



Lohmeyer

**VIRGINIA DEPOT
SCHULBAUOFFENSIVE
LOKALKLIMATISCHES
GUTACHTEN**

Auftraggeber:

Landeshauptstadt München
Referat für Stadtplanung und Bauordnung
Abteilung 6 – Sonderplanungen und Projektentwicklung
Blumenstraße 28b
80331 München

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

Dr. rer. nat. [REDACTED]
Dipl.-Geogr. [REDACTED]

Dr. Ing. [REDACTED]

Februar 2021, aktualisiert Juni und Juli 2021
Projekt 64050-19-02
Berichtsumfang 119 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	4
2 AUFGABENSTELLUNG	8
3 VORGEHENSWEISE	9
3.1 Klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet.....	9
3.2 Berechnungsverfahren PALM-4U	11
3.3 Berechnungsverfahren MISKAM	12
4 EINGANGSDATEN	14
4.1 Lage des Untersuchungsgebietes und untersuchte Planvarianten	14
4.2 Meteorologische Daten	18
5 ERGEBNISSE DER BIOKLIMATISCHEN BERECHNUNGEN.....	25
5.1 Situation am Tag.....	26
5.2 Situation in der Nacht	39
6 ERGEBNISSE DER WINDFELDBERECHNUNGEN	82
7 FAZIT	96
8 PLANUNGSHINWEISE.....	99
9 LITERATUR	101
Anhang A	103

Hinweise:

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

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Klima

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

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

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

Temperaturgradient und Inversionen

Es entspricht einer physikalischen Gesetzmäßigkeit, dass die mittlere Lufttemperatur mit zunehmender Höhenlage eines Ortes abnimmt. Im Jahresmittel beträgt diese höhenbedingte Temperaturabnahme durchschnittlich 0.5 °C pro 100 m Höhenstufe. Im Sommer und Frühjahr erhöht sich der Betrag der Temperaturabnahme auf 0.6 °C pro 100 m Höhenstufe, während er im Herbst auf 0.4 °C und im Winter auf ca. 0.3 °C pro 100 m zurückgeht. Unter besonderen meteorologischen Bedingungen kann aber auch eine Temperaturzunahme mit zunehmender Höhenlage beobachtet werden. Hierbei spricht man von Inversionswetterlagen.

Luftschichtungszustände

Wird ein Luftpaket aus seiner Ruhelage heraus vertikal verschoben, so ändert sich seine Temperatur. Ist nun der Temperaturverlauf der ruhend gedachten Umgebung so beschaffen, dass das Luftquantum durch positive oder negative Auftriebskräfte wieder in seine Ausgangsposition zurückgetrieben wird, so nennen wir die Temperaturschichtung **stabil**. Genügt umgekehrt eine kleine Verschiebung aus der Ruhelage zur endgültigen Entfernung des Luftpaketes, so liegt entsprechend eine **labile** Schichtung vor. Zwischen beiden Möglichkeiten liegt die thermisch **neutrale** Schichtung, bei der das vertikal verschobene Luftpaket in jeder Position in einem indifferenten Gleichgewicht ist, das heißt keine Auftriebskräfte auftreten.

Dieses Stabilitätsverhalten übt einen grundlegenden Einfluss auf den vertikalen Austausch aus. Eine stabile Schichtung wird im Vergleich zum neutralen Fall diesen Austausch behindern, im Extrem unterbinden. Thermische Labilität wird dagegen zu einer mehr oder minder starken Durchmischung eines Luftpörpers und damit zu einer Intensivierung des Vertikalaustausches mit daraus resultierenden niedrigeren Schadstoffkonzentrationen führen.

Kaltluftstaugebiete und Kaltluftsammelgebiete

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

Windsysteme

a) Allgemeines

Als Wind wird in der Meteorologie die gerichtete Bewegung der Luft bezeichnet. Ursache des Windes sind Luftdruckunterschiede. Wirkt nur die Kraft eines horizontalen Druckgradienten, entsteht der Euler-Wind, der nur in kleinräumigen Phänomenen eine Rolle spielt. Wird bei großräumigen Bewegungen der Einfluss der Erdrotation spürbar, so tritt die Corioliskraft zur Druckgradientenkraft hinzu. Der Wind weht isobarenparallel und wird geostrophischer Wind genannt. Sind die Isobaren gekrümmt, so tritt die Zentrifugalkraft hinzu. Dieser Wind wird Gradientwind genannt und kommt dem realen Wind noch etwas näher als der geostrophische Wind. Werden Winde in der atmosphärischen Grenzschicht (Bodennähe) betrachtet, so ist zusätzlich die Kraft der Bodenreibung zu berücksichtigen.

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

b) allochthone Windsysteme

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

c) autochthone Windsysteme

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Norden des Siedlungsgebietes von München sollen zwei neue berufliche Schulen sowie für die Schulen notwendige Hallen- und Freisportflächen am Standort Virginia Depot umgesetzt werden. Weitere Flächen sind u. a. für die Unterbringung höherwertiger Gewerbenutzung vorgesehen. Dazu ist ein lokalklimatisches Gutachten angefragt, das die Auswirkungen der geplanten Bebauung auf die Umgebung darstellt, insbesondere im Hinblick auf die Durchlüftungs- und nächtlichen Belüftungsverhältnisse.

Für die Planungen werden die bodennahen Strömungsfelder im Hinblick auf die Durchlüftungsverhältnisse und die nächtlichen Belüftungsverhältnisse sowie die thermischen Belange im relativen Vergleich und im Vergleich zu Belastungsindizes betrachtet, verstärkt auch vor dem Hintergrund der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels mit verstärkter Häufung von Heißen Tagen.

Für das Aufzeigen der lokalklimatischen Ist-Situation an einem heißen Sommertag bei einer autochthonen Wetterlage wurden Simulationen für die Ist-Situation und zwei Planvarianten mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Dafür wurde ergänzend zum Untersuchungsgebiet das umliegende Gelände mit den Geländeanstiegen berücksichtigt. Das Gebiet wurde so groß gewählt, dass die Einflüsse der umliegenden Geländeerhebungen, d. h. das Alpenvorland und die Alpen, auf die nächtlichen Kaltluftströmungen, d. h. dem komplexen Zusammenwirken der regional mächtigen Ausgleichsströmungen („Alpines Pumpen“), den lokalen Kaltluftströmungen und den nächtlichen thermischen Ausgleichsströmungen zwischen der Stadt und dem Umland, erfasst werden. Das Aufzeigen der jahresmittleren Durchlüftungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation und die zwei Planvarianten erfolgt mit dem mikroskaligen Strömungsmodell MISKAM.

Messungen zeigen, dass an Heißen Tagen ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$) tagsüber in der Umgebung des Untersuchungsgebietes vorwiegend ostnordöstliche Anströmungen in den unteren Hektometern der Troposphäre vorherrschen. Deshalb wird für die Tagstunden der Fall mit schwachem ostnordöstlichen Antrieb modelliert. Nachts bilden sich bei einer autochthonen sommerlichen Wetterlage die komplexen nächtlichen Kaltluft- beziehungsweise thermischen Ausgleichsströmungen im Modell selbst aus, sodass dieser Fall ohne äußeren Antrieb berechnet wird.

Die Berechnungen zeigen, dass an Heißen Tagen bei autochthonen Wetterlagen, d. h. schwachwindig und wolkenarm, tagsüber im Plangebiet Strömungen aus östlichen Richtungen vorherrschen, die von der Planung außerhalb des Plangebietes nicht wesentlich flä-

chenhaft beeinflusst werden. Auf dem Plangebiet selbst werden tagsüber in den Bereichen zwischen der Mensa, der Turnhalle und dem Schulgebäude, d. h. in Aufenthaltsbereichen im Freien, lokal etwas stärkere Temperaturerhöhungen aufgrund der Planung bei Planvariante „P2“ im Vergleich zu Variante „P4U“ simuliert. Die Wärmebelastung, angegeben über den bioklimatischen Index UTCI, wird tagsüber bei einer autochthonen Wetterlage vorwiegend von der Luft- und Strahlungstemperatur bestimmt, sodass sich bei vergleichbaren Lufttemperaturen für beide Varianten je nach Verschattung eines Standortes vergleichbare Werte für die Wärmebelastung ergeben.

In Bezug auf die nächtlichen Ausgleichsströmungen bei sommerlichen autochthonen Wetterlagen, werden im Untersuchungsgebiet komplexe Zusammenhänge zwischen den regionalen mächtigen Kaltluftströmungen aus Süden („Alpines Pumpen“), den reliefbedingten lokalen Kaltluftströmungen aus dem Alpenvorland und den thermischen Ausgleichsströmungen zwischen der Stadt und dem Umland simuliert. Das bedeutet, es ergeben sich im Bereich des Plangebietes unterschiedliche, teils entgegengesetzte Strömungsrichtungen zwischen dem Boden und dem Dachniveau, sodass die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft“ nicht angewendet werden kann und die Bewertung der nächtlichen thermisch bedingten Ausgleichsströmungen für unterschiedliche Höhenbereiche erfolgt, d. h. in Bodennähe und über dem Dachniveau. Als Dachniveau wurde in diesem Fall die Höhe der südlich des Plangebietes liegenden Gebäude angenommen, die die meisten Gebäude nicht mehr beziehungsweise gerade noch erreichen, d. h. etwa 15 m über Grund. Über dem Dachniveau werden infolge des Alpines Pumpens mächtige Kaltluftströmungen berechnet, die nur in geringem Umfang durch die Planungen modifiziert werden. In Bodennähe sind geringe Windgeschwindigkeiten und keine gerichteten Strömungen in der Ist-Situation berechnet und damit keine bedeutende Belüftungsfunktion. Die zusätzlichen Baukörper führen aufgrund des niedrigen Ausgangsniveaus der Strömungsgeschwindigkeit in der Ist-Situation, das sich aus der Überlagerung der teilweise entgegengesetzten Strömungen bodennah erklären lässt, überwiegend zu etwas höheren Strömungsgeschwindigkeiten; die nächstgelegenen Wohnbebauungen werden nicht von relevanten flächenhaften Änderungen der nächtlichen bodennahen Strömungen bei sommerlichen autochthonen Wetterlagen erreicht. Insgesamt ergeben sich in der Umgebung des Plangebietes aufgrund der Gebäudekonstellation in Kombination mit den bodennahen Strömungsrichtungen bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage für München etwas höhere Einschränkungen der bodennahen Belüftungsverhältnisse bei Planvariante „P4U“ gegenüber „P2“.

Die mittleren jährlichen Durchlüftungsverhältnisse entsprechen im Plangebiet denen einer baumbestandenen Freilandnutzung; mit der Planung sind entsprechende Einschränkungen

verbunden, die sich auf die unmittelbare Nachbarschaft, wie z. B. den Straßenraum der Schleißheimer Straße, sowie die nördlich und westlich angrenzenden Freiflächen beschränken und nicht bis zu umliegenden Wohnbebauungen reichen. Entsprechend der Gebäudekonstellation in Kombination mit der mittleren jährlichen Hauptwindrichtung für München, werden etwas höhere Einschränkungen der bodennahen Durchlüftungsverhältnisse bei Planvariante „P4U“ gegenüber „P2“ berechnet.

Die kurz zusammengefassten Berechnungen zeigen, dass langgestreckte hohe Baukörper mit Nord-Süd-Orientierung zu relativ deutlichen Einschränkungen der Durchlüftungsverhältnisse bei der mittleren jährlichen Hauptwindrichtung sowie bei Windanströmungen an heißen Tagen führen. Bezogen auf wirksame Kaltluftströmungen, d. h. der infolge des Alpinen Pumpens über dem Dachniveau heran transportierten Kaltluftströmung aus südlichen Richtungen, führen langgestreckte hohe Gebäude mit einer West-Ost-Orientierung zur Schwächung dieser Strömung im Dachniveau. Aus bioklimatischer Sicht zeigen sich die Wirkungen von langgestreckten und hohen Gebäuden als ungünstige Gestaltungen. Bezogen auf die vorgesehenen Nutzungen im Plangebiet scheint die Förderung der mittleren Durchlüftungsverhältnisse ein etwas größeres Gewicht einzunehmen.

Aus stadtklimatischer Sicht lässt sich festhalten, dass sich relevante Änderungen der lokalklimatischen Verhältnisse aufgrund der beiden Planvarianten „P2“ und „P4U“ auf das Plangebiet und dessen nähere Umgebung beschränken, d. h. auf die sich südlich und östlich des Plangebietes anschließenden gewerblichen Nutzungen und auf Teilbereiche der Freiflächen des Virginia Depots. Bereiche mit Wohnbebauung, beispielsweise westlich der Bezirkssportanlage Lerchenau, sind nicht von relevanten flächenhaften Änderungen der lokalklimatischen Verhältnisse aufgrund der Planung betroffen.

Allgemein ist es zu empfehlen ein vielfältiges Nutzungsangebot im Aufenthaltsbereich des Menschen im Freien bereitzustellen, das die Bedürfnisse unterschiedlicher Personen zu verschiedenen Jahreszeiten beziehungsweise meteorologischen Bedingungen abdeckt. Im Hinblick auf den derzeit stattfindenden Klimawandel und die weiteren projizierten Änderungen für die Zukunft, d. h. für Mitteleuropa u. a. eine Erhöhung der Anzahl der Tage mit Wärmebelastung und auch eine Zunahme stärkerer Wärmebelastungsereignisse, liegt der Fokus der vorliegenden Ausarbeitung in bioklimatischer Hinsicht auf Wärmebelastung im Sommer; um diese tagsüber im Aufenthaltsbereich des Menschen im Freien, d. h. beispielsweise auf dem Pausenhof, bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage zu reduzieren, bietet es sich an verschattete Bereiche zu kreieren, z. B. durch die Pflanzung von Laubbäumen, wie teilweise in den Planvarianten schon vorhanden. Insbesondere Großbaumstandorte fördern den

thermischen Komfort und ein angenehmes Mikroklima. Baumpflanzungen an den südlichen Fassadenbereichen der Gebäude bewirken beispielsweise deren teilweise Verschattung ganztags und tragen somit zu einer verringerten Wärmeabstrahlung der Baukörper bei; an Westfassaden gilt dies nachmittags und an Ostfassaden vormittags. Des Weiteren helfen begrünte Flächen am Boden sowie auf dem Dach der Plangebäude die dortigen Oberflächentemperaturen zu reduzieren.

Für detaillierte Planungshinweise wird der Fokus auf die Nutzungen der entsprechenden Flächen bzw. Gebäude gelegt. Bei den geplanten Schulgebäuden und gewerblich genutzten Gebäuden ist kein dauerhafter Aufenthalt in den Nachtstunden gegeben, womit eine differenzierte Beurteilung der nächtlichen Abkühlungswirkung nicht als herausragend bedeutend einzustufen ist. Für Wohnnutzungen sind Verminderungen/Erhöhungen der nächtlichen natürlichen Raumkühlungen von herausragender Bedeutung. Unter diesen Gesichtspunkten schneidet die Variante „P2“ ungünstig ab, eine Milderung durch „weiche Maßnahmen“ wie Grünausstattung ist nur sehr begrenzt möglich. In den Tagstunden weist die Planvariante „P2“ für die Freiräume an den Schulgebäuden ungünstigere thermische Entwicklungen gegenüber der Planvariante „P4U“ auf, in begrenztem Umfang können die thermischen Belastungen mittels Vegetationsausstattung gepuffert werden. In Bezug auf die bioklimatische Belastung ist für beide Varianten im Bereich der Aufenthaltsflächen tagsüber eine intensive und differenzierte Grünausstattung anzuraten, z. B. durch Schatten spendende großkronige Laubbäume. Für eine attraktive Gestaltung der geplanten gewerblichen Nutzungen sind ebenfalls intensive Vegetationsausstattungen zu empfehlen.

2 AUFGABENSTELLUNG

Im Norden des Siedlungsgebietes von München sollen zwei neue berufliche Schulen sowie für die Schulen notwendige Hallen- und Freisportflächen am Standort Virginia Depot umgesetzt werden. Weitere Flächen sollen der Unterbringung höherwertiger Gewerbenutzungen dienen. In der Stadtklimaanalysekarte von München (GEO-Net, 2014) ist das Plangebiet als bioklimatisch von großer Bedeutung ausgewiesen und liegt im Bereich einer Kaltluftleitbahn, die bodennah Flurwinde entlang der bebauungsfreien Flächen von Nordwest nach Südost in den Bereich des Plangebietes ausweist. Hinsichtlich der stadtklimatischen Ziele, d. h. den Erhalt der Funktionsfähigkeit der in der Stadtklimakarte ausgewiesenen Kaltluftleitbahn sowie der bioklimatischen Bedeutung des Plangebietes, ist ein lokalklimatisches Gutachten angefragt, das die Auswirkungen der geplanten Bebauung auf die Umgebung darstellt, insbesondere im Hinblick auf die Durchlüftungs- und nächtlichen Belüftungsverhältnisse. Diese werden für die Ist-Situation und zwei Planvarianten untersucht.

3 VORGEHENSWEISE

Für die Einbindung lokalklimatischer Belange in die Bebauungsplanung bestehen keine einheitlichen Vorgaben zu inhaltlichen Themen und zu Beurteilungsgrößen. Dementsprechend werden in den Betrachtungen die lokalen Besonderheiten bezüglich lokalklimatischer Belange herangezogen und die Belange in den Vordergrund gestellt, die durch die Planungen modifiziert werden. Das betrifft beispielsweise die bodennahen Strömungsfelder im Hinblick auf die Durchlüftungsverhältnisse und die nächtlichen Belüftungsverhältnisse, d. h. den möglichen Abtransport lufthygienisch oder thermisch belasteter Luftmassen. In letzter Zeit werden verstärkt Auswirkungen auf die thermischen Belange im relativen Vergleich und im Vergleich zu Belastungsindizes betrachtet, verstärkt auch vor dem Hintergrund der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels mit verstärkter Häufung von Heißen Tagen.

3.1 Klimatische Bedingungen im Untersuchungsgebiet

München liegt etwa 50 km nördlich der Alpen im Alpenvorland bei geringem Gefälle von Süd nach Nord. Die jahresmittlere Lufttemperatur in 2 m Höhe in der Umgebung von München lag im Zeitraum von 1998 bis 2019 bei 9.4 °C, gemessen an der Station München-Flughafen des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Hauptsächlich aufgrund des Wärmeinseleffekts, der nachts bei autochthonen Strahlungswetterlagen, d. h. windschwach und gering bewölkt, am intensivsten ausgeprägt ist, lag die gemessene jahresmittlere Lufttemperatur an der DWD-Station München-Stadt im gleichen Zeitraum mit 10.2 °C nahezu 1 K höher.

Bei autochthonen Strahlungswetterlagen entwickeln sich zwischen dem Alpenvorland und den Alpen tagesperiodische Ausgleichsströmungen, das sogenannte Alpine Pumpen. Tagsüber erwärmen sich die Alpentäler schneller als das Alpenvorland, da in den Tälern mit der gleichen Einstrahlungsenergie ein deutlich geringeres Luftvolumen erwärmt werden muss: Dadurch entsteht ein Druckunterschied zwischen den Alpen und dem Alpenvorland, sodass sich über den Bergen relativ zum Alpenvorland eine Hitzetief bildet und die Luft aus der Ebene ansaugt, wodurch teils bis in mehrere hundert Meter Höhe zu den Alpen hin gerichtete Strömungen, d. h. Winde aus nördlichen Richtungen, induziert werden. Gemessen werden im Alpenvorland tagsüber bei sommerlichen autochthonen Wetterlagen oftmals nordöstliche Winde, die aus der Überlagerung der Druckgradienten resultieren, die aus den Wärmetiefs der Nordalpen und über dem Allgäu entstehen (Winkler et al., 2006); damit herrschen auch in München bei den entsprechenden Wetterlagen tagsüber oftmals nordöstliche Winde vor. Nachts kühlen sich die Alpentäler schneller als das Alpenvorland ab, dadurch bildet sich über den Bergen relativ zum Alpenvorland ein Kältehoch, sodass die Luftmassen nach Norden in

Richtung des Alpenvorlandes strömen und dieses überströmen. Die Höhe dieser nächtlichen Luftströmung aus südlichen Richtungen ist geringer als diejenige tagsüber und wird mit bis zu 500 m angegeben, in München zeigen Messungen in Höhe des Dachniveaus vorwiegend südliche bis südwestliche Richtungen (Bründl et al., 1986). Nach Winkler et al. (2006) ist die Voraussetzung für das Entstehen von Alpinem Pumpen im Gebiet von Oberbayern für April bis August an 42 % der Tage sehr günstig. Betrachtet werden dabei die Jahre 1996 bis 2000. Für die Jahre 2013 bis 2015 werden im Bericht des DWD für München (Mühlbacher et al., 2020) 23 bis 32 Tage/Sommer mit einer deutlichen Ausprägung des Alpinen Pumpens angegeben, wobei anzumerken ist, dass „Alpines Pumpen mehr oder weniger ausgeprägt durchaus an vielen Tagen auftreten kann“ (Mühlbacher et al., 2020). Eine detaillierte Beschreibung des Alpinen Pumpens findet sich beispielsweise in Winkler et al. (2006). Neben den vertikal mächtigen regionalen Ausgleichsströmungen, d. h. dem Alpinen Pumpen, strömen nachts dem Gelände folgend lokal gebildete Kaltluftmassen aus dem Alpenvorland südlich von München in Richtung des Siedlungsgebietes von München. Im Siedlungsgebiet von München werden die nächtlichen Belüftungsverhältnisse zusätzlich durch die baulichen Bedingungen geprägt. Bei autochthonen Wetterlagen strömen nachts im Vergleich zu den dicht bebauten und versiegelten Bereichen des Münchner Stadtgebietes kühlere Luftmassen von den umliegenden vegetationsbestandenen Flächen in Richtung der Siedlungsgebiete. Diese lokalen nächtlichen Ausgleichsströmungen entstehen nach Sonnenuntergang aufgrund von Temperatur- und Druckunterschieden zwischen Stadt und Umland; dabei steigen die im Vergleich zum unbebauten Umland relativ warmen Luftmassen im städtischen Bereich auf, sodass von außen Luftmassen nachgeführt werden, um einen Druckausgleich zwischen Stadt und Umland herzustellen. Die nachgeführten Luftmassen haben normalerweise geringe Strömungsgeschwindigkeit von weniger als 2 m/s und sind vertikal wenige Dekameter mächtig. Im Untersuchungsgebiet ergeben sich dadurch nachts komplexe Zusammenhänge zwischen den regionalen mächtigen Kaltluftströmungen aus Süden („Alpines Pumpen“), den reliefbedingten und geländefolgenden lokalen Kaltluftströmungen aus dem Alpenvorland und den thermischen Ausgleichsströmungen zwischen Stadt und Umland.

Dementsprechend werden mit dieser Ausarbeitung die lokalklimatischen Verhältnisse bei sommerlichen autochthonen Wetterlagen für nordöstliche Anströmungen tagsüber und für die nächtlichen Kaltluftströmungen mit Modellsimulationen betrachtet. Das äußere Rechengebiet wird für die vorliegende Ausarbeitung so groß gewählt, d. h. inklusive dem Alpenvorland und dem relevanten Teil der Alpen, dass sich die nächtlichen Kaltluftströmungen inklusive des Alpinen Pumpens im Modell eigenständig ausbilden. Deshalb wird die Simulation für die nächtlichen Bedingungen im Untersuchungsgebiet ohne äußeren Antrieb durchgeführt.

Damit unterscheidet sich die Vorgehensweise im Vergleich zur Herangehensweise bei der Erstellung der Stadtklimaanalyse der Landeshauptstadt München (GEO-Net, 2014), bei der damals die Einbindung der Alpen in das Simulationsgebiet noch nicht möglich war. Im Untersuchungsgebiet werden bioklimatische Berechnungen mit dem prognostischen Modell PALM-4U mit einer hohen räumlichen Auflösung durchgeführt, sodass die Um- und Überströmung von Hindernissen, z. B. Gebäuden, berücksichtigt werden kann und um qualitative sowie quantitative Aussagen über die Kaltluftströmungen und thermischen Verhältnisse zu geben. Zudem werden mittels des mikroskaligen Strömungsmodells MISKAM die Auswirkungen der Planung auf die jahresmittleren Durchlüftungsverhältnisse aufgezeigt. Betrachtet werden der derzeitige Zustand entsprechend der derzeitigen baulichen Nutzung und zwei Planvarianten mit den vorgelegten Planentwürfen, wobei nachzeitigem Planungsstand aufgrund externer Rahmenbedingungen nur eine Variante („P4“, eine Beschreibung der Varianten befindet sich in Abschnitt 4) umsetzbar ist.

3.2 Berechnungsverfahren PALM-4U

Zur Simulation der Verteilung von Klimaparametern in Einzelsituationen wurde das numerische Modell PALM-4U (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>) verwendet, das z. B. die Variablen potentielle Temperatur, spezifische Feuchte und die Windkomponenten prognostisch berechnet. PALM-4U ist ein meso- und mikroskaliges Modell, das die Wechselwirkungen zwischen dem Boden, von Oberflächen und der Atmosphäre unter Berücksichtigung des Reliefs und der Landnutzung sowie von Strömungshindernissen, z. B. von Gebäuden, sonstigen Bauwerken und/oder der Vegetation, beschreibt. Es basiert auf den Grundgesetzen der Strömungs- und Thermodynamik und beinhaltet u. a. die Simulation von:

- Umströmungen, Überströmungen und Unterströmungen von Hindernissen bzw. Bauwerken, z. B. Gebäuden,
- Austausch von Wärme und Feuchte an natürlichen und anthropogenen Oberflächen,
- turbulenten Strömungen,
- Wechselwirkungen von Strahlung, Impuls und Wärme mit einer expliziten Vegetationsschicht,
- bioklimatischen Bewertungsindizes,

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

Das Modell ist nach der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3783 Blatt 9, 2017) validiert (<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/doc/>

tec/evaluation ; zuletzt abgerufen: 27.05.2021). Eine Validierung des komplexen Testfalls E8 „Stuttgarter Talkessel Strömungskanalisation, Kalt-luftabflüsse“ der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ (VDI 3783 Blatt 7, 2017) wurde von unserem Büro erfolgreich durchgeführt (Lohmeyer, 2020).

Grundlage der Simulationsrechnungen sind die Aufnahme des Reliefs und der Landnutzung sowie der Bebauung nach Lage und Höhe im Untersuchungsgebiet und dessen Umgebung. Die Simulationen der nächtlichen Ausgleichsströmungen werden in drei Schritten mit einem sogenannten Nesting-Verfahren (Gitterverfeinerung) durchgeführt. Um alle relevanten Kalt-lufteinzugsgebiete zu erfassen, wurde eine grobe Simulation mit 1152 m horizontaler Gitterweite bei 400 x 352 Gitterpunkten durchgeführt (etwa 460 km x 405 km), die einen Großteil der Alpen mit berücksichtigt. Das Gitter reicht bis in etwa 11 km Höhe bei einer vertikalen Auflösung von 20 m in den unteren Schichten. Daran anschließend folgen genestete Simulationen mit 144 m horizontaler Maschenweite bei 488 x 416 Gitterpunkten (ca. 70 km x 60 km) sowie einer vertikalen Auflösung von 10 m in den unteren Schichten und mit 24 m horizontaler Maschenweite bei 688 x 464 Gitterpunkten (ca. 16 km x 11 km) sowie einer vertikalen Auflösung von 4 m in den unteren Schichten. Für das innere Rechengebiet wurde eine horizontale Maschenweite von 4 m bei 408 x 408 Gitterpunkten (ca. 1.6 km x 1.6 km) genutzt, um Gebäudestrukturen und hohe Vegetation dreidimensional darstellen zu können; die vertikale Auflösung beträgt in Bodennähe 3 m. Das Setup der Simulationen entspricht den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“ und der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“.

Folgende Einteilung wurde für die vorkommenden Oberflächen u. a. gewählt:

- Bauwerke unterschiedlicher Größe, d. h. Gebäude (inneres Gebiet),
- versiegelte oder teils versiegelte Oberflächen wie Straßen, Wege und Parkplätze,
- lockere bis dichte städtische Bebauung (äußere Simulationsgebiete),
- Grünflächen, Grünflächen mit Sträuchern, vegetationsarme Flächen, landwirtschaftlich genutzte Flächen,
- Sportflächen, Wasserflächen und
- Waldflächen, Baumgruppen, Bäume als dreidimensionale Vegetation (inneres Gebiet).

3.3 Berechnungsverfahren MISKAM

In dem zu betrachtenden Gebiet führen die geplanten Gebäude zu Beeinflussungen der Strömungsbedingungen. Für diesen Bereich wird das mikroskalige Strömungs- und Ausbrei-

tungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1989 und 1995) zur Beschreibung der Strömungsverhältnisse eingesetzt. Das Modell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert (Eichhorn, 1995, 2014; Schädler et al., 1996).

Grundlage der Simulationsrechnungen sind die Lage und Höhe der Bebauung in der Ist-Situation und den Planfällen analog den Simulationen mit PALM-4U. Die digital erfassten Gebäudekataster für die Ist-Situation und die Planung werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Die Ausdehnung des Rechengitters setzt die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“ um. Das hier angesetzte Rechenggebiet ist sowohl horizontal als auch vertikal deutlich größer als das Untersuchungsgebiet um Randeffekte zu vermeiden (Ketzler et al., 1999) und um die Kriterien der o.g. VDI-Richtlinie zu erfüllen. Das Rechengitter besteht aus 766 x 766 Gitterboxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von circa 2 400 m x 2 400 m. Es wird ein nicht-äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Planung an der Bebauung eine feine horizontale Auflösung von 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 44 Schichten bis in eine Höhe von etwa 500 m über Grund, wobei die Schichten in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind.

Die Berechnungen erfolgen mit dem PC-Programm WinMISKAM Version 2018.5.7.3 vom 29.10.2019 (<https://www.lohmeyer.de/softwarevertrieb/produktuebersicht/winmiskam/> ; zuletzt abgerufen: 27.05.2021) und dem Modell MISKAM Version 6.3 vom 29.07.2014. Mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM werden Strömungsrechnungen für alle Windrichtungen in 10 Grad-Schritten entsprechend der vorliegenden lokalrepräsentativen Windstatistiken durchgeführt. Unter Verwendung der gemessenen Häufigkeiten der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen werden Jahreswerte der mittleren Windgeschwindigkeit für jede Box im Rechengitter berechnet.

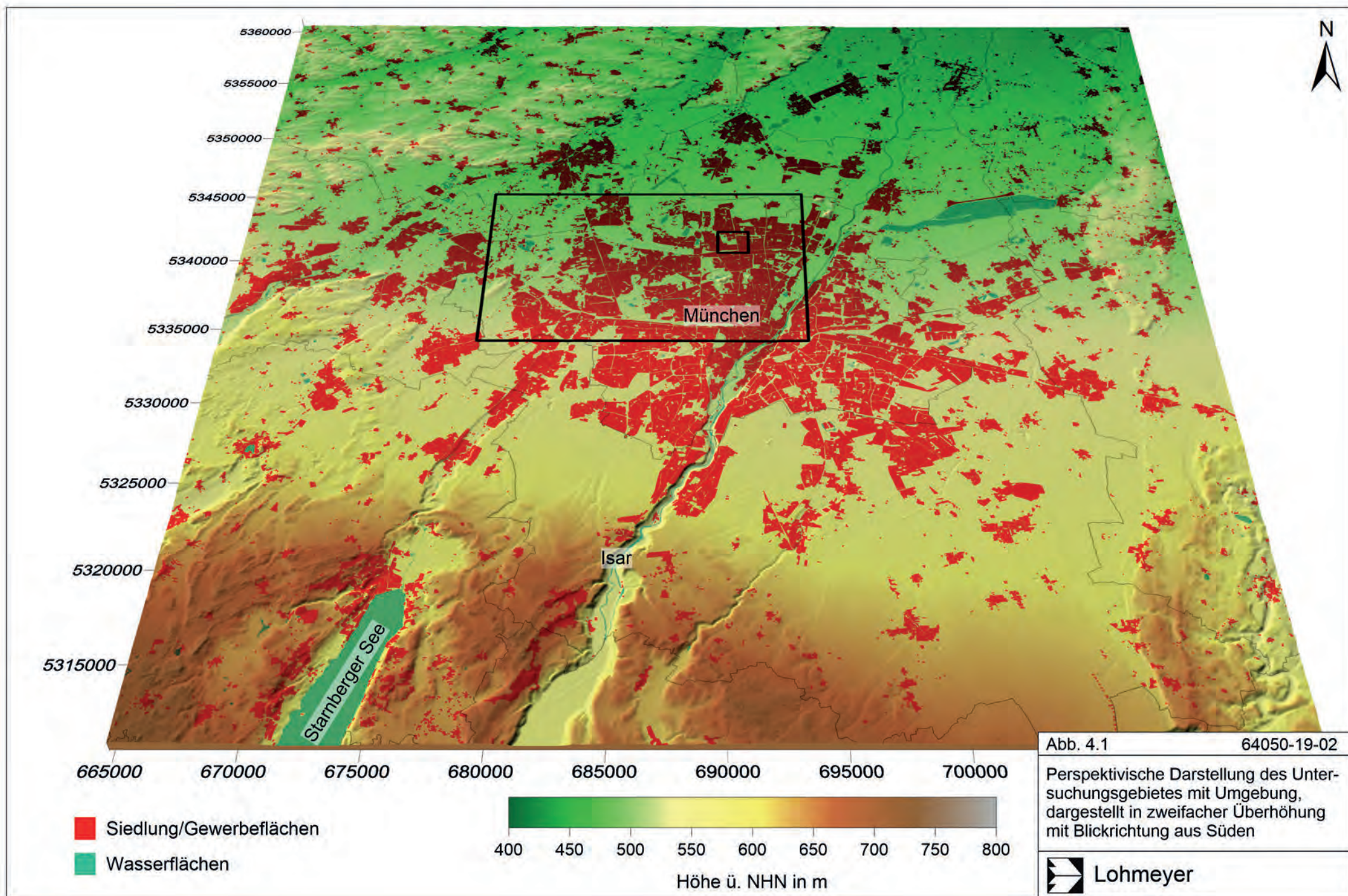
4 EINGANGSDATEN

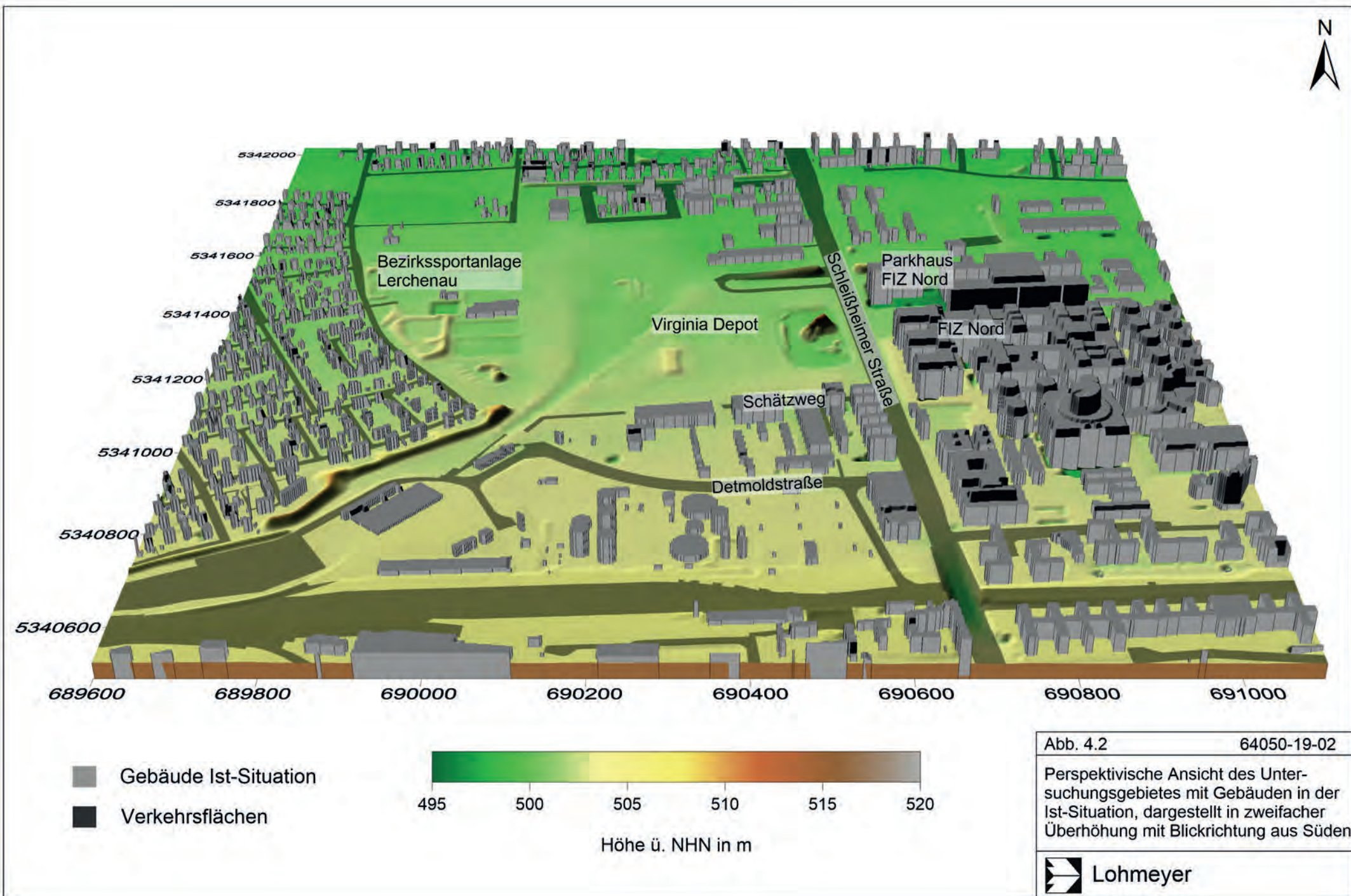
Die in diesem Gutachten genutzten Geländeinformationen, Landnutzungen und die Lage und Höhe der Gebäude in der baulichen Ist-Situation wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt (Landeshauptstadt München). Die Landnutzungsdaten wurden teilweise detailliert anhand von Luftbildern nachbearbeitet sowie hohe zusammenhängende Vegetation, d. h. Baumgruppen, hinzugefügt. Die Lage und Höhe der Plangebäude und die geplanten Landnutzungen stammen aus folgenden Dokumenten (erhalten von der Landeshauptstadt München am 06.08.2020):

