

Klimagutachten

zum Plangebiet „Pfettenstraße“ in Landsberg am Lech
im Vorfeld zum städtebaulichen Realisierungswettbewerb

Dezember 2022

Auftraggeber (AG)
Stadt Landsberg am Lech
Stadtplanung und Mobilität
Katharinenstraße 1
86899 Landsberg am Lech



Ansprechpartnerin
Frau Caroline Zach
Tel.: +49 8191 128 256
E-Mail: Caroline.Zach@landsberg.de

Auftragnehmer (AN)
Burghardt und Partner, Ingenieure
Am Sonnenhang 4
34128 Kassel



Ansprechpartner
Dr-Ing. René Burghardt
Tel.: +49 561 76678963
E-Mail: info@lp-kassel.de

Bearbeitung:
Dr. René Burghardt
Swantje Kalthoff
Dipl.-Biol Nicole Burghardt

Gestattungserklärung / Erklärung des Verfassers:

Hiermit überträgt der Auftragnehmer dem Auftraggeber die Nutzungsrechte hinsichtlich der vorliegenden Ausarbeitung

Klimagutachten:

zum Plangebiet „Pfettenstraße“ in Landsberg am Lech
im Vorfeld zum städtebaulichen Realisierungswettbewerb

uneingeschränkt, zur öffentlichen Verwendung.

Unterschrift

Dr- Ing. René Burghardt

Stempel

BPI
Burghardt und Partner, Ingenieure
Am Sonnenhang 4, D - 34128 Kassel
fon: +49 561 76678963 | fax: +49 561 9698855
info@lp-kassel.de | www.lp-kassel.de

Kassel, den 16.11.2022

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Anlass und Aufgabenstellung | 1 |
| 1.2 | Beschreibung des Planungsraums | 1 |
| 2 | Klimatische Charakterisierung des Untersuchungs- bzw. Planungsraums | 3 |
| 2.1 | Räumliche Charakterisierung der Region | 3 |
| 2.2 | Topographie der Region | 3 |
| 2.3 | Naturräumliche Einordnung | 4 |
| 3 | Klimatisch-planerische Analysen | 5 |
| 3.1 | Klimatische Charakteristika der Region | 5 |
| 3.2 | Temperatur und Niederschlag | 6 |
| 3.3 | Windverhältnisse | 9 |
| 3.4 | Beschreibung der Kaltluftentstehung und -transport | 11 |
| 3.5 | Beschreibung der Oberflächeneinzugsgebiete und des BlueSpot Mappings | 16 |
| 3.6 | Beschreibung des städtischen Wärmeinseleffekts | 18 |
| 4 | Zusammenfassung und Empfehlungen | 21 |
| 5 | Anhang | 22 |

Abkürzungsverzeichnis

| | | | |
|----------------|---|----------------|---------------------------------------|
| % | Prozent | PR | Planungsraum |
| < | kleiner als | RCM | regional climate models |
| > | größer als | RCP | Representative Concentration Pathways |
| ≤ | kleiner gleich | S | Süden |
| ≥ | größer gleich | SON | September, Oktober, November |
| § | Paragraph | spez. | speziell |
| ° | Grad | Std. | Stunden |
| °C | Grad Celsius | ü. NHN ü.NN | über Normalhöhennull |
| 3D | dreidimensional | ü.G. | über Grund |
| AG | Auftraggeber | UR | Untersuchungsraum |
| AN | Auftragnehmer | U-Wert | Wärmedurchgangskoeffizient |
| B | Bundesstraße | u _z | Windgeschwindigkeit |
| BauGB | Baugesetzbuch | VDI | Verein Deutscher Ingenieure e.V. |
| B-Plan | Bebauungsplan | vgl. | vergleiche |
| bspw. | beispielsweise | W | West |
| bzw. | beziehungsweise | z.B. | zum Beispiel |
| cm | Zentimeter | | |
| DGM | Digitales Geländemodell | | |
| DJF | Dezember, Januar, Februar | | |
| DLM | Digitales Landschaftsmodell | | |
| DWD | Deutscher Wetterdienst | | |
| EPSG | European Petroleum Survey Group Geodesy | | |
| etc. | et cetera | | |
| FFL | Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. | | |
| FNP | Flächennutzungsplan | | |
| GIS | Geoinformationssystem | | |
| h | hour | | |
| ha | Hektar | | |
| inkl. | inklusive | | |
| k.A. | keine Angaben | | |
| Kap. | Kapitel | | |
| km | Kilometer | | |
| L | Landstraße | | |
| m | Meter | | |
| m ² | Quadratmeter | | |
| m ³ | Kubikmeter | | |
| Max. | Maximum | | |
| Min. | Minimum | | |
| min. | Minuten | | |
| mm | Millimeter | | |
| N | Norden | | |
| O | Osten | | |
| o.ä. | oder ähnliches | | |

1 Einleitung

1.1 Anlass und Aufgabenstellung

Das rund 4,5 ha große, innerstädtische Areal „Pfettenstraße“ in Landsberg am Lech, soll im Vorfeld zu einem städtebaulichen Realisierungswettbewerb im Zuge eines klimatischen Gutachtens untersucht werden.

Im aktuellen Flächennutzungsplan (FNP) der Stadt Landsberg aus dem Jahr 2001 wird das Plangebiet als Grünfläche dargestellt.

Mit einem Grundsatzbeschluss des Stadtrats (27.07.2016) zur Entwicklung des Plangebiets als Wohnbaufläche wurden die Planungsziele hinsichtlich des Areals geändert. Dies wird auch im aktuellen FNP-Vorentwurf deutlich, in dem das Gebiet als „Entwicklungsfläche für Wohnen“ dargestellt wird.

Als nächster Schritt ist, laut Beschlusslage, ein städtebaulicher Realisierungswettbewerb für das Areal „Pfettenstraße“ geplant.

Auf Antrag des Klimaschutzbeirates der Stadt Landsberg am Lech wurde am 16.02.2022 im Bau-, Planungs- und Umweltausschuss beschlossen, im Vorfeld des Wettbewerbs eine Untersuchung zu den Auswirkungen auf die Klimaresilienz durchführen zu lassen, die als Ergebnis ökologische und klimatische Kriterien für den Auslobungstext liefern soll.

Von besonderem Interesse sind hierbei

- i. die Entwicklung und Darstellung von ökologischen und klimatischen Kriterien / Handlungsempfehlungen für den Auslobungstext des städtebaulichen Realisierungswettbewerbs „Pfettenstraße“
- ii. die Erfassung, Analyse und Bewertung des Areals als Kaltluftentstehungsgebiet für den Untersuchungsraum (Planungsraum plus Umgriff)

1.2 Beschreibung des Planungsraums

Der Planungsraum an der „Pfettenstraße“ (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2) befindet sich im westlichen Teil des Siedlungsgebietes der Stadt Landsberg am Lech und erstreckt sich über eine Größe von 4,5 ha. Er weist eine ebene Topographie auf, liegt im Vergleich zur Umgebung aber teilweise in einer leichten Vertiefung. Im südwestlichen Teil des Planungsgebietes befindet sich ein kleines Wäldchen, bei dem es sich um Feldgehölze auf einer ehemaligen Kiesgrube handelt (Landsberg 2022). Der Rest der Fläche ist laut bisherigem Flächennutzungsplan größtenteils Ackerfläche und zum Teil intensiv bewirtschaftetes Grünland. In der nordwestlichen Ecke der Fläche ist ein Kinderspielplatz zu finden, welcher durch einzelne Bäume und Gehölzstreifen strukturiert wird. Dieser Spielplatz wird durch einen Fußweg erschlossen. Im Nordöstlichen Teil der Fläche befindet sich ein weiterer Kinderspielplatz. Vom nordwestlichen zum östlichen Ende des Untersuchungsgebietes durchquert ein Trampelpfad die Wiesenfläche. Die Planungsfläche grenzt im Süden an die „Pfettenstraße“ an, bei der es sich um eine nicht öffentliche Zufahrtsstraße zur gegenüber liegenden Justizvollzugsanstalt der Stadt Landsberg am Lech handelt. Westlich und östlich wird die Fläche durch einen Fußweg begrenzt, im Norden stößt sie an die Gärten der angrenzenden Wohnbebauung. Im Osten schließen sich Doppelhäuser und Reihenhäuser an die Fläche an, im Norden findet sich Geschosswohnungsbau und Reihenhäuser, auch ein Kindergarten ist hier zu finden. Auch im Westen schließt sich Geschosswohnungsbau an die Fläche an, weiter westlich beginnen landwirtschaftliche Nutzflächen. Südwestlich befinden sich Sportflächen einer Grundschule (Landsberg 2022).



Abbildung 1: Ansicht des Planungsraums „Pfettenstraße“ aus nordwestlicher Richtung



Abbildung 2: Luftbild des Planungsraums (gelb gestrichelt) mit Gehölzinsel im Südwesten.

2 Klimatische Charakterisierung des Untersuchungs- bzw. Planungsraums

2.1 Räumliche Charakterisierung der Region

Landsberg am Lech ist Kreisstadt des gleichnamigen Landkreises im Regierungsbezirk Oberbayern. Die Stadt hat rd. 29.500 Einwohner (Landsberg 2022). Das Stadtgebiet umfasst ca. 58 km² und grenzt im Süden und Osten an die Landkreise Fürstfeldbruck, Starnberg und Weilheim an sowie im Westen und Norden an die Landkreise Aichach-Friedberg, Ostallgäu und Augsburg. Landsberg am Lech liegt ca. 60 km westlich von München und ca. 30 km südlich der Stadt Augsburg.

Die gesamte Siedlungsfläche von Landsberg setzt sich aus dem Hauptort und vier weiteren Ortsteilen zusammen:

- Ellighofen
- Erpfting
- Pitzling
- Reisch

Die Stadt liegt auf 10°52,61' östlicher Länge, 48°02,98' nördlicher Breite auf einer Höhe von 585 m-630 m über NN.

2.2 Topographie der Region

Der Untersuchungsraum liegt topographisch am Hochufer des Lech auf einer weitestgehend flachen Ebene. Das Höhenminimum liegt bei 569 m ü. NN. Das Stadtgebiet wird durch die Lechauen und den Lech mit seinen spät- und postglazial entstandenen Terrassen geprägt (Landsberg 2022b), die höchste Erhebung der Umgebung ist mit 686 m ü. NN der Obere Riedberg westlich der Stadt. Auf dem Stadtgebiet wird somit ein lediglich geringes Gefälle verzeichnet (siehe Abbildung 3).

In südwestlicher und südöstlicher Richtung beidseits des Lechs beginnt sich die Topographie ab einer Entfernung von ca. 10 km anzuheben zur Oberen Lech-Wertach-Ebene sowie dem Ammer-Loisach-Hügelland (BfN 2022, Topographic Map 2022).

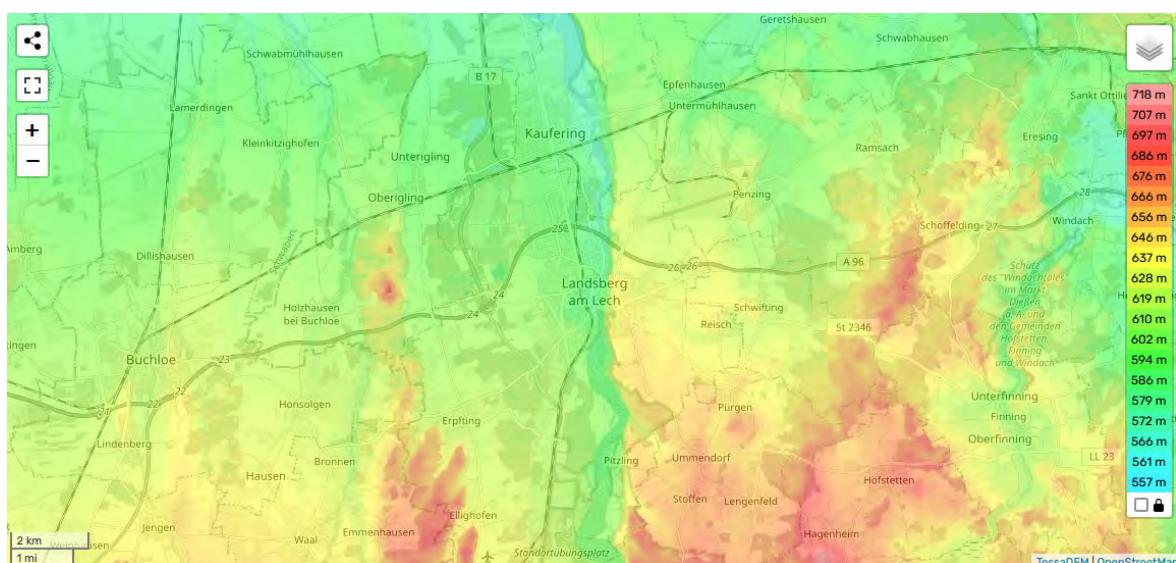


Abbildung 3: Topographische Übersicht zum Stadtgebiet von Landsberg am Lech (Topographic Map 2022). Die Stadt Landsberg am Lech liegt im Bereich 580 m ü. NN, mit einem Minimum in den Lechauen mit 569 m ü. NN.

2.3 Naturräumliche Einordnung

Eine Gliederung Deutschlands dient der einheitlichen Einteilung und Kategorisierung von Landschaften. Die Methodik nach Meynen und Schmithüsen (1962) beinhaltet die Unterscheidung in naturräumliche Großregionen, Haupteinheiten und Untereinheiten und berücksichtigt in erster Linie geomorphologische, geologische, hydrologische, biogeographische und bodenkundliche Kriterien.

Die Einteilung in Naturräumliche Großregionen wird der 1. Ordnung zugeschrieben. Verortet ist das Untersuchungsgebiet im „Nördlichen Alpenvorland“.

Die lokalräumlichen Gegebenheiten (2. Ordnung) des Untersuchungsgebietes entsprechen der „Donau-Iller-Lech-Platte“ (D64) und bilden auf der Ebene der Untereinheiten (3. Ordnung) einen Übergangsbereich aus der „Oberen Lech-Wertach-Ebene“, dem „Lechtal“ und den „Landsberger Platten“.

Laut dem Bundesamt für Naturschutz liegt Landsberg am Lech in drei zwar ähnlichen, aber dennoch verschiedenen Landschaftstypen (siehe Abbildung 4). Der westliche Teil der Stadt befindet sich im Landschaftstyp 4.3 „Andere offene Kulturlandschaft“ (ID 4702), einer Landschaft mit geringerer naturschutzfachlicher Bedeutung. Daran anschließend findet sich der Landschaftstyp 3.11 „Strukturreiche offene Kulturlandschaft“ (ID 4700), welcher als Schutzwürdige Landschaft mit Defiziten klassifiziert wird. Am östlichen Ufer des Lechs liegt Landsberg im Landschaftstyp 4.2 „Ackergeprägte offene Kulturlandschaft“ (ID 5001), ebenfalls eine Landschaft mit geringerer naturschutzfachlicher Bedeutung. (BfN 2022).

Wie bereits in den Landschaftssteckbriefen des BfN ersichtlich wird, ist die charakteristische Landschaft im Untersuchungsgebiet eine offene Kulturlandschaft mit größtenteils geringerer naturschutzfachlicher Bedeutung. 42,9 % der Gesamtfläche werden landwirtschaftlich genutzt. Auf die Siedlungsflächen entfallen hiervon 17,2 %, auf die Verkehrsflächen 7,8 % und auf die Waldflächen 25,1 %. (Stand: 27.10.2022; Statistisches Bundesamt 2022).

Für den vorliegenden Bericht kann des Weiteren identifiziert werden, inwieweit Schutzgebiete in Landsberg ausgewiesen sind. Genaue Zahlen zu den Flächenanteilen liegen jedoch nicht vor. Die besondere zu schützende Wertigkeit der Landschaft kommt im Landschaftsschutzgebiet „Lechtal-Süd“ zum Ausdruck, welches sich südlich der Stadt entlang des Lechs erstreckt. In demselben Gebiet ist die Fläche „Lech zwischen Hirschau und Landsberg mit Auen und Leiten“ im Rahmen der Natura-2000 als FFH-Gebiet unter Schutz gestellt (BfN 2022b).

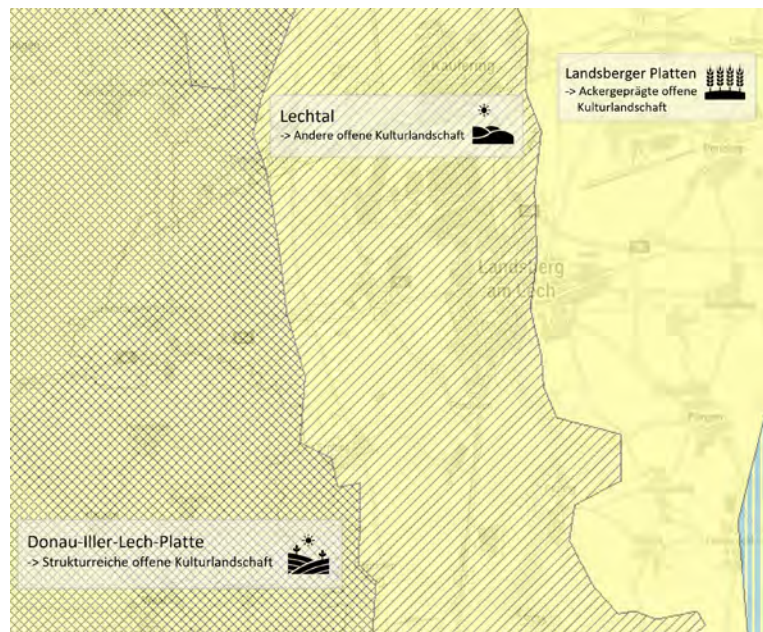


Abbildung 4: Die unterschiedlichen Landschaftstypen im Einzugsbereich der Stadt Landsberg am Lech.

3 Klimatisch-planerische Analysen

3.1 Klimatische Charakteristika der Region

In der bioklimatischen Bewertung 1980 - 2010 (DWD 2022) zeichnet sich für das Untersuchungsgebiet eine eher durchschnittliche Wärmebelastung ab. Eine gelegentliche Wärmebelastung (Stufe 3 von 6) bei vermehrt auftretenden Kältereiz (Stufe 3 von 6) ist für die Region charakteristisch.

