

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

Telefax: +49 (0) 721 / 6 25 10 30

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Wolfgang Bächlin

**bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG
für den Aufgabenbereich O - Gerüche**

WINDFELDBERECHNUNGEN FÜR DIE PLANUNGEN „BRUDERHAUSGELÄNDE“ UND „HAMBURG- MANNHEIMER-GELÄNDE“ IN REUTLINGEN

Auftraggeber: Stadtverwaltung Reutlingen
Amt für Stadtentwicklung und Vermessung
Abteilung Stadtplanung
Marktplatz 22
72764 Reutlingen

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dezember 2017/August 2018
redaktionell geändert Juli 2019
Projekt 63490-17-02
Berichtsumfang 54 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	AUFGABENSTELLUNG	3
3	VORGEHENSWEISE - BERECHNUNGSVERFAHREN.....	4
4	EINGANGSDATEN	6
	4.1 Lagedaten.....	6
	4.2 Meteorologische Daten.....	10
5	ERGEBNISSE DER LOKALKLIMATISCHEN BETRACHTUNGEN.....	12
6	WINDKOMFORT	31
7	LITERATUR	39
A1	WINDFELDBERECHNUNGEN FÜR DEN BESTAND	42
A2	WINDFELDBERECHNUNGEN FÜR EINEN GROSSEN BEREICH MIT GEPLANTEM HOCHHAUS AM STUTTGARTER TOR.....	49

Hinweise:

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.

1 ZUSAMMENFASSUNG

An zentraler Stelle im Stadtgebiet Reutlingen, rund um den neuen Bürgerpark, wurden in jüngster Zeit verschiedene Wettbewerbsverfahren durchgeführt. Das betrifft den Bebauungsplan „Bruderhausgelände“ an der Stadthalle und den Bebauungsplan für das sogenannte "Hamburg-Mannheimer Areal" an der Ecke Konrad-Adenauer-Straße / Eberhardstraße. Für beide Plangebiete liegen Vorschläge für Hochhäuser vor. Im Ergebnis des Wettbewerbsverfahrens für das "Hamburg-Mannheimer Areal" wurde ein Hochhaus favorisiert, welches die Umgebungsbebauung deutlich überragt. Für den Bebauungsplan „Bruderhausgelände“ ist ein Hotelneubau nahe der Stadthalle vorgesehen, wobei eine Variante ein Hochhaus vorsieht. Im Zuge der Planungen wurden modifizierte Entwürfe für die geplante Bebauung vorgelegt. Dazu waren u.a. Aussagen zu den stadtklimatischen Auswirkungen dieser Planungen zu erarbeiten.

Für die vorliegenden Betrachtungen der Auswirkung der Planung auf die bodennahen Be- und Durchlüftungsverhältnisse war zum Vergleich ein Bezugsfall mit genehmigten Bebauungsplänen heranzuziehen.

Da die Planungen Gebäude im zentralen Stadtgebiet von Reutlingen vorsehen, wurden Windfeldberechnungen unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen mit dem dafür geeigneten mikroskaligen Strömungsmodell MISKAM durchgeführt.

Im Bezugsfall bilden sich über flächenhaften und zusammenhängenden Freiflächen wie dem Bereich an der Pomologie und dem Volksgarten mittlere Windgeschwindigkeiten entsprechend den Messdaten ab. In langgestreckten, von Bebauung frei gehaltenen Bereichen zeichnen sich ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse bis ca. 1.5 m/s ab, wie nördlich der Stadthalle im Bereich Echaz, Willy-Brandt-Platz und Lederstraße in Folge des Echaztälers. Bestehende Gebäude und Bauwerke führen zu verringerten mittleren Windgeschwindigkeiten. Damit sind im Bebauungsplangebiet des Hamburg-Mannheimer-Geländes Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s berechnet; entlang der Konrad-Adenauer-Straße zeichnen sich Windgeschwindigkeiten über 1 m/s ab.

Für den Planfall „Wettbewerbssieger“ mit geplantem Hochhaus an der Eberhardstraße und Hotel mit Hochhaus wird im Nahbereich die Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bezugsfall modifiziert, insbesondere bedingt durch die geplanten Hochhäuser. Mit der Umströmung der nicht zusammenhängenden geplanten Gebäude erhöht sich im Hamburg-Mannheimer Areal die mittlere Windgeschwindigkeit gegenüber der riegelartigen Bebauung im Bezugsfall. Auch im Kreuzungsbereich Eberhardstraße mit Konrad-Adenauer-Straße ist eine etwas höhere

mittlere Windgeschwindigkeit berechnet. Das betrifft überwiegend die angrenzenden Verkehrsflächen und Zwischenräume zur benachbarten bestehenden Bebauung. Zwischen dem geplanten Hotel mit Hochhaus und der Stadthalle ist bodennah eine erhöhte Windgeschwindigkeit berechnet, die auf Windverstärkung bei ausgewählten Anströmrichtungen deutet. In anschließenden Teilbereichen sind geringe Reduktionen der mittleren Windgeschwindigkeit ermittelt. Im überwiegenden Bereich sind keine Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet, sodass dort keine Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse durch die Planung zu erwarten sind.

Für den Planfall „zweiter Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel sind vergleichbare Windverhältnisse und geringe Änderungen zum Bezugsfall berechnet.

Ergänzend zu den Betrachtungen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten wurde der Windkomfort betrachtet, d.h. der Einfluss der Hochhausbebauung auf die Böigkeit in deren Nahbereich. Dafür ist festzuhalten, dass auch mit dem geplanten Hochhaus auf dem Hamburg-Mannheimer Areal keine besonderen windtechnischen Nutzungseinschränkungen zu erwarten sind. Im Freiraum zwischen der Stadthalle und dem Hotel mit hohem Hochhaus ist eine erhöhte Zugigkeit prognostiziert, die dort keine empfindliche Nutzungen wie Wartebereiche, oder repräsentative Zugangsbereiche etc. empfehlen lässt. Ähnliches trifft auch an der nordwestlichen Seite der geplanten Hotelbebauung zu.

Insgesamt ist aus stadtklimatischer Sicht festzuhalten, dass die Kombination eines Hochhauses auf dem Hamburg-Mannheimer Areal mit einem hohen Hochhaus an der Stadthalle in deren Nahbereich bis ca. 100 m Abstand zu deutlichen Änderungen der Durchlüftungsverhältnisse führt, vor allem zu einer Erhöhung der mittleren Windgeschwindigkeit. Daran schließt zwar ein Bereich mit geringen Einschränkungen der Durchlüftungsverhältnisse an, die ortsüblichen Windverhältnisse im zentralen Stadtgebiet von Reutlingen werden jedoch nicht wesentlich beeinträchtigt.

2 AUFGABENSTELLUNG

An zentraler Stelle im Stadtgebiet Reutlingen, rund um den neuen Bürgerpark, wurden in jüngster Zeit verschiedene Wettbewerbsverfahren durchgeführt. Das betrifft den Bebauungsplan „Bruderhausgelände“ an der Stadthalle und den Bebauungsplan für das sogenannte "Hamburg-Mannheimer Areal" an der Ecke Konrad-Adenauer-Straße / Eberhardstraße. Für beide Plangebiete liegen Vorschläge für Hochhäuser vor. Im Ergebnis des Wettbewerbsverfahrens für das "Hamburg-Mannheimer Areal" wurde ein Hochhaus favorisiert, welches die Umgebungsbebauung deutlich überragt. Im Zuge der Planungen wurden modifizierte Entwürfe für die geplante Bebauung vorgelegt. Für den Bebauungsplan „Bruderhausgelände“ ist ein Hotelneubau nahe der Stadthalle vorgesehen, wobei eine Variante ein Hochhaus vorsieht.

Dazu sind u.a. Aussagen zu den stadtklimatischen Auswirkungen dieser Planungen zu erarbeiten.

3 VORGEHENSWEISE - BERECHNUNGSVERFAHREN

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 Windfelder im Hinblick auf die Belüftungsverhältnisse, d.h. den möglichen Abtransport lufthygienisch oder thermisch belasteter Luftmassen bzw. dem Zuführen frischer Luftmassen. In letzter Zeit werden verstärkt Auswirkungen auf die thermischen Belange betrachtet im relativen Vergleich und im Vergleich zu Belastungsindices, verstärkt auch vor dem Hintergrund der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels mit verstärkter Häufung von Heißen Tagen.

Das Plangebiet und dessen direkte Umgebung sind im Stadtzentrum von Reutlingen durch die städtische Bebauung geprägt. Da die Planungen deutliche Änderungen der Gebäude im Bebauungsplangebiet vorsehen, werden sie sich insbesondere auf die bodennahen Windverhältnisse auswirken. Dementsprechend werden Windfeldberechnungen unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen mit dem dafür geeigneten mikroskaligen Strömungsmodell MISKAM in der aktuellen Version 6.3 (Eichhorn, 1989) durchgeführt.

Das Modell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert (Eichhorn, 1995, Eichhorn, 2003, Eichhorn, 2004, Schädler et al., 1996). Unser Büro hat sich mit dem Modell MISKAM an einem bundesweiten, von BWPLUS Forschungszentrum Karlsruhe veranstalteten „Vergleich von berechneten Immissionswerten innerhalb eines beidseitig bebauten Straßenquerschnitts“ erfolgreich beteiligt.

Betrachtet werden der genehmigte Bebauungsplan und verschiedene Varianten der Planung, um die Änderungen nach Intensität und Lage rechnerisch aufzuzeigen und relativ zu beurteilen. Die Auswertungen erfolgen für die relevanten Hauptwindrichtungen sowie lokal bedeutende Strömungen.

Grundlage der Simulationsrechnungen ist die digitale Aufnahme der bestehenden und geplanten Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten, Luftbildern und Planunterlagen entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Das Modell MISKAM arbeitet mit einem nicht-äquidistanten Rechengitter. Bei den für die vorliegende Untersuchung durchgeführten Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen werden die Vorgaben der VDI-Richtlinie für prognostische Windfeldmodelle (VDI, 2005) hinsichtlich Auflösung und Größe des Rechengitters beachtet. 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.

Die digital erfassten Gebäudekataster werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht aus 440 x 290 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 200 m x 900 m. Es wird ein nicht äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung des Bauvorhabens eine feine Auflösung von 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 41 Ebenen bis in eine Höhe von 550 m über Grund, wobei in Bodennähe die Ebenen fein aufgelöst sind. Das Rechengitter ist gegenüber der Nordrichtung gedreht. Die Gebäude werden in diese Gitter übertragen.

Die Berechnungen erfolgten mit dem PC-Programm WinMISKAM Version 2017.5.4.6 vom 29.08.2017 (www.lohmeyer.de/software) 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 durchgeführt.

4 EINGANGSDATEN

Für die Erarbeitung des vorliegenden Gutachtens wurden die digitalen Lage- und Gebäude-daten durch die Stadtverwaltung Reutlingen zur Verfügung gestellt. Für die Planung wurden die Ergebnisse des Wettbewerbs und ergänzender Ausarbeitungen mit Angaben der Gebäu-dekonstellation und Bebauungshöhe durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Aus den genannten Lagedaten wird für die mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen ein dreidimensionales Bebauungsmodell erstellt.

4.1 Lagedaten

Die Bebauungsplangebiete „Bruderhausgelände“ und "Hamburg-Mannheimer Areal" liegen im Innenstadtbereich von Reutlingen. Das Bebauungsplangebiet „Bruderhausgelände“ befindet sich direkt westlich der Stadthalle und wird südlich von dem Straßenzug Konrad-Adenauer-Straße – Lederstraße und nordwestlich durch die Eberhardstraße begrenzt. Das Gelände besteht aus einer befestigten Freifläche ohne Bebauung. Der genehmigte Bebauungsplan beinhaltet eine blockartige Bebauung für eine Hotelnutzung mit einer Höhe bis ca. 21 m.

Das Hamburg-Mannheimer-Gelände befindet sich westlich der Eberhardstraße, nördlich der Konrad-Adenauer-Straße und wird im Norden durch die Gustav-Werner-Straße begrenzt. Das Hamburg-Mannheimer-Gelände weist derzeit eine bauliche Nutzung mit einer Randbebauung zur Eberhardstraße auf; im hinteren Grundstücksbereich befinden sich weitere Gebäude, eines mit 7 Geschossen. Der genehmigte Bebauungsplan beinhaltet für das Hamburg-Mannheimer-Gelände eine geschlossene Randbebauung entlang der Eberhardstraße und Konrad-Adenauer-Straße sowie weitere Gebäude im hinteren Grundstücksbereich. Für die gegenüberliegende Straßenseite der Eberhardstraße liegt ein genehmigter Bebauungsplan für ein Hotelstandortbereich vor. Diese genehmigten Bebauungspläne sind als Bezugsfall für die Windfeldberechnungen zu betrachten.

Für das Hamburg-Mannheimer-Gelände wurde im Wettbewerbsverfahren ein Entwurf mit dem ersten Preis gekürt, der an der Eberhardstraße ein 50 m hohes und ca. 28 m breites Hochhaus vorsieht. Der zweite Preis des Wettbewerbsverfahrens verzichtet auf ein Hochhaus und sieht entlang der Eberhardstraße eine durchgängige 5-geschossige Bebauung und zwei weitere Gebäuderiegel im hinteren Grundstücksbereich vor.

Für das Bruderhausgelände liegt eine Planung mit einem nahezu quadratischen Grundriss mit einem Hochhaus bis ca. 35 m Höhe an der nordöstlichen Ecke des Gebäudekomplexes

nahe der Stadthalle und umgebender Sockelbebauung bis ca. 17 m Höhe vor mit einer erweiterten Variante mit bis ca. 50 m hohem Hochhaus. Alternativ liegt eine Planung eines langgestreckten Baukörpers bis ca. 23 m Höhe und einer Ausrichtung in südsüdwestlicher nach nordnordöstlicher Richtung vor.

Die Lage der Plangebiete ist auf der Grundlage der städtischen Bebauung in **Abb. 4.1** dargestellt.

In **Abb. 4.2** bis **Abb. 4.4** sind perspektivische Darstellungen der Baukörper als einfache Geometrien für die Windfeldberechnungen aufgezeigt.

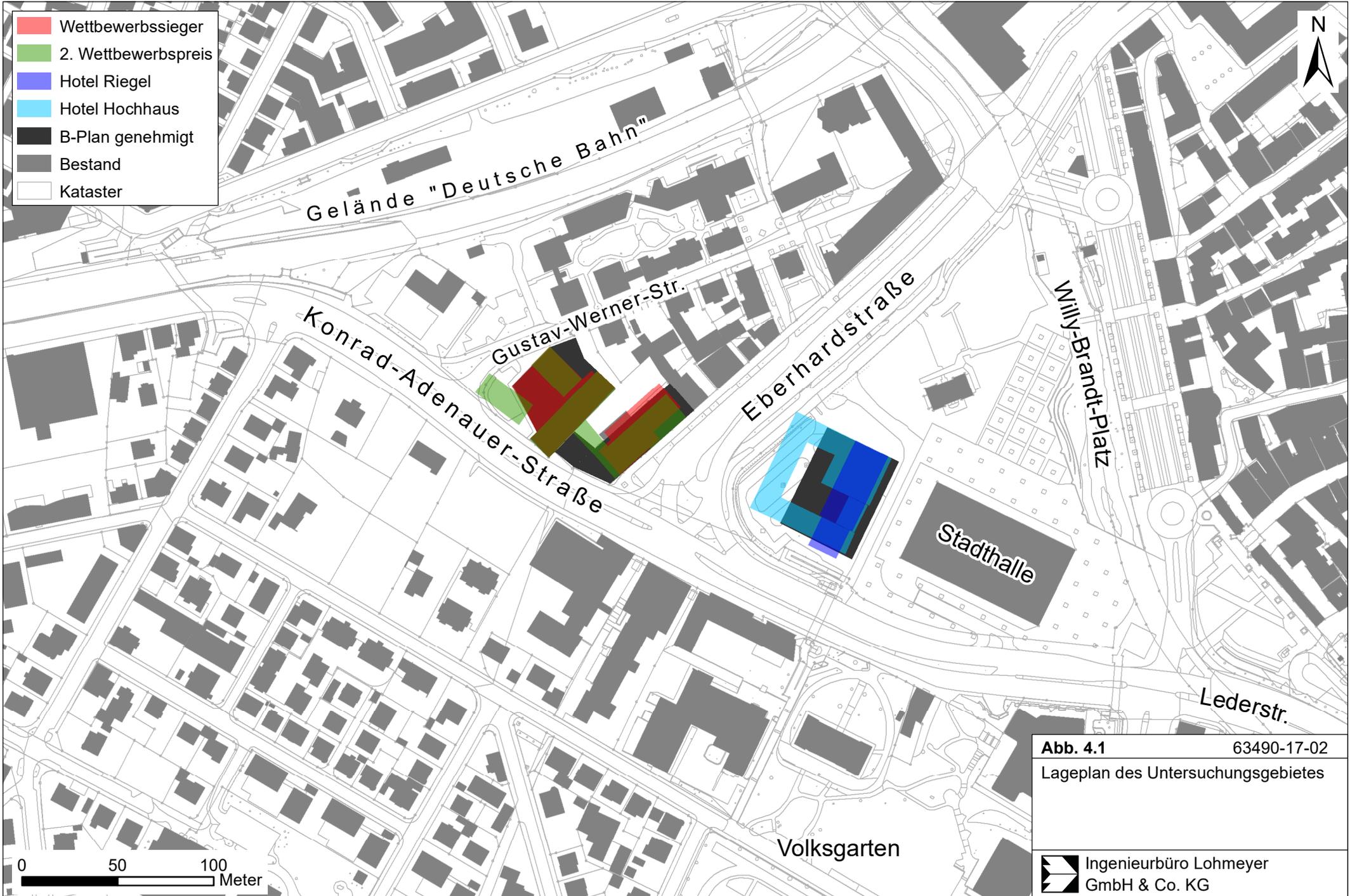


Abb. 4.1 63490-17-02
 Lageplan des Untersuchungsgebietes

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

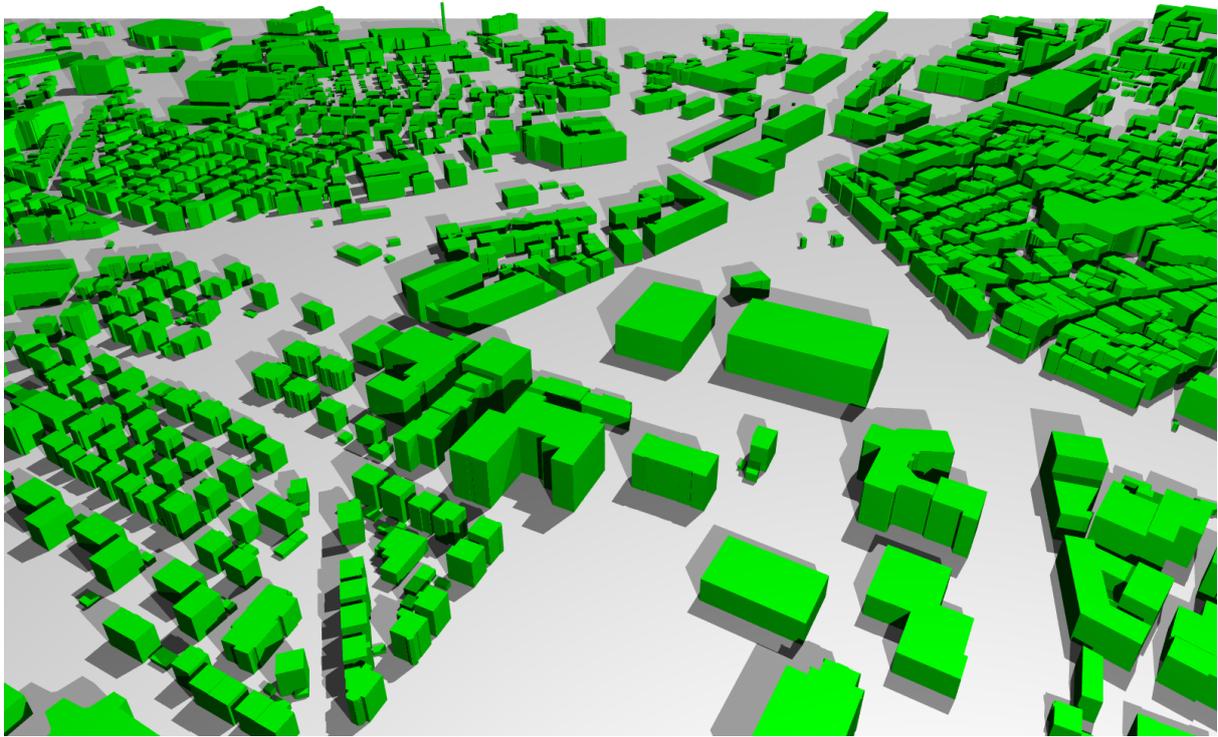


Abb. 4.2: Perspektivische Darstellung für den Bezugsfall mit Blick aus Süden.

