrigen



humanbiometeorologischen Indizes auch) auf außenklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (Kuttler 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist er damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar. Die Berechnung der PET beruht auf dem Wärmeaustausch des Menschen mit seiner Umgebung und beschreibt das thermische Empfinden einer „Standardperson“, welche eine mittlere thermische Empfindlichkeit repräsentiert. Dafür sind vor allem Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und thermophysologisch wirksame Strahlung relevant. Per Definition liegt eine starke Belastung ab einer PET von mehr als 35°C vor (Tab. 1). Zum Zeitpunkt 14 Uhr zeigt sich, dass die auftretende Wärmebelastung am Tage vor allem über die Verschattung beeinflusst wird.

**Tab. 1:** Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden.

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

Die PET weist im Untersuchungsgebiet Werte von minimal 20,4 °C im Bereich von Baumgruppen mit hoher Verschattung und maximal 45,2 °C auf den sonnenexponierten Flugbetriebsfläche (s. Abb. 13). Allgemein zeigen sich im PET-Feld die sonnenexponierten Flächen (auch unversiegelte Freiflächen) mit einer hohen und verschattete Grünflächen mit einer geringen Wärmebelastung. Für das gesamte Untersuchungsgebiet beträgt die mittlere PET 36 °C.

In Abb. 14 ist die PET mit der geplanten Bauentwicklung auf dem Flughafenareal dargestellt. Im Vergleich zum derzeitigen Zustand fällt auf, dass die neuen Flugbetriebsflächen deutlich stärker zur Wärmebelastung beitragen als die neu geplanten Gebäude. Dies ist darin begründet, dass auf den neuen Flugbetriebsflächen keine Verschattung zu finden ist und für die bauliche Umsetzung Grünflächen in versiegelte Flächen umgewandelt werden. Die stärkste Auswirkung auf die PET im Untersuchungsgebiet hat dabei die große Flugbetriebsfläche im Osten des Plangebiets.

Innerhalb der Stadtgrenze Leipzigs ist in Bezug auf die PET von keiner Verschlechterung zur Bestandssituation auszugehen.