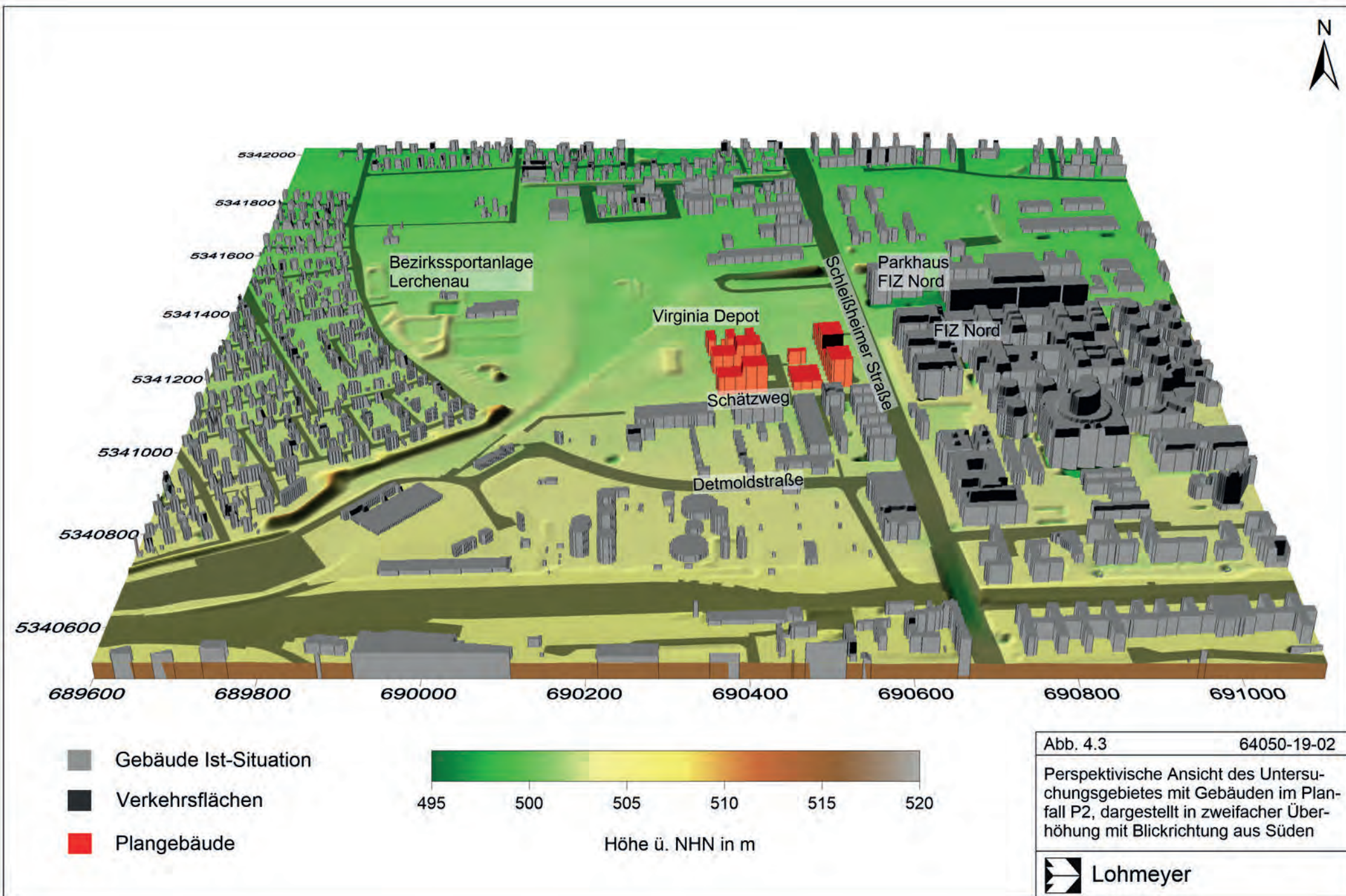
- Planung „Variante P2“ (Bohn Architekten GbR, 28.07.2020)
- Planung „Variante P4“ (Bohn Architekten GbR, 28.07.2020) in Kombination mit einem U-förmigem Baukörper der Gemeinschaftsunterkunft statt des im Plan eingezeichneten L-förmigen Baukörpers für die nördliche Planfläche (im Folgenden bezeichnet als Planvariante „P4U“)
- Planung „Variante P4.5“ (Bohn Architekten GbR, 28.07.2020) als Weiterentwicklung der Variante „P4“ und aktuelle Grundlage des Bebauungsplanentwurfes

4.1 Lage des Untersuchungsgebietes und untersuchte Planvarianten

München liegt etwa 50 km nördlich der Alpen im Alpenvorland bei geringem Gefälle von Süd nach Nord. **Abb. 4.1** zeigt eine perspektivische Darstellung des Reliefs von München und der Umgebung mit den Siedlungsflächen in roter Farbe gekennzeichnet. Die beiden schwarz umrandeten Rechtecke kennzeichnen die beiden inneren Simulationsgebiete. Das Untersuchungsgebiet liegt im 24. Stadtbezirk Feldmoching – Hasenberg im Norden von München. **Abb. 4.2** zeigt eine perspektivische Darstellung des Plangebietes und der Umgebung mit den Gebäuden in der Ist-Situation in grauer Farbe. Das Plangebiet liegt auf einer bisher unbebauten, großteils baumbestandenen Fläche des Virginia Depots, nördlich angrenzend an den Schätzweg und westlich an die Schleißheimer Straße. Nach Nordwesten bestehen vom Plangebiet aus unbebaute Freiflächen. Im Westen der Freiflächen schließt Wohnbebauung an, im Norden Gewerbe. Östlich der Schleißheimer Straße befindet sich dichte und hohe Gewerbebebauung (FIZ Nord) und südlich des Schätzwegs schließt ebenfalls Gewerbebebauung an das Plangebiet an. **Abb. 4.3** zeigt eine perspektivische Darstellung des Plangebietes und der Umgebung mit den Gebäuden der Planvariante „P2“ in roter Farbe. Die Planvariante „P2“ weist im Bereich der Schleißheimer Straße eine von Nord nach Süd ausgerichtete Schulbebauung mit etwa 150 m Länge und je abwechselnd etwa 25 m beziehungsweise ca. 14 m hohen Gebäudeteilen auf. Westlich davon sind eine 8 m hohe Turnhalle im Bereich





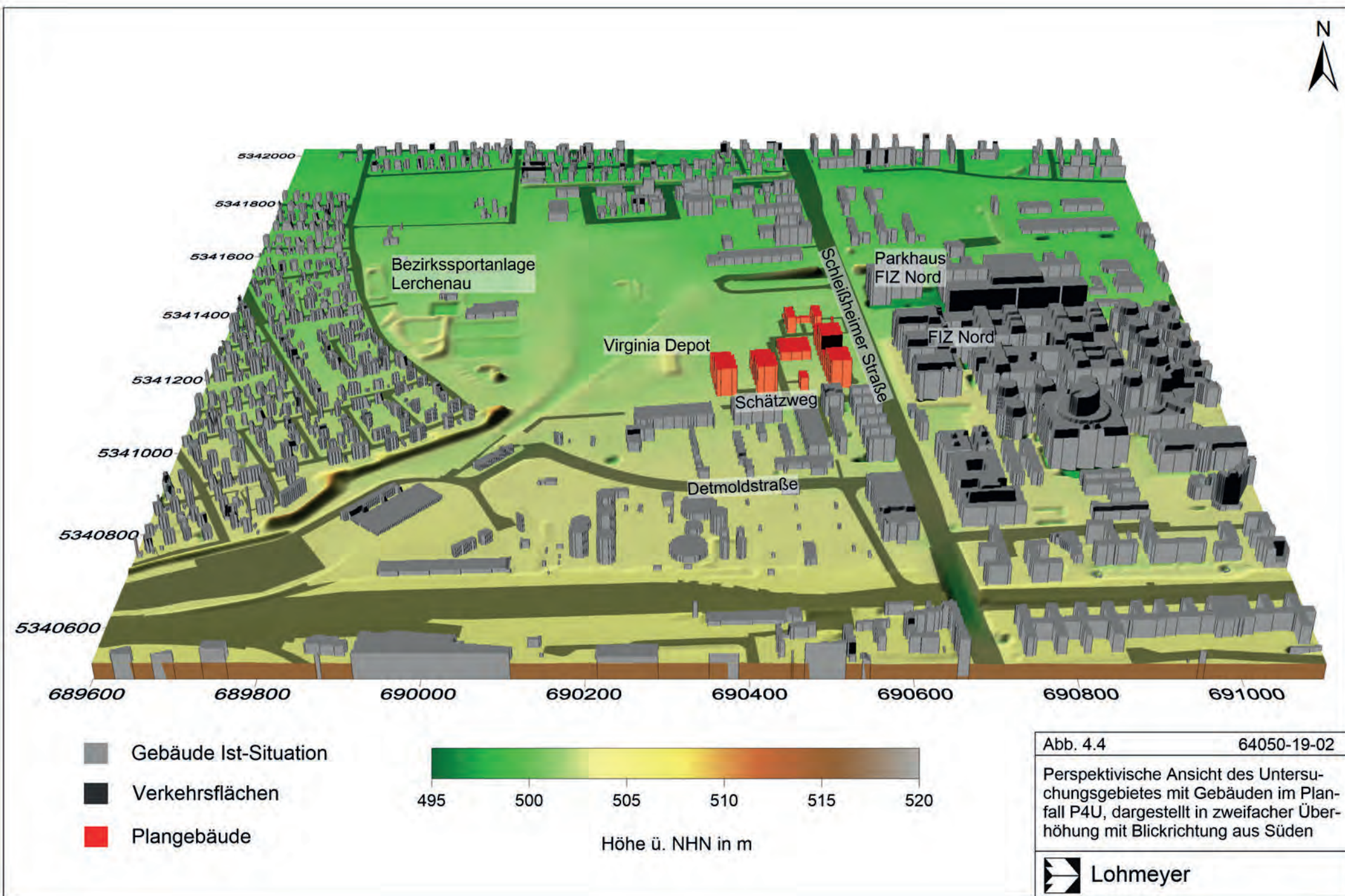


des Schätzwegs und eine 12 m hohe Mensa nördlich davon geplant. Im westlichen Bereich des Plangebietes sind zwei Gebäude für gewerbliche Nutzungen mit 16 m bis 24 m Höhe vorgesehen, die jeweils eine West-Ost-Ausrichtung aufweisen. Nördlich davon ist ein weiteres Gebäude für die Unterbringung von Geflüchteten vorgesehen, das mit einer Höhe von 14 m geplant ist. **Abb. 4.4** zeigt eine perspektivische Darstellung des Plangebietes und der Umgebung mit den Gebäuden der Planvariante „P4U“ in roter Farbe. Die Planvariante „P4U“ weist ebenso wie die Variante „P2“ im Bereich der Schleißheimer Straße eine von Süd nach Nord ausgerichtete Schulbebauung mit etwa 150 m Länge und je abwechselnd etwa 25 m beziehungsweise 14 m hohen Gebäudeteilen aus. Westlich davon sind eine 12 m hohe Mensa im Bereich des Schätzwegs und eine 8 m hohe Turnhalle nördlich davon geplant. Nördlich des Schulgebäudes und der Turnhalle ist eine Gemeinschaftsunterkunft als U-förmiges Gebäude mit maximal drei Stockwerken geplant. Im westlichen Bereich des Plangebietes sind zwei Gebäude für gewerbliche Nutzungen mit 16 m bis 24 m Höhe vorgesehen, die jeweils eine Nord-Süd-Ausrichtung aufweisen. Mit der Planvariante „P4.5“ liegt mittlerweile eine Weiterentwicklung der Variante „P4U“ vor und stellt die aktuelle Grundlage des Bebauungsplanentwurfes dar. Im Vergleich zur Variante „P4U“ weist Variante „P4.5“ eine einheitliche Höhe von 27 m für das Nord-Süd-orientierte Schulgebäude entlang der Schleißheimer Straße auf, dazwischen eine Laufbahn, und sieht ein weiteres 27 m hohes Schulgebäude nördlich davon vor. Die Auswirkungen der Planvariante „P4.5“ auf die lokalklimatischen Verhältnisse werden in Anlehnung an die Variante „P4U“ im Fazit diskutiert.

4.2 Meteorologische Daten

Für München liegen langjährige Messzeitreihen von u. a. dem Wind, der Temperatur und dem Bedeckungsgrad an der Station München-Stadt vom Deutschen Wetterdienst (DWD) vor, die knapp 4 km südsüdwestlich des Plangebietes im Stadtbezirk München-Neuhausen liegt. Die Windrose für München-Stadt von 2000 bis 2019 (**Abb. 4.5**) zeigt die Hauptwindrichtung Westsüdwest und ein Nebenmaximum bei Ostnordost. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.8 m/s in 29 m Höhe, die in etwa 10 m über dem dortigen Dachniveau entspricht.

Eine Auswertung für Heiße Stunden (Lufttemperatur $\geq 30\text{ °C}$) tagsüber mit wenig Bewölkung ($\leq 3/8$) in den Sommermonaten 2000 bis 2019 zeigt, dass diese hauptsächlich bei Anströmungen aus ostnordöstlichen Richtungen in Messhöhe (**Abb. 4.6**) und auch in den unteren Hektometern über Grund (Bründl et al., 1986) auftreten. Kaltluftströmungen können sich abends und nachts bei austauscharmen Wetterlagen mit wenig Bewölkung bilden. Für Nachtstunden mit wenig Bewölkung ($\leq 3/8$) in den Sommermonaten ergeben sich für den



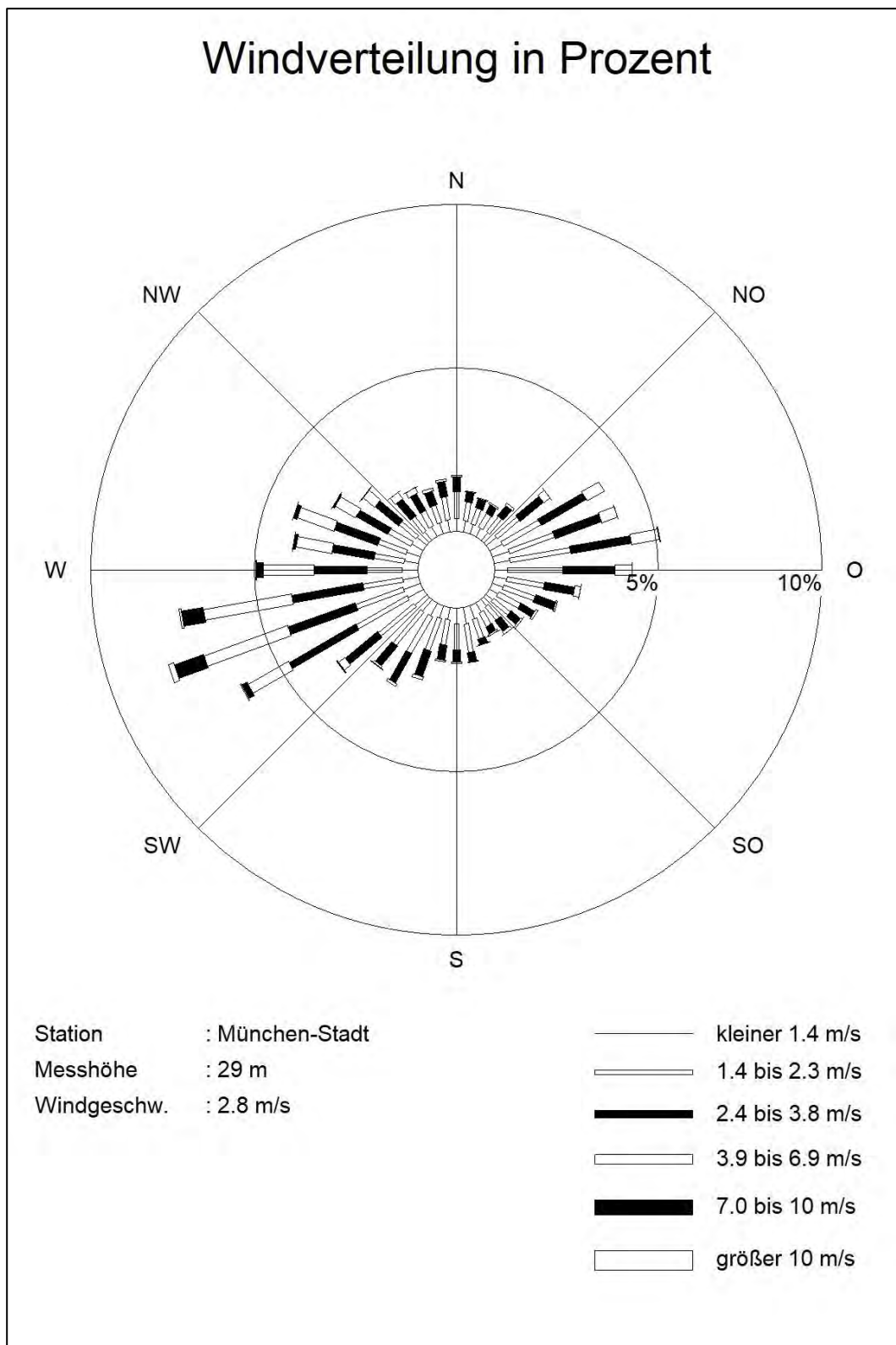


Abb. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station München-Stadt im Zeitraum 2000 bis 2019 (Quelle: DWD)

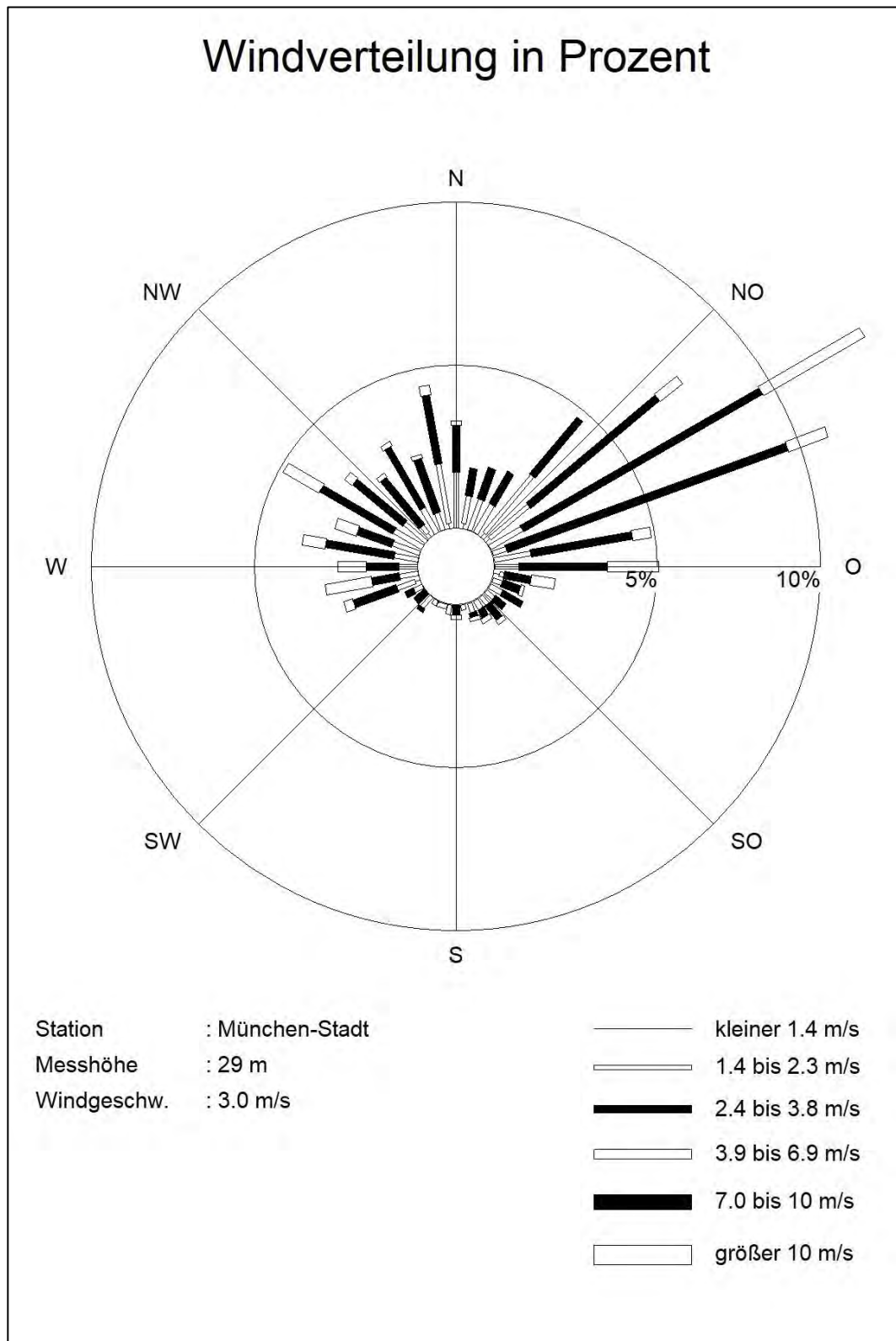


Abb. 4.6: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station München-Stadt für gering bewölkte Stunden tagsüber mit einer Lufttemperatur größer gleich 30 °C in den Sommermonaten 2000 bis 2019 (Quelle: DWD)

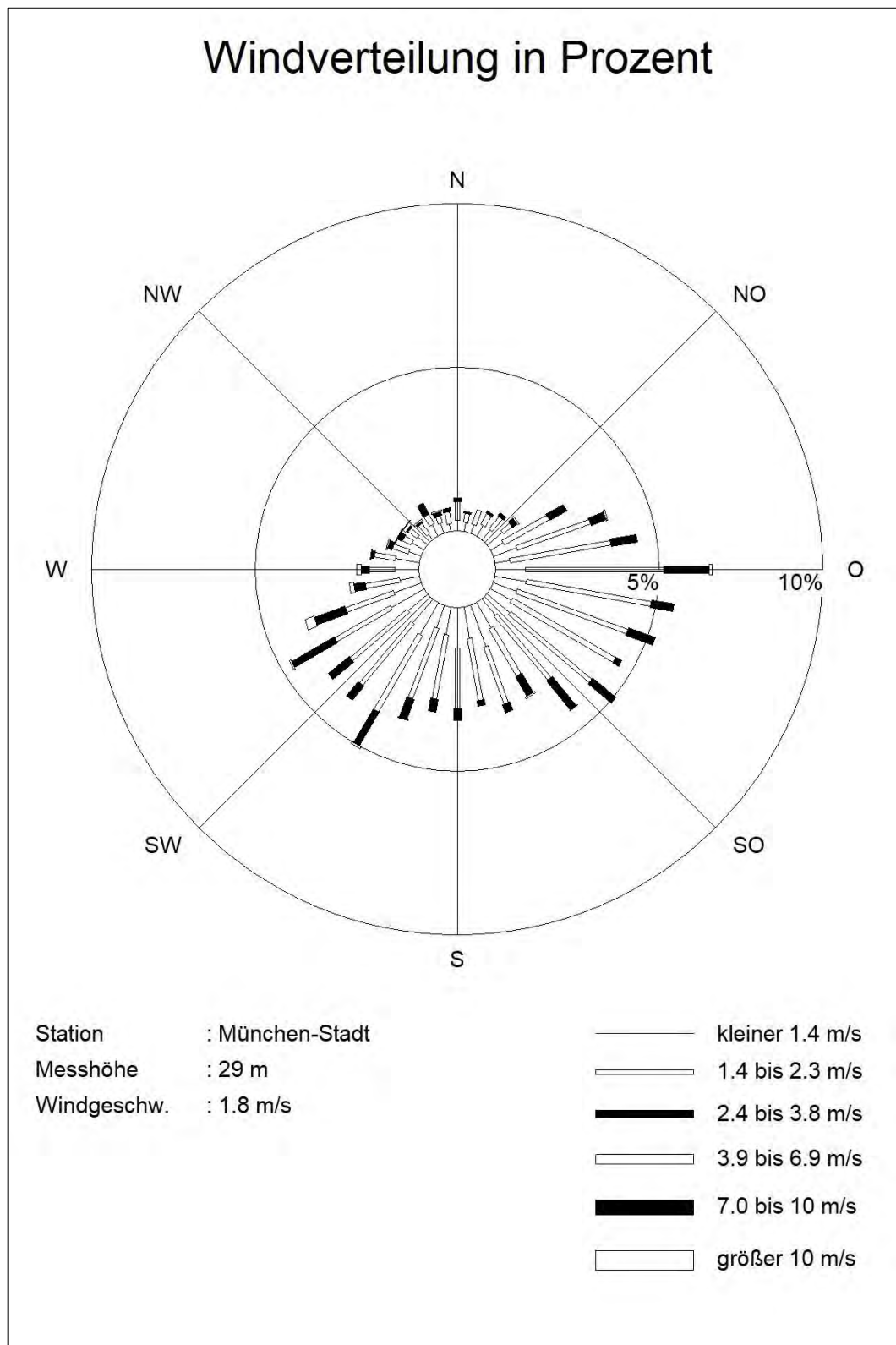


Abb. 4.7: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station München-Stadt für gering bewölkte Stunden nachts in den Sommermonaten 2000 bis 2019 (Quelle: DWD)

Zeitraum von 2000 bis 2019 hauptsächlich östliche bis südwestliche Anströmungen, d. h. etwa zwischen 80 Grad und 240 Grad für München-Stadt bei relativ geringen Anströmgeschwindigkeiten von 1.8 m/s (**Abb. 4.7**). Die Windrichtungsverteilung ist auf ein Zusammenwirken der häufig vorhandenen großräumigen Anströmung Ostnordost bei autochthonen Strahlungswetterlagen im Sommer in Verbindung mit den nächtlichen Kaltluftströmungen aus Süden zurückzuführen. Zudem wird deutlich, dass die nächtlichen Ausgleichsströmungen aus Süden („Alpines Pumpen“) in der Lage sind, die Siedlungsbereiche von München zu überströmen. In der vorliegenden Ausarbeitung werden für die bioklimatischen Berechnungen bewusst Verhältnisse mit starker Wärmebelastung herausgegriffen; die Auswertung der Messdaten zeigt, dass bei diesen Bedingungen nachts überwiegend das Alpine Pumpen wirksam ist.

Abb. 4.8 zeigt beispielhaft Zeitreihen der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchte vom 29.07.2018 bis 01.08.2018 an der Station München-Stadt, **Abb. 4.9** zeigt die dazugehörigen Zeitreihen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Für den 30.07.2018 und 31.07.2018 ergeben sich jeweils Nachmittagswerte von etwa 32 °C beziehungsweise 33 °C, um Mitternacht werden etwa 21 °C beziehungsweise 23 °C gemessen und früh morgens noch etwa 18 °C beziehungsweise 21 °C. In der Zeitreihe der Windrichtung sind tagsüber überwiegend nordöstliche Anströmungen bei etwa 1 m/s bis 3 m/s Windgeschwindigkeit erkennbar. Nach Sonnenuntergang dreht der Wind von östlichen auf südliche Richtungen (29.07.18 auf 30.07.18 und 30.07.18 auf 31.07.18) beziehungsweise von nordöstlichen Richtungen auf südwestliche Richtungen (31.07.18 auf 01.08.18), wobei die Drehung von Mitternacht nach früh morgens tendenziell von Südost über Süd nach Südwest zeigt und den Einfluss des Alpines Pumpens abbildet. Zur Initialisierung des Anfangszustandes der Atmosphäre der Simulationen mit PALM-4U mit nordöstlichem und ohne Antrieb werden die Werte der Temperatur und relativen Feuchte in Anlehnung an die gemessenen Werte des 31.07.2018 um 00 Uhr genutzt. Um die nordöstlichen Anströmungen an heißen Tagen tagsüber abzubilden, wird eine Simulation mit etwa 2 m/s nordöstlicher Anströmung in 10 m Höhe angetrieben und für eine heiße Tagstunde am Nachmittag ausgewertet. Zur expliziten Darstellung des Alpines Pumpens in Kombination mit der lokalen Kaltluft und Flurwinden nachts, wird ohne äußeren Antrieb gerechnet und für zwei Nachtstunden ausgewertet.

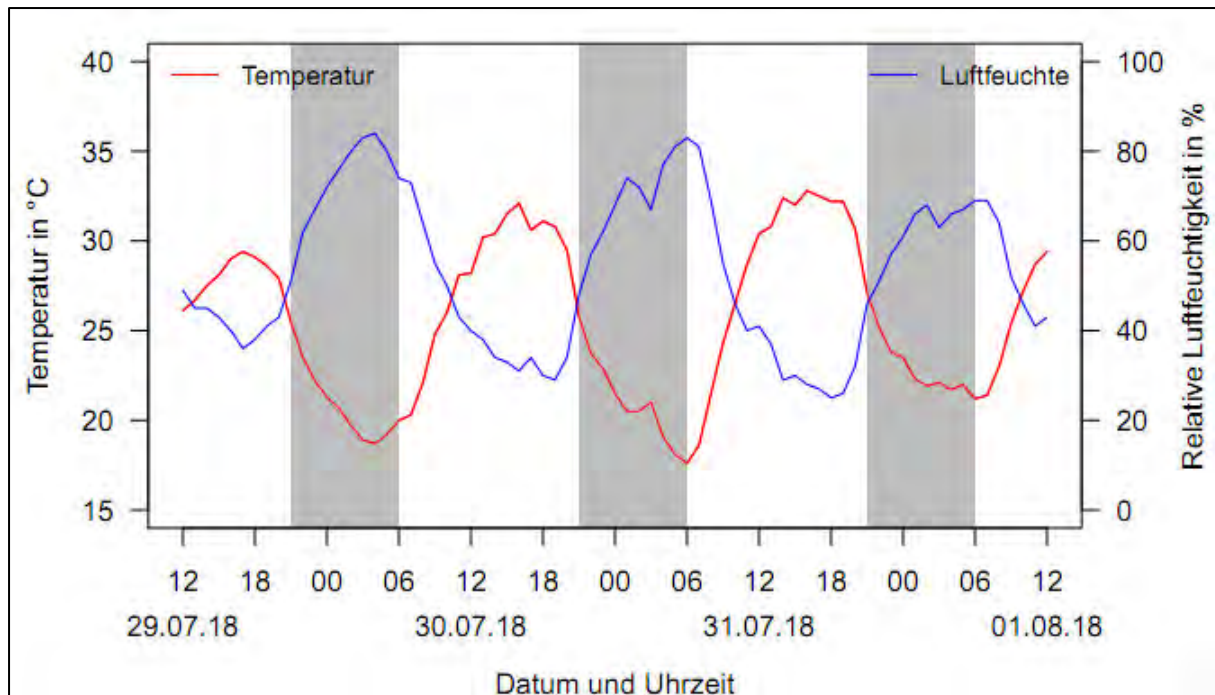


Abb. 4.8: Zeitreihen der Lufttemperatur (rot) und relativen Luftfeuchtigkeit (blau) an der DWD-Station München-Stadt vom 29.07.2018 bis 01.08.2018. Nachstunden sind grau eingefärbt. Quelle: DWD.

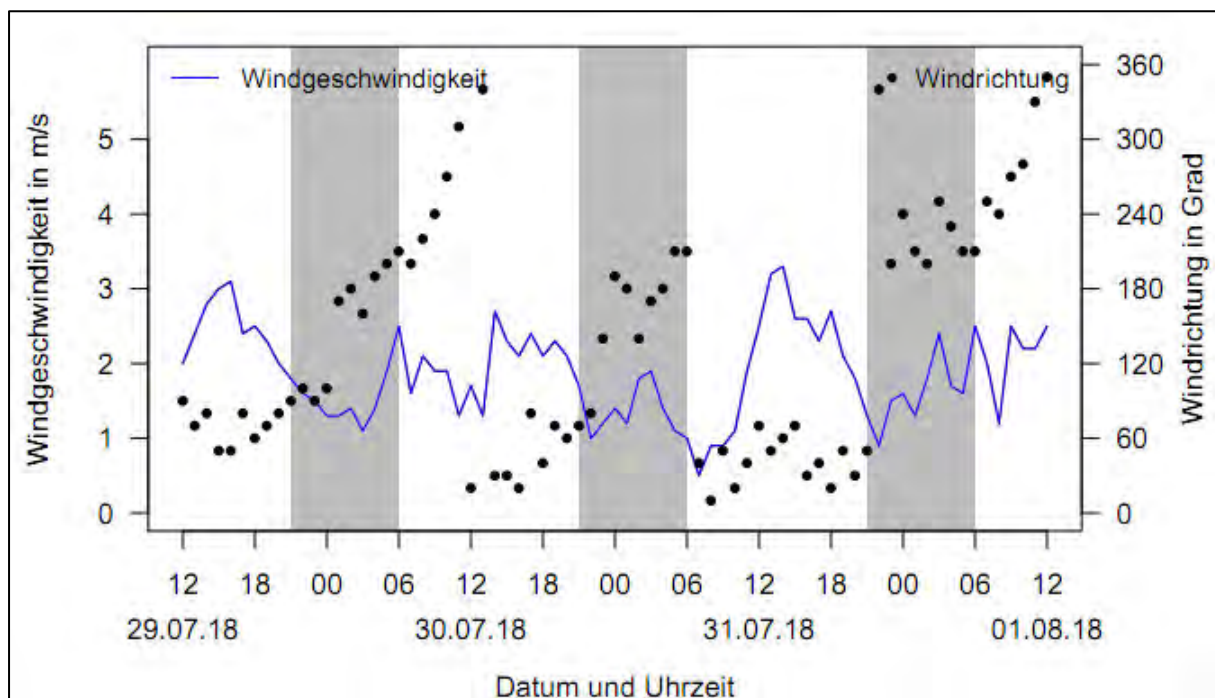


Abb. 4.9: Zeitreihen der Windgeschwindigkeit (blau) und Windrichtung (schwarz) an der DWD-Station München-Stadt vom 29.07.2018 bis 01.08.2018. Nachstunden sind grau eingefärbt. Quelle: DWD.

5 ERGEBNISSE DER BIOKLIMATISCHEN BERECHNUNGEN

Für das Aufzeigen der bioklimatischen Ist-Situation wurden Simulationen für die Ist-Situation mit dem Modell PALM-4U durchgeführt. Dafür wurde ergänzend zum Untersuchungsgebiet das umliegende Gelände mit den Geländeanstiegen berücksichtigt. Das Gebiet wurde so groß gewählt, dass alle Kaltlufteinzugsgebiete der Umgebung erfasst werden, d. h. auch die relevanten Bereiche des Alpenvorlandes und der Alpen.

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

Die thermischen Verhältnisse in Bodennähe werden kleinräumig auch durch die bestehenden Nutzungen, insbesondere durch die bestehenden Oberflächen geprägt. Baumbestandene Vegetationsflächen führen in den Tagstunden bei wolkenarmem Himmel zu moderatem Ansteigen der Lufttemperatur und in den Nachtstunden zu deutlichen Abkühlungen. Flächendeckende, niedere Vegetationsflächen führen in den Nachtstunden zu intensiven Abkühlungen. Über künstlichen Oberflächen (Asphalt, Pflaster, Gebäude etc.) führt die Sonneneinstrahlung zu intensiver Erwärmung der unteren Luftschichten, sodass ein deutlicher Anstieg der Lufttemperatur in den Tagstunden und eine verminderte und verzögerte Abkühlung in den Nachtstunden zu beobachten ist. Neben der Strömungsgeschwindigkeit, Strömungsrichtung und Lufttemperatur in 2 m Höhe wurde der thermische Belastungsindex UTCI (Universal Thermal Climate Index; z. B. Jendritzky et al., 2012, Bröde et al., 2012) ausgewertet. Als meteorologische Größen gehen in den UTCI die Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur, Windgeschwindigkeit und Luftfeuchte ein, die Ausgabe erfolgt anhand einer Äquivalenttemperatur und modelltechnisch bedingt in der Lauf- und Verweilhöhe eines Passanten, d. h. 1.5 m, anstatt in der human-biometeorologischen Höhe von 1.1 m. Für die Bewertung hat dies keine Auswirkungen. Die mittlere Strahlungstemperatur ist definiert als die „einheitliche Temperatur einer schwarz strahlenden Umschließungsfläche (Emissionskoeffizient $\epsilon = 1$), die zu dem gleichen Strahlungsenergiegewinn eines Menschen führt wie die aktuellen, unter Freilandbedingungen meist sehr uneinheitlichen Strahlungsflüsse“. Die mitt-

lere Strahlungstemperatur entspricht in Innenräumen gewöhnlich der Lufttemperatur, kann in besonnten Bereichen im Freien jedoch mehr als 30 K darüber liegen (VDI, 2008). Wärmebelastung tritt ab einem UTCI von 26 °C, starke Wärmebelastung ab 32 °C und sehr starke Wärmebelastung ab 38 °C auf. **Tab. 5.1** zeigt den Werten des UTCI zugeordnete Belastungsklassen.

5.1 Situation am Tag

An einem wolkenlosen sommerlichen Strahlungstag wird bei einer autochthonen Wetterlage meist am späten Nachmittag zwischen 16 Uhr und 18 Uhr (alle Zeitangaben beziehen sich auf MESZ) die höchste Lufttemperatur in 2 m Höhe erreicht. Für die Wärmebelastung eines Menschen ist diese aber nicht allein prägend, sondern neben der Luftfeuchte und der Windgeschwindigkeit vor allem die mittlere Strahlungstemperatur. Diese erreicht im Sommer etwa um 14 Uhr ihren Höchstwert. Als Auswertezeitraum für die Betrachtung der Wärmebelastung am Tag wird eine Stunde am Nachmittag ausgewählt, in der beide Parameter nahe ihrem Höchstwert sind, d. h. etwa um 16 Uhr.