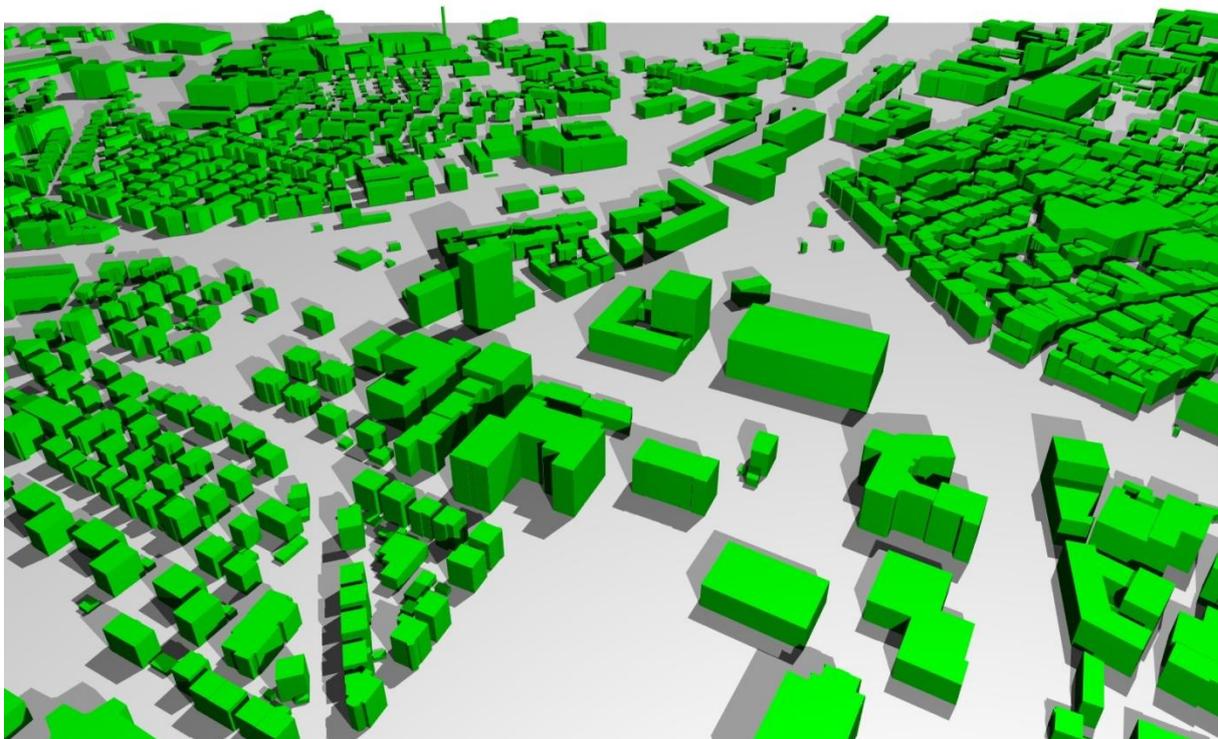


Abb. 4.3: Perspektivische Darstellung für den Wettbewerbssieger und Hotel mit Hochhaus mit Blick aus Süden.

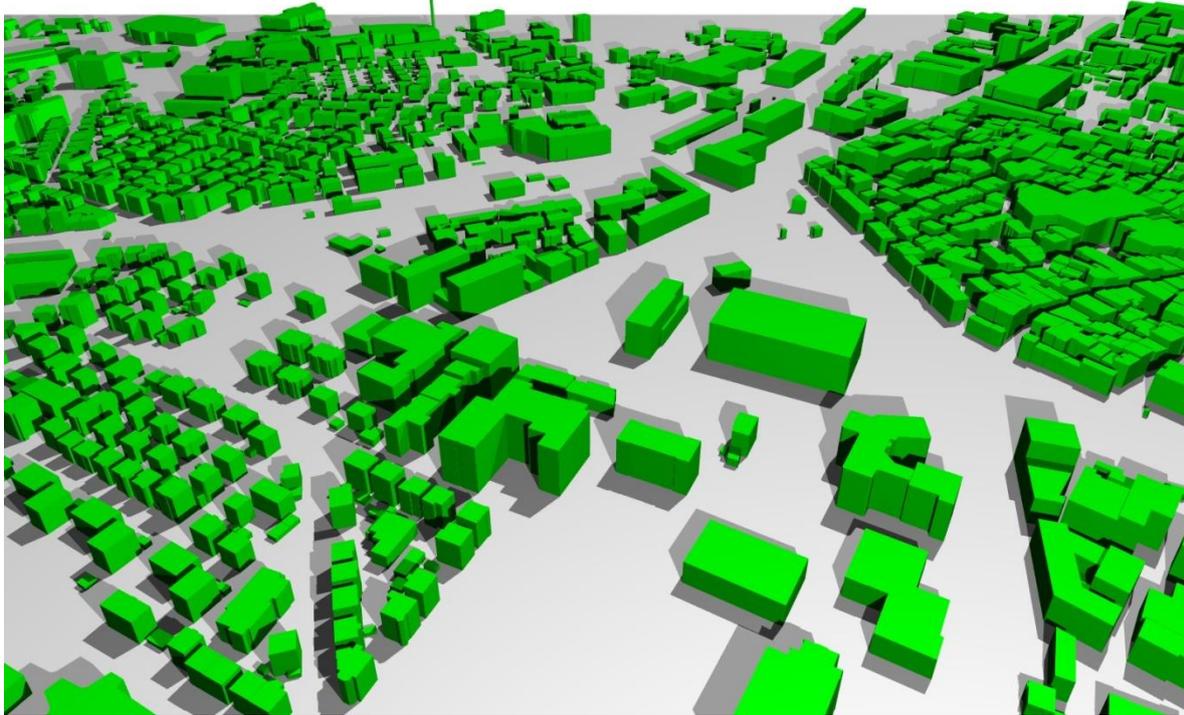


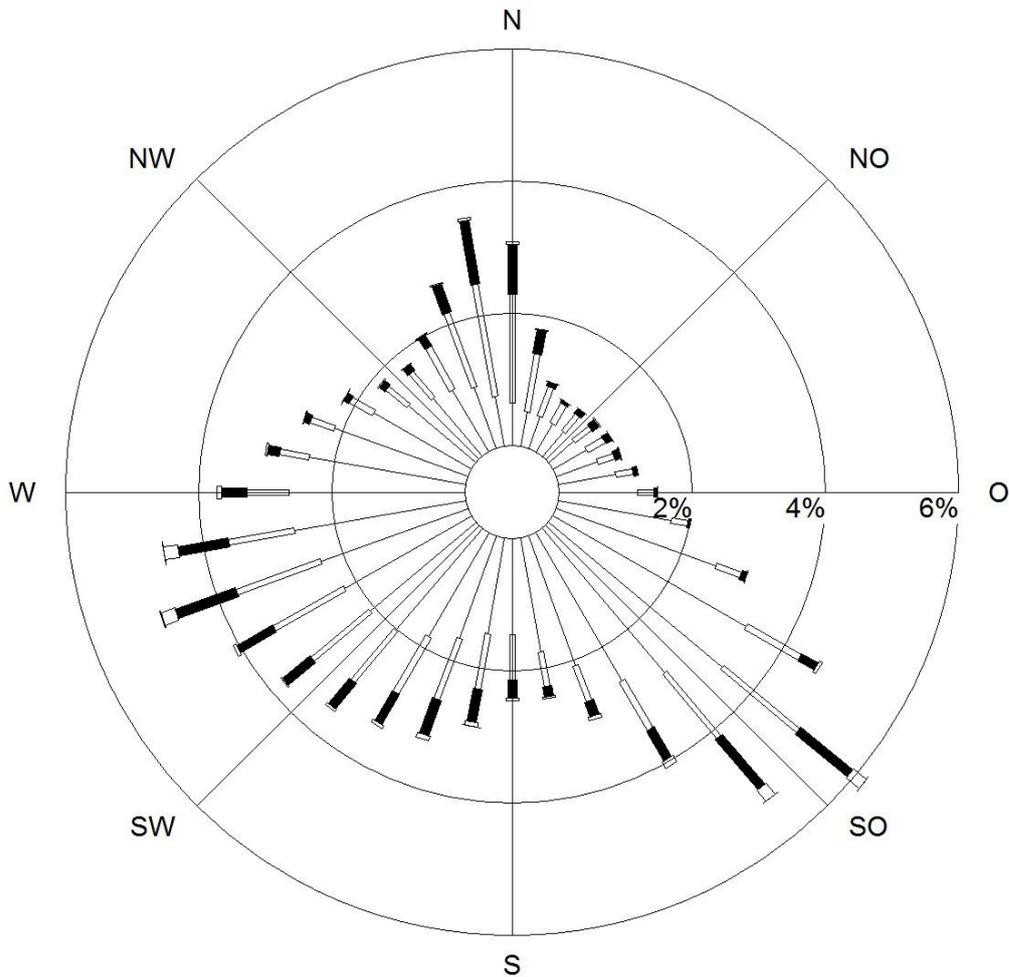
Abb. 4.4: Perspektivische Darstellung für den zweiten Wettbewerbspreis und Hotel mit Riegel mit Blick aus Süden.

4.2 Meteorologische Daten

Für die Berechnungen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Langjährige Windmessdaten liegen in Reutlingen an der Station Reutlingen Pomologie des Landesmessnetzes Baden-Württemberg der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) vor. In **Abb. 4.5** ist die Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an der Station Reutlingen/Pomologie für die Jahre 2000-2006 dargestellt. Ausgeprägt sind die Hauptmaxima aus West und Südost, die jeweils einen breiten Sektor aufspannen. Ein weiteres Nebenmaximum liegt bei nördlichen Windrichtungen. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt mit 1.5 m/s im erwarteten Bereich für eine innerstädtische Station.

Windverteilung in Prozent



Station : RT2000-06
 Messhöhe : 10 m
 Windgeschw. : 1.5 m/s

— kleiner 1.4 m/s
 = 1.4 bis 2.3 m/s
 ■ 2.4 bis 3.8 m/s
 □ 3.9 bis 6.9 m/s
 ■ 7.0 bis 10 m/s
 □ größer 10 m/s

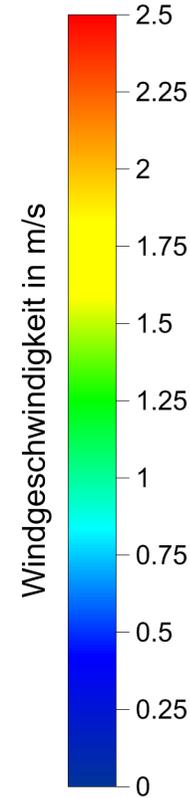
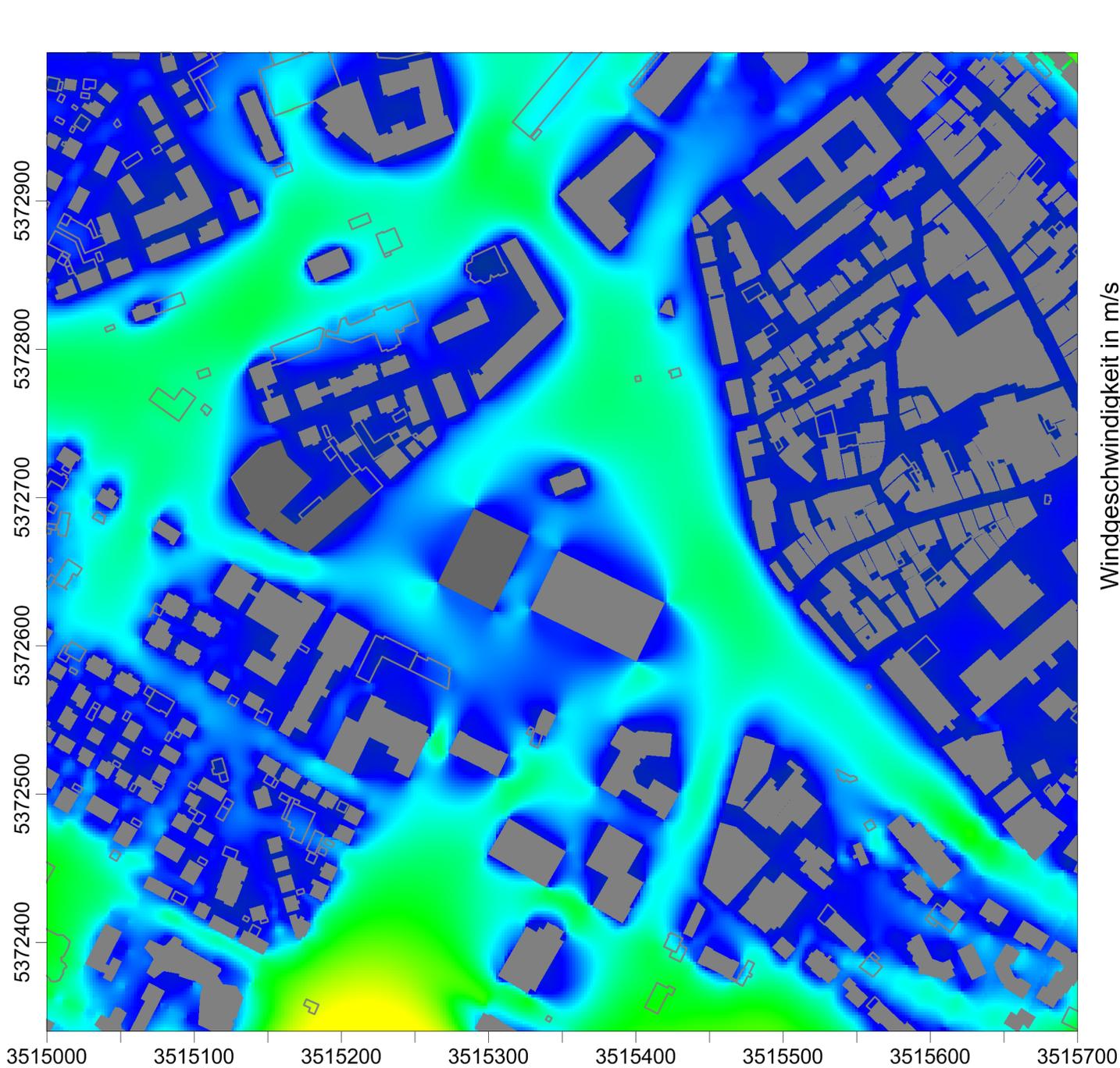
Abb. 4.5: Windrose Reutlingen Pomologie 2000 bis 2006 (Quelle: LUBW)

5 ERGEBNISSE DER LOKALKLIMATISCHEN BETRACHTUNGEN

Mit dem Modell MISKAM werden für den Bezugsfall mit den genehmigten Bebauungsplänen des Hamburg-Mannheimer-Geländes und des Hotelstandortes an der Stadthalle und die Planvarianten mit den baulichen den Entwicklungen auf dem Hamburg-Mannheimer-Gelände Windfelder und auf dem Bruderhausgelände an der Stadthalle (mittlere Windgeschwindigkeit und Turbulenz) in 10-Grad-Schritten mit einer vorgegebenen Einheitswindgeschwindigkeit und unter Berücksichtigung des Umfeldes berechnet. Die Ergebnisse der einzelnen Windfeldberechnungen werden mit der gemessenen und für Reutlingen repräsentativen Windstatistik verknüpft und daraus der Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit in jeder Rechenbox berechnet.

Für die Planvarianten werden für die Berechnungen Kombinationen gebildet, indem der Wettbewerbssieger für das Hamburg-Mannheimer-Gelände mit einem ca. 50 m hohen Hochhaus und für das geplante Hotel ein Hochhaus von ca. 35 m berücksichtigt wird. Beide Planungen wurden im Hinblick auf jeweils höhere Hochhäuser überarbeitet und lassen aus windtechnischer Sicht eine intensivierete Änderung erwarten. Alternativ wurden Planungen mit geringeren Gebäudehöhen mit dem 2. Wettbewerbssieger für das Hamburg-Mannheimer-Gelände und einem geplanten Hotel mittels Riegelbebauung an der Stadthalle zusammengefasst.

Abb. 5.1 zeigt die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten in ca. 10 m über Grund für den Bezugsfall. Die Angaben der mittleren Windgeschwindigkeit in m/s sind einer Farbskala zugeordnet. Die Farbgebung richtet sich nach den im Stadtgebiet von Reutlingen vorkommenden Windgeschwindigkeiten. Mit der gelben Farbe wird die an der Messstation Pomologie in Reutlingen erfasste Windgeschwindigkeit dargestellt. Höhere Windgeschwindigkeiten werden durch Rottöne, niedrigere durch Grün- und Blautöne symbolisiert. Über flächenhaften und zusammenhängenden Freiflächen wie dem Bereich an der Pomologie und dem Volksgarten im südlichen Bildausschnitt bilden sich in dem dargestellten Rechengebiet mittlere Windgeschwindigkeiten entsprechend den Messdaten ab. In langgestreckten, von Bebauung frei gehaltenen Bereichen zeichnen sich ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse bis ca. 1.5 m/s ab, wie nördlich der Stadthalle im Bereich Echaz, Willy-Brandt-Platz und Lederstraße in Folge des Echaztälers. Im Bereich der Gleisanlagen um den Bahnhof im nordwestlichen Bildausschnitt sind ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse mit Förderung der südwestlichen Anströmungen bis ca. 1.5 m/s berechnet. Bestehende Gebäude und Bauwerke führen zu verringerten mittleren Windgeschwindigkeiten; das trifft auch auf die Bereiche zu, in denen die Bauwerke das Auswertenniveau nicht überragen. Damit sind im Bebauungsplangebiet des Hamburg-Mannheimer-Geländes Windgeschwindigkeiten unter



-  Bestand < 10 m
-  Bestand ≥ 10 m

Abb. 5.1 63490-17-02

Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in m/s in 10 m über Grund im Bezugsfall

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

1 m/s berechnet; entlang der Konrad-Adenauer-Straße zeichnen sich Windgeschwindigkeiten über 1 m/s ab.

Abb. 5.2 zeigt die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten in ca. 10 m über Grund für den Planfall „Wettbewerbssieger“ mit geplantem Hochhaus an der Eberhardstraße und einem geplanten Hotel mit 35 m hohem Hochhaus an der Stadthalle. Durch die geplanten Gebäude wird im Nahbereich die Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bezugsfall modifiziert, insbesondere bedingt durch die geplanten Hochhäuser. Mit der Umströmung der nicht zusammenhängenden geplanten Gebäude erhöht sich dort die mittlere Windgeschwindigkeit gegenüber der riegelartigen Bebauung im Bezugsfall. Auch im Kreuzungsbereich Eberhardstraße mit Konrad-Adenauer-Straße ist eine etwas höhere mittlere Windgeschwindigkeit berechnet. Zwischen dem geplanten Hotel und der Stadthalle ist eine etwas höhere mittlere Windgeschwindigkeit berechnet. In der weiteren Umgebung der Planung zeichnen sich in der grafischen Darstellung keine wesentlichen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bestand ab.

Zur relativen Darstellung der Auswirkungen der geplanten Bebauung auf das Windfeld wurden die relativen Änderungen in Prozent zum Bezugsfall gebildet. Die blauen Farben zeigen in **Abb. 5.3** Bereiche mit Reduktionen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit, die roten Farben zeigen Bereiche mit Erhöhung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit. In **Abb. 5.3** ist aus dem Vergleich der Kombination der Planfälle „Wettbewerbssieger“ und Hotel mit Hochhaus mit dem Bezugsfall zu erkennen, dass in ca. 10 m über Grund im Nahbereich der geplanten Gebäude Erhöhungen der mittleren Windgeschwindigkeit durch die geplanten Gebäude in der direkten Umgebung des Plangebietes zu erwarten sind. Das betrifft überwiegend die angrenzenden Verkehrsflächen und Zwischenräume zur benachbarten bestehenden Bebauung im Hamburg-Mannheimer-Gelände sowie den Zwischenraum zwischen dem geplanten Hotel und der Stadthalle. In anschließenden Teilbereichen sind geringe Reduktionen der mittleren Windgeschwindigkeit ermittelt. Im überwiegenden Bereich des dargestellten Ausschnittes sind keine Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet, sodass dort keine Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse durch die Planung zu erwarten sind.