Die bioklimatische Bewertung wird maßgeblich durch die großräumige klimatische Gliederung (siehe Abbildung 5) beeinflusst. Landsberg am Lech (siehe Abbildung 6) ist durch ein subkontinentales Klima geprägt und zudem niederschlagsbegünstigt. Die Temperatur schwankt zwischen 18 und 19,5° Kelvin innerhalb eines durchschnittlichen Jahresverlaufs, durch die niederschlagsbegünstigte Lage beträgt die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme über 950 mm. (DWD 2022).

Kontinentale Klimata sind durch große jährliche sowie tägliche Schwankungsbereiche der Temperatur sowie eine geringe relative Feuchte geprägt. Typisch ist mäßiger oder geringer, unregelmäßig fallender Niederschlag. Häufig tritt im Sommer ein Niederschlagsmaximum auf. Ein kontinentales Klima ist typisch für das Innere größerer Festlandsmassen (DWD 2022b).

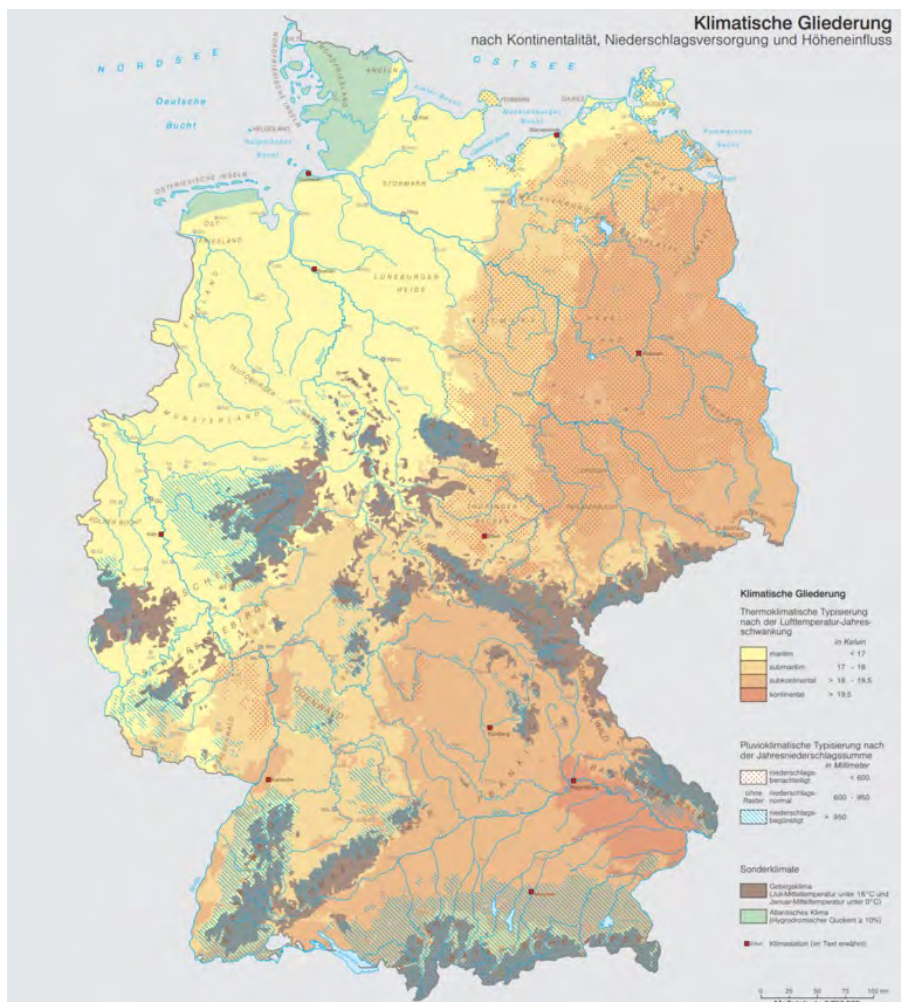


Abbildung 5: Übersichtskarte zur klimatischen Gliederung Deutschland (Hendl und Endlicher 2003). Die Stadt Landsberg am Lech liegt in einer Zone des subkontinentalen Klimas und einer niederschlagsbegünstigten Region (blaue Schraffur).



Abbildung 6: Detailansicht zur Abbildung 5. Die blaue Schraffur indiziert niederschlagsbegünstigte Regionen.

3.2 Temperatur und Niederschlag

Um die regionalen klimatischen Verhältnisse zu verdeutlichen, wurden die offiziellen Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die folgenden klimatisch-analytischen Betrachtungen herangezogen.

Im Vergleich der drei 30-jährigen Mittel „1951-1980“, 1971-2000“ und „1991-2020“ (siehe Abbildung 7), zeigt sich bei jedem Monat ein deutlicher Anstieg der Monatsdurchschnittstemperatur.

Die aktuelle Jahresmitteltemperatur (2021), gemessen an der Wetterstation Lechfeld (ID 2905) 10 km nördlich von Landsberg am Lech gelegen, liegt mit 8,3 °C derweil 0,9 °C unter dem Durchschnitt Gesamtdeutschlands für das Jahr 2021 (9,2 °C) (DWD 2022c).

Wie bereits im Abschnitt zur klimatischen Charakteristik der Region erwähnt, liegt Landsberg in einer niederschlagsbegünstigten Region. Dies zeichnet sich auch in den Daten des DWD der letzten drei 30-jährigen Mittel ab (siehe Abbildung 8) (DWD 2022c). Der Jahresgesamtniederschlag der drei 30-jährigen Mittel ist relativ stabil und liegt bei 995 mm (1951-1980), 1032 mm (1971-2000) und 1008 mm (1991-2020). Interessant ist hierbei die Verteilung im Jahresverlauf. Besonders in den jüngsten 30-jährigen Mitteln ist eine Verschiebung des Niederschlags in die Winter (DJF)- und Herbstmonate (SON) zu beobachten. Die Gesamtsumme des Niederschlags in Landsberg am Lech für das Jahr 2021 liegt bei 973,5 mm und damit über dem Jahresdurchschnitt für Deutschland (801,1 mm) (BLU 2022, DWD 2022d).

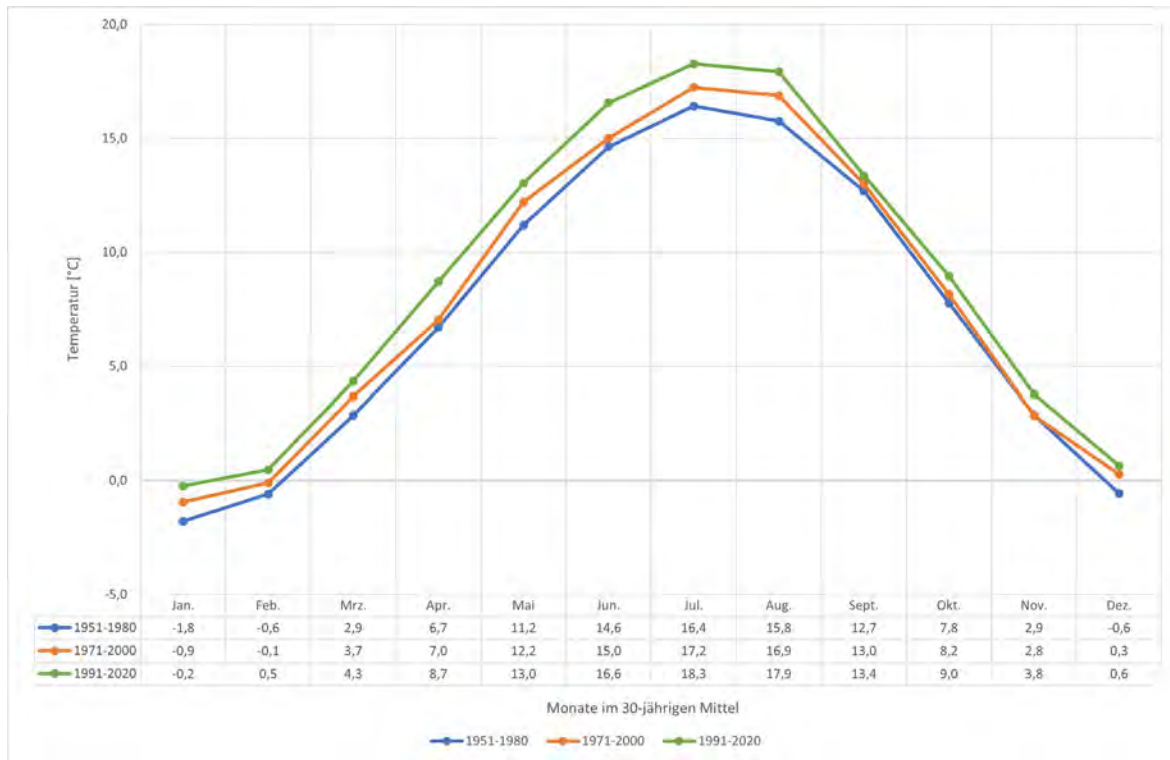


Abbildung 7: Monatsmittel der bodennahen Lufttemperatur für die 30-jährigen Mittel „1951-1980“ (blau), 1971-2000“ (orange) und „1991-2020“ (grün).



Abbildung 8: Monatsmittel der monatlichen Niederschläge für die 30-jährigen Mittel „1951-1980“ (blau), 1971-2000“ (orange) und „1991-2020“ (grün).

Laut der Berechnungen zur globalen Erderwärmung im 8.5 Szenario (RCP8.5) (siehe Abbildung 9) wird die durchschnittliche Jahrestemperatur bis 2050 um weitere 1,9 °C im Vergleich zu 1971 – 2000 in der Region Landsberg am Lech ansteigen. Im gleichen Zeitraum wird der Jahresniederschlag um 6 % höher ausfallen (ARD 2022).

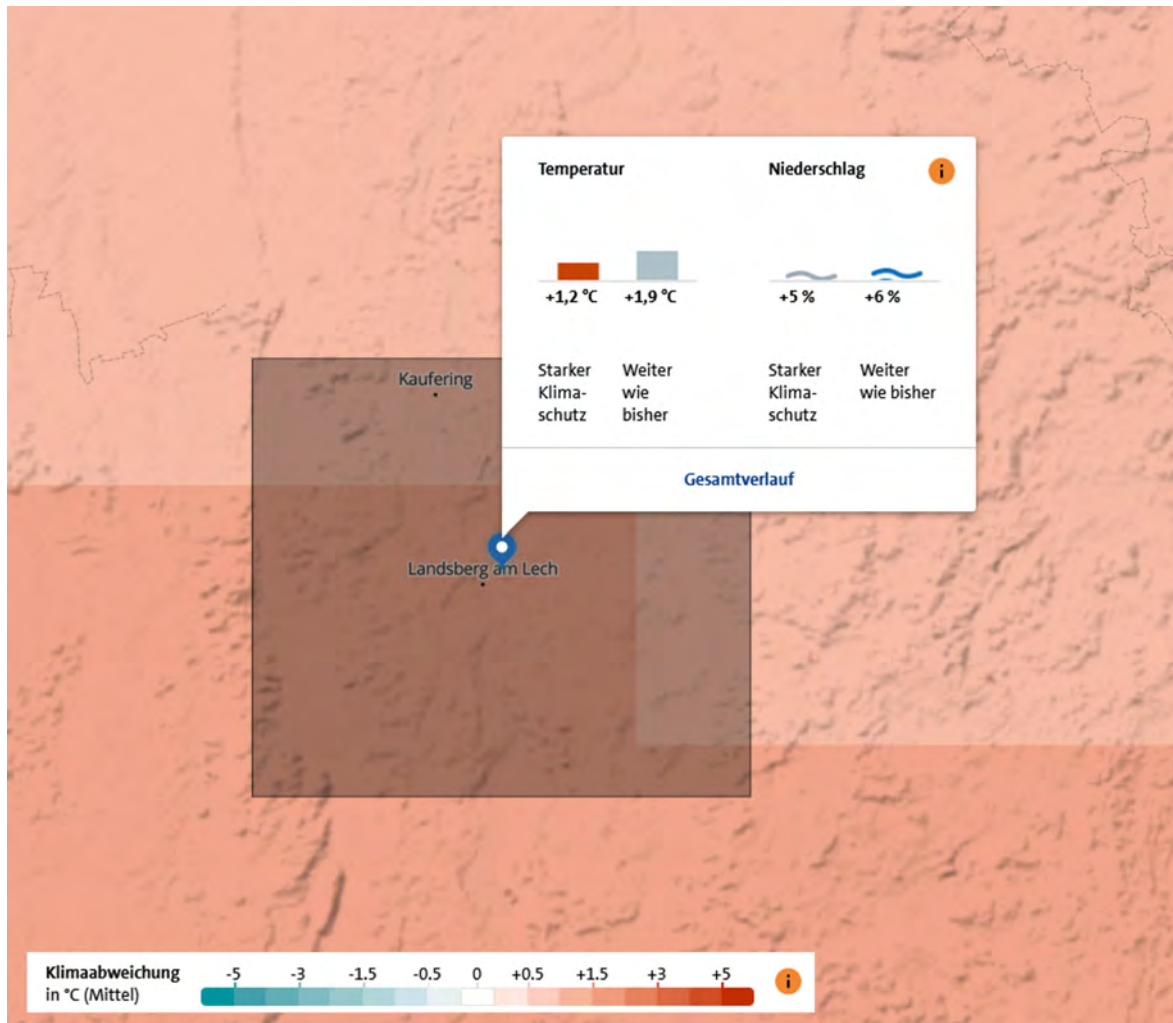


Abbildung 9: Abweichung der Jahresmitteltemperatur sowie der Niederschlagssumme für die Region Landsberg am Lech bis 2050 (unter Berücksichtigung des RCP 8.5 Szenario – „weiter wie bisher“) vom ortsspezifischen Durchschnitt der Jahre 1971 bis 2000 (ARD 2022).

i RCPs (Representative Concentration Pathways) sind Szenarien, die Zeitreihen von Emissionen und Konzentrationen sämtlicher Treibhausgase, Aerosole und chemisch aktiven Gase sowie Landnutzung/Landbedeckung miteinschließen. Bei der Bezeichnung der Szenarien, bspw. „RCP 8.5“, handelt es sich nicht um den erwarteten Temperaturanstieg (in diesem Beispiel von plus 8,5 °C) bis zum Jahr 2100, sondern um den für das Jahr 2100 angenommenen Strahlungsantrieb von, in diesem Beispiel, 8,5 W/m².

Strahlungsantrieb: Änderung der Nettoeinstrahlung (Einstrahlung minus Ausstrahlung, ausgedrückt in Watt pro Quadratmeter, W/m²) an der Tropopause bzw. Oberseite der Atmosphäre aufgrund der Änderung eines Treibers des Klimawandels (DWD 2022).

3.3 Windverhältnisse

Jahresaktuelle Daten zur Anströmung und Windgeschwindigkeit direkt für den Untersuchungsbereich können dem Global Wind Atlas entnommen werden. Für eine Zelle von 9 km² um den Stadtkern können diese Informationen außerdem auch für unterschiedlichen Höhen abgerufen werden.

Die ganzjährige Durchschnittsgeschwindigkeit für die Stadt Landsberg am Lech auf 50 m (4,56 m/s – siehe Abbildung 11) und auf 10 m (2,67 m/s – siehe Abbildung 12) Höhe ist in den folgenden Abbildungen dargestellt. Die Haupt-Anströmrichtung ist West (270 °) bis Süd-West (230 °) (siehe Abbildung 10) (Global Wind Atlas 2022).

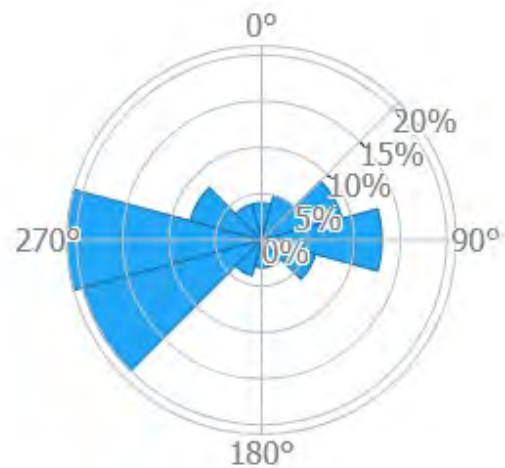


Abbildung 10: Die Hauptanströmung für Landsberg am Lech ist West bzw. Süd-West (Global Wind Atlas 2022).