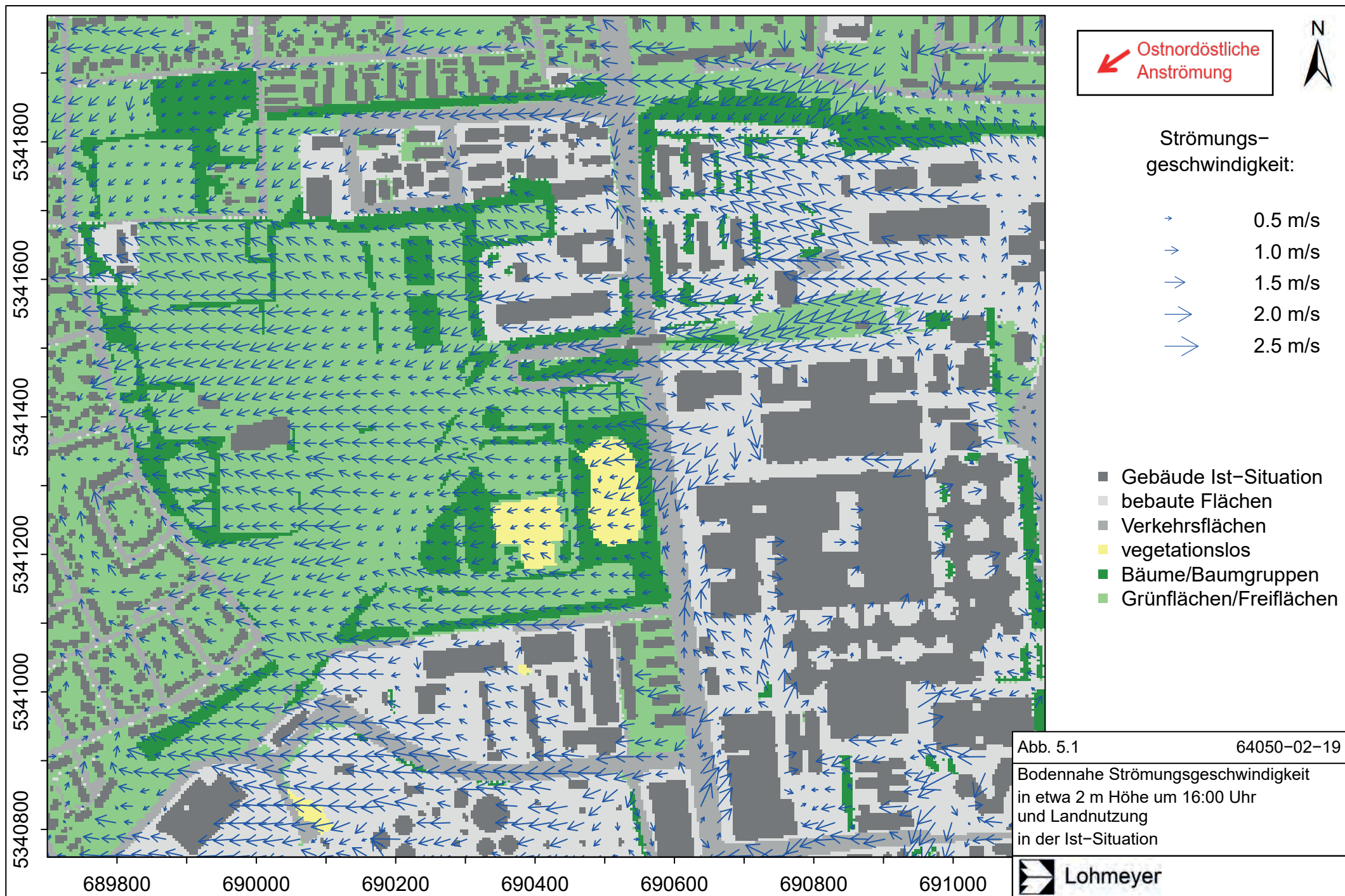
Wertebereich UTCI in °C		Belastungsstufe	Physiologische Wirkung
> +46		extreme Wärmebelastung	} Wärmebelastung
+38 bis +46		sehr starke Wärmebelastung	
+32 bis +38		starke Wärmebelastung	
+26 bis +32		mäßige Wärmebelastung	
+18 bis +26		„thermischer Komfortbereich“	} Keine thermische Belastung
+9 bis +18			
0 bis +9		schwache Kältebelastung	} Kältebelastung
-13 bis 0		mäßige Kältebelastung	
-27 bis -13		starke Kältebelastung	
-40 bis -27		sehr starke Kältebelastung	
< -40		extreme Kältebelastung	

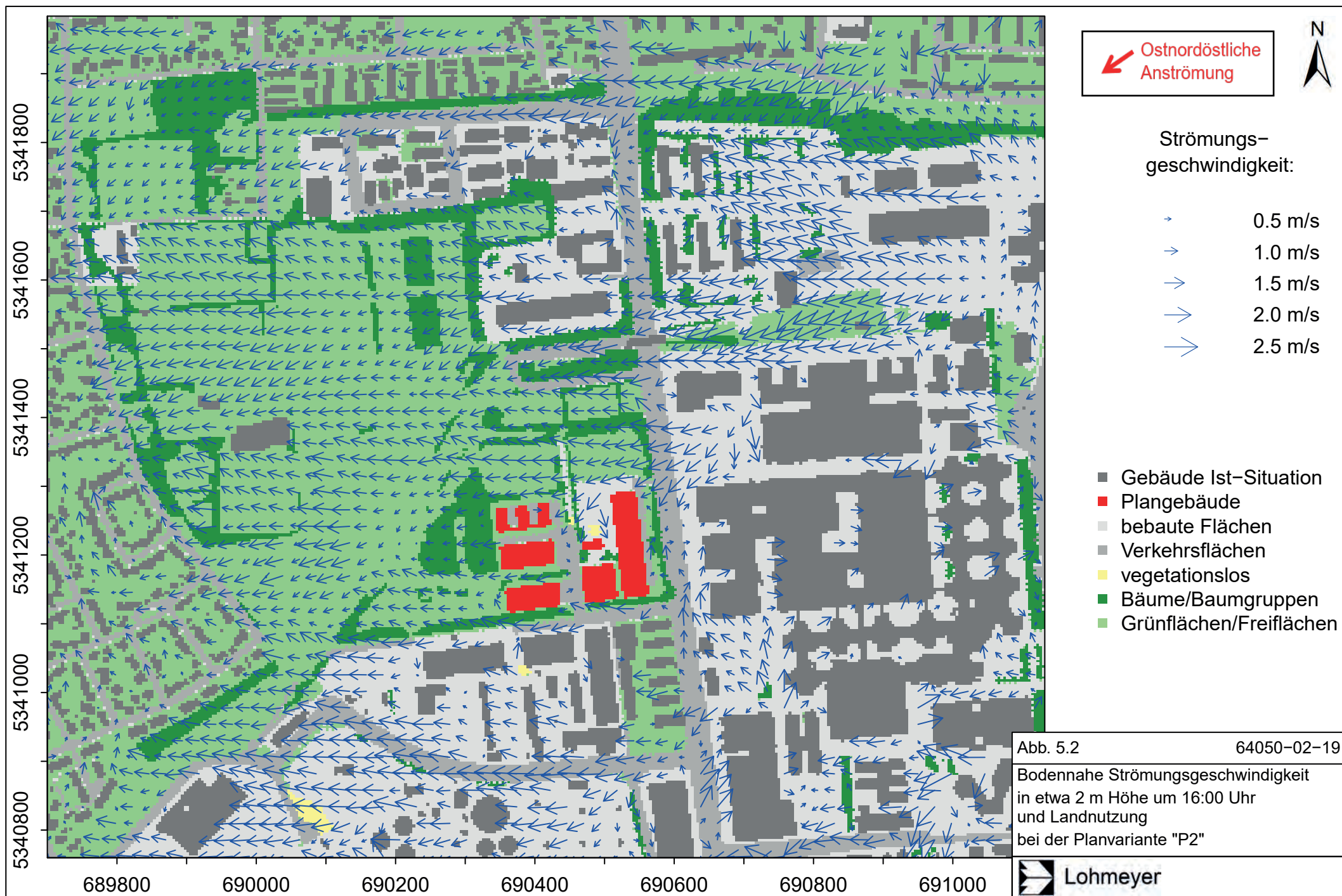
Tab. 5.1: Belastungsklassen des UTCI (Universal Thermal Climate Index)

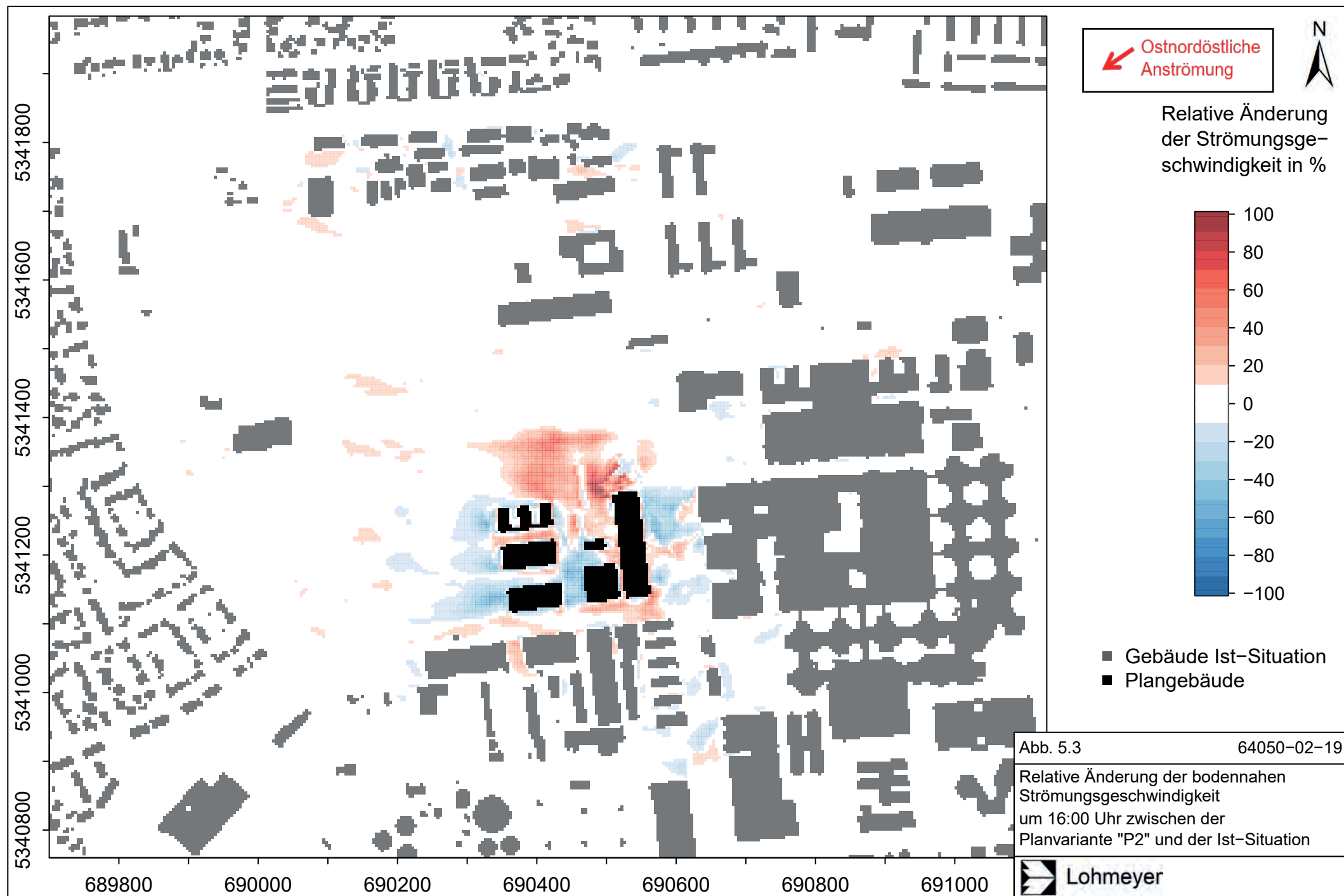
Heiße Tage ergeben sich in München und der Umgebung überwiegend bei Anströmungen aus nordöstlichen Richtungen (**Abb. 4.6**). Deshalb wird die Simulation in den Tagstunden mit schwachem nordöstlichem Antrieb durchgeführt, in Anlehnung an die in **Abschnitt 4.2** dargestellten meteorologischen Initialisierungsgrößen.

Abb. 5.1 zeigt die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund an einem Heißen Sommertag um 16 Uhr im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation; aufgrund der Übersichtlichkeit ist nur jeder sechste Geschwindigkeitsvektor (Pfeil) dargestellt. Über den Freiflächen mit ausreichend Abstand zu Strömungshindernissen ergeben sich östliche bis nordöstliche Anströmungen bei großteils etwa 1 m/s bis 2 m/s Strömungsgeschwindigkeit in Bodennähe, z. B. im Bereich der Bezirkssportanlage Lerchenau. In baumbestandenen Bereichen und auf deren Leeseiten (in Bezug auf die Windrichtung) ist die Windgeschwindigkeit reduziert, beispielsweise im Nordwesten des Untersuchungsgebietes oder in Bereichen des Plangebietes. In Siedlungsbereichen ergeben sich deutliche Modifikation von sowohl der Windgeschwindigkeit als auch der Windrichtung aufgrund der Um- beziehungsweise Überströmungen der Gebäude. In West-Ost-ausgerichteten Straßenzügen, z. B. nördlich des Parkhauses FIZ Nord, ergeben sich aufgrund von Düseneffekten teils etwas über 2 m/s Strömungsgeschwindigkeit in 2 m H. Sonst ist die bodennahe Strömungsgeschwindigkeit im Bereich von Siedlungsbereichen deutlich verringert, z. B. im Bereich der Wohnbebauung westlich der Bezirkssportanlage Lerchenau. Über dem Plangebiet ergeben sich standortabhängig Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0.5 m/s und 2 m/s.

Abb. 5.2 zeigt die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in 2 m über Grund im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P2“, **Abb. 5.3** zeigt die zugehörigen relativen Abweichungen der Windgeschwindigkeit zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation; dabei zeigen Rottöne eine Zunahme und Blautöne eine Abnahme des Parameters. Aufgrund der Planung ergeben sich deutliche Änderungen der Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Plangebäude. Nördlich der Plangebäude ergeben sich etwas höhere Strömungsgeschwindigkeiten aufgrund der flächenhaft geringeren Baumbestände und des geänderten Reliefs, d. h. des Wegfalls des Erd- beziehungsweise Sandhügels aus der Ist-Situation. An Gebäudekanten und in den Bereichen, in denen aufgrund der Planung Düseneffekte entstehen, ergeben sich ebenfalls etwas höhere Strömungsgeschwindigkeiten, z. B. in Teilbereichen des Schätzwegs oder in Teilbereichen zwischen den West-Ost-orientierten Plangebäuden zur gewerblichen Nutzung. Im Lee der Plangebäude, d. h. westlich der Planung, im südlichen Bereich der Plangebäude und entlang der Schleißheimer Straße ergeben sich großteils Verringerungen der Strömungsgeschwindigkeit. In den Bereichen, die etwa 150 m und mehr von den Plangebäuden entfernt liegen, ergeben sich keine



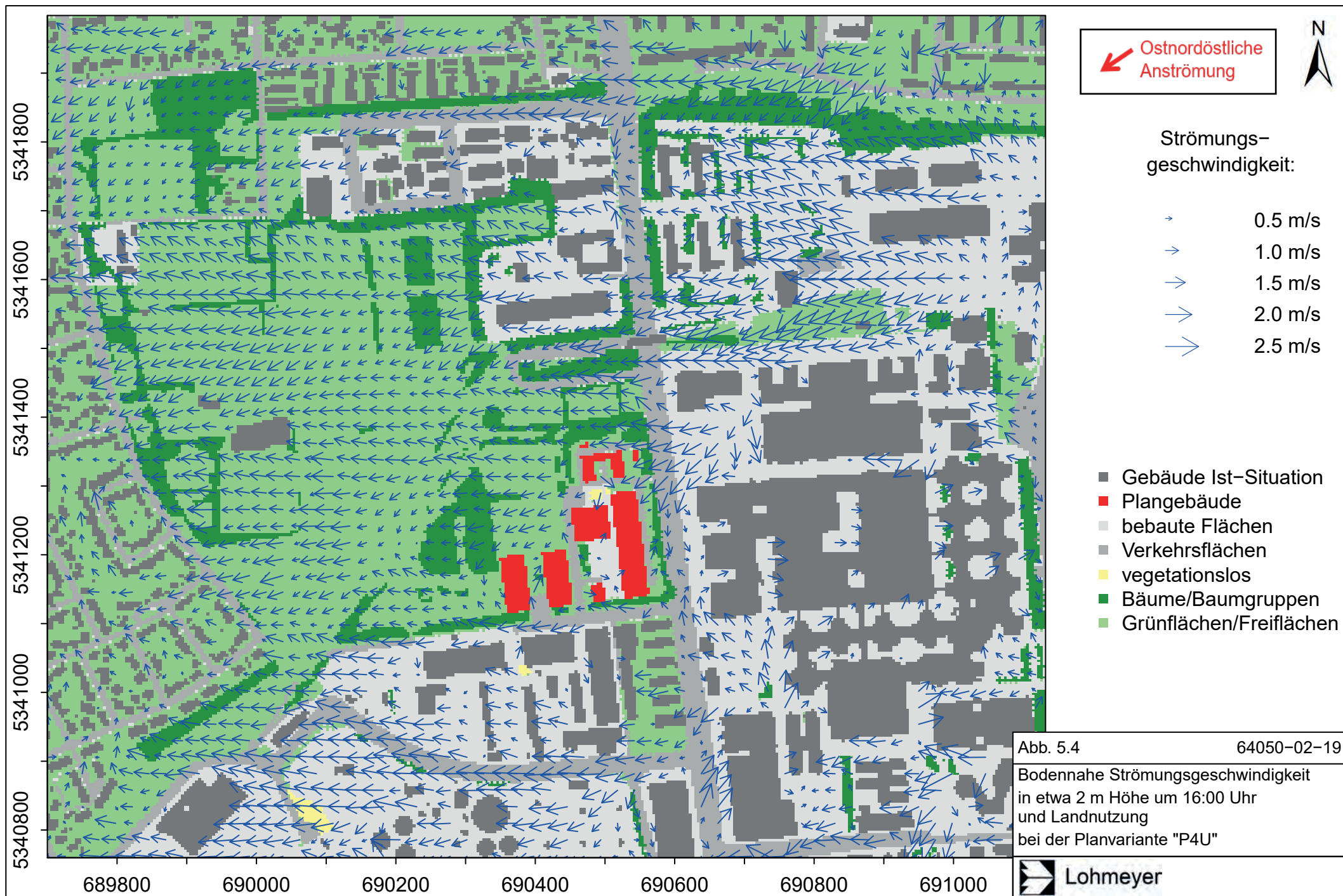


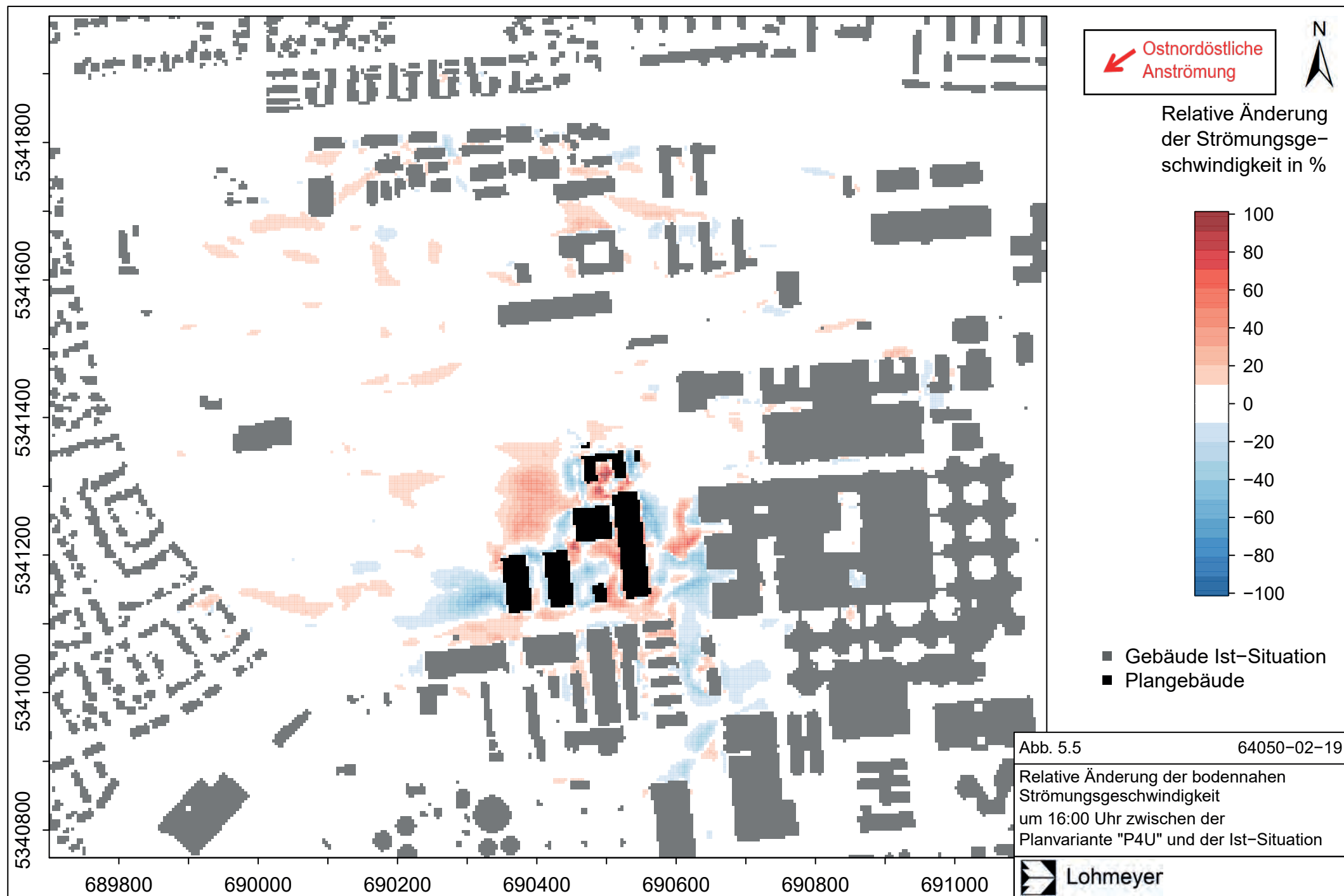


flächenhaften Änderungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Vergleich zur Situation in der Ist-Situation.

Abb. 5.4 zeigt die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P4U“, **Abb. 5.5** zeigt die zugehörigen relativen Abweichungen der Windgeschwindigkeit zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation. Aufgrund der Planung ergeben sich Änderungen der Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Plangebäude. Nordwestlich der Plangebäude ergeben sich etwas höhere Strömungsgeschwindigkeiten als in der Ist-Situation. Wie bei der Planvariante „P2“ ergeben sich an Gebäudekanten und in den Bereichen, in denen aufgrund der Planung Düseneffekte entstehen, ebenfalls etwas höhere Strömungsgeschwindigkeiten, z. B. in Teilbereichen des Schätzwegs. Zwischen den Plangebäuden ergeben sich aufgrund der Strömungsumlenkungen, Düseneffekten und Barrierewirkungen sowohl Zu- als auch Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeiten. Im Lee der Plangebäude, d. h. westlich der Plangebäude, und entlang der Schleißheimer Straße ergeben sich großteils Verringerungen der Strömungsgeschwindigkeit. Wie bei der Planvariante „P2“ werden in Bereichen, die etwa 150 m und mehr von den Plangebäuden entfernt liegen, keine flächenhaften Änderungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Vergleich zur Ist-Situation berechnet.

Abb. 5.6 zeigt die Lufttemperatur in 2 m Höhe um 16 Uhr im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation. Über den unbebauten Freiflächen auf dem Virginia Depot und nordwestlich davon werden großflächig etwa 33 °C berechnet. In zusammenhängend verschatteten Bereichen ergeben sich etwa 32.5 °C, beispielsweise in Teilbereichen des Plangebietes. In siedlungsnahen Bereichen führen Wärmestauungen aufgrund von vertikalen Hindernissen und/oder entsprechend verringerten Strömungsgeschwindigkeiten und Strahlungswechselwirkungen teilweise zu geringfügig höheren Lufttemperaturen, d. h. bis knapp 34 °C. Strahlungswechselwirkungen sind zum einen die Reflektion einfallender kurzwelliger Solarstrahlung an Gebäuden oder anderen geneigten Oberflächen und zum anderen die Abstrahlung langwelliger Wärmestrahlung durch Gebäude beziehungsweise geneigten Oberflächen. Aufgrund von verringerten Luftbewegungen im Nahbereich von Gebäuden beziehungsweise sonstigen Strömungshindernissen entstehen dabei Wärmestauungen. Die strahlungsbedingten Änderungen der Lufttemperatur an vertikal geneigten Flächen variieren je nach Ausrichtung der Fläche gegenüber Süden tageszeitlich mit dem Sonnenverlauf; da die Sonne am Nachmittag im Südsüdwesten steht, sind zu dieser Zeit die südsüdwestlich der Gebäudefassaden liegenden Nahbereiche allgemein eher wärmer und die nordnordöstlich liegenden eher kühler.





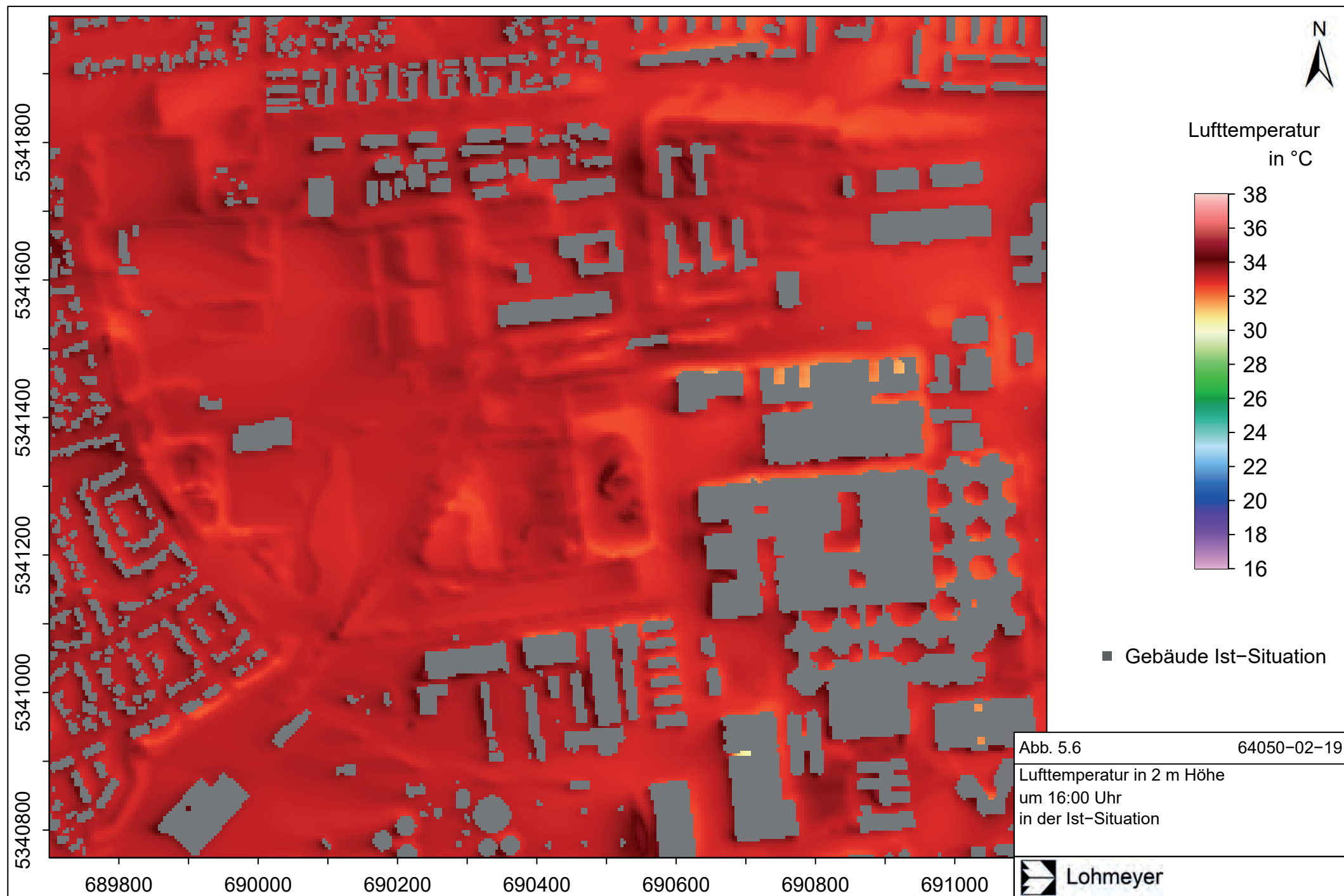


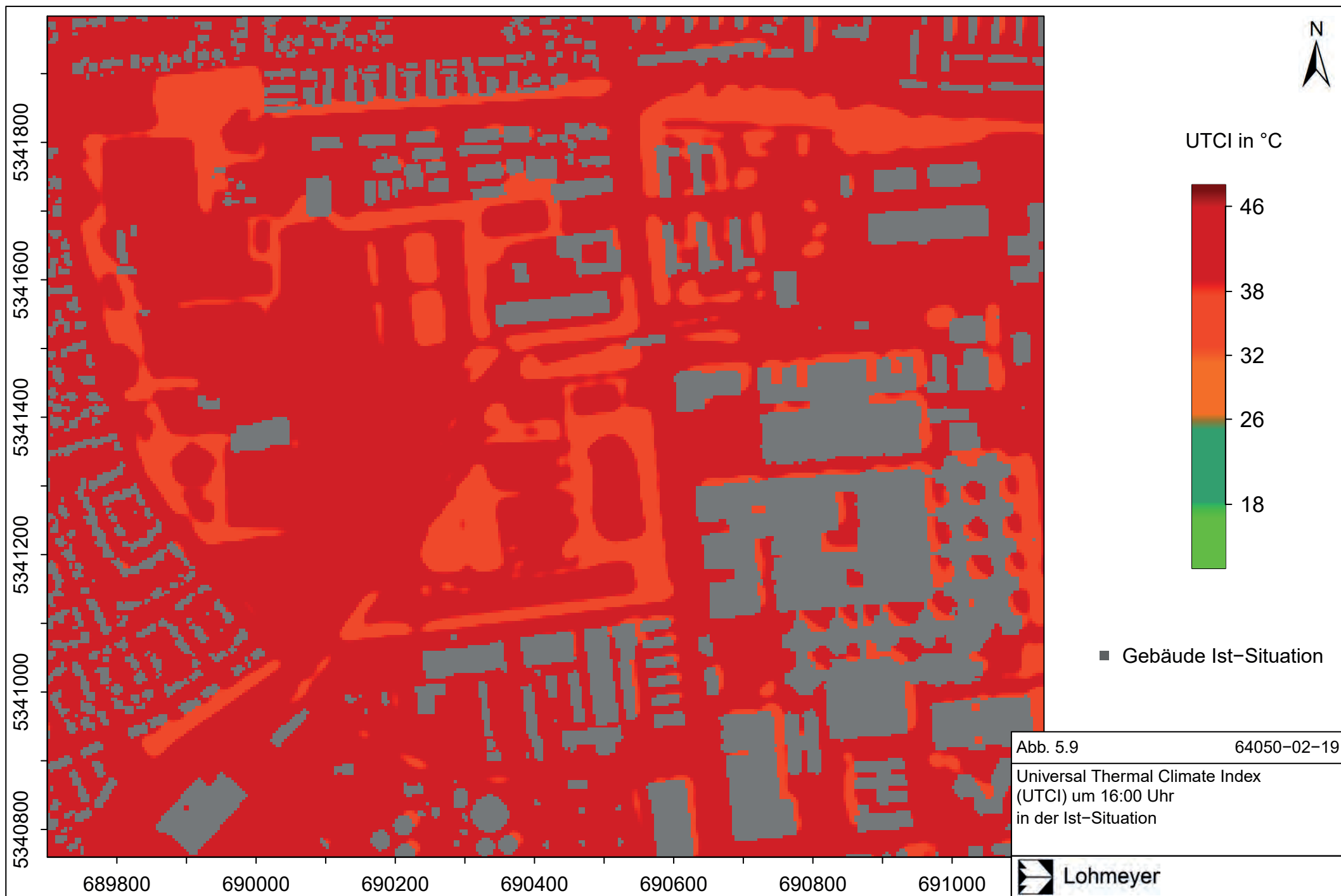
Abb. 5.7 zeigt die Differenz der Lufttemperatur zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation im Untersuchungsgebiet. Aufgrund der zusätzlichen Baukörper, Änderungen der Landnutzung, des Reliefs (Wegfall des Erd- bzw. Sandhügels) und des Baumbestandes ergeben sich lokal sowohl Zu- als auch Abnahmen der Lufttemperatur im Bereich des Plangebietes. Erhöhungen der Lufttemperatur aufgrund der Baukörper sind im Schulhofbereich westlich des Schulgebäudes neben der Mensa und Turnhalle und im südwestlichen Bereich des Plangebietes mit lokal bis zu 1.8 K zu erkennen; für andere Zeitpunkte am Tag (nicht abgebildet), beispielsweise 10 Uhr, 12 Uhr und 14 Uhr, werden in Teilbereichen des Schulhofes etwas geringere Lufttemperaturerhöhungen bis zu 1.2 K berechnet. Etwa 100 m nördlich des geplanten Schulkomplexes ergeben sich etwas höhere Lufttemperaturen im Vergleich zur Ist-Situation, da die Verschattung aufgrund des geringeren Baumbestandes teilweise wegfällt. Verringerungen der Lufttemperatur ergeben sich aufgrund des Reliefs auf dem ehemaligen Erd- bzw. Sandhügel und hauptsächlich an verschatteten oder teils verschatteten Stellen im Bereich der beiden nordwestlichen Plangebäude sowie nördlich davon, da die Temperatur dort in der Ist-Situation schon relativ hoch ist. Außerhalb des Plangebietes werden keine relevanten Änderungen der Lufttemperatur aufgrund der Planung berechnet, d. h. kleiner als 0.3 K und überwiegend weniger als 0.1 K, die als sehr geringe bis keine Änderungen anzusehen sind. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.1** die Lufttemperatur im Fall der Planvariante „P2“ um 16 Uhr.

Abb. 5.8 zeigt die Differenz der Lufttemperatur zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation im Untersuchungsgebiet. Erhöhungen der Lufttemperatur aufgrund der Baukörper sind mit unterschiedlicher Intensität an allen südwestlichen Gebäudefassaden der Plangebäude zu erkennen; im Bereich des Schulhofes werden lokal bis zu 1.5 K Temperaturerhöhung berechnet. Verringerungen der Lufttemperatur ergeben sich wiederum aufgrund des Reliefs auf dem ehemaligen Erd- bzw. Sandhügel und hauptsächlich an verschatteten oder teils verschatteten Stellen im Bereich der beiden westlichen Plangebäude sowie nördlich davon, da die Temperatur dort in der Ist-Situation schon relativ hoch ist. Außerhalb des Plangebietes werden wie bei Planvariante „P2“ keine relevanten Änderungen der Lufttemperatur aufgrund der Planung berechnet. Als Vergleich (nicht abgebildet) zeigen andere Zeitpunkte am Tag, beispielsweise 10 Uhr, 12 Uhr und 14 Uhr, in Teilbereichen des Schulhofes wie bei der Planvariante „P2“ etwas geringere Lufttemperaturerhöhungen mit bis zu 1.2 K. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.2** die Lufttemperatur im Fall der Planvariante „P2“ um 16 Uhr.

Abb. 5.9 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet am Nachmittag für die Ist-Situation. Im Vergleich zur Lufttemperatur ergibt sich hierbei eine größere Spannbreite







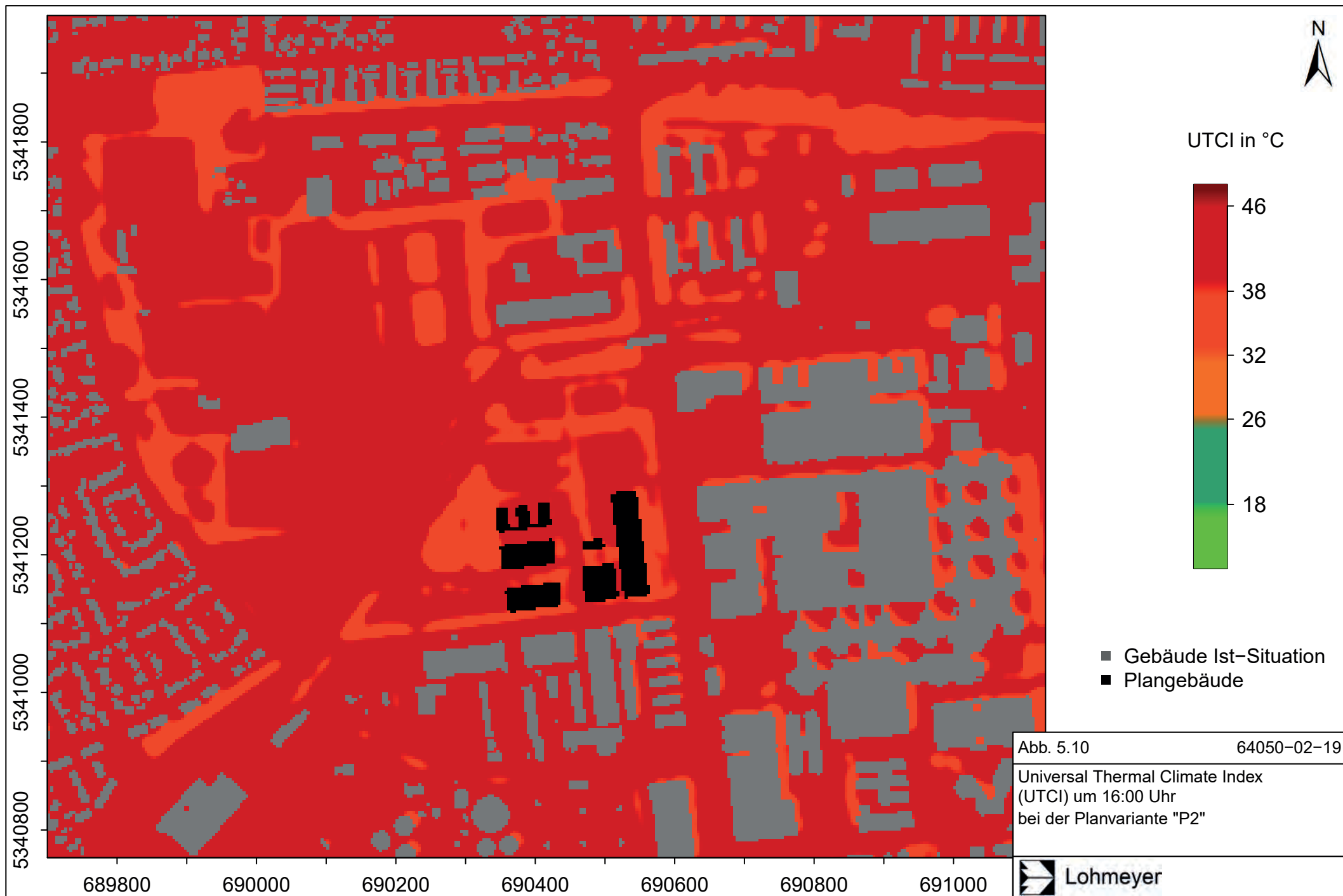
an Werten, die hauptsächlich aufgrund der Differenzen zwischen besonnten und verschatteten Bereichen entsteht. Die räumlichen Unterschiede aufgrund der Verschattungswirkungen resultieren überwiegend aus der daraus resultierenden unterschiedlichen Strahlungstemperatur, die neben der Lufttemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit als meteorologische Größe in die Berechnung des UTCI eingeht. Aufgrund des hohen Lufttemperaturniveaus und der hohen Strahlungstemperatur ergeben sich über den nicht verschatteten Flächen sehr starke Wärmebelastungen, d. h. zwischen 38 °C und 46 °C UTCI, in kleinen Teilbereichen an Südwestfassaden von Gebäuden auch minimal höhere Werte. In verschatteten Bereichen, d. h. unter Bäumen oder im Schatten von Gebäuden, werden starke Wärmebelastungen simuliert, d. h. ein UTCI zwischen 32 °C und 38 °C. Dies betrifft im Untersuchungsgebiet beispielsweise durch hohe Vegetation verschattete Bereiche des Virginia Depots und nachmittags die nördlichen sowie östlichen Nahbereiche der Gebäude.

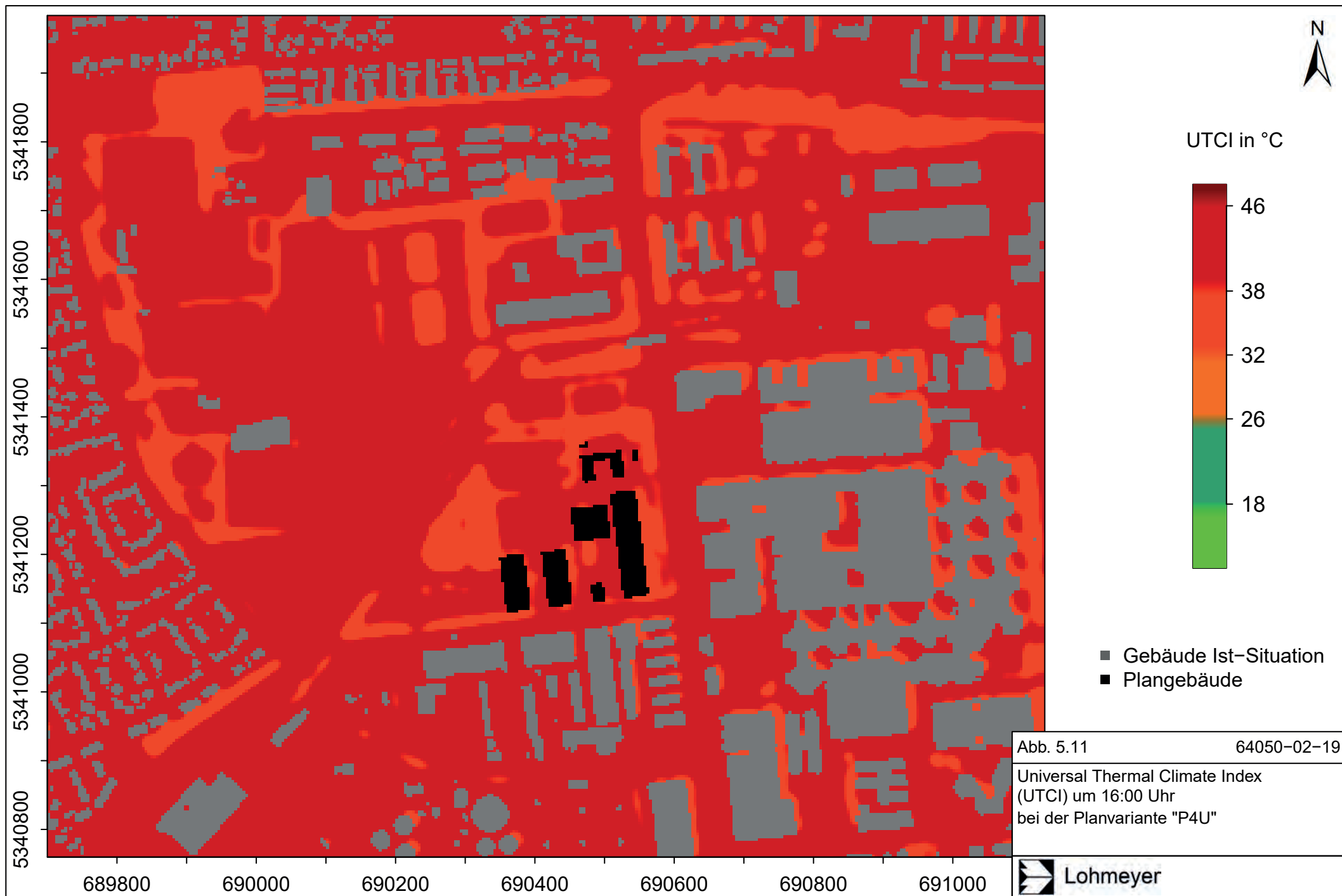
Abb. 5.10 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet am Nachmittag für die Planvariante „P2“. Bei einer autochthonen Wetterlage, d. h. gering bewölkt und wind schwach, bestimmen die Luft – und vor allem die Strahlungstemperatur tagsüber hauptsächlich den UTCI. In Bereichen mit weniger Baumbestand als in der Ist-Situation werden bis zu 6 K höhere Werte des UTCI bei der Planvariante „P2“ im Vergleich zur Ist-Situation berechnet, in durch die geplanten Baukörper verschatteten Bereichen werden bis zu 6 K geringere Werte des UTCI im Vergleich zur Ist-Situation berechnet. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.3** die Differenzen des UTCI zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation um 16 Uhr.