In **Abb. 5.4** ist die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in ca. 10 m über Grund für die Planfälle „zweiter Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel dargestellt. Durch die geplanten Gebäude wird im Nahbereich die Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bezugsfall etwas modifiziert. Das betrifft vor allem den westlichen Bereich des geplanten Hamburg-Mannheimer-Areals und den direkten Nahbereich des gegenüber der genehmigten Planung

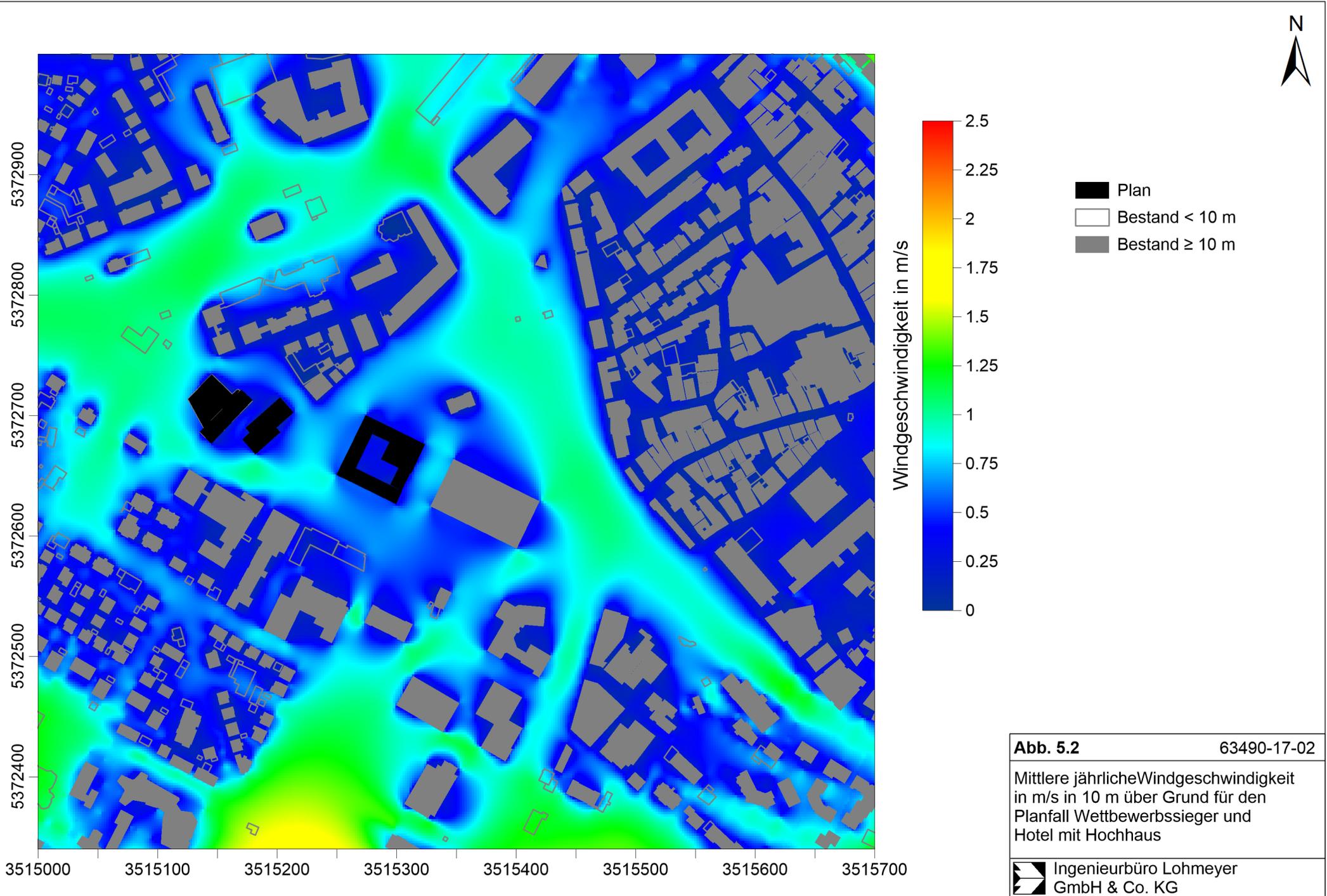


Abb. 5.2 63490-17-02

Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in m/s in 10 m über Grund für den Planfall Wettbewerbssieger und Hotel mit Hochhaus


 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

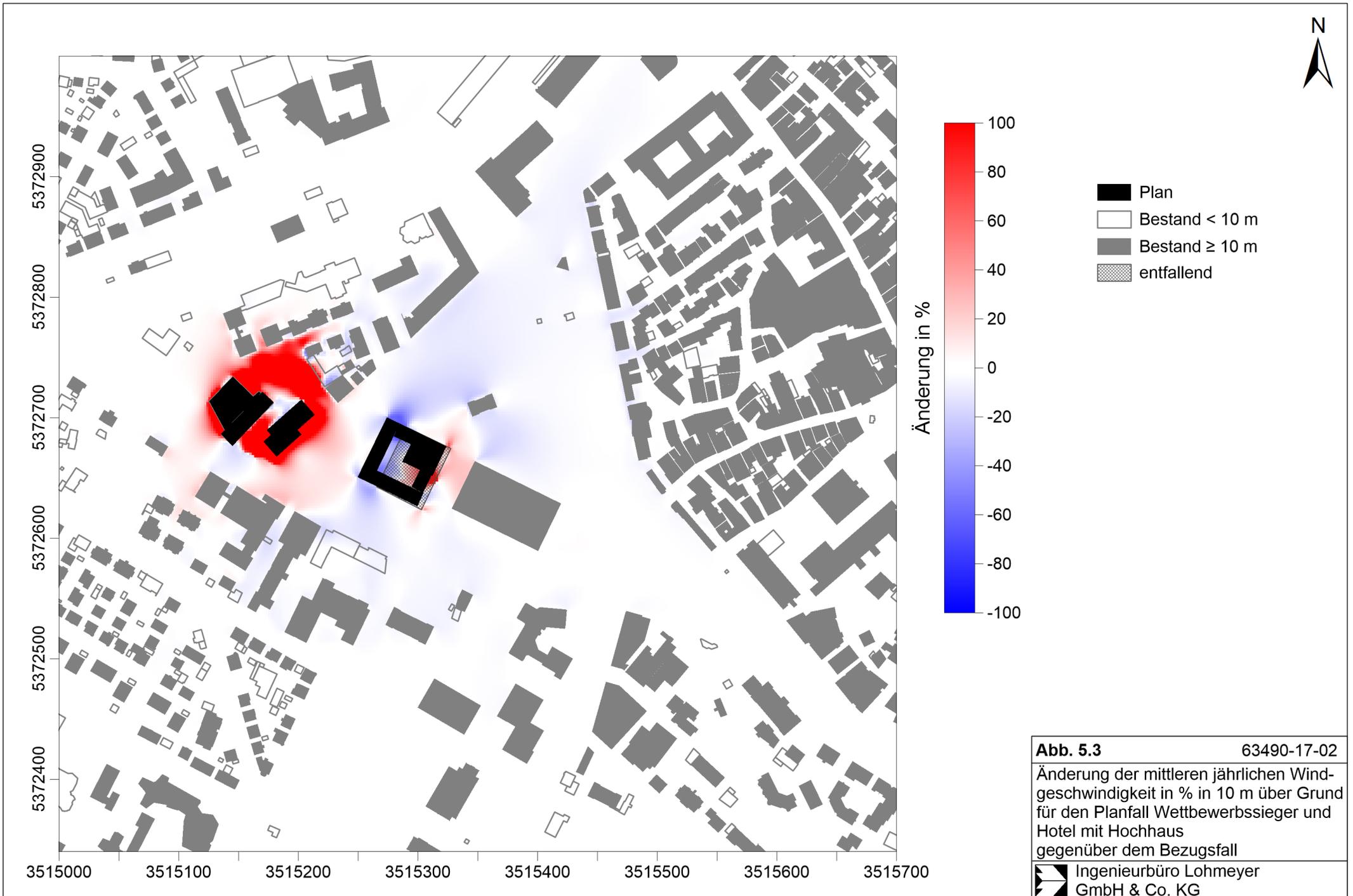
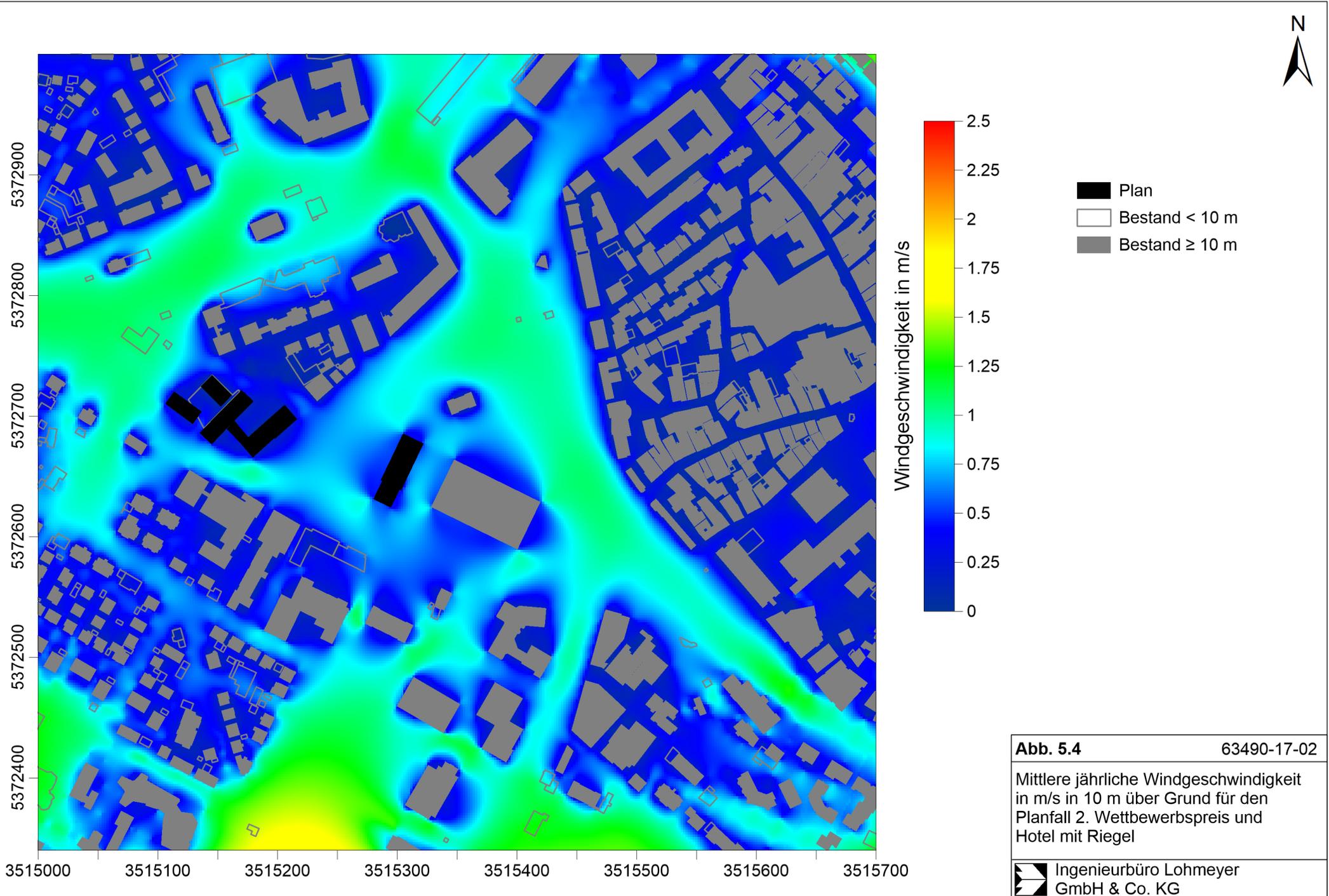


Abb. 5.3 63490-17-02
 Änderung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in % in 10 m über Grund für den Planfall Wettbewerbssieger und Hotel mit Hochhaus gegenüber dem Bezugsfall
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

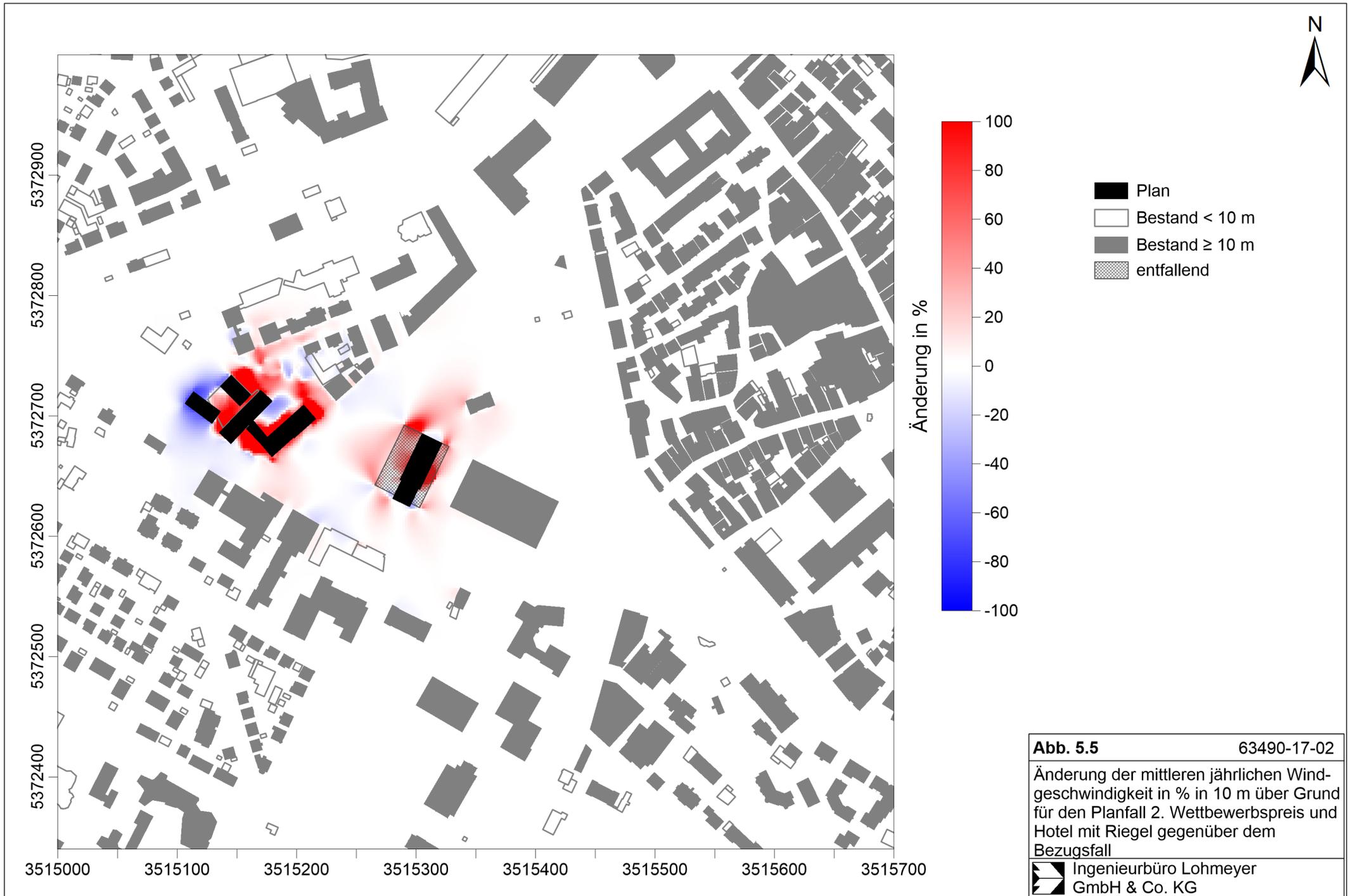


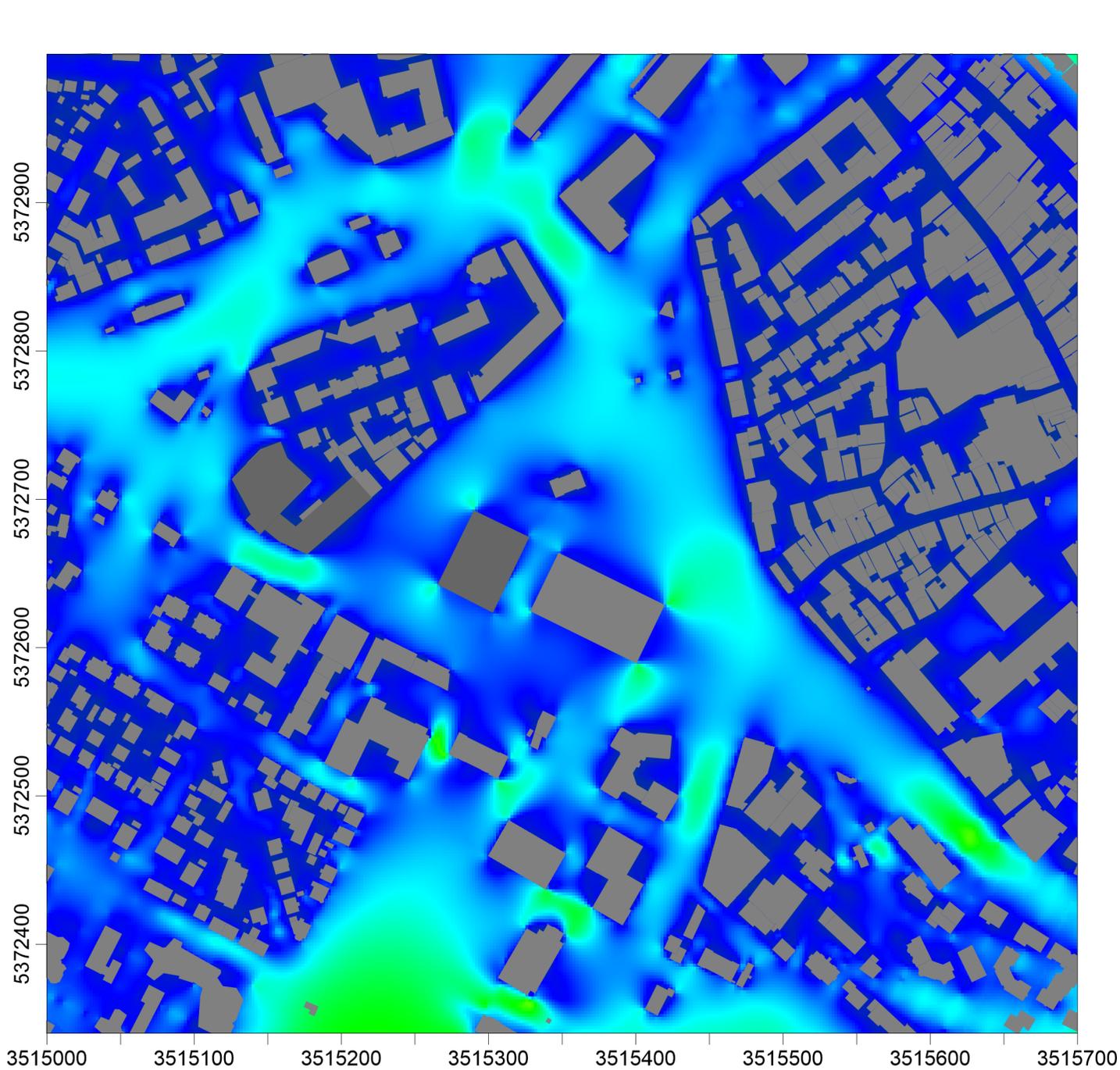
deutlich schmalere Gebäuderiegels. In der weiteren Umgebung zeichnen sich in der grafischen Darstellung keine wesentlichen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bestand ab.

In **Abb. 5.5** ist aus dem Vergleich der Planfälle „zweiter Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel mit dem Bezugsfall zu erkennen, dass in ca. 10 m über Grund im Nahbereich der geplanten Gebäude Erhöhungen der mittleren Windgeschwindigkeit durch die geplanten Gebäude in der direkten Umgebung des Plangebietes zu erwarten sind. Das betrifft überwiegend die angrenzenden Zwischenräume zur benachbarten bestehenden Bebauung. Im westlichen Teilbereich des Hamburg-Mannheimer-Areals sind durch zusätzliche Gebäude Reduktionen der mittleren Windgeschwindigkeit ermittelt. Am Bruderhausgelände resultieren die Zunahmen der mittleren Windgeschwindigkeit überwiegend durch die schmalere Bebauung gegenüber dem Bezugsfall mit genehmigter Bebauung. Im überwiegenden Bereich des dargestellten Ausschnittes sind keine Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet, sodass dort keine Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse durch die Planung zu erwarten sind.