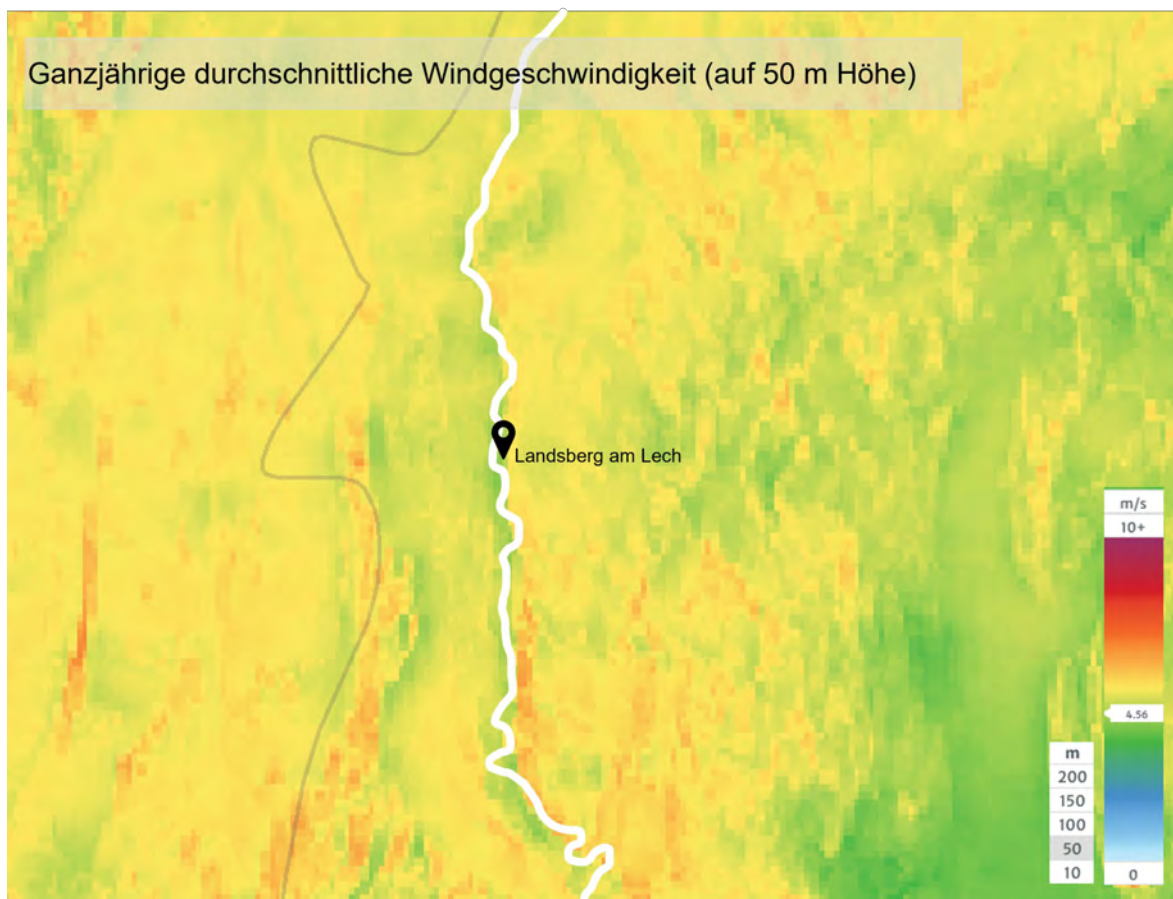


Abbildung 11: Übersicht zur ganzjährigen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in der Region Landsberg am Lech (3km x 3km) auf einer Höhe von 50m mit 4,56 m/s (Global Wind Atlas 2022).

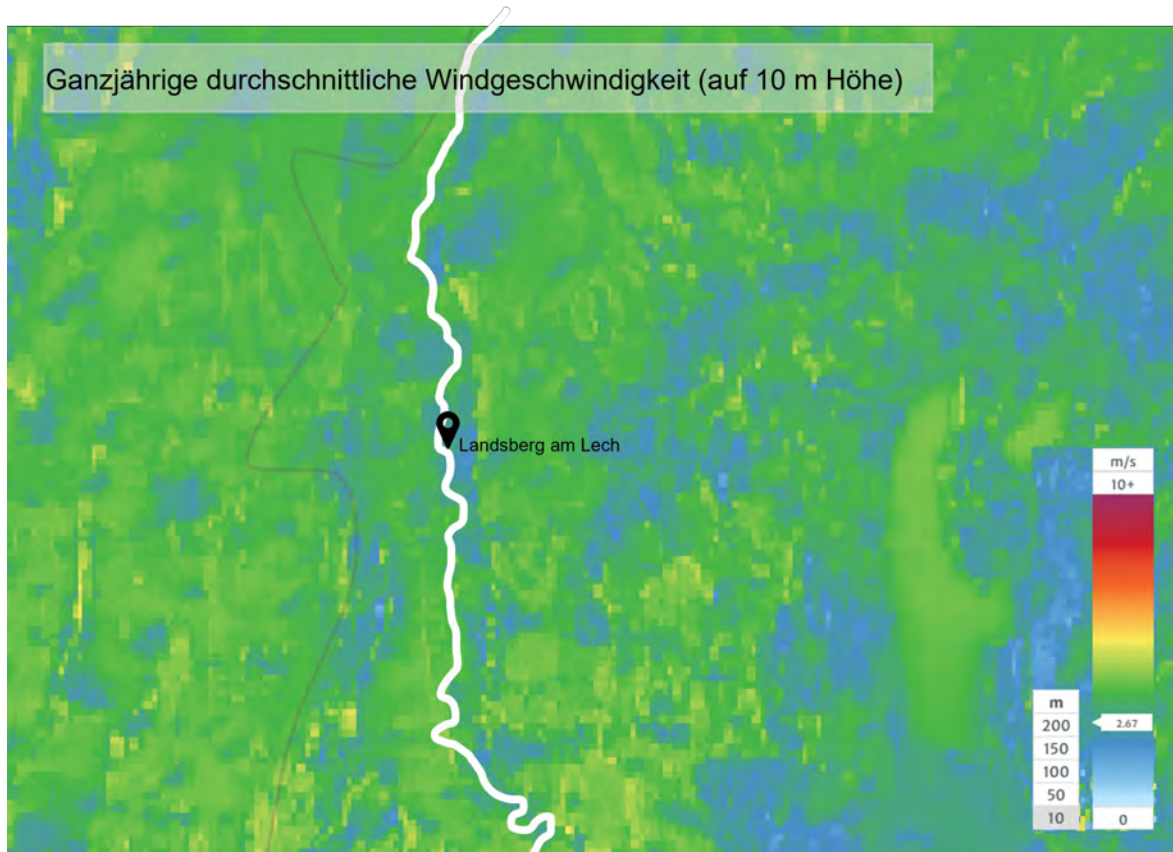


Abbildung 12: Übersicht zur ganzjährigen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in der Region Landsberg am Lech (3km x 3km) auf einer Höhe von 10m mit 2,67 m/s (Global Wind Atlas 2022).

i Anmerkung zu den nachfolgend beschriebenen Analysen

Alle Analysen, Bewertungen und Planungshinweise beziehen sich auf den IST-Zustand des Planungsraums und der Umgebung.

Die Empfehlung von konkreten Maßnahmen zu diesem Zeitpunkt ist nicht sinnvoll, da es noch keinen PLAN-Fall gibt, auf den sich die Maßnahmen konkret beziehen würden.

Sofern ein konkreter PLAN-Fall vorliegt, kann dieser analog zum IST-Zustand simuliert werden und signifikante Verschlechterungen, aber auch Verbesserungen gegenüber dem IST-Zustand über Differenzdarstellungen verdeutlicht und visualisiert werden. Gleichfalls geben diese „Differenzen“ konkrete Anhaltspunkte für klimatische Optimierungsmaßnahmen.

3.4 Beschreibung der Kaltluftentstehung und -transport

Erläuterung

Das Plangebiet liegt in der Gemeinde Landsberg am Lech. Es handelt sich dabei um eine innerstädtische Grün-/Freifläche nahe der westlichen Siedlungsrandlage. Das Plangebiet stellt dabei nur einen Teil der lokalen großflächigen und innerstädtischen Freifläche dar.

Die Simulation der nächtlichen Kaltluftproduktion und Kaltluftversorgung nutzt das vom Deutschen Wetterdienst (DWD) lizenzierte Simulationsmodell Klam_21 (Detailinformationen zur eingesetzten Software siehe Kapitel 5). Neben der Landnutzung und Topographie werden auch Gebäudestrukturen dezidiert aufgelöst. Die räumliche Auflösung beträgt 2 m. Bei einer maximalen Berechnungsumgebung von 3000 x 3000 Zellen, besitzt das gesamte Simulationsgebiet einen Umfang von 6 km x 6 km. Damit wird die gesamte Siedlungsstruktur der Gemeinde Landsberg am Lech in der Simulation abgebildet. Auf Grund des räumlich begrenzten Plangebietes wurden die Bestandsgebäude in einem Bereich von 1,6 km x 1,6 km dezidiert aufgelöst. Der daran anschließende Siedlungsraum wurde entsprechend seiner räumlichen und baulichen Dichte für das Simulationsmodell klassifiziert.

Im Rahmen der Simulation wird eine autochthone, austauscharme (keine Regionale Anströmung) sommerliche Wetterlage mit einer Nachtdauer von mindestens 8 Stunden (8 Stunden umfassen einen Simulationszyklus) angenommen.

Flurwinde und Kaltluft

Neben den durch das Relief beeinflussten Strömungen bilden sich in ebenen Lagen sogenannte Flurwinde aus. Das Flurwindssystem beschreibt Druckausgleichsströmungen zwischen verschiedenen Fluren (z.B. Stadt-Umland) und ist an ein flaches Relief oder an hindernisarme Freiflächen (Leitbahnen) gebunden. Der flache städtische Raum ist stark von seiner baulichen Gestaltung abhängig und fällt als ein durch Bebauung bedingtes Windsystem in diese Kategorie. Diese Windsysteme sind ein unterstützender Faktor bei der Kalt- und Frischluftzufuhr und dem Luftabtransport, wenngleich die Flurwinde in ihrer Intensität regulär recht schwach ausgeprägt sind.

Flurwinde entstehen, wenn sich in Gebieten gegenüber ihrem Umland ein lokales thermisches Tief aufbaut. Dies wird insbesondere durch die Überwärmung bebauter oder versiegelter Gebiete und dem damit einhergehenden konvektiven Aufstieg von Luftmassen gefördert. Der entstehende Druckgradient kann daraufhin durch einströmende kühlere Luftmassen aus dem Umland ausgeglichen werden (Druckausgleichsströmung).

Die Kaltluftentstehung beschreibt auf mikro- und mesoskaliger Ebene den nächtlichen Abkühlungsprozess der bodennahen Luftschichten. Mit dem Sonnenuntergang beginnt auf ausreichend großen Grün- und Freiflächen die Kaltluftproduktion. Diese dauert bis in die frühen Morgenstunden an und wird sowohl durch die ausbleibende solare Einstrahlung als auch durch die thermische Ausstrahlung der oberen Bodenschicht bedingt. Da sich die Luft mit dem Erkalten auch verdichtet, strömt sie anschließend flüssigkeitsähnlich der Reliefausprägung folgend in tiefere Regionen oder wird bei einem ausgebildeten Flurwindssystem entsprechend dem Druckgefälle transportiert.

Sowohl das Entstehungsgebiet als auch die Kaltluftproduktionsrate werden von dem vorhandenen Untergrund bestimmt. Hierbei fördern besonders unversiegelte Freiflächen (z.B. Wiesen, Brachen, Grünflächen etc.) mit einer niedrigen Vegetationshöhe die Kaltluftproduktion.



Kaltluft ist nicht gleich Frischluft

Kaltluft wird nach Sonnenuntergang gebildet und beschreibt ausschließlich einen Temperaturzustand von Luftmassen, nimmt aber keinen Bezug auf lufthygienische Aspekte.

Frischluft wird am Tag durch Pflanzen mittels Photosynthese produziert.

Kaltluftsimulation im zeitlichen Verlauf

Da es sich beim Plangebiet um einen Teil einer großen zusammenhängenden Freifläche im Siedlungsraum handelt, ist bereits direkt nach Sonnenuntergang (15 min.) (siehe Abbildung 13) die verstärkte Abkühlung der bodennahen Luftschichten erkennbar, während der umgebende Siedlungsraum weiterhin überwärmt ist. Zu diesem frühen Zeitpunkt ist das Plangebiet noch vom Offenland isoliert. Dennoch entstehen auch im Plangebiet auf Grund des steigenden Druckgefälles leichte Luftbewegungen hin zu der umgebenden Bebauung.

Nach 30 Minuten hat sich das Simulationsbild primär dahingehend verändert, dass an den westlichen Siedlungsrandbereichen nun deutlicher erkennbar ist, wie sich die im Offenland stärker abkühlende Luft auf Grund des Druckgefälles in Bewegung setzt, und eine leichte bodennahe Luftströmung (Flurwind) entsteht, die in den angrenzenden Siedlungskörper eindringt. Das Plangebiet sowie die südlich angrenzende Freifläche sind weiterhin, vor dem Hintergrund der Kaltluftversorgung und des -transportes vom Offenland isoliert. Gleichzeitig ist erkennbar, dass auch im Bereich des Plangebietes die entstehende Kaltluft in den umgebenden Siedlungsraum eindringt, und diesen abkühlt.

Nach einer Stunde (siehe Abbildung 15) kann ein Zusammenschluss der Kaltluftströmungen aus den westlichen Offenlandbereichen und dem Plangebiet sowie der an das Plangebiet angrenzende Freifläche festgestellt werden. Dies hat zur Folge, dass sich die Strömungsrichtung des bodennahen Windfeldes anpasst und eine dominante Ausprägung in östlicher Richtung entsteht. Es wird deutlich, dass der sich verjüngende Siedlungskörper (Flaschenhalseffekt) auf Höhe der „Ahornallee“ / „Lindenallee“ / „Ulmenstraße“ eine wichtige Verbindung zu den innerstädtisch liegenden Freiflächen und dem Plangebiet darstellt.

Nach zwei Stunden hat bereits auf einem Großteil des Siedlungsraum eine Abkühlung begonnen, so dass auch der Siedlungsraum langsam von kühlerer nächtlicher Luft durchströmt werden kann. Gleichwohl befindet sich die Kaltluftschichtdicke noch im einstelligen Bereich, und Räume wie bspw. entlang des „Hindenburgring“ sind immer noch von der Kaltluftversorgung isoliert.

Im Zeitraum von 3 bis 6 Stunden (siehe Abbildung 16 – 4 Stunden) wächst die Kaltluftschichtdicke im Plangebiet aber auch im Untersuchungsraum weiter an, so dass auch im Siedlungsraum (im weiteren Umfeld um das Plangebiet herum) die Mächtigkeit der Kaltluftschichtdicke auf 25 m bis 30 m ansteigt. Gegen Ende dieses zeitlichen Abschnittes ist nach 6 Stunden auch eine deutlichere Veränderung des bodennahen Strömungsfeldes zu beobachten, da es eine zunehmend östliche Strömungskomponente gibt, die in Richtung des Plangebietes drückt. Unter anderem verändern sich dadurch die Strömungsrichtungen im Plangebiet sowie dem angrenzenden Freiraum, wodurch das bodennahe Windfeld in diesem Bereich stärker nach Süden ausgerichtet wird.

In den letzten beiden Stunden der Simulationsnacht (siehe Abbildung 17 – 8 Stunden) zeigt sich, dass zum einen die Kaltluftschichtdicke nur noch geringfügig anwächst. Zum anderen ist festzustellen, dass das bodennahe Windfeld im Plangebiet sowie auf der südlich angrenzenden Freifläche abnimmt und gänzlich zu Erliegen kommt. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass der Strömungsdruck vom Offenland her abgenommen hat. Der Siedlungsraum ist flächendeckend überströmt und im Plangebiet sowie auf der angrenzenden Freifläche ist eine starke Kaltluftschicht entstanden die einen Gegendruck aufbaut.

Alle Zeitschnitte liegen als A3-Karten im Anhang vor.



Abbildung 13: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 15min. im Planungsraum. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden.

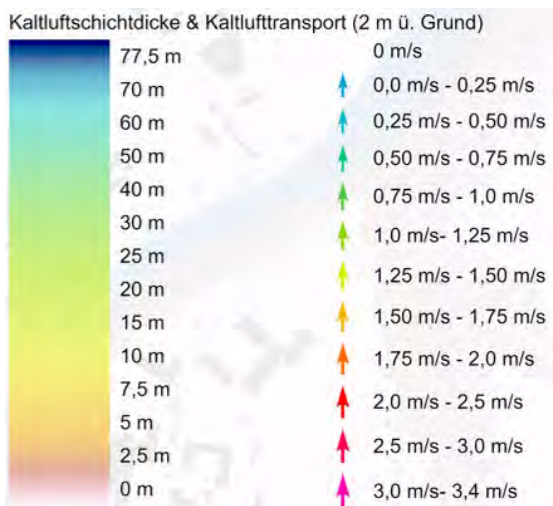


Abbildung 14: Legende zu den Analysekarte "Kaltluftproduktion und -transport"

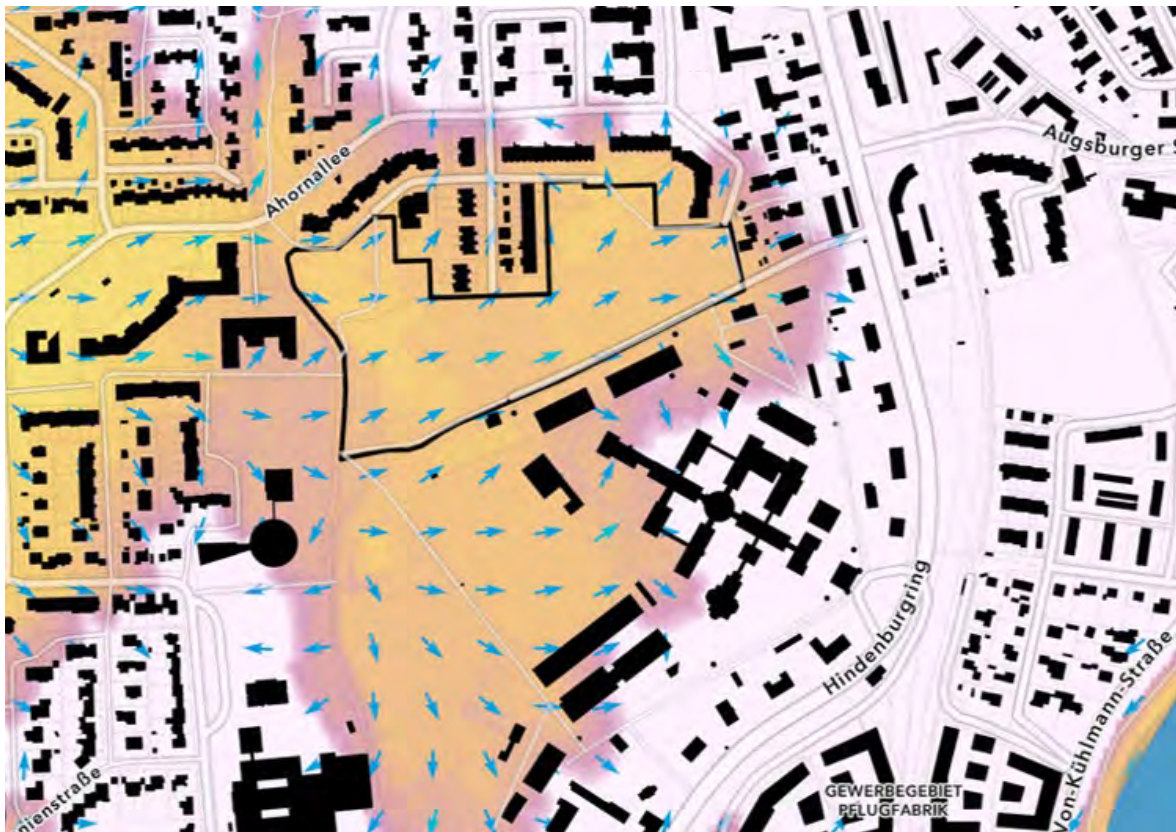


Abbildung 15: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 60min. im Planungsraum. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden.