Abb. 5.11 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet am Nachmittag für die Planvariante „P4U“. Die Änderungen in den Bewertungsklassen des UTCI im Vergleich zur Ist-Situation werden wie bei Planvariante „P2“ tagsüber bei einer autochthonen Wetterlage vorwiegend durch die Gebäudeanordnung und Höhe der Baukörper sowie den verschatteten Bereichen durch Vegetation bestimmt. Damit werden lokal westlich des Schulgebäudes und südöstlich der Turnhalle bis zu 8 K mehr als in der Ist-Situation berechnet, an den nordöstlichen Gebäudefassaden des Schulgebäudes werden bis zu 6 K weniger berechnet. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.4** die Differenzen des UTCI zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation um 16 Uhr.

5.2 Situation in der Nacht

Bei autochthonen Strahlungswetterlagen ergibt sich mit dem Sonnenuntergang in unbebauten Bereichen eine spürbare Abkühlung der unteren Luftschichten, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen. Einen großen Anteil daran haben die

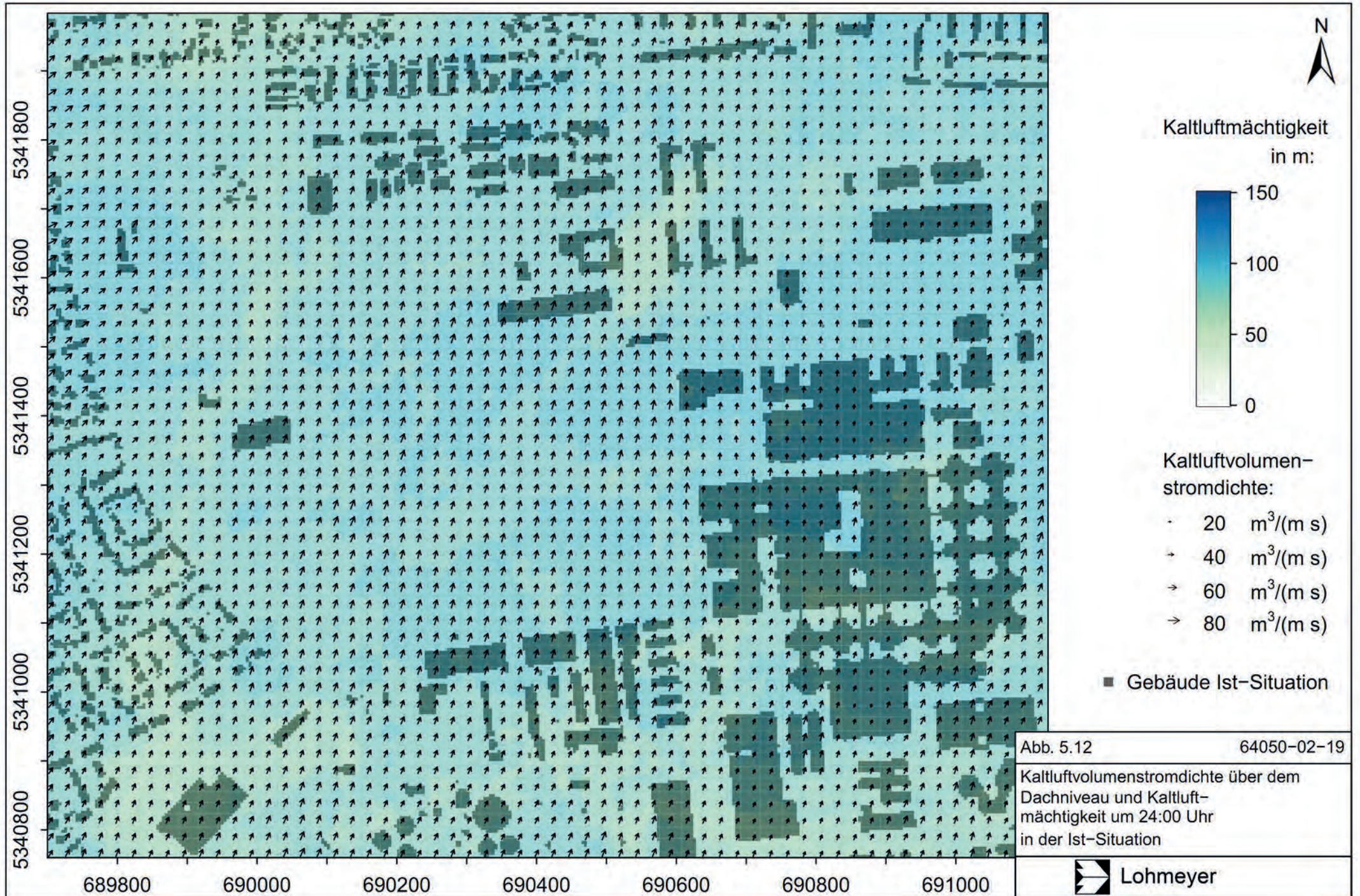




strahlungsbedingten Anteile, d. h. es entsteht eine negative Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche aufgrund von mehr Aus- als Einstrahlung in Folge des Wegfallens der kurzwelligen Einstrahlung der Sonne. In reliefiertem Gelände strömen die bodennah kühlen Luftmassen die Hänge gravitativ hinab und sammeln sich in den nieder gelegenen Bereichen, wie z. B. Senken, Mulden und Tälern, und verstärken dort die Abkühlung. In München und Umgebung überlagern sich nachts bei autochthonen Strahlungswetterlagen verschiedene Effekte. Zwischen dem Alpenvorland und den Alpen entwickeln sich tagesperiodische Ausgleichsströmungen, das sogenannte Alpine Pumpen. Im Laufe der Nacht strömen dadurch bis in mehrere hundert Meter Höhe Luftmassen von den Alpen nach Norden in Richtung des Siedlungsgebietes von München und um- beziehungsweise überströmen dieses. In den unbebauten Bereichen des Untersuchungsgebietes und dessen Umgebung bildet sich bodennah lokale Kaltluft aus, die dem Gelände folgend aus dem Alpenvorland in Richtung des Siedlungsgebietes von München strömt. Im Siedlungsgebiet von München werden die nächtlichen Belüftungsverhältnisse zusätzlich durch die baulichen Bedingungen geprägt. Bei austauscharmen Wetterlagen strömen nachts im Vergleich zu den dicht bebauten und versiegelten Bereichen des Münchner Stadtgebietes kühlere Luftmassen bodennah von den umliegenden vegetationsbestandenen Flächen in Richtung der Siedlungsgebiete. Dadurch ergeben sich im Untersuchungsgebiet komplexe Zusammenhänge zwischen den regionalen mächtigen Kaltluftströmungen aus Süden („Alpines Pumpen“), den reliefbedingten lokalen Kaltluftströmungen aus dem Alpenvorland und den thermischen Ausgleichsströmungen zwischen der Stadt und dem Umland. In Folge ergeben sich im Bereich des Plangebietes unterschiedliche, teils entgegengesetzte Strömungsrichtungen zwischen dem Boden und dem Dachniveau, sodass die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 5 „Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft“ (VDI 3787 Blatt 5, 2003) nicht angewendet werden kann und die Bewertung der nächtlichen thermisch bedingten Ausgleichsströmungen für unterschiedliche Höhenbereiche erfolgt, d. h. in Bodennähe und über dem Dachniveau.

Das äußere Rechengebiet wird für die vorliegende Ausarbeitung so groß gewählt, d. h. inklusive dem Alpenvorland und dem relevanten Teil der Alpen, dass sich die nächtlichen Kaltluftströmungen inklusive des Alpines Pumpens im Modell eigenständig ausbilden. Deshalb wird die Simulation für die nächtlichen Bedingungen im Untersuchungsgebiet ohne äußeren Antrieb durchgeführt, in Anlehnung an die meteorologischen Initialisierungsgrößen aus **Abschnitt 4.2**.

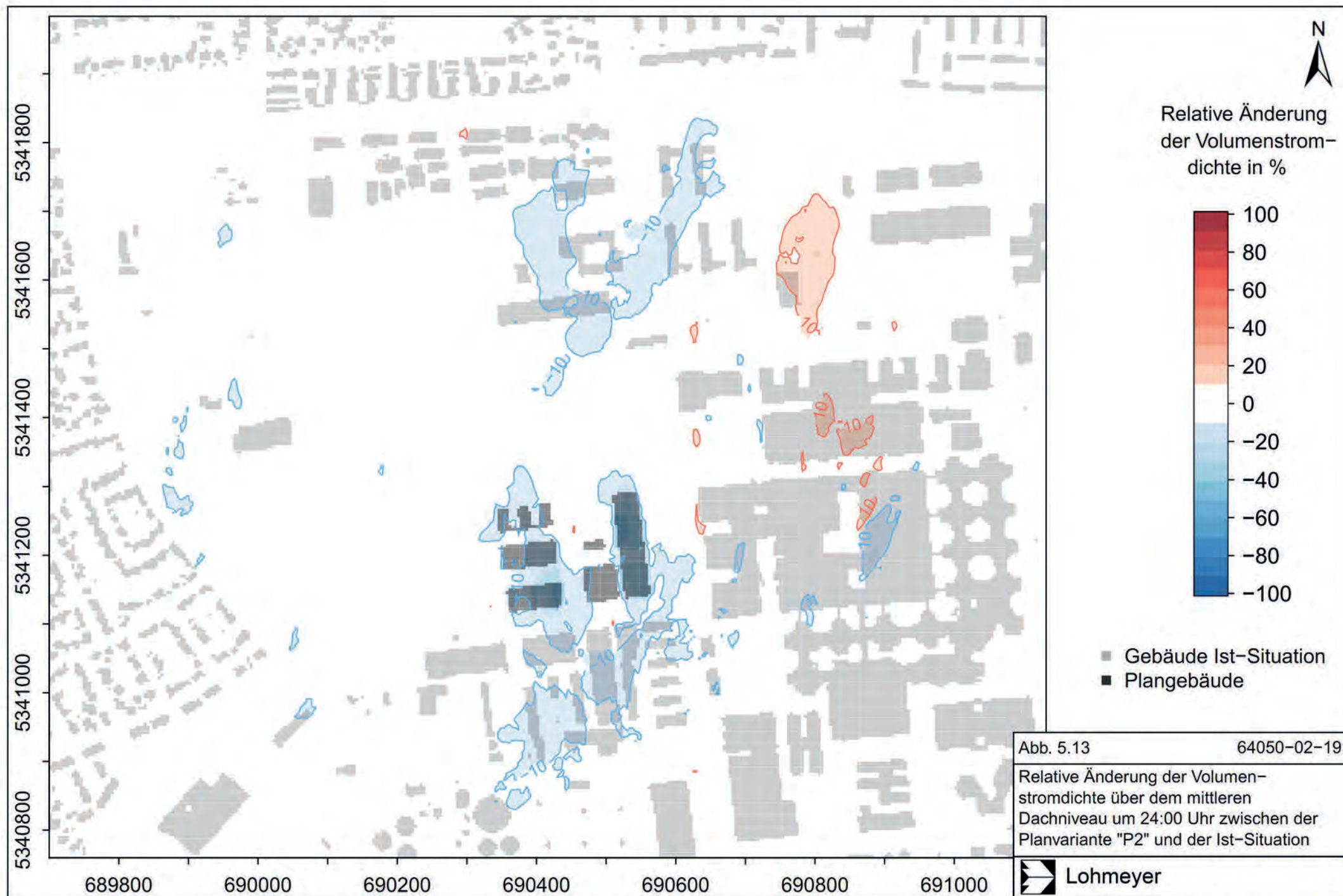
Abb. 5.12 zeigt die Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um Mitternacht im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation. Als Dachniveau wurde in diesem Fall die Höhe der südlich des Plangebietes liegenden Gebäude angenommen, die

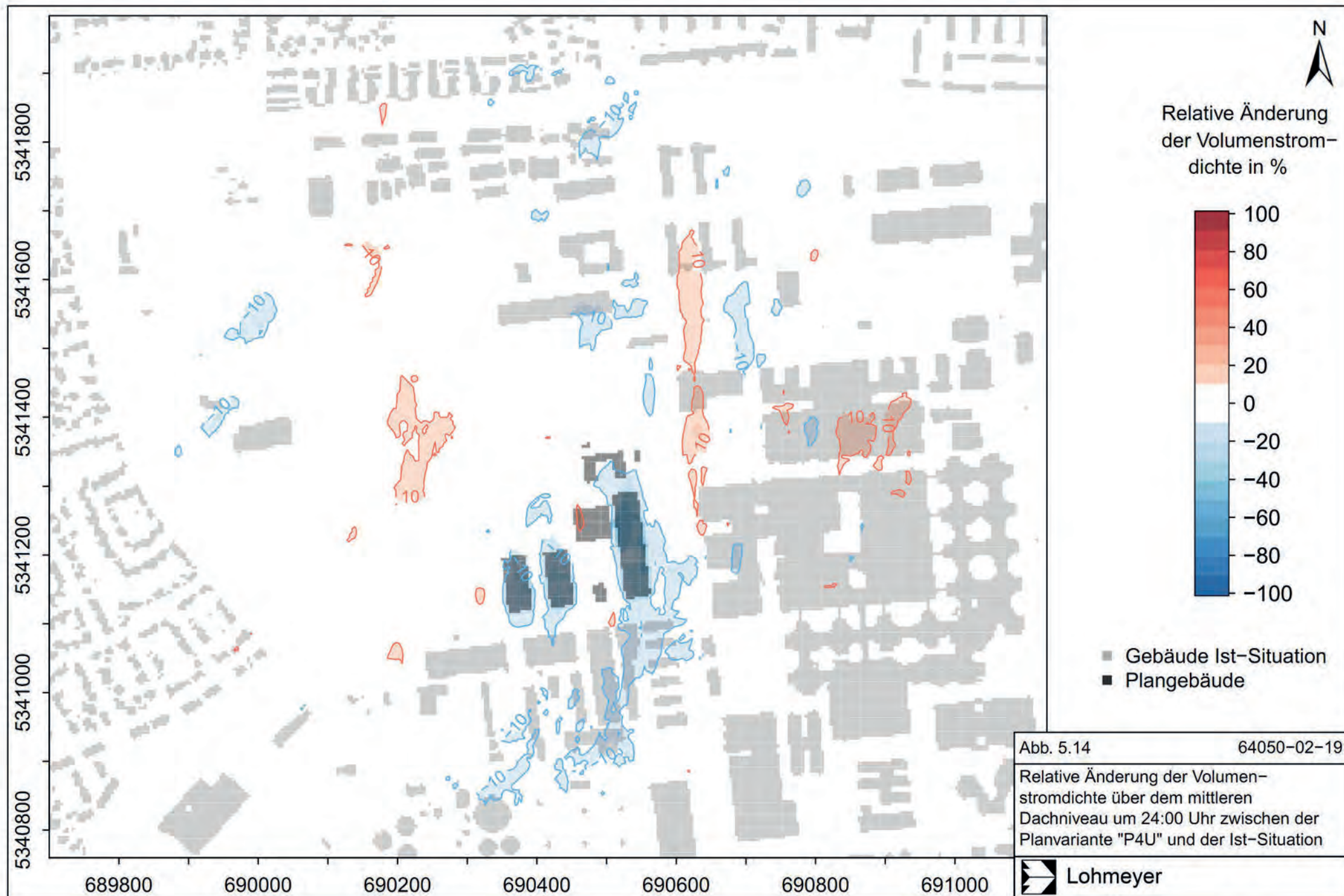


die meisten Gebäude nicht mehr beziehungsweise gerade noch erreichen, d. h. etwa 15 m über Grund. Darüber ergeben sich in den vertikalen Schichten nahezu gleiche Strömungsrichtungen bis zur Höhe der Kaltluftschicht, die in ihrer Mächtigkeit überwiegend auf das Alpine Pumpen zurückzuführen ist. Im Untersuchungsgebiet ergeben sich Kaltluftmächtigkeiten von etwa 60 m bis 80 m Höhe bei räumlich homogenen Anströmungen aus südlicher Richtung. Die Volumenstromdichte liegt großteils zwischen $30 \text{ m}^3/(\text{m s})$ und $50 \text{ m}^3/(\text{m s})$.

Abb. 5.13 zeigt die relativen Änderungen der Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um Mitternacht im Untersuchungsgebiet zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation. Über Teilbereichen des Plangebietes und dessen Nahbereich ergeben sich dabei Verringerungen der Volumenstromdichte um 10 % bis 20 %. Das betrifft Teilbereiche des Bebauungsplangebietes selbst, Teilbereiche der gewerblichen Bebauung südlich des Schätzwegs bis etwa 220 m Entfernung vom Bebauungsplangebiet und Teilbereiche nördlich des Bebauungsplangebietes west- und ostseitig der Schleißheimer Straße bis etwa 400 m Entfernung vom Plangebiet. In den übrigen Bereichen des Untersuchungsgebietes werden keine flächenhaften Änderungen der Volumenstromdichte berechnet, es ergeben sich lokal sowohl Zu- als auch Abnahmen der Volumenstromdichte zwischen 10 % und 20 %, ausgelöst durch die Überströmung der Plangebäude und der nachfolgenden Modifizierung der Strömung. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.5** die Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um Mitternacht im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P2“.

Abb. 5.14 zeigt die relative Änderung der Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um Mitternacht im Untersuchungsgebiet zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation. Wie bei der Planvariante „P2“ werden über Teilbereichen des Plangebietes und dessen Nahbereich Verringerungen der Volumenstromdichte um etwa 10 % bis 20 % simuliert. In den übrigen Bereichen des Untersuchungsgebietes sind keine flächenhaften Änderungen der Volumenstromdichte berechnet, es ergeben sich lokal sowohl Zu- als auch Abnahmen der Volumenstromdichte in Strömungsrichtung, ausgelöst durch die Überströmung der Plangebäude und der nachfolgenden Modifizierung der Strömung; aufgrund der unterschiedlichen Gebäudeanordnung im Vergleich zu Planvariante „P2“ treten die Modifizierungen der Strömung und damit der Volumenstromdichte in anderen Bereichen auf. Die planungsbedingten Änderungen sind praktisch nur im unmittelbaren Nahbereich der geplanten Änderungen wirksam und wirken sich weder auf den gesamten Volumenstrom, noch auf umliegende Siedlungsbereiche aus, sodass unterschiedliche Bewertungen der lokal auftretenden Zu- und Abnahmen in Bezug auf die beiden Varianten nicht möglich sind. Als Ergänzung

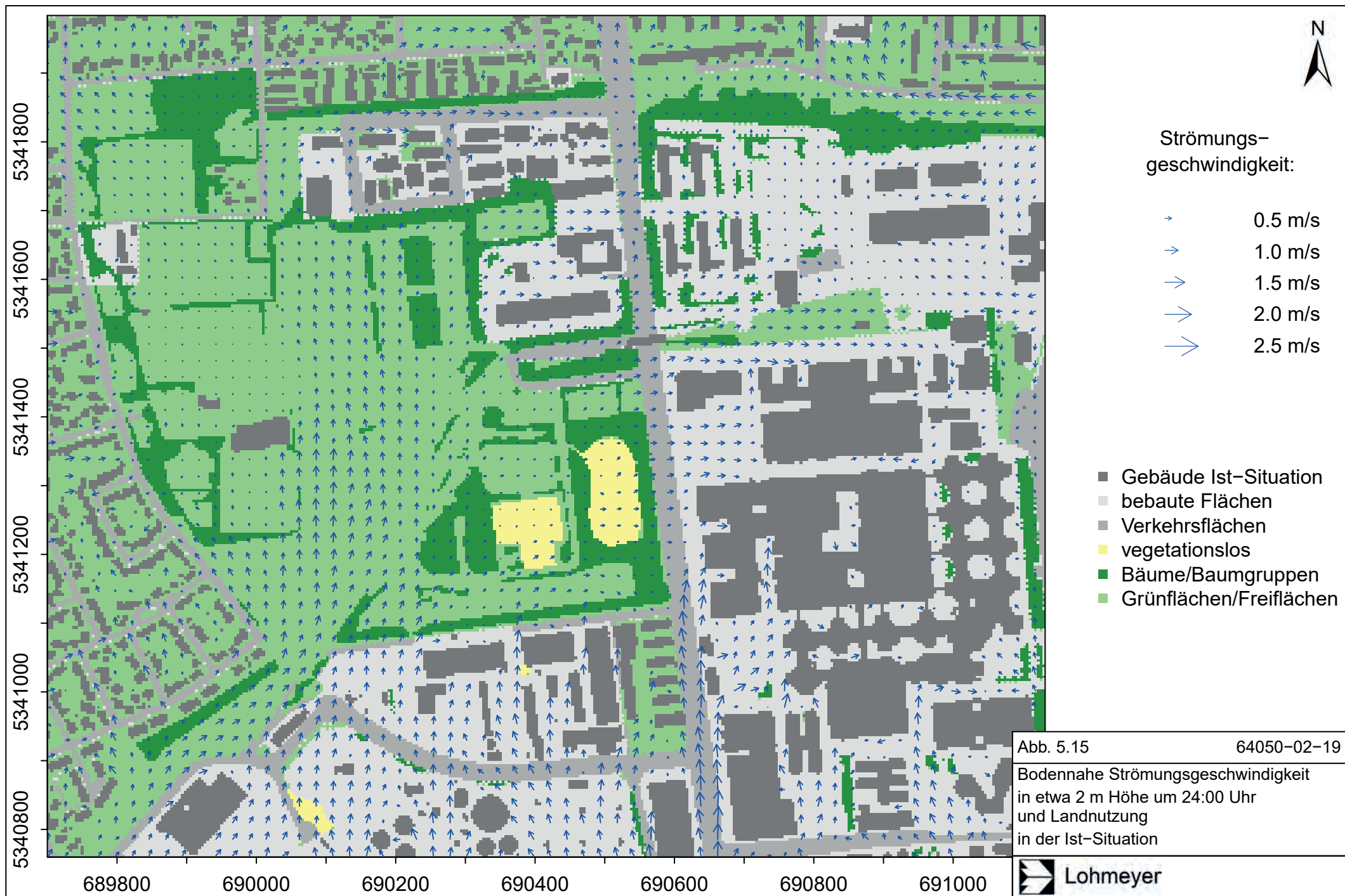


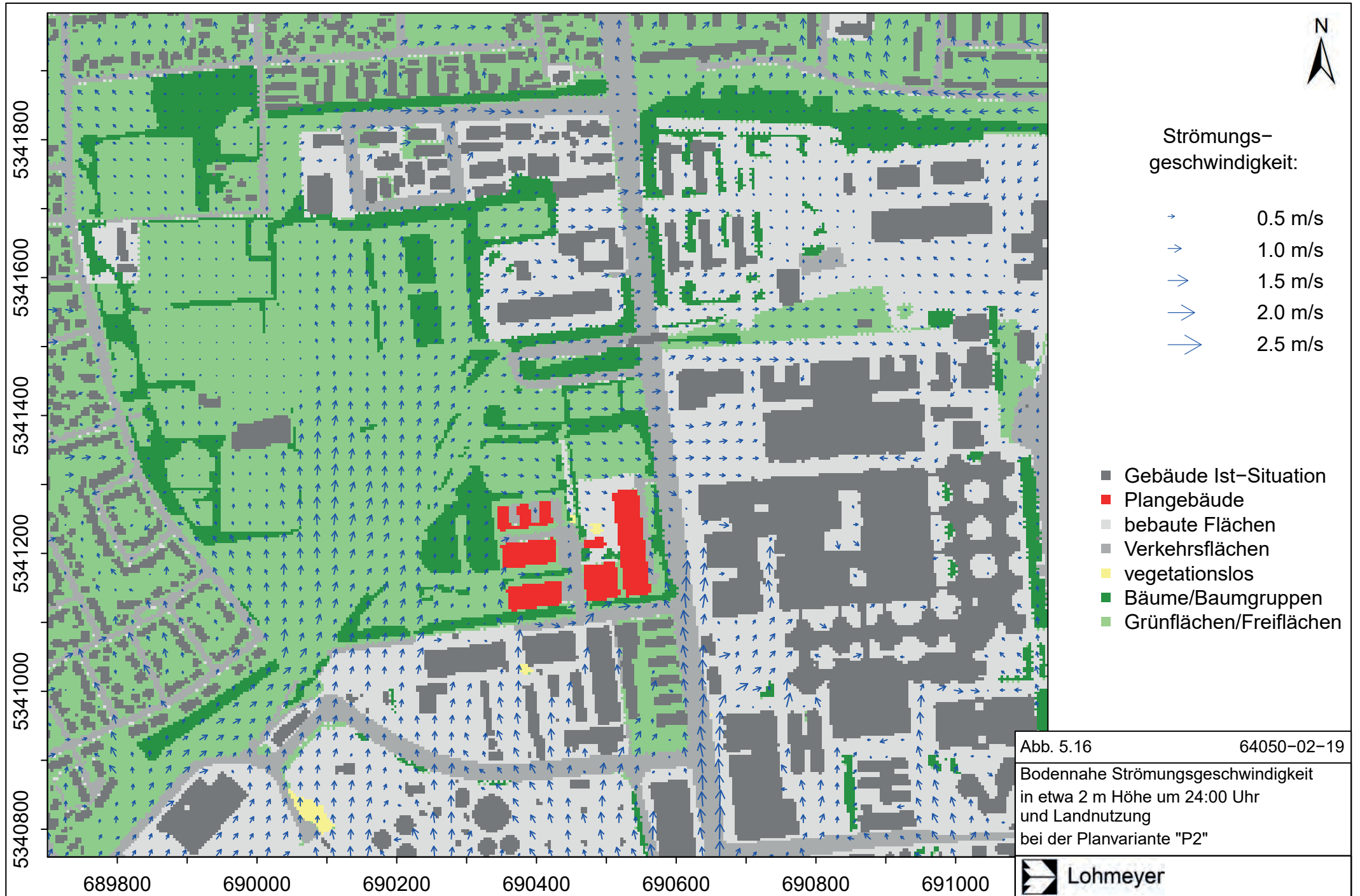


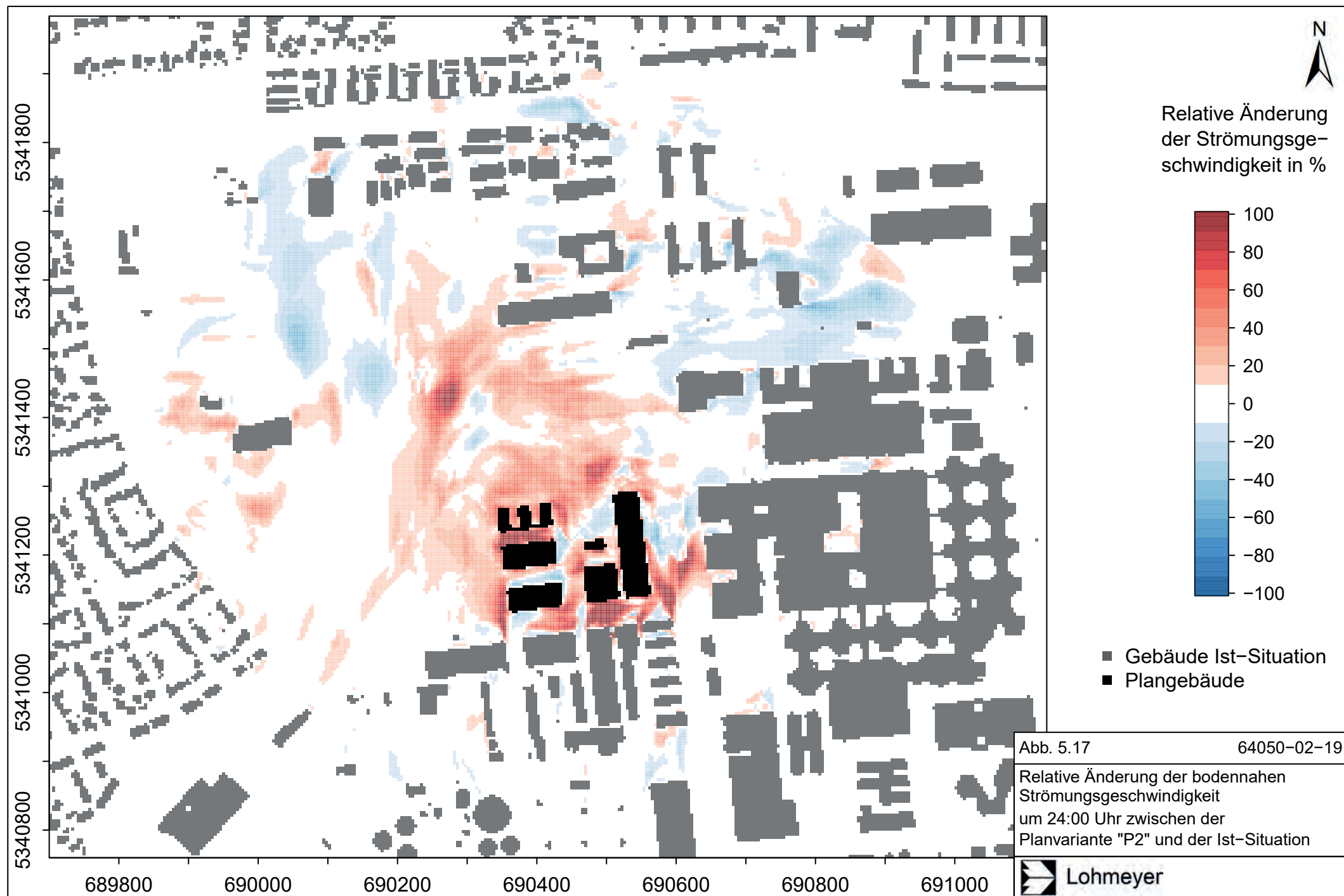
zeigt **Abb. A.6** die Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um Mitternacht im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P4U“.

Unterhalb des Dachniveaus stellt sich ein räumlich variabler Wechsel der durchgehend südlichen Strömungen ab etwa 15 m Höhe zu schwachen ungerichteten Strömungen, d. h. mit Geschwindigkeiten kleiner als etwa 0.5 m/s, bodennah ein. **Abb. 5.15** zeigt die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund um Mitternacht im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation. Im gesamten Untersuchungsgebiet ergeben sich relativ geringe bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten mit maximal bis zu 1 m/s; über den Freiflächen des Virginia Depots setzen sich die heran transportierten Kaltluftströmungen aus südlicher Richtung auch bodennah großflächig mit bis zu 1 m/s durch. In Siedlungsbereichen ergeben sich deutliche Modifikationen von sowohl der Strömungsgeschwindigkeit als auch der Strömungsrichtung, wobei sich teilweise Strömungsgeschwindigkeiten mit bis zu 1 m/s in von Süd nach Nord ausgerichteten Straßenzügen ergeben können, beispielsweise entlang der Schleißheimer Straße. Über dem Plangebiet werden sehr schwache, ungerichtete Strömungen mit weniger als 0.5 m/s berechnet, die im östlichen Bereich des Pangebietes schwach nach Osten hin zur Bebauung gerichtet sind. Die sehr schwachen, ungerichteten Strömungen sind auf das Zusammenwirken der kräftigen südlichen Strömung über Dachniveau (**Abb. 5.12**), d. h. dem Alpinen Pumpen, den lokalen Kaltluftströmungen und den lokalen thermischen Ausgleichsströmungen zwischen der Stadt und dem Umland, d. h. Flurwinden, zu erklären. Die lokalen thermischen Ausgleichsströmungen führen im Bereich des Plangebietes zu schwachen bodennahen Strömungen aus westlichen Richtungen, dem entgegengesetzt sinken die kräftigen südlichen Kaltluftströmungen über Dachniveau im Lee der Bestandsgebäude, d. h. in diesem Fall im Bereich des Schätzwegs, in Strömungsrichtung hinab, sodass sich die Strömungen in Bodennähe gegenseitig überlagern.

Abb. 5.16 zeigt die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in ca. 2 m über Grund um Mitternacht im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P2“. Wie in der Ist-Situation werden im gesamten Untersuchungsgebiet relativ geringe bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten mit maximal bis zu 1 m/s berechnet; über den Freiflächen des Virginia Depots setzen sich die heran transportierten Kaltluftströmungen aus südlicher Richtung weiterhin auch bodennah großflächig mit bis zu 1 m/s durch. Aufgrund der geplanten Baukörper ergibt sich nördlich davon eine zu den Gebäuden hin gerichtete schwache Nordwestströmung mit maximal 0.5 m/s, da sich die intensiven südlichen Kaltluftströmungen über Dachniveau aufgrund der Plangebäude nicht bis zum Boden gegenüber den lokalen thermischen Ausgleichsströmungen zwischen bebauten und unbebauten Flächen durchsetzen können. Dazu zeigt **Abb. 5.17** die relativen Änderungen der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet

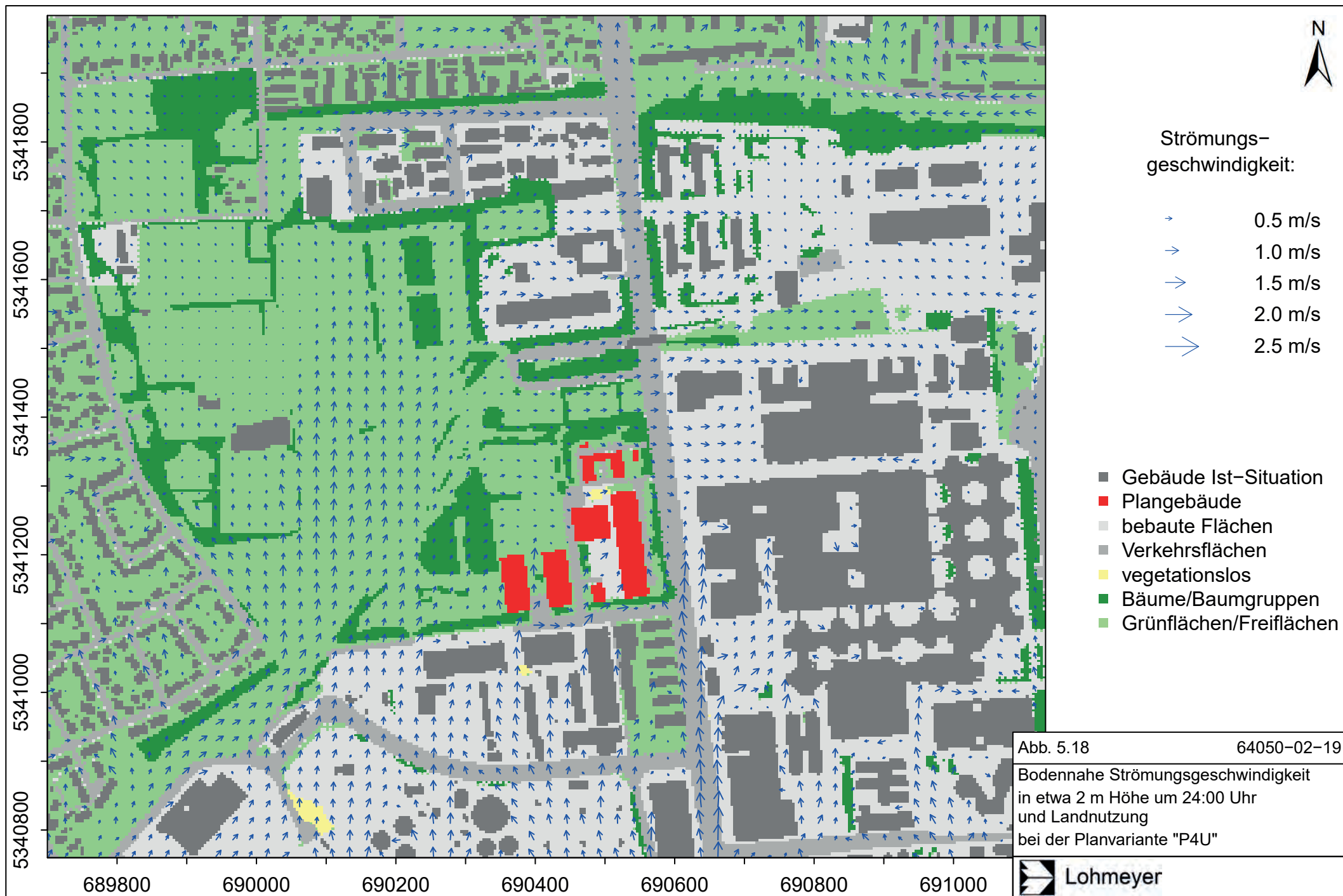


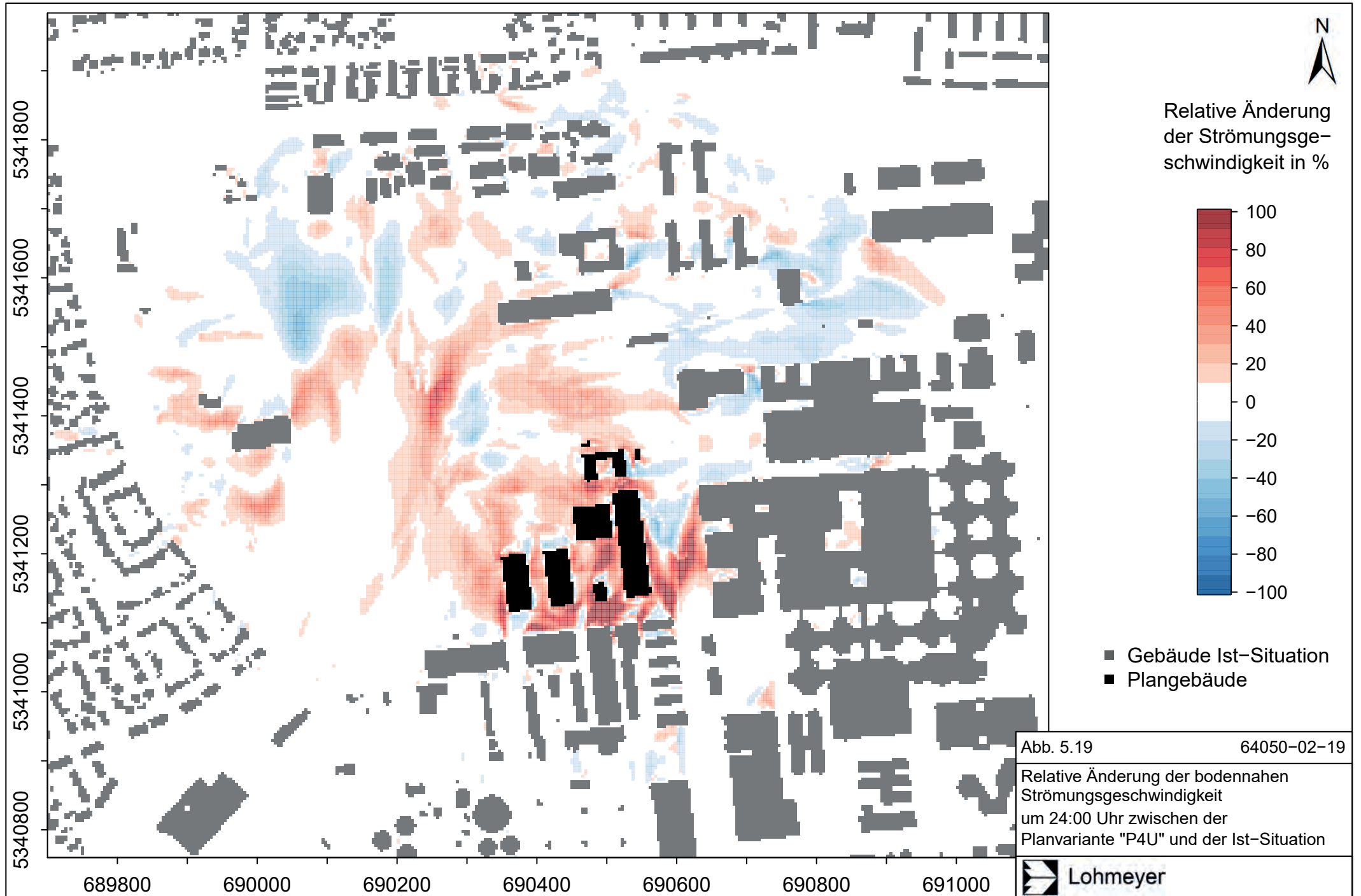




zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation um Mitternacht. Über dem Plangebiet ergeben sich dabei großteils höhere Strömungsgeschwindigkeiten, d. h. lokal bis zu 100 % relative Änderung, die überwiegend weniger als 0.2 m/s absoluter Änderung entsprechen, als in der Ist-Situation; dies ist darauf zurückzuführen, dass die Strömungsgeschwindigkeit dort in der Ist-Situation schon sehr gering war und aufgrund der Umströmung der Baukörper sowie thermischen Ausgleichsströmungen zwischen den Baukörpern und dem Umland etwas höhere, aber immer noch sehr geringe, meist ungerichtete Strömungen vorherrschen. Außerhalb des Plangebietes werden geringe Zunahmen der Strömungsgeschwindigkeit berechnet, relativ bis zu 100 %, die überwiegend weniger als 0.2 m/s Änderung entsprechen, und von der Planbebauung bis etwa 250 m nach Norden und 200 m nach Westen über die Freiflächen des Virginia-Depots reichen. Leichte Abnahmen mit weniger als 60 %, die überwiegend weniger als 0.2 m/s entsprechen, werden im Bereich nördlich und nordöstlich des Parkhauses FIZ Nord berechnet, sowie im Bereich der unbebauten Freiflächen zwischen 250 m und 500 m nordwestlich der geplanten Bebauung. In den übrigen Bereichen ergeben sich kleinräumig sowohl Zu- und Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeiten, die keinen eindeutigen Einfluss auf die nächtliche Belüftungssituation haben. Eine differenzierte Bewertung von Strömungsfeldern unterhalb von etwa 0.5 m/s ist nicht belastbar gegeben. Aus Vergleichen unterschiedlicher Zustände bei diesen geringen Strömungsgeschwindigkeiten ergeben sich zwar deutliche relative Änderungen, die aus fachlicher Sicht aber in keinem belastbaren Zusammenhang mit Bewertungskategorien stehen.

Abb. 5.18 zeigt die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund um Mitternacht im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P4U“, **Abb. 5.19** zeigt die dazugehörigen relativen Änderungen zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation. Wie in der Ist-Situation und bei der Planvariante „P2“ werden im gesamten Untersuchungsgebiet relativ geringe bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten mit maximal bis zu 1 m/s berechnet; über den Freiflächen des Virginia Depots setzen sich die heran transportierten Kaltluftströmungen aus südlicher Richtung weiterhin auch bodennah großflächig mit bis zu 1 m/s durch. Über dem Plangebiet ergeben sich dabei großteils höhere Strömungsgeschwindigkeiten, d. h. lokal bis zu 100 % relative Änderung, die überwiegend weniger als 0.2 m/s absoluter Änderung entsprechen, als in der Ist-Situation. Aufgrund der geplanten Baukörper ergibt sich nordwestlich der Plangebäude eine zu den Gebäuden hin gerichtete schwache Nordwestströmung, aufgrund der Gebäudeanordnung jedoch auf sehr geringem Geschwindigkeitsniveau und nochmals etwas schwächer als bei Planvariante „P2“. Außerhalb des Plangebietes ergeben sich wie bei Planvariante „P2“ in vergleichbaren Teilbereichen lokal Zunahmen bis zu 100 % und Abnahmen bis etwa 60 % der Strömungsgeschwindigkeit, die absoluten

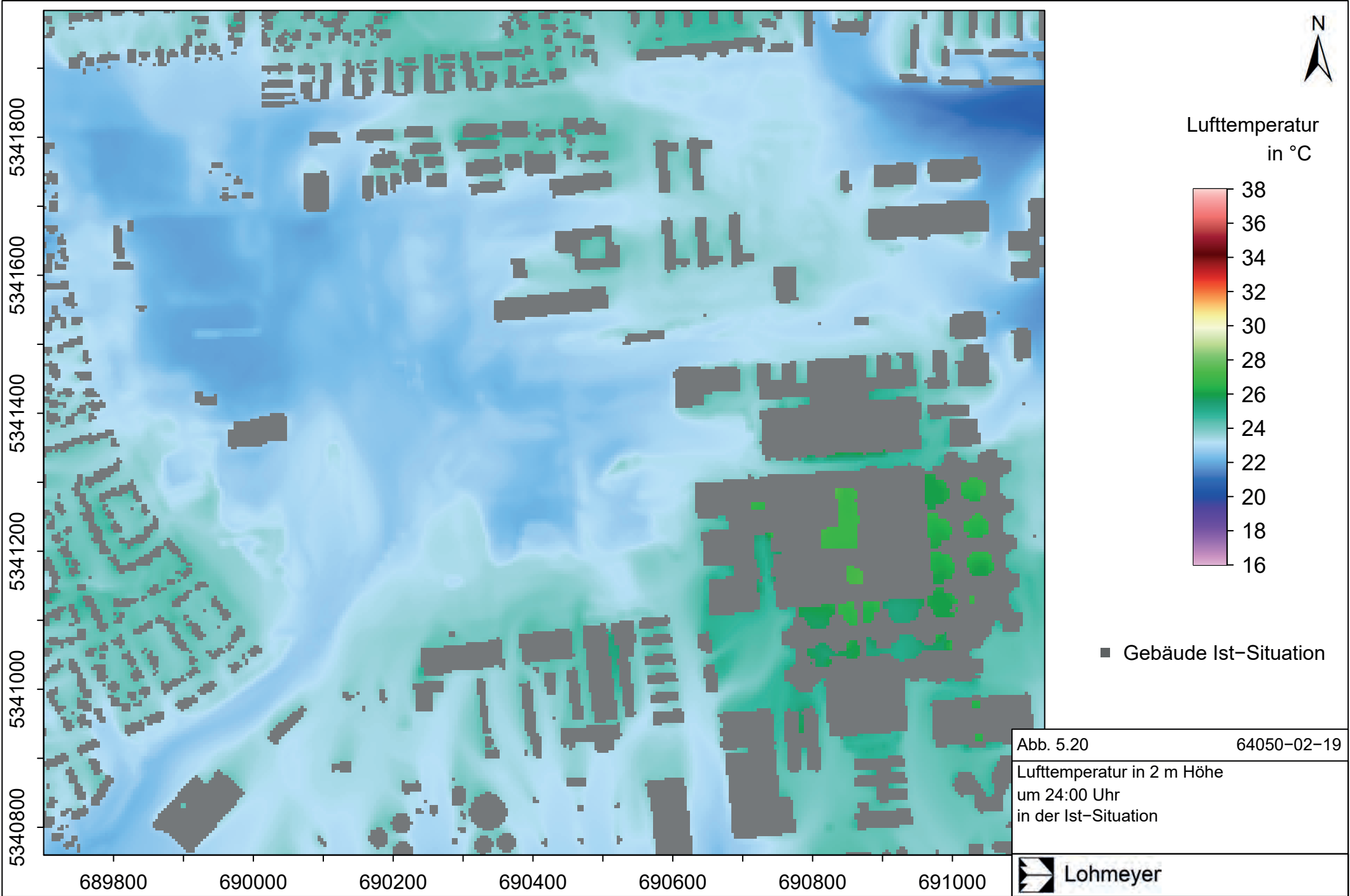




Änderungen von überwiegend weniger als 0.2 m/s aufgrund des geringen Ausgangsniveaus der Strömung entsprechen. Aus Vergleichen unterschiedlicher Zustände bei diesen geringen Strömungsgeschwindigkeiten ergeben sich zwar deutliche relative Änderungen, die aus fachlicher Sicht aber in keinem belastbaren Zusammenhang mit Bewertungskategorien stehen.

Abb. 5.20 zeigt die 2 m-Lufttemperatur um Mitternacht im Untersuchungsgebiet. Die Legende unterscheidet sich von derjenigen tagsüber (**Abb. 5.7**), da der Wertebereich auf die nächtlichen Verhältnisse zu geringeren Werten hin angepasst wurde, besitzt jedoch die gleiche Spannweite wie in der Abbildung tagsüber. Über den unbebauten Freiflächen des Virginia Depots und in nordwestlicher Richtung in den Bereichen der Bezirkssportanlage Lerchenau werden großflächig etwa 21 °C bis 23 °C berechnet, über dem Plangebiet ergeben sich zwischen 22 °C und 24 °C, je nach Nähe zu den südlich und östlich angrenzenden Gebäuden. Innerhalb der Siedlungsbereiche werden aufgrund der thermischen Eigenschaften der Bausubstanz und den Strahlungseigenschaften der anthropogenen Oberflächen deutlich höhere bodennahe Lufttemperaturen als im Umland berechnet. Deshalb werden in siedlungsnahen Bereichen etwa 2 K bis 4 K mehr als auf den unbebauten Freiflächen berechnet, d. h. etwa 23 °C bis 25 °C, und entspricht etwa dem Temperaturniveau, das am 01.08.2018 um 00 Uhr an der DWD-Station München Stadt gemessen wird (**Abb. 4.8**). In geschlossenen Innenhöfen, beispielsweise an der östlich der Schleißheimer Straße angrenzenden Gewerbebebauung, werden aufgrund der Wärmeabgabe der Baukörper und des deutlich verminderten Luftaustausches noch 25 °C bis 28 °C berechnet.

Abb. 5.21 zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation im Untersuchungsgebiet um 24 Uhr. Aufgrund der geänderten Landnutzung und den Plangebäuden ergeben sich vor allem im Bereich der geplanten Baukörper auf dem Plangebiet Lufttemperaturerhöhungen von lokal bis zu 2 K. Temperaturerhöhungen bis etwa 1 K reichen bis an die Gewerbebebauung südlich des Schätzwegs. Temperaturerhöhungen bis etwa 0.6 K werden bis an die östlich der Schleißheimer Straße angrenzende Gewerbebebauung und in lokalen Teilbereichen über den Freiflächen des Virginia Depots und der Bezirkssportanlage Lerchenau berechnet. Die lokalen Temperaturverringerungen nördlich der geplanten Baukörper ergeben sich aus der Reliefänderung zwischen Planvariante und Ist-Situation, d. h. der Erd- bzw. Sandhügel verschwindet. In den übrigen Bereichen mit Wohnbebauung werden keine relevanten Lufttemperaturänderungen berechnet, d. h. kleiner als 0.3 K und überwiegend weniger als 0.1 K, die als sehr geringe bis keine Änderungen anzusehen sind. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.7** die Lufttemperatur im Fall der Planvariante „P2“ um 24 Uhr.



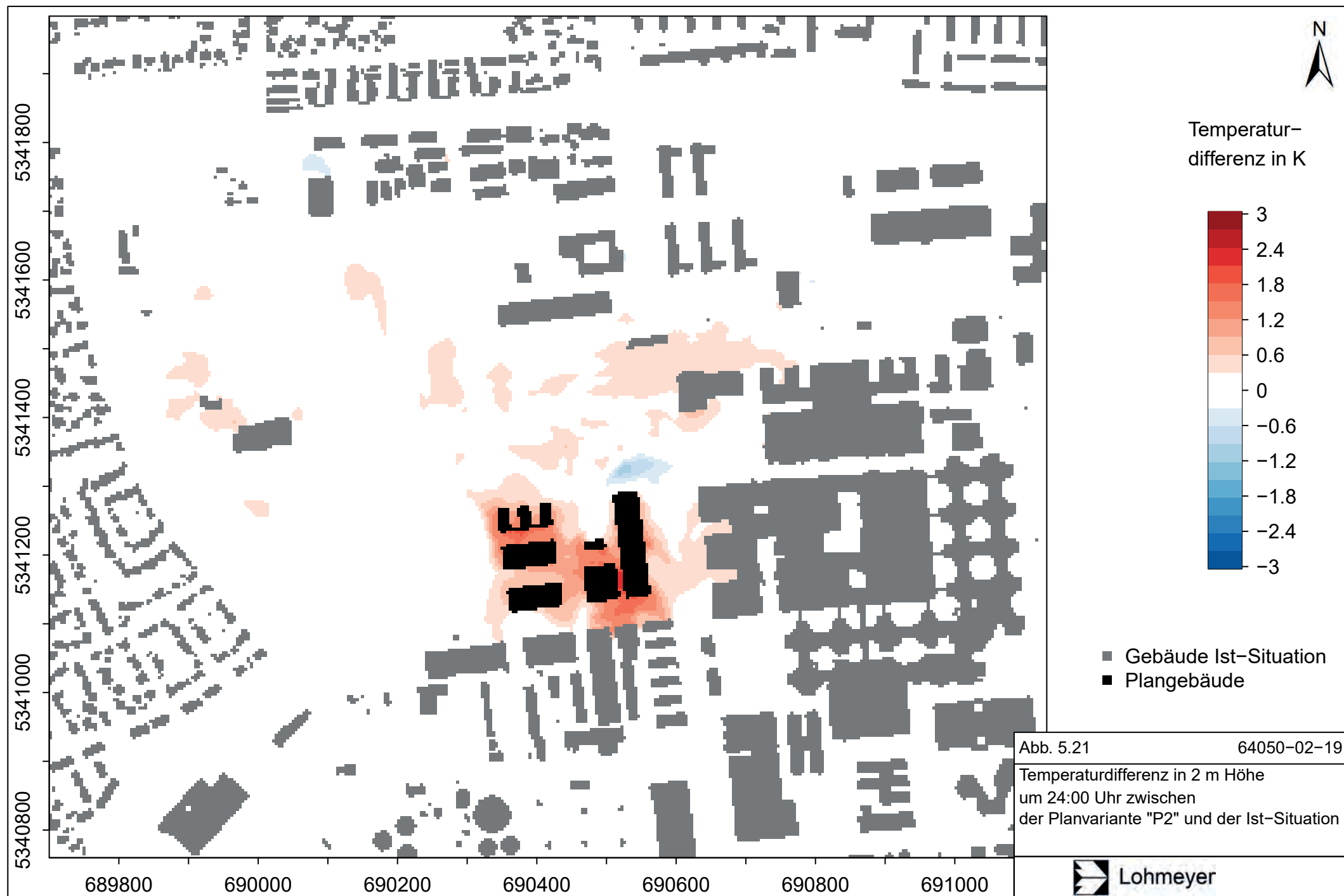
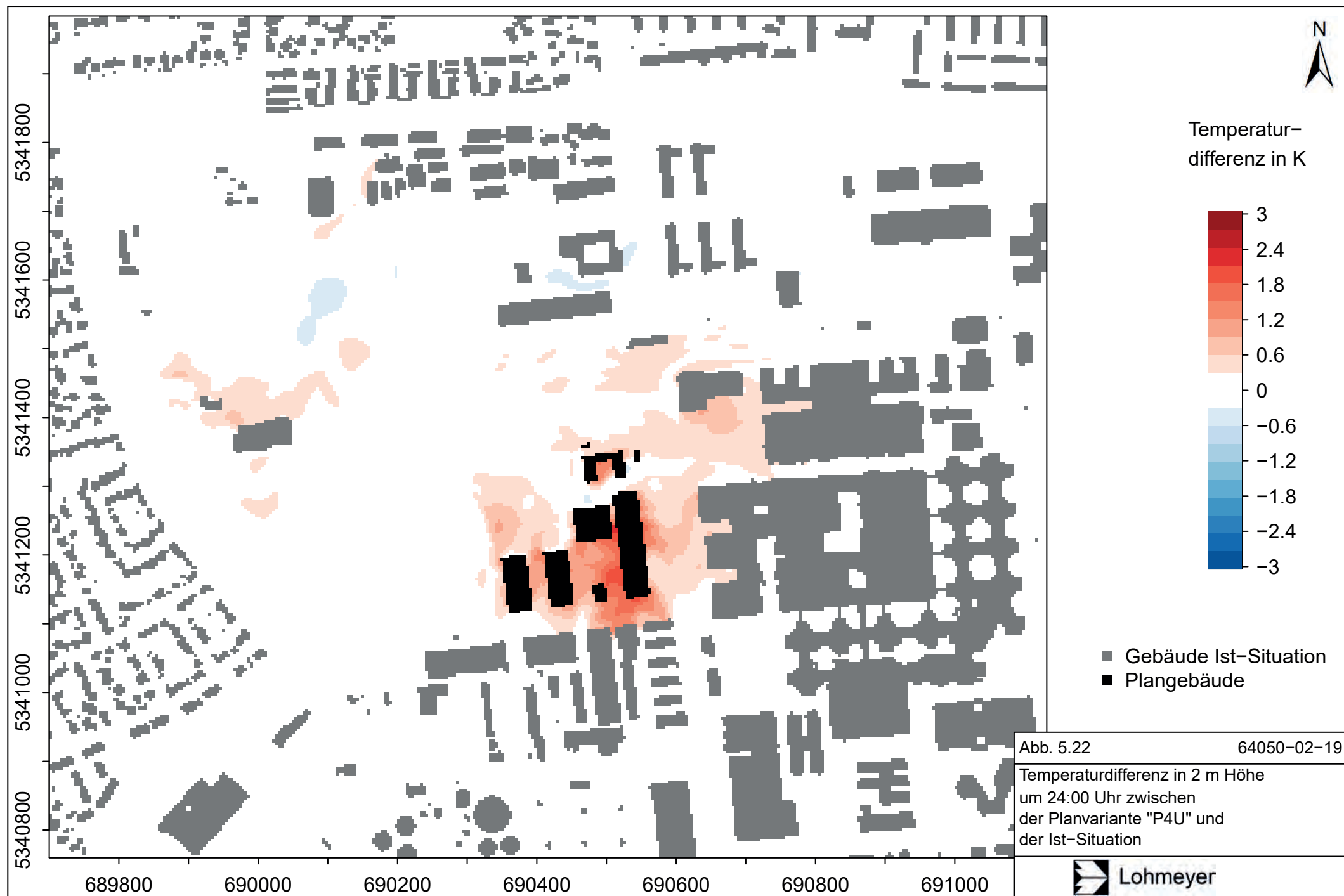
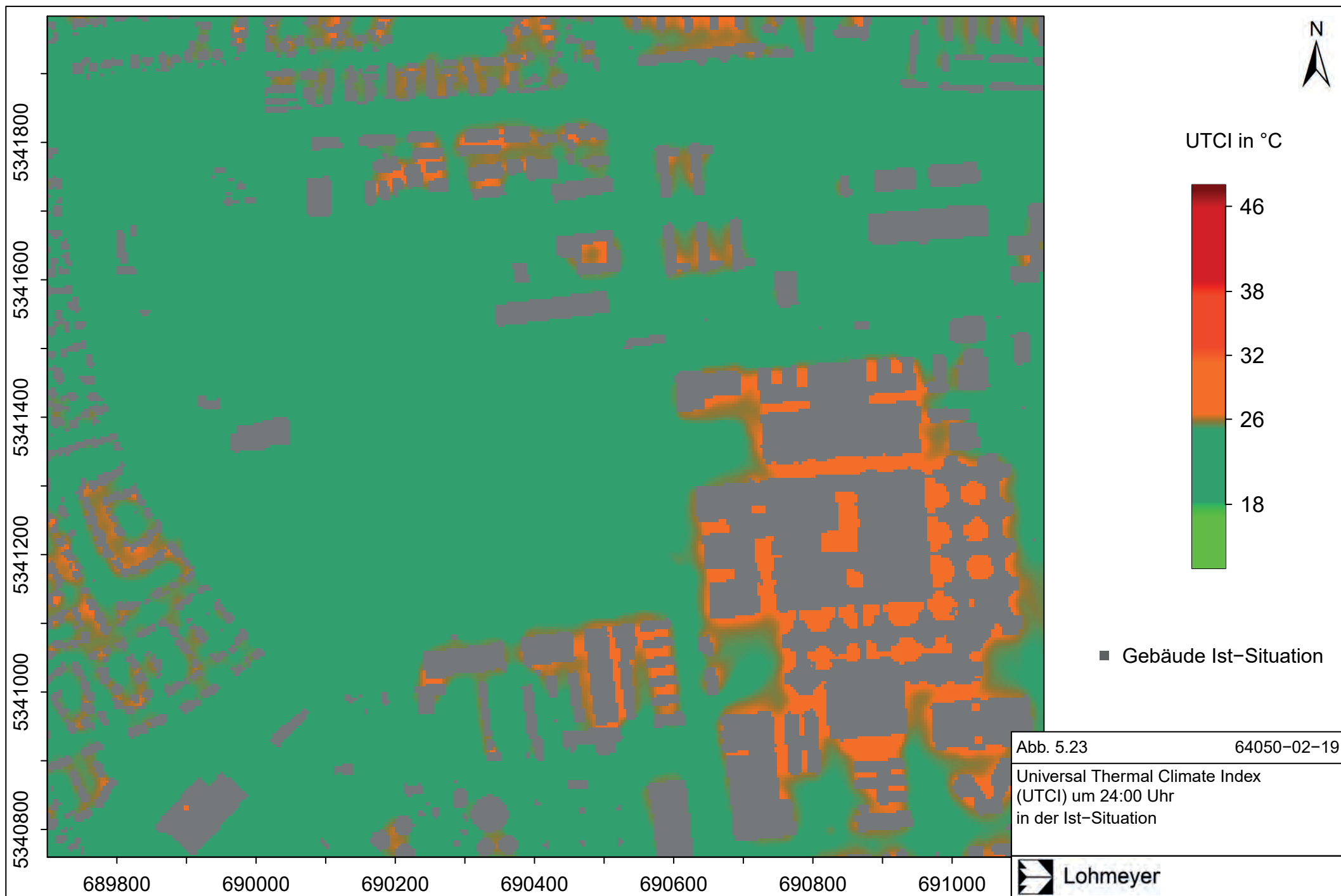


Abb. 5.22 zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation im Untersuchungsgebiet um 24 Uhr. Wie bei der Planvariante „P2“ ergeben sich aufgrund der geänderten Landnutzung und den Plangebäuden vor allem im Bereich der geplanten Baukörper auf dem Plangebiet Lufttemperaturerhöhungen von lokal bis zu 2 K. Temperaturerhöhungen bis etwa 1 K reichen bis an die Gewerbebebauungen südlich des Schätzwegs und östlich der Schleißheimer Straße. Temperaturerhöhungen bis etwa 0.6 K ergeben sich in lokalen Teilbereichen über den Freiflächen des Virginia Depots und der Bezirkssportanlage Lerchenau. In den übrigen Bereichen und in Bereichen mit Wohnbebauung werden keine relevanten Lufttemperaturänderungen berechnet, d. h. kleiner als 0.3 K und überwiegend weniger als 0.1 K, die als sehr geringe bis keine Änderungen anzusehen sind. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.8** die Lufttemperatur im Fall der Planvariante „P4U“ um 24 Uhr.

Abb. 5.23 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet um 24 Uhr für die Ist-Situation. Ohne die kurzweilige Einstrahlung der Sonne ergeben sich für die mittlere Strahlungstemperatur Werte auf vergleichbarem Niveau mit der Lufttemperatur. Da diese beiden Parameter den größten Einfluss auf den UTCI haben, wenn die Luftfeuchte und die Windgeschwindigkeit nicht extrem sind, ergeben sich entsprechend der Lufttemperatur (**Abb. 5.20**) über den unbebauten Freiflächen Werte des UTCI im thermischen Komfortbereich, d. h. zwischen 18 °C und 26 °C. In gebäudenahen Bereichen und in Siedlungsbereichen, in denen die Windgeschwindigkeit deutlich reduziert ist, ergeben sich teilweise noch Werte des UTCI mit knapp über 26 °C, d. h. mäßige Wärmebelastung. Dies resultiert hauptsächlich aus der langwelligen Wärmeabstrahlung der wärmespeichernden Baukörper und anthropogenen Oberflächen sowie zusätzlich aus den verringerten Strömungsgeschwindigkeiten in gebäudenahen Bereichen.

Abb. 5.24 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet um Mitternacht für die Planvariante „P2“. Über den unbebauten Freiflächen des Virginia Depots ergeben sich wie in der Ist-Situation Werte des UTCI im thermischen Komfortbereich, d. h. zwischen 18 °C und 26 °C. Aufgrund der Planung werden im Nahbereich der Plangebäude, hauptsächlich durch deren Wärmeabstrahlung, höhere Werte des UTCI berechnet, die knapp das Niveau von mäßiger thermischer Belastung erreichen, d. h. größer gleich 26 °C UTCI. Die Änderungen sind bis knapp zur südlich des Schätzwegs gelegenen Gewerbebebauung erkennbar, d. h. etwa 30 m bis 35 m. In den übrigen Bereichen und Bereichen mit Wohnbebauung werden keine relevanten Änderungen des UTCI berechnet, d. h. für den Menschen spürbare Änderungen, die nur einem Bruchteil der Bandbreite einer Belastungsstufe entsprechen. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.9** die Differenzen des UTCI zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation um 24 Uhr.





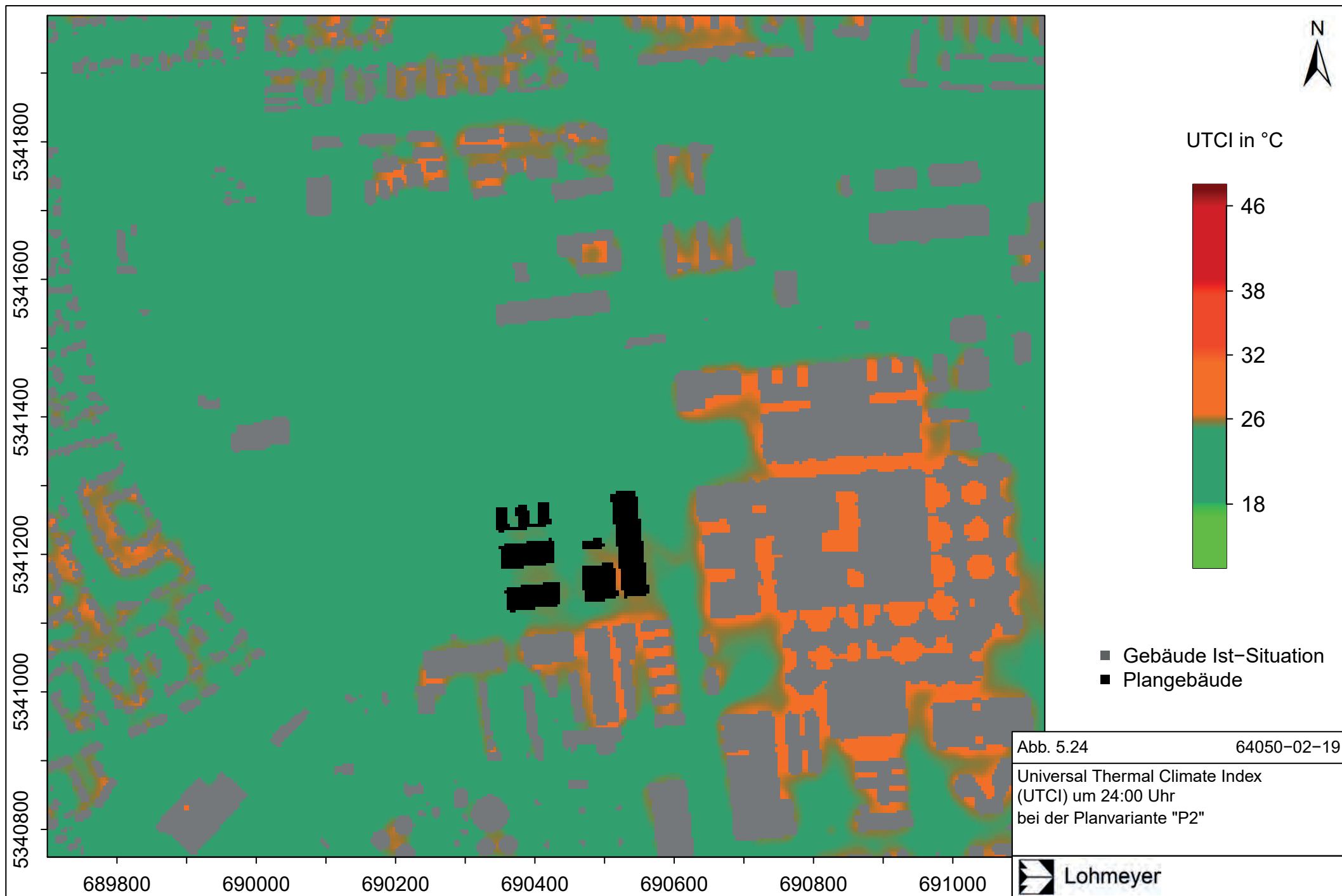
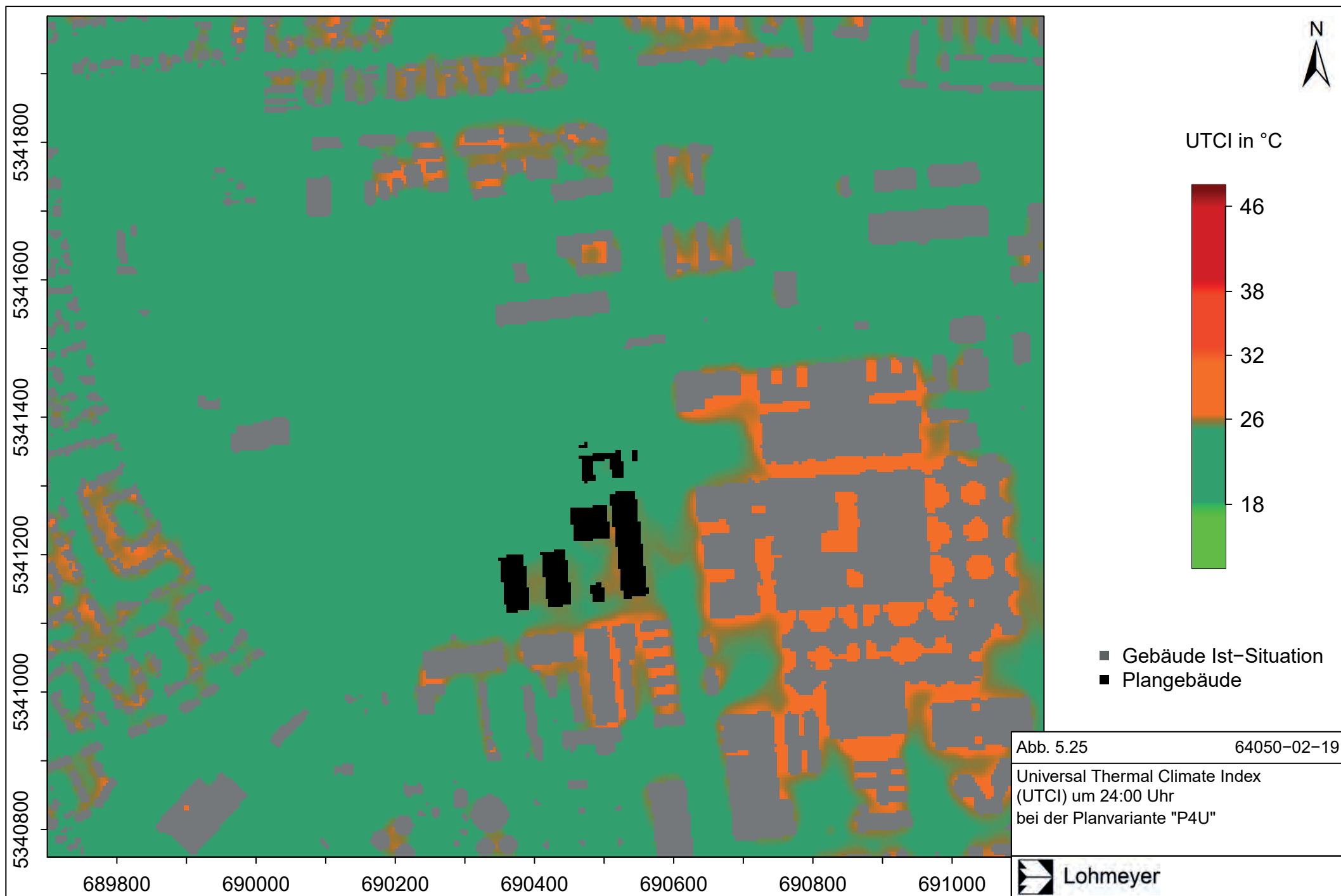
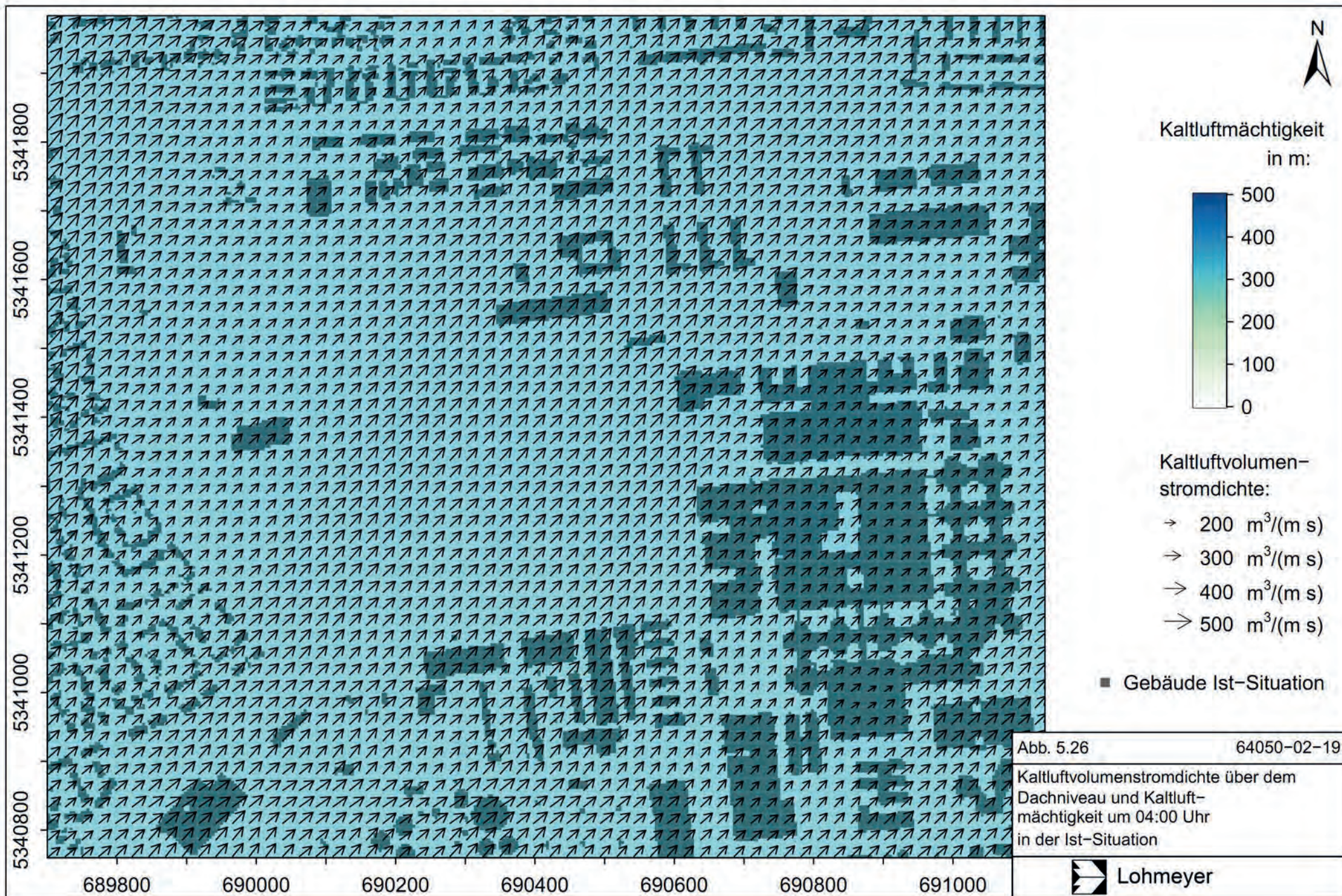


Abb. 5.25 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet um Mitternacht für die Planvariante „P4U“. Über den unbebauten Freiflächen des Virginia Depots ergeben sich wie in der Ist-Situation und bei der Planvariante „P2“ Werte des UTCI im thermischen Komfortbereich, d. h. zwischen 18 °C und 26 °C. Aufgrund der Planung werden im Nahbereich der Plangebäude, hauptsächlich durch deren Wärmeabstrahlung, höhere Werte des UTCI berechnet, die knapp das Niveau von mäßiger thermischer Belastung erreichen, d. h. über 26 °C UTCI. Die Änderungen sind bis knapp zur südlich des Schätzwegs gelegenen Gewerbebebauung erkennbar, d. h. etwa 30 m bis 35 m. In den übrigen Bereichen und Bereichen mit Wohnbebauung werden keine relevanten Änderungen des UTCI berechnet, d. h. für den Menschen spürbare Änderungen, die nur einem Bruchteil der Bandbreite einer Belastungsstufe entsprechen. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.10** die Differenzen des UTCI zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation um 24 Uhr.

Um etwa 04 Uhr morgens erreichen die Lufttemperaturen bei weiterhin negativer Strahlungsbilanz am Erdboden, d. h. es wird mehr Wärme von der Erdoberfläche abgegeben als aufgenommen, nahezu ihr Minimum. Die entsprechende Kaltluftmächtigkeit und der Kaltluftvolumenstrom über Dachniveau im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation zeigt **Abb. 5.26**. Im Vergleich zu der Darstellung um Mitternacht (**Abb. 5.12**) wurde eine andere Skalierung beider Größen gewählt, da die Werte etwa um den Faktor 4 bis 7 auseinander liegen. Als Dachniveau wurde in diesem Fall die Höhe der südlich des Plangebietes liegenden Gebäude angenommen, die die meisten Gebäude nicht mehr beziehungsweise gerade noch erreichen, d. h. etwa 15 m über Grund. Darüber ergeben sich in den vertikalen Schichten nahezu gleiche Strömungsrichtungen bis zur Höhe der Kaltluftschicht, die im Verlauf der Nacht anwächst und in ihrer Mächtigkeit hauptsächlich auf das „Alpine Pumpen“ zurückzuführen ist. Im Untersuchungsgebiet ergeben sich Kaltluftmächtigkeiten von etwa 300 m bis 350 m Höhe bei räumlich homogenen Anströmungen aus südwestlicher Richtung. Die Volumenstromdichte liegt großteils zwischen 200 m³/(m s) und 250 m³/(m s).

Abb. 5.27 zeigt die relativen Änderungen der Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um 04 Uhr morgens im Untersuchungsgebiet zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation. Aufgrund des intensiven nächtlichen Anstiegs der Kaltluftvolumenstromdichte sind durch die Plangebäude ausgelöste relevante relative Änderungen der Volumenstromdichte, d. h. in diesem Fall 10 % oder mehr, nur noch im Bereich der Baukörper erkennbar. In den übrigen Bereichen werden keine relevanten relativen Änderungen der Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau berechnet. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.11** die Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um 04 Uhr morgens im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P2“.