In **Abb. 5.6** ist für den Bezugsfall die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in Bodennähe dargestellt, dem Aufenthaltsbereich der Menschen im Freien und der Freisetzung der Schadstoffe durch den Kfz-Verkehr. Dabei ist zu beachten, dass die Legende der mittleren Windgeschwindigkeiten von derjenigen der **Abb. 5.1** abweicht. Über flächenhaften und zusammenhängenden Freiflächen wie dem Bereich an der Pomologie und dem Volksgarten im südlichen Bildausschnitt bilden sich in dem dargestellten Rechengebiet mittlere Windgeschwindigkeiten um 1 m/s ab. In langgestreckten, von Bebauung frei gehaltenen Bereichen zeichnen sich ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse bis ca. 1 m/s ab, wie nördlich der Stadthalle im Bereich Echaz, Willy-Brandt-Platz und Lederstraße in Folge des Echaztälers. Teilweise werden an Gebäudekanten oder Engstellen breiter Straßenräume bodennah ebenfalls etwas höhere jährliche Windgeschwindigkeiten bis ca. 1 m/s im Mittel berechnet. Im Bereich der Gleisanlagen um den Bahnhof im nordwestlichen Bildausschnitt sind ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse mit Förderung der südwestlichen Anströmungen bis knapp 1 m/s berechnet. Bestehende Gebäude und Bauwerke führen zu verringerten mittleren Windgeschwindigkeiten. Damit sind im Bebauungsplangebiet des Hamburg-Mannheimer-Geländes Windgeschwindigkeiten unter 0.5 m/s berechnet; entlang der Konrad-Adenauer-Straße zeichnen sich Windgeschwindigkeiten bis 1 m/s ab.

Abb. 5.7 zeigt die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten in Bodennähe für die Planfälle „Wettbewerbssieger“ mit geplantem Hochhaus an der Eberhardstraße und Hotel mit Hochhaus. Durch die geplanten Gebäude wird im Nahbereich die Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bezugsfall modifiziert, insbesondere bedingt durch die geplanten Hochhäuser. Mit der





Bestand

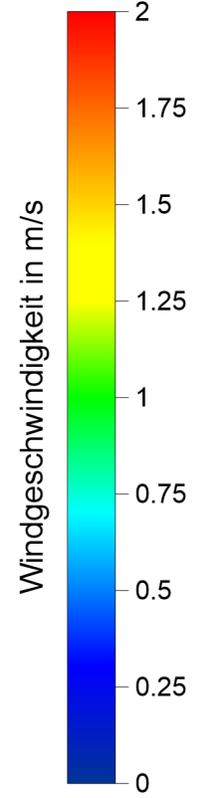


Abb. 5.6 63490-17-02

Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in m/s in Bodennähe im Bezugsfall

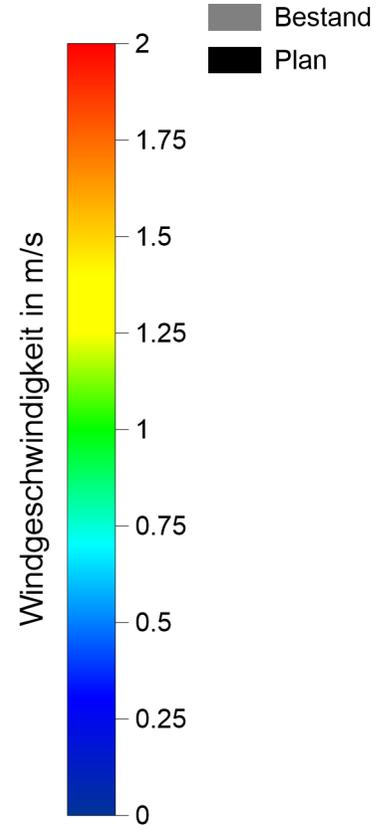
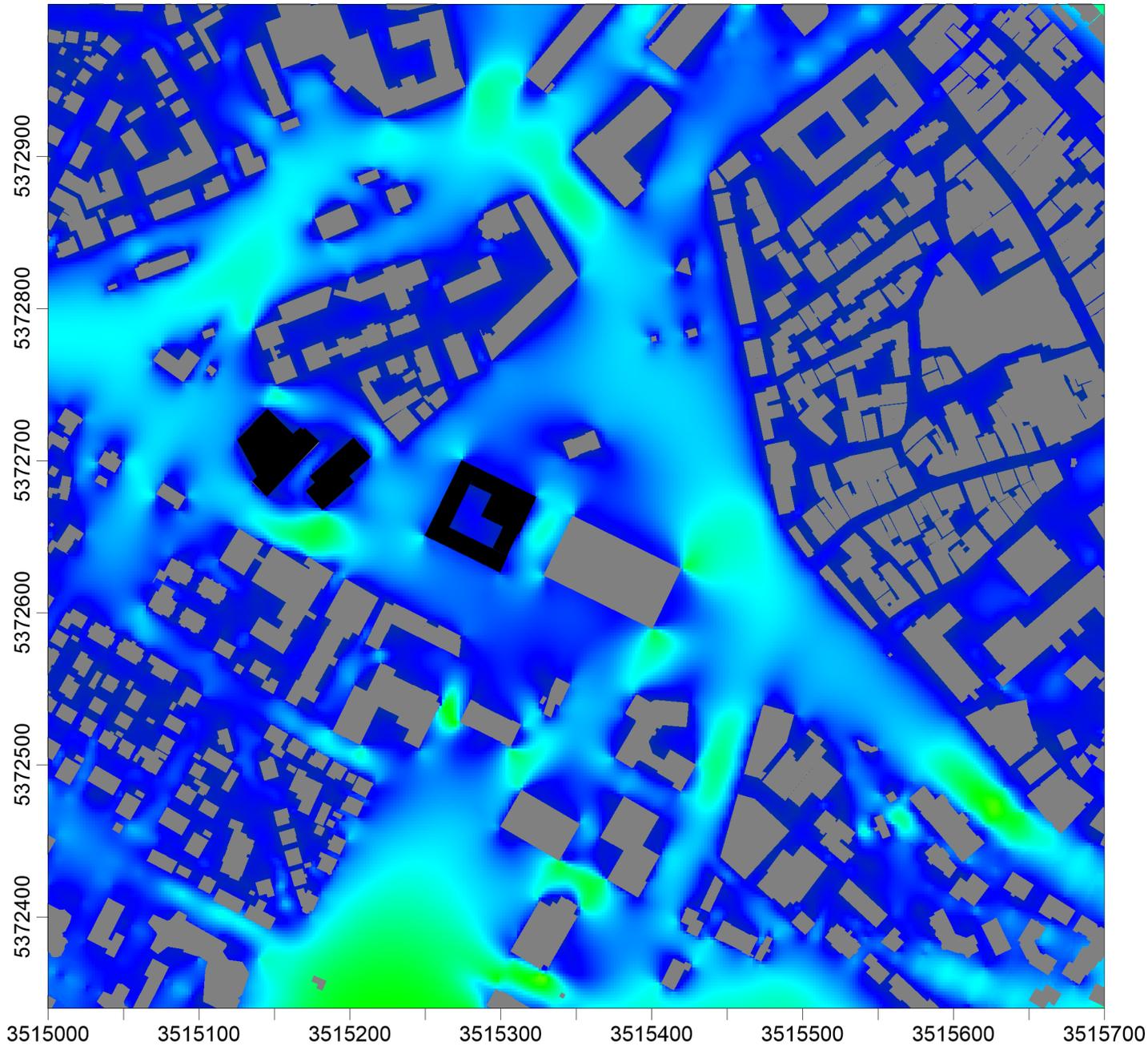


Abb. 5.7 63490-17-02

Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in m/s in Bodennähe im Planfall "Wettbewerbssieger" und Hotel mit Hochhaus

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Umströmung der nicht zusammenhängenden geplanten Gebäude erhöht sich im Hamburg-Mannheimer-Areal die mittlere Windgeschwindigkeit gegenüber der riegelartigen Bebauung im Bezugsfall. Auch im Kreuzungsbereich Eberhardstraße mit Konrad-Adenauer-Straße ist eine etwas höhere mittlere Windgeschwindigkeit berechnet. Zwischen dem geplanten Hotel mit Hochhaus und der Stadthalle ist bodennah eine erhöhte Windgeschwindigkeit berechnet, die auf Windverstärkung bei ausgewählten Anströmrichtungen deutet. In der weiteren Umgebung zeichnen sich in der grafischen Darstellung keine wesentlichen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bestand ab.

In **Abb. 5.8** ist aus dem Vergleich der Planfälle „Wettbewerbssieger“ und Hotel mit Hochhaus mit dem Bezugsfall zu erkennen, dass in Bodennähe im Nahbereich der geplanten Gebäude Bereiche mit Erhöhungen und Verringerungen der mittleren Windgeschwindigkeit kleinräumig variieren. Im Nahbereich dominieren Zunahmen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit, wobei in der Konrad-Adenauer-Straße und der Eberhardstraße durchaus Bereiche mit etwas verringerter Windgeschwindigkeit dargestellt sind. Das betrifft überwiegend die angrenzenden Verkehrsflächen und Zwischenräume zur benachbarten bestehenden Bebauung. Zwischen dem geplanten Hotel mit Hochhaus und der Stadthalle ist eine erhöhte Zugigkeit berechnet. In anschließenden Teilbereichen sind geringe Reduktionen der mittleren Windgeschwindigkeit ermittelt. Im überwiegenden Bereich des dargestellten Ausschnittes sind keine Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet, sodass dort keine Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse durch die Planung zu erwarten sind. Diese beschriebenen Durchlüftungsverhältnisse treffen auch bei um wenige Meter verschobenen geplanten Gebäudekonstellationen des „Bruderhausgeländes“ zu.

In **Abb. 5.9** ist die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in Bodennähe für die Planfälle „zweiter Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel dargestellt. Durch die geplanten Gebäude wird im Nahbereich die Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bezugsfall etwas modifiziert. Das betrifft vor allem den westlichen Bereich des beplanten Areals. In der weiteren Umgebung zeichnen sich in der grafischen Darstellung keine wesentlichen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit gegenüber dem Bestand ab.

In **Abb. 5.10** ist aus dem Vergleich der Planfälle „zweiter Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel mit dem Bezugsfall zu erkennen, dass in Bodennähe im Nahbereich der geplanten Gebäude Bereiche mit Erhöhungen und Verringerungen der mittleren Windgeschwindigkeit kleinräumig variieren. Das betrifft überwiegend die angrenzenden Zwischenräume zur benachbarten bestehenden Bebauung. Im westlichen Teilbereich sind durch zusätzliche Gebäude Reduktionen der mittleren Windgeschwindigkeit ermittelt. An dem geplanten Hotel sind aufgrund der geringeren Gebäudeausdehnung gegenüber der genehmigten Bebauung

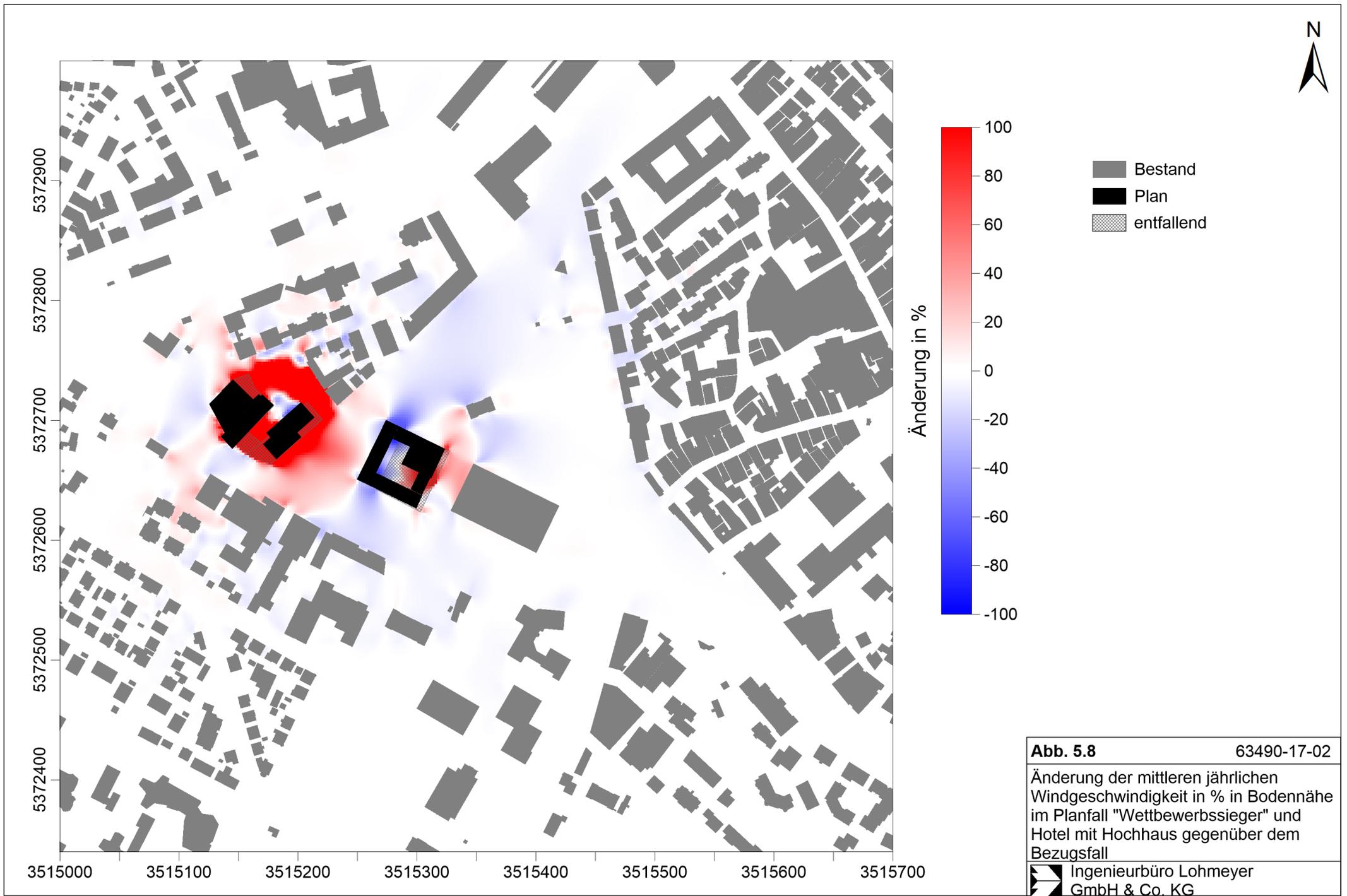
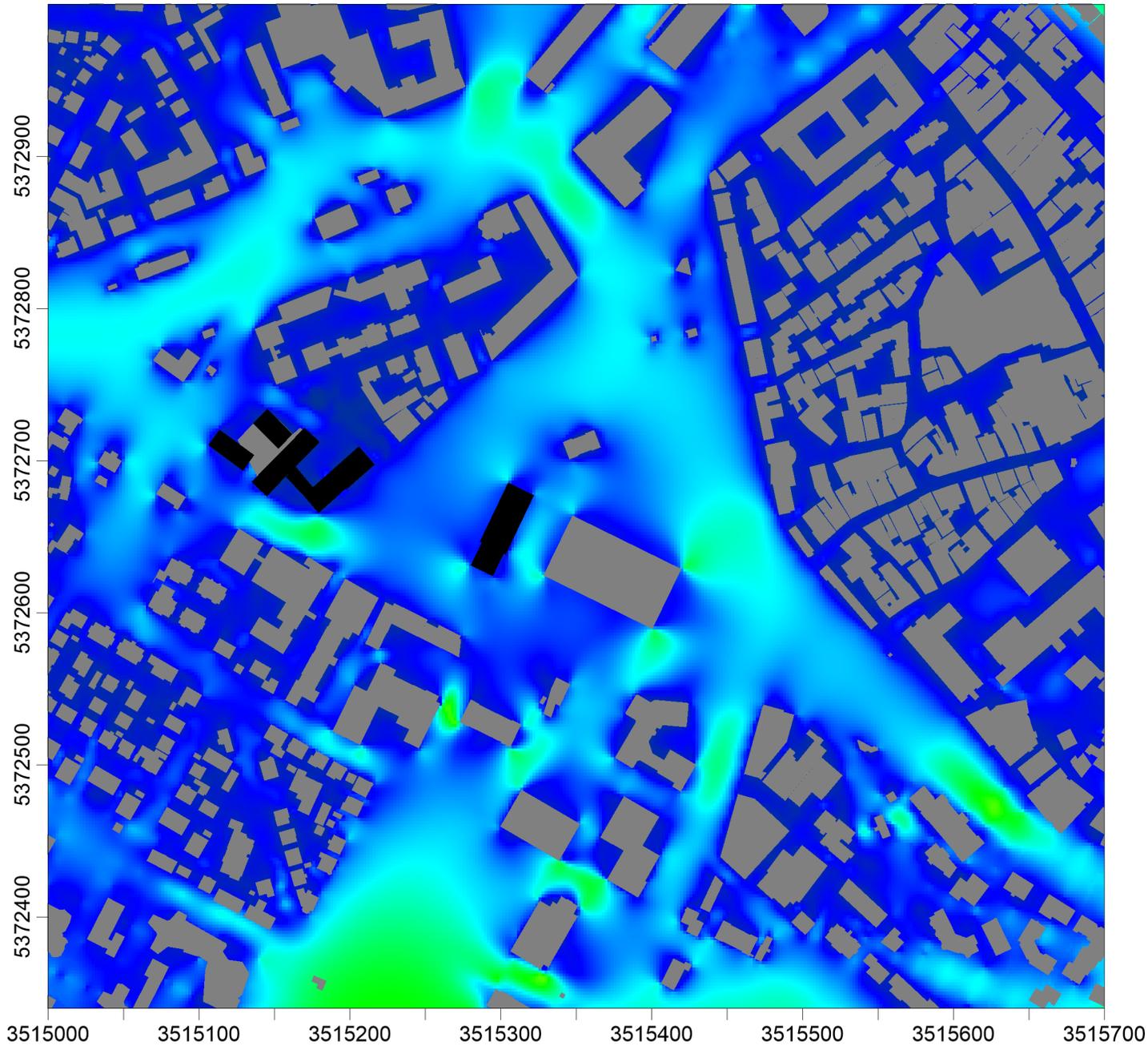


Abb. 5.8 63490-17-02
 Änderung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in % in Bodennähe im Planfall "Wettbewerbssieger" und Hotel mit Hochhaus gegenüber dem Bezugsfall
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



Bestand
Plan

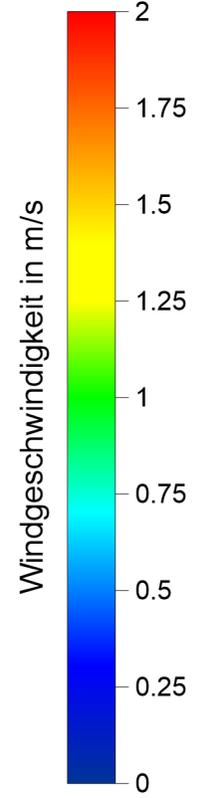


Abb. 5.9 63490-17-02
Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in m/s in Bodennähe im Planfall "2. Wettbewerbspreis" und Hotel mit Riegel
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

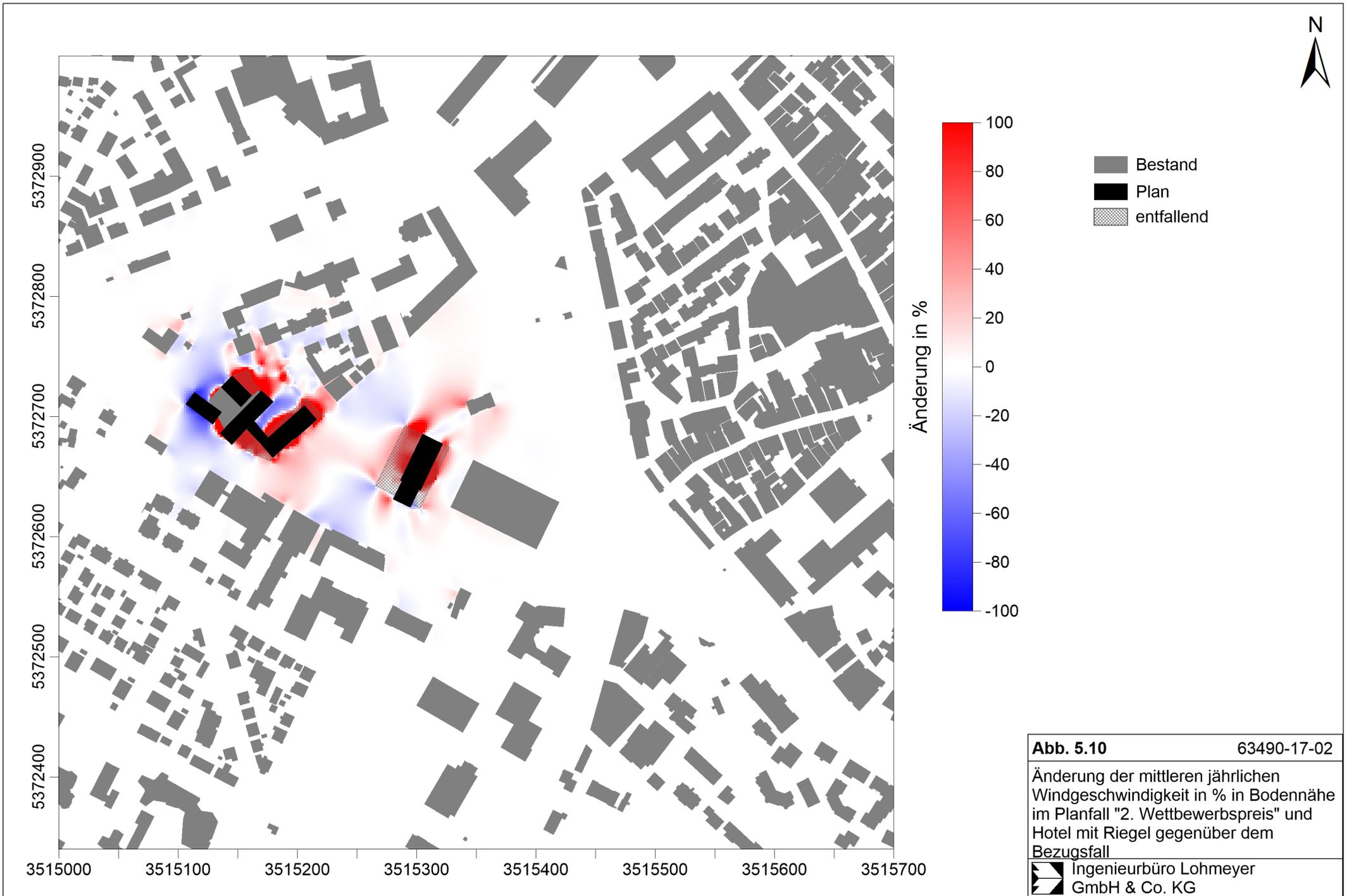


Abb. 5.10 63490-17-02
 Änderung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in % in Bodennähe im Planfall "2. Wettbewerbspreis" und Hotel mit Riegel gegenüber dem Bezugsfall
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

auch Bereiche mit Erhöhungen der bodennahen Windgeschwindigkeit berechnet. Im überwiegenden Bereich des dargestellten Ausschnittes sind keine Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet, sodass dort keine Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse durch die Planung zu erwarten sind.