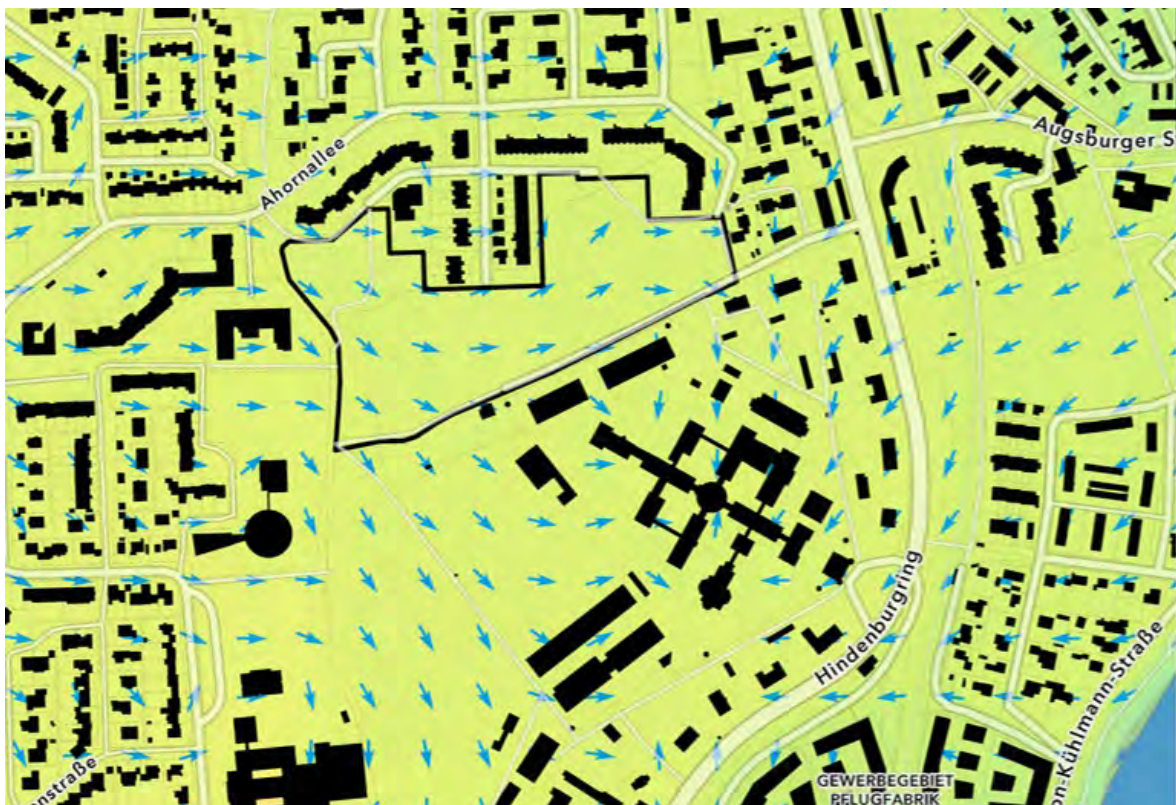


Abbildung 16: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 4Std. im Planungsraum. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden.

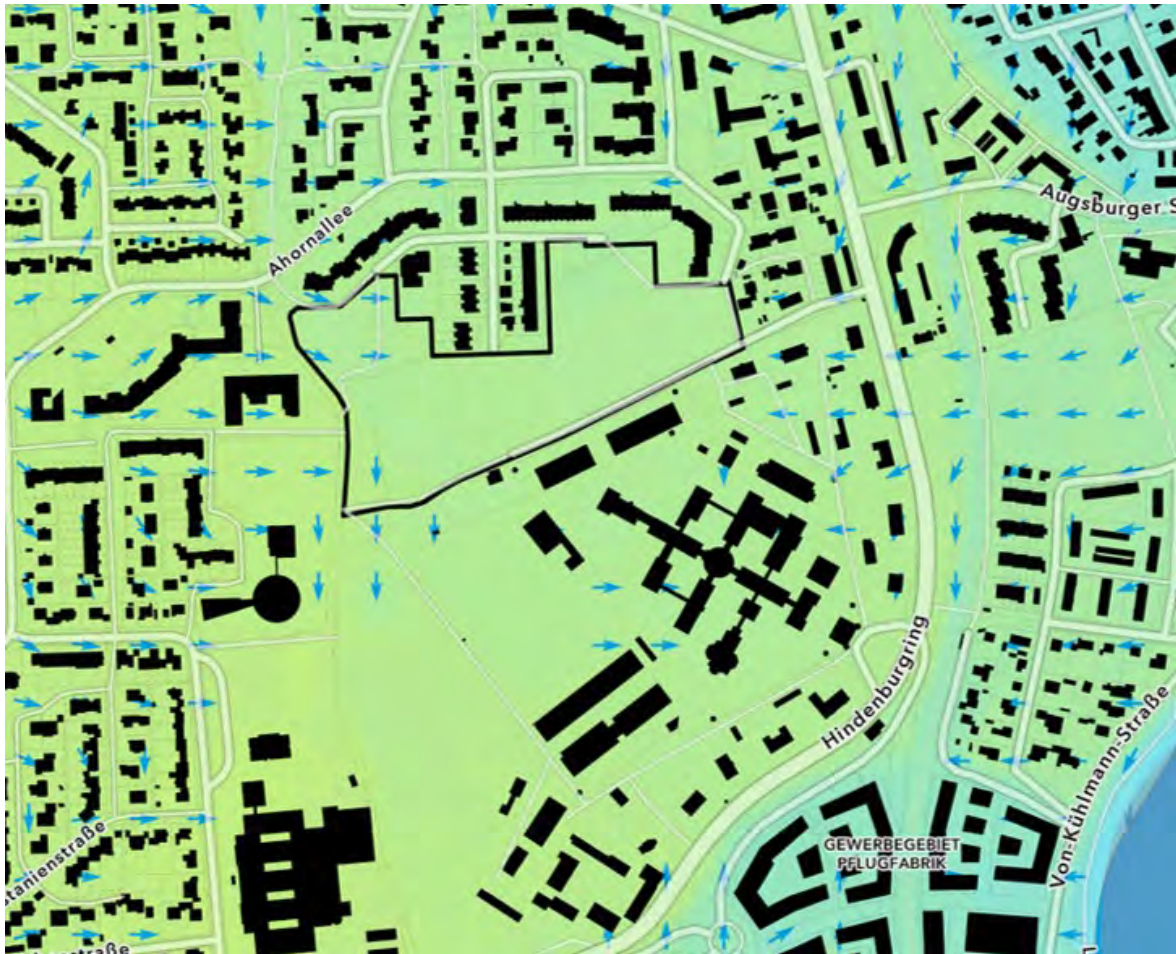


Abbildung 17: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 8Std. im Planungsraum. Das bodennahe Windfeld ist im Planungsraum kaum noch signifikant vorhanden. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden.

Zusammenfassung und Planungshinweise

In der Gesamtschau des Plangebietes während austauscharmer Nachtstunden ist das Plangebiet aber auch die südlich angrenzende Freifläche im Kontext der Kaltluftentstehung und des Kaltlufttransportes als heterogen zu charakterisieren. In den ersten Nachtstunden trägt sie im besonderen Maße dazu bei, eine Verbindung zum westlich an den Siedlungsrand angrenzenden Offenland herzustellen und damit den inneren Siedlungsraum frühzeitig mit Kaltluft zu versorgen. Im weiteren Verlauf der Nacht wird der Siedlungsraum von mehreren Seiten von Kaltluft durchdrungen, wodurch die Bedeutung der Fläche (vor dem Hintergrund der Kaltluftentstehung und der Kaltluftversorgung) ab der zweiten Hälfte der Nacht abnimmt. Im Themenfeld der nächtlichen Kaltluftsituation ist die Fläche als sensibel einzustufen. Eine städtebauliche Entwicklung ist entsprechend ebenso sensibel durchzuführen. Dabei sollte im Entwurf die Gebäudeausrichtung Berücksichtigung finden. Quer- bzw. Riegelbauungen in Nord-Süd Richtung sind zu vermeiden. Die zukünftige Siedlungsstruktur sollte die bodennahe Strömungssituation berücksichtigen und große Freiräume mit einer geringen Oberflächenrauigkeit schaffen. Ggf. ist dies auch mit Retentionspotentialen entsprechend des durchgeführten BlueSpot Mappings kombinierbar.

3.5 Beschreibung der Oberflächeneinzugsgebiete und des BlueSpot Mappings

Erläuterung

Die Analyse zur Identifikation der BlueSpots (siehe Abbildung 18) im Plangebiet ist ein topologie- und hierarchie-basierter Berechnungsalgorithmus. Dabei werden auf Grundlage eines hochaufgelösten Geländemodells die natürlichen Oberflächeneinzugsgebiete, Senken und Abflussregime identifiziert. Die Methode berücksichtigt nicht die ggf. vorhandenen Infiltrationsraten auf Vegetationsflächen oder Kanalabflüsse. Entsprechend stellt das Ergebnis eine "Worst-Case" Situation vor dem Hintergrund eines maximalen Niederschlags bis 100 mm dar. Je nach Niederschlagsmenge entstehen im Modell "Spillover Effekte" die ein "Überlaufen" des jeweiligen BlueSpots beschreiben. Geschieht dies, werden die Wassermengen des Spillover entsprechend der Abflussachsen an den nachfolgenden BlueSpot weitergegeben. Hierbei handelt es sich um einen kontinuierlichen Prozess, wodurch ein "Überlaufen" eines BlueSpots immer abhängig von seiner Aufnahmekapazität, der aktuellen Regenmenge und dem „Spillover Input“ aus anderen BlueSpots bestimmt wird.

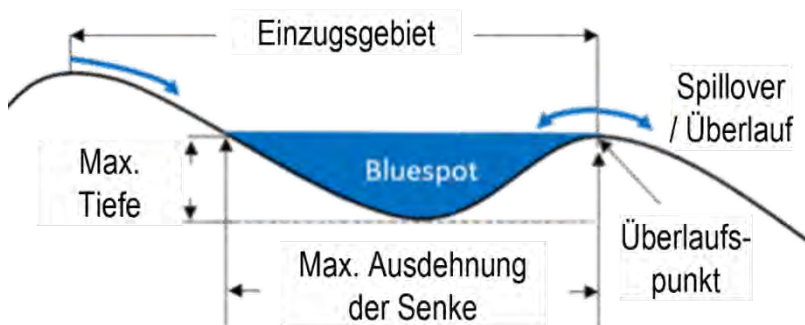


Abbildung 18: Schematische Darstellung eines BlueSpots.

BlueSpots im Plangebiet und Untersuchungsraum

Im eigentlichen Plangebiet finden sich zwei ausgedehnte BlueSpots (natürliche Senken Situationen). Diese sind auf die Unterteilung des Plangebietes in zwei Oberflächeneinzugsgebiete zurückzuführen, die das Plangebiet mittig in einen westlichen und einen östlichen Oberflächeneinzug unterteilen. Während der westliche BlueSpot nur einen potentiellen Zufluss aus dem westlich angrenzenden Siedlungsraum besitzt, kann der auf der östlichen Seite gelegene BlueSpot durch mehrere Zuflüsse mit größeren Oberflächeneinzugsbereichen beeinflusst werden. Dieser Umstand führt in Kombination mit der Größe des BlueSpots dazu, dass dieser östlich im Plangebiet liegende BlueSpot bereits nach einem Wassermengeneintrag von 30 mm überläuft, und dann zusätzliche Wassermassen in den nördlich angrenzenden Siedlungsraum entlässt. Bei dem im westlichen Bereich des Plangebietes lokalisierten BlueSpot findet das potentielle Überlaufen erst ab einem Eintrag von 100 mm statt. Damit besitzt dieser Raum ein sehr hohes Rückhaltevermögen im Kontext der betroffenen Einzugsbereiche und besitzt aktuell kein planungsrelevantes Spillover Risiko (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20).

Für das gesamte Untersuchungsgebiet zeigt sich ein heterogenes Gesamtbild in der Ausprägung und Verteilung der BlueSpots. Dabei ist jedoch anzumerken, dass es eine Vielzahl von großflächigen BlueSpots auch im bebauten Siedlungsraum gibt, die ein potentielles Überschwemmungsrisiko darstellen.



Abbildung 19: Legende zum Spillover-Effekt der Abbildung 20.



Abbildung 20: Detailausschnitt Themenkarte „Starkregen (BlueSpots) – Eintreten von Überschwemmungen in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge“. Visualisierung der notwendigen Starkregenmengen, um den Spillover-Effekt (Überlauf eines Blue-Spots) der identifizierten Blue-Spots auszulösen. Die unterschiedlichen Farbgebung geben den nötigen Eintrag an Wasser wieder, der den Effekt auslöst. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden.

Zusammenfassung und Planungshinweise

Das Plangebiet ist im Kontext des Oberflächeneinzuges nicht homogen zu betrachten. Vielmehr gibt es eine Aufteilung des Raums in zwei voneinander getrennte Oberflächeneinzugsgebiete. Dabei sollte vor dem Hintergrund der Überschwemmungsprävention dem östlichen BlueSpot eine besondere planerische Berücksichtigung zu teil werden. Der westliche BlueSpot ist planerisch unproblematisch, stellt jedoch ein größeres natürliches Retentionspotential dar, welches im Rahmen einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung im Plangebiet genutzt werden kann.

3.6 Beschreibung des städtischen Wärmeinseleffekts

Erläuterung

Die Darstellung der bodennahen nächtlichen Lufttemperatur eignet sich zur Abbildung des städtischen Wärmeinseleffektes. Im Kontext der unterschiedlich starken Abkühlung von Oberflächen, Objekten und Räumen wird eine austauscharme Nachtsituation angenommen, da hier die maximal zu erwartenden Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land auftreten. Als Ausgangssituation wird ein Temperaturmaximum am Tag von 30 °C und ein Temperaturminimum (im Außenbereich) in der Nacht von 15 °C angenommen. Die Betrachtung der Randbereiche des simulierten Untersuchungsraums kann nur unter Vorbehalt geschehen, da nicht der gesamte Siedlungsraum für die Simulation zur Verfügung stand, und somit die Simulationsgenauigkeit zu den Rändern des Untersuchungsgebietes hin abnimmt.

Temperatur und städtische Wärmeinsel

Ähnlich unterschiedlich wie die Ursachen für die Modifikation des städtischen Mesoklimas sind die Auswirkungen des Stadtklimas auf Menschen, Tiere, Pflanzen und auch die unbelebte Natur (z.B. Gebäude). Obwohl nicht alle Eigenschaften des Stadtklimas generell schädlich sind, werden viele der stadtklimatischen Wirkungskomplexe wegen ihrer Auswirkung auf die städtische Infrastruktur, das Wohlbefinden oder die Gesundheit der Stadtbewohnenden negativ konnotiert. Ein solcher Wirkungskomplex ist der städtische Wärmeinseleffekt, der aus der Wechselwirkung von verschiedenen Faktoren und Effekten im urbanen Kontext resultiert.

Städte tragen stets zur Erwärmung der Lufttemperatur bei; im Jahresmittel sind sie durchschnittlich um 1 bis 2 °C wärmer als die sie umgebende Landschaft (Matzarakis et al. 2008; Kuttler 2011). Der Mittelwert der Lufttemperatur wird langfristig durch urbane Charakteristika, wie die Bebauung und die damit einhergehende Bodenversiegelung, beeinflusst. Wird beispielsweise der Versiegelungsgrad innerhalb eines Quartiers um 10 % erhöht, steigt auch der Lufttemperaturmittelwert um ca. 0,2 °C gegenüber seiner unbebauten Umgebung an. Dieser Wert kann in Hinsicht auf einzelne Tageswerte, sprich Temperaturminima und -maxima, bei Strahlungswetterlagen noch stärker überschritten werden (Bründl et al. 1986).

Ergänzend zu der eigentlichen Bebauung spielen auch die Eigenschaften der eingesetzten Materialien (Absorptionsvermögen, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeemissionsvermögen und Verdunstungsfähigkeit) sowie die Kubaturen, die Baumassen und die Bebauungsmorphologie im Kontext des Überwärmungsrisikos städtischer Räume eine bedeutende Rolle.

Aus diesem Zusammenspiel urbaner Eigenschaften und klimatischer Effekte entsteht die ballungsraumtypische Wärmeinsel. Sie ist durch eine starke Erwärmung am Tag und eine nur eingeschränkte Abkühlung während der Nacht geprägt. Die akkumulative Intensität dieses Effekts kann durch Extremwetter, wie länger anhaltende Hitzeperioden, zusätzlich verstärkt werden. Im Zuge des Klimawandels treten diese immer häufiger auf. In dieser Form stellt der Effekt der städtischen Wärmeinsel ein gesundheitsbedingtes Risiko für eine ebenfalls zunehmende Zahl an hitzevulnerablen Menschen, Tieren, Pflanzen und Infrastruktur dar und zählt somit zu den negativen Effekten des Stadtklimas.

Bodennahe Lufttemperatur in der Nacht

In der Betrachtung des Untersuchungsraums zeigt sich, dass das Plangebiet (siehe Abbildung 22) aktuell zu den typischen unbelasteten Gebieten zählt, in dem eine starke nächtliche Abkühlung stattfinden kann. Auch wenn im Plangebiet die maximale Auskühlung auf 15 °C nicht stattfindet, bleiben die Temperaturen jedoch in einem niedrigen Bereich zwischen 17 °C und 18,5 °C. Entsprechend der natürlichen Wechselwirkungen zwischen baulichen Strukturen untereinander und der Vegetationsverteilung im Stadtgebiet entwickelt sich ein klimatischer Wirkraum der von seiner Umgebung beeinflusst wird. Entsprechend wird auch das Plangebiet durch die umliegenden Siedlungsstrukturen negativ beeinflusst, ebenso wie das Plangebiet die umgebenden Siedlungsstrukturen lokalklimatisch positiv beeinflusst. Diese lokalklimatisch positive Einflussnahme auf die umgebenden Siedlungsstrukturen geschieht nicht nur durch das Plangebiet, sondern im Verbund mit der südlich an das Plangebiet angrenzende Freifläche. Eine dezidierte Aussage, welchen Anteil des lokalklimatischen Ausgleichspotentials allein auf das Plangebiet zurückzuführen ist, lässt sich pauschal nicht beantworten.