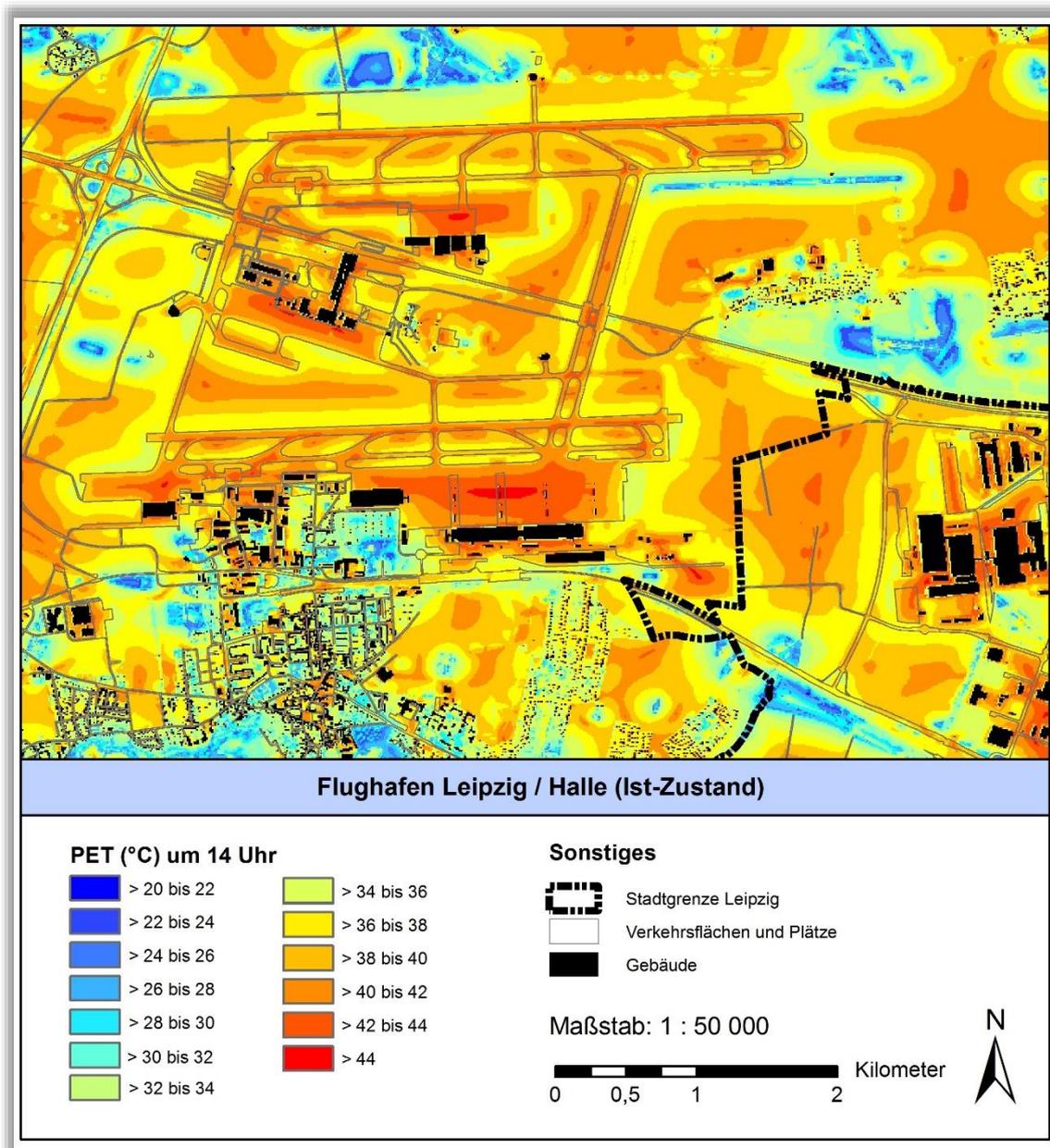


Abb. 13: Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m ü. Grund um 14 Uhr, Ist-Zustand

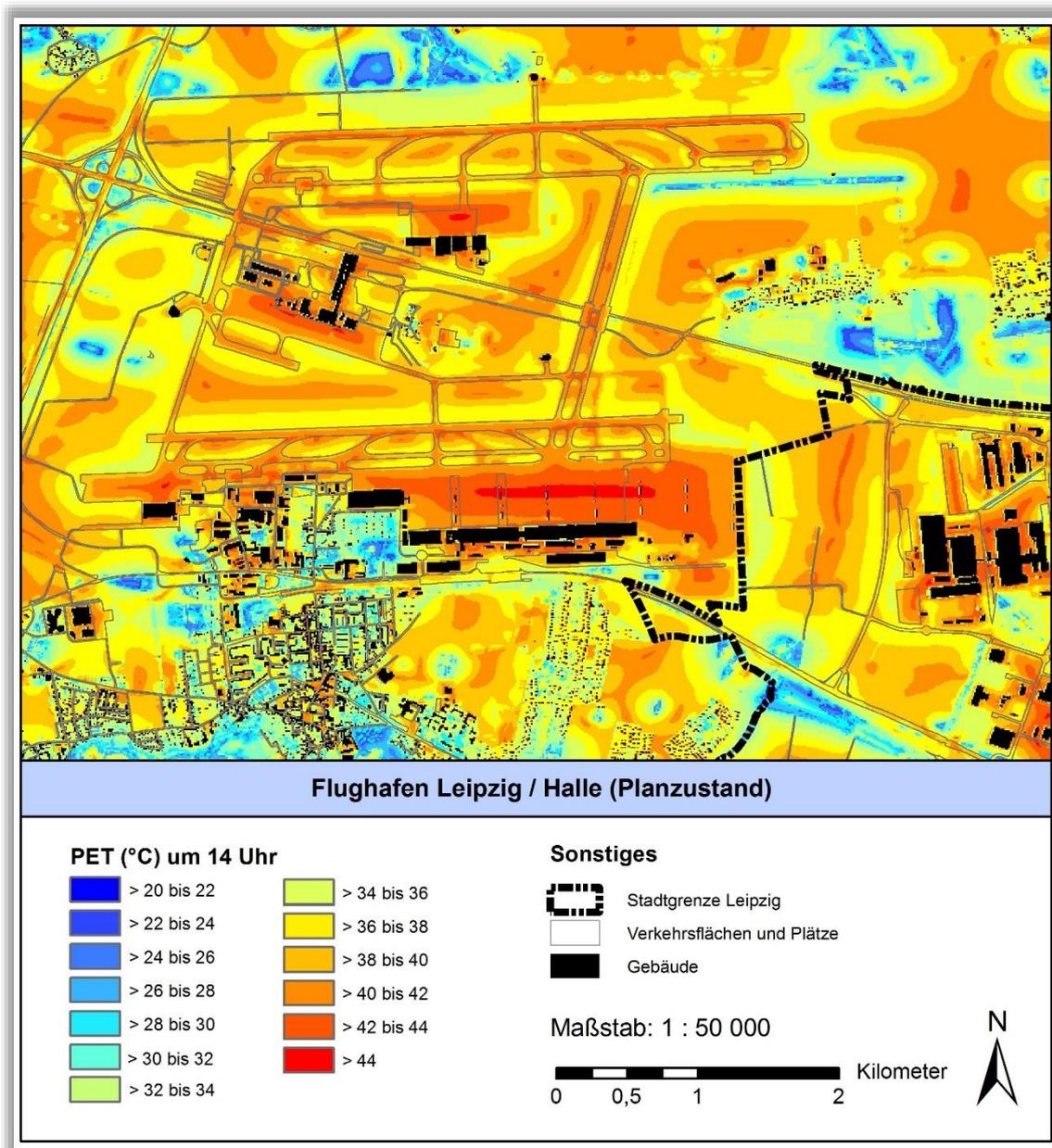


Abb. 14: Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) in 1,1 m ü. Grund um 14 Uhr, Planzustand