Ergänzend wurden die Auswertungen bezogen auf den lokalrelevanten Echaztälern durchgeführt, der eine Anströmung aus dem südöstlichen Sektor (110 Grad bis 150 Grad) und vor allem bezüglich nächtlicher Ausgleichsströmungen für das zentrale Stadtgebiet von Reutlingen von Bedeutung ist. Diese nächtlichen Ausgleichsströmungen fördern die Belüftung, d.h. es werden von der Schwäbischen Alb kühle Luftmassen in das Siedlungsgebiet von Reutlingen transportiert, die den Austausch thermisch und lufthygienisch belasteter Luftmassen an wolken- und windarmen Tagen ermöglicht.

In **Abb. 5.11** ist die Änderung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit bei Südostanströmung im Planfall „Wettbewerbssieger“ und Hotel mit Hochhaus gegenüber dem Bezugsfall aufgezeigt. Durch die geplanten Hochhäuser erfolgt eine Umlenkung der Windströmung, die an der nördlichen und südlichen Seite des geplanten Hochhauses am Hamburg-Mannheimer-Areal sowie vor und hinter den geplanten Hochhäusern zu erhöhter Strömungsgeschwindigkeit führt. Zwischen den beiden Hochhausstandorten zeichnen sich Überlagerungsbereiche der Windgeschwindigkeitserhöhung ab. Außerhalb dieser Umströmungsbereiche zeichnen sich auch Bereiche mit verringerter Windgeschwindigkeit ab. Die Planfälle „Wettbewerbssieger“ und Hotel mit Hochhaus führen damit im Nahbereich der geplanten Gebäude zu Änderungen der Strömungsverhältnisse bei vorherrschendem Echaztälern; die nächtliche Belüftung des Siedlungsgebietes ist nicht wesentlich eingeschränkt. Diese beschriebenen Belüftungsverhältnisse treffen auch bei um wenige Meter verschobenen geplanten Gebäudekonstellationen des „Bruderhausgeländes“ zu.

In **Abb. 5.12** ist die Änderung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit bei Südostanströmung im Planfall „2. Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel gegenüber dem Bezugsfall aufgezeigt. Durch die geplante Bebauung erfolgt kleinräumig eine Umlenkung der Windströmung, die an der nördlichen Seite des geplanten Hochhauses im Hamburg-Mannheimer-Areal sowie hinter dem geplanten Hochhaus zu erhöhter Strömungsgeschwindigkeit führt. Am geplanten Hotel mit Riegel sind nur durch die geringere Gebäudeausdehnung gegenüber dem Bezugsfall Bereiche mit höherer Windgeschwindigkeit berechnet. Außerhalb dieser Umströmungsbereiche zeichnen sich auch Bereiche mit verringerter Windgeschwindigkeit ab, vor allem im westlichen Bereich des Grundstücks aufgrund zusätzlicher Gebäude. Der Planfall „2. Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel führt damit nur im Nahbereich der geplanten Gebäude zu Änderungen der Strömungsverhältnisse bei vorherrschendem Echaztälern; die nächtliche Belüftung des Siedlungsgebietes ist nicht wesentlich eingeschränkt.

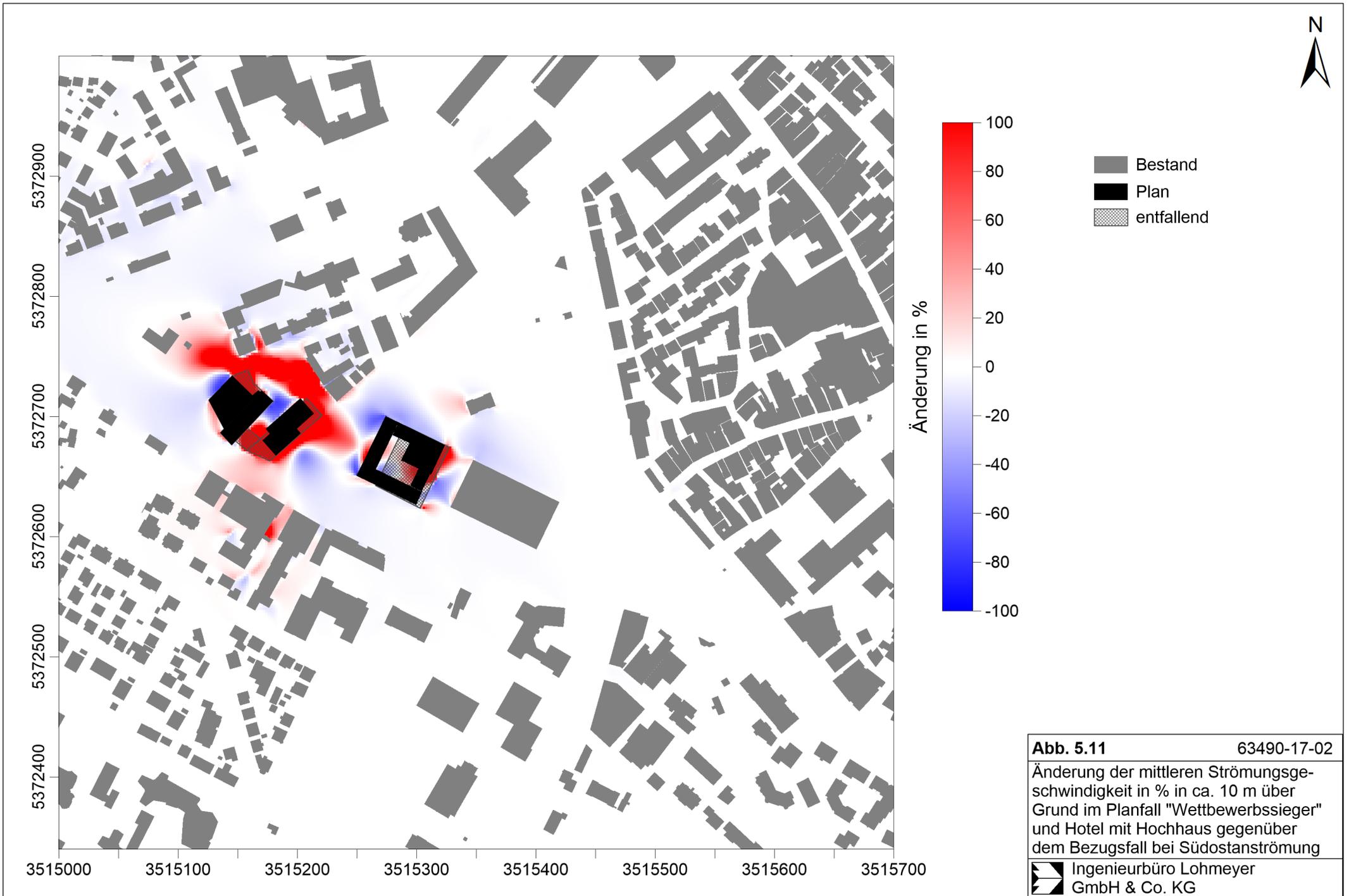
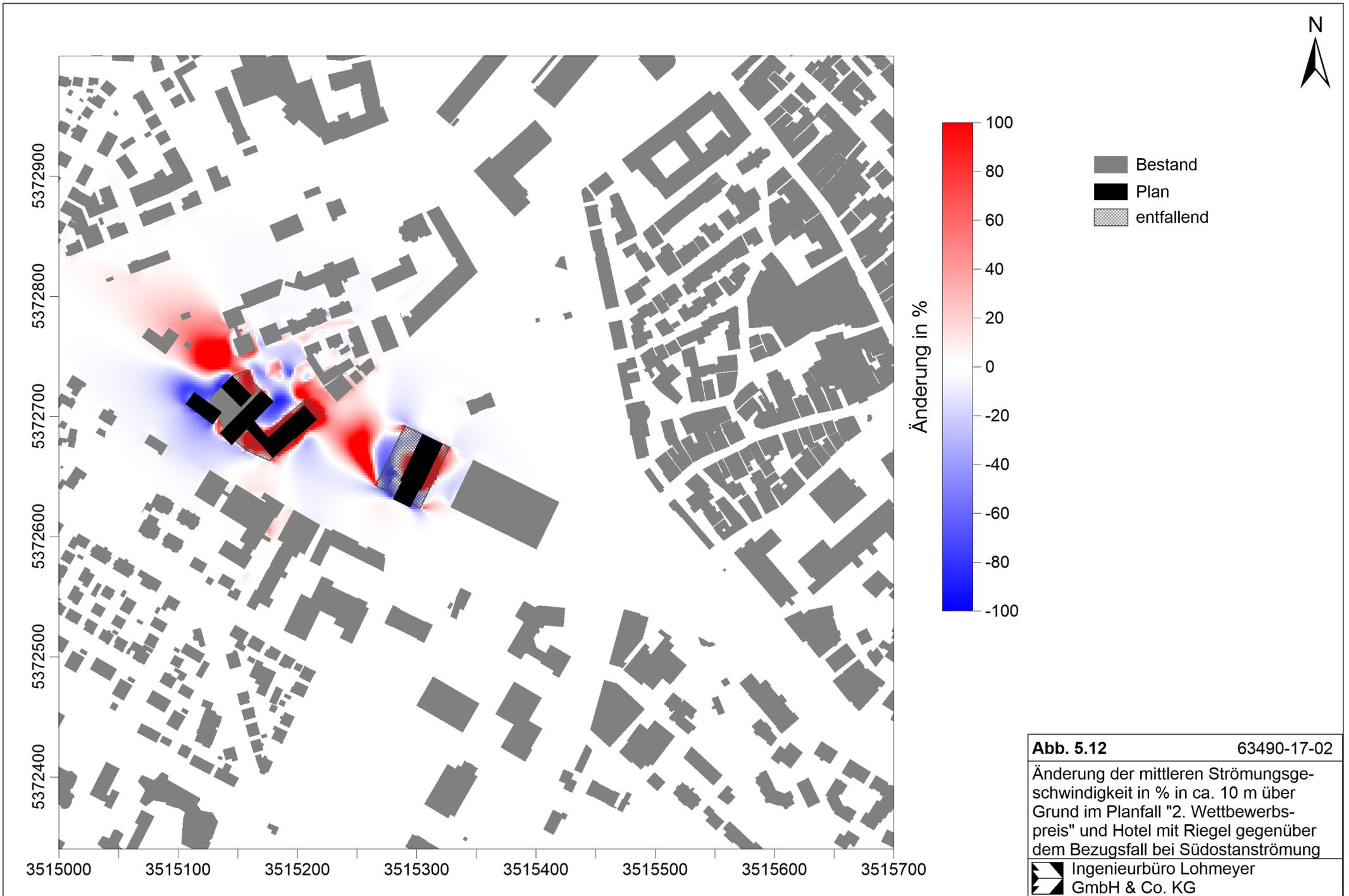


Abb. 5.11 63490-17-02
 Änderung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit in % in ca. 10 m über Grund im Planfall "Wettbewerbssieger" und Hotel mit Hochhaus gegenüber dem Bezugsfall bei Südostanströmung

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG



- Bestand
- Plan
- entfallend

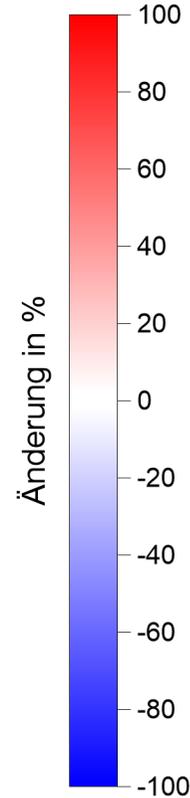


Abb. 5.12 63490-17-02
 Änderung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit in % in ca. 10 m über Grund im Planfall "2. Wettbewerbspreis" und Hotel mit Riegel gegenüber dem Bezugsfall bei Südostanströmung
 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

Einfluss auf thermische Verhältnisse

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.

Verbunden mit unterschiedlichem, für die Verdunstung verfügbarem Wassergehalt der Landnutzungen ist eine Dämpfung des Temperaturanstiegs und der täglichen Temperaturamplitude über Vegetationsflächen gegeben.

Durch die geplante Nutzungsänderung im Bereich des Hamburg-Mannheimer-Areals ändern sich kleinräumig auch die bodennahen Lufttemperaturen. An den zusätzlichen Gebäudefassaden ist in den Tagstunden eine intensivere Erwärmung zu erwarten. Die Auswirkungen der Erhöhungen der Lufttemperatur über künstlichen Oberflächen bleiben überwiegend auf das Plangebiet beschränkt.

Für den Nachweis der thermischen Auswirkungen geplanter Bebauung auf die städtische Umgebung werden in vorliegender Fachliteratur teilweise Modellrechnungen (Bruse, 1999) eingesetzt. Daraus ist zu entnehmen, dass bei sommerlichen Wetterlagen mit geringer Bewölkung und geringer Windgeschwindigkeit die warmen Luftmassen horizontal verfrachtet werden. Die Auswirkungen der nachweisbaren Temperaturerhöhung durch Umnutzungen von Flächen der hier betrachteten Größe in benachbarten Nutzungen beschränkt sich entsprechend den Ergebnissen der genannten Modellrechnungen überwiegend auf einen Bereich unter 200 m Abstand. Die verhältnismäßig deutlichsten Auswirkungen sind in den Abendstunden zu erwarten, in denen die versiegelten Bereiche gegenüber Vegetationsbereichen verringerte Abkühlungen aufweisen, und bei geringen vorherrschenden Windgeschwindigkeiten, die keinen intensiven Forttransport der erwärmten Luftmassen bzw. Austausch der Luftmassen bewirken. Der Temperaturunterschied in benachbarten Nutzungen, bedingt durch solche baulichen Planungen, d.h. im Abstand bis ca. 200 m, wird mit ca. 1 Kelvin angegeben. Zu anderen Tageszeiten sind geringere Ausdehnungen der Bereiche modifizierter

bodennaher Lufttemperaturen und geringere Auswirkungen auf die Lufttemperatur zu erwarten.

Damit sind an der direkt nächstgelegenen Bebauung zum Hamburg-Mannheimer-Areal leichte Temperaturerhöhungen an windschwachen Sommertagen durch die geplante Bebauung nicht auszuschließen. Mit großzügigen Eingrünungen (Vegetationsanpflanzung auf verbleibenden Freiflächen, Dachbegrünung, Strauch- und Baumpflanzungen im Bebauungsplangebiet) können die thermischen Auswirkungen gedämpft werden. Eine lockere Strauch- und Baumpflanzung am Rand des Plangebietes kann die Wärmeabstrahlung der zukünftigen künstlichen Oberflächen in umliegende Nutzungen mildern.

6 WINDKOMFORT

Ergänzend zu den Betrachtungen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten wird im Folgenden der Windkomfort betrachtet, d.h. der Einfluss der Hochhausbebauung auf die Böigkeit in deren Nahbereich.

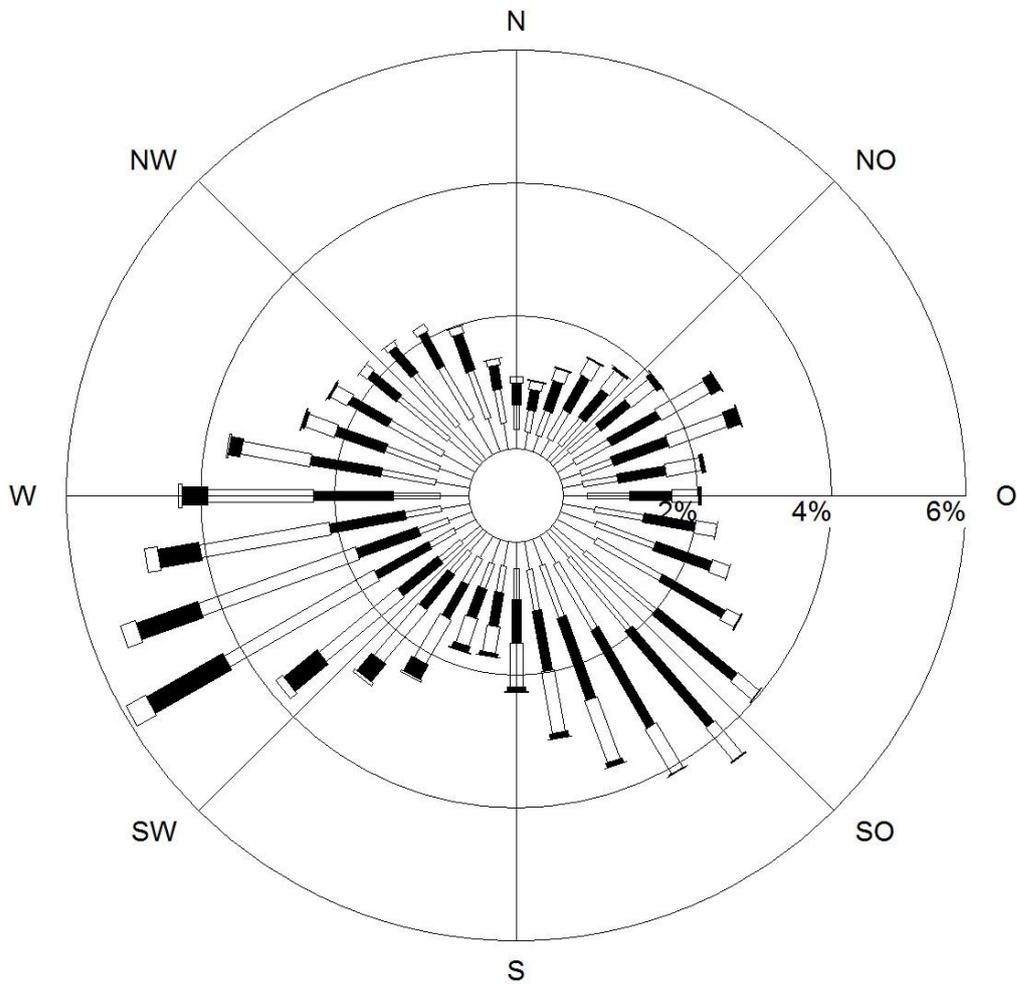
Mit der Gebäudeumströmung eines Hochhauses können auch bodennah für Passanten unerwartete Böigkeiten entstehen. Dementsprechend ist für solche Auswertungen die Kenntnis der Häufigkeit auftretender Anströmungen mit hoher Windgeschwindigkeit erforderlich. Die Windmessdaten in Reutlingen sind von umliegenden Siedlungsnutzungen beeinflusst und erfassen keine ungestörte Anströmung. Im Rahmen des Klimagutachtens (Dröscher, 2017) wurden am Turm der Marienkirche in ca. 45 m über Grund Windmessungen durchgeführt. Die Messeinrichtung ist jedoch durch das bestehende Gebäude derart beeinflusst, dass weder eine Erfassung der ungestörten Anströmrichtungen noch der ungestörten Windgeschwindigkeit erfolgte.