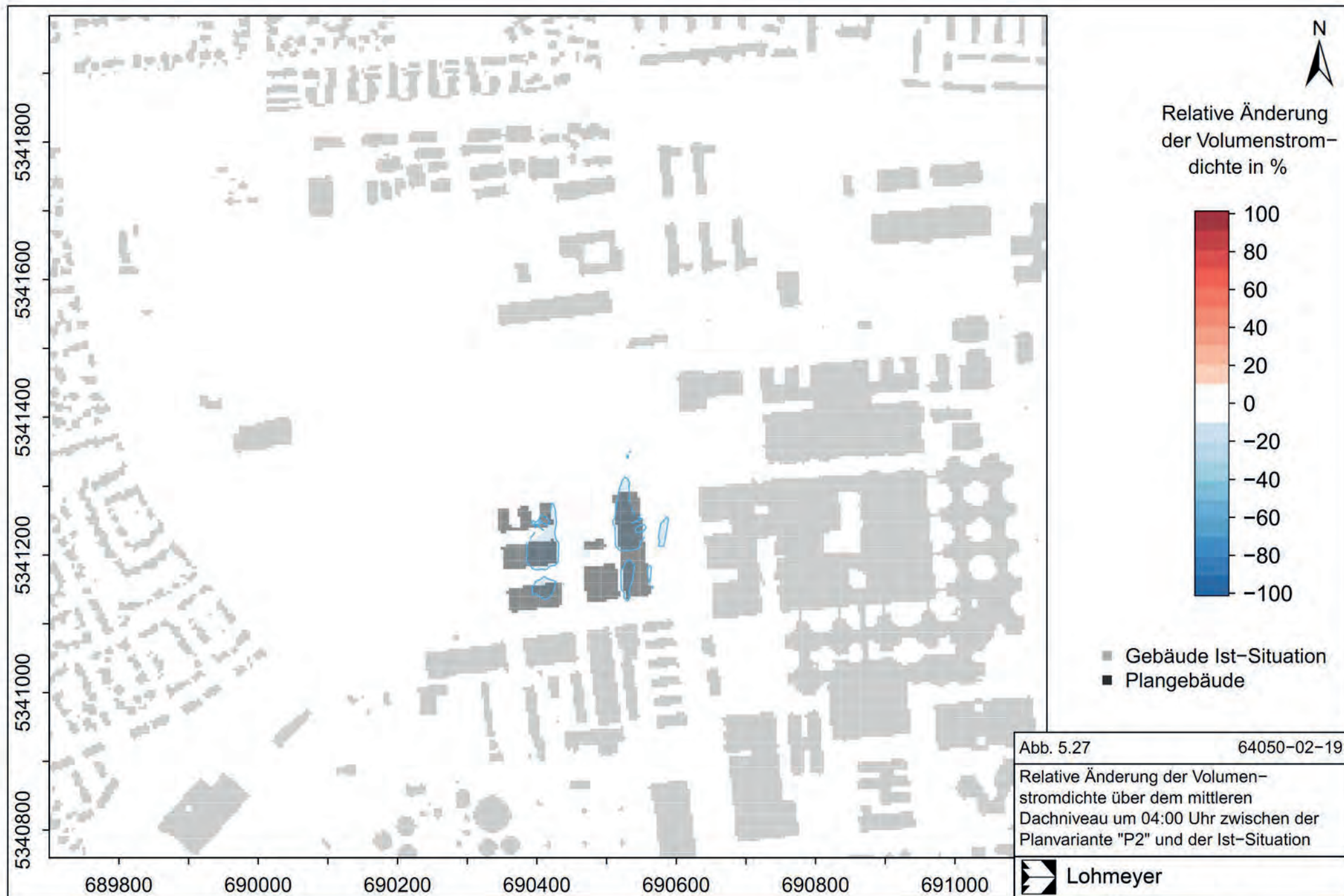
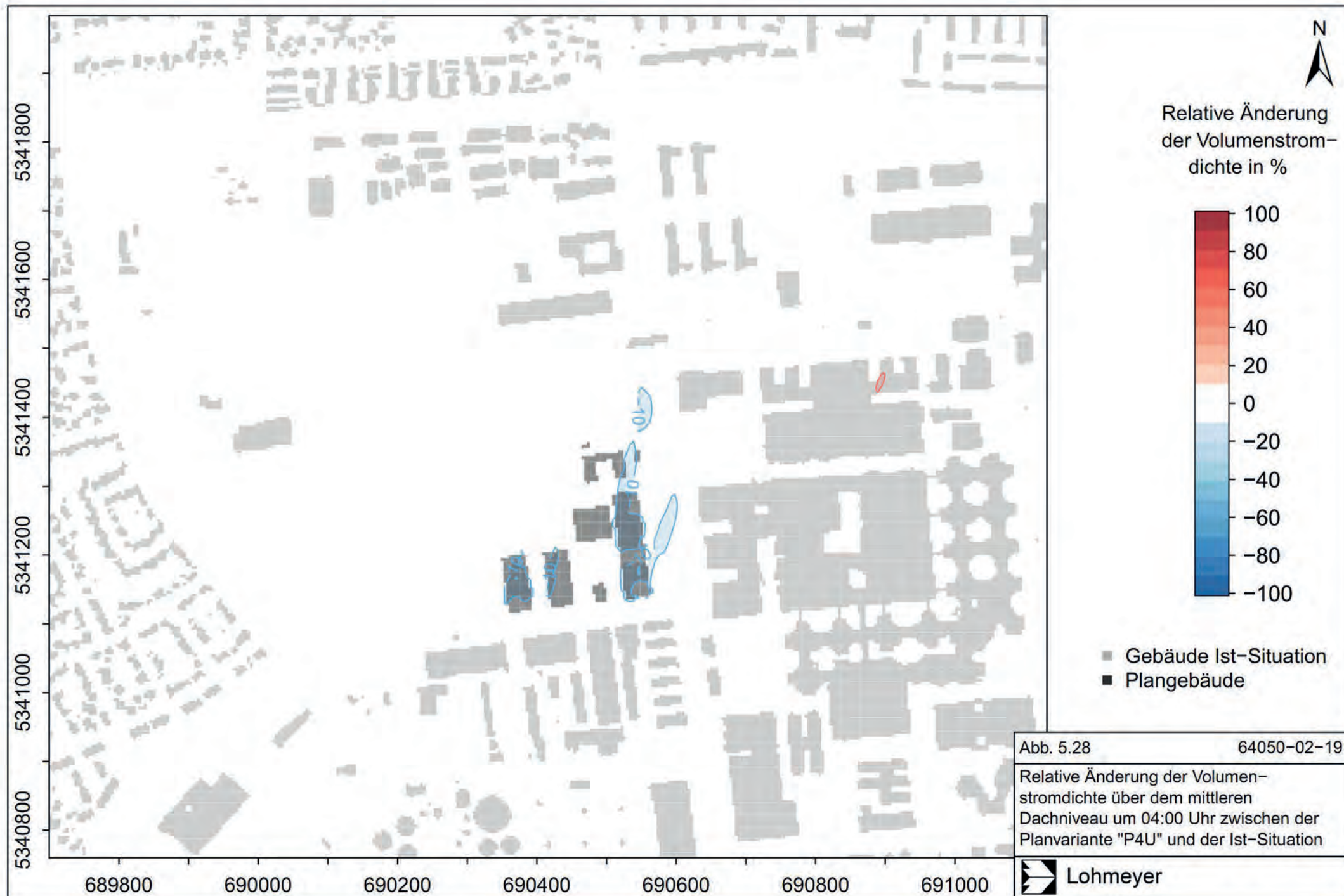
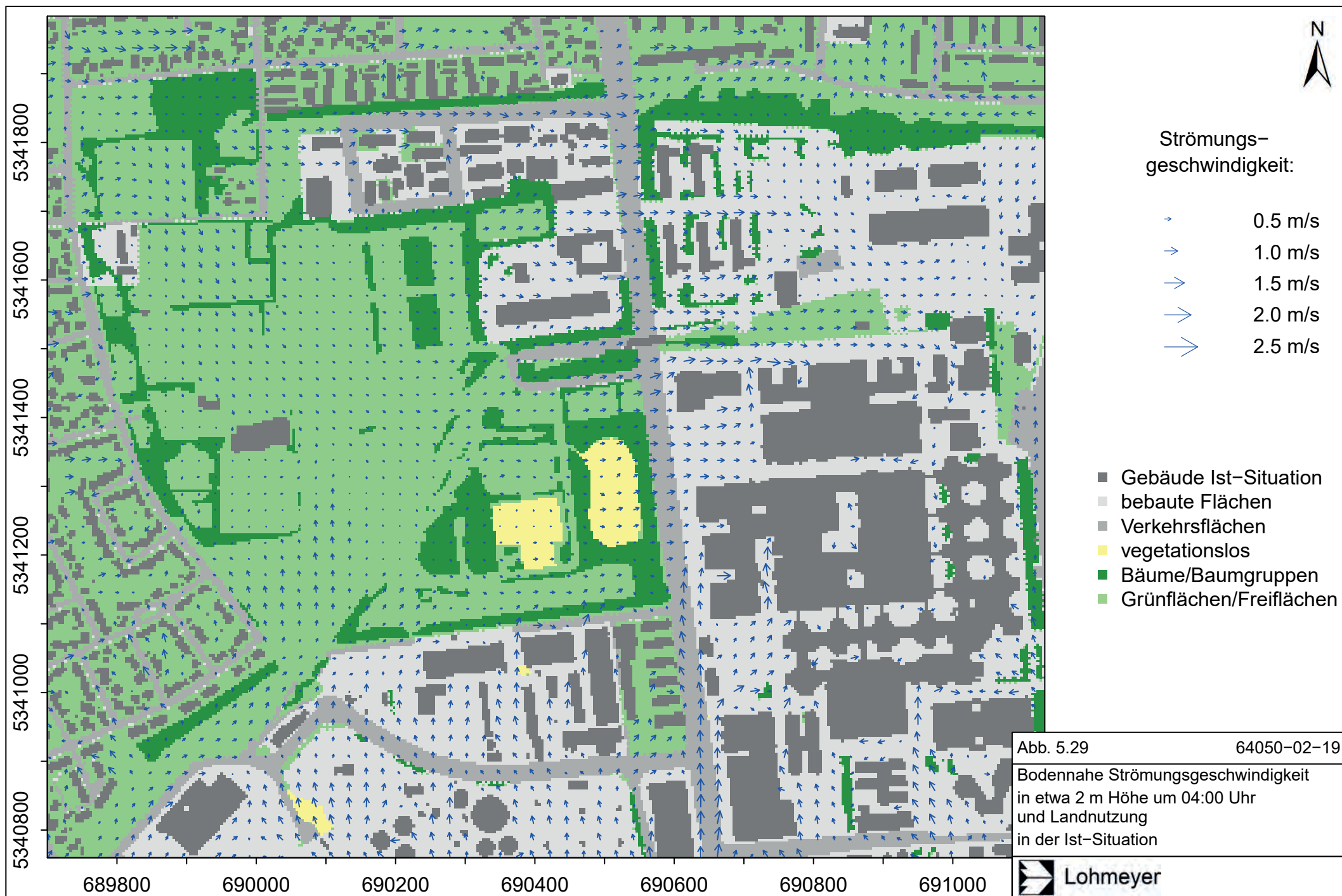


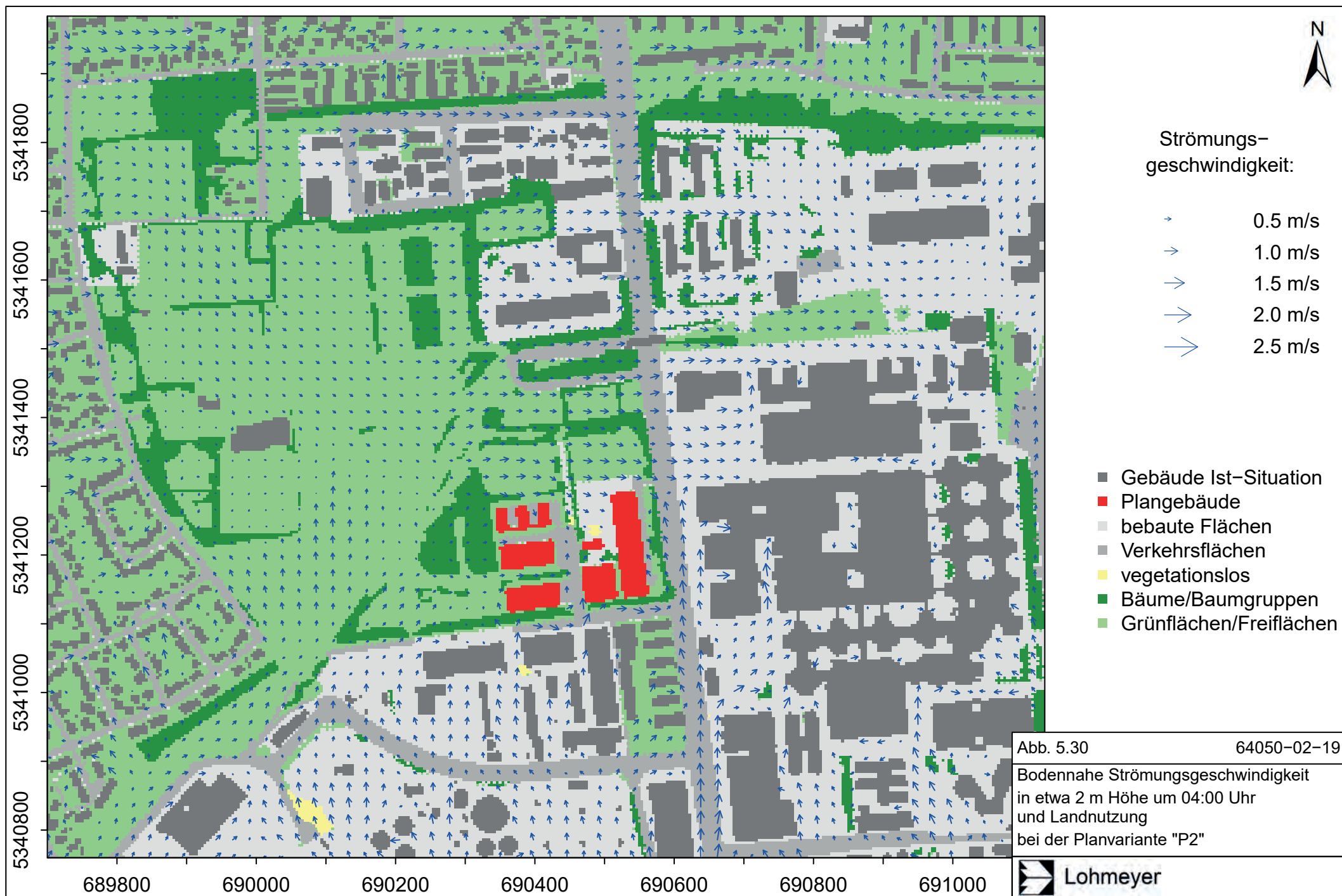
Abb. 5.28 zeigt die relative Differenz der Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um 04 Uhr morgens im Untersuchungsgebiet zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation. Wie bei der Planvariante „P2“ sind durch die Plangebäude ausgelöste relevante relative Änderungen der Volumenstromdichte, d. h. in diesem Fall 10 % oder mehr, nur noch im Bereich der Baukörper erkennbar. In den übrigen Bereichen werden keine relevanten relativen Änderungen der Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau berechnet. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.12** die Kaltluftmächtigkeit und die Kaltluftvolumenstromdichte über dem Dachniveau um 04 Uhr morgens im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P4U“.

Unterhalb des Dachniveaus stellt sich ein räumlich variabler Wechsel der durchgehend süd-westlichen Strömungen ab etwa 15 m über Grund zu schwachen ungerichteten Strömungen bodennah ein. **Abb. 5.29** zeigt die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund um 04 Uhr im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation. Im gesamten Untersuchungsgebiet ergeben sich weiterhin relativ geringe bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten mit maximal bis zu 1 m/s; auf den Freiflächen des Virginia Depots überlagern sich die heran transportierten Kaltluftströmungen aus südlicher Richtung und Strömungen von den Freiflächen aus Nordwesten, sodass sich sehr schwache ungerichtete Strömungen ergeben. In Siedlungsbe-reichen ergeben sich deutliche Modifikationen von sowohl der Strömungsgeschwindigkeit als auch der Strömungsrichtung, wobei sich teilweise Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 1 m/s in von Süd nach Nord ausgerichteten Straßenzügen ergeben können, beispielsweise entlang der Schleißheimer Straße im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes. Über dem Plangebiet werden sehr schwache, ungerichtete Strömungen mit weniger als 0.5 m/s berechnet, die im östlichen Bereich des Pangebietes schwach nach Osten hin zur Bebauung gerichtet sind. Die sehr schwachen, ungerichteten Strömungen sind auf das Zusammenwirken der kräftigen südlichen Strömung über Dachniveau (**Abb. 5.26**), d. h. dem Alpinen Pumpen, den lokalen Kaltluftströmungen und den lokalen thermischen Ausgleichsströmungen zwischen der Stadt und dem Umland, d. h. Flurwinden, zu erklären. Die lokalen thermischen Ausgleichsströmungen führen im Bereich des Plangebietes zu schwachen bodennahen Strömungen aus westlichen Richtungen, dem entgegengesetzt sinken die kräftigen südlichen Kaltluftströmungen über dem Dachniveau im Lee der Bestandsgebäude im Bereich des Schätzwegs in Strömungsrichtung hinab, sodass sich die Strömungen in Bodennähe überlagern und großflächig kein belastbares Belüftungspotential darstellen.

Abb. 5.30 zeigt die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in ca. 2 m über Grund um 04 Uhr im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P2“. Wie in der Ist-Situation werden im gesamten Untersuchungsgebiet relativ geringe bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten mit maximal bis zu 1 m/s berechnet; über den Freiflächen des Virginia Depots überlagern sich die heran

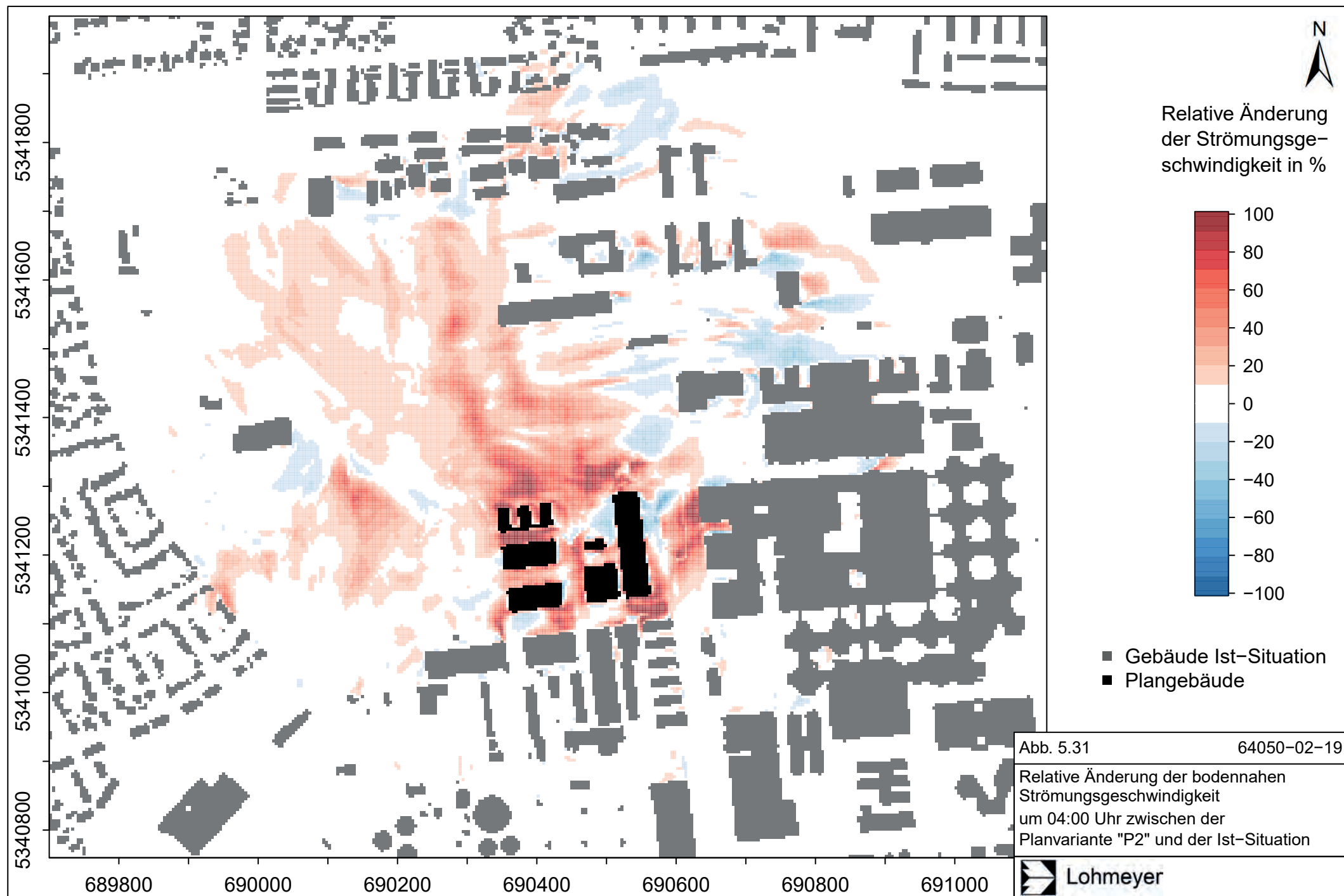


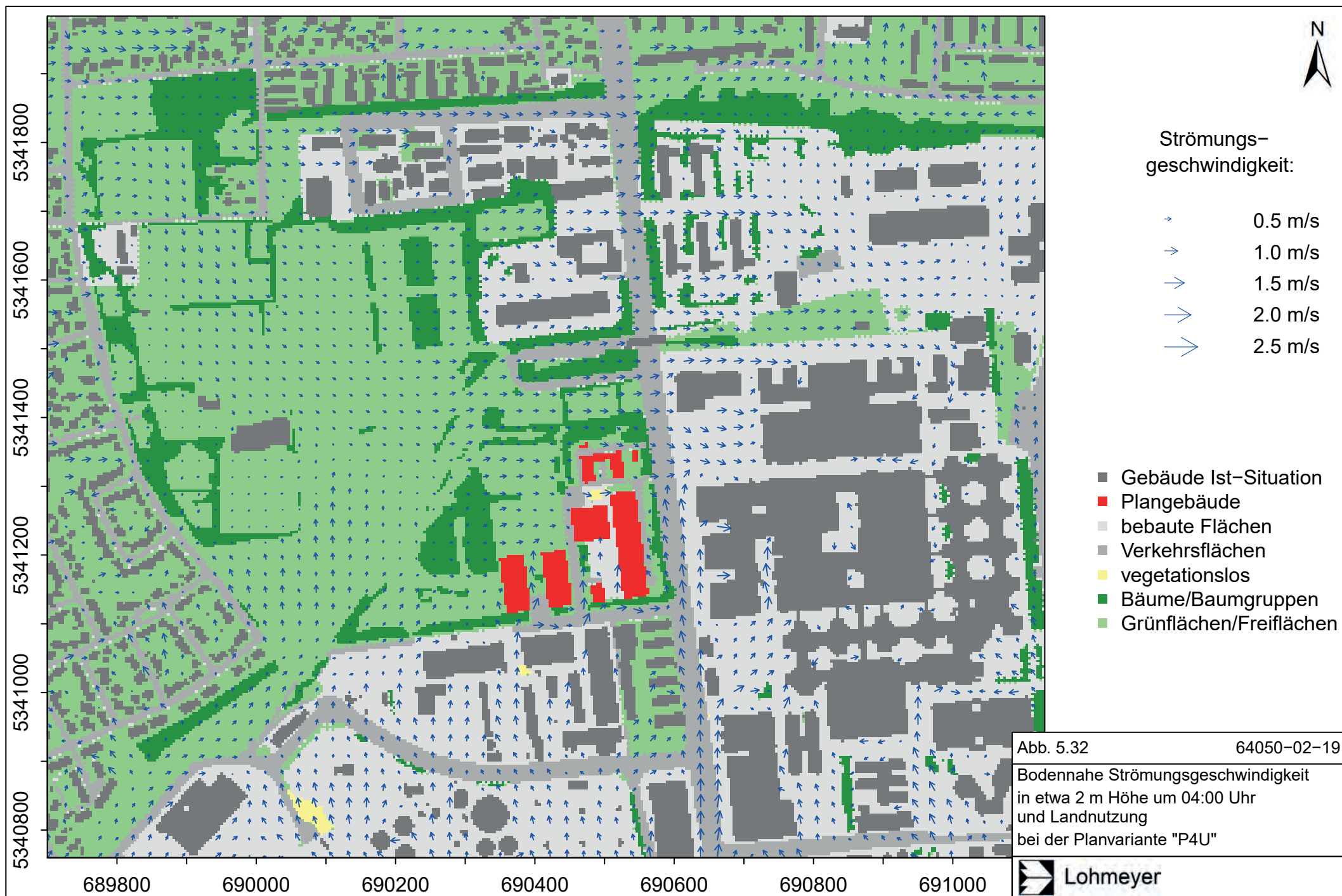


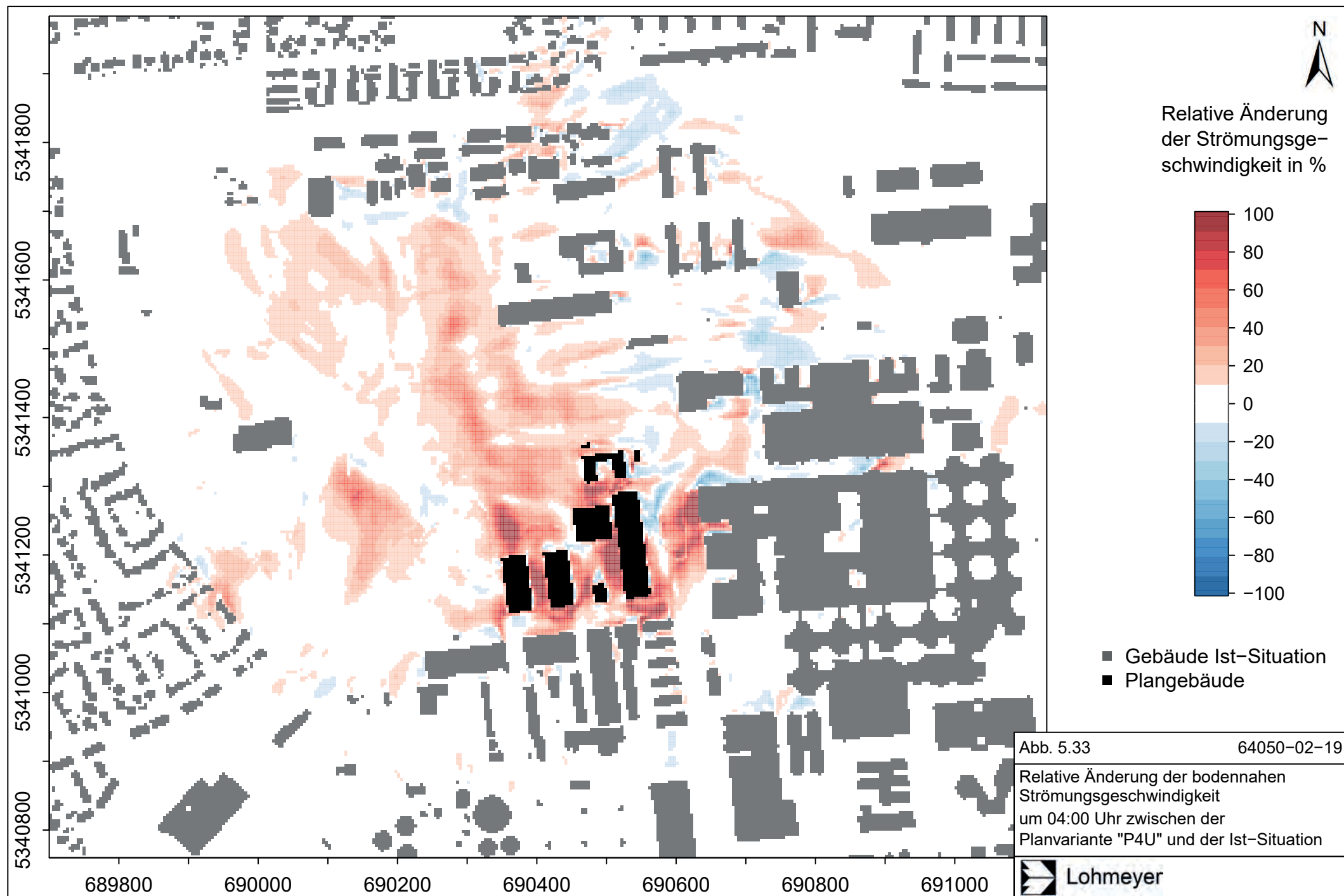


transportierten Kaltluftströmungen aus südlicher Richtung mit Strömungen von den Freiflächen aus Nordwesten. Aufgrund der geplanten Baukörper ergibt sich nördlich der Plangebäude eine zu den Gebäuden hin gerichtete schwache Westströmung mit etwa 0.5 m/s, da sich die intensiven südlichen Kaltluftströmungen über Dachniveau aufgrund der geplanten Gebäude nicht bis zum Boden gegenüber den lokalen thermischen Ausgleichsströmungen zwischen bebauten und unbebauten Flächen durchsetzen können. Dementsprechend zeigt **Abb. 5.31** die relativen Änderungen der bodennahen Strömungsgeschwindigkeiten im Untersuchungsgebiet zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation um 04 Uhr morgens. Über dem Plangebiet ergeben sich mit lokal bis zu 100 % großteils höhere Strömungsgeschwindigkeiten als in der Ist-Situation, die überwiegend absoluten Änderungen von weniger als 0.2 m/s entsprechen; dies ist darauf zurückzuführen, dass die Strömungsgeschwindigkeit dort in der Ist-Situation schon sehr gering war und aufgrund der Umströmung der Baukörper sowie thermischen Ausgleichsströmungen zwischen den Baukörpern und dem Umland etwas höhere, aber immer noch geringe, meist ungerichtete Strömungen vorherrschen. Außerhalb des Plangebietes ergeben sich in Teilbereichen sowohl Zu- und Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeiten, die aufgrund des geringen Ausgangsniveaus absolut sehr gering sind, d. h. großteils weniger als 0.2 m/s Änderung, lokal geringfügig mehr. Relativ ergeben sich dabei lokal Zunahmen bis zu 100 % und Abnahmen bis zu 60 %. In Bereichen mit Wohnbebauung werden keine flächenhaften Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeit berechnet. Eine differenzierte Bewertung von Strömungsfeldern unterhalb von etwa 0.5 m/s ist nicht belastbar gegeben. Aus Vergleichen unterschiedlicher Zustände bei diesen geringen Strömungsgeschwindigkeiten ergeben sich zwar deutliche relative Änderungen, die aus fachlicher Sicht aber in keinem belastbaren Zusammenhang mit Bewertungskategorien stehen.

Abb. 5.32 zeigt die Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in etwa 2 m über Grund um 04 Uhr morgens im Untersuchungsgebiet für die Planvariante „P4U“, **Abb. 5.33** die dazugehörigen relativen Änderungen zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation. Wie in der Ist-Situation und bei der Planvariante „P2“ werden im gesamten Untersuchungsgebiet relativ geringe bodennahe Strömungsgeschwindigkeiten mit bis zu 1 m/s berechnet; über den Freiflächen des Virginia Depots überlagern sich die heran transportierten Kaltluftströmungen aus südlicher Richtung mit Strömungen von den Freiflächen aus Nordwesten; aufgrund der geplanten Baukörper ergibt sich nordwestlich der Plangebäude eine schwache zu den Gebäuden hinggerichtete Westströmung. Außerhalb des Plangebietes ergeben sich in Teilbereichen vergleichbare Zu- und Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeit wie bei Planvariante „P2“, die aufgrund des geringen Ausgangsniveaus absolut sehr gering sind, d. h. großteils weniger als 0.2 m/s absolute Änderung, lokal geringfügig mehr. In Bereichen mit Wohnbebauung



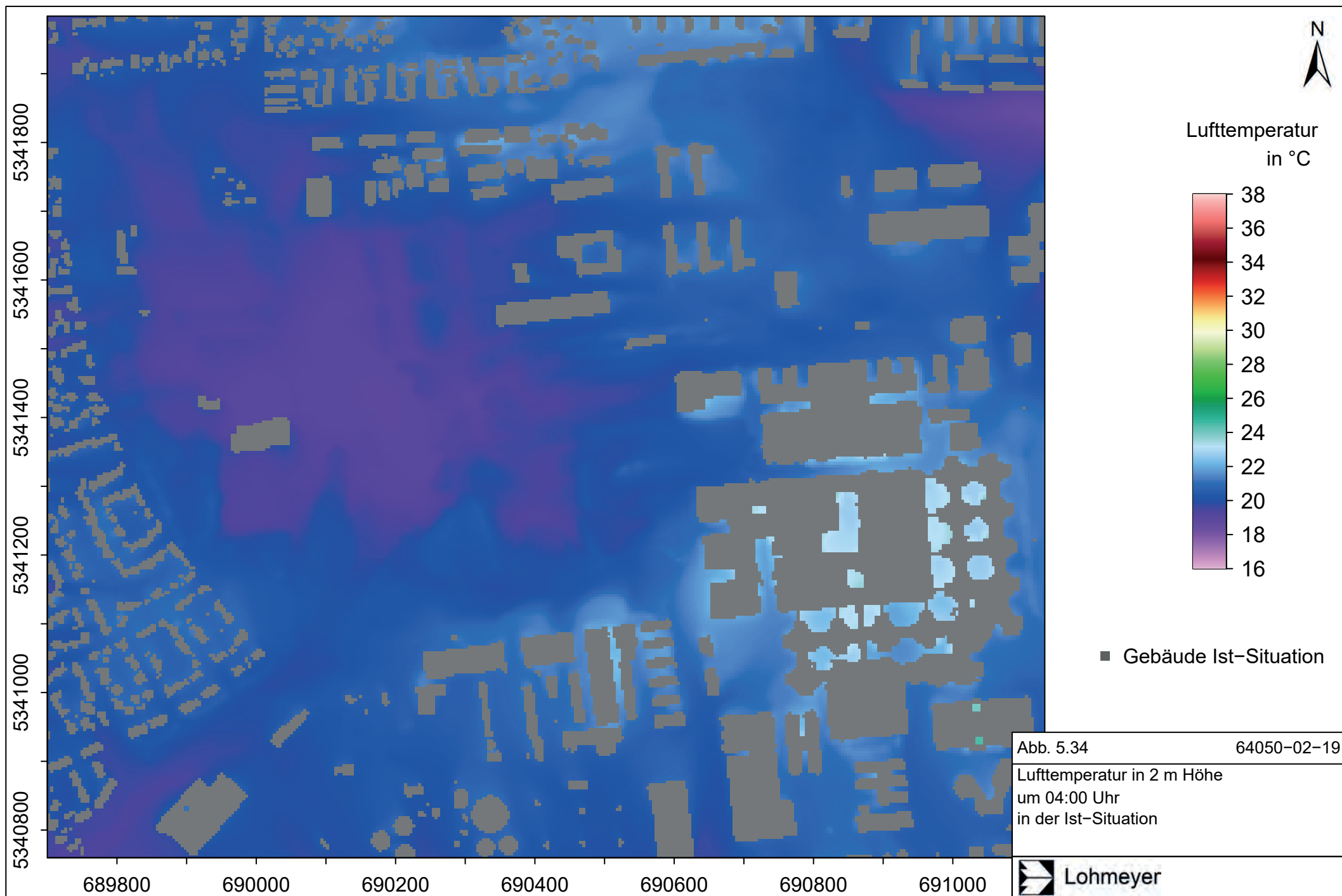




werden wie bei Planvariante „P2“ keine flächenhaften Abnahmen der Strömungsgeschwindigkeit berechnet. Aus Vergleichen unterschiedlicher Zustände bei diesen geringen Strömungsgeschwindigkeiten ergeben sich zwar deutliche relative Änderungen, die aus fachlicher Sicht aber in keinem belastbaren Zusammenhang mit Bewertungskategorien stehen.

Abb. 5.34 zeigt die 2 m-Lufttemperatur um 04 Uhr morgens im Untersuchungsgebiet für die Ist-Situation. Über den unbebauten Freiflächen des Virginia Depots und in nordwestlicher Richtung in den Bereichen der Bezirkssportanlage Lerchenau werden großflächig etwa 18 °C bis 20 °C berechnet, über dem Plangebiet ergeben sich 19 °C bis 21 °C, je nach Nähe zu den südlich und östlich angrenzenden Gebäuden. Innerhalb der Siedlungsbereiche werden aufgrund der thermischen Eigenschaften der Bausubstanz und der Strahlungseigenschaften der anthropogenen Oberflächen deutlich höhere bodennahe Lufttemperaturen als im Umland. Deshalb werden in siedlungsnahen Bereichen etwa 2 K bis 4 K mehr als auf den unbebauten Freiflächen berechnet, d. h. etwa 20 °C bis 22 °C; dies entspricht etwa dem Temperaturniveau, das am 01.08.2018 um 04 Uhr an der DWD-Station München Stadt gemessen wird (**Abb. 4.8**). Bei dem angesetzten Lufttemperaturniveau wird damit in städtisch geprägten Bereichen eine Tropennacht ($T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$) berechnet, während es in den weniger oder unbebauten Randbezirken und im Umland noch unter 20 °C abkühlt. Damit ergeben sich z. B. in städtisch geprägten Bereichen für Innenräume nachts geringere Kühlmöglichkeiten der Raumtemperatur durch Öffnen der Fenster als in weniger oder unbebauten Randbezirken. In geschlossenen Innenhöfen, beispielsweise an der östlich der Schleißheimer Straße angrenzenden Gewerbebebauung, werden aufgrund der Wärmeabgabe der Baukörper und des deutlich verminderten Luftaustausches noch 22 °C bis 24 °C berechnet.

Abb. 5.35 zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation im Untersuchungsgebiet um 04 Uhr. Aufgrund der geänderten Landnutzung und den Plangebäuden ergeben sich vor allem im Bereich der geplanten Baukörper auf dem Plangebiet Lufttemperaturerhöhungen von lokal bis zu 2.4 K, sodass in diesen Bereichen z. B. Tropennächte öfter Vorkommen können und nächtliche Belüftungen über Fenster weniger effektiv sind. Temperaturerhöhungen bis etwa 1 K reichen bis an die Gewerbebebauung südlich des Schätzwegs. Temperaturerhöhungen bis etwa 0.6 K werden bis an die östlich der Schleißheimer Straße angrenzende Gewerbebebauung und in lokalen Teilbereichen über den Freiflächen des Virginia Depots und der Bezirkssportanlage Lerchenau berechnet. Die lokalen Temperaturverringerungen nördlich der geplanten Baukörper ergeben sich aus der Reliefänderung zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation, d. h. der Erd- bzw. Sandhügel verschwindet. In den übrigen Bereichen und Bereichen mit Wohnbebauung werden keine relevanten Lufttemperaturänderungen berechnet, d. h. kleiner als 0.3 K und überwiegend





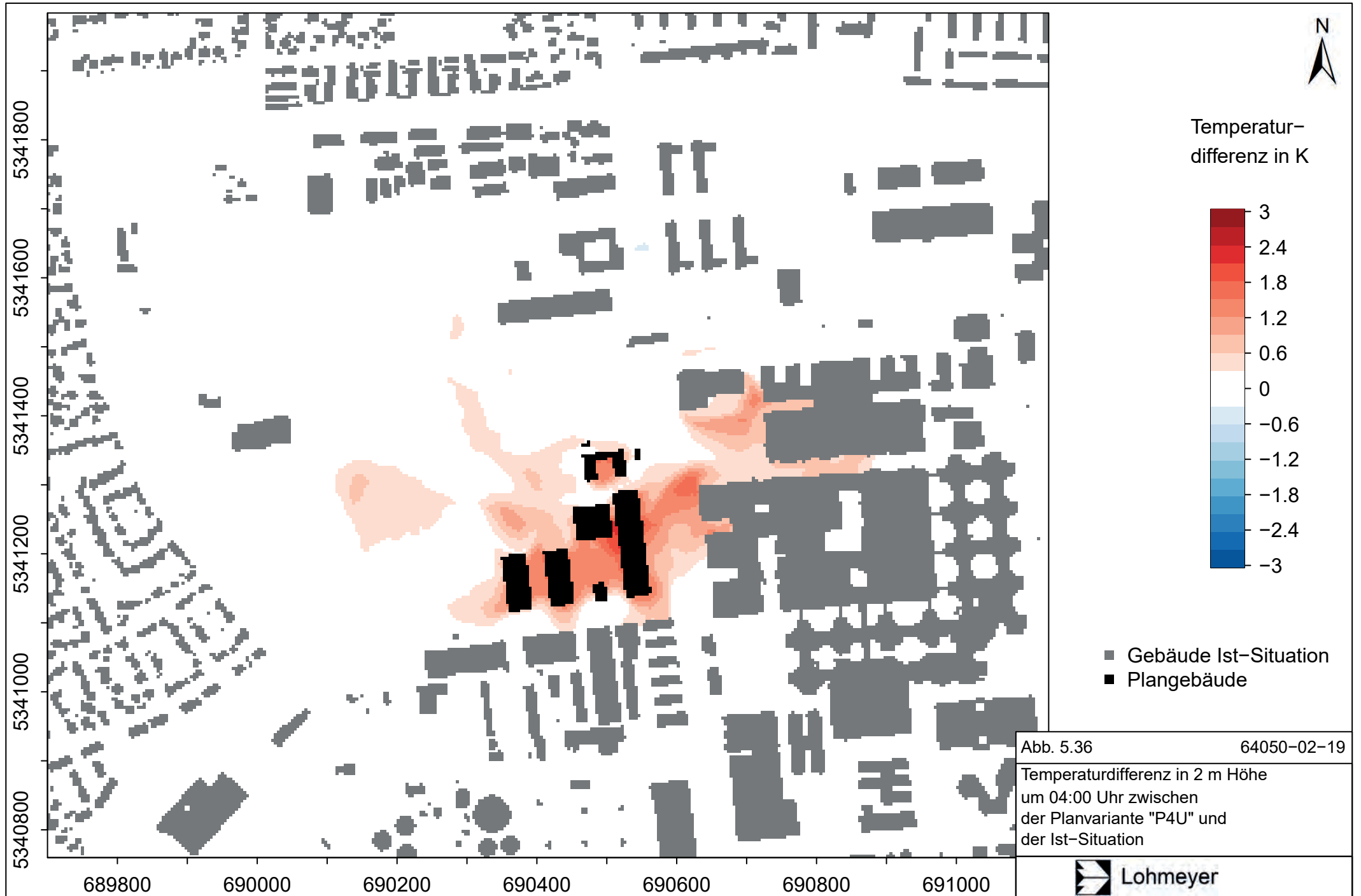
weniger als 0.1 K, die als sehr geringe bis keine Änderungen anzusehen sind. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.13** die Lufttemperatur im Fall der Planvariante „P2“ um 04 Uhr.

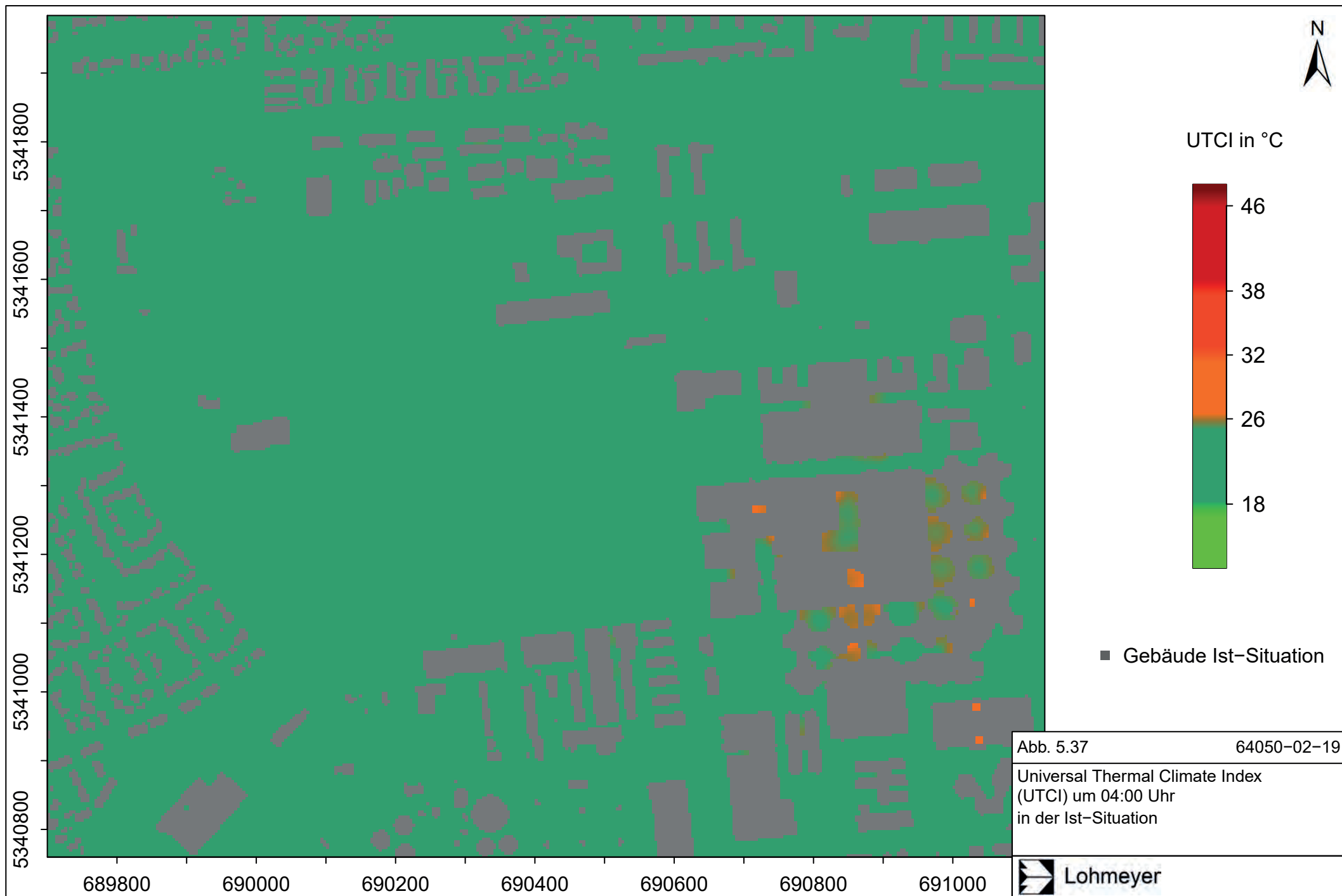
Abb. 5.36 zeigt die Temperaturdifferenz zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation im Untersuchungsgebiet um 04 Uhr. Wie bei der Planvariante „P2“ ergeben sich aufgrund der geänderten Landnutzung und den Plangebäuden vor allem im Bereich der geplanten Baukörper auf dem Plangebiet Lufttemperaturerhöhungen von lokal bis zu 2.1 K, sodass in diesen Bereichen z. B. Tropennächte öfter Vorkommen können und nächtliche Belüftungen über Fenster weniger effektiv sind. Temperaturerhöhungen bis etwa 1 K reichen bis an die Gewerbebebauungen südlich des Schätzwegs und östlich der Schleißheimer Straße. Lufttemperaturerhöhungen bis etwa 0.6 K werden in lokalen Teilbereichen über den Freiflächen des Virginia Depots und der Bezirkssportanlage Lerchenau berechnet. In den übrigen Bereichen und Bereichen mit Wohnbebauung werden keine relevanten Lufttemperaturänderungen berechnet, d. h. kleiner als 0.3 K und überwiegend weniger als 0.1 K, die als sehr geringe bis keine Änderungen anzusehen sind. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.14** die Lufttemperatur im Fall der Planvariante „P4U“ um 04 Uhr.

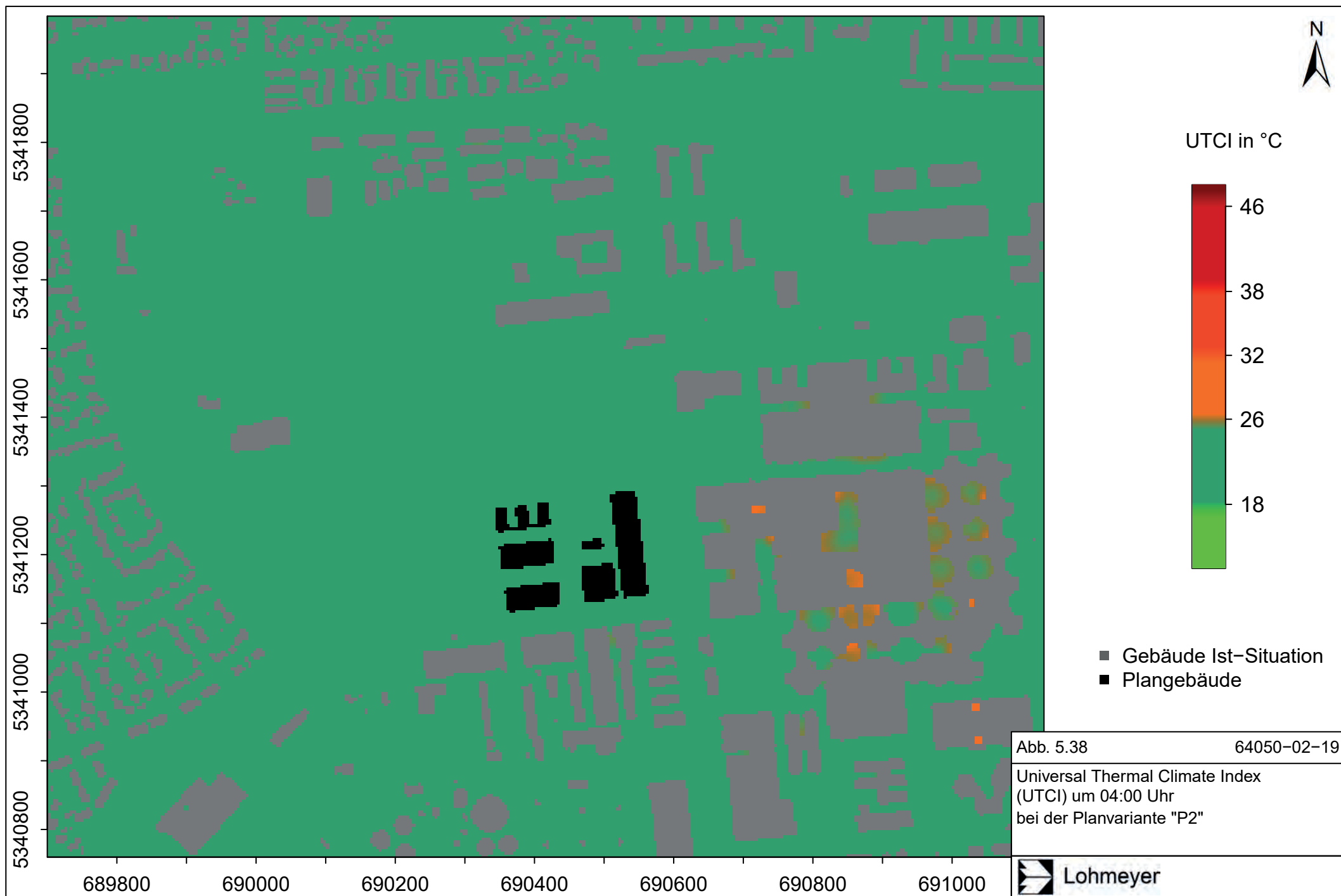
Abb. 5.37 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet um 04 Uhr für die Ist-Situation. Entsprechend dem Niveau der Lufttemperatur (**Abb. 5.34**) werden über nahezu dem gesamten Untersuchungsgebiet Werte des UTCI im thermischen Komfortbereich, d. h. zwischen 18 °C und 26 °C, berechnet. Nur in Nahbereichen großer, eng beieinander stehender Gebäudekomplexe oder deren Innenhöfen werden aufgrund der langwelligen Wärmeabstrahlung der Baukörper noch Werte des UTCI von 26 °C erreicht, d. h. mäßige Wärmebelastung.

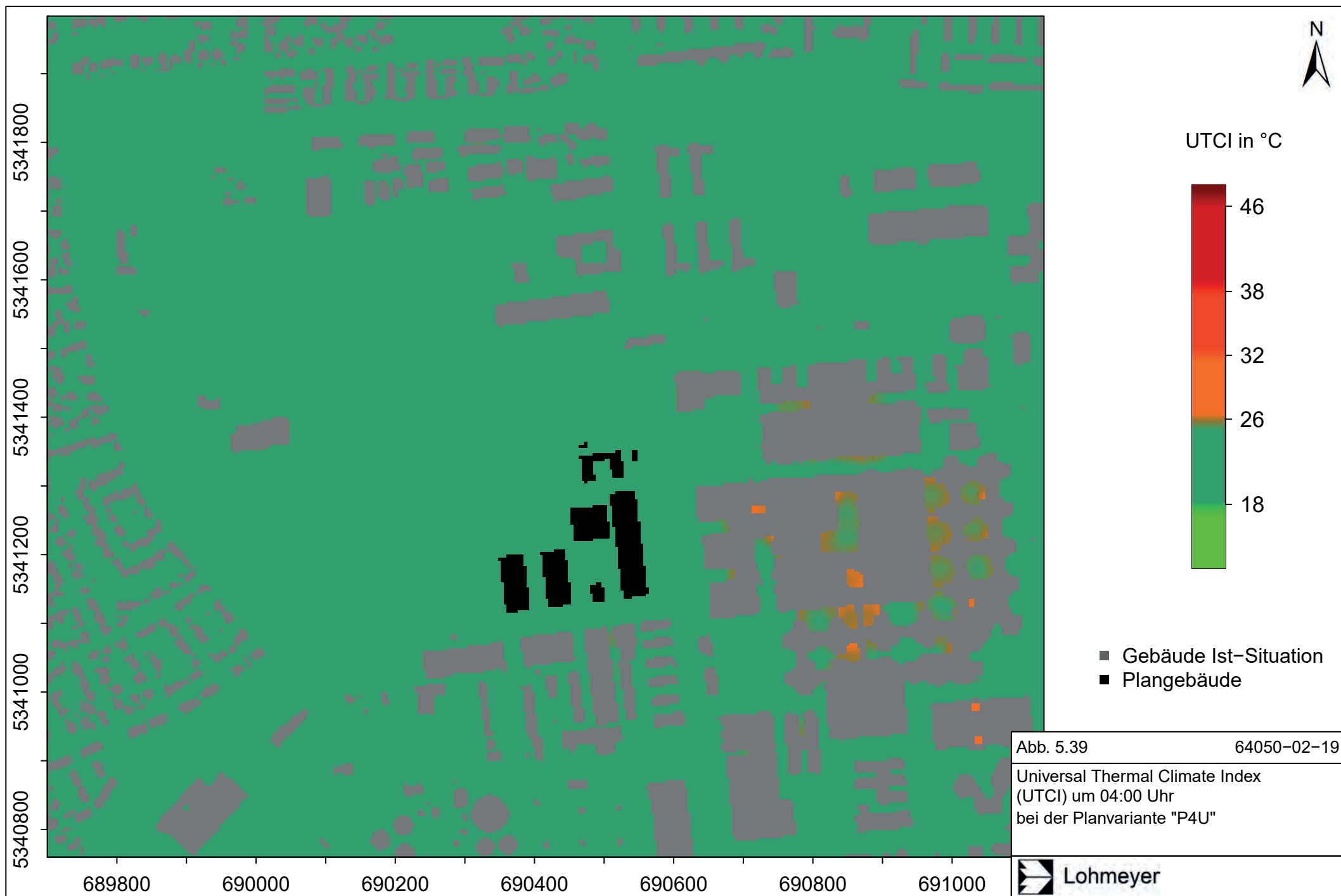
Abb. 5.38 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet um 04 Uhr für die Planvariante „P2“. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.15** die Differenzen des UTCI zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation um 04 Uhr. Obwohl der UTCI im Nahbereich der Plangebäude höher ist als in der Ist-Situation, in lokalen gebäudenahen Teilbereichen bis knapp 3 K (**Abb. A.15**), sonst meist zwischen 1 K und 2 K, werden bei dem entsprechenden Temperaturniveau früh morgens keine anderen Belastungsklassen als in der Ist-Situation erreicht. In den übrigen Bereichen Untersuchungsgebietes werden keine relevanten Änderungen des UTCI im Vergleich zur Ist-Situation berechnet, d. h. für den Menschen spürbare Änderungen, die nur einem Bruchteil der Bandbreite einer Belastungsstufe entsprechen.

Abb. 5.39 zeigt die berechneten Werte des UTCI im Untersuchungsgebiet um 04 Uhr für die Planvariante „P4U“. Als Ergänzung zeigt **Abb. A.16** die Differenzen des UTCI zwischen der









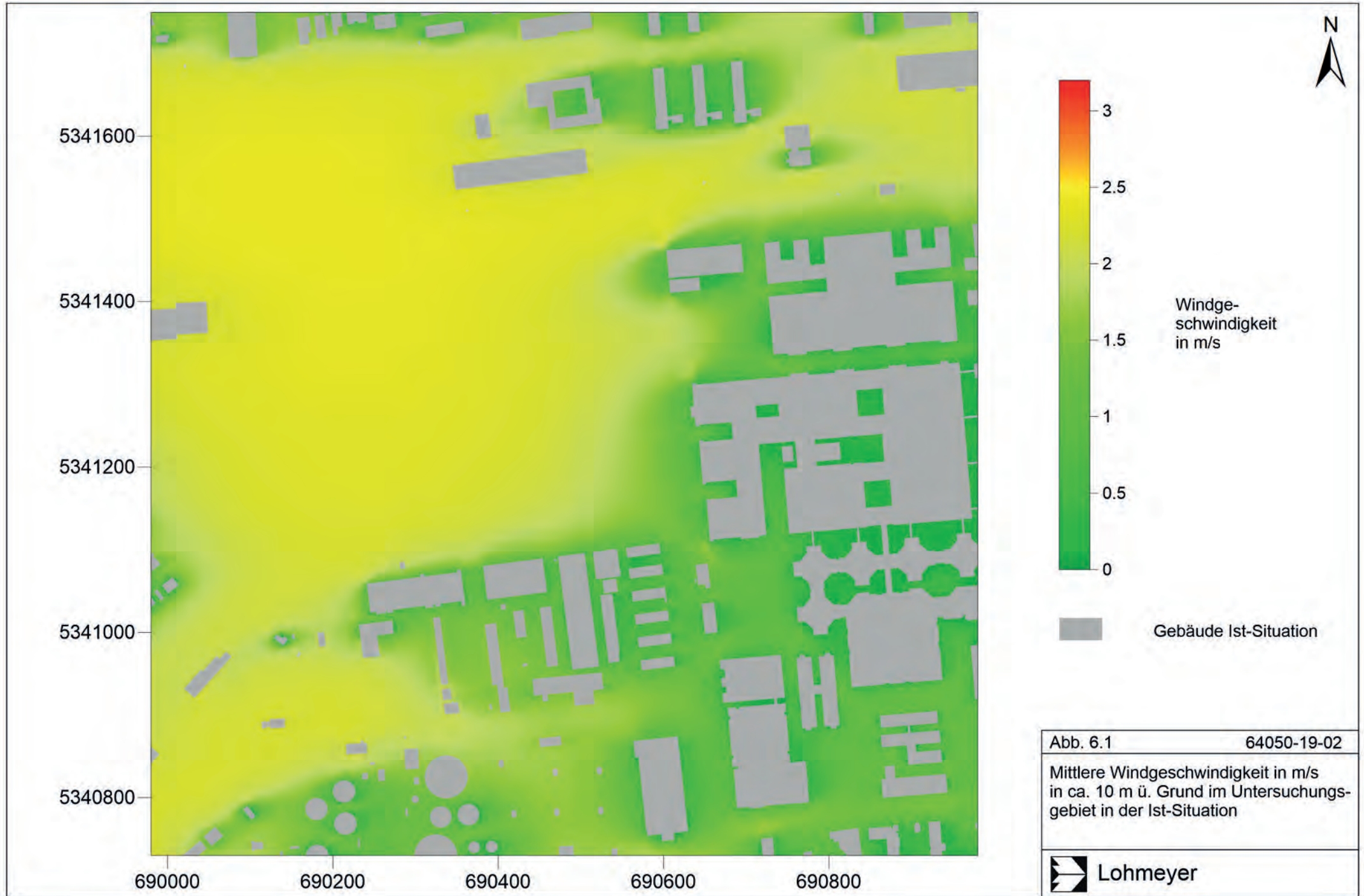
Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation um 04 Uhr. Wie bei der Planvariante „P2“ werden im Nahbereich der Plangebäude höhere Werte des UTCI im Vergleich zur Ist-Situation simuliert, in lokalen gebäudenahen Teilbereichen bis knapp 3 K (**Abb. A.16**), sonst meist zwischen 1 K und 2 K, die auf dem entsprechenden Niveau der Lufttemperatur jedoch keine Änderung in der Belastungsstufe gegenüber der Ist-Situation hervorrufen. In den übrigen Bereichen Untersuchungsgebietes werden ebenfalls keine relevanten Änderungen des UTCI im Vergleich zur Ist-Situation berechnet, d. h. für den Menschen spürbare Änderungen, die nur einem Bruchteil der Bandbreite einer Belastungsstufe entsprechen.

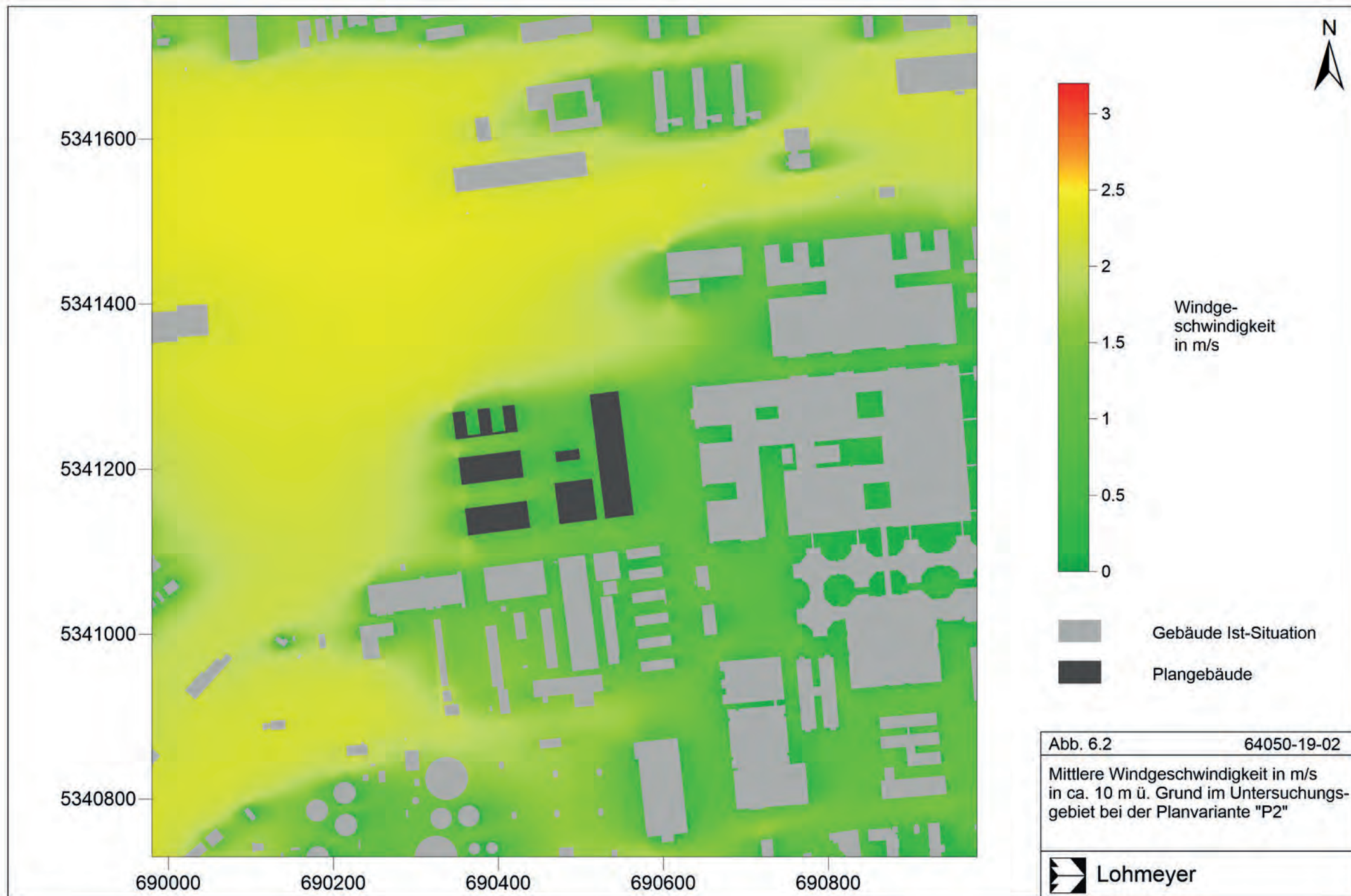
6 ERGEBNISSE DER WINDFELDBERECHNUNGEN

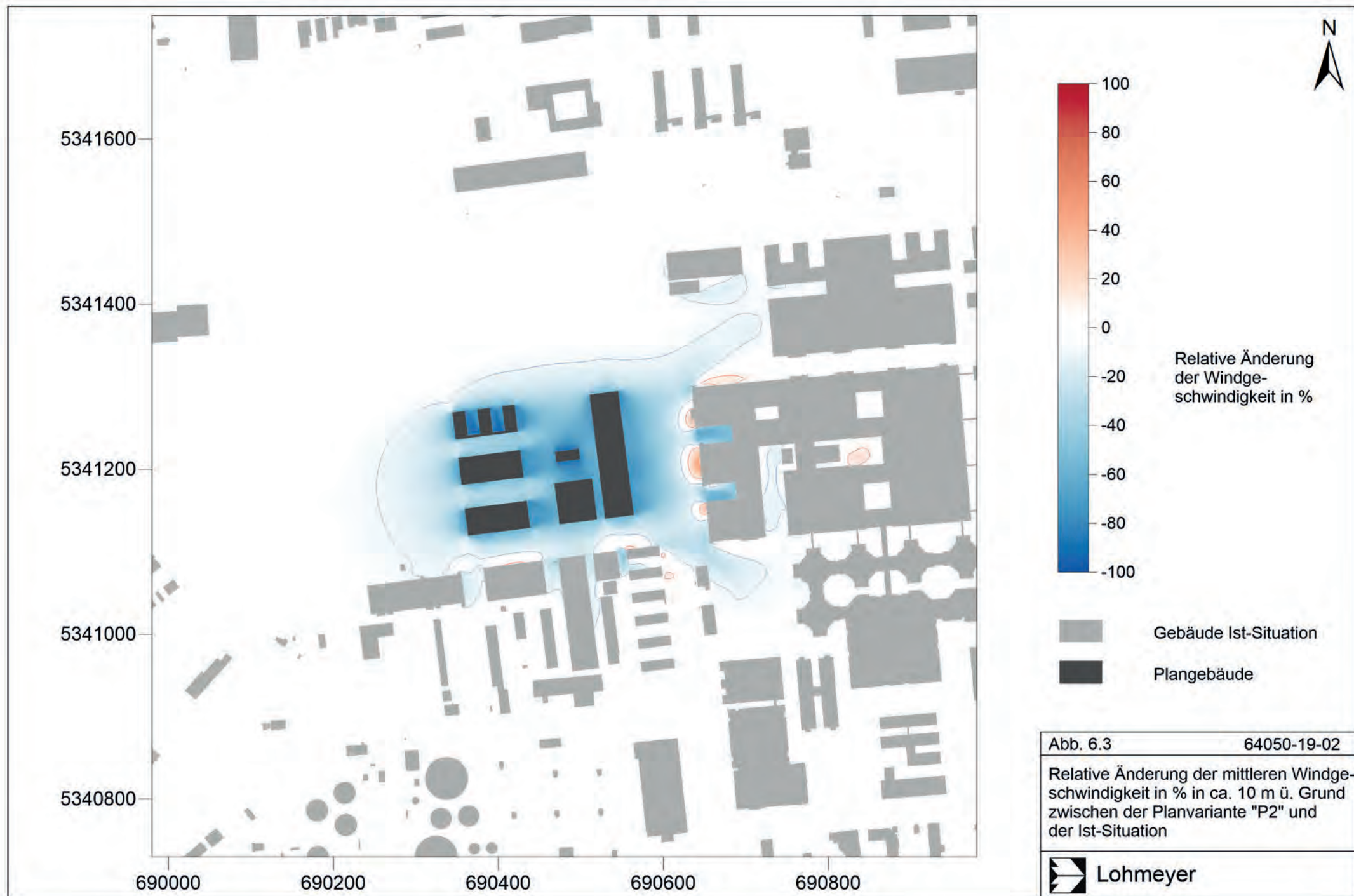
Mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM werden Strömungsrechnungen für alle Windrichtungen in 10-Grad-Schritten durchgeführt. Unter Verwendung der für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Häufigkeiten der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen werden Jahreswerte der mittleren Windgeschwindigkeit für jede Box im Rengitter berechnet. Die Ausgabe erfolgt für zwei ausgewählte Höhen über Grund. Dafür bieten sich die Höhen von ca. 1.5 m über Grund, repräsentativ für den Aufenthaltsbereich des Menschen im Freien, und ca. 10 m über Grund in Anlehnung an die in Deutschland üblichen Messhöhen verfügbarer und repräsentativer Windmessdaten an. Damit ist ein Vergleich der berechneten Windverhältnisse mit bestehenden Messdaten in der Umgebung gegeben.

Mit der lokal repräsentativen Windstatistik aus **Abb. 4.5** werden die jahresbezogenen Windverhältnisse berechnet. **Abb. 6.1** zeigt die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in etwa 10 m Höhe für die Ist-Situation. Über den bebauungsfreien Flächen des Virginia Depots werden bis zu 2.5 m/s erreicht. In bebauten Bereichen wird die Windgeschwindigkeit stark eingeschränkt, beispielsweise liegt die mittlere Windgeschwindigkeit im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes bei unter 1 m/s, im Nahbereich von Gebäuden auch deutlich darunter. In West-Ost-orientierten bebauungsfreien Schneisen, z. B. nördlich des Parkhauses FIZ Nord, setzen sich Strömungsgeschwindigkeiten mit etwa 2 m/s durch, da sie entlang der Haupt- und Nebenwindrichtung der mittleren jährlichen Windrichtungsverteilung von München liegen. Über dem Plangebiet ergeben sich mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten zwischen 1.8 m/s und 2.3 m/s, je nach Abstand zu den relevanten nächstgelegenen Baukörpern.

Abb. 6.2 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für die Planvariante „P2“. Wie in der Ist-Situation werden über bebauungsfreien Flächen des Virginia Depots bis zu 2.5 m/s erreicht. Durch die Planung werden die mittleren Strömungsverhältnisse im Bereich des Plangebietes und dessen Nahbereich stark eingeschränkt, im übrigen Gebiet bleiben die mittleren Windgeschwindigkeiten der Ist-Situation bestehen. **Abb. 6.3** zeigt dazu die relativen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation; die rote beziehungsweise blaue Linie kennzeichnen die positiven bzw. negativen Abweichungen von 10 %; damit werden Bereiche gekennzeichnet, die etwas unter der Bandbreite der jährlichen Schwankungen der mittleren Windgeschwindigkeit der Station München-Stadt in den letzten 10 Jahren liegen, die zwischen 2.6 m/s im Jahr 2014 und 3.1 m/s im Jahr 2017 ist. Das bedeutet, Bereiche mit weniger als 10 % relativer Änderung



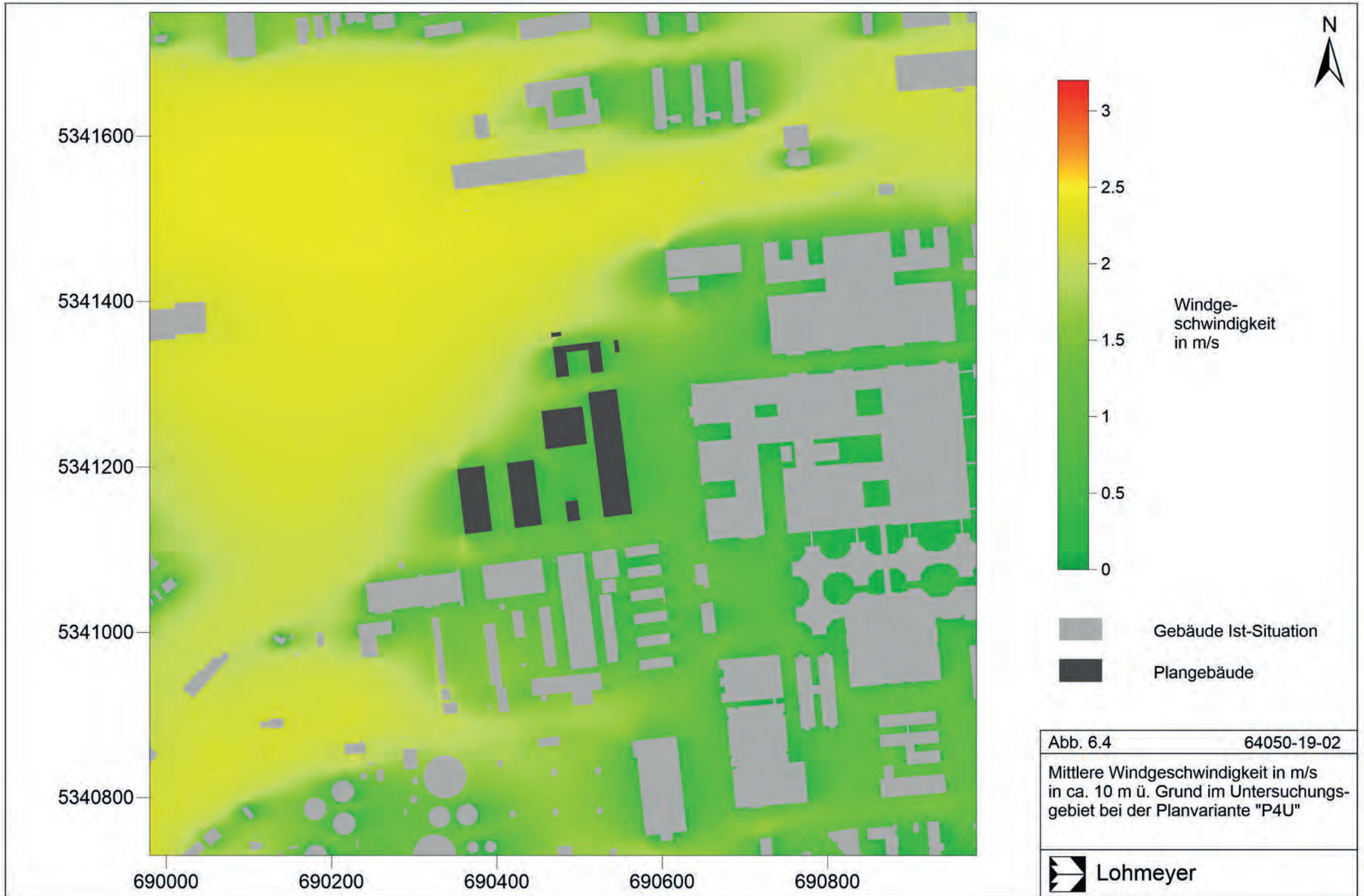


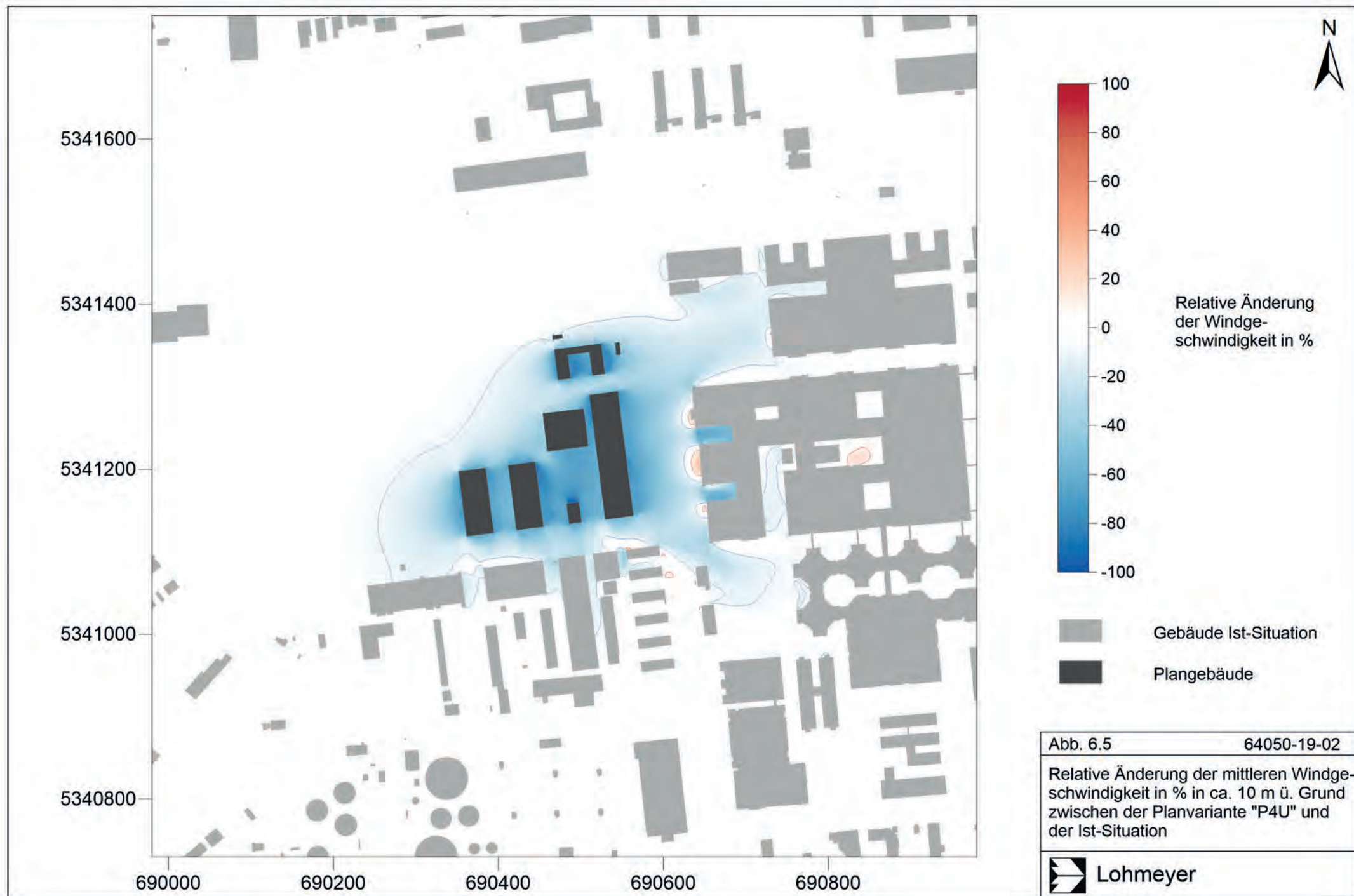


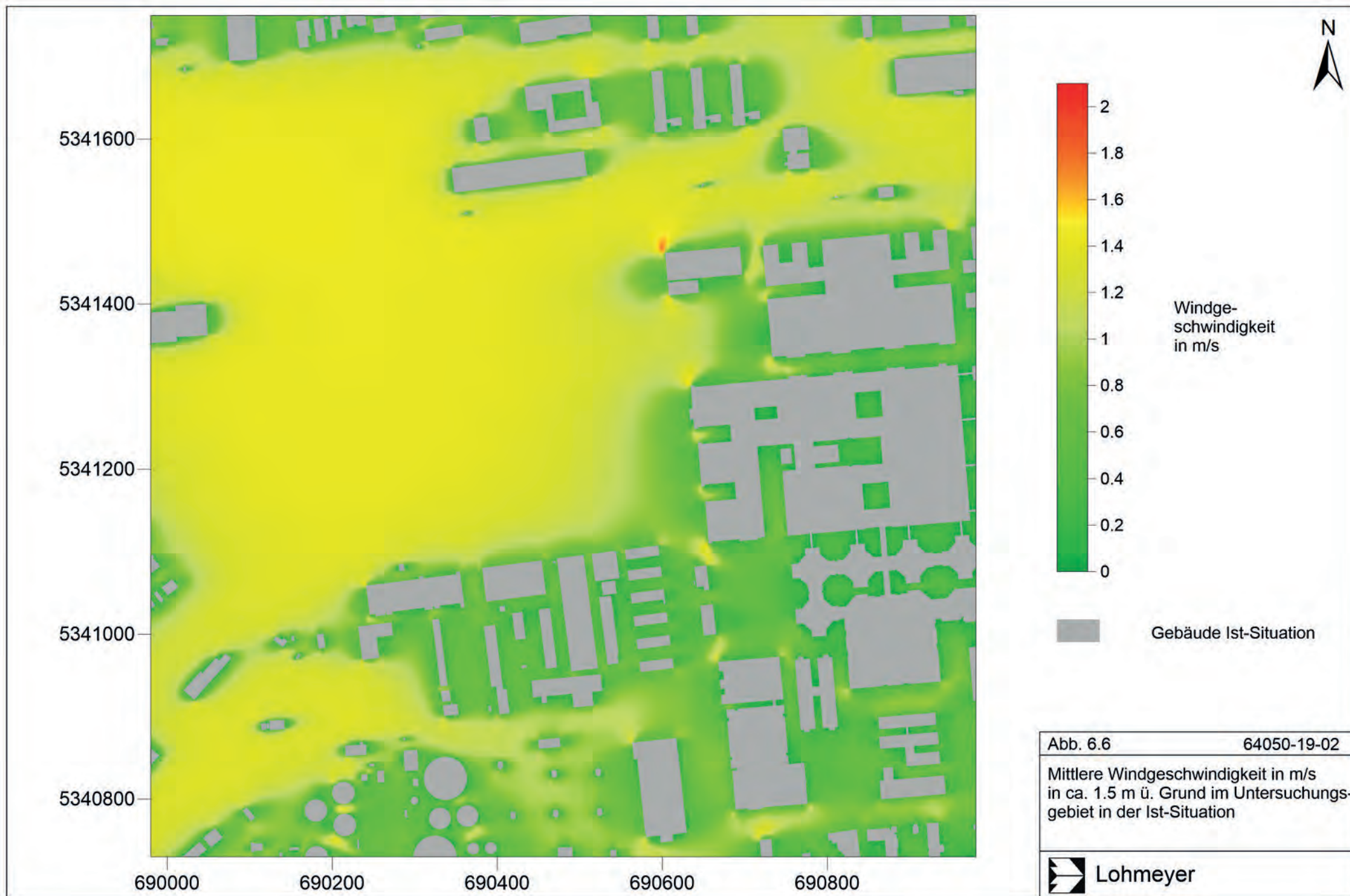
aufgrund der Planung, haben eine geringere Änderung als die Bandbreite der Messungen, die im letzten Jahrzehnt auftrat. Einschränkungen in den Durchlüftungsverhältnissen von 10 % und mehr in 10 m über Grund ergeben sich demnach bis etwa 100 m westlich und 50 m nördlich der Plangebäude, sowie bis in die Bereiche der südlich und östlich davon angrenzenden Gewerbenutzungen. Aufgrund von Turbulenz- und Düseneffekten können lokal auch Zunahmen der mittleren Windgeschwindigkeit auftreten, wobei die Abnahmen überwiegen. In den übrigen Bereichen im Untersuchungsgebiet werden keine wesentlichen Änderungen der Durchlüftungsverhältnisse im Vergleich der Planvariante „P2“ zur Ist-Situation simuliert.

Abb. 6.4 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für die Planvariante „P4U“. Wie in der Ist-Situation und bei der Planvariante „P2“ werden über den bebauungsfreien Flächen des Virginia Depots bis zu 2.5 m/s erreicht. Durch die Planung werden die mittleren Strömungsverhältnisse im Bereich des Plangebietes und dessen Nahbereich stark eingeschränkt, im übrigen Gebiet bleibt die mittlere Windgeschwindigkeit der Ist-Situation bestehen. **Abb. 6.5** zeigt dazu die relativen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation; die rote beziehungsweise blaue Linie kennzeichnen die positiven bzw. negativen Abweichungen von 10 %. Einschränkungen in den Durchlüftungsverhältnissen von 10 % und mehr in 10 m über Grund ergeben sich demnach bis etwa 100 m westlich und 50 m nördlich der Plangebäude, sowie bis in die Bereiche der südlich und östlich davon angrenzenden Gewerbenutzungen. Die geänderte Gebäudeanordnung im Vergleich zur Planvariante „P2“ bewirkt insgesamt eine etwas geringere Abnahme im Nordwesten des Plangebietes und etwas größere Abnahmen der mittleren Windgeschwindigkeit nach Nordosten und Südosten. Aufgrund von Turbulenz- und Düseneffekten können lokal auch Zunahmen in der mittleren Windgeschwindigkeit auftreten, wobei die Abnahmen überwiegen. In den übrigen Bereichen im Untersuchungsgebiet ergeben sich keine wesentlichen Änderungen der Durchlüftungsverhältnisse im Vergleich der Planvariante „P4U“ zur Ist-Situation.

Abb. 6.6 zeigt die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in etwa 1.5 m Höhe für die Ist-Situation. Über den bebauungsfreien Flächen des Virginia Depots werden bis zu 1.5 m/s erreicht. In bebauten Bereichen wird die Windgeschwindigkeit stark eingeschränkt, beispielsweise liegt die mittlere Windgeschwindigkeit im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes großteils bei unter 0.6 m/s, im Nahbereich von Gebäuden auch deutlich darunter, an Gebäudekanten aufgrund von Turbulenzeffekten auch teilweise doppelt so hoch. In West-Ost-orientierten bebauungsfreien Schneisen, beispielsweise nördlich des Parkhauses FIZ Nord, setzen sich Strömungsgeschwindigkeiten mit etwa 1.3 m/s durch, da sie in Haupt- und



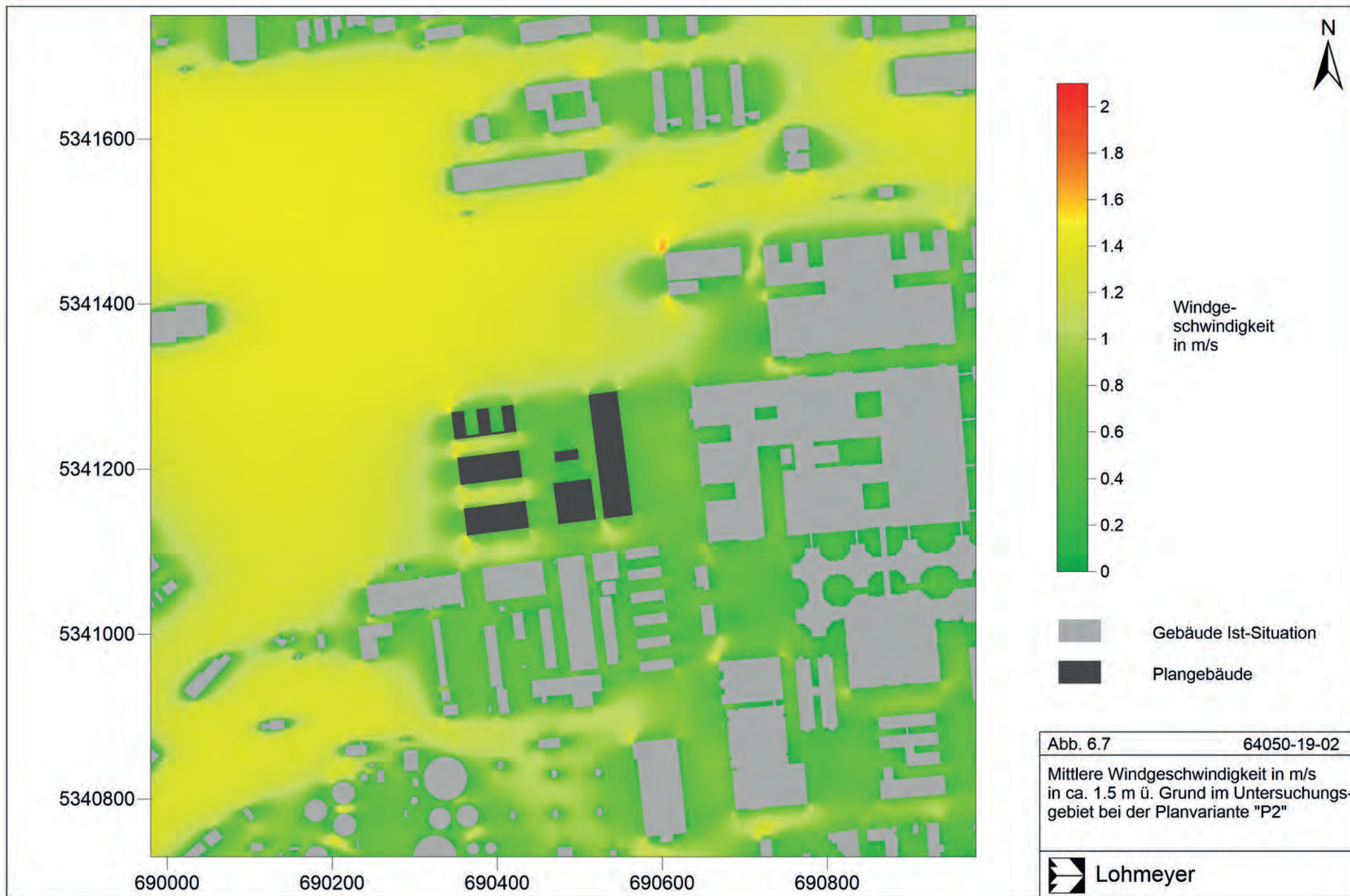


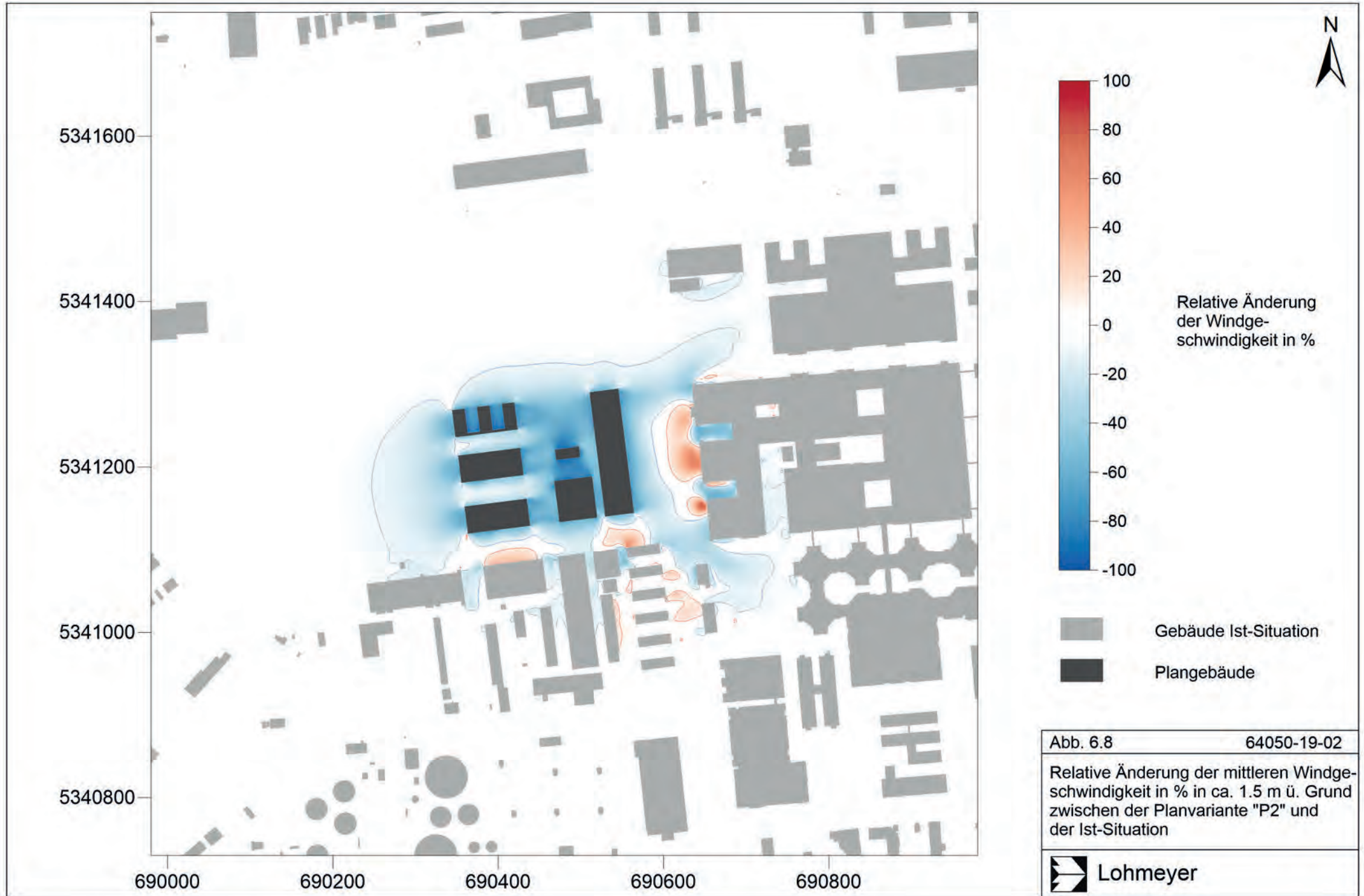


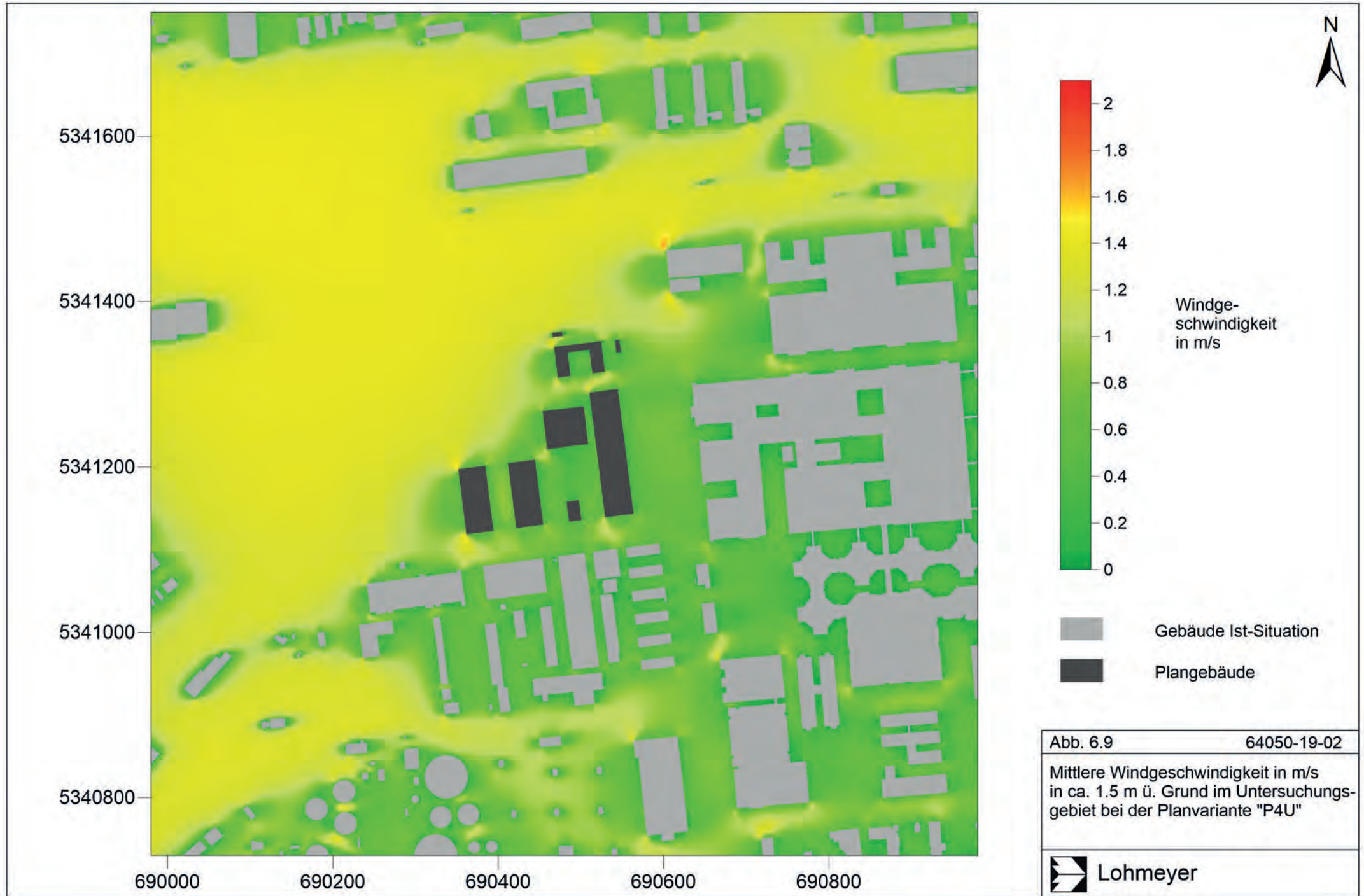
Nebenwindrichtung der mittleren jährlichen Windrichtungsverteilung liegen, an der nordwestlichen Gebäudekante bis zu 1.7 m/s. Über dem Plangebiet ergeben sich jahresmittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 0.9 m/s und 1.3 m/s, je nach Abstand zu den relevanten nächstgelegenen Baukörpern.

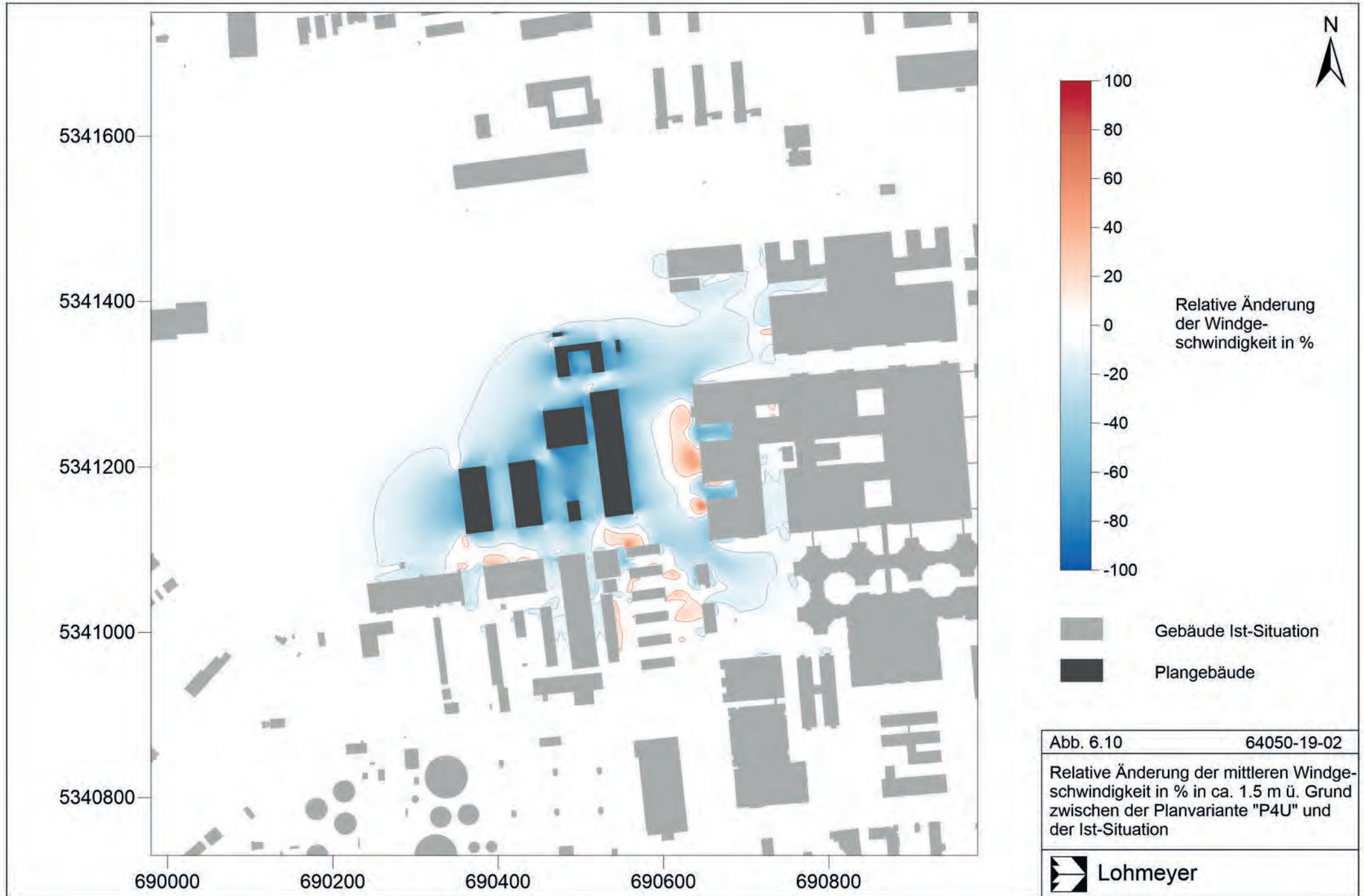
Abb. 6.7 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit in 1.5 m Höhe für die Planvariante „P2“. Wie in der Ist-Situation werden über bebauungsfreien Flächen des Virginia Depots bis zu 1.5 m/s erreicht. Durch die Planung werden die mittleren Strömungsverhältnisse im Bereich des Plangebietes stark eingeschränkt, im übrigen Gebiet bleibt die mittlere Windgeschwindigkeit der Ist-Situation bestehen. **Abb. 6.8** zeigt dazu die relativen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen der Planvariante „P2“ und der Ist-Situation; die rote beziehungsweise blaue Linie kennzeichnen die positiven bzw. negativen Abweichungen von 10 %. Die Einschränkungen in den Durchlüftungsverhältnissen in 1.5 m über Grund sind in diesem Fall mit denen in 10 m vergleichbar und ergeben sich dementsprechend bis etwa 100 m westlich und 50 m nördlich der Plangebäude, sowie bis in die Bereiche der südlich und östlich davon angrenzenden Gewerbenutzungen. Aufgrund von Turbulenz- und Düseneffekten können lokal auch Zunahmen in der mittleren Windgeschwindigkeit auftreten, wobei die Abnahmen überwiegen. In den übrigen Bereichen im Untersuchungsgebiet ergeben sich keine wesentlichen Änderungen der Durchlüftungsverhältnisse im Vergleich der Planvariante „P2“ zur Ist-Situation. Entlang der Schleißheimer Straße werden gebäudenah verringerte Geschwindigkeiten berechnet, sodass eine Erhöhung der bodennahen Luftschadstoffkonzentration nicht auszuschließen ist.

Abb. 6.9 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit in 1.5 m Höhe für die Planvariante „P4U“. Wie in der Ist-Situation und bei der Planvariante „P2“ werden über den bebauungsfreien Flächen des Virginia Depots bis zu 1.5 m/s erreicht. Durch die Planung werden die mittleren Strömungsverhältnisse im Bereich des Plangebietes stark eingeschränkt im übrigen Gebiet bleibt die mittlere Windgeschwindigkeit der Ist-Situation bestehen. **Abb. 6.10** zeigt dazu die relativen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen der Planvariante „P4U“ und der Ist-Situation; die rote beziehungsweise blaue Linie kennzeichnen die positiven bzw. negativen Abweichungen von 10 %. Einschränkungen in den Durchlüftungsverhältnissen in 1.5 m über Grund sind auch hier mit denen in 10 m vergleichbar und ergeben sich dementsprechend bis etwa 100 m westlich und 50 m nördlich der Plangebäude, sowie bis in die Bereiche der südlich und östlich davon angrenzenden Gewerbenutzungen. Die geänderte Gebäudeanordnung im Vergleich zur Planvariante „P2“ bewirkt insgesamt wiederum eine etwas geringere Abnahme im Nordwesten des Plangebietes und etwas größere Abnahmen der mittleren Windgeschwindigkeit nach Nordosten und Südosten. Aufgrund von Turbulenz- und









Düseneffekten können lokal auch Zunahmen in der mittleren Windgeschwindigkeit auftreten, wobei die Abnahmen überwiegen. In den übrigen Bereichen im Untersuchungsgebiet ergeben sich keine wesentlichen Änderungen der Durchlüftungsverhältnisse im Vergleich der Planvariante „P4U“ zur Ist-Situation. Wie bei Planvariante „P2“ werden entlang der Schleißheimer Straße gebäudenah verringerte Geschwindigkeiten berechnet, sodass eine Erhöhung der bodennahen Luftschadstoffkonzentration dort nicht auszuschließen ist.

7 FAZIT

Die Berechnungen zeigen, dass an heißen Tagen bei autochthonen Wetterlagen, d. h. schwachwindig und wolkenarm, tagsüber im Plangebiet Strömungen aus östlichen Richtungen vorherrschen, die von der Planung außerhalb des Plangebietes nicht wesentlich flächenhaft beeinflusst werden. Auf dem Plangebiet selbst werden tagsüber in den Bereichen zwischen der Mensa, der Turnhalle und dem Schulgebäude, d. h. in Aufenthaltsbereichen im Freien, lokal etwas stärkere Temperaturerhöhungen aufgrund der Planung bei Planvariante „P2“ im Vergleich zu Variante „P4U“ simuliert. Die Wärmebelastung, angegeben über den bioklimatischen Index UTCI, wird tagsüber bei einer autochthonen Wetterlage vorwiegend von der Luft- und Strahlungstemperatur bestimmt, sodass sich bei vergleichbaren Lufttemperaturen für beide Varianten je nach Verschattung eines Standortes vergleichbare Werte für die Wärmebelastung ergeben.

In Bezug auf die nächtlichen Ausgleichsströmungen bei sommerlichen autochthonen Wetterlagen, werden im Untersuchungsgebiet komplexe Zusammenhänge zwischen den regionalen mächtigen Kaltluftströmungen aus Süden („Alpines Pumpen“), den reliefbedingten lokalen Kaltluftströmungen aus dem Alpenvorland und den thermischen Ausgleichsströmungen zwischen der Stadt und dem Umland simuliert. Das bedeutet, es ergeben sich im Bereich des Plangebietes unterschiedliche, teils entgegengesetzte Strömungsrichtungen zwischen dem Boden und dem Dachniveau, sodass eine Bewertung für unterschiedliche Höhenbereiche erfolgt, d. h. in Bodennähe und über dem Dachniveau. Als Dachniveau wurde in diesem Fall die Höhe der südlich des Plangebietes liegenden Gebäude angenommen, die die meisten Gebäude nicht mehr beziehungsweise gerade noch erreichen, d. h. etwa 15 m über Grund. Über dem Dachniveau werden infolge des Alpines Pumpens mächtige Kaltluftströmungen berechnet, die nur in geringem Umfang durch die Planungen modifiziert werden. In Bodennähe sind geringe Windgeschwindigkeiten und überwiegend keine gerichteten Strömungen in der Ist-Situation berechnet und damit keine bedeutende Belüftungsfunktion. Die zusätzlichen Baukörper führen aufgrund des niedrigen Ausgangsniveaus der Strömungsgeschwindigkeit in der Ist-Situation, das sich aus der Überlagerung der teilweise entgegengesetzten Strömungen bodennah erklären lässt, überwiegend zu etwas höheren Strömungsgeschwindigkeiten; die nächstgelegenen Wohnbebauungen werden nicht von relevanten flächenhaften Änderungen der nächtlichen bodennahen Strömungen bei sommerlichen autochthonen Wetterlagen erreicht. Insgesamt ergeben sich in der Umgebung des Plangebietes aufgrund der Gebäudekonstellation in Kombination mit den bodennahen Strömungsrichtungen bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage für München etwas höhere Einschränkungen der bodennahen Belüftungsverhältnisse bei Planvariante „P4U“ gegenüber „P2“.

Die mittleren jährlichen Durchlüftungsverhältnisse entsprechen im Plangebiet denen einer baumbestandenen Freilandnutzung; mit der Planung sind entsprechende Einschränkungen verbunden, die sich auf die unmittelbare Nachbarschaft, wie z. B. den Straßenraum der Schleißheimer Straße, sowie die nördlich und westlich angrenzenden Freiflächen beschränken und nicht bis zu umliegenden Wohnbebauungen reichen. Entsprechend der Gebäudekonstellation in Kombination mit der mittleren jährlichen Hauptwindrichtung für München, werden etwas höhere Einschränkungen der bodennahen Durchlüftungsverhältnisse bei Planvariante „P4U“ gegenüber „P2“ berechnet.

Die kurz zusammengefassten Berechnungen zeigen, dass langgestreckte hohe Baukörper mit Nord-Süd-Orientierung zu relativ deutlichen Einschränkungen der Durchlüftungsverhältnisse bei der mittleren jährlichen Hauptwindrichtung sowie bei Windanströmungen an heißen Tagen führen. Bezogen auf wirksame Kaltluftströmungen, d. h. der infolge des Alpinen Pumpens über dem Dachniveau heran transportierten Kaltluftströmung aus südlichen Richtungen, führen langgestreckte hohe Gebäude mit einer West-Ost-Orientierung zur Schwächung dieser Strömung im Dachniveau. Aus bioklimatischer Sicht zeigen sich die Wirkungen von langgestreckten und hohen Gebäuden als ungünstige Gestaltungen. Bezogen auf die vorgesehenen Nutzungen im Plangebiet scheint die Förderung der mittleren Durchlüftungsverhältnisse ein etwas größeres Gewicht einzunehmen.

Aus stadtklimatischer Sicht lässt sich festhalten, dass sich relevante Änderungen der lokalklimatischen Verhältnisse aufgrund der beiden Planvarianten „P2“ und „P4U“ auf das Plangebiet und dessen nähere Umgebung beschränken, d. h. auf die sich südlich und östlich des Plangebietes anschließenden gewerblichen Nutzungen und auf Teilbereiche der Freiflächen des Virginia Depots. Bereiche mit Wohnbebauung, beispielsweise westlich der Bezirkssportanlage Lerchenau, sind nicht von relevanten flächenhaften Änderungen der lokalklimatischen Verhältnisse aufgrund der Planung betroffen.

Mit der Planvariante „P4.5“ liegt mittlerweile eine Weiterentwicklung der Variante „P4U“ vor und stellt die aktuelle Grundlage des Bebauungsplanentwurfes dar. Im Vergleich zur Variante „P4U“ weist Variante „P4.5“ eine einheitliche Höhe von 27 m für das Nord-Süd-orientierte Schulgebäude entlang der Schleißheimer Straße auf und sieht ein weiteres 27 m hohes Schulgebäude mit West-Ost-Ausrichtung nördlich davon vor. Im Vergleich zur Variante „P4U“ wird die Variante „P4.5“ voraussichtlich zu etwas stärkeren Lufttemperaturerhöhungen auf dem Plangebiet führen und vor allem die Durchlüftungsverhältnisse west- und ostseitig des langgestreckten Schulgebäudes entlang der Schleißheimer Straße weiter einschränken, womit Erhöhungen der Luftschadstoffbelastung entlang der Schleißheimer Straße nicht aus-

zuschließen sind. Das hohe West-Ost-orientierte nördlich liegende Gebäude wird den Kaltluftstrom in Höhe des Dachniveaus in nördliche Richtungen modifizieren, sodass sich die Kombination der zwei rechtwinklig zueinander stehenden hohen Gebäude einschneidend auf die bodennahen Windverhältnisse auswirkt; für die nächstgelegenen Wohnbebauungen, d. h. westlich der Bezirkssportanlage Lerchenau, sollten die Modifizierungen keine relevanten lokalklimatischen Auswirkungen in Bodennähe haben.

In der Stadtklimaanalyse der Landeshauptstadt München (GEO-Net, 2014) wird das Kaltluftströmungsfeld um 04 Uhr morgens dargestellt. Im Bereich des Untersuchungsgebietes weist es vorwiegend schwache Strömungen aus Nordwesten auf. Entsprechend den Beschreibungen des Berechnungsverfahrens für die Stadtklimaanalyse wurde dort für den nördlichen Bereich von München der Schwerpunkt auf thermisch induzierte Strömungen, den sogenannten Flurwindsystemen gelegt, während für den südlichen Bereich von München die Kaltluftströmungen aus dem Alpenvorland mit den Berechnungen abgebildet werden. Eine aktive Einbindung der regional wirksamen Kaltluftströmungen des Alpinen Pumpens, das im gesamten Stadtgebiet und auch im nördlichen Bereich von München wirksam ist, konnte damals nicht umgesetzt werden. In den hier vorliegenden Rechnungen werden um 04 Uhr morgens im nordwestlichen Bereich und im Bereich des Plangebietes ebenfalls schwache nordwestliche Strömungen simuliert; im Unterschied zur Stadtklimaanalysekarte setzt sich über den von Süd nach Nord orientierten Freiflächen, beispielsweise im westlichen Bereich des Virginia Depots, die mächtige südliche Höhenströmung „Alpines Pumpen“ bis zum Boden durch. Deshalb unterscheiden sich die Ergebnisse in diesen Bereichen, da sich in der Stadtklimaanalyse lokale Kaltluftströmungen und/oder thermische Ausgleichsströmungen zwischen Stadt und Umland gegenüber der weniger mächtigen südlichen Höhenströmung großflächig durchsetzen können. Des Weiteren können unterschiedliche Modelleigenschaften zu weiteren Variationen zwischen den Modellergebnissen führen. Welche Strömungen sich in den nördlichen Bereichen von München real während sommerlicher autochthoner Wetterlagen einstellen, kann über Messungen an verschiedenen Standorten erfasst werden.

8 PLANUNGSHINWEISE

Allgemein ist es zu empfehlen im Aufenthaltsbereich des Menschen im Freien ein vielfältiges Nutzungsangebot bereitzustellen, das die Bedürfnisse unterschiedlicher Personen zu verschiedenen Jahreszeiten beziehungsweise meteorologischen Bedingungen abdeckt. Im Hinblick auf den derzeit stattfindenden Klimawandel und die weiteren projizierten Änderungen für die Zukunft, d. h. für Mitteleuropa u. a. eine Erhöhung der Anzahl der Tage mit Wärmebelastung und auch eine Zunahme stärkerer Wärmebelastungsereignisse, liegt der Fokus der vorliegenden Ausarbeitung in bioklimatischer Hinsicht auf Wärmebelastung im Sommer; um diese tagsüber im Aufenthaltsbereich des Menschen im Freien, d. h. beispielsweise auf dem Pausenhof, bei einer sommerlichen autochthonen Wetterlage zu reduzieren, bietet es sich an, verschattete Bereiche zu kreieren, z. B. durch die Pflanzung von Laubbäumen, wie teilweise in den Planvarianten schon vorhanden. Insbesondere Großbaumstandorte fördern den thermischen Komfort und ein angenehmes Mikroklima. Baumpflanzungen an den südlichen Fassadenbereichen der Gebäude bewirken beispielsweise deren teilweise Verschattung ganztags und tragen somit zu einer verringerten Wärmeabstrahlung der Baukörper bei; an Westfassaden gilt dies nachmittags und an Ostfassaden vormittags. Des Weiteren helfen begrünte Flächen am Boden sowie auf dem Dach und an Fassaden der Plangebäude die dortigen Oberflächentemperaturen zu reduzieren.

Für detaillierte Planungshinweise wird der Fokus auf die Nutzungen der entsprechenden Flächen bzw. Gebäude gelegt. Bei den geplanten Schulgebäuden und gewerblich genutzten Gebäuden ist kein dauerhafter Aufenthalt in den Nachtstunden gegeben, womit eine differenzierte Beurteilung der nächtlichen Abkühlungswirkung nicht als herausragend bedeutend einzustufen ist. Für Wohnnutzungen sind Verminderungen/Erhöhungen der nächtlichen natürlichen Raumkühlungen von herausragender Bedeutung. Unter diesen Gesichtspunkten schneidet die Variante „P2“ ungünstig ab, eine Milderung durch „weiche Maßnahmen“ wie Grünausstattung ist nur sehr begrenzt möglich. In den Tagstunden weist die Planvariante „P2“ für die Freiräume an den Schulgebäuden ungünstigere thermische Entwicklungen gegenüber der Planvariante „P4U“ auf, in begrenztem Umfang können die thermischen Belastungen mittels Vegetationsausstattung gepuffert werden. In Bezug auf die bioklimatische Belastung ist für beide Varianten im Bereich der Aufenthaltsflächen von Personen tagsüber eine intensive und differenzierte Grünausstattung anzuraten, z. B. durch Schatten spendende großkronige Laubbäume. Für eine attraktive Gestaltung der geplanten gewerblichen Nutzungen sind ebenfalls intensive Vegetationsausstattungen zu empfehlen.

In Bezug auf das lange und hohe geplante Schulgebäude in Nord-Süd-Ausrichtung ist aus bioklimatischer Sicht eine Staffelung der Höhen wie bei den Planvarianten „P2“ und „P4U“ vorzuziehen. Die Möglichkeit einer Planungsgestaltung durch Aufteilung des langen und hohen Schulgebäudes in zwei quer stehende Teilgebäude (West-Ost) mit Heranrücken an die Schleißheimer Straße stand nicht zur Auswahl; gleichwohl verbindet solch eine Planvariante mit entsprechend gedrehten westlich liegenden gewerblichen Gebäuden, wie bei Planvariante „P2“, die Förderung des Durchgreifens der bodennahen Hauptwindrichtung.

Die Hauptwindrichtung in München ist Südwest bis West, als sekundäre Hauptwindrichtung ergibt sich Ostnordost, die zudem überwiegend an heißen Tagen auftritt. Für das Durchgreifen der Hauptwindrichtungsanströmungen und sowohl eine windtechnische als auch bioklimatische Inwertsetzung der Vorgesehenen durchgezogenen Grünschneise mit dem Nachbarschaftsgarten ist an der Westseite, d. h. nördlich des in diesem Gutachten betrachteten Plangebietes Virginia Depot, eine trichterförmige unbebaute Aufweitung zwischen West und Südwest zu empfehlen, wie sie derzeit vorliegt. Damit ist eine Einengung durch ein Gebäude als kontraproduktiv anzusehen. Mit der Planung des FIZ Nord-Nord („BP Nr. 1939d“) werden die ostnordöstlichen Anströmungen an heißen Sommertagen eingeschränkt, d. h. das Durchgreifen der Strömungen bis in Bodennähe wird auf die Breite der Ost-West-Schneise zwischen der Ist-Situation und der Planung reduziert und die Luftaustauschfunktion reduziert. Die vorgesehene durchgezogene Grünschneise mit dem Nachbarschaftsgarten bewirkt für das hier in Frage stehende Plangebiet Virginia-Depot eine Milderung der Einschränkungen, solange die Schneise von Bebauung frei gehalten wird. Das Gymnasium an der Knorrstraße (BP Nr. 1939c) ist in den vorliegenden Berechnungen berücksichtigt. Etwaige zusätzliche Anbauten, d. h. Lernhaus, Sporthalle und Pavillon, werden keine relevanten lokalklimatischen Änderungen im Bereich des Plangebietes Virginia Depot bewirken; für die nächtlichen Belüftungsverhältnisse ergeben sich im Plangebiet Virginia Depot dadurch ebenfalls keine relevanten Änderungen.

9 LITERATUR

- Bröde, P., Fiala, D., Blażejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., Havenith, G. (2012): Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International journal of biometeorology* 56.3 (2012): 481-494.
- Bründl, W., Mayer, H. und Baumgartner, A., 1986: „Stadtklima Bayern – Abschlussbericht zum Teilprogramm „Klimamessungen München““. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, August 1986, 345 S.
- Mühlbacher, G., Koßmann, M., Sedlmeier, K., Winderlich, K. (2020): Stadtklimatische Untersuchungen der sommerlichen Temperaturverhältnisse und des Tagesgangs des Regionalwindes („Alpines Pumpen“) in München. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 252, Offenbach am Main 2020.
- Eichhorn, J. (1989): Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Dissertation, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2014): „Stadtklimaanalyse Landeshauptstadt München“. Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt.
- Jendritzky, G., de Dear, R., & Havenith, G. (2012). UTCI—why another thermal index?. *International journal of biometeorology*, 56(3), 421-428.
- Ketzel, M., Berkowicz, R. and A. Lohmeyer (1999): Dispersion of traffic emissions in street canyons - Comparison of European numerical models with each other as well as with results from wind tunnel and field measurements. Contribution to Second International Conference on Urban Air Quality - Measurement, Modelling and Management, 3.-5. March 1999, Madrid.
- Lohmeyer GmbH (2020): „Simulationen mit PALM-4U. Lohmeyer aktuell, August 2020. URL: <https://www.lohmeyer.de/aktuelles/lohmeyer-aktuell-43/> ; zuletzt abgerufen: 27.05.2021
- Maronga, B., Gryscha, M., Heinze, R., Hoffmann, F., Kanani-Sühring, F., Keck, M., Ketelsen, K., Letzel, M. O., Sühring, M., and Raasch, S. (2015): The Parallelized Large-Eddy Simulation Model (PALM) version 4.0 for atmospheric and oceanic flows: model formulation, recent developments, and future perspectives. *Geoscientific Model Development Discussions* 8 (2015), Nr. 2, S. 1539-1637 (2015).
- Maronga, B., Gross, G., Raasch, S., Banzhaf, S., Forkel, R., Heldens, W., Kanani-Sühring, F., Matzarakis, A., Mauder, M., Pavlik, D., Pfaffenrodt, J., Schubert, S. Seckmeyer, G.,

- Sieker, H., and Winderlich, K. (2019): Development of a new urban climate model based on the model PALM-Project overview, planned work, and first achievements. *Meteorologische Zeitschrift* (2019): 1-15.
- Raasch, S., and Schröter, M. (2001): PALM – a large-eddy simulation model performing on massively parallel computers. *Meteorologische Zeitschrift* 10.5 (2001): 363-372.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: *Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138)*.
- Scherhag, R., Blüthgen, J., Lauer, W. (1977): *Klimatologie*. 9. Aufl. Westermann Verlag, Braunschweig. ISBN N 3-14-160284-0, S. 204.
- VDI 3783 Blatt 7 (2017): *Umweltmeteorologie – Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle, Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder*. Richtlinie VDI 3783 Blatt 7, Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- VDI 3783 Blatt 9 (2017): *Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung*. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- VDI 3787 Blatt 2 (2008): *Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima*. Richtlinie VDI 3787 Blatt 2. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2008.
- VDI 3787 Blatt 5 (2003): *Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft*. Richtlinie VDI 3787 Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.
- Winkler, P., Lugauer, M. und Reitebuch, O. (2006): *Alpines Pumpen*. Promet, Jahrg. 32, Nr. 1/2, 34-42.

Anhang A