## 5. Fazit

Die modellgestützte Analyse mit FITNAH-3D hat verdeutlicht, welche klimaökologischen Funktionen das Untersuchungsgebiet des Flughafens Halle/Leipzig bei austauscharmen Strahlungswetterlagen erfüllt und welche Klimaveränderungen sich durch die neu geplanten Strukturen auf dem Flughafengelände ergeben.

Auf dem Flughafenareal selbst sind durch das Projekt in der Nacht Temperaturerhöhungen von bis zu maximal 6,8 K auf der neuen Flugbetriebsfläche im Osten des Plangebiets zu erwarten. Die Windgeschwindigkeit nimmt durch das Bauvorhaben nördlich auf der großen Flugbetriebsfläche zu, auf der neuen Flugbetriebsfläche und im Bereich der neuen Gebäude ist vorrangig eine Abnahme der Windgeschwindigkeit zu beobachten. Insgesamt zeigt sich in der Modellierung tendenziell eine Zunahme des Kaltluftvolumenstroms in der Nacht auf dem Flughafenareal. Tagsüber ist mit einer steigenden Wärmebelastung vor allem im Bereich der neuen Flugbetriebsflächen zu rechnen.

In an das Flughafenareal angrenzenden Gebieten beschränken sich die negativen Auswirkungen auf die klimaökologischen Parameter der Nachtsituation. Durch das Projekt ist eine Erhöhung der nächtlichen Lufttemperatur in der Stadt Leipzig nahe der Stadtgrenze und eine leichte Abnahme der Windgeschwindigkeit sowie des Kaltluftvolumenstroms im unbewohnten Kreuzungsbereich Gesnerstraße / Grenzgraben zu beobachten.

Aus der Analyse der klimaökologisch relevanten Parameter geht hervor, dass das Projekt als klimaökologisch vertretbar eingestuft werden kann. Die klimaökologische Situation verschlechtert sich infolge der Bebauung auf der Planfläche selbst, aber nicht wesentlich in den angrenzenden Quartieren der Städte Halle und Leipzig. Lediglich in einem verhältnismäßig kleinen und zudem unbewohnten Bereich in Leipzig ist eine Erhöhung der Temperatur und eine Abnahme der Windgeschwindigkeit sowie folglich eine Abnahme des Kaltluftvolumenstroms in der Nacht zu beobachten. Somit ist keine Betroffenheit der Bevölkerung durch das Bauvorhaben auf dem Flughafengelände zu erwarten.

Zudem hat die vorliegende Analyse herausgestellt dass die (Hoch-)fläche im Bereich Schkeuditzer Straße / A14 von großer Bedeutung für den Kaltlufthaushalt ist, da hier eine große Menge Kaltluft gebildet wird und hangabwärts von der Hochfläche in nahezu alle Himmelsrichtungen und somit auch in das Leipziger Stadtgebiet strömt. Dieses Strömungssystem bleibt auch mit der Realisierung des Projekts weiterhin bestehen, sodass die klimaökologische Beeinträchtigung durch das Vorhaben nur begrenzt ist.



## Literatur

DFG (1988) – Deutsche Forschungsgemeinschaft: Physikalische Grundlagen des Klimas und Klimamodelle. Abschlussbericht. Bonn. 93 S.

GEO-NET (2017-2019): Stadtklimaanalyse Leipzig.

HÖPPE, P. UND H. MAYER (1987): Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. Landschaft und Stadt 19 (1), S. 22-29.

KUTTLER, W. (1999): Human-biometeorologische Bewertung stadtklimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: Wiss. Mitt. aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig. Band 13.

MOSIMANN, Th., P. TRUTE & Th. FREY (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 4/99.

UBA (=Umweltbundesamt)(2017): Heizen, Raumtemperatur – Gewusst wie. Im Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur> (Zugriff: 05.10.2019).

**GEO-NET Umweltconsulting GmbH**  
**Hannover, den 22.10.2019**

**Erstellt von:**

-----  
Josephine Förster (M.Sc. Geographie)

**Geprüft von:**

-----  
Dipl.-Geogr. Peter Trute

Die Erstellung der Klimaexpertise erfolgte entsprechend dem Stand der Technik nach besten Wissen und Gewissen. Die Klimaexpertise bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung alleiniges Eigentum des Auftragnehmers. Eigentum und Nutzungsrecht liegen bei der Auftraggeberin.