Ersatzweise wird hier auf Windmessdaten des Standortes Schwäbische Alb der LUBW zurückgegriffen, die eine vergleichbare Windrichtungsverteilung wie Reutlingen aufweist bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 3.3 m/s. Die Windrose wurde leicht gedreht, damit die Anströmrichtung des Echaztälers und der Hauptwindrichtung in Übereinstimmung trifft. Die entsprechende Windrose ist in **Abb. 6.1** dargestellt.

Zur Veranschaulichung der Wirkung von verschiedenen Windgeschwindigkeiten ist in der **Tab. 6.1** der Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und der Windwirkung anhand einiger Beispiele aufgezeigt. Wie man aus der **Tab. 6.1** entnimmt, sind zum Teil schon beeinträchtigende Windwirkungen ab einer Geschwindigkeit von ca. 6 m/s vorhanden.

Die in der Literatur angegebenen Windkomfortkriterien unterscheiden sich dahingehend, dass sie sich entweder auf den Stundenmittelwert der Windgeschwindigkeit \bar{u} oder auf die Böenwindgeschwindigkeit \hat{u} beziehen. Es sind Komfortkriterien beschrieben, die bei Überschreitung bestimmter Windgeschwindigkeiten Einschränkungen für bestimmte Nutzungen angeben.

Windverteilung in Prozent



Station : 2007-16
 Messhöhe : 10.0 m
 Windgeschw. : 3.3 m/s

— kleiner 1.4 m/s
 = 1.4 bis 2.3 m/s
 ■ 2.4 bis 3.8 m/s
 ▨ 3.9 bis 6.9 m/s
 ■ 7.0 bis 10 m/s
 □ größer 10 m/s

Abb. 6.1: Windrose für Windkomfortauswertung, Zeitraum 2007 bis 2016

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

Tab. 6.1: Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Wirkung des Windes nach Stiemer (1977)

Tab. 6.2 zeigt die der vorliegenden Studie zugrunde gelegten Windkomfort-Kriterien im zusammenfassenden Überblick. Als Bezugsgeschwindigkeit wurde die im Folgenden definierte Böengeschwindigkeit herangezogen. Teilweise existieren mehrere Kriterien zur Beurteilung des Windkomforts. In diesen Fällen genügt bereits das Nichterfüllen einer Bedingung, um die Beurteilungsfläche der nächst höheren, also kritischeren Nutzungskategorie zuzuordnen.

Böenwindgeschwindigkeit	Überschreitungshäufigkeit	Einschränkungen der Nutzungsmöglichkeit	Nutzungskategorie
6 m/s	max. 1 %	keine Einschränkung, Windkomfort gut	1
6 m/s 8 m/s	max. 5 % max. 1 %	zulässig in Warte- und Sitzbereichen (z.B. Spielplätze, Straßencafés...)	2
6 m/s 10 m/s 15 m/s	max. 20 % max. 1 % max. 0.05 %	zulässig auf Flächen für kurzzeitigen Aufenthalt	3
13 m/s	max. 1 %	zulässig für problemloses Laufen (z.B. an Gebäudeecken)	4
18 m/s 20 m/s	max. 1 % max. 0.05 %	problematisches Laufen, Windschutz empfehlenswert	5
18 m/s	> 1 %	Gefahr für Fußgänger, Windschutz erforderlich	6

Tab. 6.2: Kriterien zur Beurteilung der Windverhältnisse

Bei der Beurteilung der Windsituation sind windrichtungsbezogen die Häufigkeit von Starkwinden und die ermittelten Verstärkungsfaktoren zu verknüpfen. Für die Beurteilung des Windkomforts werden für das Betrachtungsgebiet basierend auf den Windfeldberechnungen und den berechneten Turbulenzfeldern die jährlichen Überschreitungshäufigkeiten vorgegebener Grenzgeschwindigkeiten ermittelt.

In Anlehnung an die Vorgehensweise bei Messergebnissen von Windkanalexperimenten wird die so genannte Böengeschwindigkeit ermittelt, die sich zusammensetzt aus

$$\hat{u} = \bar{u} + 3 * \sigma_u$$

mit

$$\hat{u} = \text{Böenwindgeschwindigkeit}$$

$$\bar{u} = \text{mittlere Windgeschwindigkeit}$$

$$\sigma_u = \text{Standardabweichung der Windgeschwindigkeit.}$$

Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt mit den mit MISKAM berechneten Windfeldern vor; die Standardabweichung der Windgeschwindigkeit wird aus den berechneten Turbulenzfeldern parametrisiert unter Berücksichtigung von Vergleichen für Situationen, in denen sowohl Messungen aus dem Windkanal als auch Rechnungen mit MISKAM vorliegen. Unter Berücksichtigung der örtlichen Windstatistik werden so die jährlichen Überschreitungshäufigkeiten bestimmter Schwellenwerte der Windgeschwindigkeit bestimmt. Für Aussagen im Rahmen der Bebauungsplanung sind diese orientierenden Berechnungen ausreichend. Die Ergebnisse dieser Betrachtung mit den entsprechenden Einschränkungen der Nutzungsmöglichkeiten sind in **Abb. 6.2** bis **Abb. 6.5** grafisch dargestellt.

Im Bezugsfall zeichnen sich an einigen Gebäudeecken erhöhte Böigkeiten ab (**Abb. 6.2**). Das trifft auf den südlichen Bereich des Hamburg-Mannheimer-Areals an der Konrad-Adenauer-Straße zu. An dem geplanten Hotel und an der Stadthalle Reutlingen sind entsprechend den Berechnungen kleinräumig Bereiche mit erhöhter Böigkeit vorherrschend.

Im Planfall „Wettbewerbssieger“ und Hotel mit Hochhaus sind an dem geplanten Hochhaus an der Konrad-Adenauer-Straße teilweise erhöhte Böigkeiten zu erwarten (**Abb. 6.3**). Das betrifft überwiegend den Straßenraum. In diesem Bereich sind keine sensiblen Nutzungen im Freien, wie Sitz- und Wartebereiche oder Außengastronomie vorgesehen und im Hinblick auf die Windverhältnissen auch nicht zu empfehlen. Zugangsbereiche zu den Gebäuden sind dort möglich, aber nicht als komfortabel bezüglich der Windverhältnisse aufzufassen. Zwi-

schen dem Hotel mit Hochhaus und der Stadthalle ist eine etwas erhöhte Zugigkeit zu erwarten, was aber nicht den repräsentativen Zugang zur Stadthalle betrifft. Diese beschriebenen windtechnischen Belange treffen auch bei um wenige Meter verschobenen geplanten Gebäudekonstellationen des „Bruderhausgeländes“ zu.

Im Planfall „2. Wettbewerbspreis“ und Hotel mit Riegel zeichnen sich vergleichbare Verhältnisse zum Bezugsfall ab, d.h. an einigen Gebäudeecken sind erhöhte Böigkeiten dargestellt (**Abb. 6.4**). Das trifft auf den südlichen Bereich des Hamburg-Mannheimer-Areals an der Konrad-Adenauer-Straße zu. An dem geplanten Hotel und an der Stadthalle Reutlingen sind entsprechend den Berechnungen kleinräumig Bereiche mit erhöhter Böigkeit vorherrschend.

Insgesamt ist hinsichtlich des Windkomforts festzuhalten, dass auch mit dem geplanten Hochhaus auf dem Hamburg-Mannheimer-Areal keine besonderen windtechnischen Nutzungseinschränkungen zu erwarten sind. Für das geplante Hotel mit hohem Hochhaus sind an der westlichen und östlichen Seite erhöhte Böigkeiten zu erwarten, die dort sensible Nutzungen wie Wartebereiche oder repräsentative Zugangsbereiche nicht empfehlen lässt.

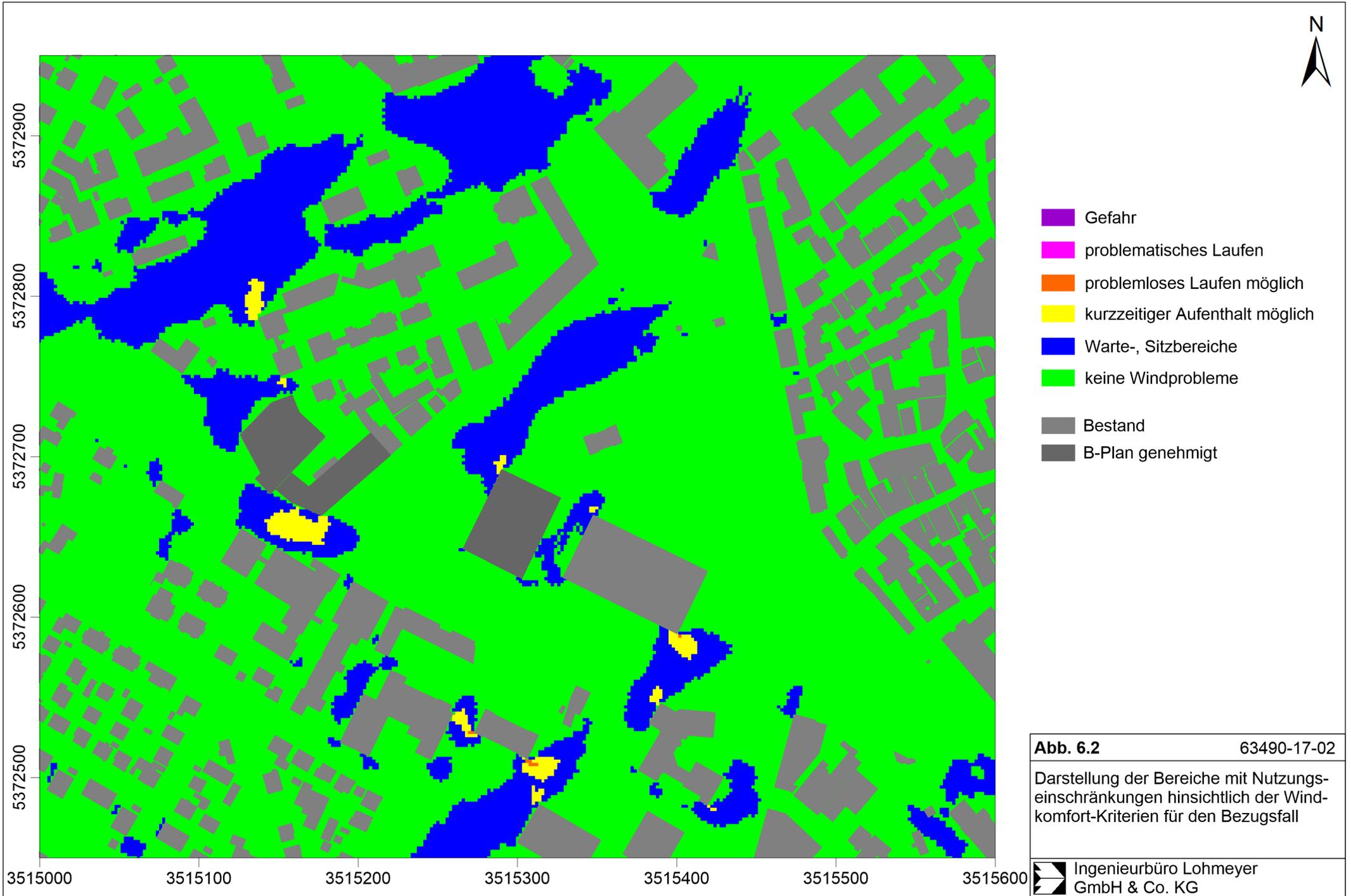
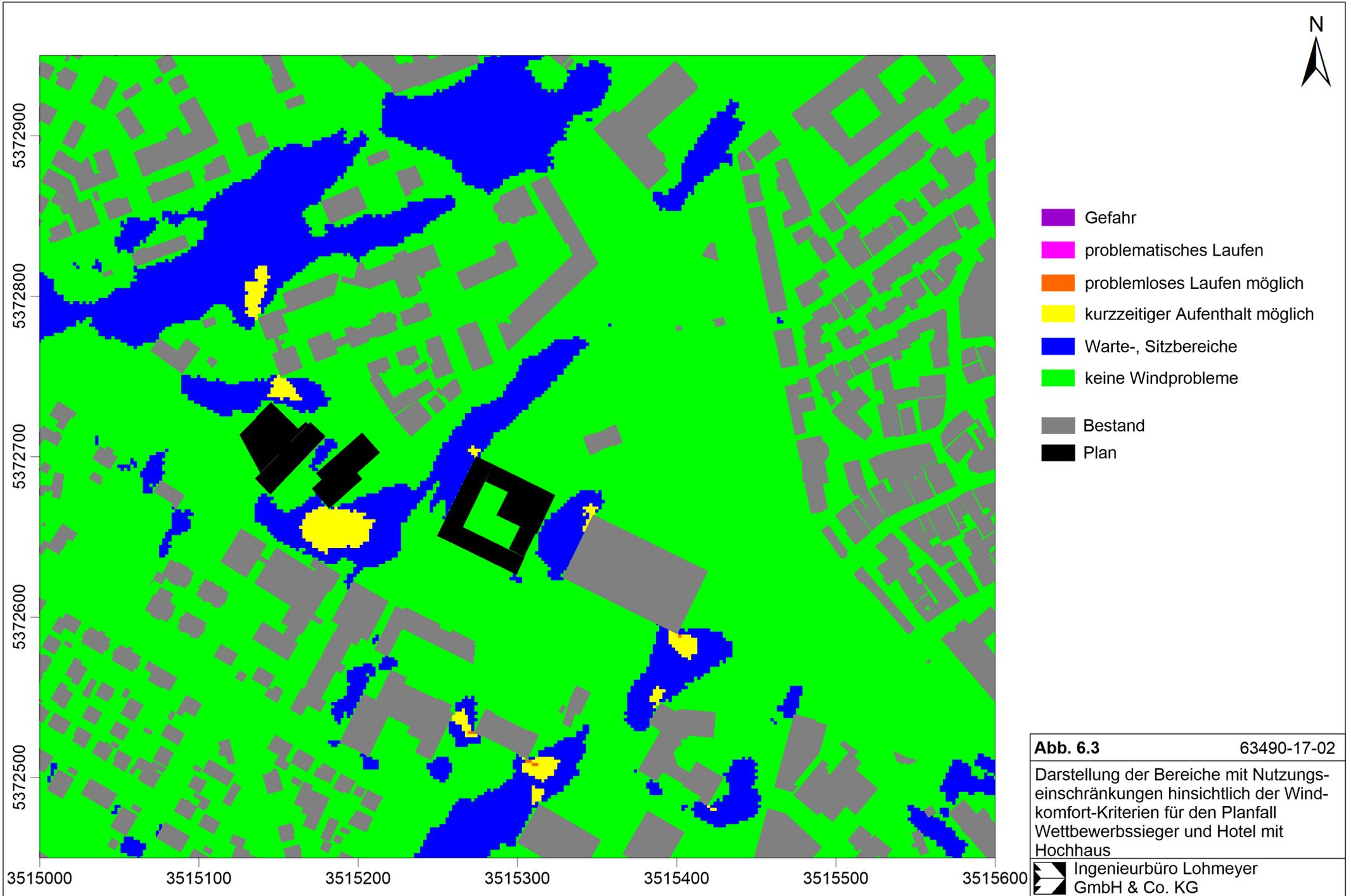
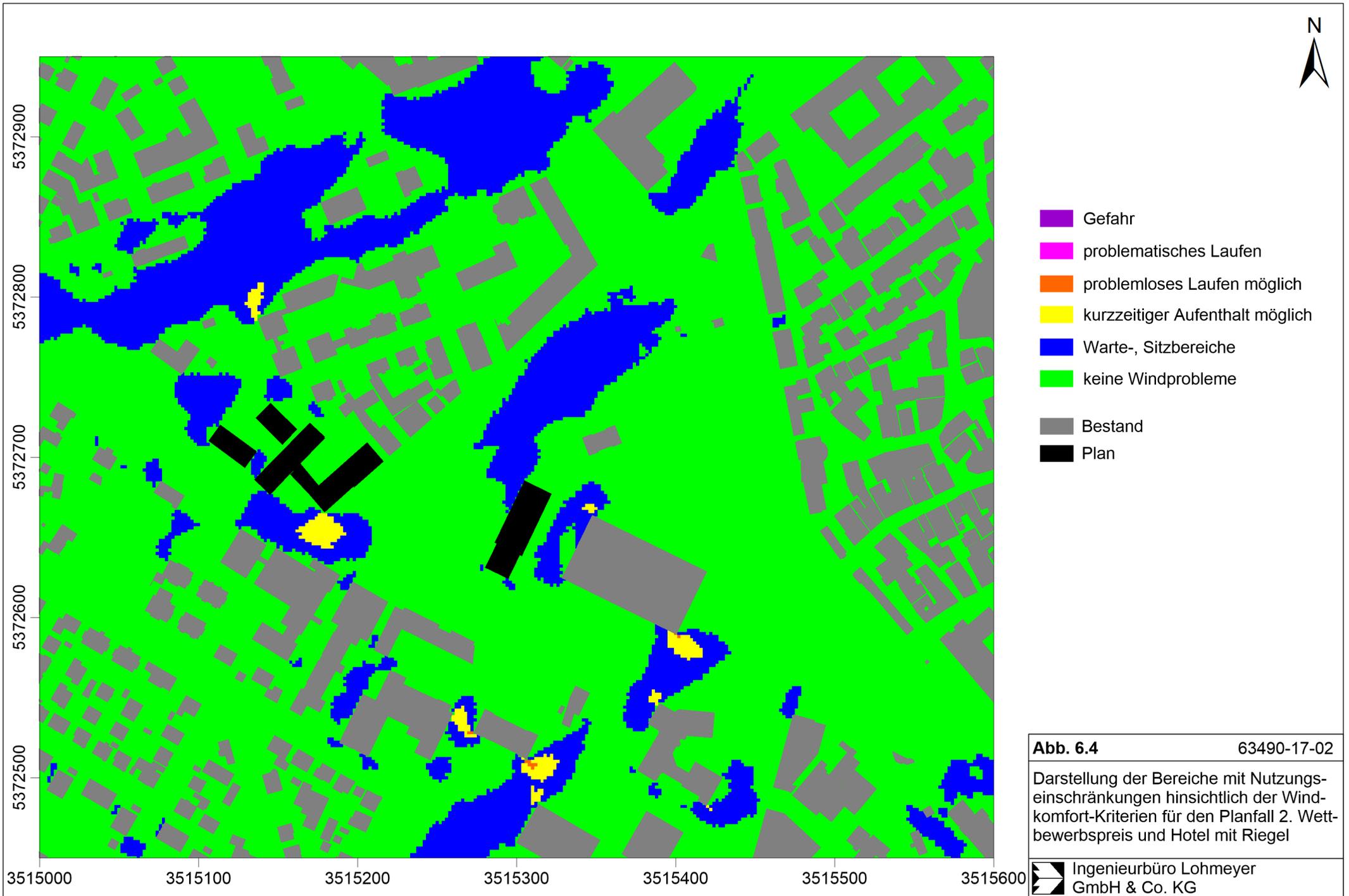


Abb. 6.2 63490-17-02
 Darstellung der Bereiche mit Nutzungseinschränkungen hinsichtlich der Windkomfort-Kriterien für den Bezugsfall
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



- Gefahr
- problematisches Laufen
- problemloses Laufen möglich
- kurzzeitiger Aufenthalt möglich
- Warte-, Sitzbereiche
- keine Windprobleme
- Bestand
- Plan

Abb. 6.3 63490-17-02
 Darstellung der Bereiche mit Nutzungseinschränkungen hinsichtlich der Windkomfort-Kriterien für den Planfall Wettbewerbssieger und Hotel mit Hochhaus
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



- Gefahr
- problematisches Laufen
- problemloses Laufen möglich
- kurzzeitiger Aufenthalt möglich
- Warte-, Sitzbereiche
- keine Windprobleme
- Bestand
- Plan

3515000 3515100 3515200 3515300 3515400 3515500 3515600

5372900
5372800
5372700
5372600
5372500

7 LITERATUR

- Bruse, M. (1999): Die Auswirkungen kleinskaliger Umweltgestaltung auf das Mikroklima. Entwicklung des prognostischen numerischen Modells ENVI-met zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Dissertation. Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum.
- Dröscher (2017): Stadt Reutlingen, Gesamtstädtische Klimaanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Luftreinhaltung. Bearbeitung: Ingenieurbüro für technischen Umweltschutz Dr.-Ing. Frank Dröscher, Tübingen 2017.
- 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. (2003): MISKAM Handbuch zu Version 4.22. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2004): Application of a new evaluation guideline for microscale flow models (PPT-Präsentation, 389 kB). Vortrag auf der "9th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes", 1. – 4. Juni 2004, Garmisch-Partenkirchen. Verfügbar unter: <http://www.lohmeyer.de/software> WinMISKAM.
- 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.
- LUBW: Messdaten der Luftmessstationen, Download im Internet, www.lubw.de. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- 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).
- Stiemer, S.F. (1977): Windumströmung von Gebäuden und Gebäudeklima. In: E. Franke et al. (Editor): Stadtklima. Stuttgart: Krämer, S. 97-111.