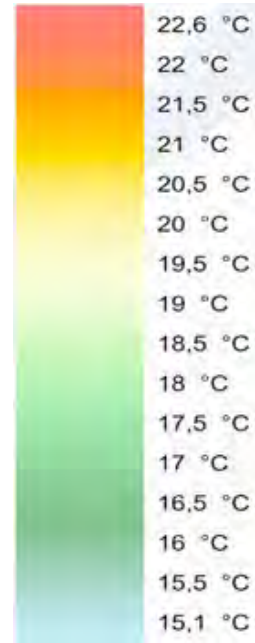


Abbildung 21: Legende zur bodennahe nächtlichen Lufttemperatur

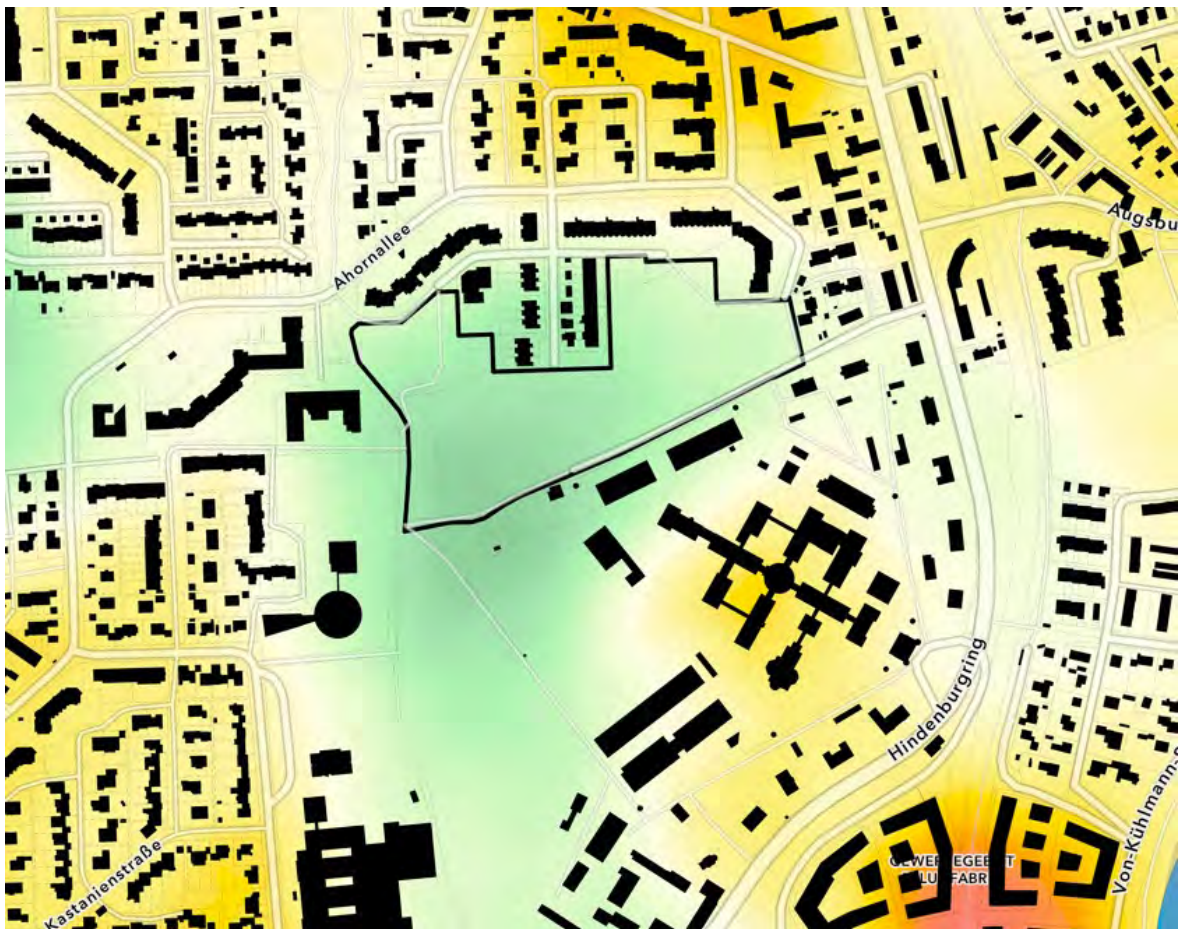


Abbildung 22: Detailausschnitt Themenkarte „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden.

Zusammenfassung und Planungshinweise

Das Plangebiet entfaltet seine lokalklimatische Ausgleichswirkung im Verbund mit den angrenzenden Grün- und Freiflächen. Der hohe Vegetationsanteil der Fläche fördert die nächtliche Abkühlung und der Raum stellt ein klimatisches Verbindungselement zwischen dem unbelasteten Außenraum und dem belasteten Siedlungsraum dar. Planerisch sollte sich der hohe Vegetationsanteil im zukünftigen Entwurf wiederfinden. Dabei muss sichergestellt werden, dass Vegetationsflächen ohne direkten Zugang zu Bodenwasser, auch während länger anhaltenden Wärmeperioden im Sommer ausreichend mit Wasser (kein Trinkwasser) versorgt werden (vgl. BlueSpot Analyse). Dies gilt insbesondere auch für Dachbegrünungssysteme, die eine Mindestsubstratdicke von 25 cm und eine hohe Eigenverschattung aufweisen sollten, bspw. mit hochwachsenden Gräsern. Größere versiegelte Flächen sollten im Plangebiet vermieden werden. Verwendete Materialien und Farben sollten so gewählt werden, dass sie zum einen nur eine geringe Wärmespeicherkapazität aufweisen, gleichzeitig muss der Funktionserhalt der Flächen sichergestellt werden (z.B. Aufenthaltsqualität von Aufenthaltsflächen).

4 Zusammenfassung und Empfehlungen

Das vorliegende Gutachten beschreibt die klimatische Situation des Plangebietes „Pfettenstraße“ in Landsberg am Lech. Es wurden die Aspekte nächtliche Kaltluftversorgung (Entstehung und Transport), BlueSpot Mapping (potentielle Überschwemmungsbereiche / Oberflächeneinzugsgebiete) sowie der städtische Wärmeinseleffekt untersucht. Dabei wurde der eigentliche Planungsraum der „Pfettenstraße“ in den regionaltypischen klimatischen Kontext gesetzt. Dieser klimatische Kontext umfasst die Temperatur und Niederschlagsverhältnisse, die regionaltypische Wind Anströmung sowie die naturräumliche und topographische Einordnung der Stadt Landsberg am Lech. Die Ergebnisse der Analysen und Berechnungen lassen sich wie folgt beschreiben und als Planungshinweise formulieren.

In der Gesamtschau des Plangebietes während einer austauscharmen Nachtsituation ist das Plangebiet aber auch die südlich angrenzende Freifläche im Kontext der Kaltluftentstehung und des Kaltlufttransportes als heterogen zu charakterisieren. In den ersten Nachstunden trägt sie im besonderen Maße dazu bei, eine Verbindung zum westlich an den Siedlungsrand angrenzenden Offenland herzustellen und damit den inneren Siedlungsraum frühzeitig mit Kaltluft zu versorgen. Im weiteren Verlauf der Nacht wird der Siedlungsraum von mehreren Seiten von Kaltluft durchdrungen, wodurch die Bedeutung der Fläche (vor dem Hintergrund der Kaltluftentstehung und der Kaltluftversorgung) ab der zweiten Hälfte der Nacht abnimmt. Im Themenfeld der nächtlichen Kaltluftsituation ist die Fläche als sensibel einzustufen. Eine städtebauliche Entwicklung ist entsprechend ebenso sensibel durchzuführen. Dabei sollte im Entwurf die Gebäudeausrichtung Berücksichtigung finden. Quer- bzw. Riegelbebauungen in Nord-Süd Richtung sind zu vermeiden. Die zukünftige Siedlungsstruktur sollte die bodennahe Strömungssituation berücksichtigen große Freiräume mit einer geringen Oberflächenrauigkeit schaffen. Ggf. ist dies auch mit Retentionspotentialen entsprechend des durchgeführten BlueSpot Mappings kombinierbar.

Im Kontext des Oberflächeneinzuges ist das Plangebiet nicht homogen zu betrachten. Vielmehr gibt es eine Aufteilung des Raums in zwei voneinander getrennte Oberflächeneinzugsgebiete. Dabei sollte vor dem Hintergrund der Überschwemmungsprävention dem östlichen BlueSpot eine besondere planerische Berücksichtigung zu teil werden. Der westliche BlueSpot ist planerisch unproblematisch, stellt jedoch ein größeres natürliches Retentionspotential dar, welches im Rahmen einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung im Plangebiet genutzt werden kann.

Das Plangebiet entfaltet seine lokalklimatische Ausgleichswirkung im Verbund mit den angrenzenden Grün- und Freiflächen. Der hohe Vegetationsanteil der Fläche fördert die nächtliche Abkühlung und der Raum stellt ein klimatisches Verbindungselement zwischen dem unbelasteten Außenraum und dem belasteten Siedlungsraum dar. Planerisch sollte sich der hohe Vegetationsanteil im zukünftigen Entwurf wiederfinden. Dabei muss sichergestellt werden, dass Vegetationsflächen ohne direkten Zugang zu Bodenwasser, auch während länger anhaltenden Wärmeperioden im Sommer ausreichend mit Wasser (kein Trinkwasser) versorgt werden (vgl. BlueSpot Analyse). Dies gilt insbesondere auch für Dachbegrünungssysteme, die eine Mindestsubstratdicke von 25 cm und eine hohe Eigenverschattung aufweisen sollten, bspw. mit hochwachsenden Gräsern. Größere versiegelte Flächen sollten im Plangebiet vermieden werden. Verwendete Materialien und Farben sollten so gewählt werden, dass sie zum einen nur eine geringe Wärmespeicherkapazität aufweisen, gleichzeitig muss der Funktionserhalt der Flächen sichergestellt werden (z.B. Aufenthaltsqualität von Aufenthaltsflächen).

5 Anhang

Literaturverzeichnis

- ARD 2022: <https://ard-klimakarte.de/#p=11.245265:50.604233:6.65&o=temperature:2035:rcp8&d=0> (Abruf:11/2022)
- BfN 2022: Landschaften in Deutschland. <https://geodienste.bfn.de/landschaften?lang=de> (Abruf:11/2022)
- BfN 2022b: Schutzgebiete in Deutschland. <https://geodienste.bfn.de/schutzgebiete?lang=de> (Abruf:11/2022)
- BLU 2022: https://www.gkd.bayern.de/de/meteo/niederschlag/iller_lech/landsberg-200061/jahreswerte?beginn=01.01.2021&ende=31.12.2021 (Abruf:11/2022)
- Bründl W., Mayer H., Baumgartner A. (1986): Untersuchung des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayerischen Großstädten, Abschlussbericht zum Teilprogramm „Klimamessungen München“
- DWD 2022: <https://gcos.dwd.de/DE/leistungen/bioklimakarte/bioklimakarte.html> (Abruf:11/2022)
- DWD 2022b: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101334&lv3=101486> (Abruf:11/2022)
- DWD 2022c: DWD Climate Data Center (CDC) <https://cdc.dwd.de/portal/202204011005/mapview> (Abruf:11/2022)
- DWD 2022d: Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2021. DWD, Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach
- Global Wind Atlas 2022: [Data/information/map obtained from the] “Global Wind Atlas 3.0, a free, web-based application developed, owned and operated by the Technical University of Denmark (DTU). The Global Wind Atlas 3.0 is released in partnership with the World Bank Group, utilizing data provided by Vortex, using funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://global-windatlas.info>” (Abruf:11/2022)
- Hendl und Endlicher 2003: Übersichtskarte zur klimatischen Gliederung Deutschlands
- Landsberg 2022: <https://www.landsberg.de/rathaus/wirtschaft-finanzen/standortshyinformation/> (Abruf:11/2022)
- Landsberg 2022b: Angebotsaufforderung „Ökologische und klimatische Untersuchung zum Plangebiet „Pfettenstraße“ (Abruf:11/2022)
- Kuttler W. (2011): Climate change in urban areas – part 1, Effects Environmental Sciences Europe 23
- Matzarakis A., Röckel R., Richter C.-J., Höfl. H.-C., Steinicke W., Streifeneder M., Mayer H. (2008): Planungsrelevante Bewertung des Stadtklimas am Beispiel von Freiburg im Breisgau, Gefahrenstoffe – Reinhaltung der Luft 68, 334-340
- Statistisches Bundesamt 2022: Regionalatlas Deutschland. <https://regionalatlas.statistikportal.de/> (Abruf:11/2022)
- Topographic Map 2022: <https://de-de.topographic-map.com/maps/6jam/> (Abruf:11/2022)

Datenverzeichnis

| DATENBEZEICHNUNG | QUELLE |
|--|--|
| 3D-Gebäudedaten Stadt Landsberg am Lech (2022) | Stadt Landsberg am Lech Bayerische Vermessungsverwaltung |
| Digitales Geländemodell (DGM) 1 Meter (2021) | Stadt Landsberg am Lech Bayerische Vermessungsverwaltung |
| Digitale Orthofotos (RGBI) (2021) | Stadt Landsberg am Lech Bayerische Vermessungsverwaltung |
| ATKIS-Landnutzungsdaten (2022) | Stadt Landsberg am Lech Bayerische Vermessungsverwaltung |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Ansicht des Planungsraums „Pfettenstrasse“ aus nordwestlicher Richtung | 2 |
| Abbildung 2: Luftbild des Planungsraums (gelb gestrichelt) mit Gehölzinsel im Südwesten. | 2 |
| Abbildung 3: Topographische Übersicht zum Stadtgebiet von Landsberg am Lech (Topographic Map 2022). Die Stadt Landsberg am Lech liegt im Bereich 580 m ü. NN, mit einem Minimum in den Lechauen mit 569 m ü. NN. | 3 |
| Abbildung 4: Die unterschiedlichen Landschaftstypen im Einzugsbereich der Stadt Landsberg am Lech. | 4 |
| Abbildung 5: Übersichtskarte zur klimatischen Gliederung Deutschland (Hendl und Endlicher 2003). Die Stadt Landsberg am Lech liegt in einer Zone des subkontinentalen Klimas und einer niederschlagsbegünstigten Region (blaue Schraffur). | 5 |
| Abbildung 6: Detailansicht zur Abbildung 5. Die blaue Schraffur indiziert niederschlagsbegünstigte Regionen. | 6 |
| Abbildung 7: Monatsmittel der bodennahen Lufttemperatur für die 30-jährigen Mittel „1951-1980“ (blau), 1971-2000“ (orange) und „1991-2020“ (grün). | 7 |
| Abbildung 8: Monatsmittel der monatlichen Niederschläge für die 30-jährigen Mittel „1951-1980“ (blau), 1971-2000“ (orange) und „1991-2020“ (grün). | 7 |
| Abbildung 9: Abweichung der Jahresmitteltemperatur sowie der Niederschlagssumme für die Region Landsberg am Lech bis 2050 (unter Berücksichtigung des RCP 8.5 Szenario – „weiter wie bisher“) vom ortsspezifischen Durchschnitt der Jahre 1971 bis 2000 (ARD 2022). | 8 |
| Abbildung 10: Die Hauptanströmung für Landsberg am Lech ist West bzw. Süd-West (Global Wind Atlas 2022). | 9 |
| Abbildung 11: Übersicht zur ganzjährigen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in der Region Landsberg am Lech (3km x 3km) auf einer Höhe von 50m mit 4,56 m/s (Global Wind Atlas 2022). | 9 |
| Abbildung 12: Übersicht zur ganzjährigen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in der Region Landsberg am Lech (3km x 3km) auf einer Höhe von 10m mit 2,67 m/s (Global Wind Atlas 2022). | 10 |
| Abbildung 13: Legende zu den Analysekarte "Kaltluftproduktion und -transport" | 13 |
| Abbildung 14: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 15min. im Planungsraum. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden. | 13 |
| Abbildung 15: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 60min. im Planungsraum. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden. | 14 |
| Abbildung 16: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 4Std. im Planungsraum. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden. | 14 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 17: Detailansicht zur Simulation der sich aufbauenden Kaltluftschichtdicke sowie des bodennahen Windfelds nach 8Std. im Planungsraum. Das bodennahe Windfeld ist im Planungsraum kaum noch signifikant vorhanden. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden. | 15 |
| Abbildung 18: Schematische Darstellung eines BlueSpots. | 16 |
| Abbildung 19: Legende zum Spillover-Effekt der Abbildung 20. | 16 |
| Abbildung 20: Detailausschnitt Themenkarte „Starkregen (BlueSpots) – Eintreten von Überschwemmungen in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge“. Visualisierung der notwendigen Starkregensmengen, um den Spillover-Effekt (Überlauf eines Blue-Spots) der identifizierten Blue-Spots auszulösen. Die unterschiedlichen Farbgebung geben den nötigen Eintrag an Wasser wieder, der den Effekt auslöst. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden. | 17 |
| Abbildung 21: Legende zur bodennahen nächtlichen Lufttemperatur der Abbildung 22 | 19 |
| Abbildung 22: Detailausschnitt Themenkarte „bodennahe nächtliche Lufttemperatur“. Die Gesamtkarte (A3) mit zusätzlichen Erklärungen ist im Anhang zu finden. | 19 |

Eingesetzte Software

Kaltluftabflussmodell KLAM_21

KLAM_21 ist ein vom Deutschen Wetterdienst (DWD) entwickeltes zweidimensionales, mathematischphysikalisches Simulationsmodell zur Berechnung von Kaltluftflüssen in orographisch gegliedertem Gelände für Fragen der Standort-, Stadt- und Regionalplanung. KLAM_21 läuft unter Windows Betriebssystemen und unterstützt den Anwender bei der grafischen Kontrolle der Modellkonfiguration und der Darstellung der Ergebnisse. Das Modell simuliert die Entwicklung von Kaltluftflüssen und die Ansammlung von Kaltluft in einem beliebig auswählbaren, rechteckig begrenzten Untersuchungsgebiet. Über diese Fläche wird ein numerisches Gitter gelegt, typische Gitterpunktabstände sind dabei 20 bis 50 m. Die Modellgebietsgröße wird in der Regel so gewählt, dass alle relevanten Kaltlufteinzugsgebiete erfasst sind. Bei 50 m Gitterabstand beträgt z. B. die maximale Größe 22.500 km². Jedem Gitterpunkt werden eine Flächennutzung (schematisiert in 9 Nutzungsklassen, Sondernutzungen können bei Bedarf ergänzt werden) sowie eine Geländehöhe zugeordnet. Jeder Landnutzungsklasse wiederum entspricht eine fest vorgegebene Kälteproduktionsrate und eine "Rauigkeit" als Maß für den aerodynamischen Widerstand sowie gegebenenfalls eine "Porosität" als Maß für die Durchlässigkeit von bebauten Flächen. Außerdem können aus dem Gelände herausragende Hindernisse (z. B. Einzelgebäude, Dämme, Schallschutzwände) modelliert werden, die von der Kaltluft erst dann überwunden werden, wenn sie eine entsprechende Höhe erreicht hat. Das Zusammenspiel dieser Einflussgrößen bestimmt das Entstehen, Fließen und die Ansammlung der Kaltluft. Der Start der Simulation liegt kurz vor Sonnenuntergang. Zu diesem Zeitpunkt wird eine annähernd adiabatisch geschichtete Atmosphäre vorausgesetzt, in der keine horizontalen Gradienten der Lufttemperatur und der Luftdichte vorhanden sind. Es werden während der gesamten Nacht gleichbleibend gute Ausstrahlungsbedingungen, das heißt eine geringe Bewölkung, angenommen. Möglich ist die Vorgabe einer schwachen, durch regionale Luftdruckunterschiede hervorgerufenen Grundströmung des Windes. Der Simulationszeitraum von 8 Stunden entspricht der mittleren Andauer einer Sommernacht. Im Gegensatz zu stark vereinfachenden Modellen, die auf einer „statischen“ Analyse des Reliefs und der Landnutzung beruhen, können mit KLAM_21 Kaltluftbewegungen in ihrer Dynamik und zeitlichen Entwicklung flächendeckend wiedergegeben werden. Die physikalische Basis des Modells bilden eine vereinfachte Bewegungsgleichung und eine Energiebilanzgleichung, mit der der Energieverlust und damit der „Kälteinhalt“ der Kaltluftschicht bestimmt wird. Aus dem Kälteinhalt einer jeden Säule wird dann (unter der Annahme einer bestimmten Höhenabhängigkeit der Abkühlung) die Kaltluflhöhe errechnet. Als Ergebnis erhält man die flächenhafte Verteilung der Kaltluflhöhe und ihrer mittleren Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme zu beliebig abgreifbaren Simulationszeitpunkten. Der Vergleich von Ist- und Planungszuständen wird mit Differenzkarten oder zeitlichen Animationen der Kaltluflhöhe, der Fließgeschwindigkeit oder der Volumenströme visualisiert.

(Technisches Datenblatt des DWD 2020)

Weiterführender Literaturhinweis:

SIEVERS, U., 2005: Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells.

Geoinformationssystem (GIS) ArcGIS Pro der Firma Esri

Geoinformationssysteme (GIS) stellen eine Schnittstellentechnologie zwischen räumlichen und technischen Sachdaten dar. Einzig über GIS ist es möglich, Daten im Raum zu verorten und gleichzeitig räumlich und zeitlich zu analysieren. Unter der Berücksichtigung bzw. der Erfassung räumlicher sowie zeitlicher Korrelationen, können analytische, planerische und entwerferische Mehrwerte generiert werden. Gleichzeitig organisieren Geoinformationssysteme Geodatenbestände und ermöglichen so die Verwaltung von räumlichen, zeitlichen und technischen Daten auf Datenbankebene.

ArcGIS Pro ist eine professionelle Desktop-GIS-Anwendung von Esri mit vollem Funktionsumfang. Mit ArcGIS Pro können Daten erkunden, visualisieren und analysieren werden.

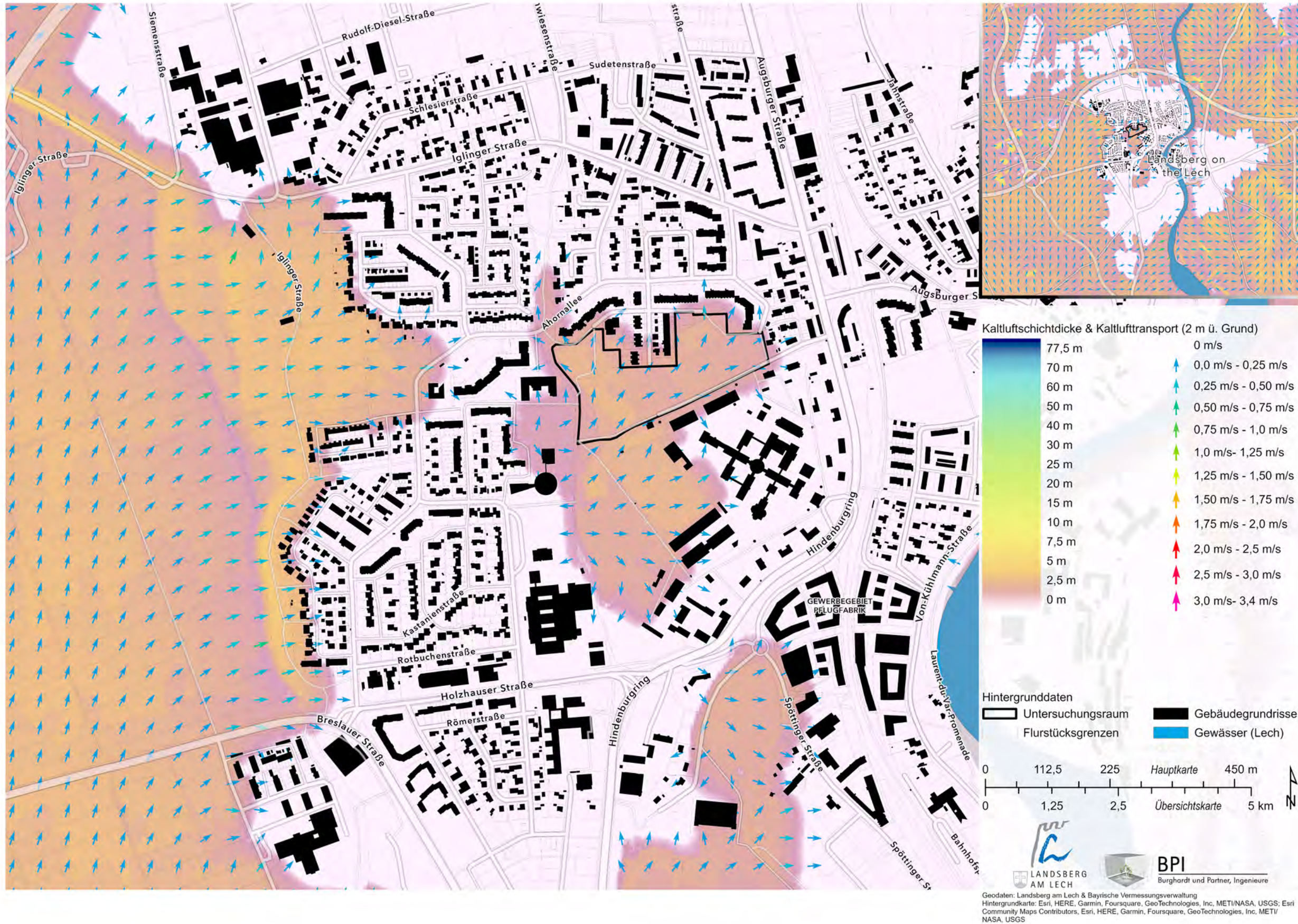
Die Berechnung des Städtischen Wärmeinsel-Effekts erfolgt durch die gis-gestützte Umsetzung der von Koopmans et al. (2020) entwickelten und validierten Methode.

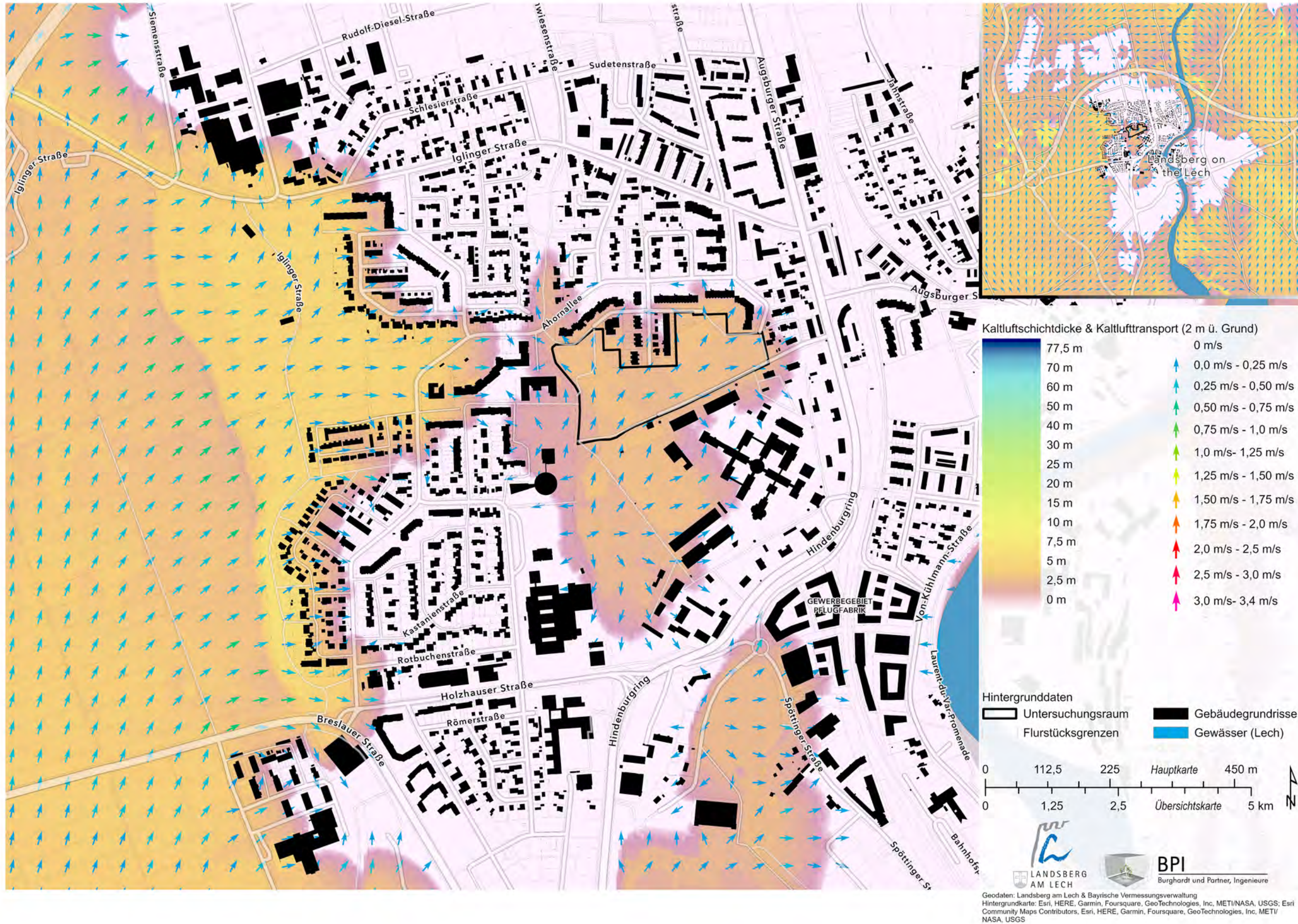
Weiterführender Literaturhinweis:

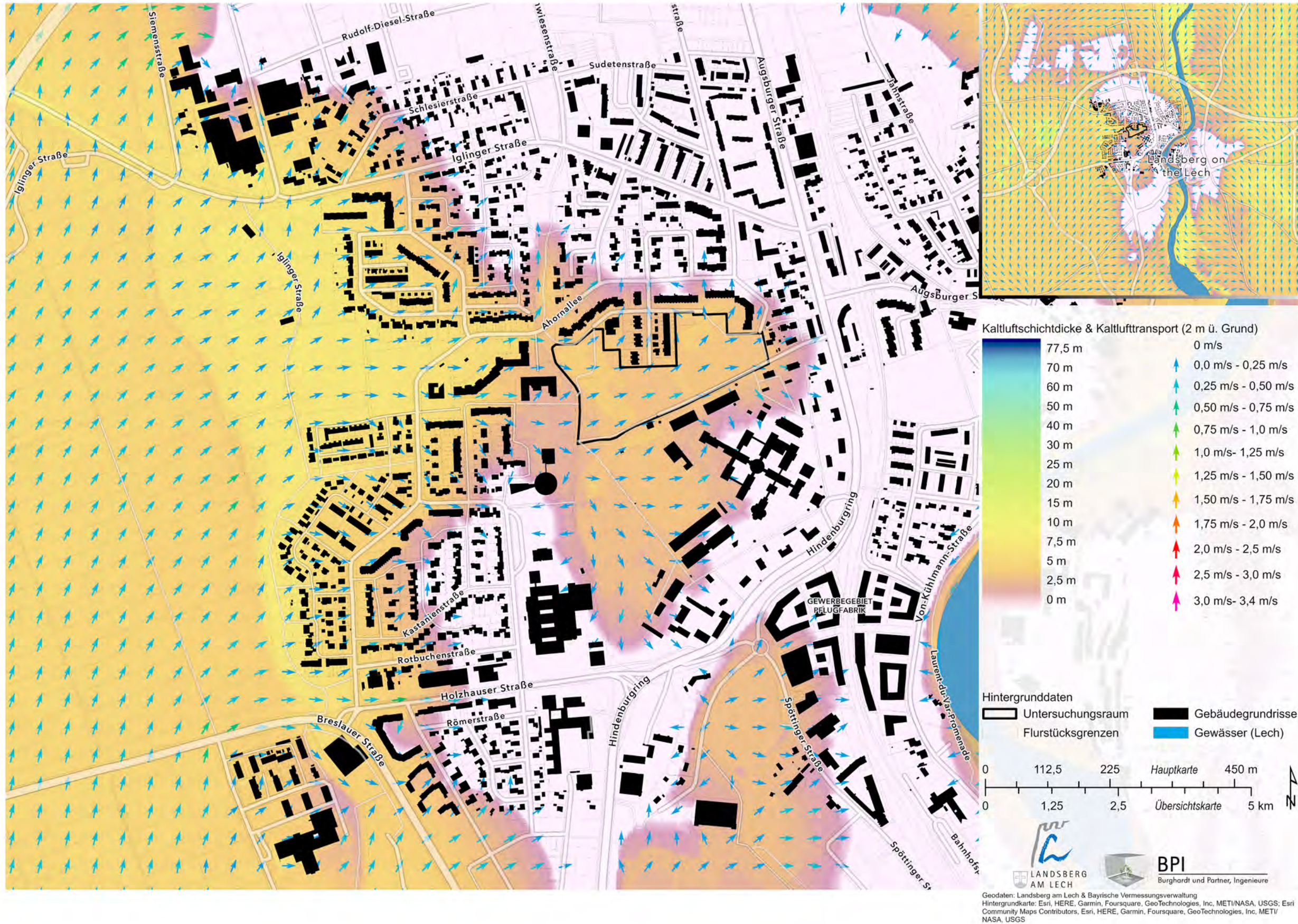
KOOPMANS, S., HEUSINKVELD B.G., STEENEVELD G.J. 2020: A standardized Physical Equivalent Temperature urban heat map at 1-m spatial resolution to facilitate climate stress tests in the Netherland, Building and Environment 181 (2020) 106984

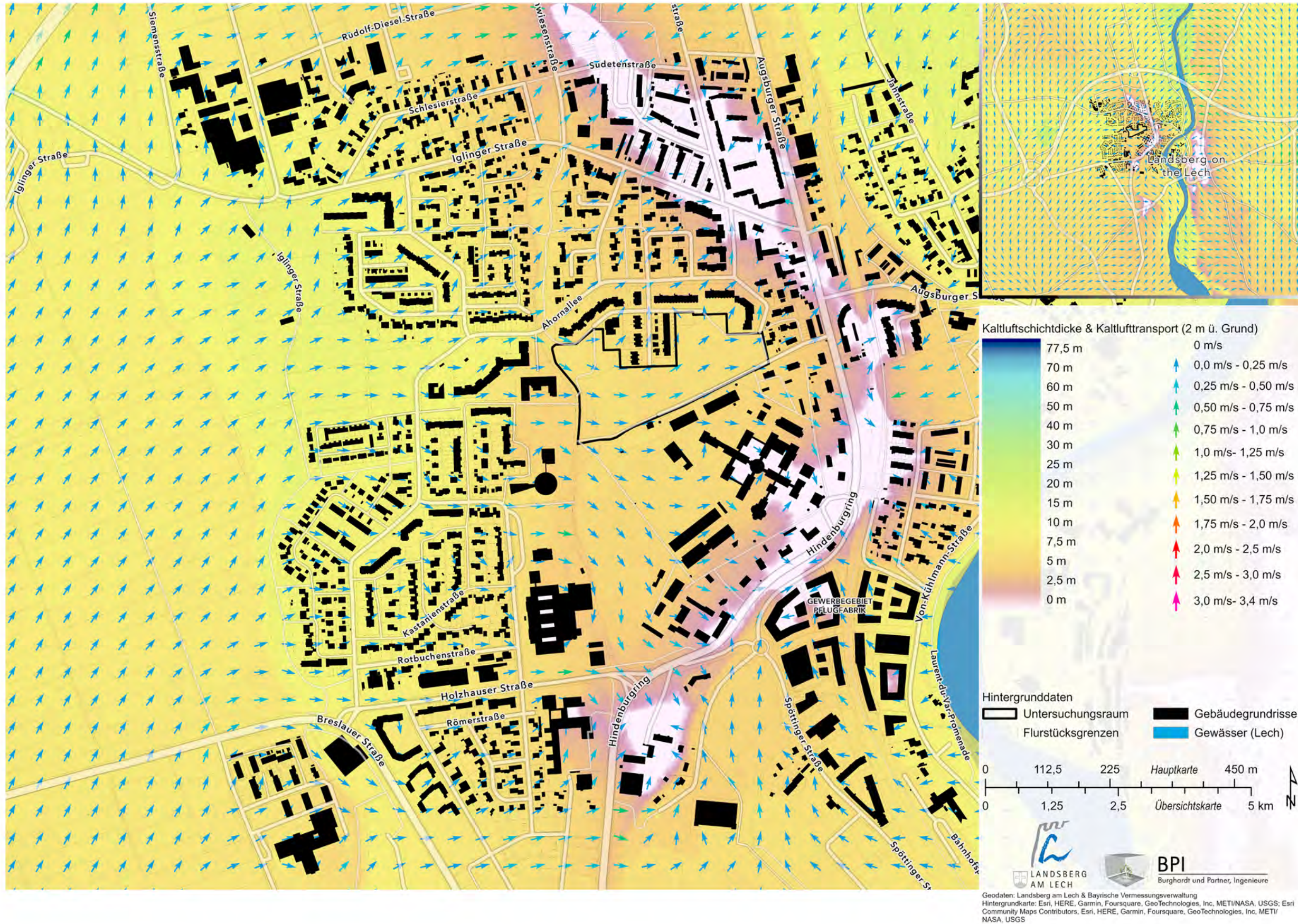
Übersicht Kartenwerke (A3)

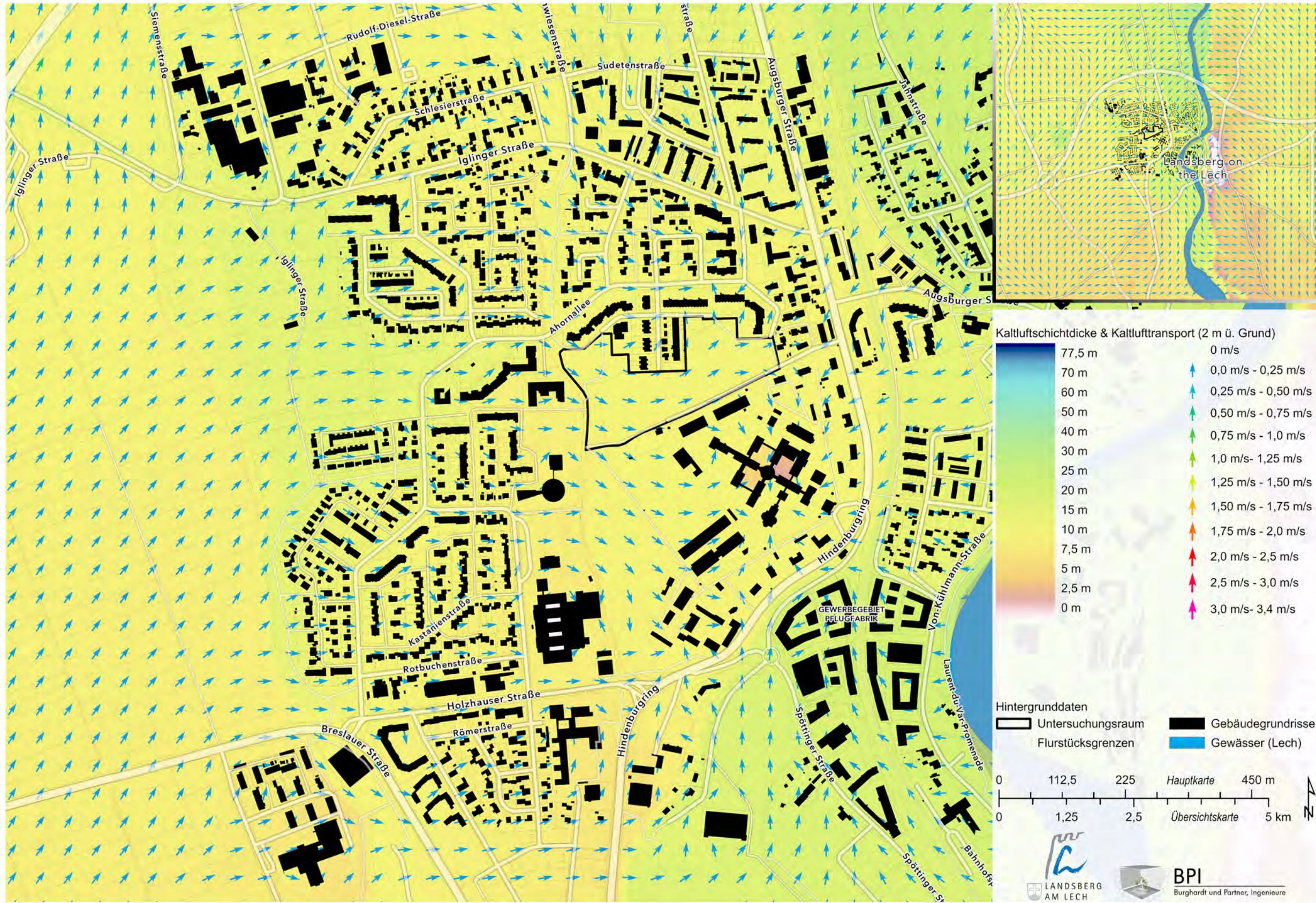
| Nr. | Kartenwerk | Bezugsseite |
|-----|--|-------------|
| 1 | Kaltluftproduktion und -transport (15 min) | 11ff |
| 2 | Kaltluftproduktion und -transport (30 min) | 11ff |
| 3 | Kaltluftproduktion und -transport (1 Std.) | 11ff |
| 4 | Kaltluftproduktion und -transport (2 Std.) | 11ff |
| 5 | Kaltluftproduktion und -transport (3 Std.) | 11ff |
| 6 | Kaltluftproduktion und -transport (4 Std.) | 11ff |
| 7 | Kaltluftproduktion und -transport (5 Std.) | 11ff |
| 8 | Kaltluftproduktion und -transport (6 Std.) | 11ff |
| 9 | Kaltluftproduktion und -transport (7 Std.) | 11ff |
| 10 | Kaltluftproduktion und -transport (8 Std.) | 11ff |
| 11 | Oberflächeneinzugsgebiete, BlueSpots & Spillover Effekte | 16ff |
| 12 | Nächtliche bodennahe Lufttemperatur (Städtischer Wärmeinseleffekt) | 18ff |

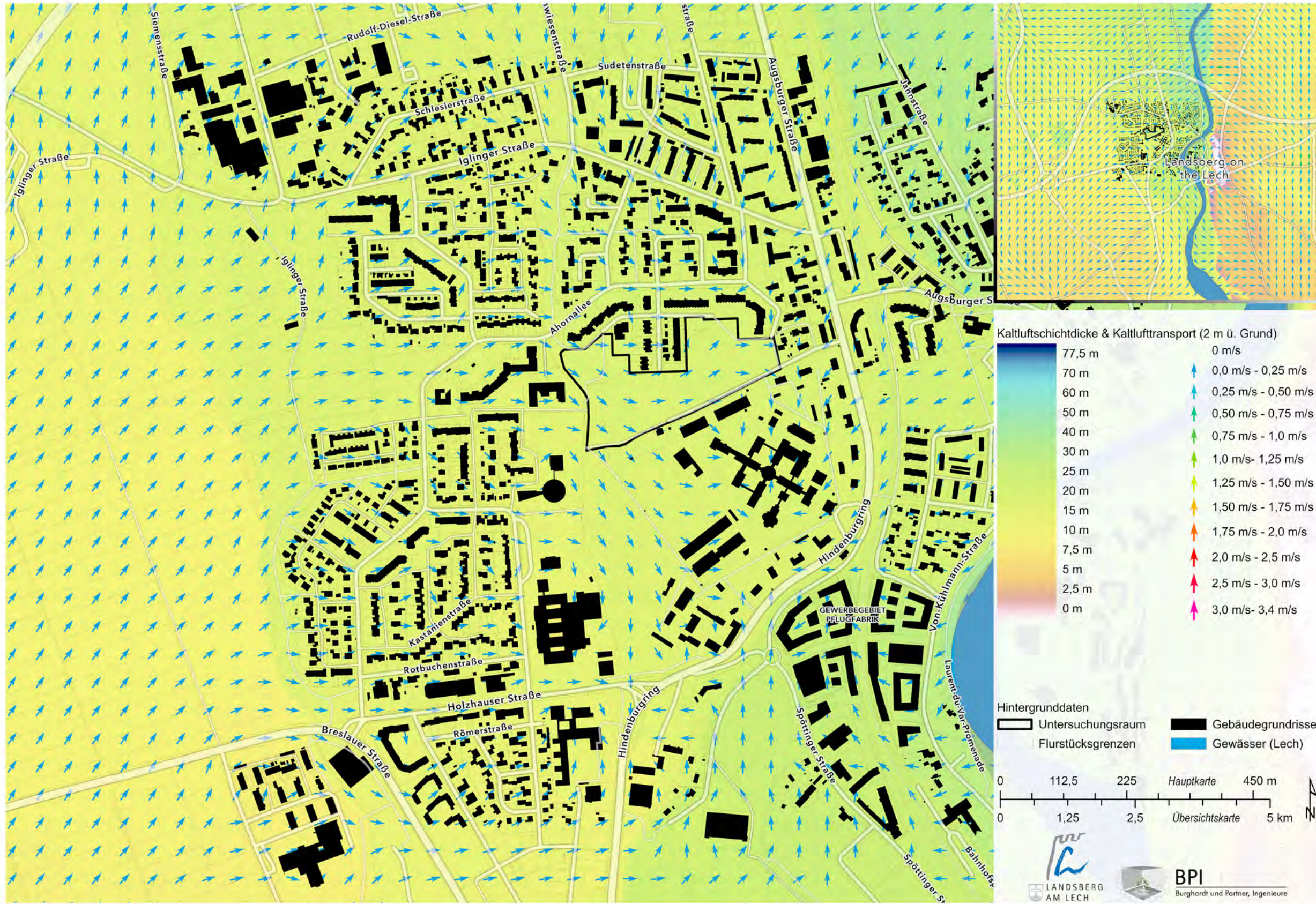


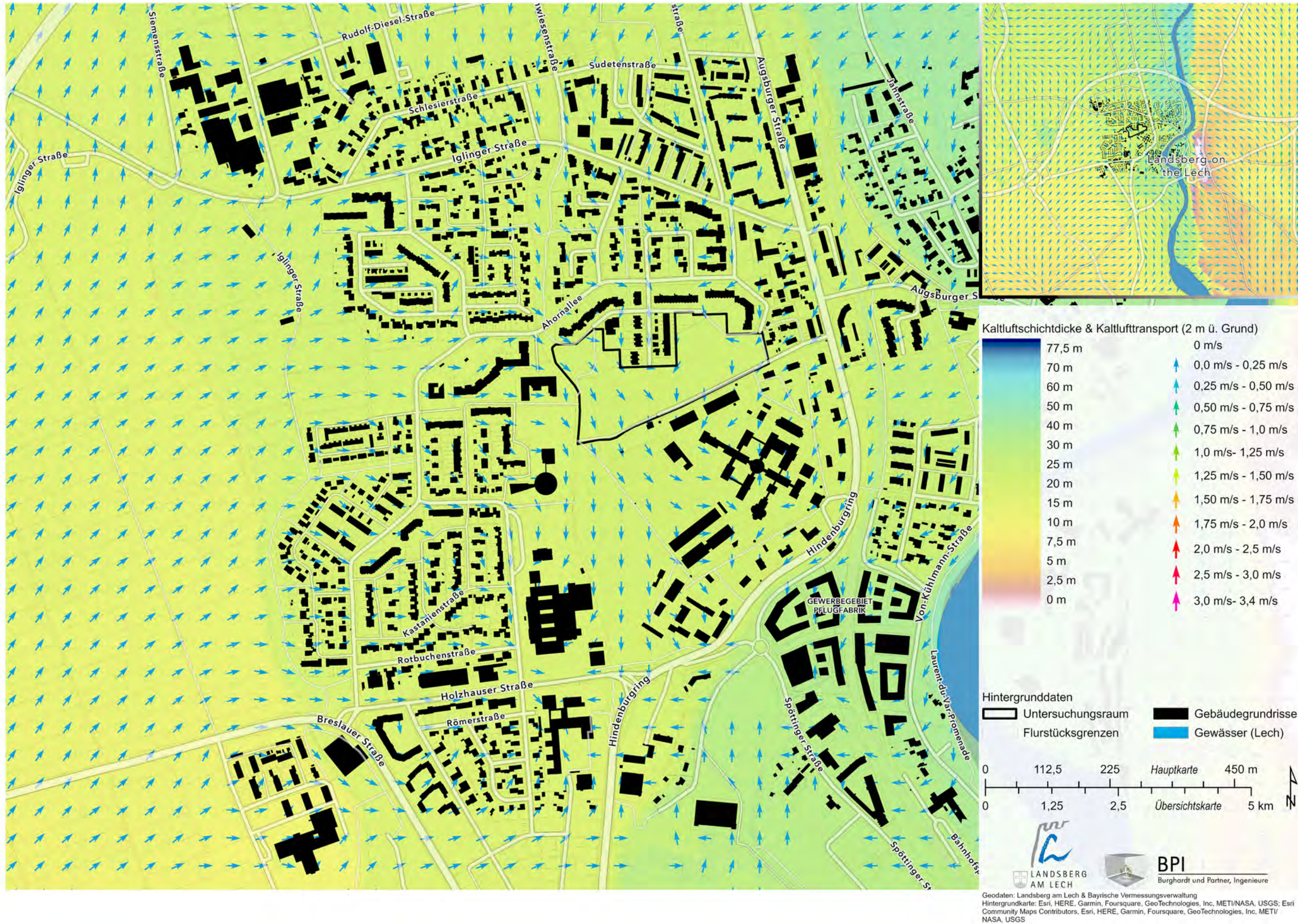


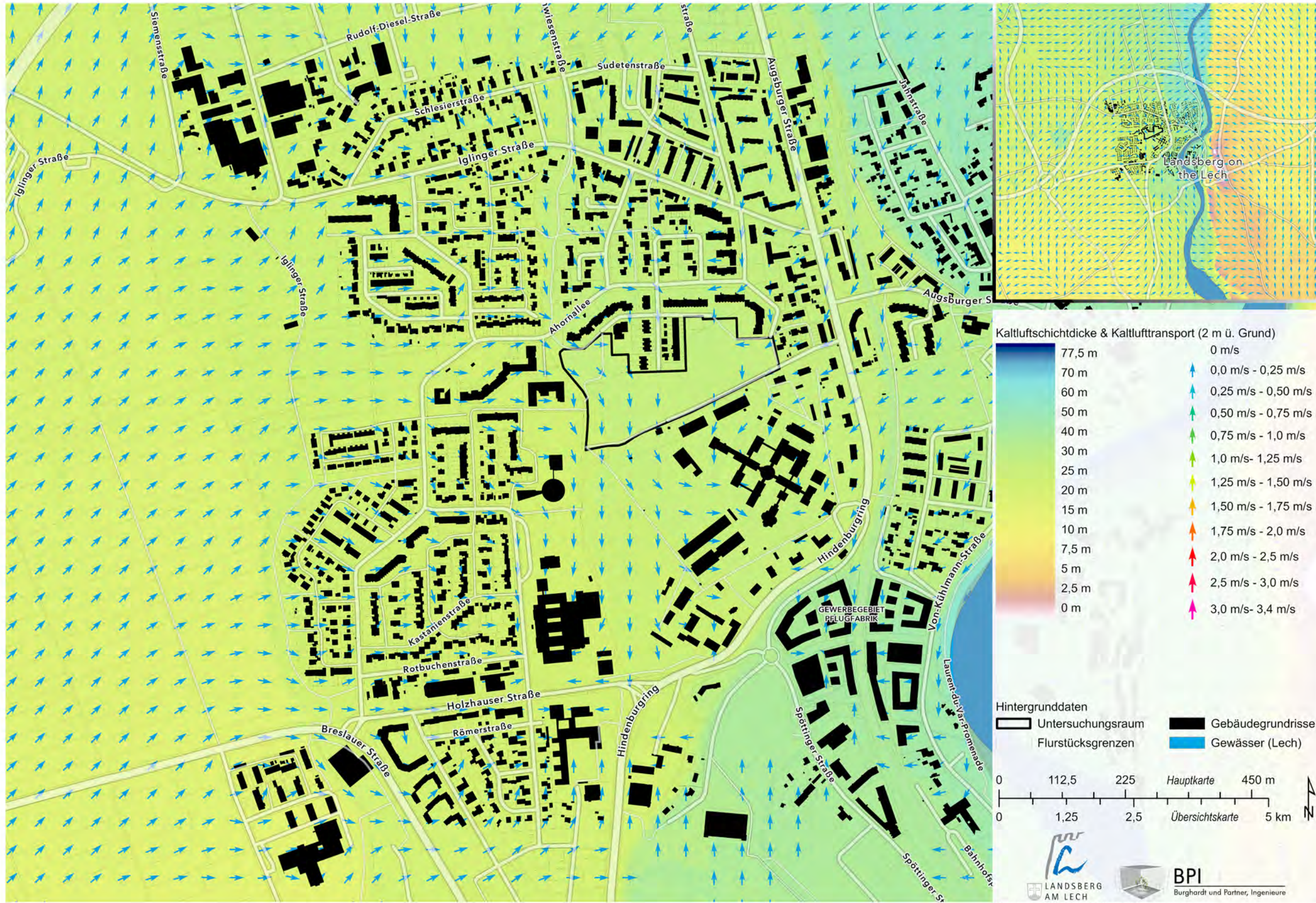


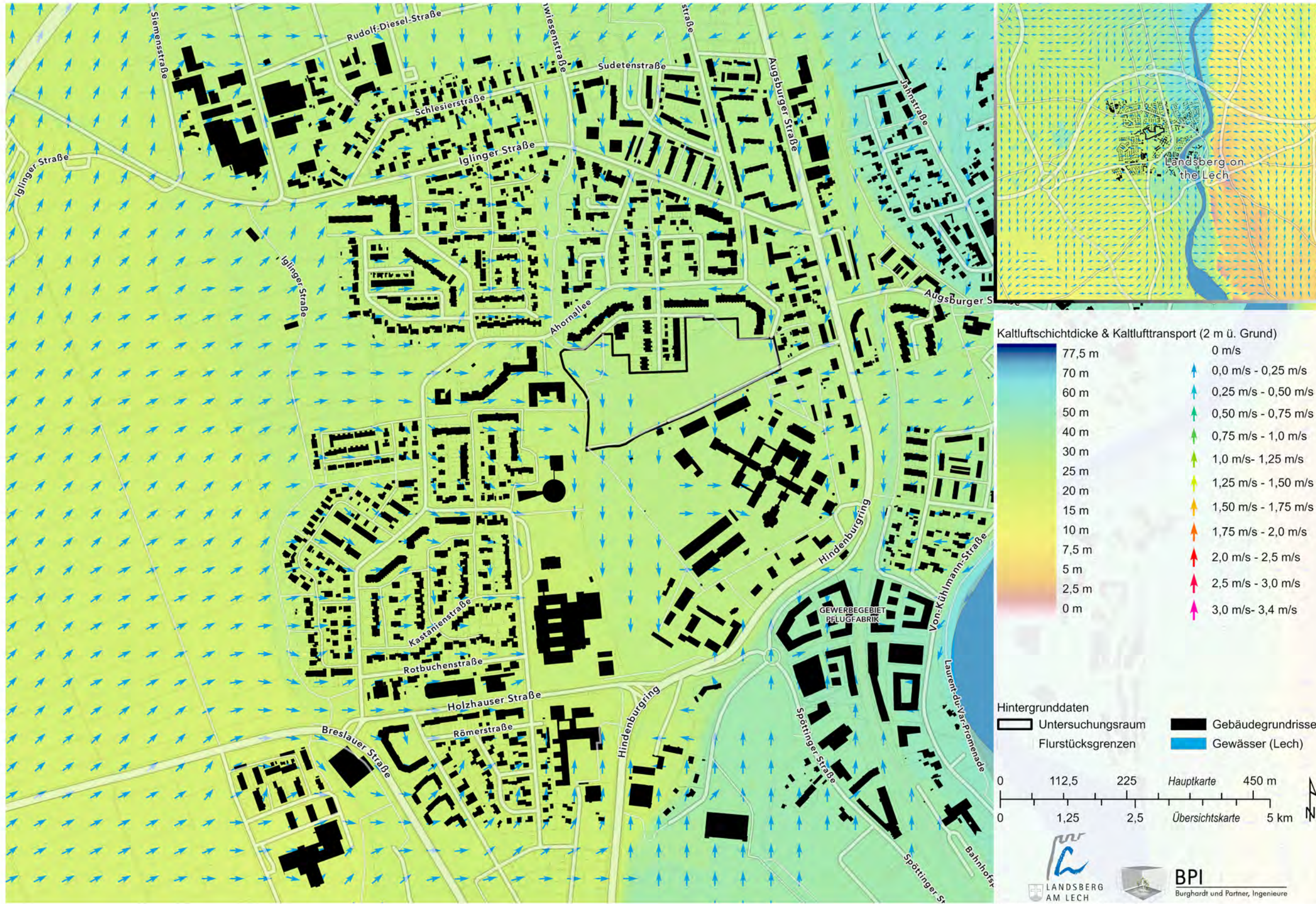


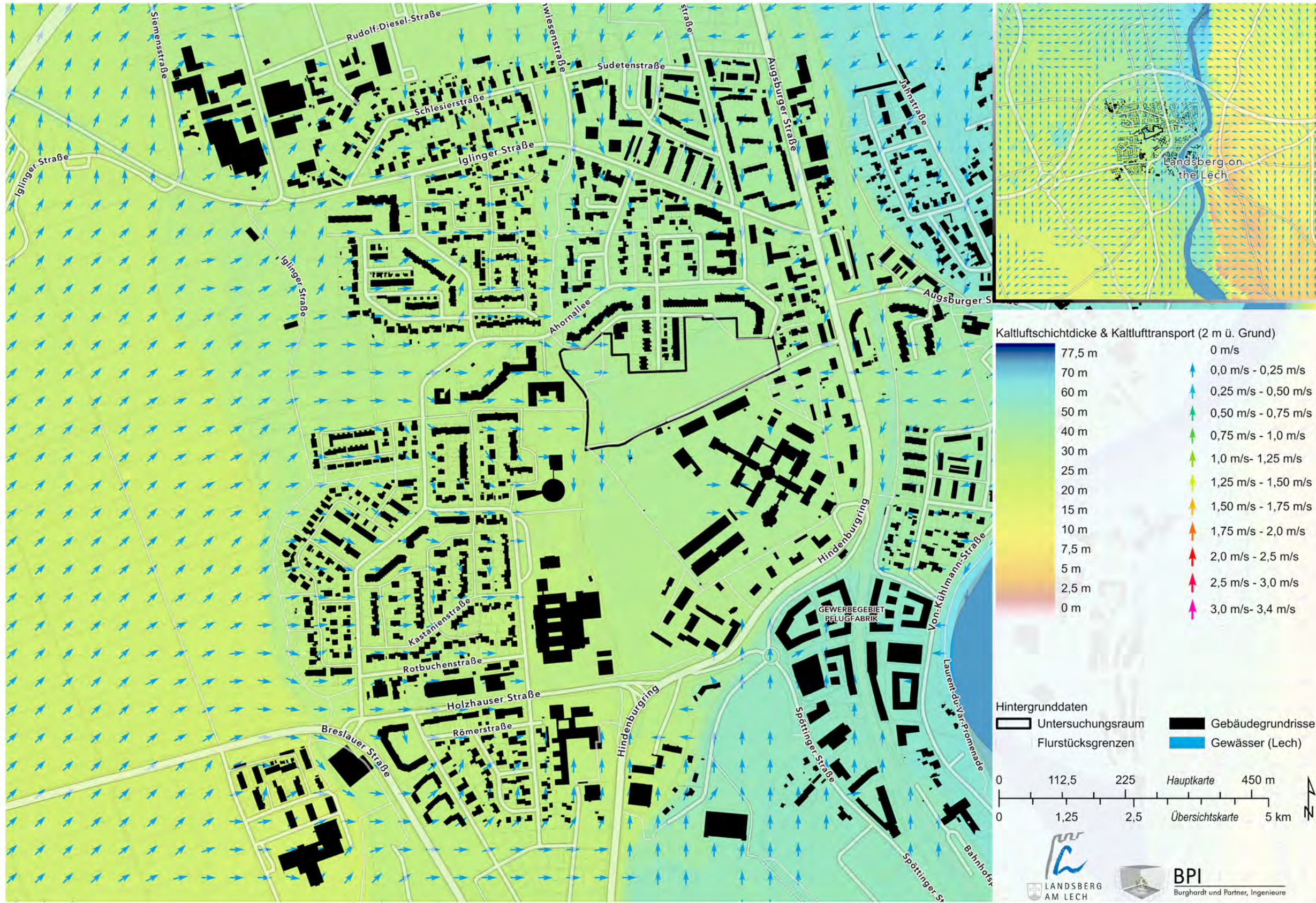




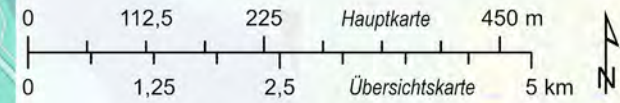




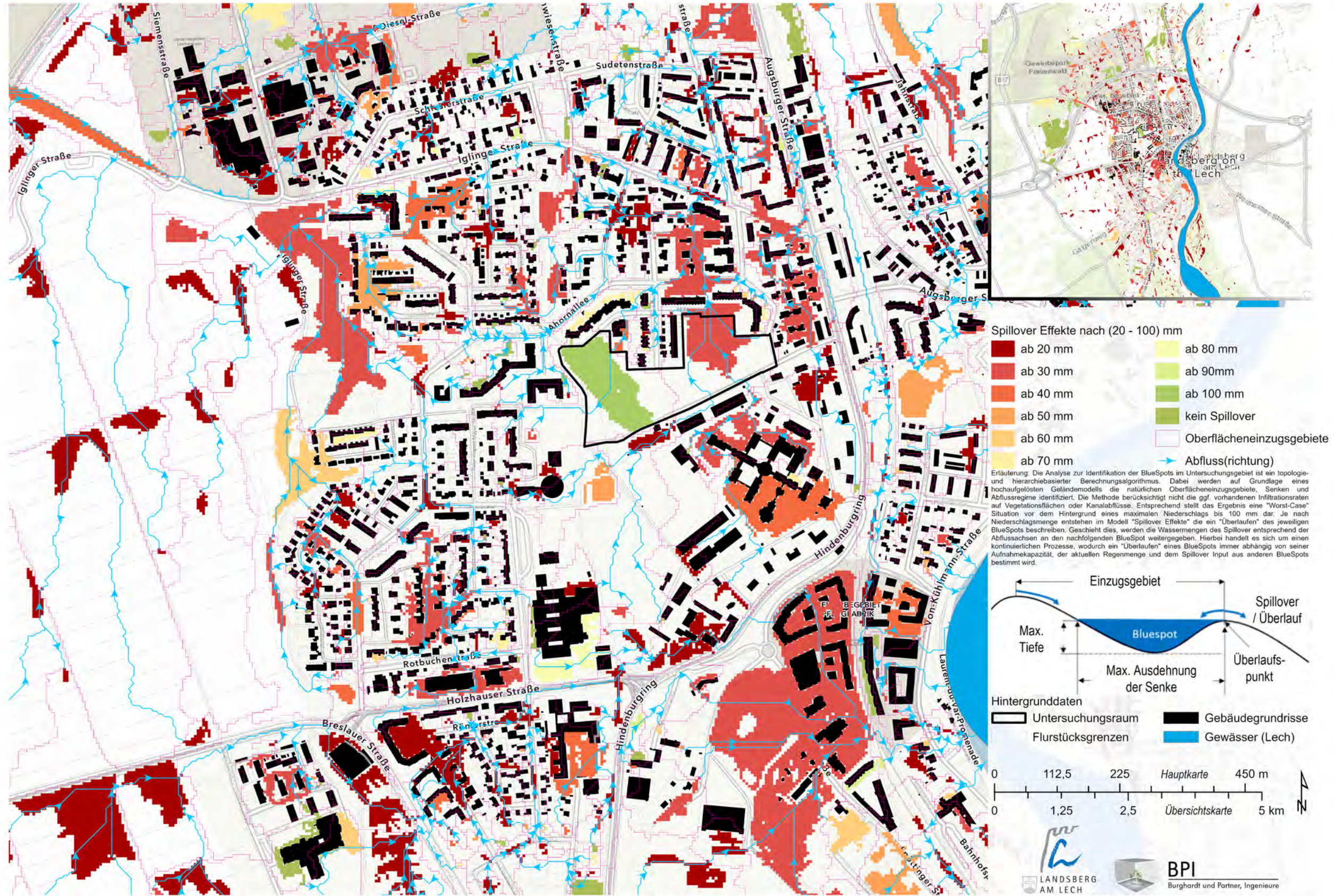




Hintergrunddaten
 [Symbol] Untersuchungsraum [Symbol] Gebäudegrundrisse
 [Symbol] Flurstücksgrenzen [Symbol] Gewässer (Lech)



Geodaten: Landsberg am Lech & Bayerische Vermessungsverwaltung
 Hintergrundkarte: Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS; Esri Community Maps Contributors, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS



Spillover Effekte nach (20 - 100) mm

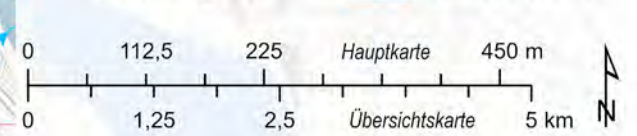
- ab 20 mm
- ab 80 mm
- ab 30 mm
- ab 90mm
- ab 40 mm
- ab 100 mm
- ab 50 mm
- kein Spillover
- ab 60 mm
- Oberflächeneinzugsgebiete
- ab 70 mm
- Abfluss(richtung)

Erläuterung: Die Analyse zur Identifikation der BlueSpots im Untersuchungsgebiet ist ein topologie- und hierarchiebasierter Berechnungsalgorithmus. Dabei werden auf Grundlage eines hochauflösenden Geländemodells die natürlichen Oberflächeneinzugsgebiete, Senken und Abflussregime identifiziert. Die Methode berücksichtigt nicht die ggf. vorhandenen Infiltrationsraten auf Vegetationsflächen oder Kanalabflüsse. Entsprechend stellt das Ergebnis eine "Worst-Case" Situation vor dem Hintergrund eines maximalen Niederschlags bis 100 mm dar. Je nach Niederschlagsmenge entstehen im Modell "Spillover Effekte" die ein "Überlaufen" des jeweiligen BlueSpots beschreiben. Geschieht dies, werden die Wassermengen des Spillover entsprechend der Abflusssachsen an den nachfolgenden BlueSpot weitergegeben. Hierbei handelt es sich um einen kontinuierlichen Prozesse, wodurch ein "Überlaufen" eines BlueSpots immer abhängig von seiner Aufnahmekapazität, der aktuellen Regenmenge und dem Spillover Input aus anderen BlueSpots bestimmt wird.



Hintergrunddaten

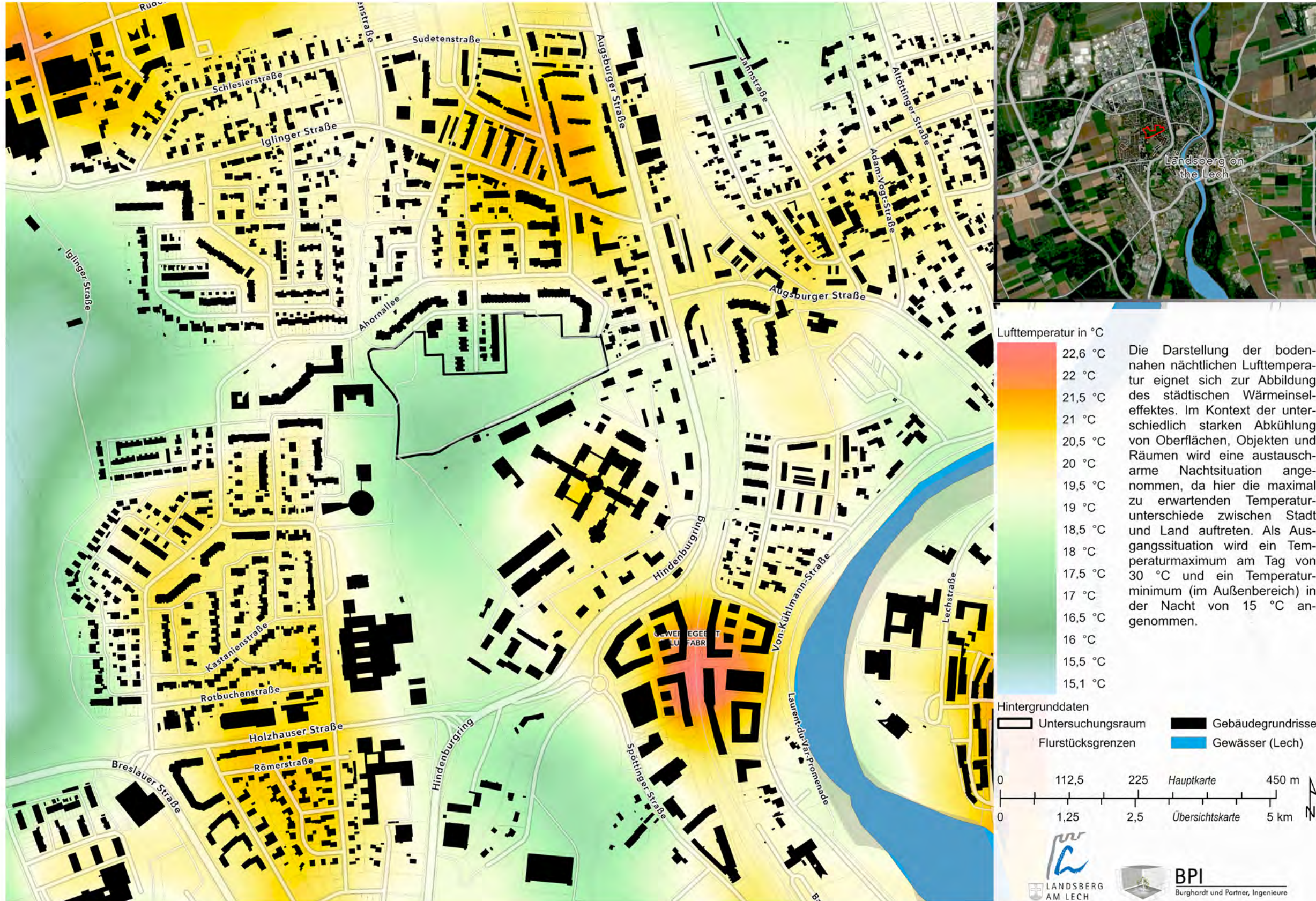
- Untersuchungsraum
- Gebäudegrundrisse
- Flurstücksgrenzen
- Gewässer (Lech)



LANDSBERG
AM LECH

BPI
Burghardt und Partner, Ingenieure

Geodaten: Landsberg am Lech & Bayerische Vermessungsverwaltung
Hintergrundkarte: Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS; Esri
Community Maps Contributors, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc, METI/
NASA, USGS; Esri, HERE, Garmin, GeoTechnologies, Inc., USGS, METI/NASA; Esri, HERE,



Geodaten: Landsberg am Lech & Bayerische Vermessungsverwaltung
Hintergrundkarte: Earthstar Geographics, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc., METI/NASA, USGS; Esri Community Maps Contributors, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies, Inc., METI/NASA, USGS