VDI (2005): 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, November 2005.

A N H A N G A 1

WINDFELDBERECHNUNGEN FÜR DEN BESTAND

A1 WINDFELDBERECHNUNGEN FÜR DEN BESTAND

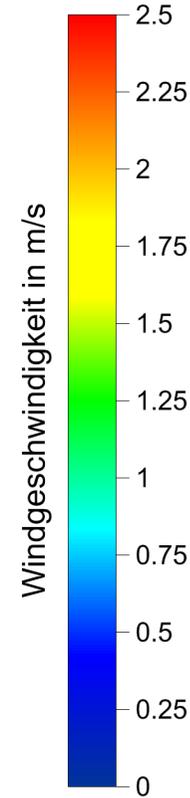
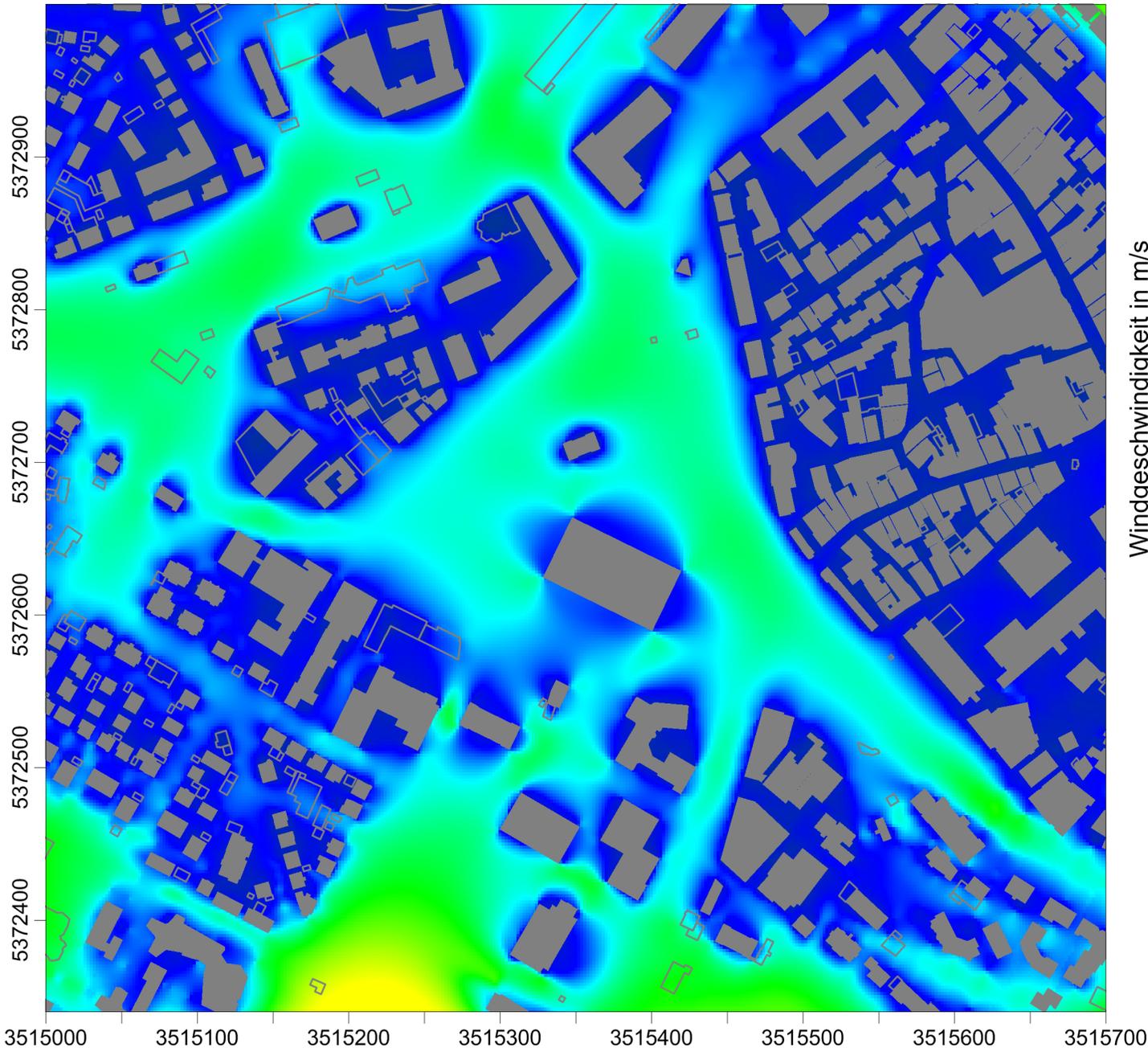
Die im Haupttext vorgelegten Auswertungen der Windfeldberechnungen erfolgten entsprechend der Aufgabenstellung basierend auf einem Bezugsfall, der für das Hamburg-Mannheimer-Areal und ein Hotel an der Stadthalle Reutlingen die jeweils genehmigten Bebauungspläne berücksichtigt. Im Bestand befindet sich auf dem Hamburg-Mannheimer-Areal eine Bebauung, die die mögliche nicht ganz ausschöpft und bei der Stadthalle besteht noch kein Hotel. Dementsprechend werden hier ergänzend die flächenhaften Ergebnisse der Windfeldberechnungen für die derzeitige bauliche Situation inklusive Vergleich mit dem Bezugsfall beschrieben.

Abb. A1.1 zeigt die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten in ca. 10 m über Grund für den Bestand. Über flächenhaften und zusammenhängenden Freiflächen wie dem Bereich an der Pomologie und dem Volksgarten im südlichen Bildausschnitt bilden sich in dem dargestellten Rechengebiet mittlere Windgeschwindigkeiten entsprechend den Messdaten ab. In langgestreckten, von Bebauung frei gehaltenen Bereichen zeichnen sich ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse bis ca. 1.5 m/s ab, wie nördlich der Stadthalle im Bereich Echaz, Willy-Brandt-Platz und Lederstraße in Folge des Echaztälers. Im Bereich der Gleisanlagen um den Bahnhof im nordwestlichen Bildausschnitt sind ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse mit Förderung der südwestlichen Anströmungen bis ca. 1.5 m/s berechnet. Bestehende Gebäude und Bauwerke führen zu verringerten mittleren Windgeschwindigkeiten; das trifft auch auf die Bereiche zu, in denen die Bauwerke das Auswertenniveau nicht überragen. Damit sind im Bebauungsplangebiet des Hamburg-Mannheimer-Geländes Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s berechnet; entlang der Konrad-Adenauer-Straße zeichnen sich Windgeschwindigkeiten über 1 m/s ab. Zwischen dem Hamburg-Mannheimer-Areal und der bestehenden Stadthalle Reutlingen sind teilweise Einschränkungen der mittleren Windgeschwindigkeit gegeben.

In **Abb. A1.2** ist aus dem Vergleich des Bezugsfalls inklusive genehmigten Bebauungsplänen mit dem Bestand zu erkennen, dass in ca. 10 m über Grund im Nahbereich der Bebauungspläne Verringerungen der mittleren Windgeschwindigkeit durch die genehmigten Baukörper in der direkten Umgebung des Plangebietes zu erwarten sind. Das betrifft überwiegend die angrenzenden Verkehrsflächen und Zwischenräume zur benachbarten bestehenden Bebauung sowie die Bereiche um die Stadthalle. Zwischen der Stadthalle und dem möglichen Hotelstandort ergeben sich teilweise Zunahmen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit. Im überwiegenden Bereich des dargestellten Ausschnittes sind keine Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet, sodass dort keine Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse durch die genehmigte Planung zu erwarten sind.

In **Abb. A1.3** ist für den Bestand die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in Bodennähe dargestellt, dem Aufenthaltsbereich der Menschen im Freien und der Freisetzung der Schadstoffe durch den Kfz-Verkehr. Über flächenhaften und zusammenhängenden Freiflächen wie dem Bereich an der Pomologie und dem Volksgarten im südlichen Bildausschnitt bilden sich in dem dargestellten Rechengebiet mittlere Windgeschwindigkeiten um 1 m/s ab. In langgestreckten, von Bebauung frei gehaltenen Bereichen zeichnen sich ebenfalls relativ günstige Durchlüftungsverhältnisse bis ca. 1 m/s ab, wie nördlich der Stadthalle im Bereich Echaz, Willy-Brandt-Platz und Lederstraße in Folge des Echaztälers. Zwischen dem Hamburg-Mannheimer-Areal und der bestehenden Stadthalle Reutlingen sind teilweise Einschränkungen der mittleren Windgeschwindigkeit gegeben. Teilweise werden an Gebäudekanten oder Engstellen breiter Straßenräume bodennah ebenfalls etwas höhere jährliche Windgeschwindigkeiten bis ca. 1 m/s im Mittel berechnet. Bestehende Gebäude und Bauwerke führen zu verringerten mittleren Windgeschwindigkeiten. Damit sind im Bebauungsplangebiet des Hamburg-Mannheimer-Geländes Windgeschwindigkeiten unter 0.5 m/s berechnet; entlang der Konrad-Adenauer-Straße zeichnen sich Windgeschwindigkeiten bis 1 m/s ab.

In **Abb. A1.4** ist aus dem Vergleich des Bezugsfalls mit dem Bestand zu erkennen, dass in Bodennähe im Nahbereich der genehmigten Baukörper Bereiche mit Erhöhungen und Verringerungen der mittleren Windgeschwindigkeit kleinräumig variieren. Im Nahbereich treten an den Ecken Zunahmen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit, wobei die Bereiche mit Abnahmen überwiegen. Das betrifft überwiegend die angrenzenden Verkehrsflächen und Zwischenräume zur benachbarten bestehenden Bebauung. Im überwiegenden Bereich des dargestellten Ausschnittes sind keine Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet, sodass dort keine Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse durch die genehmigten Baukörper zu erwarten sind.

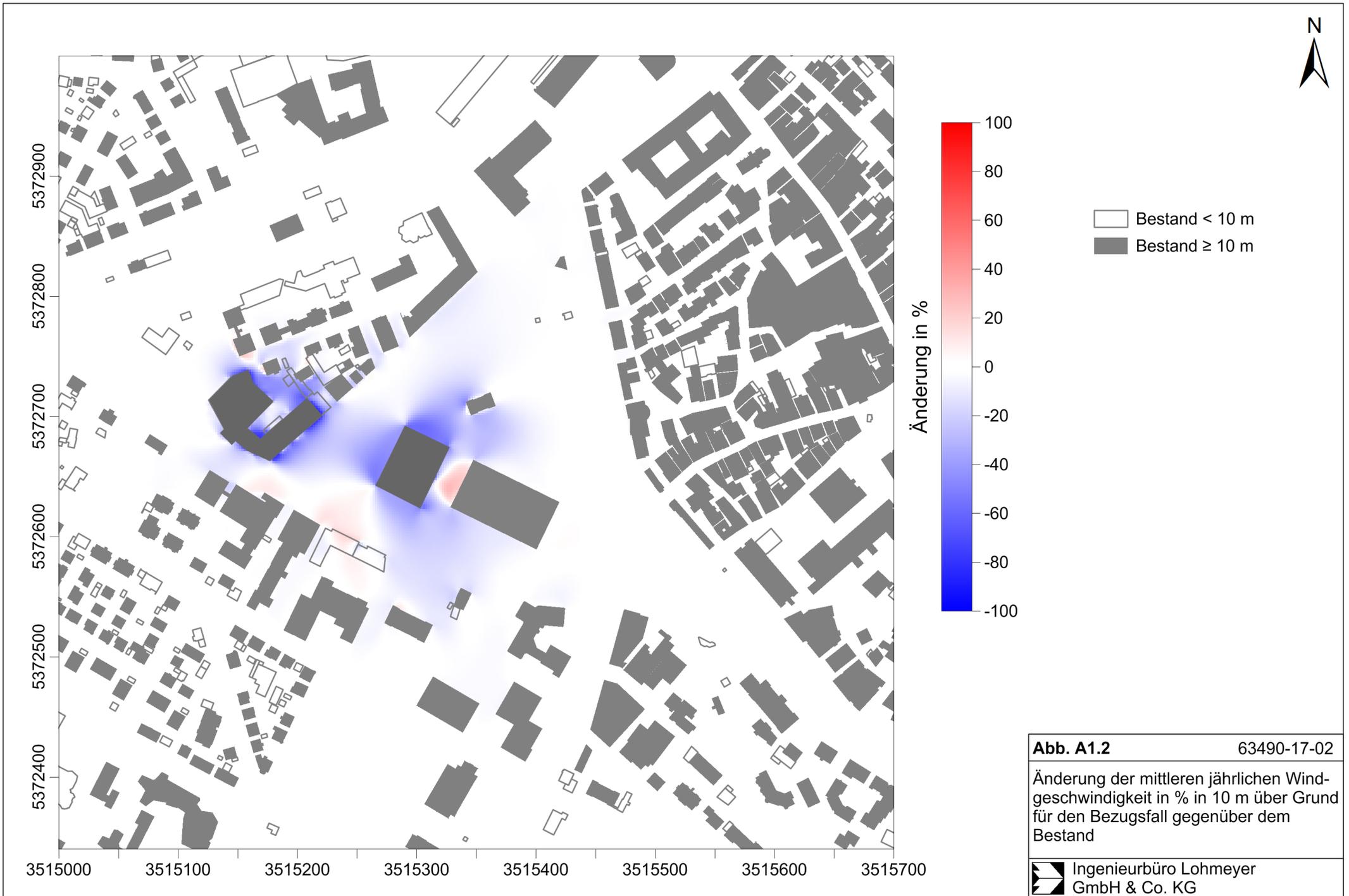


-  Bestand < 10 m
-  Bestand \geq 10 m

Abb. A1.1 63490-17-02

Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in m/s in 10 m über Grund für den Bestand

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



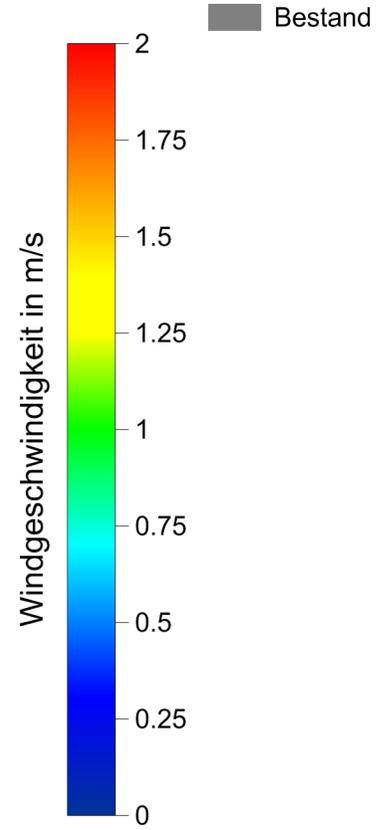
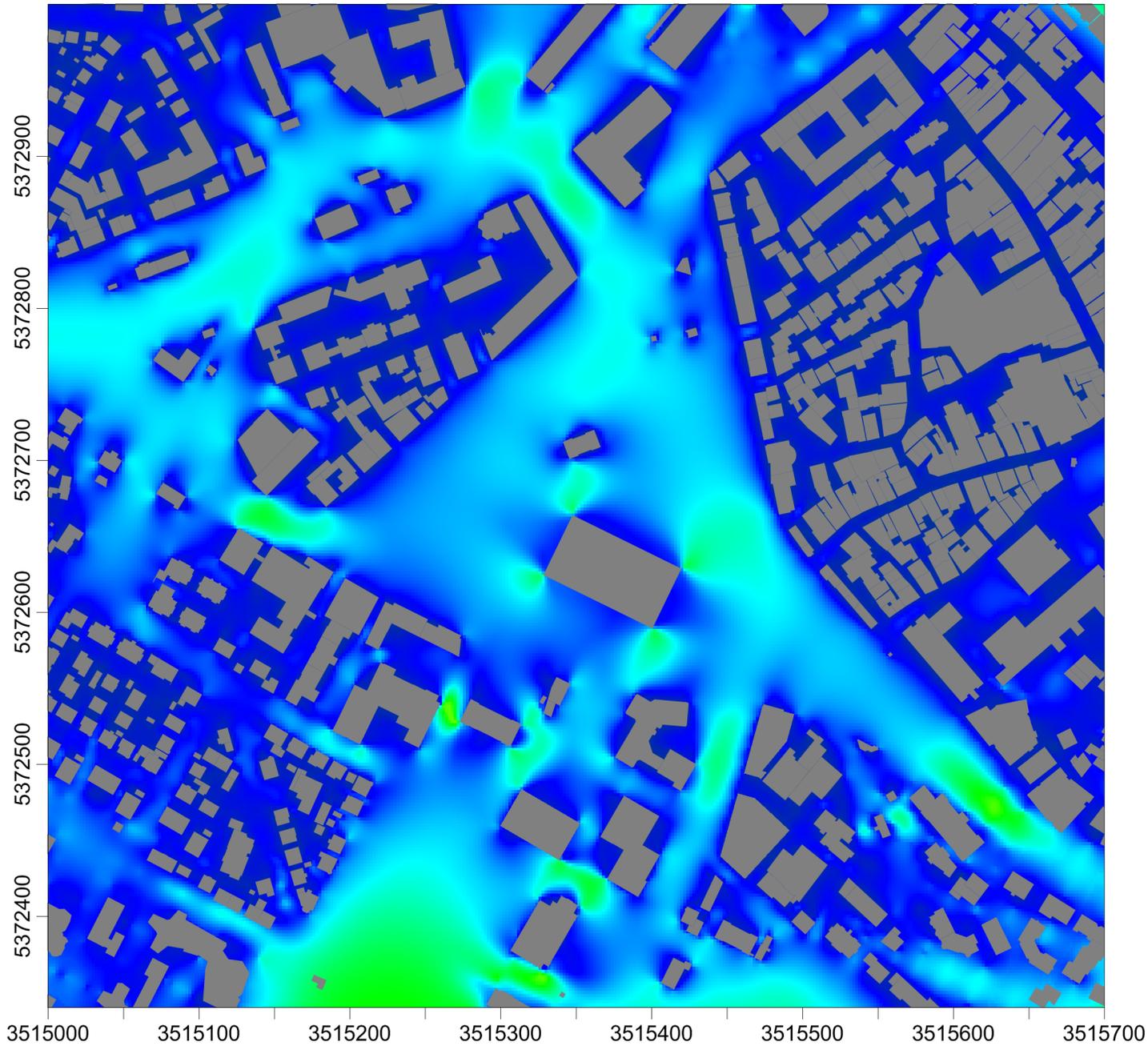
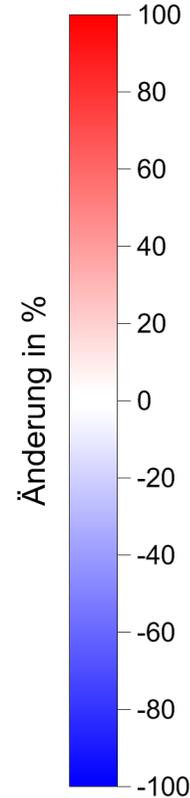
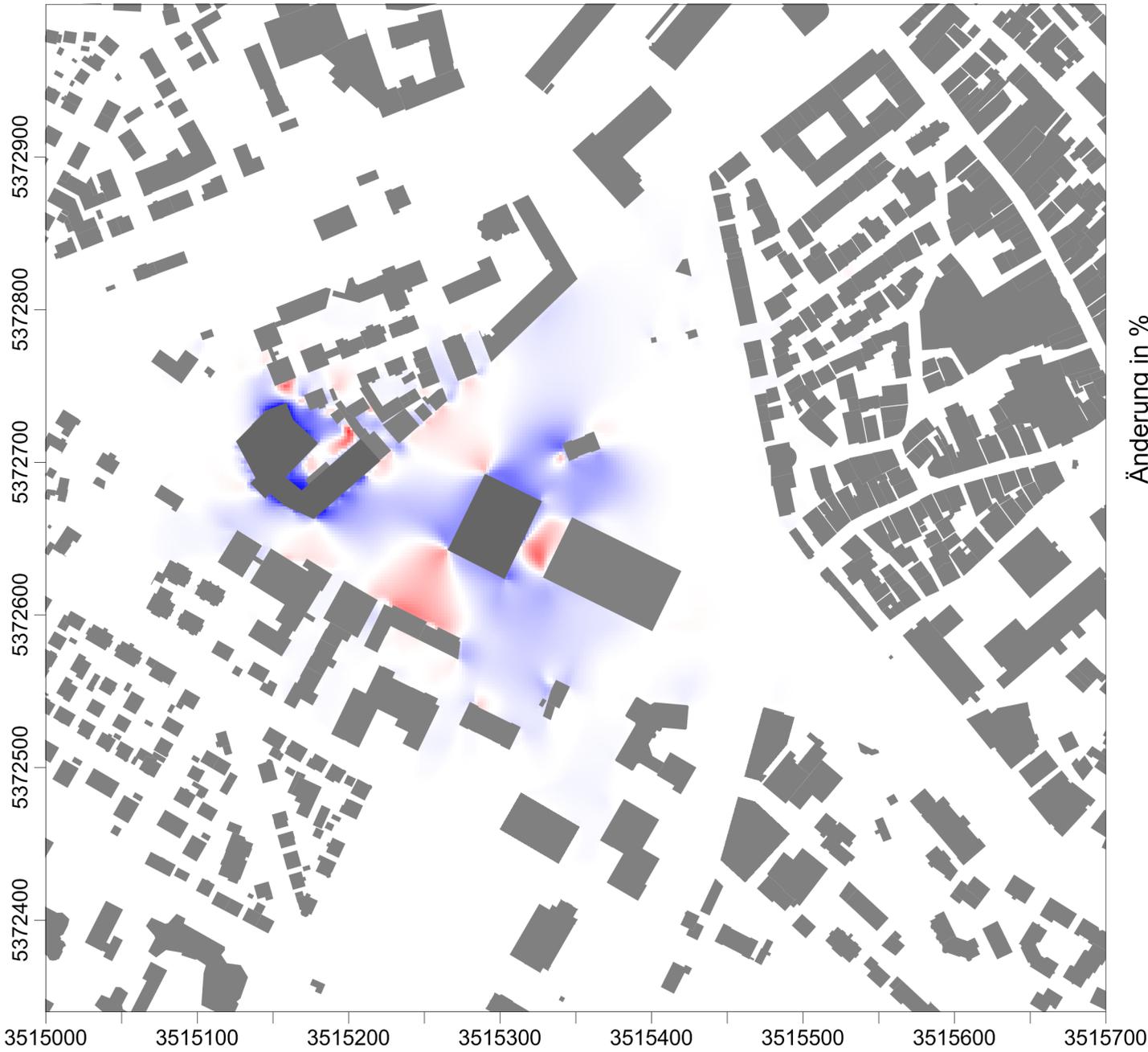


Abb. A1.3 63490-17-02
Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit
in m/s in Bodennähe im Bestand

 Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG



Bestand

Abb. A1.4	63490-17-02
Änderung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in % in Bodennähe im Bezugsfall gegenüber dem Bestand	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

A N H A N G A 2

WINDFELDBERECHNUNGEN FÜR EINEN GROSSEN BEREICH MIT GEPLANTEM HOCHHAUS AM STUTTGARTER TOR

A2 WINDFELDBERECHNUNGEN FÜR EINEN GROSSEN BEREICH MIT GEPLANTEM HOCHHAUS AM STUTTGARTER TOR

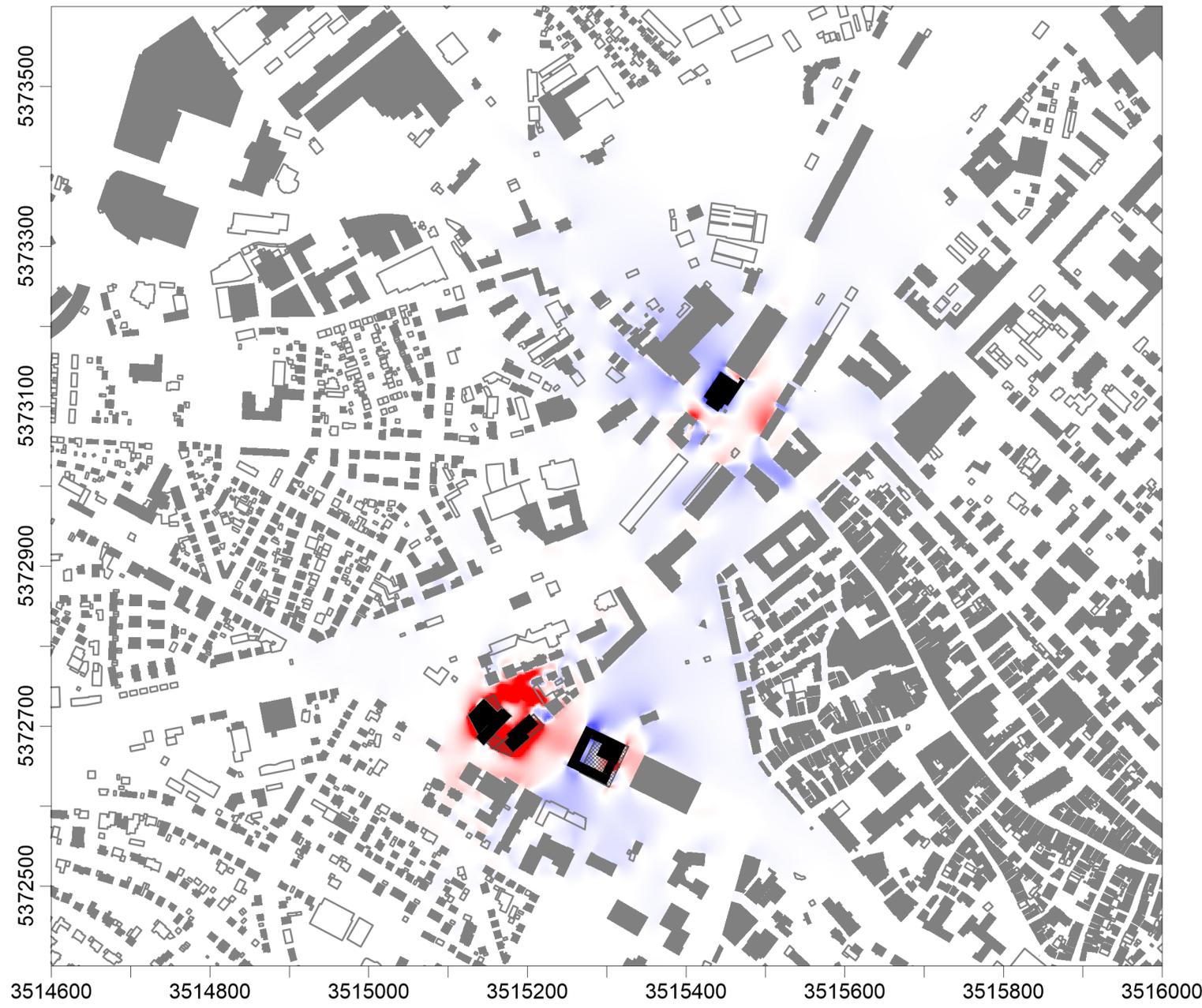
Ergänzend erfolgten Windfeldberechnungen für einen sehr großen Teil des zentralen Stadtgebietes durchgeführt, um die Auswirkungen des geplanten Hochhauses am Stuttgarter Tor hinsichtlich möglichen Überlagerungseffekten mit den in dieser Ausarbeitung beschriebenen Planungen zu betrachten.

Die Berechnungen wurden als Änderungen der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in ca. 10 m über Grund und in Bodennähe ausgewertet und sind in **Abb. A2.1** und **Abb. A2.2** aufgezeigt. Damit finden durch die Hochhausplanungen in zwei räumlich voneinander getrennten Bereichen innerhalb des zentralen Siedlungsgebietes gewisse Änderungen der mittleren Durchlüftungsverhältnisse statt. Im Nahbereich der geplanten Hochhausstandorte treten teilweise deutliche Änderungen auf, wobei sich kleinräumig Bereiche mit Zunahme und Abnahme der mittleren Windgeschwindigkeit abwechseln. In etwas größeren Abständen sind nur gewisse Verringerungen der mittleren Windgeschwindigkeit berechnet; diese Bereiche reichen bis in einen Abstand von ca. 200 m der jeweiligen Planung. Damit kommt es zu keiner intensiven Überlagerung der Auswirkungen der geplanten Hochhäuser an der Konrad-Adenauer-Straße (Bruderhausgelände, Hamburg-Mannheimer Gelände) mit denen am Stuttgarter Tor (Unter den Linden), die zu einer intensiven flächenhaften Einschränkung der Durchlüftungsverhältnisse führen könnte. Gleichwohl ist festzuhalten, dass die Auswirkungen der geplanten Hochhäuser insgesamt zwischen den Standorten zu einer geringen Einschränkung der mittleren Windgeschwindigkeit im Zuge der Karlstraße (B 313) führen.

Ergänzend wurden die Auswertungen bezogen auf den lokalrelevanten Echaztälern durchgeführt, der eine Anströmung aus dem südöstlichen Sektor (110 Grad bis 150 Grad) und vor allem bezüglich nächtlicher Ausgleichsströmungen für das zentrale Stadtgebiet von Reutlingen von Bedeutung ist. Diese nächtlichen Ausgleichsströmungen fördern die Belüftung, d.h. es werden von der Schwäbischen Alb kühle Luftmassen in das Siedlungsgebiet von Reutlingen transportiert, die den Austausch thermisch und lufthygienisch belasteter Luftmassen an wolken- und windarmen Tagen ermöglicht.

In **Abb. A2.3** ist die Änderung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit bei Südostanströmung im Planfall „Wettbewerbssieger“ und Hotel mit Hochhaus und Hochhaus Stuttgarter Tor gegenüber dem Bezugsfall aufgezeigt. Durch die geplanten Hochhäuser erfolgt eine Umlenkung der Windströmung, das trifft auch auf den Standort am Stuttgarter Tor zu. Während im Nahbereich der Hochhäuser durch die Umströmung eine gewisse Erhöhung der Windströmung nicht ausgeschlossen werden kann, überwiegen ab einem Abstand von wenigen

Dekameter Bereiche mit Verringerung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit. Solche Bereiche mit Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit um ca. 10% reichen bis in einen Abstand von ca. 300 m bis 400 m nordwestlich der jeweiligen Hochhausstandorte. Eine Überlagerung der Auswirkungen der geplanten Hochhäuser an der Konrad-Adenauer-Straße (Bruderhausgelände, Hamburg-Mannheimer Gelände) mit denen am Stuttgarter Tor (Unter den Linden) ist bei dieser Anströmrichtung den Berechnungen nicht zu entnehmen.



-  Plan
-  Bestand < 10 m
-  Bestand ≥ 10 m

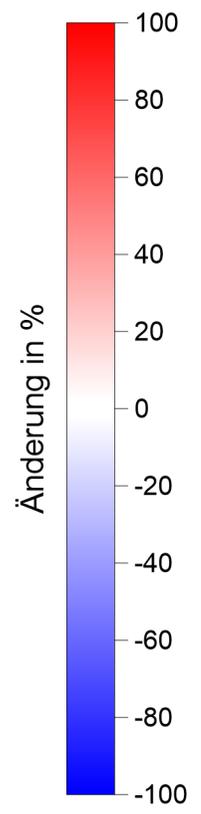
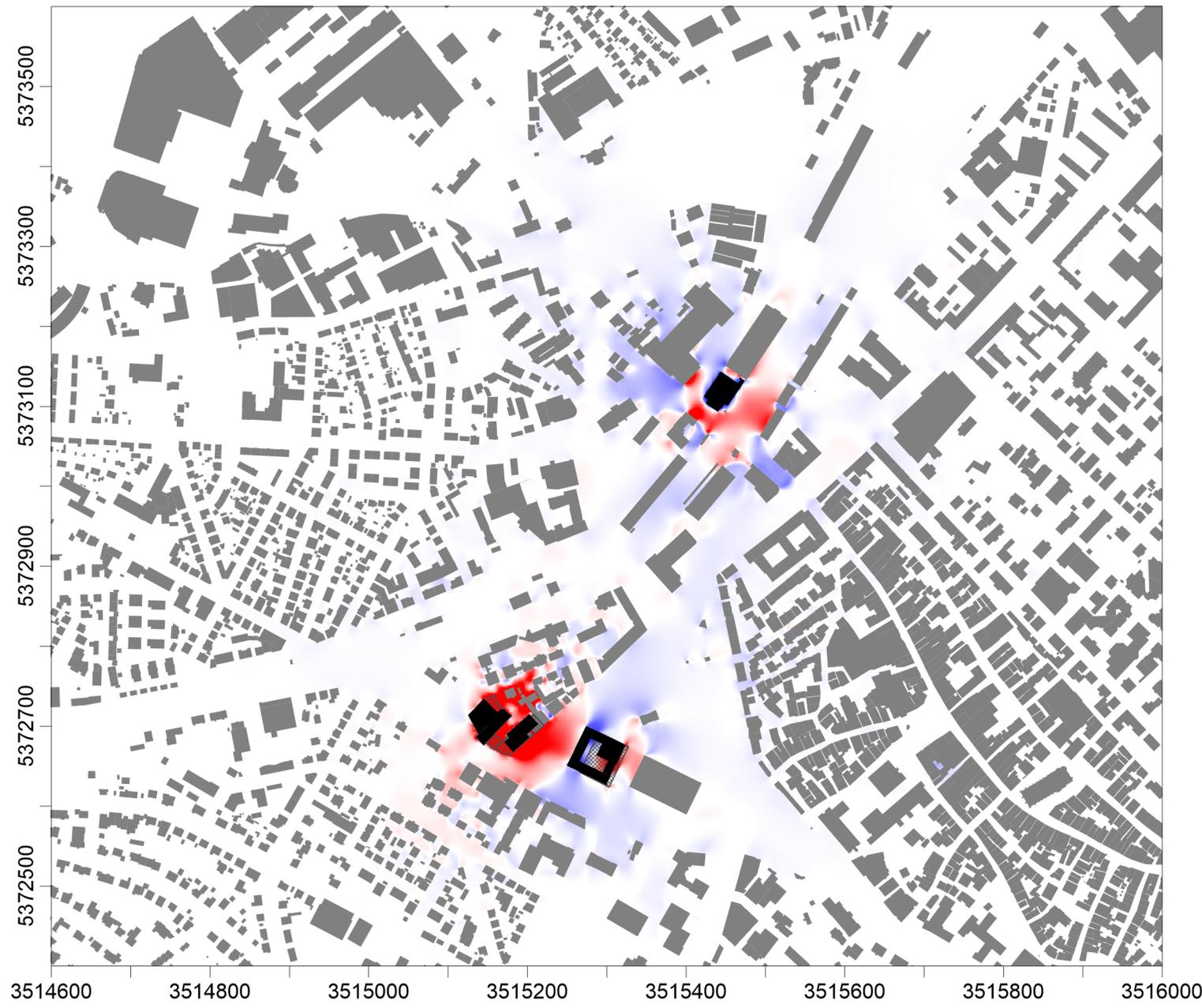


Abb. A2.1 63490-17-02
Änderung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in % in 10 m über Grund für den Planfall Wettbewerbssieger, Hotel mit Hochhaus und Hochhaus Stuttgarter Tor gegenüber dem Bezugsfall

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

3514600 3514800 3515000 3515200 3515400 3515600 3515800 3516000

5372500 5372700 5372900 5373100 5373300 5373500



■ Plan
■ Bestand

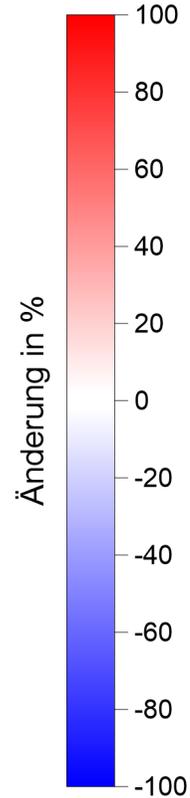
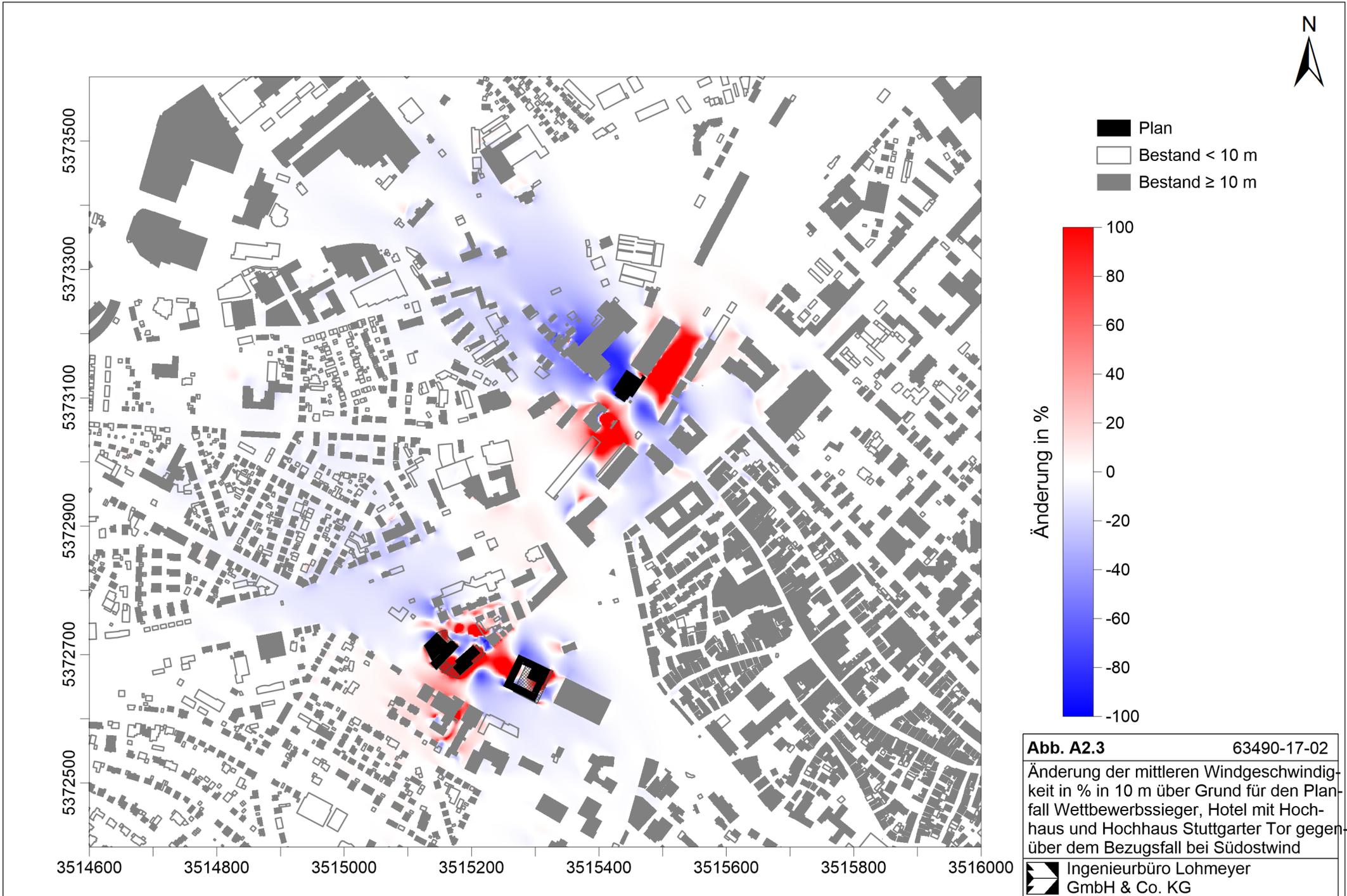


Abb. A2.2 63490-17-02
Änderung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in % in Bodennähe für den Planfall Wettbewerbssieger, Hotel mit Hochhaus und Hochhaus Stuttgarter Tor gegenüber dem Bezugsfall
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

3514600 3514800 3515000 3515200 3515400 3515600 3515800 3516000

5372500 5372700 5372900 5373100 5373300 5373500



- Plan
- Bestand < 10 m
- Bestand ≥ 10 m

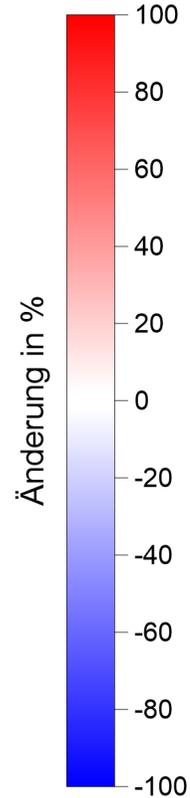


Abb. A2.3 63490-17-02
 Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit in % in 10 m über Grund für den Planfall Wettbewerbssieger, Hotel mit Hochhaus und Hochhaus Stuttgarter Tor gegenüber dem Bezugsfall bei Südostwind
 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG