



Fachgutachten Klima und Lufthygiene

Referat Stadtentwicklung, Abteilung Stadtplanung

Bebauungsplan

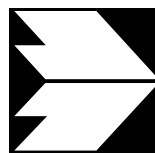
„Maxstraße - Pariser Straße - Humboldtstraße - Königstraße“

und

Bebauungsplan

„Burgstraße - Fruchthallstraße“





**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

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

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

**FACHGUTACHTEN KLIMA UND LUFTHYGIENE
FÜR DIE BEBAUUNGSPLÄNE "BURGSTRASSE
- FRUCHTHALLSTRASSE" UND "MAXSTRASSE
- PARISER STRASSE - HUMBOLDTSTRASSE -
KÖNIGSTRASSE" IN KAISERSLAUTERN**

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dipl.-Met. K. Lehner

Dipl.-Umweltwiss. A. Friedrich

Dr.-Ing. W. Bächlin

Oktober/November 2011
Projekt 61924-11-02
Berichtsumfang 101 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	7
3 VORGEHENSWEISE / METHODIK	8
3.1 Berechnungsverfahren MISKAM	8
3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	10
3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	11
4 EINGANGSDATEN	13
4.1 Lage des Untersuchungsgebiets	13
4.2 Verkehrsdaten	16
4.3 Meteorologische Daten.....	16
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung	21
5 EMISSIONEN	25
5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	25
5.1.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	25
5.1.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	27
5.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes	30
5.3 Emissionen des ruhenden Verkehrs	30
6 ERGEBNISSE DER WINDFELDBERECHNUNGEN	32
7 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN.....	47
7.1 Stickstoffdioxidimmissionen	47
7.2 Feinstaubimmissionen (PM10)	54
7.3 Feinstaubimmissionen (PM2.5)	57
7.4 Mögliche Modifizierung der Planung.....	60
8 BETRACHTUNGEN ZUR BESONNUNG	65
9 LITERATUR	81

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	86
A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG.....	90
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	93

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG 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

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z.B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann

zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO_2 -Konzentrationen von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentration von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub / PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$

Mit Feinstaub bzw. PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von $10 \mu\text{m}$ bzw. $2.5 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM_{10} -Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die $\text{PM}_{2.5}$ -Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für die Planungen der neuen Stadtmitte in Kaiserslautern werden die beiden Bebauungspläne „Maxstraße - Pariser Straße - Humboldtstraße - Königstraße“ und „Burgstraße - Fruchthallstraße“ bearbeitet; vorgesehen ist u.a. die Nutzungsausweisung für ein Einkaufscenter. Für diese Planungen werden hiermit fachgutachterliche Aussagen zu den Auswirkungen auf Klima und Lufthygiene im Plangebiet und dessen Umgebung vorgelegt.

Betrachtet werden der Planzustand mit baulichen Änderungen (Planfall), der Prognose-Nullfall ohne bauliche Änderungen aber mit veränderter Verkehrsführung sowie ein Referenzzustand ohne bauliche und verkehrsführende Änderungen im Prognosejahr (prognostizierter Analysefall), dem Jahr 2015 als Zeitpunkt der frühesten Fertigstellung und Inbetriebnahme des Bauvorhabens.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe werden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf bestehenden und geplanten Straßen und Stellplatzanlagen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten werden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (Stand 2010) die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM₁₀, PM_{2.5}) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden entsprechend Angaben aktueller Forschungsarbeiten berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}). Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV.

Windfeldbetrachtungen

Die Auswertungen der Windfeldberechnungen zeigen, dass sich bezogen auf die mittleren Windgeschwindigkeiten die Bereiche mit deutlichen Änderungen durch die Planung auf einen Abstand deutlich unter 100 m von der geplanten Bebauung beschränken. Geringe Einschränkungen können bis in einen Abstand von ca. 300 erwartet werden und sind vor allem mit den Hauptwindrichtungen verbunden, d.h. in östlicher und nordöstlicher Richtung des Plangebietes. Der in einer Orientierung von Nordwesten nach Südosten verlaufende schmale Straßenzug der Fackel- und Mühlstraße übernimmt entsprechend den Berechnungen keine Funktion einer Ventilationsbahn. Daraus ist abzuleiten, dass wesentliche Änderungen

der Durchlüftungsverhältnisse des bebauten Stadtgebietes von Kaiserslautern nicht zu erwarten sind und deutliche Änderungen bzw. Einschränkungen auf den direkten Nahbereich des Bebauungsplangebietes begrenzt sind.

Ergänzend wurden die Messdaten der Station Kaiserslautern Rathausplatz (LUWG) im Hinblick auf so genannte Strahlungstage ausgewertet, in denen sich lokale, thermisch induzierte Windverhältnisse mit den Kaltluftströmungen ausbilden können. Bei Kaltluftbedingungen, insbesondere nach mehrstündiger Andauer der Kaltluftbedingungen, werden an der Messstation am Rathausplatz in Kaiserslautern Strömungen aus östlicher Richtung mit geringen Geschwindigkeiten erfasst, die mit einer talparallelen, mehreren Dekametern mächtigen Kaltluftströmung verbunden sind. Bei dieser Anströmsituation führt die geplante Bebauung in deren direkter Umgebung zu Verringerungen der Strömungsgeschwindigkeiten; geringe Verringerungen können entsprechend den Berechnungen bis in einen Abstand unter 150 m erwartet werden. Eine wesentliche und weiträumige Einschränkung der Kaltluftströmung ist durch die Planung nicht zu erwarten. Wesentliche Auswirkungen der Planungen auf die bodennahen Lufttemperaturen sind nicht zu erwarten, da die Fläche des Bebauungsplangebietes „Maxstraße - Pariser Straße - Humboldtstraße - Königstraße“ derzeit aus künstlichen Oberflächen besteht und diese ein vergleichbares thermisches Verhalten bei Sonneneinstrahlung wie die geplante Nutzung aufweisen.

Immissionsbetrachtungen

Entsprechend den Immissionsberechnungen werden für den Analysefall und Nullfall im Plangebiet und direkter Umgebung Stickstoffdioxidbelastungen (NO_2 -Jahresmittelwerte) berechnet, die bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Bebauung im Erdgeschoss entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere, an den Hauptverkehrsstraßen als erhöhte bis hohe Belastungen zu bezeichnen sind.

Im Planfall sind aufgrund der durch den Baukörper geänderten Windverhältnisse und der geänderten Verkehrsbelegungen an der Pariser Straße, Maxstraße und Humboldtstraße höhere NO_2 -Immissionen, teilweise leicht über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vereinzelt bis $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ errechnet. Damit sind die NO_2 -Belastungen bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im Planfall entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere bis hohe Belastungen, in einem Abschnitt der Maxstraße als geringfügige Überschreitungen zu bezeichnen, wobei dort derzeit im Erdgeschoss keine Wohnnutzungen vorliegen. Die Grenzwerte der 39. BImSchV beziehen sich auf Bereiche, die der Öffentlichkeit zugänglich sind und dem langfristigen Aufenthalt dienen, wie insbesondere Wohnnutzungen; Arbeits-

stätten sind von der Beurteilung ausgeschlossen. In den anderen Bereichen im Betrachtungsgebiet ändert sich an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen die Beurteilung der NO₂-Immissionen im Planfall nicht gegenüber dem Nullfall. Für eine mögliche Verringerung der genannten geringen Grenzwertüberschreitungen können unterschiedliche Maßnahmen mit entsprechenden Wirkungen ergriffen werden, die in Kap. 7.4 angeführt werden.

In der Höhe des ersten Obergeschosses sind im Planfall in einem kurzen Abschnitt der Maxstraße an der bestehenden Randbebauung NO₂-Immissionen bis 40 µg/m³ berechnet, wobei dort derzeit im ersten Obergeschoss keine Wohnnutzungen vorliegen. An weiteren Abschnitten der Maxstraße sind in dieser Höhe NO₂-Immissionen unter 40 µg/m³, überwiegend unter 36 µg/m³ wie auch an der Humboldtstraße und Pariser Straße berechnet. Im 2. Obergeschoss sind an der bestehenden Randbebauung NO₂-Immissionen unter 40 µg/m³ prognostiziert; der Grenzwert wird dort an der Randbebauung eingehalten bzw. überwiegend deutlich unterschritten.

Beurteilungswerte für PM₁₀, PM_{2.5} und die NO₂-Kurzzeitbelastung werden im Nullfall und im Planzustand an der betrachteten bestehenden Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten, wobei im Nahbereich des Plangebietes im Planfall gegenüber dem Nullfall an der Randbebauung etwas höhere Immissionen der genannten verkehrsbedingten Schadstoffe zu erwarten sind.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass an den betrachteten Hauptverkehrsstraßen in der Umgebung der Bebauungsplangebiete an der Randbebauung teilweise hohe Luftschadstoffbelastungen vorliegen. In Teilbereichen führt die Planung zu gewissen Erhöhungen der Immissionen, wobei von Konzentrationen an der Randbebauung über dem NO₂-Jahresmittelgrenzwert keine Wohnnutzungen betroffen sind. Die Verringerungen der Immissionen an der Randbebauung entlang der Königstraße und Fruchthallstraße gegenüber dem Analysefall sind aus lufthygienischer Sicht zu begrüßen. Diese lufthygienischen Belange sind im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen (z.B. OVG-Rheinland-Pfalz-Urteil vom 23.02.2011 Az.: 8C 10696/10).

Besonnung

Die DIN 5034 "Tageslicht in Innenräumen" nennt als Richtwert für die minimal erforderliche tägliche Sonnenscheindauer von Aufenthaltsräumen eine einstündige Besonnung am 17.01. für mindestens einen der Aufenthaltsräume einer Wohnung. Dementsprechend wurden für ausgewählte Standorte von Wohnnutzungen die Verschattungsverhältnisse für den derzeitigen baulichen Zustand und den Planfall berechnet.

Die geplante Bebauung führt an den betrachteten Standorten und Stockwerken zu einer zusätzlichen Einschränkung der möglichen täglichen Besonnung. An zwei Standorten führt die Planung zu einer Nichteinhaltung des Besonnungskriteriums während es dort derzeit eingehalten werden kann. An anderen Standorten ist trotz Einschränkung der Besonnung durch die geplante Bebauung eine Einhaltung des Besonnungskriteriums möglich. Damit sind auch im Planzustand für Innenstadtverhältnisse von Kaiserslautern übliche Besonnungsverhältnisse zu erwarten, wie z.B. nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes dargestellt.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für die Planungen der neuen Stadtmitte in Kaiserslautern werden die beiden Bebauungspläne „Maxstraße - Pariser Straße-Humboldtstraße - Königstraße“ und „Burgstraße - Fruchthallstraße“ derzeit bearbeitet. Vorgesehen ist u.a. die Nutzungsausweisung für ein Einkaufszentrum; dafür sind unter anderem fachgutachterliche Aussagen zu den Auswirkungen auf Klima und Lufthygiene im Plangebiet und dessen Umgebung erforderlich. Weiterhin ist zu untersuchen, ob die Planungen zu intensiven Änderungen der Besonnungsverhältnisse und der natürlichen Belichtung an umliegenden Wohnnutzungen führen.

Zu betrachten ist der Planzustand mit baulichen Änderungen (Planfall), der Prognose-Nullfall ohne bauliche Änderungen aber mit veränderter Verkehrsführung sowie ein Referenzzustand ohne bauliche und verkehrsführende Änderungen im Prognosejahr (Analysefall), dem Jahr 2015 als Zeitpunkt der frühesten Fertigstellung und Inbetriebnahme des Bauvorhabens.

Hinsichtlich der Auswirkungen der Planungen auf die Luftschadstoffe werden die verkehrsbedingten Schadstoffe NO₂, PM10 und PM2.5 betrachtet. Die luftseitige Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV.

3 VORGEHENSWEISE / METHODIK

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Luftkonzentrationen der Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenz- oder Vorsorgewerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO₂ und PM₁₀ die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel (PM₁₀ und PM_{2.5}). Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich und wird hier nicht durchgeführt.

3.1 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund der dichten Bebauung im Betrachtungsgebiet sind die Auswirkungen der Gebäudeumströmungen bei den Immissionsberechnungen zu berücksichtigen. Die Berechnungen erfolgen mit dem für solche Fragestellungen geeigneten mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1995). Grundlage der Simulationsrechnungen sind die digitalen Daten der bestehenden und geplanten Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und Planunterlagen entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster und Höhenschichten werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht aus 268 x 328 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 900 m x 1 100 m. Es wird ein nicht äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der geplanten Ge-

bäude an der Bebauung eine feine Auflösung von ca. 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 39 Ebenen bis in eine Höhe von 470 m über Grund, wobei die Ebenen bis zum allgemeinen Dachniveau fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Aus diesen Daten werden Informationen bezüglich der Änderung der Durchlüftungsverhältnisse beschrieben.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das Bezugsjahr 2015 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10, PM2.5) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA nicht behandelt. Die Berechnung dieser Emissionen erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse von aktuellen Forschungsarbeiten (BASt, 2005; Düring und Lohmeyer, 2004; CORINAIR, 2007). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (VDI, 2003).

Die Emissionen werden in das Rechengitter übertragen und mit den oben erwähnten Windfeldern der Ausbreitungsrechnung mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM zugeführt. Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes, der Emissionen des Parkhauses und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Standorten abgeschätzt.

3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

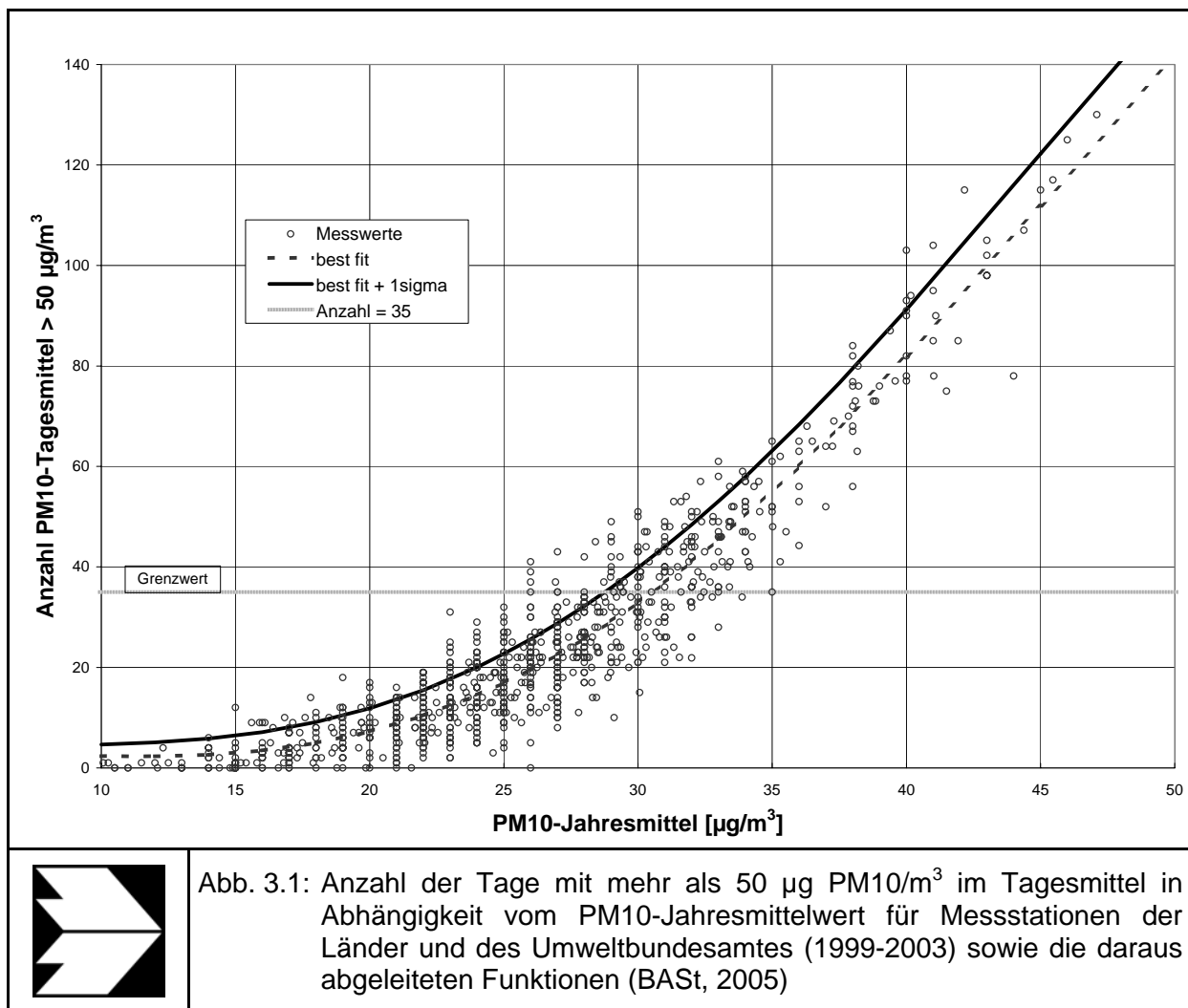
Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM_{10} -Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM_{10} -Überschreitungshäufigkeit vom PM_{10} -Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM_{10} -Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM_{10} -Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM_{10} -Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen

eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).



3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert ab 2015	25	

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert. Beurteilt werden soll nach 39. BImSchV innerhalb von Gebieten und Ballungsräumen, in denen die höchsten Werte auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt über einen Zeitraum ausgesetzt sein wird, der im Vergleich zum Mittelungszeitraum der betreffenden Immissionsgrenzwerte signifikant ist. Die Grenzwerte beziehen sich auf Jahreskenngrößen. Nicht beurteilt werden muss nach 39. BImSchV beispielsweise an Orten innerhalb von Bereichen, zu denen die Öffentlichkeit keinen Zugang hat und in denen es keine festen Wohnunterkünfte gibt sowie auf dem Gelände von Arbeitsstätten, für die alle relevanten Bestimmungen über Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz gelten.

Weiter orientiert sich die Bewertung an der Einstufung von Schadstoffimmissionen (siehe **Tab. 3.2**) durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU, 1993).

Immissionen in % der entsprechenden Grenzwerte	Bewertung
bis 10 %	sehr niedrige Konzentrationen
über 10 % bis 25 %	niedrige Konzentrationen
über 25 % bis 50 %	mittlere Konzentrationen
über 50 % bis 75 %	leicht erhöhte Konzentrationen
über 75 % bis 90 %	erhöhte Konzentrationen
über 90 % bis 100 %	hohe Konzentrationen
über 100 % bis 110 %	geringfügige Überschreitungen
über 110 % bis 150 %	deutliche Überschreitungen
über 150 %	hohe Überschreitungen

Tab. 3.2: Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)

4 EINGANGSDATEN

Für die Windfeld-, Emissions- und Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage und Höhe der bestehenden Bebauung, die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet, verkehrsspezifische Informationen sowie die meteorologischen Daten von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die genannten Eingangsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

4.1 Lage des Untersuchungsgebiets

Der Standort des Bebauungsplangebietes befindet sich im Innenstadtbereich von Kaiserslautern südlich des Rathauses. Auf dem bestehenden Grundstück ist im südwestlichen Bereich das Gebäude eines ehemaligen Kaufhauses gelegen und der weitere Bereich wird als ebenerdige öffentliche Stellplatzanlage genutzt. Im Nordosten des Plangebietes befinden sich von Bebauung freigehaltene Stadtplätze vor dem Rathaus und dem Pfalztheater. An den anderen Seiten schließen städtische Nutzungen mit dichter Bebauung an. Das Plangebiet wird von Hauptverkehrsstraßen, insbesondere der B 37 eingeschlossen, die von West-Südwesten nach Ost-Nordosten verläuft.

Das Gebäude des ehemaligen Kaufhauses weist bis 5 Stockwerke auf, wobei die beiden oberen Geschosse als Stellplatzanlagen genutzt wurden, die über eine Spindel am südwestlichen Gebäuderand angefahren werden. Der nordöstlich davon gelegene öffentliche Parkplatz wird über die Maxstraße, d.h. die B 37, erschlossen.

Für den Bebauungsplan ist eine bauliche Nutzung des gesamten beschriebenen Bereichs vorgesehen, d.h. ein bis zu fünf Stockwerke hohen Gebäude über dem Parkplatz im Anschluss an das bestehende Gebäude. In den oberen beiden Stockwerken sind Stellplatzanlagen vorgesehen, die über die beschriebene Spindel angefahren werden.

Die Lage des Plangebietes ist in **Abb. 4.1** und als perspektivische Darstellung mit Blick aus Süden in **Abb. 4.2** aufgezeigt.

Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung.

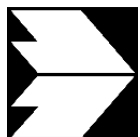
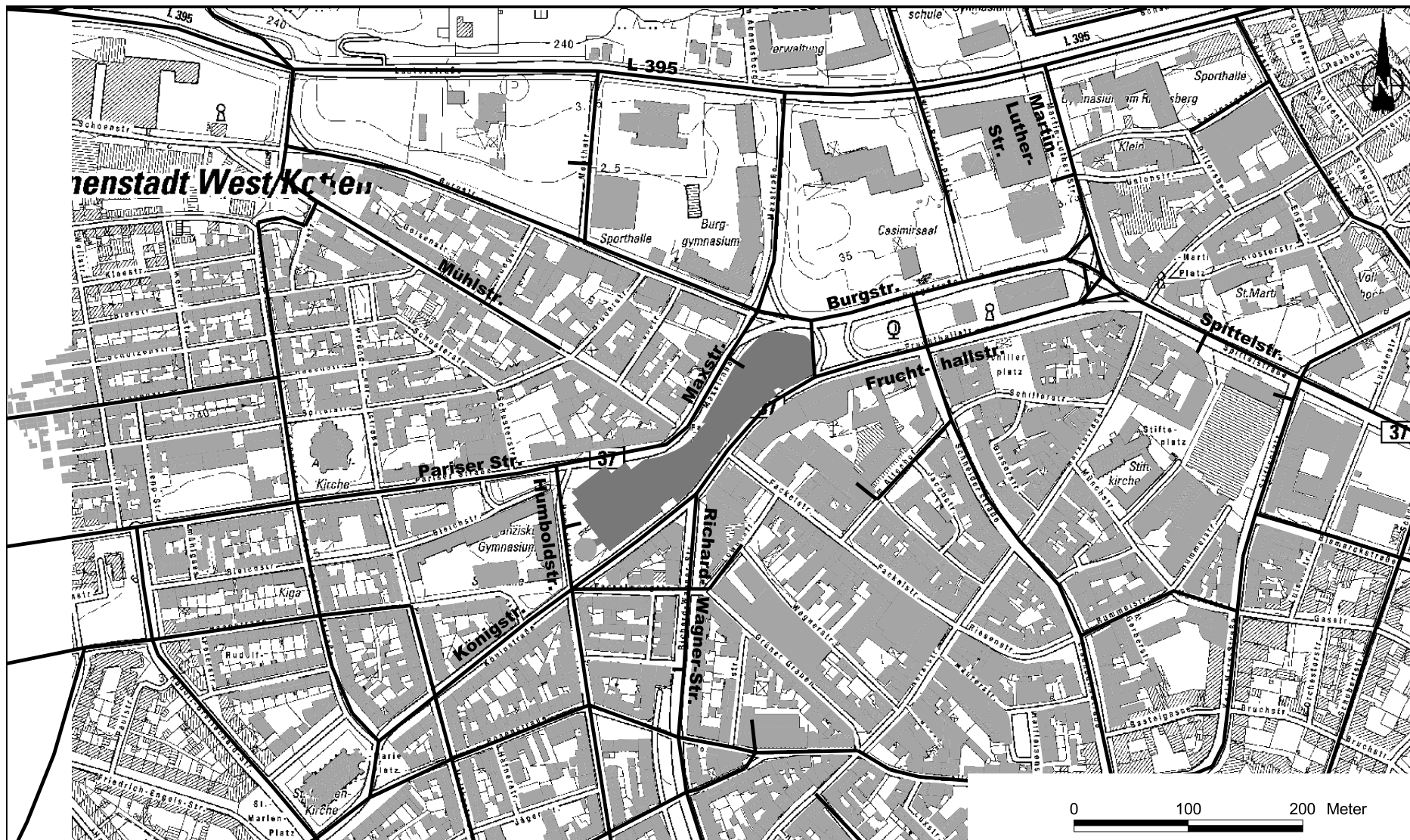


Abb. 4.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes. Gebäude im Istzustand sind hellgrau, geplante Bebauung ist dunkelgrau und die Straßen sind als schwarze Linien eingezeichnet

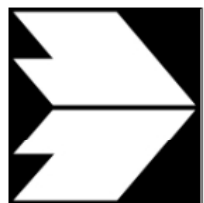
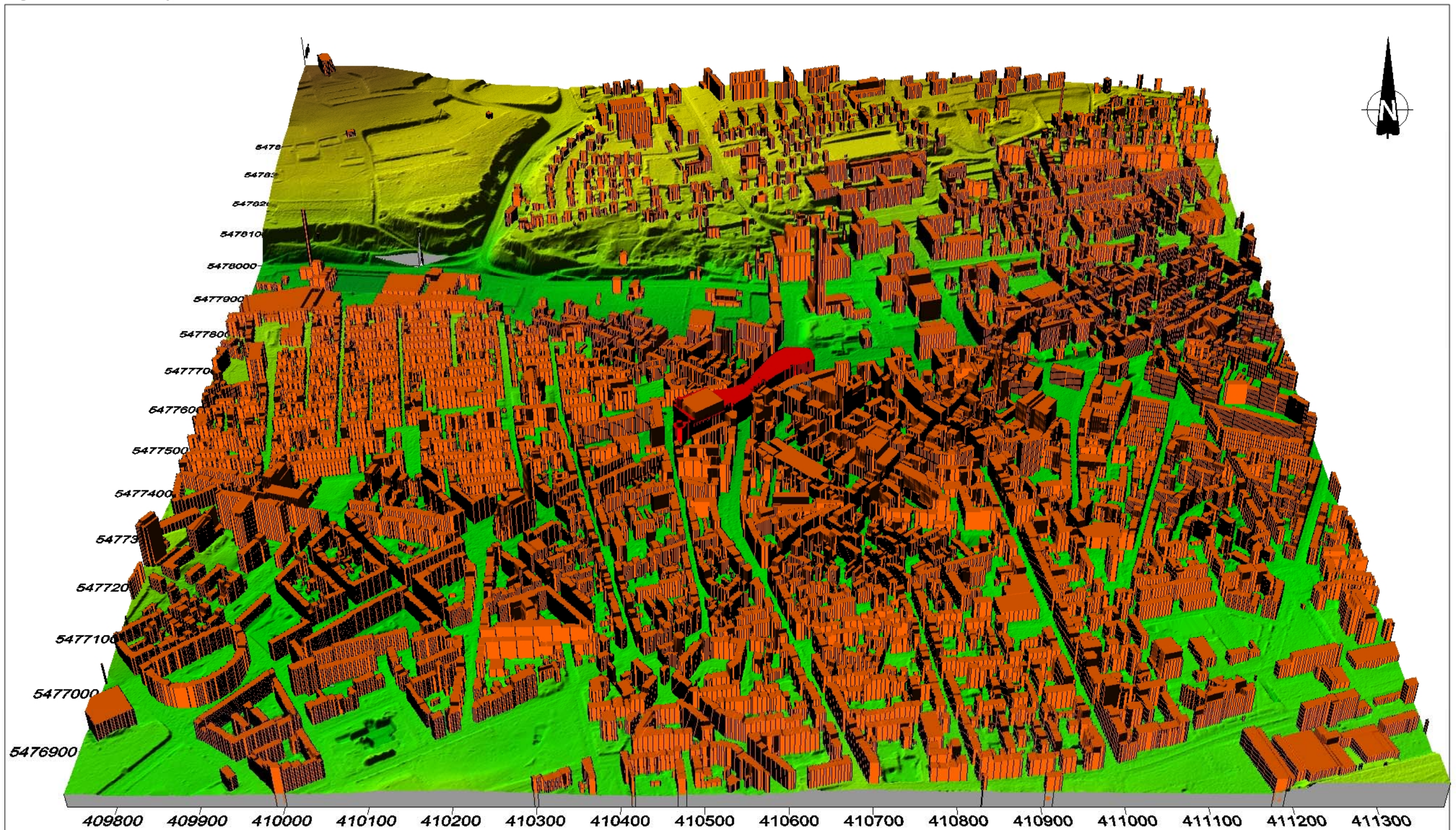


Abb. 4.2: Perspektivische Darstellung des Untersuchungsgebietes mit Blick aus Süden.
Gebäude im Istzustand sind orange, das geplante Gebäude ist rot eingezeichnet

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden mit einer Verkehrsuntersuchung (R+T Topp, 2011) zur Verfügung gestellt. Das sind Angaben der täglichen Verkehrsstärken (DTV) und des LKW-Verkehrs für den Analysefall, den Prognosenullfall und einen Planfall mit neuem Einkaufszentrum. Im Prognosenullfall und im Planfall wird gegenüber dem bisherigen Zustand eine veränderte Verkehrsführung angesetzt, die eine Zusammenführung der B 37 westlich des Bebauungsplangebietes beinhaltet, d.h. die Königstraße wird über die Humboldtstraße auf die Pariser Straße geführt und schließt östlich mit der Maxstraße an die Burgstraße und im weiteren Verlauf an die Spittelstraße im Zuge der B 37 an. In den Verkehrsdaten sind auch Angaben über die Zu- und Ausfahrten der bestehenden und geplanten Stellplatzanlagen enthalten.

Die Verkehrsbelegungsdaten sind in **Abb. 4.3** bis **Abb. 4.5** für den Analysefall, Prognosenullfall und den Planfall aufgezeigt.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen. Diese sind Angaben des Verkehrsgutachters entnommen.

Für die Kreuzung Maxstraße/Humboldtstraße schreibt das Verkehrsgutachten den Hauptverkehrsströmen Richtung Pariserstraße die Qualitätsstufe B zu, was einer guten Verkehrsqualität entspricht.

4.3 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden Windstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten in den unteren Luftschichten.

Für das Betrachtungsgebiet liegen Windmessdaten direkt am Rathausplatz in Kaiserslautern vor, die an der Landesmessstelle durch das Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG) erhoben werden. Diese Daten wurden für den Zeitraum 2000 bis 2010 durch das Landesamt als Zeitreihe zur Verfügung gestellt. In **Abb. 4.6** ist die daraus abgeleitete Windrose dargestellt. Die Hauptwindrichtungen werden durch südwestliche sowie nordöstliche bis östliche Winde geprägt. Die nordöstlichen Windrichtungen weisen auch hohe Häufigkeiten von geringen Windgeschwindigkeiten auf. Die nördlichen Windrichtungen werden aufgrund des nördlich der Messstelle stehenden Gebäudes des Rathauses selten erfasst. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in dem städtischen Bereich ca. 2 m/s in der Messhöhe.

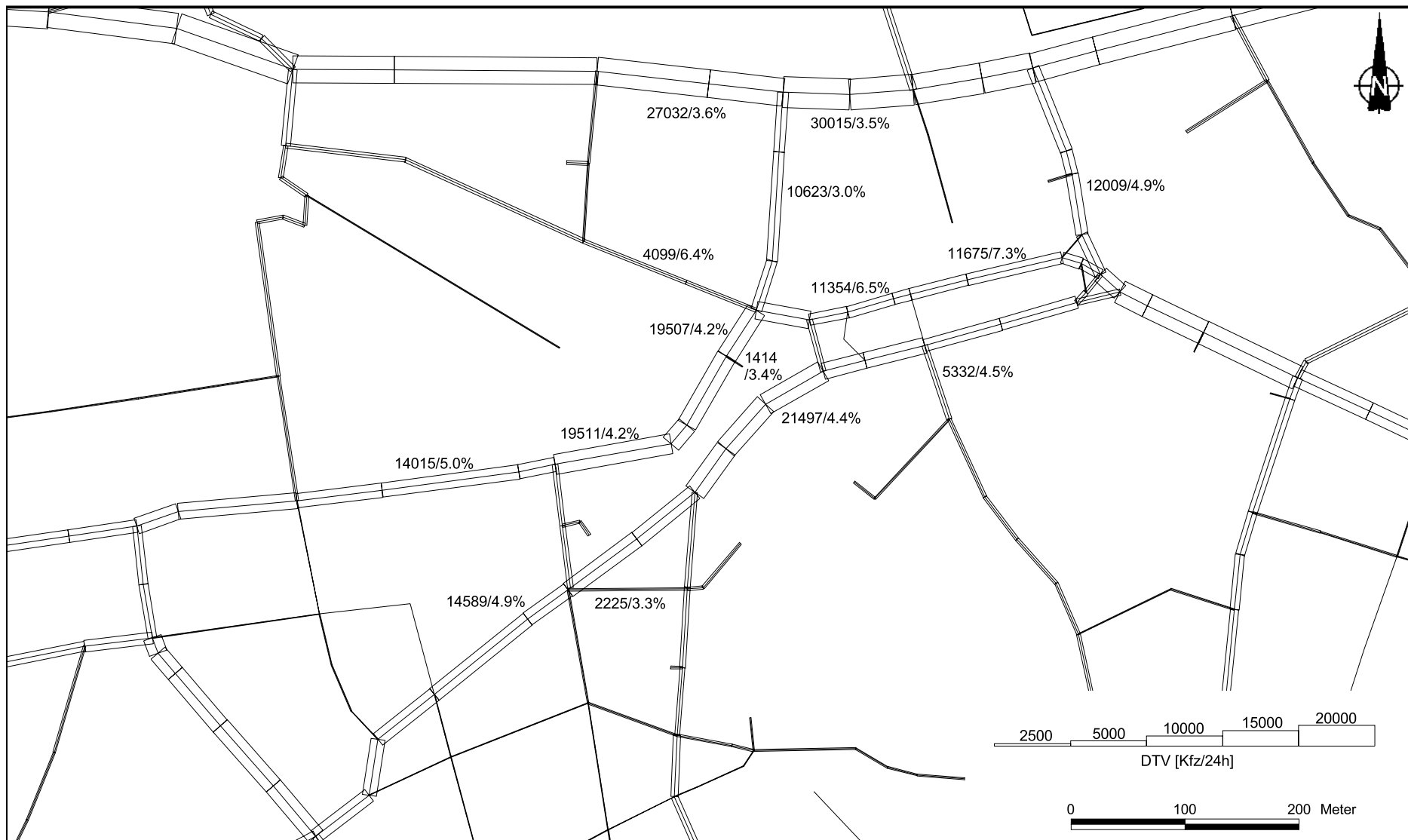


Abb. 4.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Analysefall

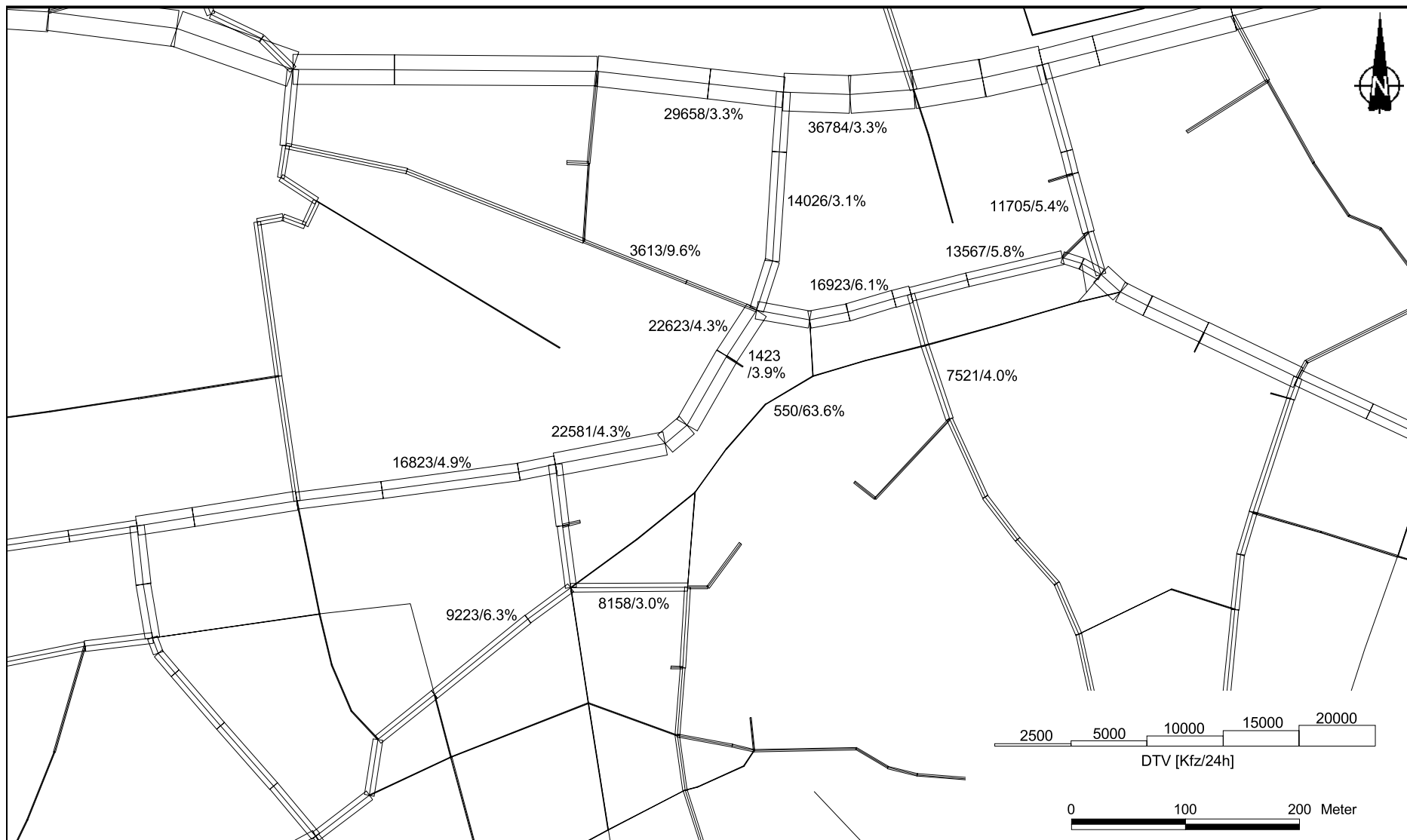


Abb. 4.4: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall

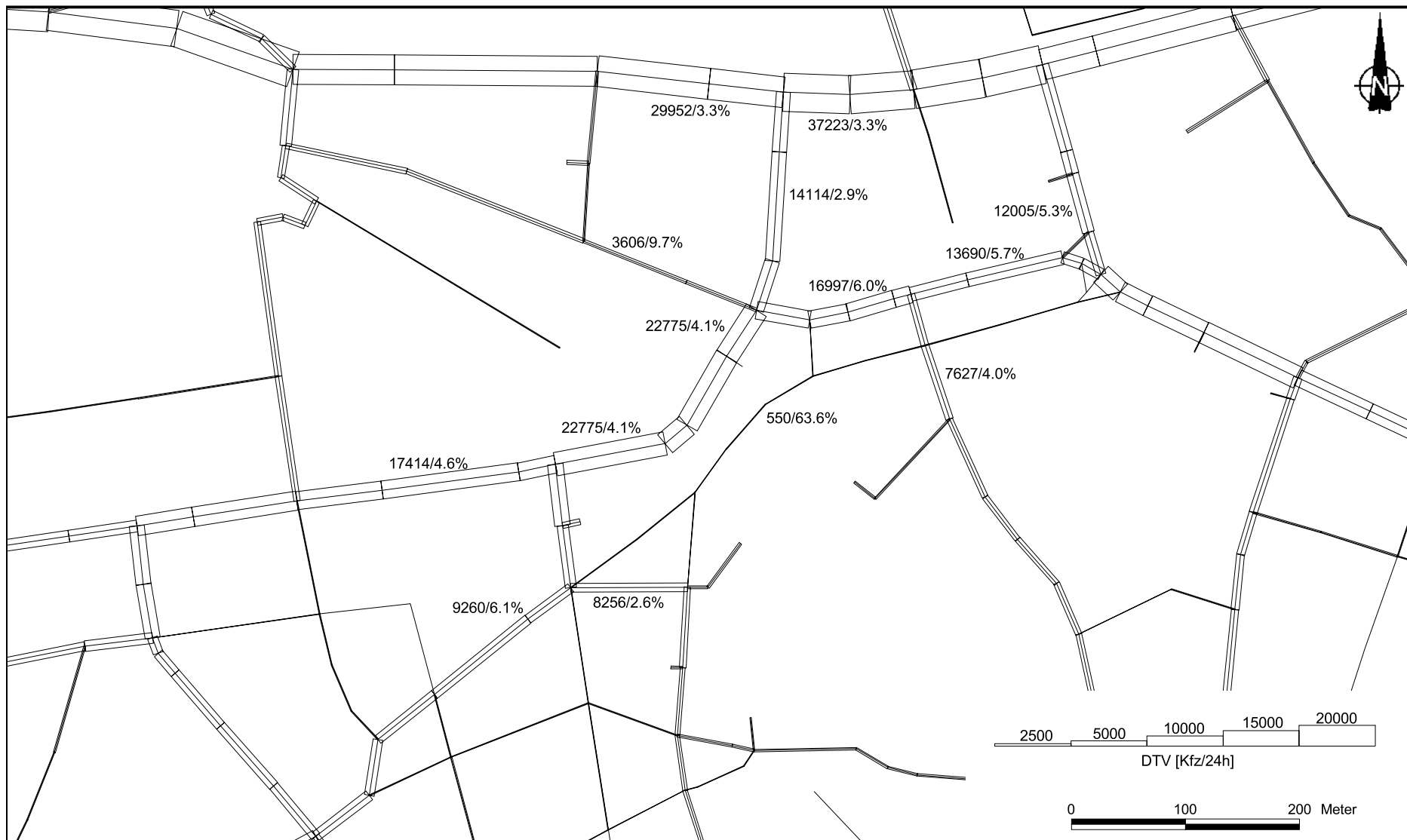
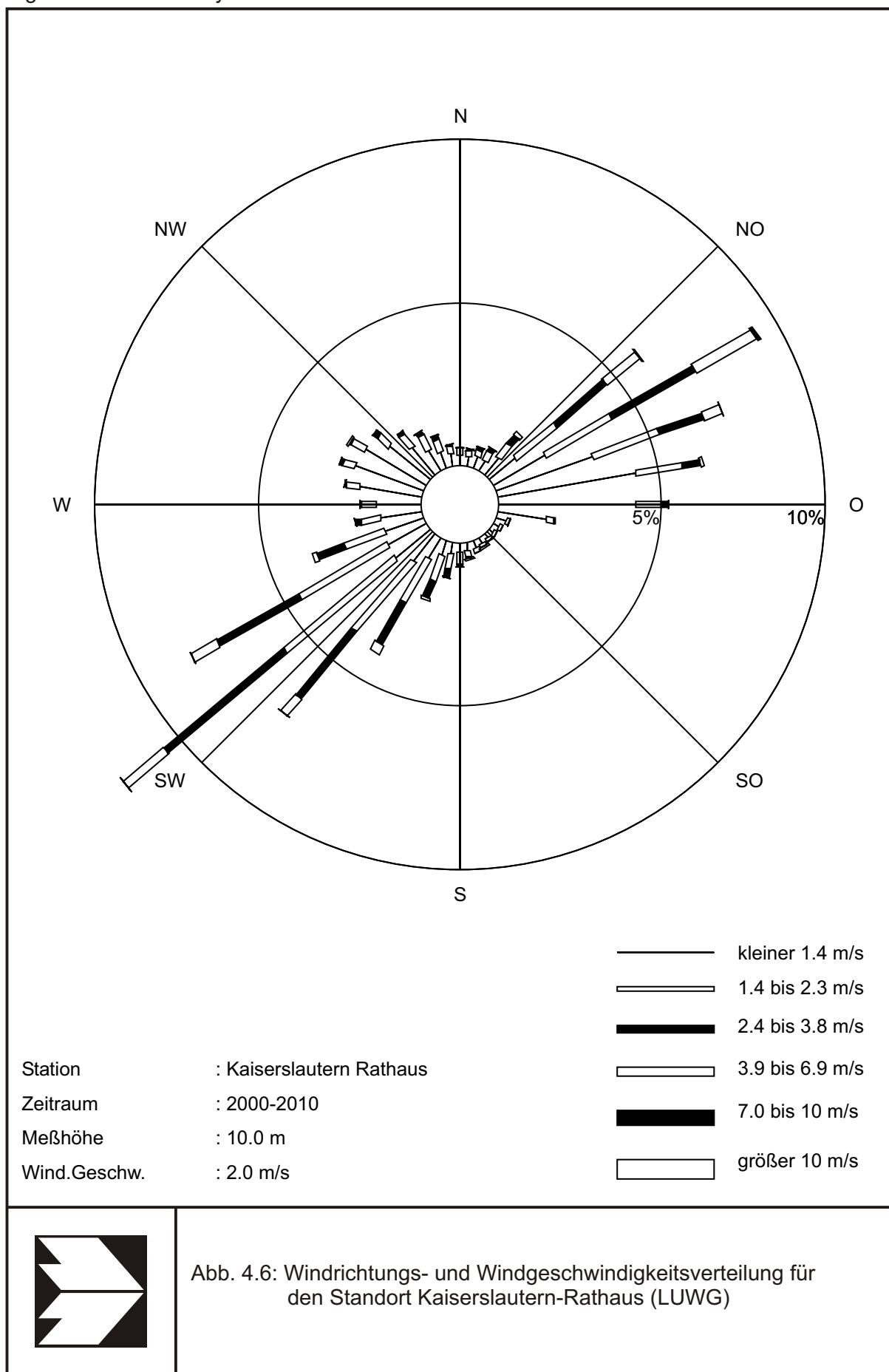


Abb. 4.5: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall



Ergänzend werden in **Abb. 4.7** die Windrosen der Stationen Kaiserslautern und Saarbrücken des Deutschen Wetterdienstes aufgezeigt. Die Station Kaiserslautern liegt am südlichen Stadtrand von Kaiserslautern, umgeben von Siedlungs- und Waldnutzungen. Die Hauptwindrichtungen werden ebenfalls durch südwestliche bis westliche sowie nordöstliche bis östliche Winde geprägt, bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 2.1 m/s (**Abb. 4.7** oben).

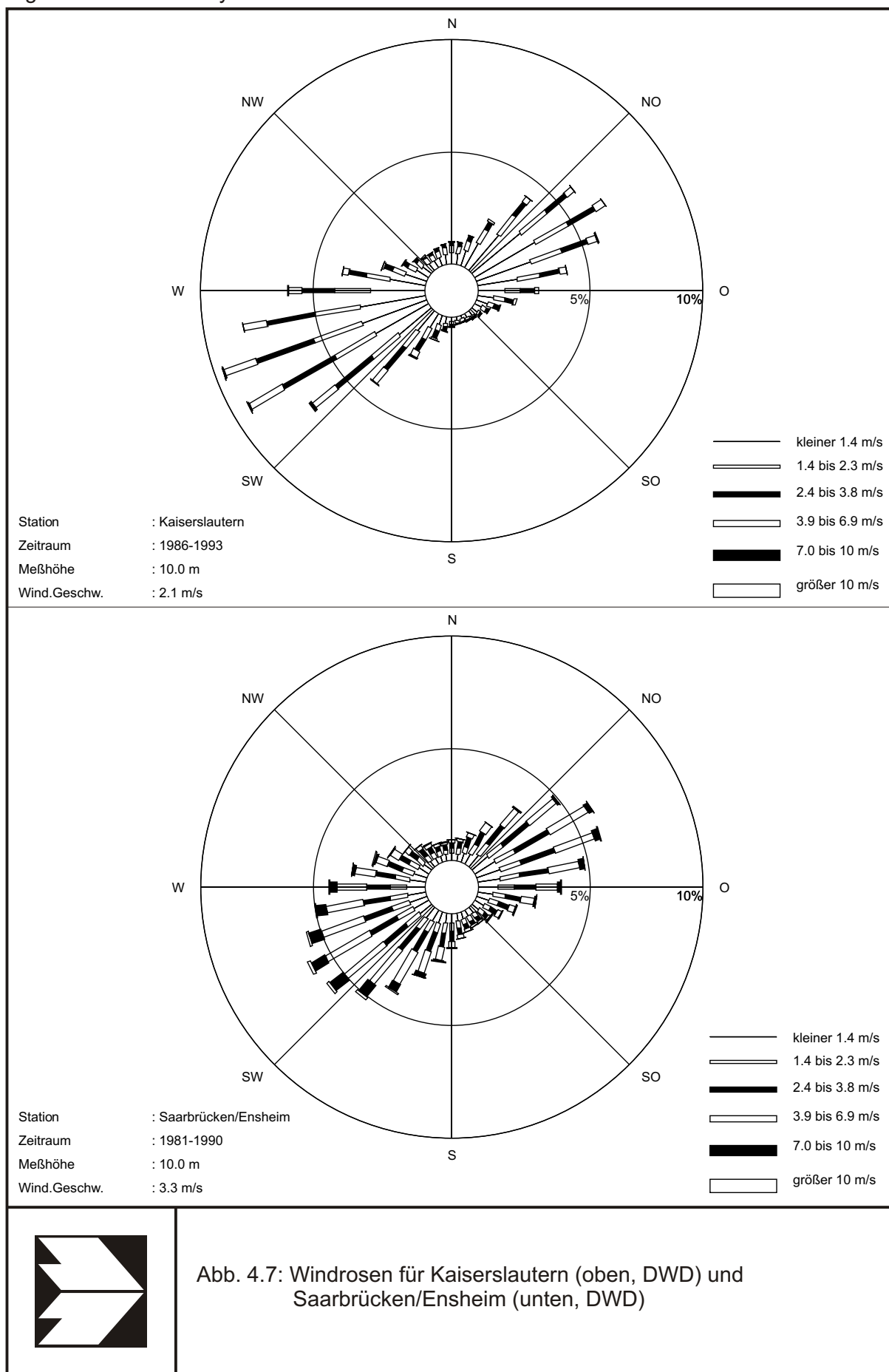
Die Windrose von Saarbrücken zeigt eine wenig durch die Topografie beeinflusste Windverteilung aufgrund der Kuppenlage am Flugplatzgelände und zeigt die regionalen Anströmverhältnisse. Die Hauptwindrichtungen werden ebenfalls durch südwestliche bis westliche sowie nordöstliche bis östliche Winde geprägt bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 3.3 m/s (**Abb. 4.7** unten).

Für die Berechnungen der verkehrsbedingten Auswirkungen der Planung auf die Immissionen wird in diesem Gutachten aufgrund der direkten nachbarschaftlichen Lage auf die Windstatistik am Rathaus von Kaiserslautern zurückgegriffen.

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

In Kaiserslautern gelegene Messstationen des Landesmessnetzes Rheinland-Pfalz sowie umliegende Stationen sind **Tab. 4.1** mit den Messwerten für die Schadstoffe NO₂ und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) aufgeführt. Die städtische Station Kaiserslautern liegt in direkter Nachbarschaft nördlich zum Plangebiet, die verkehrsbezogene Station Kaiserslautern-St. Marien-Platz liegt ca. 600 m südwestlich an einer Hauptverkehrsstraße. Die städtische Station Pirmasens liegt ca. 30 km südlich, die städtische Station Neustadt ca. 30 km östlich vom Plangebiet. Die Waldstation Pfälzer Wald liegt ca. 20 km südlich und erfasst den regionalen Hintergrund.



Schadstoffkomponente		Kaiserslautern		Pirmasens	Neustadt	Pfälzer Wald
		Rathausplatz	St.-Marien-Platz	Schäferstraße	Strohmarkt	Hortenkopf
NO ₂ -Jahresmittel [µg/m ³]	2003	34	35	29	34	11
	2004	28	30	26	29	11
	2005	29	34	26	27	10
	2006	31	33	27	28	10
	2007	29	29	27	25	8
	2008	26	29	25	25	7
	2009	25	31	24	26	7
	2010	26	30	25	25	9
NO ₂ -98-Perzentil [µg/m ³]	2003	78	79	72	73	35
	2004	65	66	60	63	39
	2005	66	76	62	63	33
	2006	75	76	64	67	42
	2007	68	67	68	59	31
	2008	61	66	61	59	31
	2009	63	72	63	66	28
	2010	63	71	62	64	36
PM10-Jahresmittel [µg/m ³]	2003	25	-	26	-	17
	2004	22	-	26	-	14
	2005	20	-	27	-	10
	2006	-	24	24	-	14
	2007	-	20	21	-	13
	2008	-	18	19	-	-
	2009	-	20	20	-	13
	2010	-	21	19	-	13
PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2003	12	-	25	-	1
	2004	7	-	13	-	0
	2005	6	-	16	-	2
	2006	-	18	23	-	2
	2007	-	9	13	-	2
	2008	-	4	7	-	1
	2009	-	9	13	-	1
	2010	-	17	8	-	0
PM2.5-Jahresmittel [µg/m ³]	2005	-	-	-	-	10
	2006	-	-	-	-	10
	2007	-	-	-	-	8
	2008	12	-	-	-	8
	2009	13	-	-	12	9
	2010	14	-	-	15	9

Tab. 4.1: Messwerte an den Stationen in der Umgebung des Plangebietes (LUWG, 2004-2011)

Aus den genannten Messdaten für Kaiserslautern wurden die Hintergrundbelastungswerte ohne Einfluss des Kfz-Verkehrs auf dem hier betrachteten Straßennetz der **Tab. 4.2** für die betrachteten Schadstoffe im Plangebiet abgeleitet. Diese Hintergrundbelastung wird auch unverändert das zu betrachtende Jahr 2015 angesetzt.

Schadstoff	Hintergrundbelastung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂ -Jahresmittel	23
NO ₂ -98-Perzentil	65
PM10-Jahresmittel	19
PM2.5-Jahresmittel	14

Tab. 4.2: Hintergrundbelastungswerte im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr (2010/2015)

5 EMISSIONEN

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ und PM₁₀ erreicht, weshalb diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet werden. Zudem werden die PM_{2.5}-Immissionen behandelt. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, SO₂, CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer und werden deshalb hier nicht betrachtet.

5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die PKW, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM₁₀, PM_{2.5}) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

5.1.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) berechnet.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugarten PKW, INfz, LKW und Busse im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),

- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2010) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israël et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100% der Partikelgröße kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

Die Längsneigung der Straßen wird aus Höhenplänen, Lageplänen bzw. digitalen Geländedaten des Untersuchungsgebietes entnommen. Der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW bzw. INfz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in der Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

- IO-HVS50: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
- IO-HVS50d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
- IO-NS30: Innerörtliche Erschließungs- bzw. Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h
- IO-NS30d: Innerörtliche Erschließungs- bzw. Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr,
- IO-NS30g: Innerörtliche Erschließungs- bzw. Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr bzw. Stellplatzzufahrt.

In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2%-Stufen. Die angesetzten Verkehrssituationen sind exemplarisch in **Abb. 5.1** für den Planfall dargestellt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2015							
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO _x		PM10 / PM2.5 (nur Abgase)		PM 10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IO-HVS50	49.0	0.242	3.198	0.0090	0.0360	0.022	0.2	0.0198	0.0595
IO-HVS50_2	49.0	0.254	2.541	0.0091	0.0382	0.022	0.2	0.0198	0.0595
IO-HVS50_4	49.0	0.292	2.602	0.0095	0.0401	0.022	0.2	0.0198	0.0596
IO-HVS50_6	49.0	0.354	3.208	0.0102	0.0455	0.022	0.2	0.0198	0.0595
IO-HVS50d	39.6	0.323	3.904	0.0106	0.0439	0.03	0.3	0.0215	0.0615
IO-HVS50d_2	39.6	0.330	3.107	0.0108	0.0452	0.03	0.3	0.0215	0.0615
IO-HVS50d_4	39.6	0.374	2.972	0.0111	0.0473	0.03	0.3	0.0215	0.0615
IO-NS30	33.6	0.329	4.802	0.0112	0.0610	0.04	0.38	0.0215	0.0615
IO-NS30_2	33.6	0.337	4.389	0.0113	0.0609	0.04	0.38	0.0215	0.0615
IO-NS30_4	33.6	0.372	3.887	0.0120	0.0624	0.04	0.38	0.0215	0.0615
IO-NS30_6	33.6	0.447	4.086	0.0130	0.0659	0.04	0.38	0.0215	0.0615
IO-NS30d	26.5	0.404	5.719	0.0129	0.0808	0.05	0.45	0.0215	0.0615
IO-NS30g	23.1	0.486	6.748	0.0147	0.0800	0.09	0.8	0.0215	0.0615

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015

5.1.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelimmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufriedenstellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

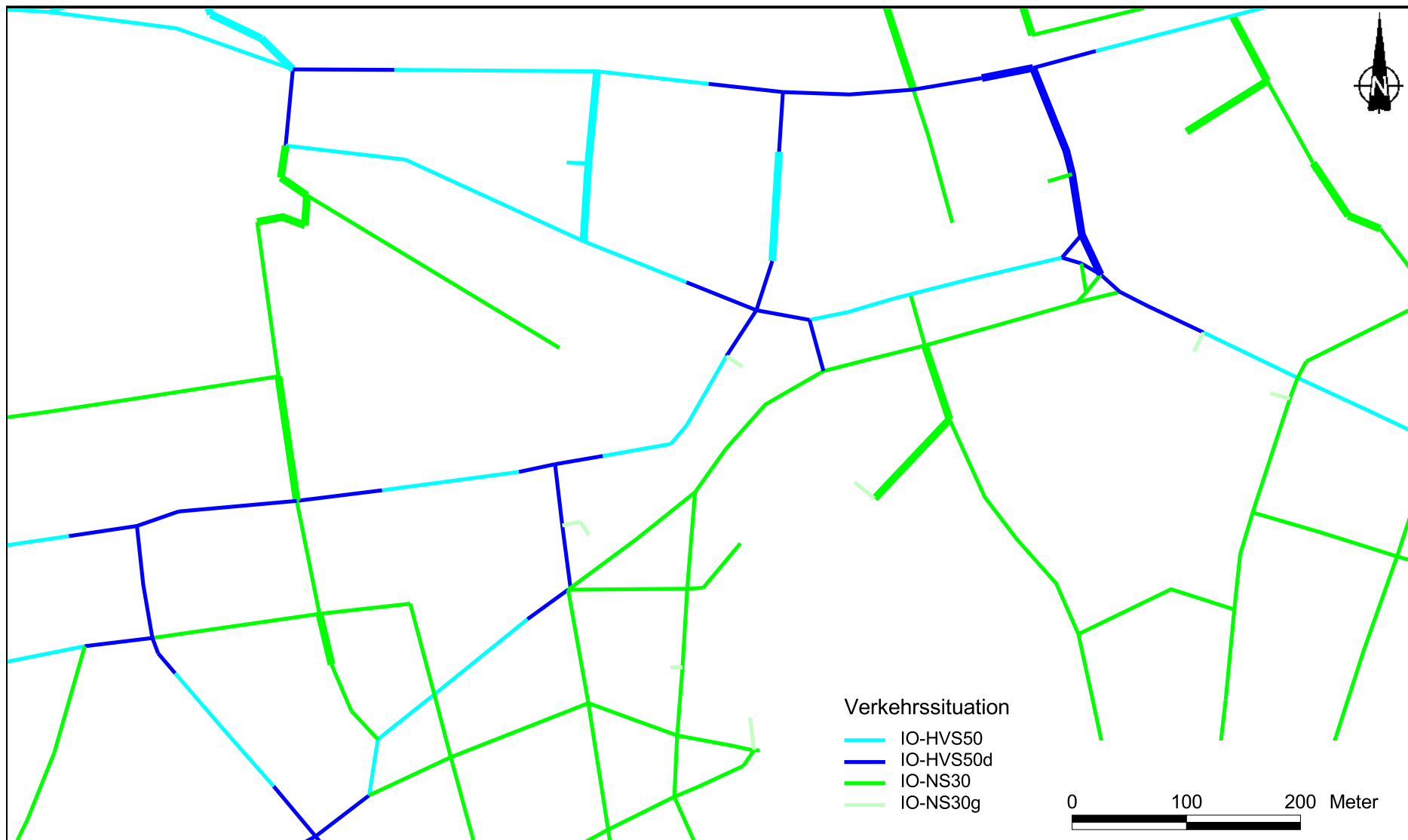


Abb. 5.1: Verkehrssituationen auf dem berücksichtigten Straßennetz im Untersuchungsgebiet.
Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM₁₀-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub in Anlehnung an BAST (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2004) verwendet.

Die nicht motorbedingten PM_{2.5}-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) werden in der vorliegenden Untersuchung entsprechend der im Emission Inventory Guidebook von EMEP/CORINAIR (CORINAIR, 2007) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Eine Differenzierung in verschiedene Straßentypen (z.B. Bundesautobahn oder innerorts) ist durch eine dort angegebene Geschwindigkeitsabhängigkeit (für Reifen und Bremsabrieb) möglich.

Die Resuspension von eingetragenen Straßenstaub gehört entsprechend derzeitigem Kenntnisstand eher der Partikelfraktion zwischen 2,5 µm und 10 µm an und wird deshalb bei der Betrachtung von PM_{2.5} nicht mit berücksichtigt.

Abrieb von Kupplungsbelägen wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da dieser weitestgehend in den Kupplungsgehäusen zurückgehalten wird.

Es sei darauf verwiesen, dass insbesondere die Emissionsfaktoren für Straßenabrieb von den Autoren wegen fehlender systematischer Untersuchungen mit sehr großen Unsicherheiten bewertet werden. Palmgren et al. (2003) setzt z.B. die PM_{2.5}-Straßenabriebsemissionen auf Basis von Untersuchungen von TNO aus dem Jahr 1997 zu Null. Um auf der sicheren Seite zu liegen, werden dennoch Emissionsfaktoren verwendet.

Auf Grundlage der o.a. Datenbasis werden zur Berechnung der PM₁₀- und PM_{2.5}-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in der **Tab. 5.1** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird mit der angesetzten Hintergrundbelastung berücksichtigt, soweit dieser Prozess in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird. Für die kleineren Entfernungen sind die sekundären Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

5.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Im Anhang A3 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ dargestellt.

Tab. 5.2 zeigt exemplarisch für die Pariser Straße östlich der Humboldtstraße die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten.

Straßenabschnitt	DTV [Kfz/24 h]	LKW-(SV)- Anteil [%]	Verkehrssituation	NO_x [mg/(m s)]	PM_{10} [mg/(m s)]	$\text{PM}_{2.5}$ [mg/(m s)]
Analysefall	19 511	4.2	IO-HVS50d	0.097	0.0120	0.0074
Nullfall	22 581	4.3	IO-HVS50d	0.113	0.0140	0.0086
Planfall	22 775	4.1	IO-HVS50d	0.112	0.0140	0.0086

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Pariser Straße östlich der Humboldtstraße

5.3 Emissionen des ruhenden Verkehrs

Auf dem bestehenden Parkplatz und innerhalb des geplanten Parkhauses werden durch das An- und Abfahren der Stellplätze sowie durch Rangier- und Startvorgänge verkehrsbedingte Emissionen freigesetzt. Mit den Emissionsfaktoren für das Prognosejahr 2015 aus der PC-gestützten Datenbank werden die Emissionen pro Tag für Stellplätze in der geplanten Stellplatzanlage ermittelt. Die Anzahl der Fahrzeuge pro Tag wird entsprechend den Angaben aus dem Verkehrsgutachten für die Zu- und Ausfahrten angesetzt. Die in den Stellplatzanlagen zurückgelegten mittleren Fahrwegelängen wurden anhand der Lagepläne abgeschätzt und mit entsprechenden Angaben in der Literatur (Richter et al., 1997) verglichen. Für das geplante Parkhaus werden die Fahrten in der Spindel und für zwei Stockwerke betrachtet.

Auf der Zufahrt wird ein stockender Verkehrsfluss mit warmen Motoren angenommen. Auf der Ausfahrt wird dasselbe Fahrverhalten wie in der Stellplatzanlage unter Berücksichtigung eines Kaltstartanteils angenommen. Damit liegt die Emissionsbestimmung eher auf der sicheren Seite, da nicht während des gesamten Tages ein stockender Verkehrsfluss auf der Zu- und Ausfahrt zu erwarten ist und teilweise die Ausfahrten mit warmem Motor erfolgen.

Tab. 5.3 zeigt eine Aufstellung der mit der Nutzung der Stellplatzanlagen verbundenen mittleren täglichen Emissionen. Darin sind die Beiträge durch die Zu- und Abfahrt, Rampenfahrten, Rangiermanöver und die Startvorgänge zusammengefasst.

Parkbauten	NO_x [g/Tag]	PM10 [g/Tag]	P2.5 [g/Tag]
Bestehender Parkplatz	73.7	10.4	6.2
Geplantes Parkhaus	1296.4	63.9	48.8

Tab. 5.3: Mittlere Gesamtemissionen des ruhenden Verkehrs in den Stellplatzanlagen für das Prognosejahr 2015 in [g/Tag]

Für das geplante Parkhaus wird angesetzt, dass die Entlüftung der Spindel und der Parkdecks über die Gebäudeseiten entsprechend einer natürlichen Be- und Entlüftung erfolgt.

6 ERGEBNISSE DER WINDFELDBERECHNUNGEN

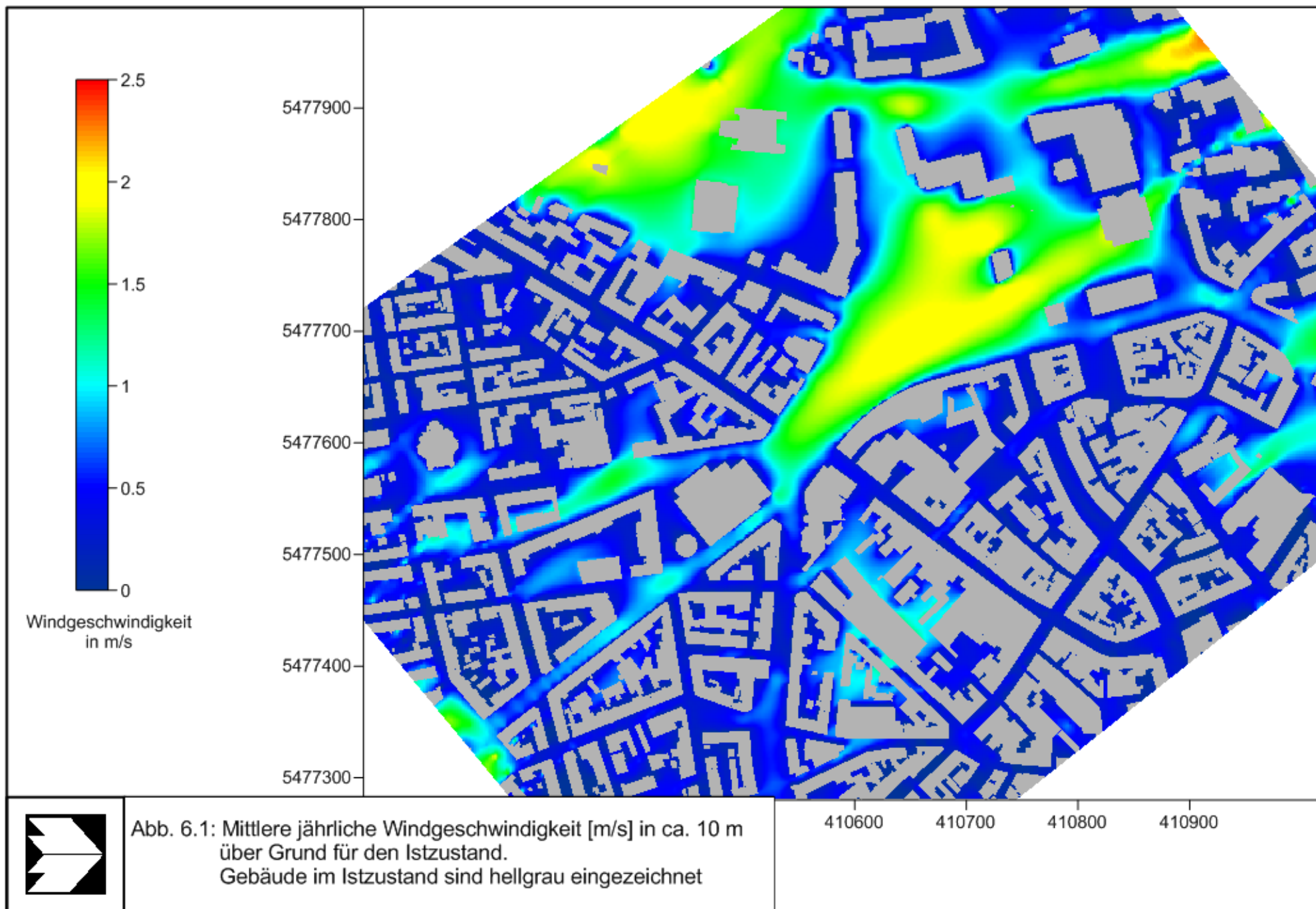
Da für die Berechnungen der Luftschadstoffkonzentrationen wie in Kap. 3.1 beschrieben hier die Gebäudeumströmungen berücksichtigt werden, wird in diesen Ausführungen eine Auswertung der Windfelder durchgeführt und folgend beschrieben.

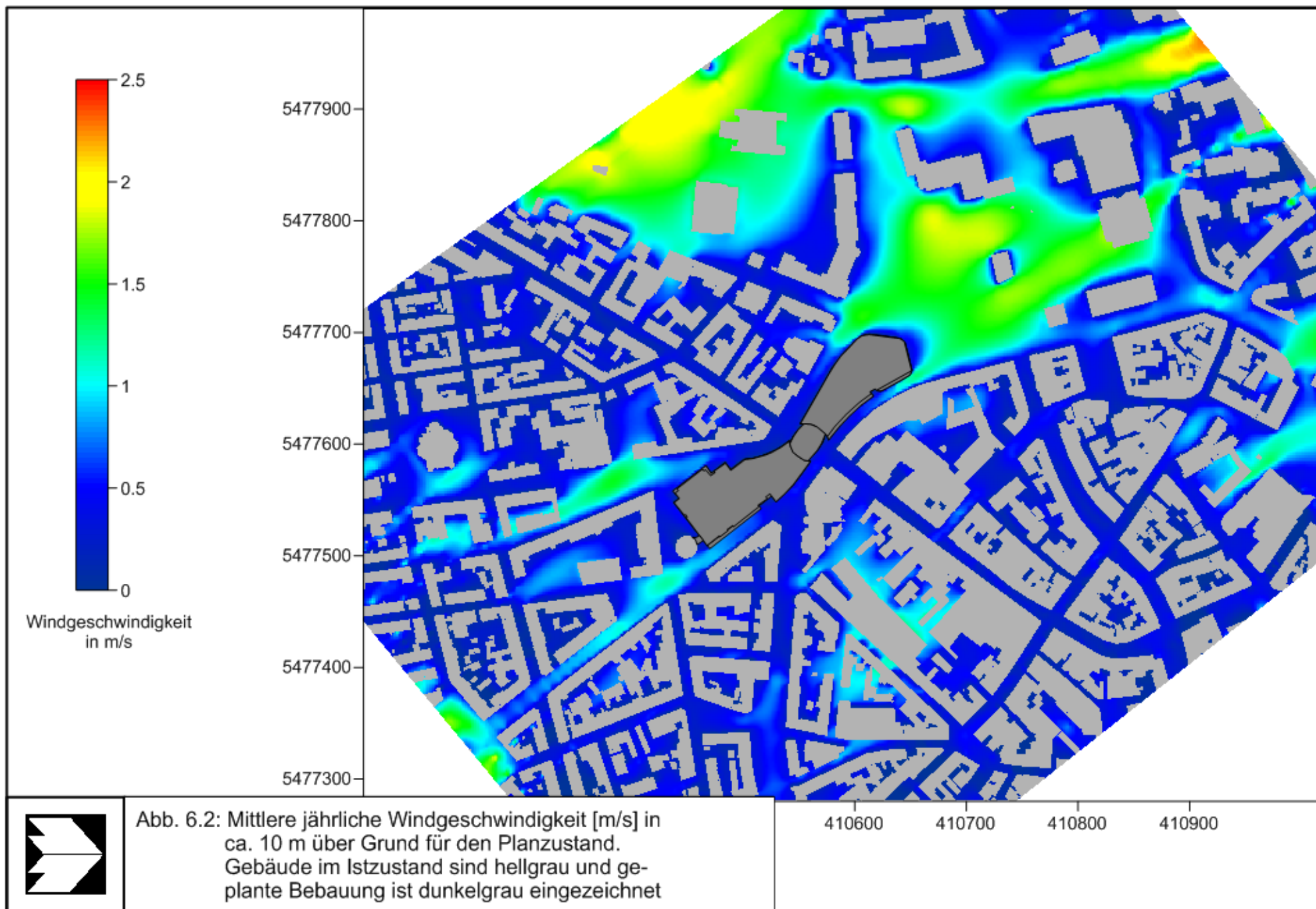
Mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM wurden Strömungsrechnungen für alle Windrichtungen in 10 Grad-Schritten für den derzeitigen Bebauungszustand, der auch dem baulichen Prognosenullfall entspricht, und einen Planfall durchgeführt. Unter Verwendung der Häufigkeiten der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen der Messdaten der nächstgelegenen Station werden die mittleren Windgeschwindigkeiten für jede Box im Rechengitter berechnet. Die Ausgabe erfolgt für 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 Messhöhen verfügbarer Windmessdaten an.

Abb. 6.1 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit für die Höhenschicht von 10 m über Grund im Istzustand, der auch den baulichen Gegebenheiten des Prognosenullfalls entspricht; die berechneten Angaben (in m/s) sind einer Farbskala zugeordnet. Die Farbskala wurde so gewählt, dass sowohl die maximal als auch die minimal berechneten mittleren Windgeschwindigkeiten einer Höhenschicht enthalten sind und die gemessene Windgeschwindigkeit an der Messstation am Rathausplatz mit gelber Farbe dargestellt ist. Niedrige mittlere Windgeschwindigkeiten werden durch Grün- und Blautöne, höhere Windgeschwindigkeiten durch rote Farbtöne symbolisiert. Die geringsten Windgeschwindigkeiten sind in der Farbskala mit dunkelblauer Farbe belegt. Die bestehende Bebauung ist in den Abbildungen in grauer Farbe und die geplante Bebauung in dunkelgrauer Farbe dargestellt.

Die in **Abb. 6.1** dargestellten Ergebnisse in ca. 10 m über Grund zeigen die Beeinflussungen der mittleren Windgeschwindigkeiten durch die bestehenden Gebäude im Istzustand. Über zusammenhängenden größeren, nicht bebauten Bereichen, wie breiten Straßenräumen oder Freiflächen in der Umgebung des Rathausplatzes, werden mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 2 m/s berechnet; das entspricht den Messdaten der Station am Rathausplatz. In etwas breiteren Straßenräumen mit Randbebauung und einer Orientierung entsprechend der Hauptwindrichtung sind im Stadtgebiet von Kaiserslautern mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 1 m/s und 2 m/s berechnet. In Hofbereichen und schmalen Straßenabschnitten sind überwiegend mittlere Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s berechnet.

In **Abb. 6.2** sind die berechneten mittleren Windgeschwindigkeiten in ca. 10 m über Grund für den Planfall mit einem zusätzlichen Gebäude über dem bestehenden Parkplatz aufge-





zeigt. In der direkten Umgebung des geplanten Gebäudes sind in den angrenzenden Straßenräumen überwiegend Windgeschwindigkeiten unter 1 m/s berechnet; über den nicht bebauten angrenzenden Flächen sind mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 1 m/s und unter 2 m/s berechnet. In größeren Abständen von der geplanten Bebauung sind keine wesentlichen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeiten aus der grafischen Darstellung abzulesen.

Dies wird verdeutlicht durch die Darstellung in **Abb. 6.3**, in der die relativen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeiten im Planfall gegenüber dem Istzustand für den Höhenbereich von ca. 10 m über Grund aufgetragen sind. Dafür wird die Differenz der Windgeschwindigkeiten zwischen dem Planfall und dem Istzustand bezogen auf den Istzustand berechnet und als prozentuale Änderung angegeben. Die Farbskala reicht von blauen über weiße bis zu roten Farbtönen. Bereiche mit Windgeschwindigkeitsreduktionen gegenüber dem Istzustand werden entsprechend der prozentualen Abweichung unterschiedlich intensiv blau dargestellt. Gleichbleibende Windgeschwindigkeiten sind mit weißer Farbe gekennzeichnet und Bereiche mit Windgeschwindigkeitserhöhungen werden in unterschiedlichen Rottönen angegeben. Bei der Interpretation dieser Abbildung ist zu berücksichtigen, dass schon im Istzustand keine einheitlichen bodennahen Windgeschwindigkeiten vorherrschen. In Gebieten mit geringen Windgeschwindigkeiten wirken sich deshalb schon geringe Änderungen deutlich auf das prozentuale Verhältnis aus und erhalten folglich eine intensivere Einfärbung. Bei hohen Ausgangs-Windgeschwindigkeiten muss dagegen die absolute Windgeschwindigkeitsänderung im Planzustand wesentlich höher ausfallen, um mit der gleichen Farbintensität dargestellt zu werden. Dies bedeutet, dass bei der Interpretation der Differenzdarstellungen auch immer die strömungsdynamische Ausgangssituation zu berücksichtigen ist.

Danach sind verbunden mit der Planung in der direkten Umgebung des geplanten Gebäudes deutliche Auswirkungen auf die mittleren Windgeschwindigkeiten in dieser Höhe zu erwarten. Direkt nördlich und südlich der Planung wird der Straßenraum durch die beidseitige dichte Bebauung deutlich eingeeengt und führt dort zu Verringerungen der mittleren Windgeschwindigkeit; diese Bereiche erstrecken sich auch bis ca. 150 m in die angrenzenden nicht bebauten Bereiche wie Straßen oder Hofflächen. Westlich des geplanten Gebäudes sind nur geringe Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeiten berechnet; dort wird die Form des bestehenden Gebäudes nicht wesentlich geändert. Östlich der geplanten Bebauung erstreckt sich der Bereich mit Geschwindigkeitsverringerungen bis in einen Abstand von nahezu 300 m über den bislang nicht bebauten Flächen. An den Engstellen, die an der östlichen Seite durch die geplante und bestehende Bebauung gebildet werden, zeichnen sich teilweise leichte Erhöhungen der mittleren Windgeschwindigkeiten ab.

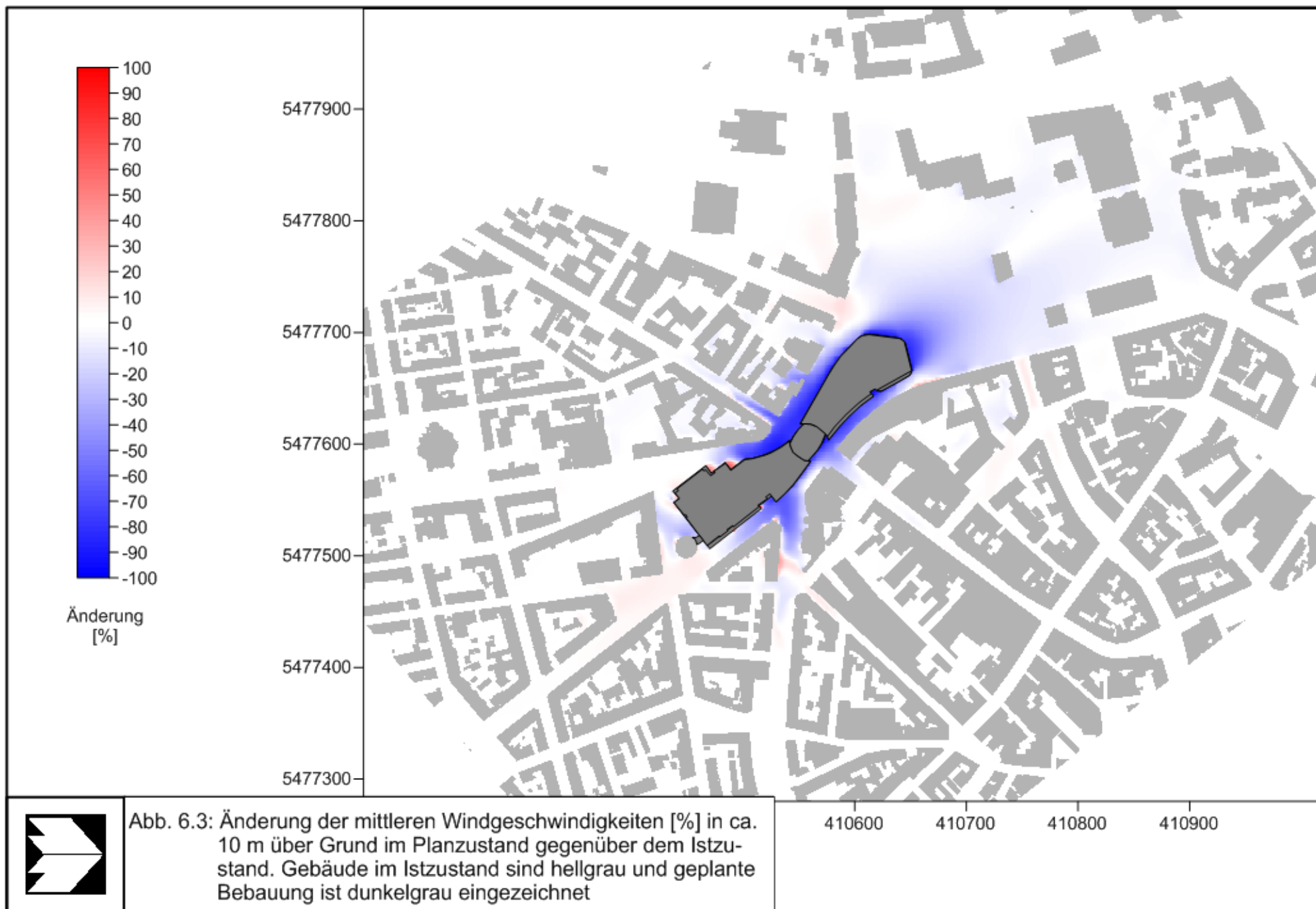


Abb. 6.4 zeigt die mittlere Windgeschwindigkeit in Bodennähe, d.h. in ca. 1.5 m über Grund im Istzustand. Die Farbskala weicht von der oben beschriebenen ab, um auch hier die ortsbezogenen Windgeschwindigkeiten darzustellen. Die Farbskala wurde so gewählt, dass sowohl die maximal als auch die minimal berechneten mittleren Windgeschwindigkeiten einer Höhenschicht enthalten sind und die Windgeschwindigkeit über der Freifläche an der Messstation am Rathausplatz mit gelber Farbe dargestellt ist. Niedrige mittlere Windgeschwindigkeiten werden durch Grün- und Blautöne, höhere Windgeschwindigkeiten durch rote Farbtöne symbolisiert. Die geringsten Windgeschwindigkeiten sind in der Farbskala mit dunkelblauer Farbe belegt. Die bestehende Bebauung ist in den Abbildungen in grauer Farbe und die geplante Bebauung in dunkelgrauer Farbe dargestellt.

Die in **Abb. 6.4** dargestellten Ergebnisse in Bodennähe zeigen die Beeinflussungen der mittleren Windgeschwindigkeiten durch die bestehenden Gebäude im Istzustand, wobei an einigen Engstellen durch die Gebäudeumströmungen auch höhere mittlere Windgeschwindigkeiten gegenüber der Freifläche am Rathausplatz berechnet sind. Über zusammenhängenden größeren, nicht bebauten Bereichen, wie breiten Straßenräumen oder Freiflächen in der Umgebung des Rathausplatzes, werden mittlere Strömungsgeschwindigkeiten bis 1.5 m/s berechnet. In etwas breiteren Straßenräumen mit Randbebauung und einer Orientierung entsprechend der Hauptwindrichtung sowie bei Abschnitten mit Lücken zwischen der Bebauung sind im Stadtgebiet von Kaiserslautern mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 0.5 m/s und 1.5 m/s berechnet. In Hofbereichen und schmalen Straßenabschnitten sind überwiegend mittlere Windgeschwindigkeiten unter 0.5 m/s berechnet.

In **Abb. 6.5** sind die berechneten mittleren Windgeschwindigkeiten in Bodennähe für den Planfall mit einem zusätzlichen Gebäude über dem bestehenden Parkplatz aufgezeigt. Auch in Bodennähe sind in der direkten Umgebung des geplanten Gebäudes in den angrenzenden Straßenräumen überwiegend geringe Windgeschwindigkeiten berechnet, die überwiegend unter 0.5 m/s betragen. Dort wirken sich kleinräumig teilweise die Gebäudeumströmungen aus in Form von etwas höheren mittleren Windgeschwindigkeiten. Das trifft z.B. am östlichen Rand der geplanten Bebauung zu, da dort bei östlicher Anströmung durch die Straßenraumverengung bodennah die Windgeschwindigkeiten erhöht werden; damit sind jedoch nicht erhöhte Böigkeiten verbunden. Über den nicht bebauten angrenzenden Flächen sind mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 0.5 m/s und unter 1.5 m/s berechnet. In größeren Abständen von der geplanten Bebauung sind keine wesentlichen Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeiten aus der grafischen Darstellung abzulesen.

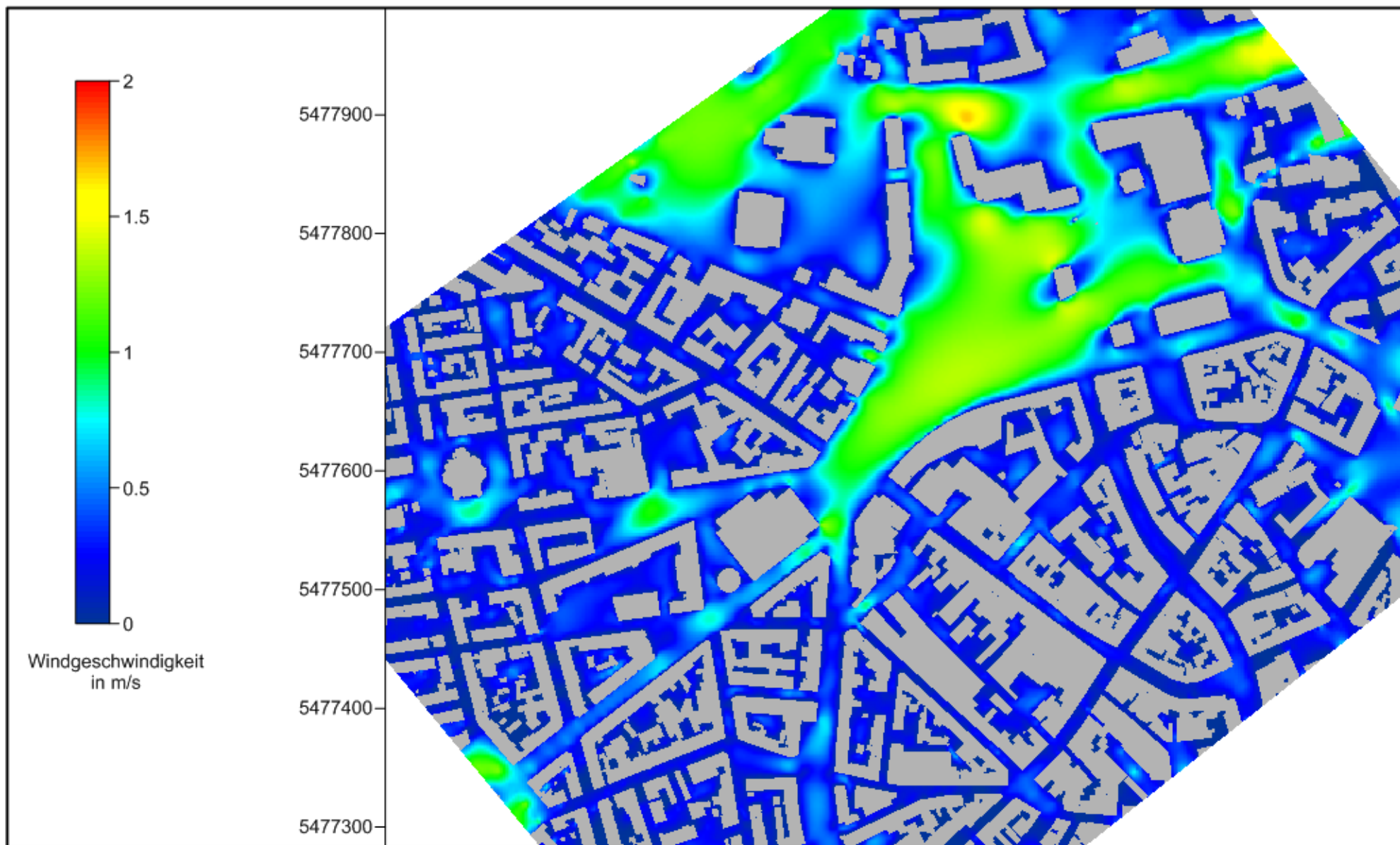
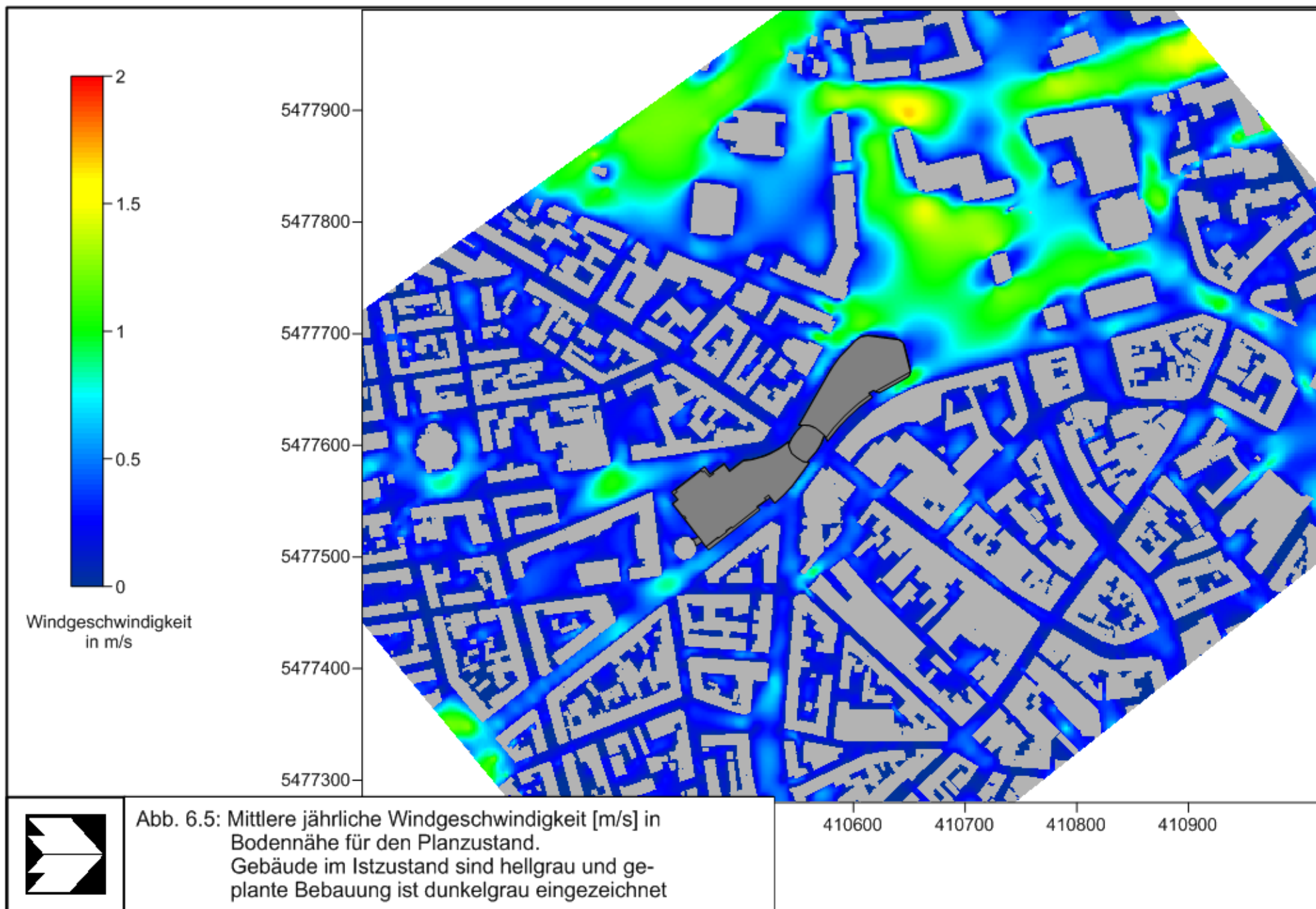


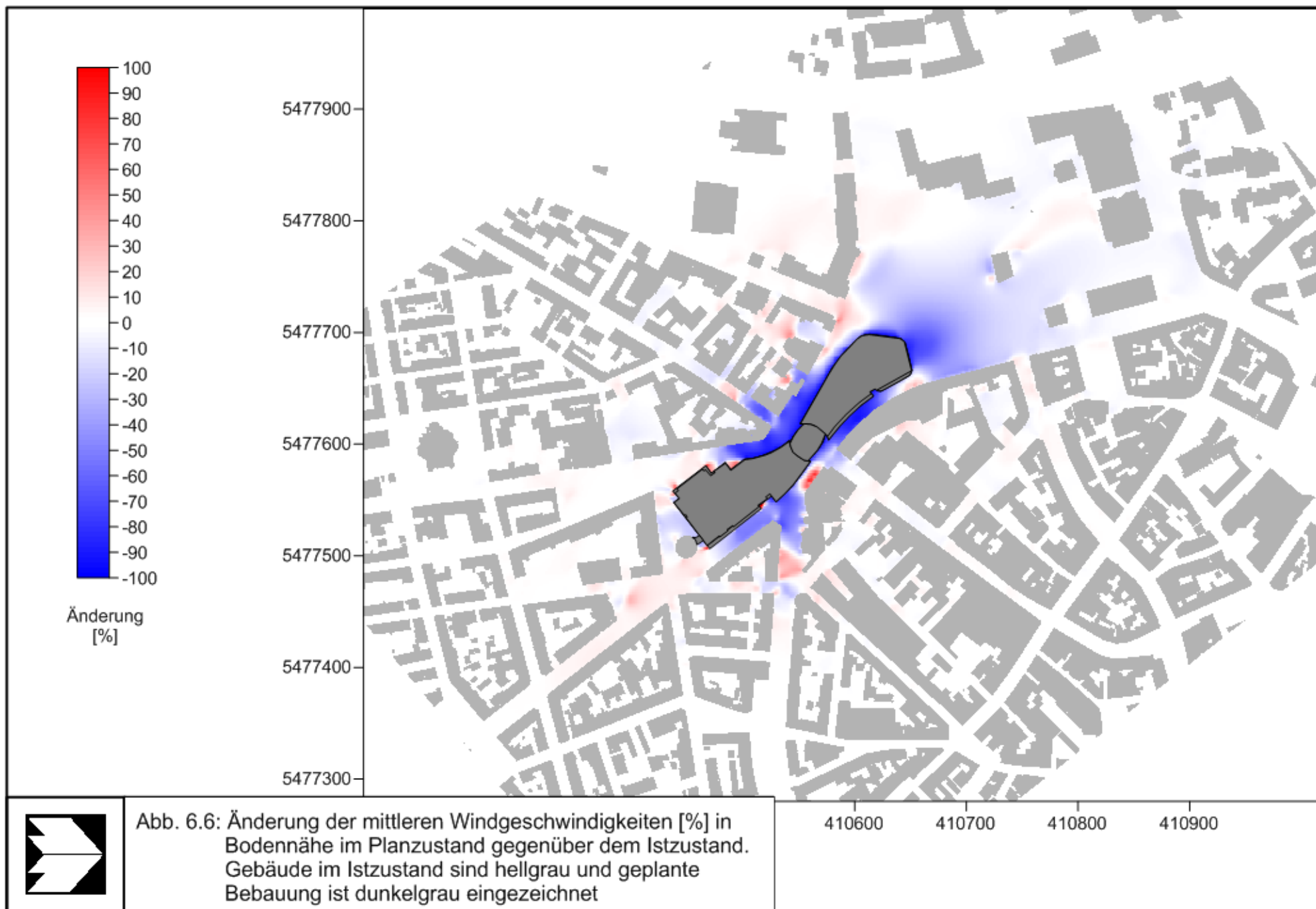
Abb. 6.4: Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit [m/s] in Bodennähe für den Istzustand.
Gebäude im Istzustand sind hellgrau eingezeichnet

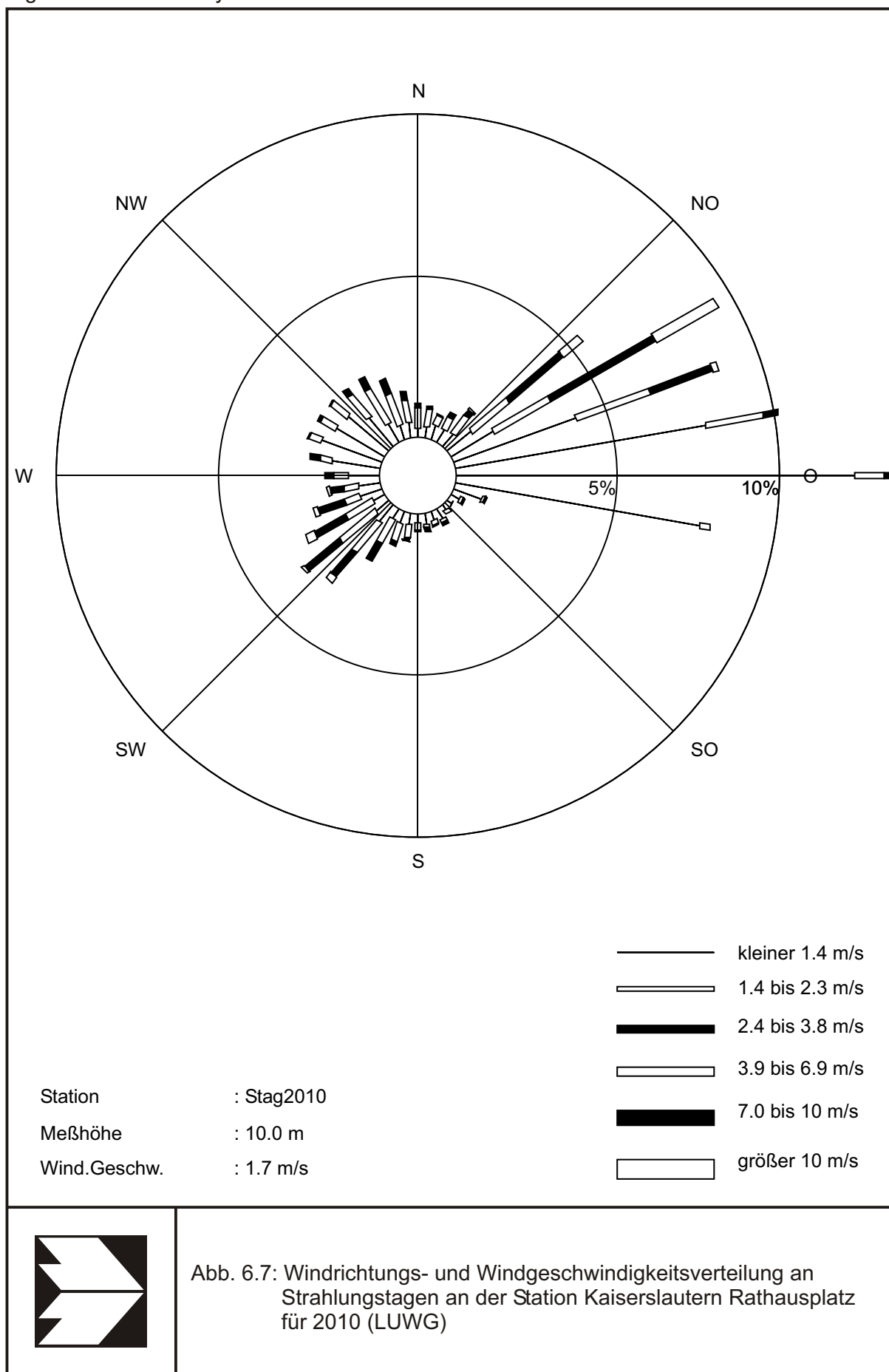


In **Abb. 6.6** ist die relative Änderung der mittleren Windgeschwindigkeiten in Bodennähe im Planfall gegenüber dem Istzustand dargestellt. Danach sind verbunden mit der Planung in der direkten Umgebung des geplanten Gebäudes deutliche Auswirkungen auf die mittleren Windgeschwindigkeiten in dieser Höhe zu erwarten. Direkt nördlich und südlich der Planung wird der Straßenraum durch die beidseitige dichte Bebauung deutlich eingeengt und führt dort überwiegend zu Verringerungen der mittleren Windgeschwindigkeit, wobei an einigen Engstellen oder Gebäudeecken auch relative Zunahmen aus den Berechnungen zu entnehmen sind; diese Bereiche erstrecken sich auch bis ca. 150 m in die angrenzenden nicht bebauten Bereiche wie Straßen oder Hofflächen. Westlich des geplanten Gebäudes sind nur geringe Änderungen der mittleren Windgeschwindigkeiten berechnet; dort wechseln sich kleinräumig Bereiche mit geringen Zu- und Abnahmen ab. Östlich der geplanten Bebauung erstreckt sich der Bereich mit Geschwindigkeitsverringerungen bis in einen Abstand von ca. 300 m über den bislang nicht bebauten Flächen. An den Engstellen, die an der östlichen Seite durch die geplante und bestehende Bebauung gebildet werden, zeichnen sich teilweise leichte Erhöhungen der mittleren Windgeschwindigkeiten ab.

Bezogen auf die mittleren Windgeschwindigkeiten beschränken sich die Bereiche mit deutlichen Änderungen durch die Planung auf einen Abstand deutlich unter 100 m der geplanten Bebauung. Geringe Einschränkungen können bis in einen Abstand von ca. 300 m erwartet werden und sind vor allem mit den Hauptwindrichtungen verbunden, d.h. in östlicher und nordöstlicher Richtung. Der in einer Orientierung von Nordwesten nach Südosten verlaufende schmale Straßenzug der Fackel- und Mühlstraße übernimmt entsprechend den Berechnungen keine Funktion einer Ventilationsbahn. Aus den Windfeldberechnungen ist abzuleiten, dass wesentliche Änderungen der Durchlüftungsverhältnisse des bebauten Stadtgebietes von Kaiserslautern nicht zu erwarten sind und deutliche Änderungen bzw. Einschränkungen auf den direkten Nahbereich des Bebauungsplangebietes begrenzt sind.

Ergänzend wurden die Messdaten der Station Kaiserslautern Rathausplatz (LUWG) im Hinblick auf so genannte Strahlungstage ausgewertet, in denen sich lokale, thermisch induzierte Windverhältnisse mit den Kaltluftströmungen ausbilden können. In **Abb. 6.7** ist eine Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen exemplarisch für das Jahr 2010 dargestellt. Aus der Zeitreihe der Strahlungsdaten und Windgeschwindigkeiten wurden die Tage selektiert, an denen mehrstündige intensive Einstrahlungsverhältnisse vorherrschen und in denen in den darauf folgenden Abend- und Nachtstunden keine hohen Windge-





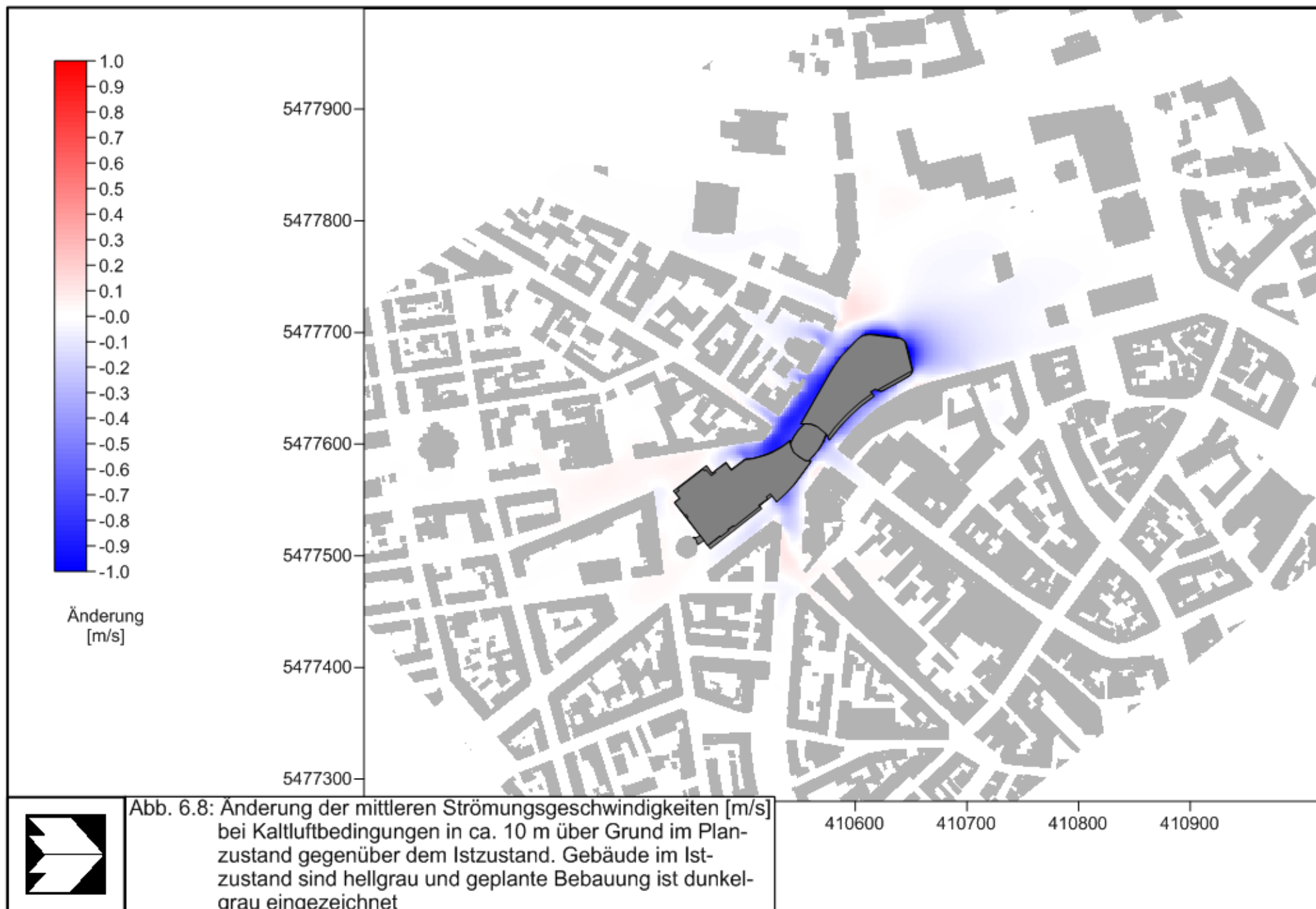
schwindigkeiten erfasst wurden. Die Windrose für die Strahlungstage zeigt sehr hohe Häufigkeiten mit geringen Windgeschwindigkeiten aus östlicher Richtung (70 Grad bis 100 Grad), die durch nächtliche Kaltluftströmungen verursacht werden.

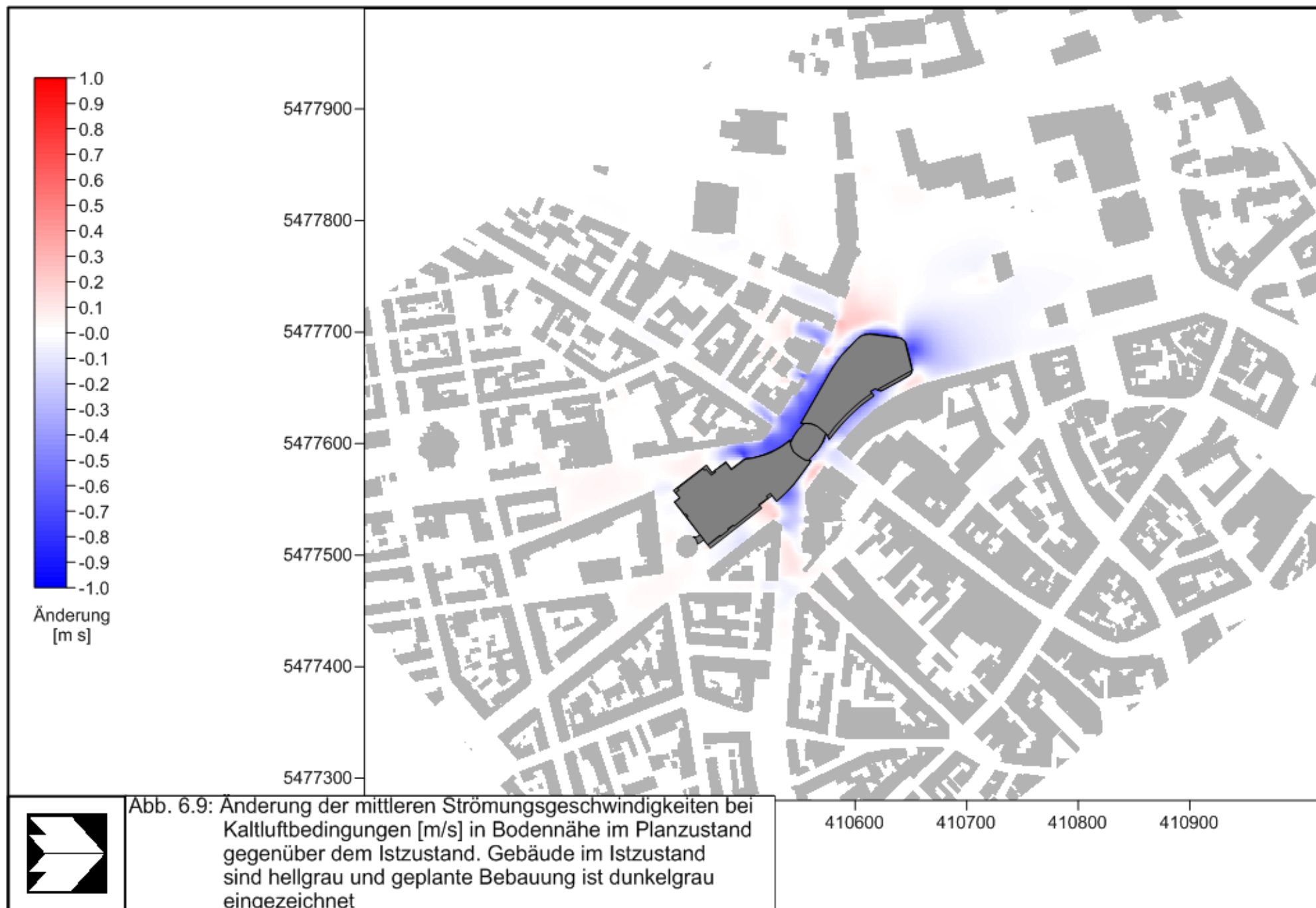
Die Gesamtstädtische Klimaanalyse Kaiserslautern (GEO-NET, 2009) befasst sich ausführlich mit den lokalklimatischen Verhältnissen an Strahlungstagen. Für den Innenstadtbereich und den Standort der Luftmessstation am Rathausplatz werden in den ausgearbeiteten Fachkarten keine detaillierten Angaben für die Kaltluftströmungen und Durchlüftungsverhältnisse ausgewiesen; aus den Strömungsdarstellungen in der Umgebung ist abzuleiten, dass entlang der Talausrichtung eine talparallele, thermisch induzierte lokale Windströmung berechnet ist und diese im östlichen Stadtgebiet eine Orientierung nach Westen aufweist. Das weist eine gewisse Übereinstimmung mit den oben beschriebenen, messtechnisch erfassten Windverhältnissen an der Messstation am Rathausplatz auf.

Für die vorliegende Untersuchung wurden auch die berechneten Windfelder für Anströmungen aus östlicher Richtung bei geringen Windgeschwindigkeiten ausgewertet. Die Messdaten geben für diese selektierten Kaltluftströmungen aus dem östlichen Bereich eine mittlere Windgeschwindigkeit von 1.1 m/s in der Messhöhe an. Damit sind im gesamten Rechengebiet in den Bereichen mit Bebauung sehr geringe Strömungsgeschwindigkeiten berechnet.

In **Abb. 6.8** ist die Änderung der Strömungsgeschwindigkeit im Planfall gegenüber dem baulichen Istzustand ausgedrückt in m/s für die Anströmverhältnisse bei Kaltluftströmungen dargestellt. In den Straßenräumen direkt an dem geplanten Gebäude werden die Strömungsgeschwindigkeiten verringert; diese Bereiche reichen in westlicher Richtung bis in einen Abstand von ca. 100 m in die Freiräume der bebauten Bereiche, wobei dort die Windgeschwindigkeiten überwiegend wenig verringert werden. Östlich der geplanten Bebauung erstreckt sich ein Bereich unter 150 m Abstand mit Verringerungen der Strömungsgeschwindigkeiten durch das Aufstauen vor dem geplanten Gebäude. Direkt nördlich des geplanten Gebäudes führt dessen Umströmung zu einer leichten Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten bei östlicher Anströmung.

Die Änderung der Strömungsgeschwindigkeit in Bodennähe im Planfall gegenüber dem baulichen Istzustand ist in **Abb. 6.9** aufgezeigt. Im Nahbereich der geplanten Bebauung dominieren in den Straßen- und Freiräumen Verringerungen der Strömungsgeschwindigkeiten. An einigen Engpässen, wie am östlichen Ende der geplanten Bebauung, sind an den Engstellen bodennah etwas höhere Strömungsgeschwindigkeiten dargestellt.





Insgesamt ist festzuhalten, dass bei Kaltluftbedingungen, insbesondere nach mehrstündiger Andauer der Kaltluftbedingungen, an der Messstation am Rathausplatz in Kaiserslautern Strömungen aus östlicher Richtung mit geringen Geschwindigkeiten erfasst werden. Diese sind mit einer talparallelen, mehreren Dekametern mächtigen Kaltluftströmung verbunden. Bei dieser Anströmsituation führt die geplante Bebauung in deren direkter Umgebung zu Verringerungen der Strömungsgeschwindigkeiten; geringe Verringerungen können entsprechend den Berechnungen bis in einen Abstand unter 150 m erwartet werden. Eine wesentliche und weiträumige Einschränkung der Kaltluftströmung ist durch die Planung nicht zu erwarten.

Die Fläche des Bebauungsplangebietes „Maxstraße - Pariser Straße - Humboldtstraße - Königstraße“ weist derzeit künstliche Oberflächen auf bestehend aus Gebäudeteilen, Stellplatzanlagen und befestigte Wege. Diese Oberflächen weisen ein vergleichbares thermisches Verhalten bei Sonneneinstrahlung auf wie die geplante Nutzung. Wesentliche Auswirkungen der Planungen auf die bodennahen Lufttemperaturen sind demnach nicht zu erwarten.

7 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN

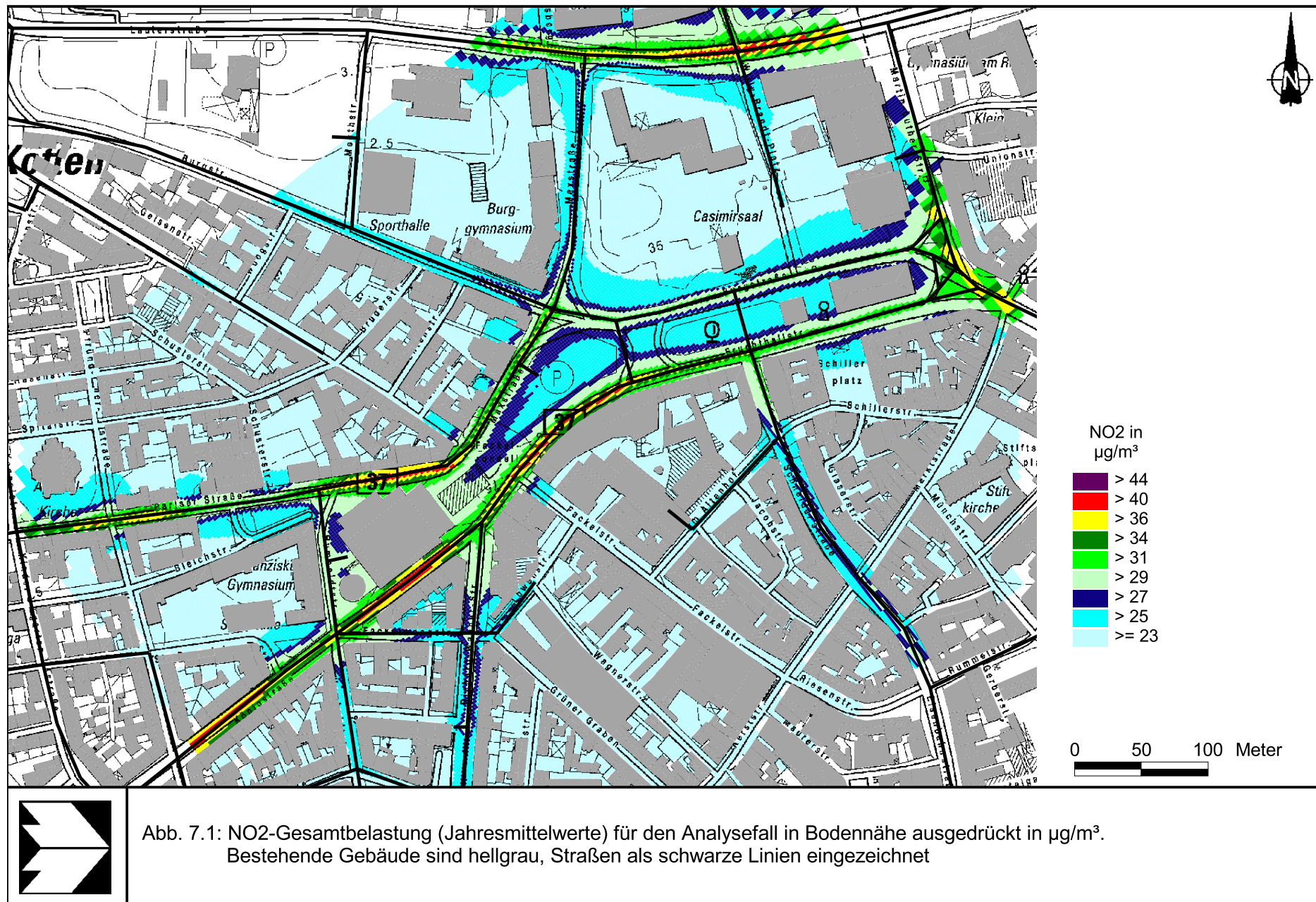
In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen und innerhalb der Stellplatzanlagen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für Kaiserslautern repräsentativen Windstatistik berechnet wird. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden derzeit geltende Grenzwerte mit gelben bis violetten Farben belegt.

Die Abbildungen zeigen die ermittelten Immissionskenngrößen für das Bezugsjahr 2015 für den Nullfall und den Planfall. Es wird jeweils die Gesamtbelastung von NO₂ und Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5}) dargestellt und diskutiert.

7.1 Stickstoffdioxidimmissionen

Die **Abb. 7.1** zeigt die berechneten NO₂-Immissionen für den **Analysefall** in Bodennähe. Die intensivsten NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) sind in den Straßenräumen im Zuge der B 37 (Königstraße, Pariser Straße, Maxstraße, Fruchthallstraße, Spittelstraße) sowie an der L 395 (Lauterstraße, Ludwigstraße) ausgewiesen. In direkter Umgebung des Bebauungsplangebietes sind an der Königstraße, Maxstraße, Pariser Straße und Fruchthallstraße an der Randbebauung NO₂-Immissionen unter 40 µg/m³ berechnet. An der Königstraße sind an der Randbebauung NO₂-Immissionen bis 40 µg/m³, an der Fruchthallstraße bis 37 µg/m³, an der Maxstraße gegenüber der Parkplatzzufahrt bis 37 µg/m³, an der Randbebauung der Humboldtstraße unter 31 µg/m³ berechnet. An der von den Hauptverkehrsstraßen abgewandten Bebauung sind NO₂-Immissionen unter 29 µg/m³ prognostiziert. Damit sind die NO₂-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von 40 µg/m³ an der Bebauung im Erdge-

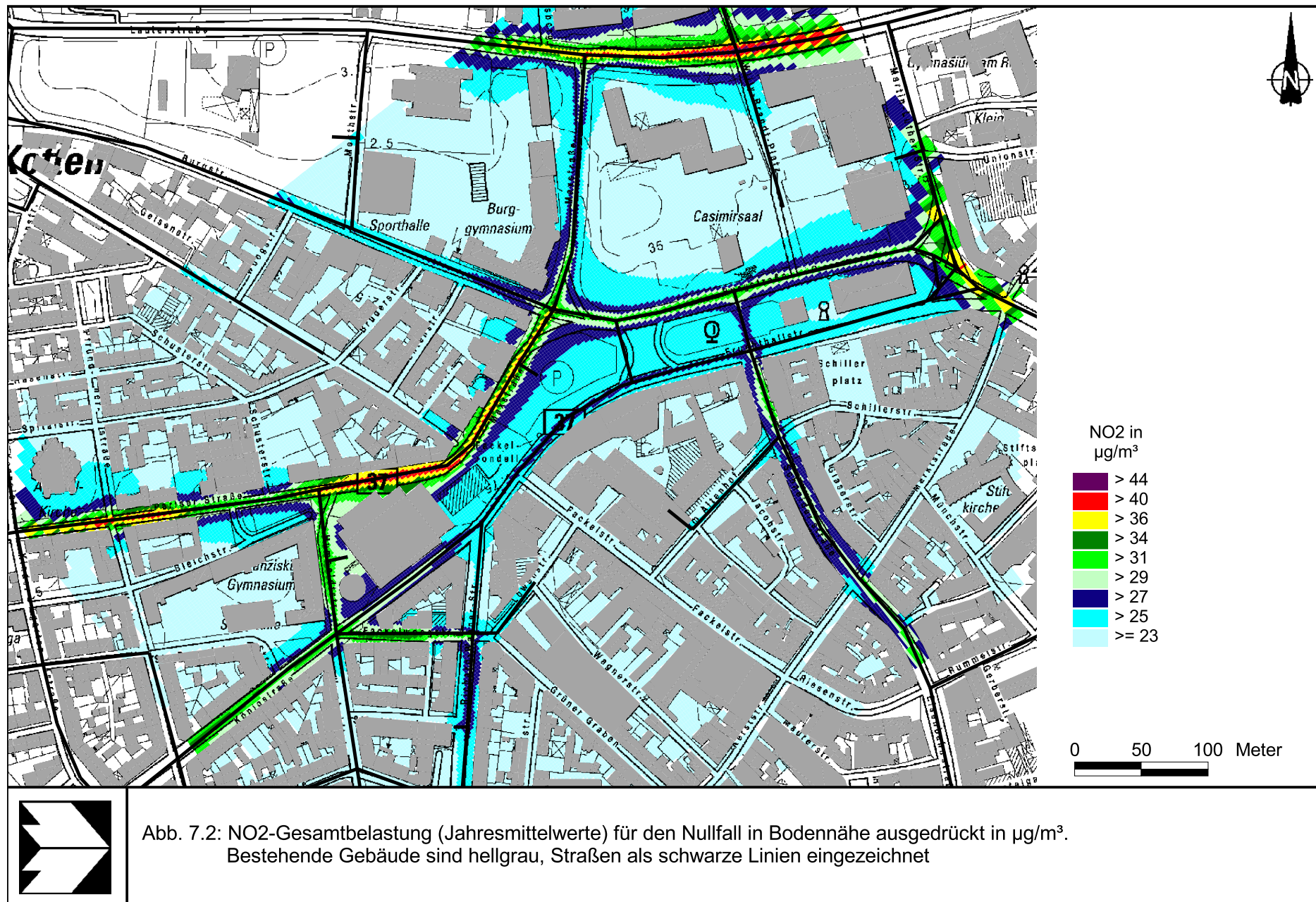


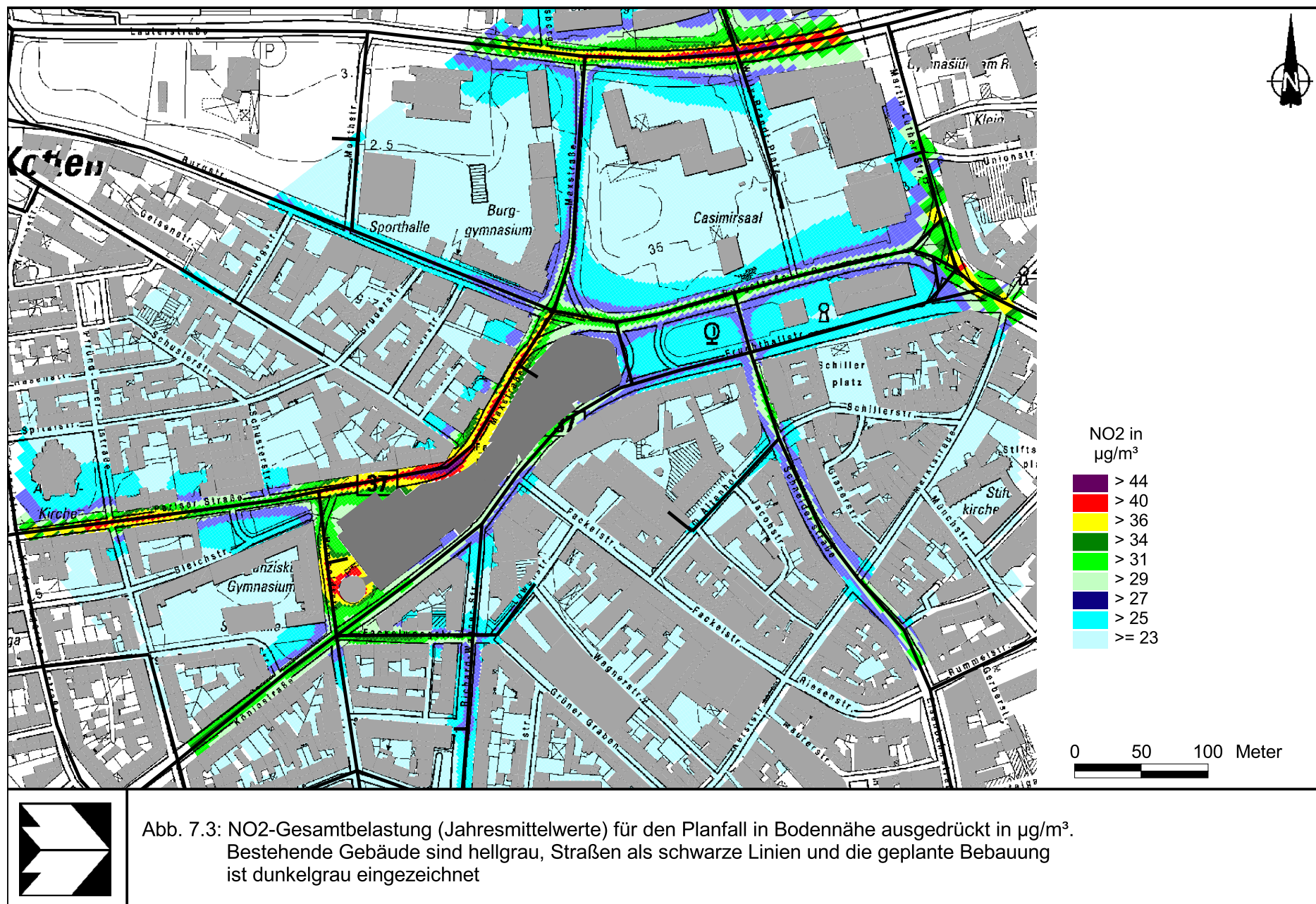
schoß im **Analysefall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere, an den Hauptverkehrsstraßen als erhöhte bis hohe Belastungen zu bezeichnen.

Die **Abb. 7.2** zeigt die berechneten NO₂-Immissionen für den **Nullfall** in Bodennähe. Die intensivsten NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) sind in den Straßenräumen im Zuge der B 37 (Pariser Straße, Maxstraße, Spittelstraße) sowie an der L 395 (Lauterstraße, Ludwigstraße) ausgewiesen. In direkter Umgebung des Bebauungsplangebietes sind an der Maxstraße und Pariser Straße an der Randbebauung NO₂-Immissionen unter 40 µg/m³ berechnet. An der Maxstraße sind gegenüber der Parkplatzzufahrt an der Randbebauung NO₂-Immissionen bis 36 µg/m³, an der Randbebauung der Humboldtstraße unter 34 µg/m³ und an der Randbebauung der Königstraße unter 34 µg/m³ berechnet. An der von den Hauptverkehrsstraßen abgewandten Bebauung sind NO₂-Immissionen unter 29 µg/m³ prognostiziert. Damit sind die NO₂-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von 40 µg/m³ an der Bebauung im Erdgeschoss im **Nullfall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere, an den Hauptverkehrsstraßen als erhöhte bis hohe Belastungen zu bezeichnen.

Für den **Planfall** sind die berechneten NO₂-Immissionen in Bodennähe in **Abb. 7.3** dargestellt. In direkter Umgebung der geplanten Bebauung sind aufgrund der durch den Baukörper geänderten Windverhältnisse und Verkehrsbelegungen an der Pariser Straße, der Maxstraße und der Humboldtstraße höhere NO₂-Immissionen berechnet. An der bestehenden Bebauung der Maxstraße sind in dem Abschnitt zwischen Humboldtstraße und Mühlstraße NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ prognostiziert, in dem Abschnitt zwischen Mühlstraße und Burgstraße bis 40 µg/m³. An der Randbebauung der Humboldtstraße sind mit Berücksichtigung der Parkhauszufahrt NO₂-Immissionen unter 40 µg/m³ berechnet. Damit sind die NO₂-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von 40 µg/m³ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im **Planfall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere bis hohe Belastungen, in einem Abschnitt der Maxstraße als geringfügige Überschreitungen zu bezeichnen, wobei dort derzeit im Erdgeschoss keine Wohnnutzungen vorliegen. Die Grenzwerte der 39. BImSchV beziehen sich auf Bereiche, die der Öffentlichkeit zugänglich sind und dem langfristigen Aufenthalt dienen, wie insbesondere Wohnnutzungen; Arbeitsstätten sind von der Beurteilung ausgeschlossen. In den anderen Bereichen ändert sich an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen die Beurteilung der NO₂-Immissionen im Planfall nicht gegenüber dem Nullfall.

Ergänzend werden die NO₂-Immissionen für die Höhe des ersten Obergeschosses dargestellt. Für den **Nullfall** sind sie in **Abb. 7.4** aufgezeigt und weisen auch an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen NO₂-Immissionen unter 36 µg/m³ aus. Im **Planfall** (**Abb. 7.5**)





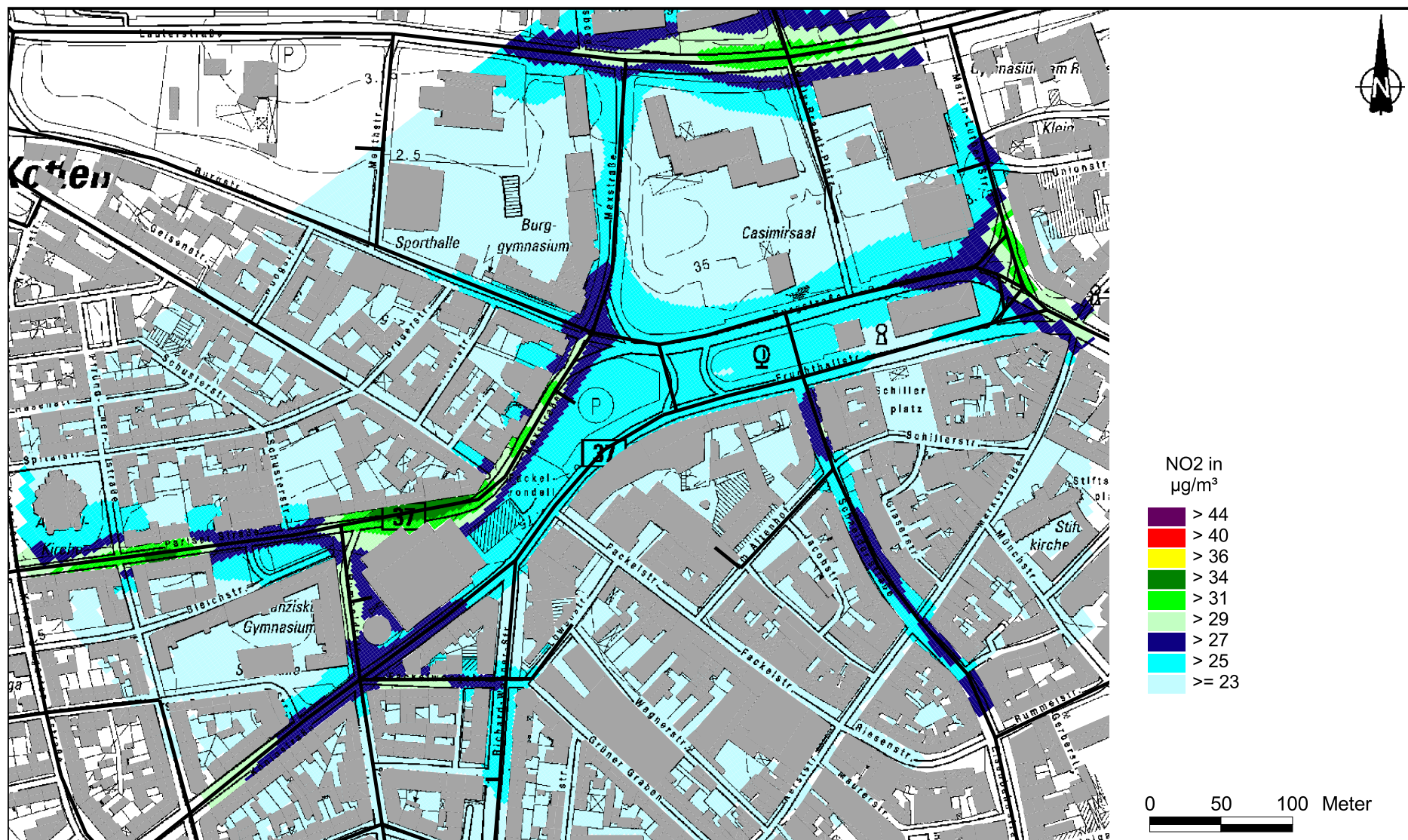


Abb. 7.4: NO₂-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für den Nullfall im 1. OG. ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Bestehende Gebäude sind hellgrau, Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

sind auch in dem Abschnitt der Maxstraße zwischen Humboldtstraße und Mühlstraße an der Randbebauung im 1. Obergeschoss NO_2 -Immissionen bis $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An weiteren Abschnitten der Maxstraße sind in dieser Höhe NO_2 -Immissionen unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, überwiegend unter $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wie auch an der Humboldtstraße und Pariser Straße berechnet. Damit sind in der Höhe des ersten Obergeschosses im **Planfall** an der bestehenden Bebauung keine Überschreitungen des Grenzwertes prognostiziert; in einem kurzen Abschnitt der Maxstraße zwischen Humboldtstraße und Mühlstraße wird der Grenzwert im ersten Obergeschoss erreicht, wobei dort keine Wohnnutzungen vorliegen; an der weiteren Randbebauung wird der Grenzwert entsprechend den Berechnungen eingehalten bzw. deutlich unterschritten.

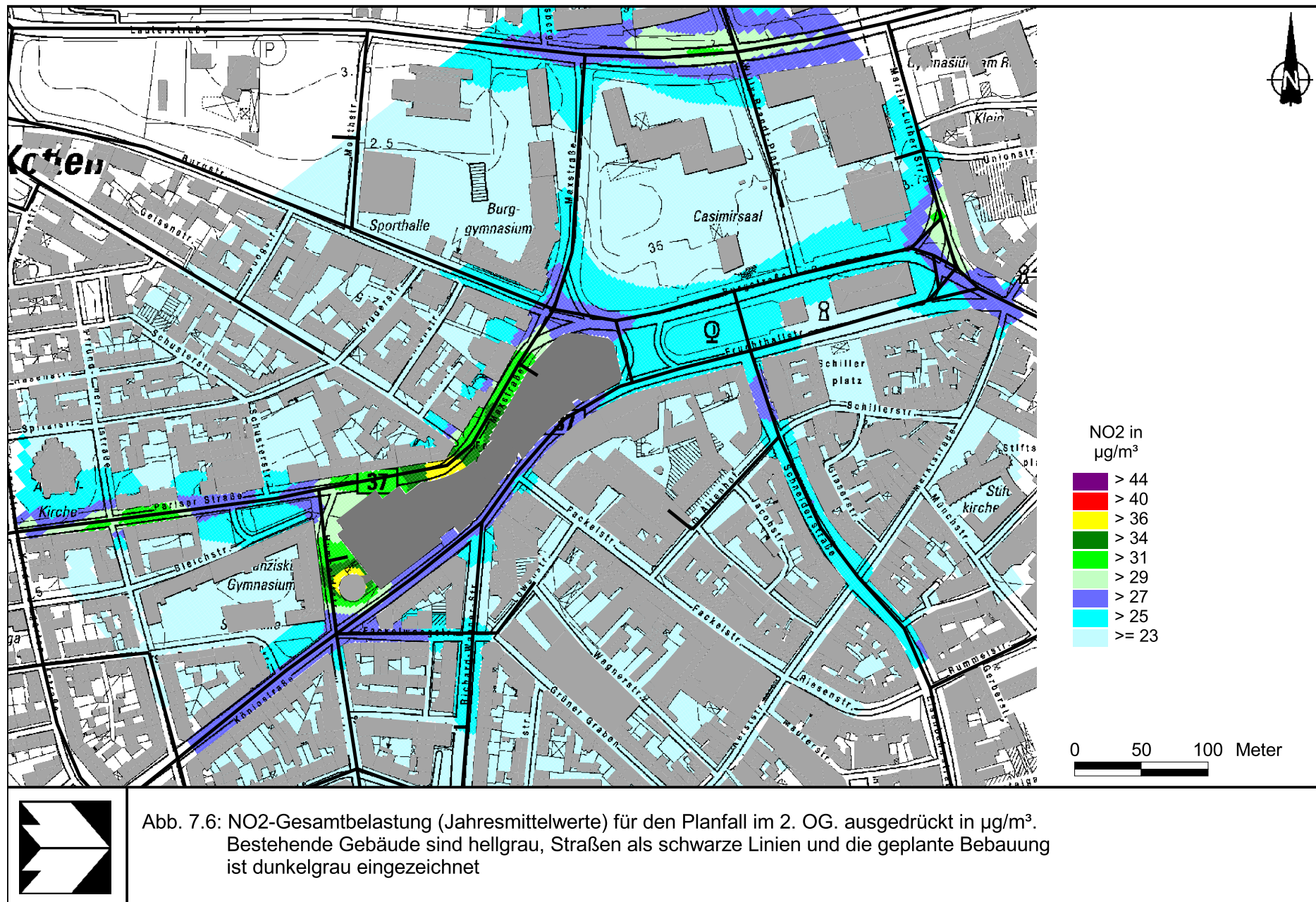
Die Darstellungen für den **Planfall** im 2. Obergeschoss weisen an der bestehenden Randbebauung NO_2 -Immissionen unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus (**Abb. 7.6**); der Grenzwert wird dort an der Randbebauung eingehalten bzw. überwiegend deutlich unterschritten.

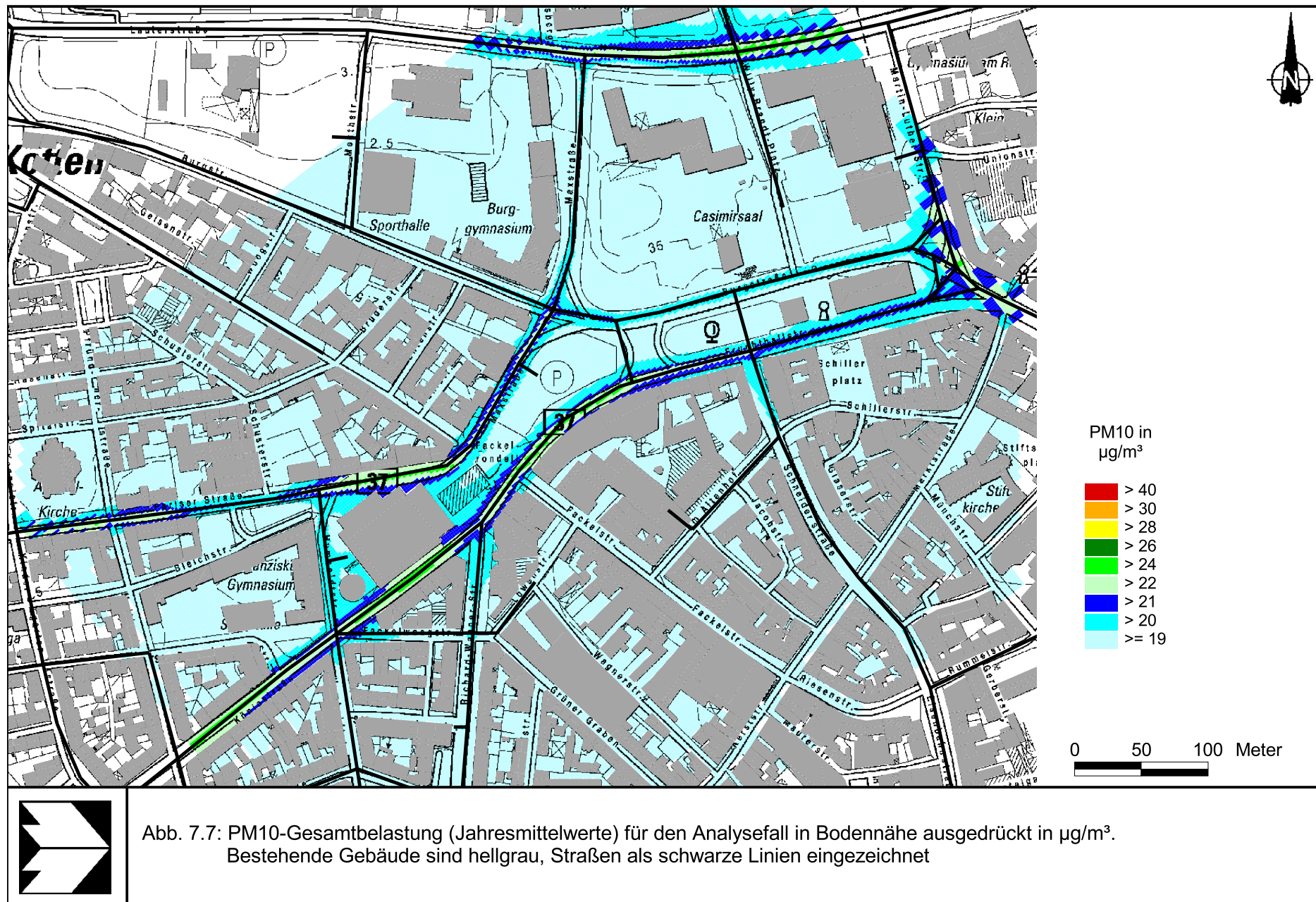
Die berechneten NO_2 -Kurzzeitbelastungen (98-Perzentilwerte) erreichen an den bestehenden Gebäuden bis weniger als $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die 39. BImSchV (2010) sieht einen neuen Wert der Kurzzeitbelastung von NO_2 vor. Entsprechend den Darstellungen in Kap. 3.2 wird angenommen, dass bei einer Einhaltung von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (98-Perzentilwert) auch der neue Grenzwert eingehalten wird. Dementsprechend ist zu erwarten, dass im **Nullfall** und im **Planfall** an der bestehenden Bebauung auch der neue Grenzwert nicht überschritten wird. Deshalb wird hier auf eine grafische Darstellung verzichtet.

7.2 Feinstaubimmissionen (PM10)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ in einem Jahr erlaubt. Die Auswertungen von Messdaten zeigen, dass der Kurzzeitwert die strengere Größe darstellt. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3.2 gibt es für den Kurzzeitwert einen Schwellenwert. Dieser besagt, dass ab einem PM_{10} -Jahresmittelwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Kurzzeitwert überschritten ist. Im folgenden werden die berechneten PM_{10} -Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diskutiert.

Die Ergebnisse der PM_{10} -Immissionen (Jahresmittelwerte) sind für den **Analysefall** in Bodennähe in **Abb. 7.7** dargestellt. Die intensivsten PM_{10} -Belastungen (Jahresmittelwerte) an der bestehenden Bebauung sind an den Hauptverkehrsstraßen im Zug der B 37 mit Konzentrationen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Damit sind die PM_{10} -Belastungen bezogen auf den





Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im **Analysefall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Der PM10-Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung wird an der bestehenden Bebauung im **Analysefall** nicht erreicht und nicht überschritten.

Die Ergebnisse der PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) sind für den **Nullfall** in Bodennähe in **Abb. 7.8** dargestellt. Die intensivsten PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) an der bestehenden Bebauung sind an den Hauptverkehrsstraßen im Zug der B 37 mit Konzentrationen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Damit sind die PM10-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im **Nullfall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Der PM10-Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung wird an der bestehenden Bebauung im **Nullfall** nicht erreicht und nicht überschritten.

Im **Planfall** sind in direkter Umgebung der geplanten Bebauung aufgrund der durch den Baukörper geänderten Windverhältnisse und Verkehrsbelegungen an der Pariser Straße, Maxstraße und Humboldtstraße höhere PM10-Immissionen berechnet (**Abb. 7.9**). An der bestehenden Bebauung der Maxstraße sind in dem Abschnitt zwischen Humboldtstraße und Mühlstraße PM10-Immissionen unter $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert, in dem Abschnitt zwischen Mühlstraße und Burgstraße unter $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An der Randbebauung der Humboldtstraße sind mit Berücksichtigung der Parkhauszufahrt PM10-Immissionen bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Damit sind die PM10-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im **Planfall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Der PM10-Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung wird an der bestehenden Bebauung im **Planfall** nicht erreicht und nicht überschritten.

7.3 Feinstaubimmissionen (PM2.5)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen (PM2.5) werden zwei Beurteilungswerte festgelegt. Diese sind der Grenzwert (Jahresmittelwert), der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert), der ab dem Jahr 2020 einzuhalten ist. Im folgenden werden die berechneten PM2.5-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diskutiert.

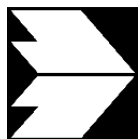
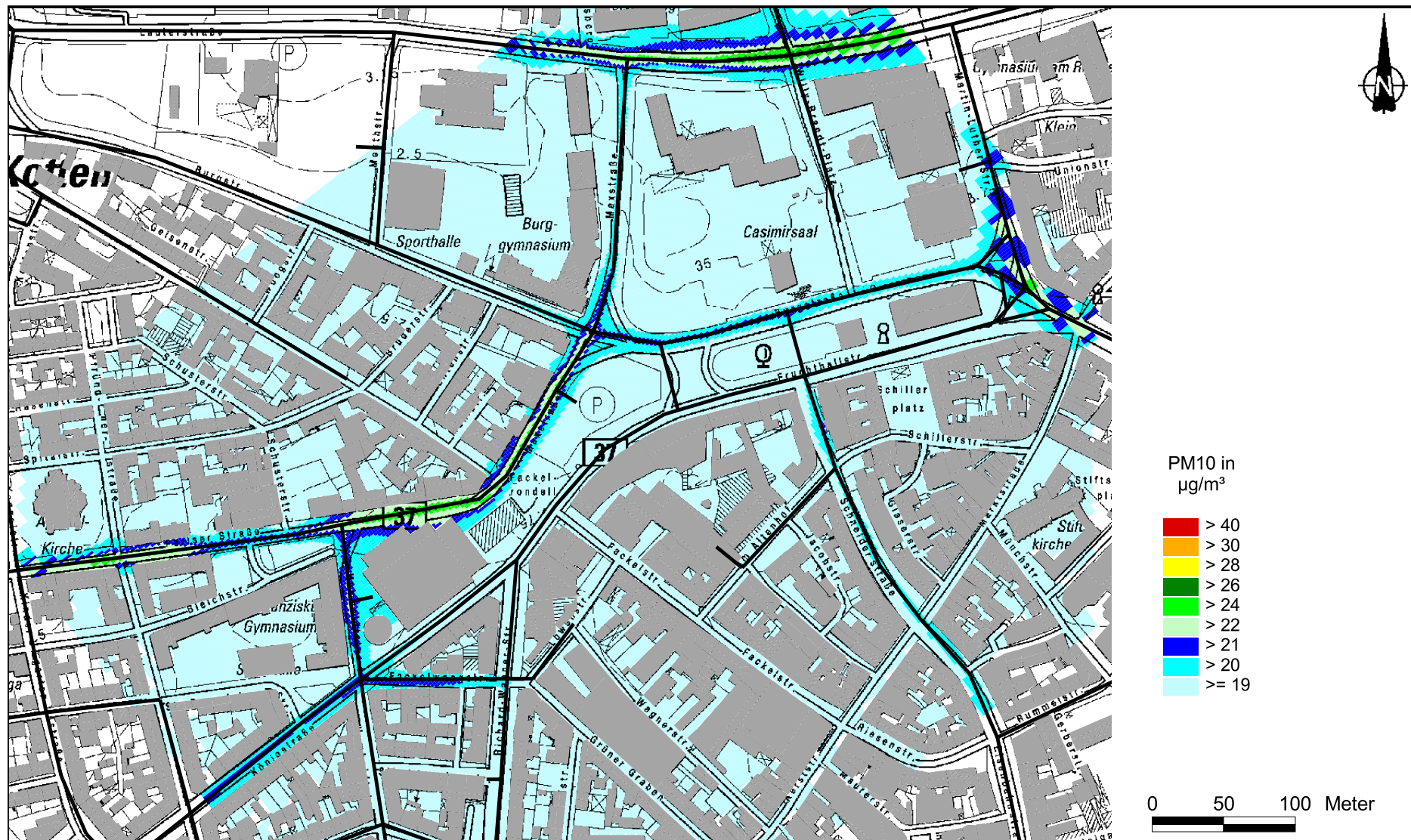


Abb. 7.8: PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für den Nullfall in Bodennähe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Bestehende Gebäude sind hellgrau, Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

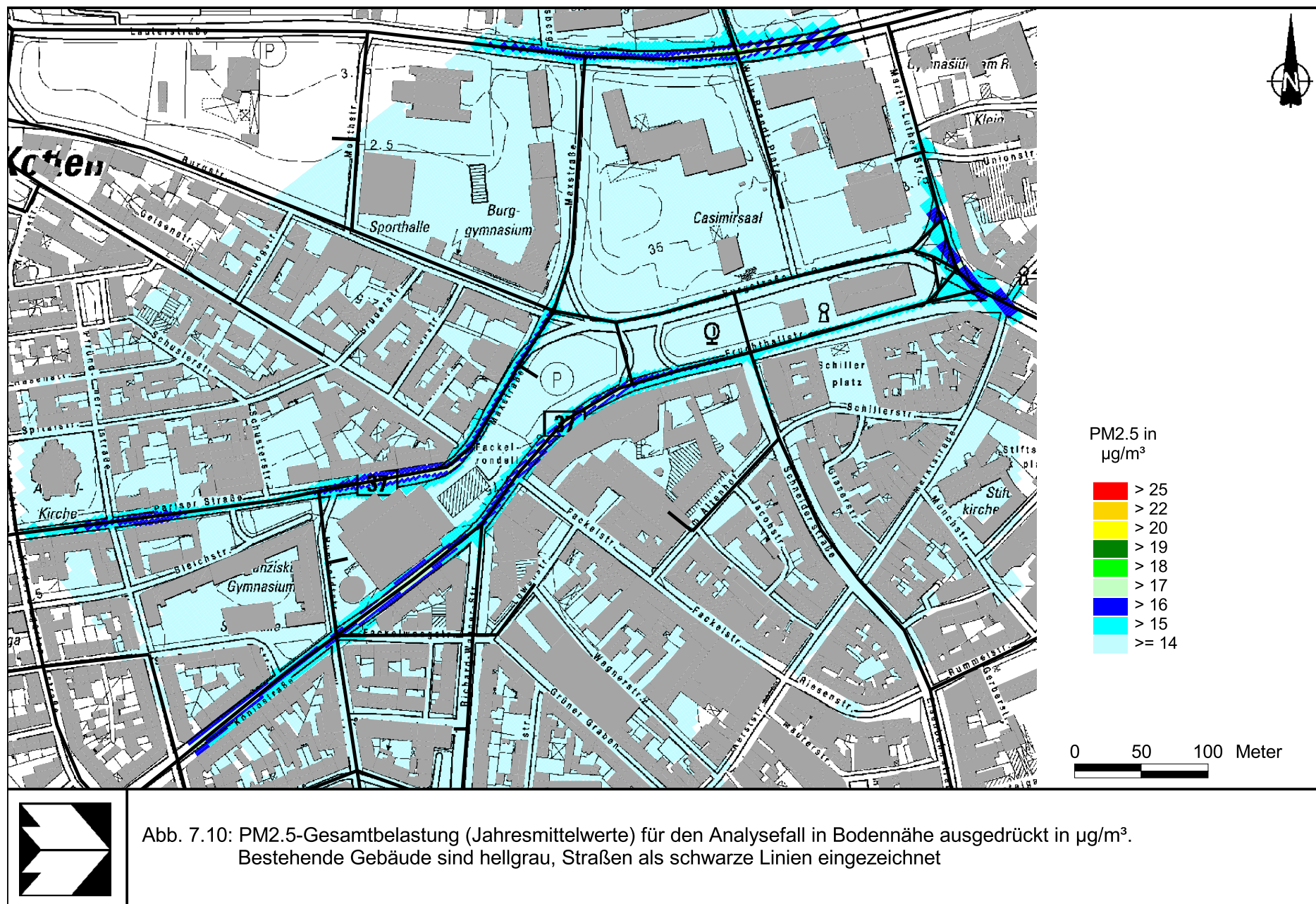
Für den **Analysefall** sind die Ergebnisse der PM_{2.5}-Immissionen (Jahresmittelwerte) in Bodennähe in **Abb. 7.10** dargestellt. Die intensivsten PM_{2.5}-Belastungen (Jahresmittelwerte) an der bestehenden Bebauung sind an den Hauptverkehrsstraßen im Zug der B 37 mit Konzentrationen unter 17 µg/m³ berechnet. Damit sind die PM_{2.5}-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von 25 µg/m³ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im **Analysefall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Auch der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ wird nicht erreicht und nicht überschritten.

Die Ergebnisse der PM_{2.5}-Immissionen (Jahresmittelwerte) sind für den **Nullfall** in Bodennähe in **Abb. 7.11** dargestellt. Die intensivsten PM_{2.5}-Belastungen (Jahresmittelwerte) an der bestehenden Bebauung sind an den Hauptverkehrsstraßen im Zug der B 37 mit Konzentrationen unter 17 µg/m³ berechnet. Damit sind die PM_{2.5}-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von 25 µg/m³ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im **Nullfall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Auch der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ wird nicht erreicht und nicht überschritten.

Im **Planfall** sind in direkter Umgebung der geplanten Bebauung höhere PM_{2.5}-Immissionen berechnet. An der bestehenden Bebauung der Maxstraße sind in dem Abschnitt zwischen Humboldtstraße und Mühlstraße PM_{2.5}-Immissionen unter 19 µg/m³ prognostiziert (**Abb. 7.12**), in dem Abschnitt zwischen Mühlstraße und Burgstraße unter 17 µg/m³. An der Randbebauung der Humboldtstraße sind mit Berücksichtigung der Parkhauszufahrt PM_{2.5}-Immissionen bis 17 µg/m³ berechnet. Damit sind die PM_{2.5}-Belastungen bezogen auf den Grenzwert von 25 µg/m³ an der umliegenden Bebauung zum Plangebiet im Erdgeschoss im **Planfall** entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Auch der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ wird nicht erreicht und nicht überschritten.

7.4 Mögliche Modifizierung der Planung

Für den Planzustand haben die Immissionsprognosen in einem kleinen Teilbereich an der bestehenden Bebauung an der Maxstraße im Erdgeschoss NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ ergeben, wobei dort derzeit keine Wohnnutzungen vorliegen. Die Grenzwerte der 39. BImSchV beziehen sich auf Bereiche, die der Öffentlichkeit zugänglich sind und dem langfristigen Aufenthalt dienen, wie insbesondere Wohnnutzungen; Arbeitsstätten sind von der Beurteilung ausgeschlossen. Für die Nutzung der gewerblichen Räume ist schon heute



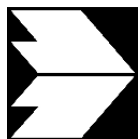
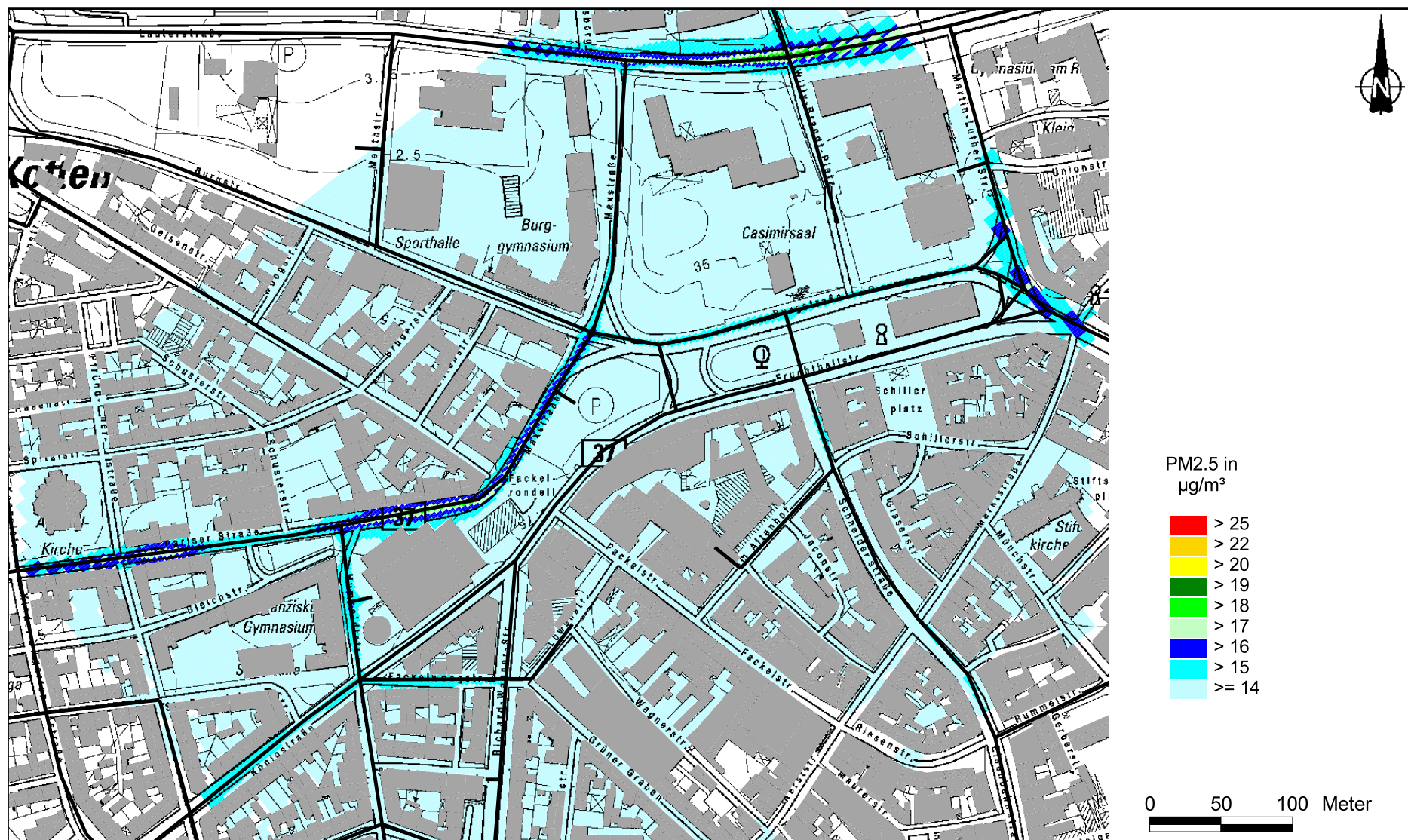


Abb. 7.11: PM2.5-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für den Nullfall in Bodennähe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Bestehende Gebäude sind hellgrau, Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

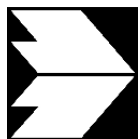
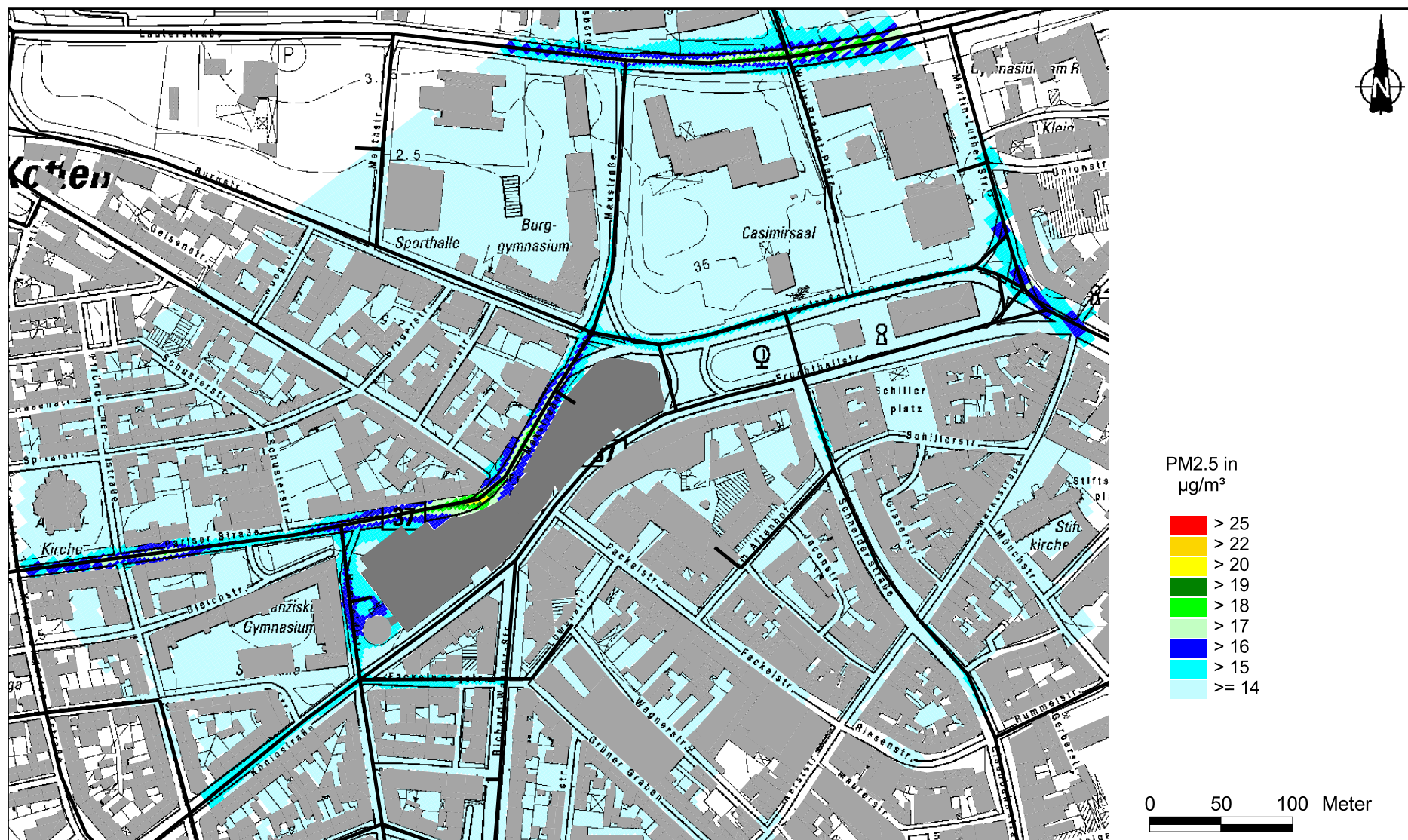


Abb. 7.12: PM2.5-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für den Planfall in Bodennähe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Bestehende Gebäude sind hellgrau, Straßen als schwarze Linien und die geplante Bebauung ist dunkelgrau eingezeichnet

aufgrund der bestehenden Hauptverkehrsstraße in den Tagstunden eine Belüftung erforderlich, die nicht über die straßenzugewandte Gebäudeseite erfolgt. Damit sind dort auch bei hohen Konzentrationen im Straßenraum keine beurteilungsrelevanten Konflikte im Zusammenhang mit der 39. BImSchV anzunehmen.

Ergänzend zu den beschriebenen Planungen sollten Möglichkeiten zur Minderung der NO₂-Immissionen an der bestehenden Bebauung der Maxstraße mit hohen Belastungen vorgeschlagen werden.

Im Zuge der Luftreinhalteplanung werden in Städten mit hohen Luftschadstoffbelastungen vor allem Einführungen von Umweltzonen als Maßnahmen zur Verringerung der verkehrsbedingten Beiträge ergriffen. Übertragen auf den Standort in Kaiserslautern können mit der Beschränkung der Fahrten nur für Kfz mit einer grünen Plakette die verkehrsbedingten Emissionen beispielsweise in der Maxstraße um ca. 10 % verringert werden. Solch eine Maßnahme wirkt sich auch auf umliegenden Straßen aus, sodass damit eine Einhaltung des Immissionsgrenzwertes auch im Erdgeschoss an der bestehenden Randbebauung der Maxstraße möglich ist.

Entsprechend den Emissionsberechnungen trägt der LKW zu ca. 36 % der durch den Kfz-Verkehr bedingten NO_x-Emissionen in der Maxstraße bei; mit einer Verringerung der Beiträge des LKW-Verkehrs um ca. 40 % kann auch eine Einhaltung des Immissionsgrenzwertes im Erdgeschoss an der bestehenden Randbebauung der Maxstraße erreicht werden.

Für die umweltbezogene Abwägung zeigen die vorgenannten Maßnahmen auf, dass auf Ebene der Bauleitplanung eine Unterschreitung der Grenzwerte und damit eine Konfliktlösung möglich ist.

8 BETRACHTUNGEN ZUR BESONNUNG

In Deutschland gibt es keine gesetzlichen Grundlagen über die Anforderungen an die Minimalbesonnung bzw. Minimalbesonnung von Wohnungen. Die DIN 5034 "Tageslicht in Innenräumen" gibt Richtwerte über die minimal erforderliche tägliche Sonnenscheindauer von Aufenthaltsräumen an. Nach der aktuellen Fassung der DIN 5034 (1999) sollte am 17.01. eine einstündige Besonnung mindestens eines der Aufenthaltsräume einer Wohnung möglich sein. Für Außenbereiche eines Grundstücks werden keine Orientierungswerte genannt. Dieses Kriterium wird zur Beurteilung in dieser Untersuchung herangezogen. Die ältere Version der DIN 5034 (1983) hat eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von 4 Stunden an den Tag- und Nachtgleichen (21.3. und 23.9.) vorgegeben. Diese genannten Kriterien beziehen sich auf die minimal erforderliche astronomisch mögliche Sonnenscheindauer, das heißt auf die Sonnenscheindauer, die ohne jegliche Bewölkung vorherrschen würde.

Auf der Grundlage der dreidimensionalen digitalen Bebauungsdaten werden für ausgewählte Standorte die Horizonteinigungen berechnet. Diesen werden die Sonnenbahnen für den Standort in Kaiserslautern überlagert und in so genannten Horizontogrammen dargestellt.

An einem Horizontogramm kann die Horizonteinigung durch umliegende Gebäude und die Dauer der Verschattung im Tages- und Jahresverlauf für einen Standort abgelesen werden. Für die in **Abb. 8.1** markierten Standorte wurden Horizontogramme berechnet. Die dargestellten Horizontogramme beziehen sich auf die Höhe der Fenster der genannten Stockwerke.

Im Horizontogramm ist die Horizontlinie dargestellt, die ein Beobachter sieht bzw. sehen kann, der sich an genau diesem Punkt befindet und sich einmal um die vertikale Achse dreht. Je nach Höhe des Geländes und dessen Abstand zum Beobachter zeigt sich eine unterschiedliche Auswirkung auf die Horizontlinie. In den Horizontogrammen sind konzentrische Kreise eingetragen, die Winkelgradbezeichnungen von 0° bis 90° aufweisen. Damit wird beschrieben, dass der Beobachter in einem Winkel zur Erdoberfläche nach oben schaut. Bei 0° ist der Blick geradeaus, d.h. parallel zur Erdoberfläche gerichtet, bei 90° schaut er senkrecht nach oben. Des weiteren sind drei Sonnenbahnen in die Horizontogramme eingezeichnet. Diese Linien zeigen den Sonnenstand über dem Horizont an ausgewählten Tagen und beinhalten zur Orientierung noch Eintragungen der mitteleuropäischen Zeit (MEZ). Im Winter weist der 21.12. den niedrigsten Sonnenstand und im Sommer der

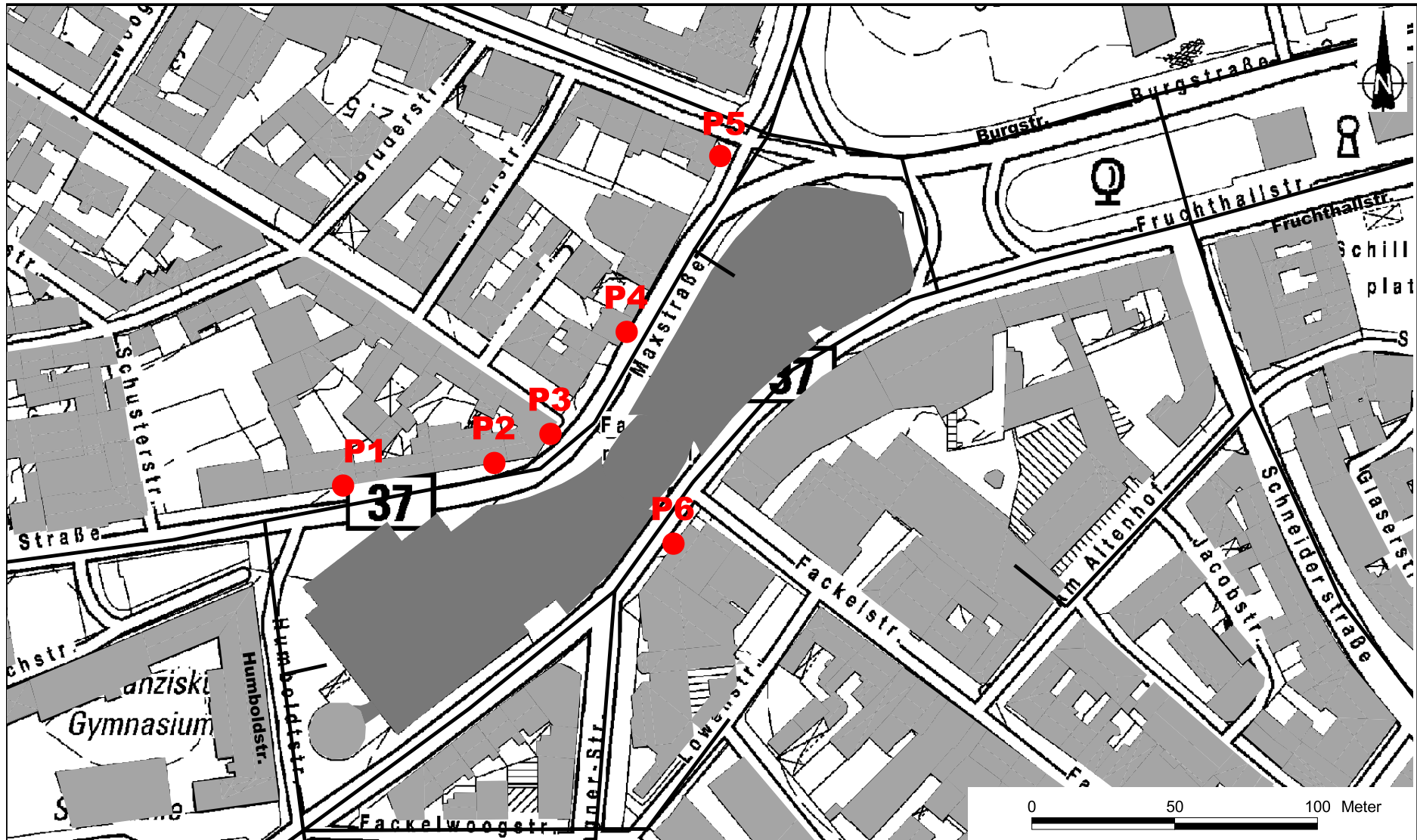


Abb. 8.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes. Gebäude im Istzustand sind hellgrau, geplante Bebauung ist dunkelgrau, die Straßen als schwarze Linien und die Lage der Untersuchungspunkte ist rot eingezeichnet

21.06. den höchsten Sonnenstand auf. Dazwischen liegt die Linie der Zeitgleichen im Frühjahr am 21.03. und im Herbst am 23.09. Ergänzend ist der Sonnenstand für den diskutierten 17.1. eingetragen. Schneidet nun eine dieser Sonnenbahnen die Horizontlinie, bedeutet das eine Verschattung des Standortes des Beobachters ab diesem Zeitpunkt bis zum Austritt der Sonnenbahn aus der Horizontlinie. In den folgenden Abbildungen sind Ergebnisse für den Nullfall und den Planfall überlagert, sodass die Auswirkungen durch die geplante Bebauung direkt erkennbar sind. In hellgrauer Farbe ist die Horizonteinengung durch die bestehende Bebauung (Nullfall) dargestellt und in schwarzer Farbe die zusätzliche Horizonteinengung durch die geplante Bebauung im Planfall.

Am Punkt 1 im ersten Obergeschoss (**Abb. 8.2**), d.h. an der Randbebauung der Maxstraße nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes, führt die umliegende Bebauung im Winterhalbjahr zu einer Verschattung. Die Horizonteinengung in nördlicher Richtung wird durch das bestehende Gebäude bewirkt. Im Januar ist eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von einer Stunde nicht gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr etwas verringert; im Januar ist dort auch keine direkte Besonnung gegeben. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine geringe zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am Vormittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

Im zweiten Obergeschoss am Punkt 1 (**Abb. 8.3**), d.h. an der Randbebauung der Maxstraße nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes, führt die umliegende Bebauung in den Vormittagstunden und am Nachmittag im Winterhalbjahr zu einer Verschattung. Die Horizonteinengung in nördlicher Richtung wird durch das bestehende Gebäude bewirkt. Im Januar ist eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von mehr als einer Stunde gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr etwas verringert; im Januar ist dort weiterhin eine direkte Besonnung von mehr als einer Stunde gegeben. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine geringe zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am Vormittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

Am Punkt 2 im ersten Obergeschoss (**Abb. 8.4**), d.h. an der Randbebauung der Maxstraße nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes, führt die umliegende Bebauung in den Vormittagstunden und ab Mittag im Winterhalbjahr zu einer Verschattung. Die Horizonteinengung in nördlicher Richtung wird durch das bestehende Gebäude bewirkt. Im Januar ist eine

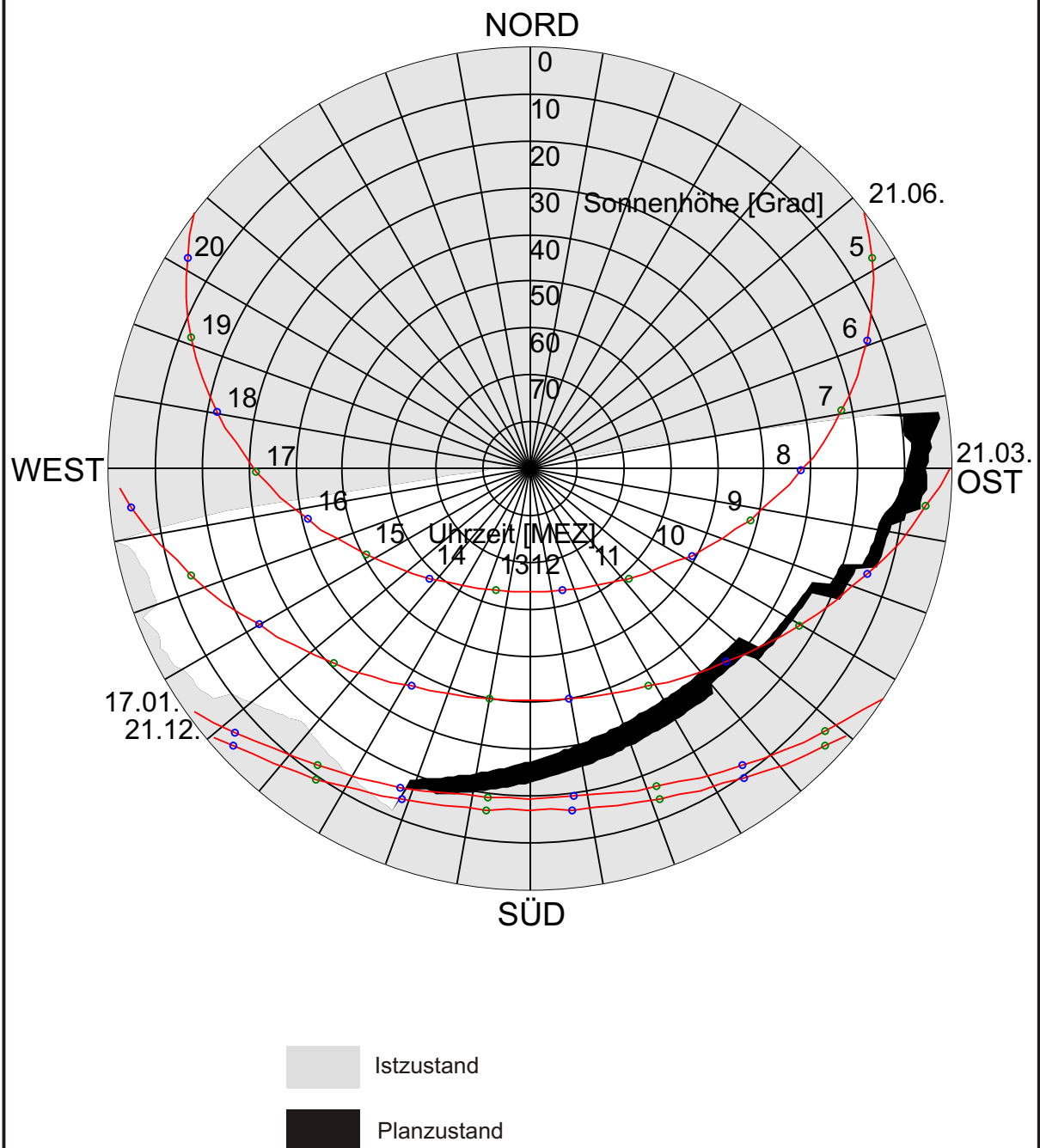


Abb. 8.2: Horizontogramm am 1. OG für Punkt 1.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

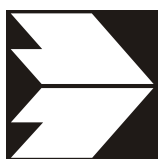
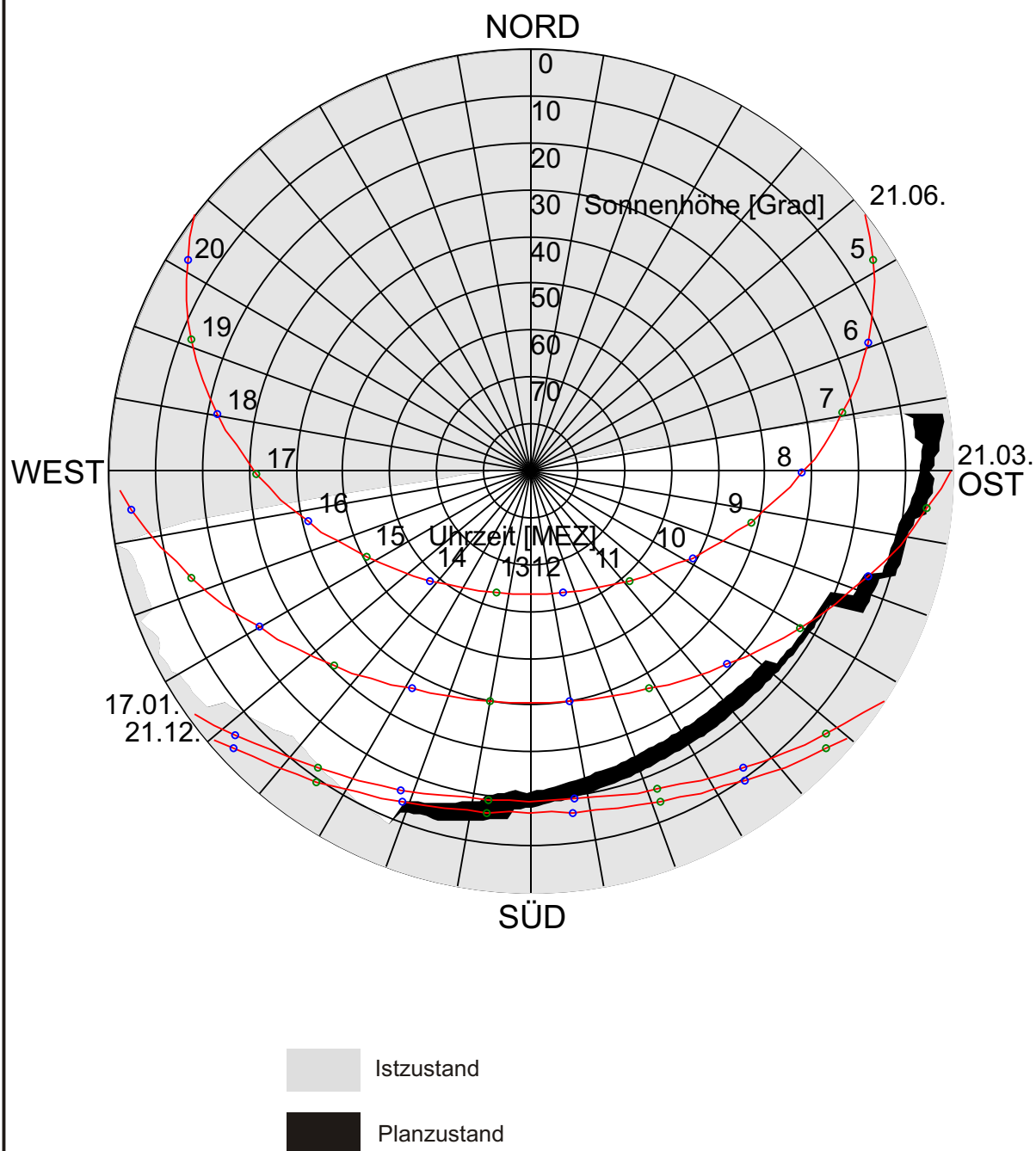


Abb. 8.3: Horizontogramm am 2. OG für Punkt 1.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

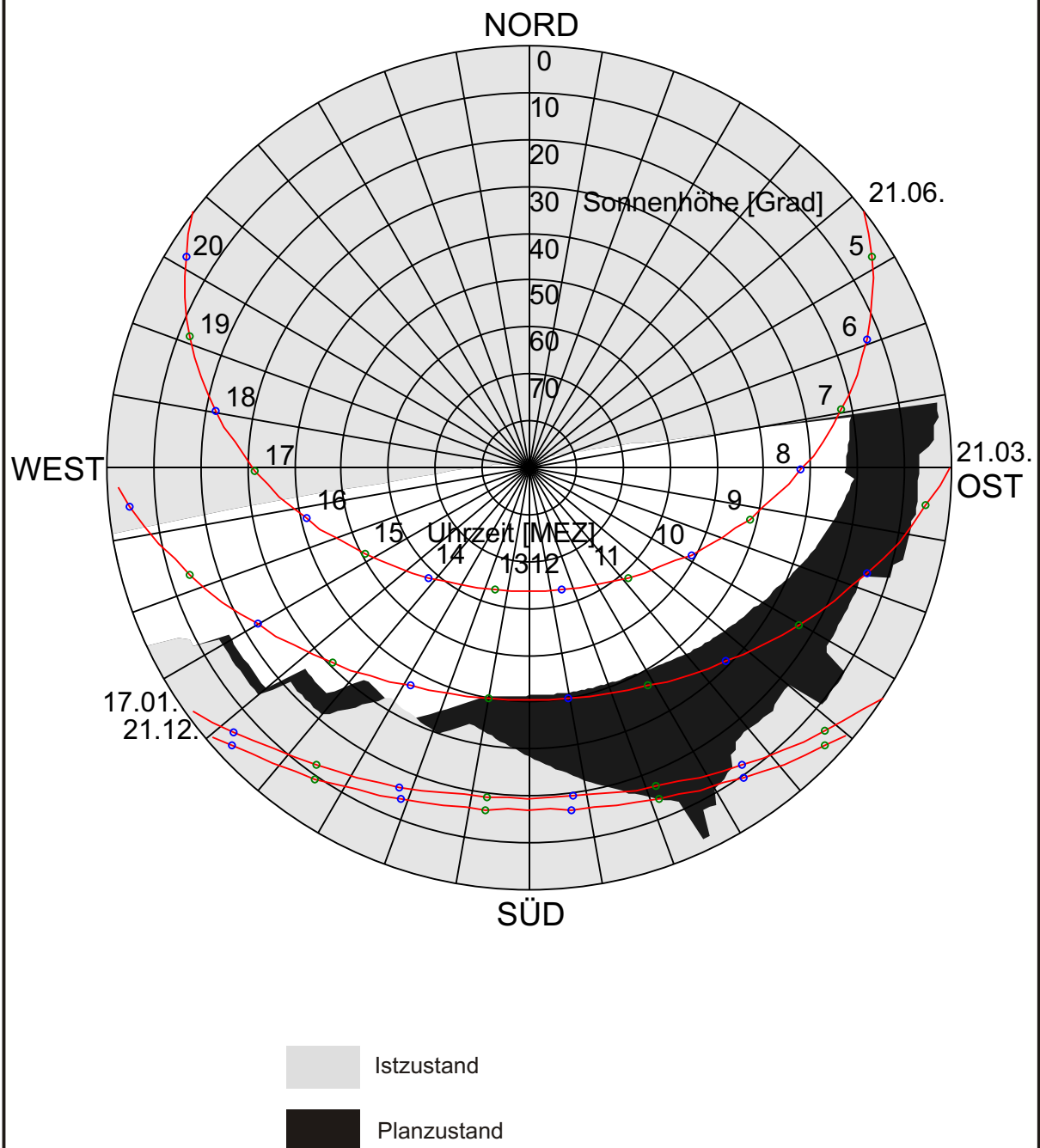


Abb. 8.4: Horizontogramm am 1. OG für Punkt 2.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

mögliche tägliche Sonnenscheindauer von knapp einer Stunde gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr verringert; im Januar ist dort keine direkte Besonnung gegeben. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude in der ersten Tageshälfte dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

Im zweiten Obergeschoss am Punkt 2 (**Abb. 8.5**), d.h. an der Randbebauung der Maxstraße nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes, führt die umliegende Bebauung in den Vormittagstunden und ab Mittag im Winterhalbjahr zu einer Verschattung. Die Horizonteinengung in nördlicher Richtung wird durch das bestehende Gebäude bewirkt. Im Januar ist eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von mindestens einer Stunde gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr verringert; im Januar ist dort keine direkte Besonnung gegeben. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am Vormittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

Am Punkt 3 im zweiten Obergeschoss (**Abb. 8.6**), d.h. an der nach Osten orientierten Fassade der Randbebauung der Maxstraße nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes, führt die umliegende Bebauung in den Vormittagstunden und am Nachmittag im Winterhalbjahr zu einer Verschattung. Im Januar ist eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von über einer Stunde gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr verringert; im Januar ist dort keine direkte Besonnung gegeben. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am Vormittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

Im dritten Obergeschoss am Punkt 3 (**Abb. 8.7**) führt die umliegende Bebauung in den Vormittagstunden und am Nachmittag im Winterhalbjahr zu einer Verschattung. Im Januar ist eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von über einer Stunde gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr verringert; im Januar ist dort eine direkte Besonnung von einer Stunde möglich. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am frühen Vormittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

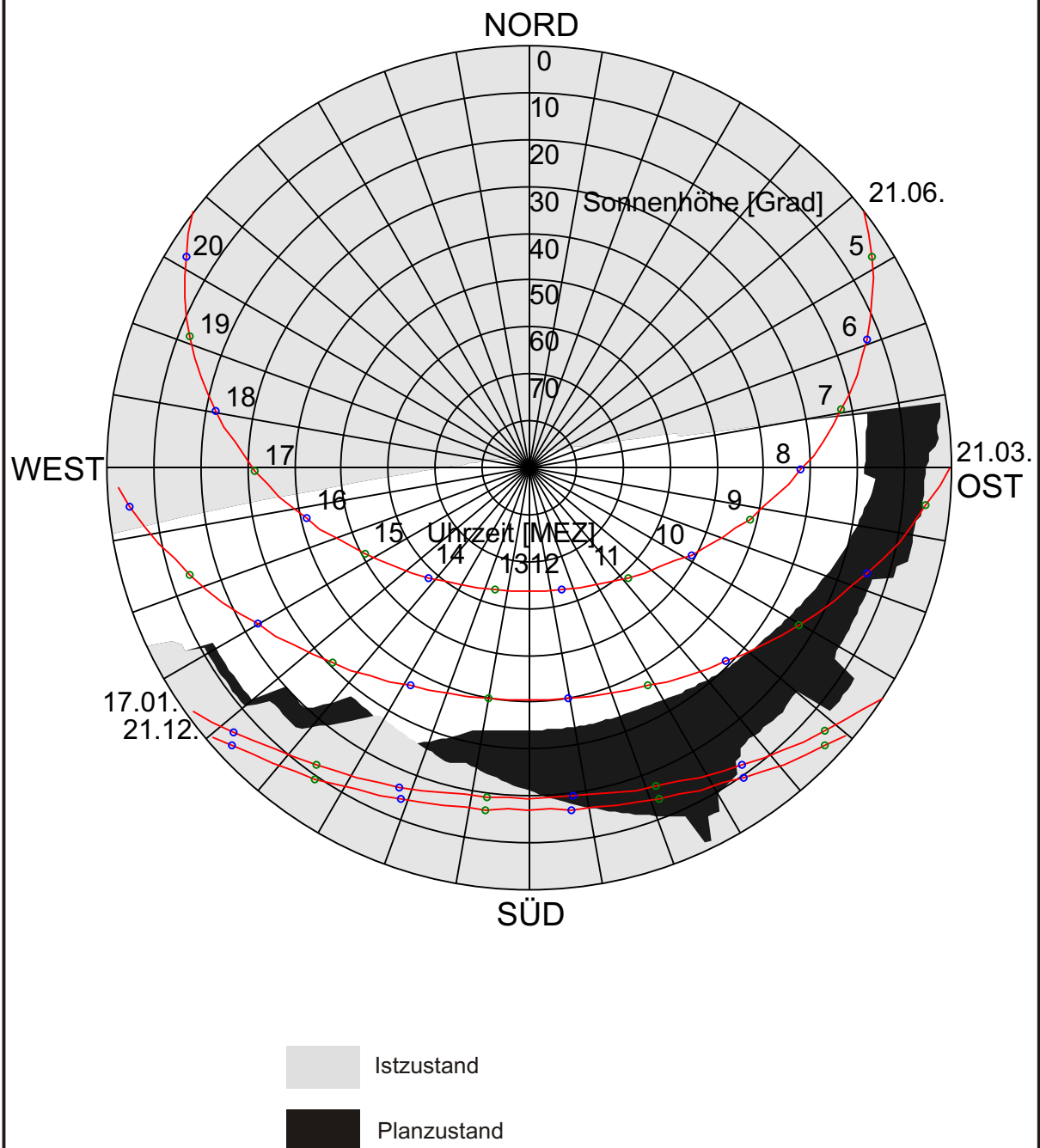


Abb. 8.5: Horizontogramm am 2. OG für Punkt 2
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

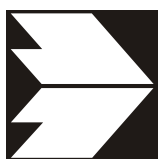
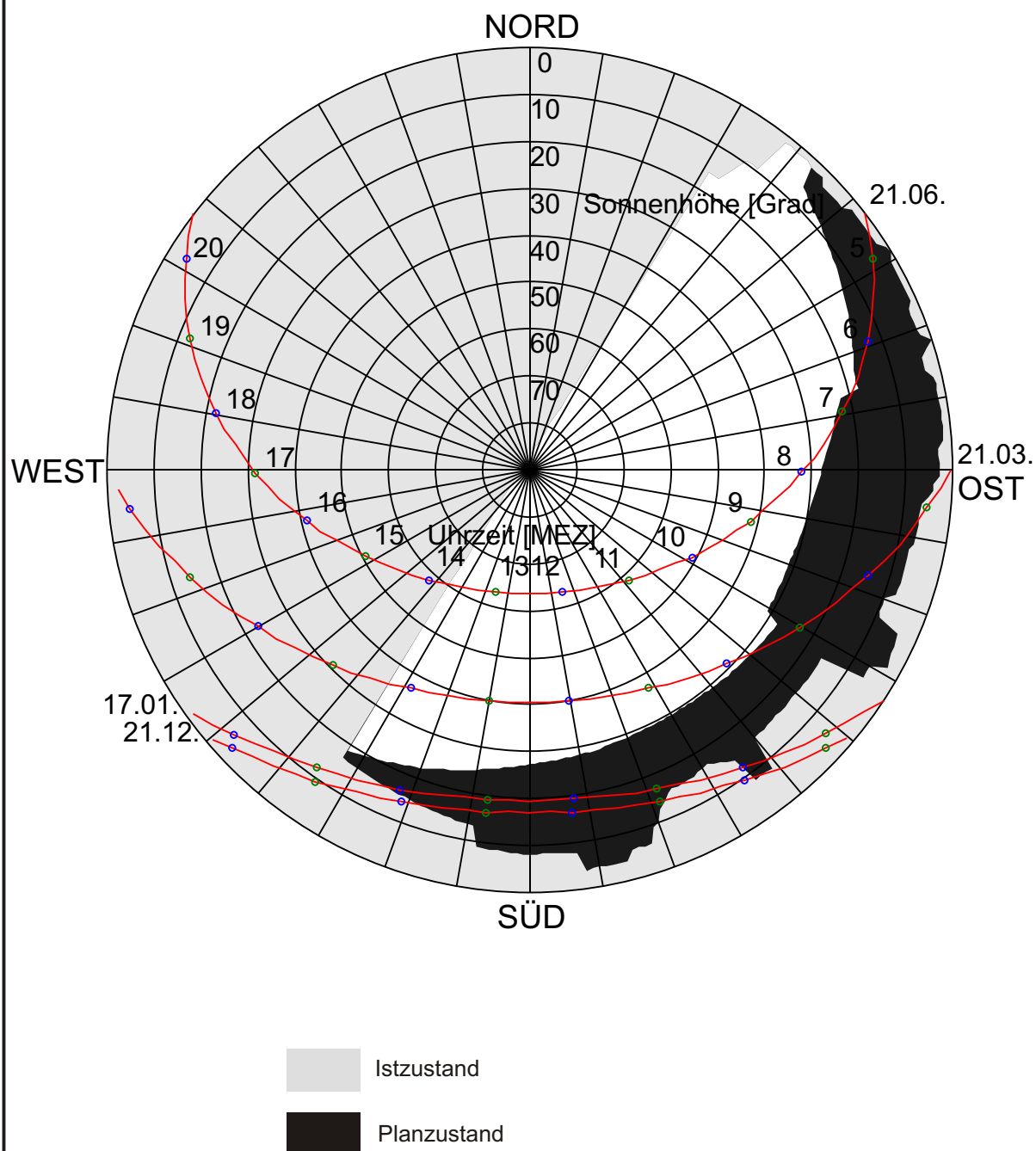


Abb. 8.6: Horizontogramm am 2. OG für Punkt 3.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

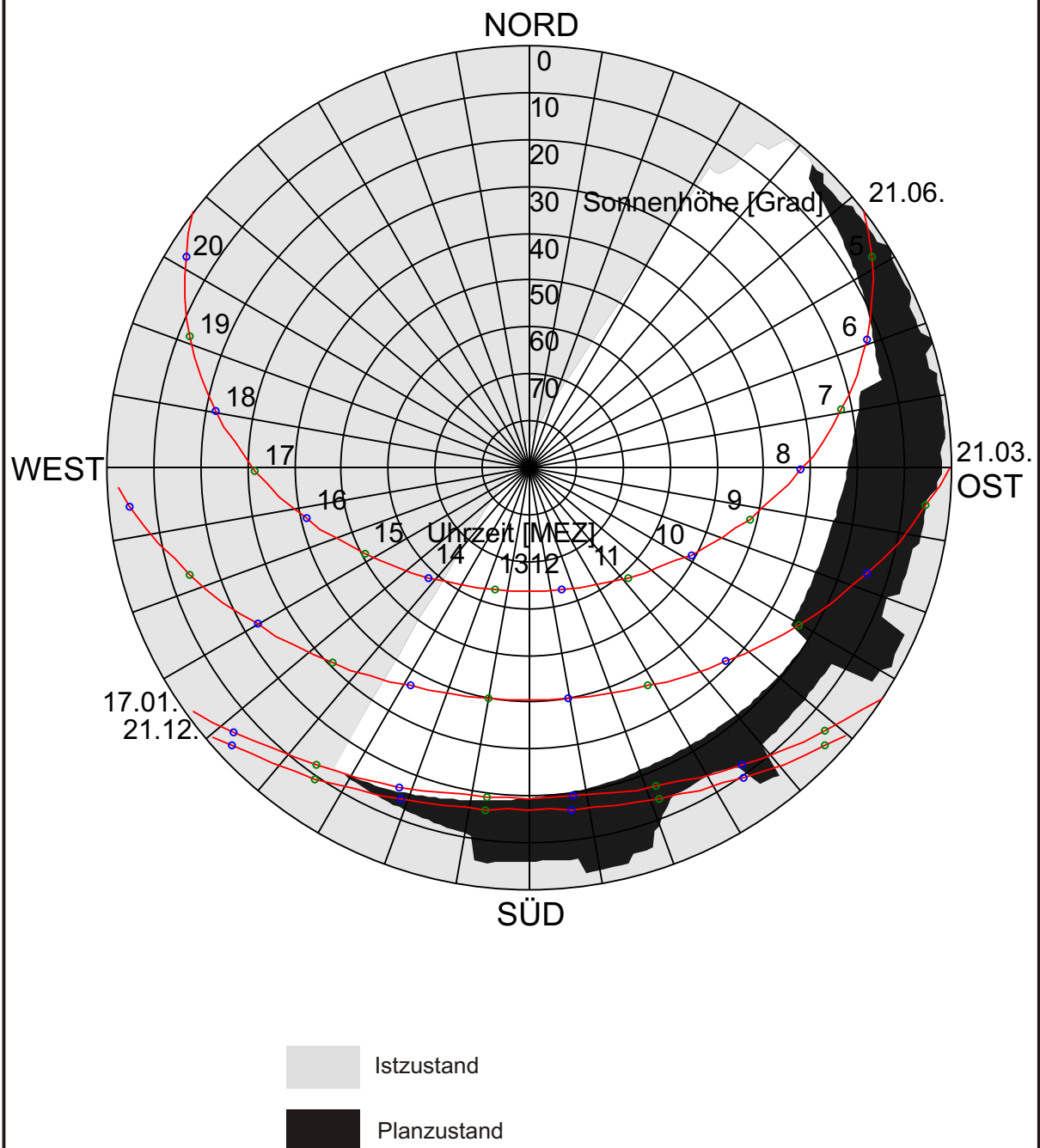


Abb. 8.7: Horizontogramm am 3. OG für Punkt 3.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

Am Punkt 4 im ersten Obergeschoss (**Abb. 8.8**), d.h. an der nach Osten orientierten Fassade der Randbebauung der Maxstraße nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes, führt die umliegende Bebauung am frühen Vormittag im Winterhalbjahr zu einer Verschattung. Im Januar ist eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von über einer Stunde gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr verringert; im Januar ist dort eine einstündige direkte Besonnung möglich. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am Vormittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

Im ersten Obergeschoss am Punkt 5 (**Abb. 8.9**) führt die umliegende Bebauung kaum zu einer Verschattung. Im Januar ist eine mögliche tägliche Sonnenscheindauer von über einer Stunde gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung im Winterhalbjahr verringert; im Januar ist dort eine direkte Besonnung von mehr als einer Stunde möglich. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am Vormittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne auch in den Mittagstunden eine direkte Besonnung gegeben.

Im ersten Obergeschoss am Punkt 6 (**Abb. 8.10**), d.h. dem Gebäude südlich der geplanten Bebauung, führt die umliegende Bebauung am späten Nachmittag zu einer Verschattung. Im Januar ist dort keine direkte Besonnung gegeben. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung am späten Nachmittag verringert; im Januar ist dort auch keine direkte Besonnung möglich. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am späten Nachmittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne am Nachmittag für mehr als 2 Stunden eine direkte Besonnung gegeben.

Im dritten Obergeschoss am Punkt 6 (**Abb. 8.11**) führt die umliegende Bebauung im Winterhalbjahr am späten Nachmittag zu einer Verschattung. Im Januar ist dort am Nachmittag eine direkte Besonnung möglich. Mit der geplanten Bebauung wird die mögliche direkte Besonnung am späten Nachmittag im Sommerhalbjahr verringert; im Januar ist dort auch eine direkte Besonnung möglich. An den Tag- und Nachtgleichen (Frühjahr, Herbst) ist eine zusätzliche Verschattung durch das geplante Gebäude am späten Nachmittag dargestellt. Im Sommer ist bei hoch stehender Sonne am Nachmittag eine mehrstündige direkte Besonnung gegeben.

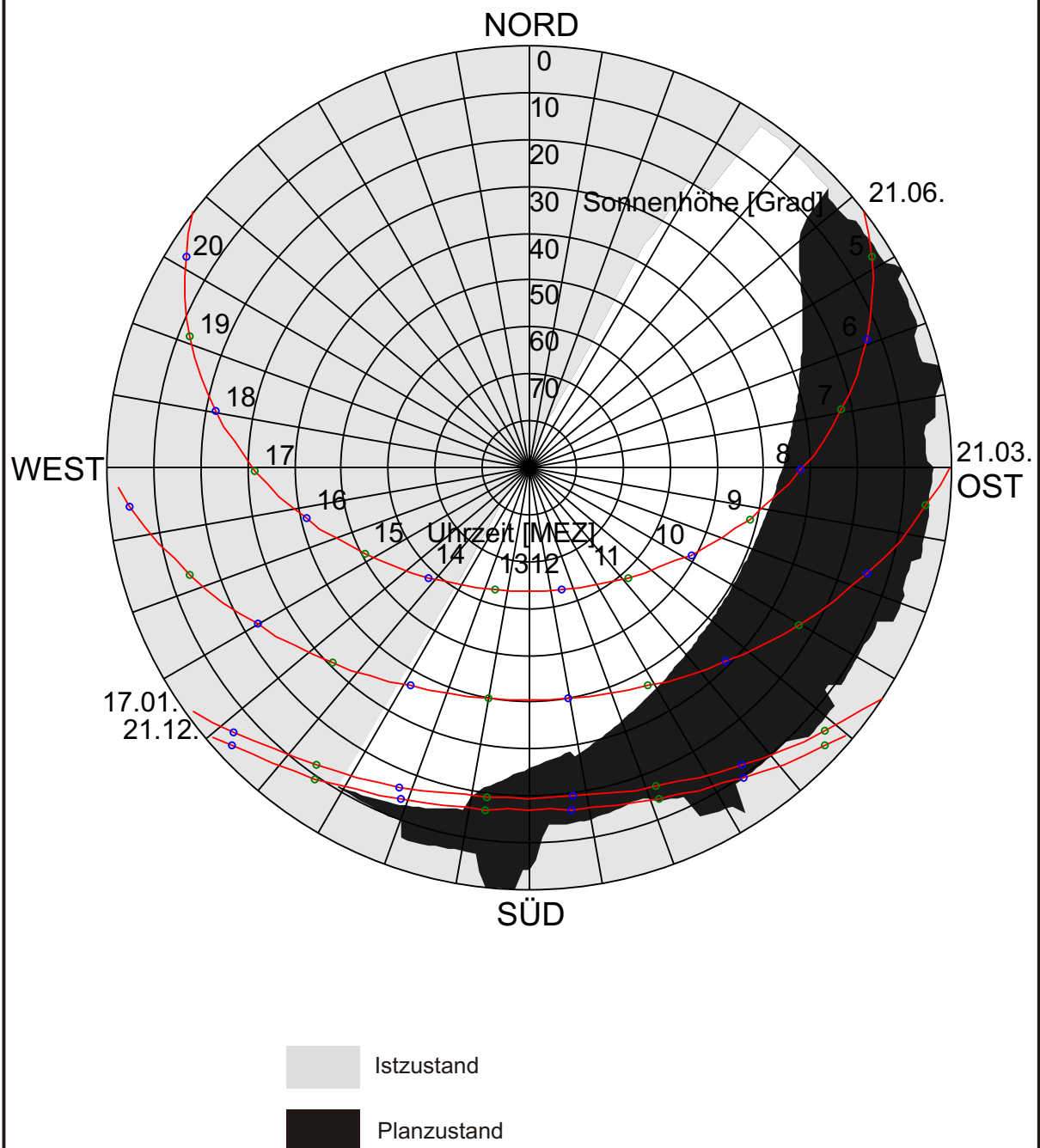


Abb. 8.8: Horizontogramm am 1. OG für Punkt 4.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

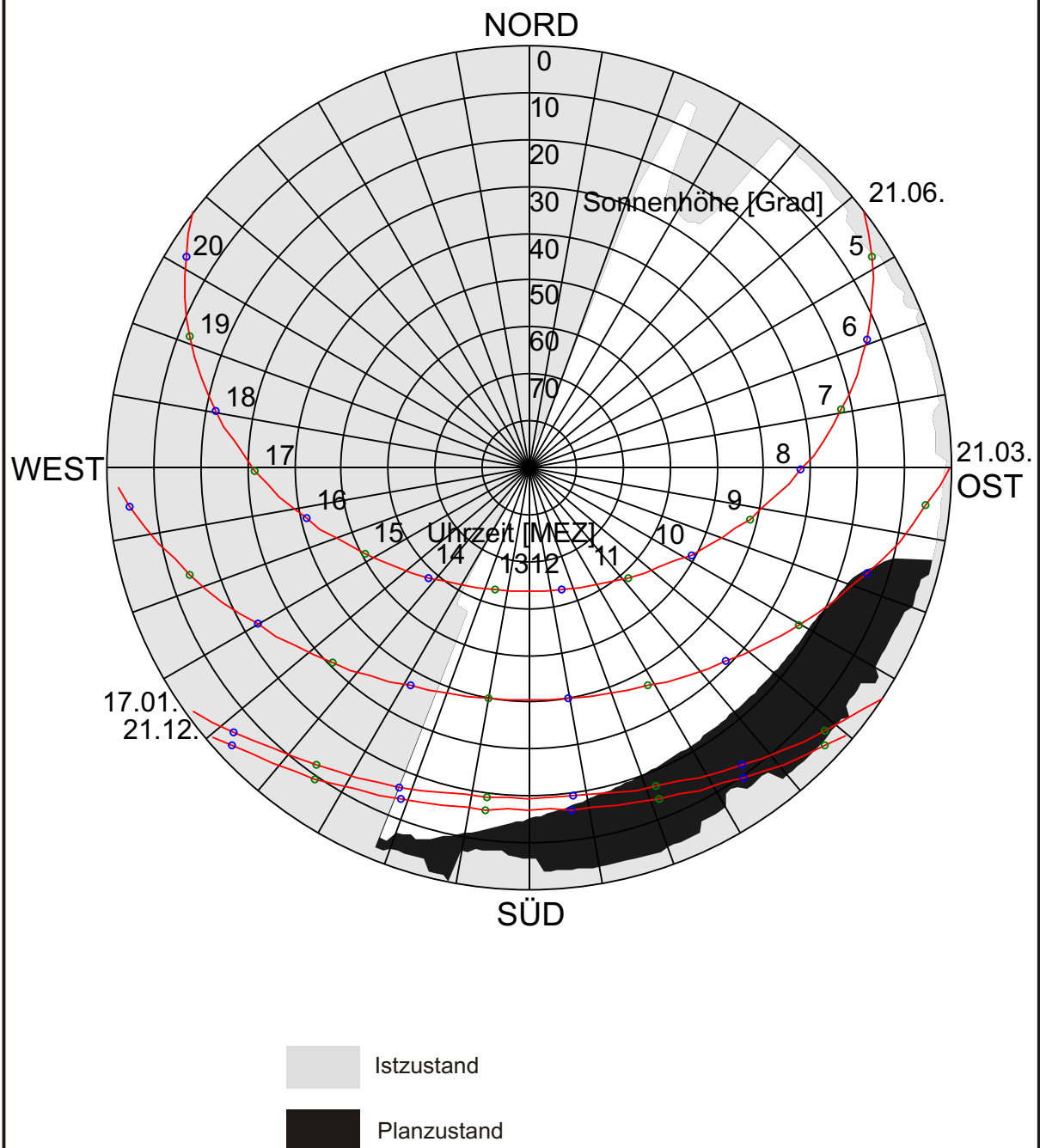


Abb. 8.9: Horizontogramm am 1. OG für Punkt 5.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

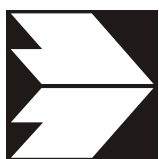
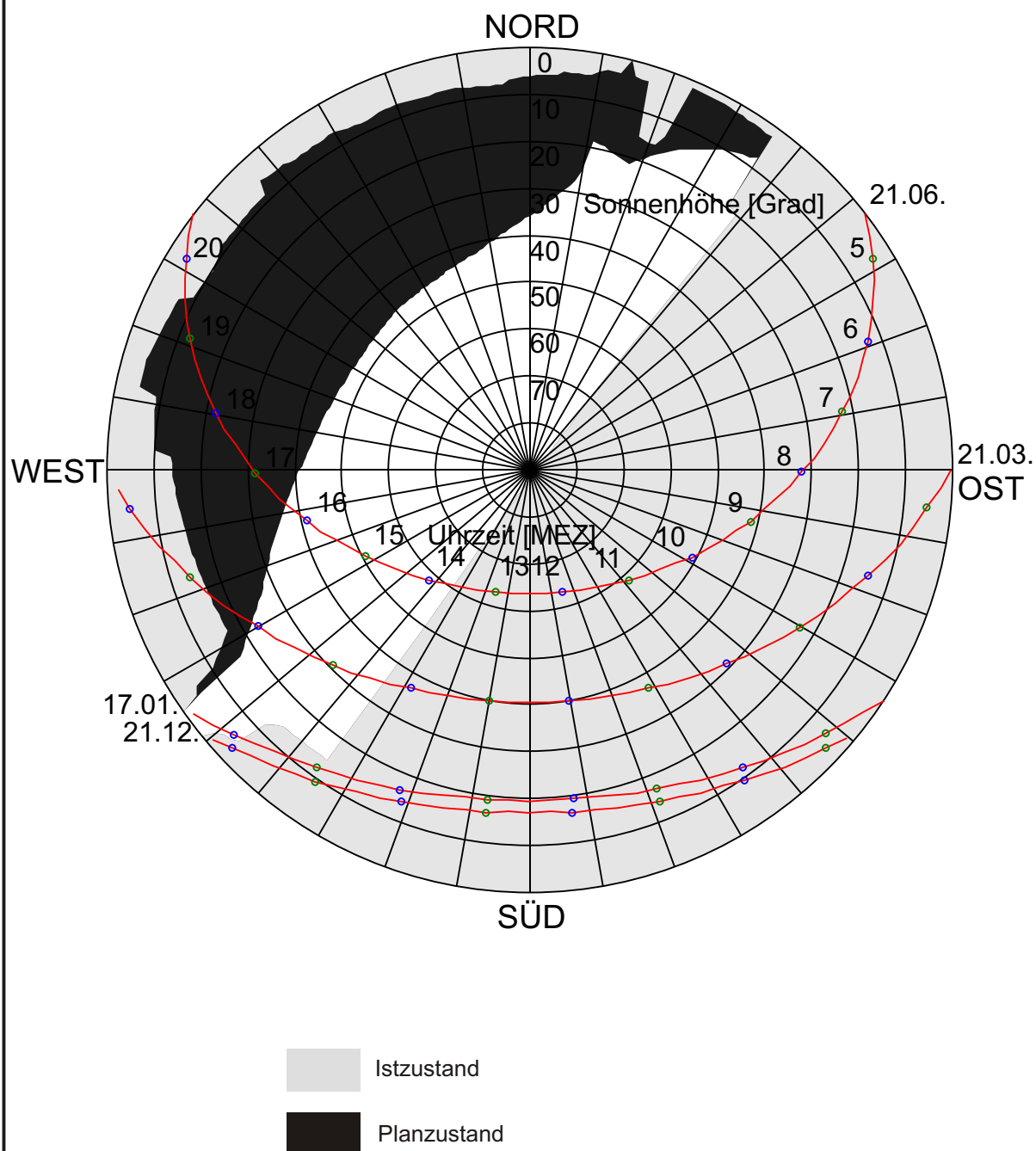


Abb. 8.10: Horizontogramm am 1. OG für Punkt 6.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

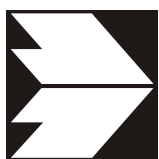
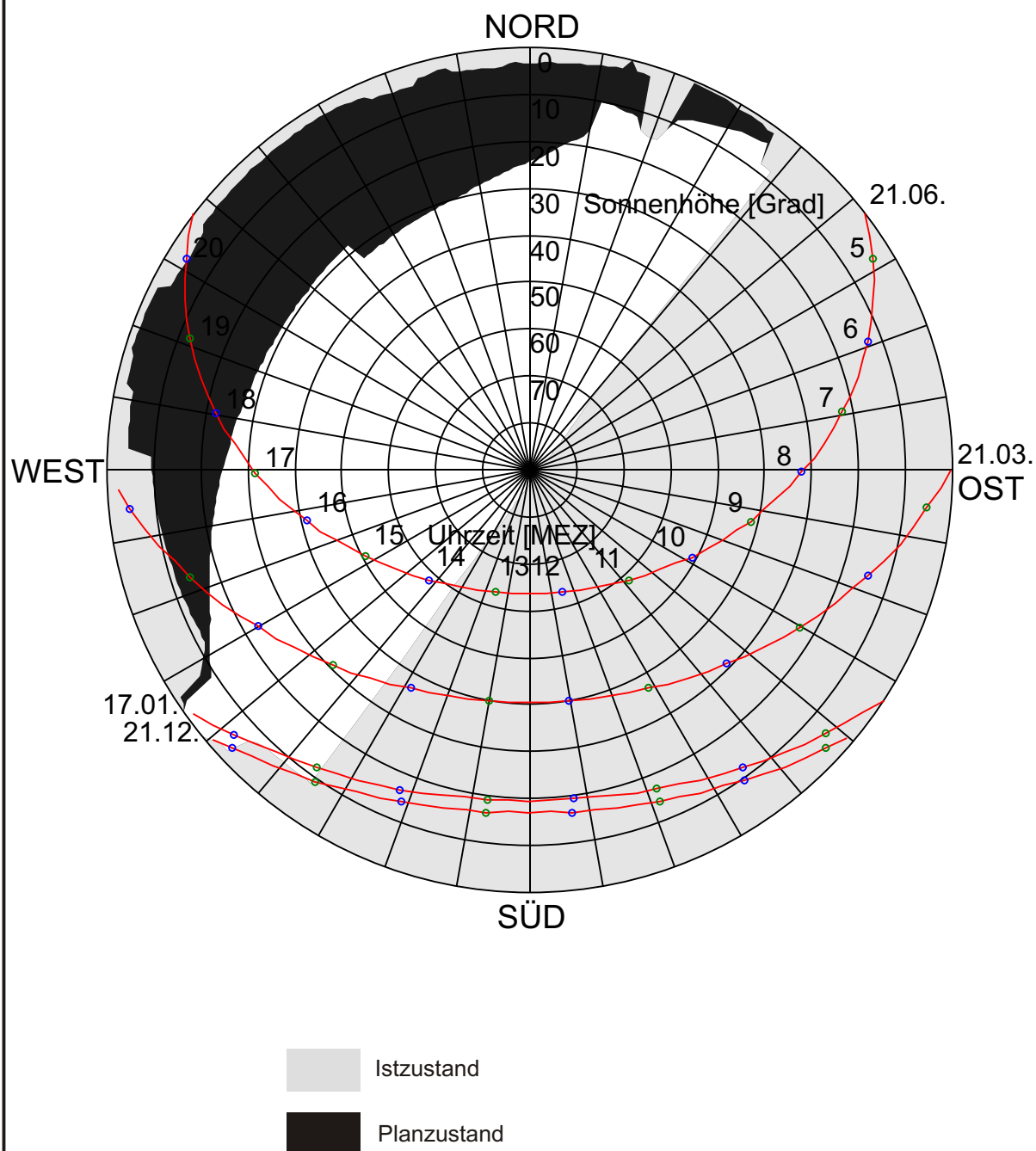


Abb. 8.11: Horizontogramm am 3. OG für Punkt 6.
Dargestellt sind die Horizontlinie und die Sonnenbahnen
an ausgewählten Tagen.

Insgesamt ist bezüglich der Besonnung festzuhalten, dass die geplante Bebauung an den betrachteten Standorten und Stockwerken zu einer zusätzlichen Einschränkung der möglichen täglichen Besonnung führt. An zwei Standorten führt die Planung zu einer Nichteinhaltung des Besonnungskriteriums während es dort derzeit eingehalten werden kann. An anderen Standorten ist trotz Einschränkung der Besonnung durch die geplante Bebauung eine Einhaltung des Besonnungskriteriums möglich. Damit sind auch im Planzustand für Innenstadtvhältnisse von Kaiserslautern übliche Besonnungsverhältnisse zu erwarten, wie am Punkt 1 nördlich des bestehenden Kaufhausgebäudes aufgezeigt.

9 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 22. BImSchV, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241). (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen)
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- CORINAIR (2007): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. EEA (European Environment Agency). Publish date: 05.12.2007. In: Technical report No 16/2007.
- DIN 5034 (1983): Tageslicht in Innenräumen: Allgemeine Anforderungen. DIN 5034, Teil 1. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DIN 5034 (1999): Tageslicht in Innenräumen: Allgemeine Anforderungen. DIN 5034, Teil 1. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

- Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U. (2003): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abschlussbericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Paul Scherrer Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.
www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1.
- GEO-NET (2009): Gesamtstädtische Klimaanalyse und deren planungsrelevanter Inwertsetzung auf Basis einer GIS-gestützten Modellierung von stadtklimatisch und lufthygienisch relevanten Kenngrößen mit dem 3D-Klimamodell FITNAH. Bericht der GEO-NET Umweltconsulting GmbH und Ökplana. Auftraggeber: Stadtverwaltung Kaiserslautern.
- Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994): Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: Staub - Reinhaltung der Luft 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.

- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten, Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt, kommunale ökologische Briefe Nr. 01/05.01.2000, Raabe-Verlag, Berlin.
- Lohmeyer (2001): Validierung von PM10-Immissionsberechnung im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubausbildung von Straßen. Auftraggeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden. Bericht des Ing.-Büro Lohmeyer, Karlsruhe und Dresden, Juni 2001. Herunterladbar unter www.Lohmeyer.de/literatur.htm
- Lohmeyer (2004): Experiences when modelling roadside PM10 concentrations. In: 9th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes at Garmisch-Partenkirchen 1 – 4 June 2004. Hrsg.: Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft (IMK-IFU).
- Lohmeyer (2004a): FE 02.222/2002/LRB, PM10-Emissionen an Außerortsstraßen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach, Projekt 70016-03-10, Berichtsentwurf vom 30.04.2004 (unveröffentlicht).
- Lohmeyer (2004b): Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen. Ingenieurbüro Lohmeyer unter Mitarbeit der IFEU Heidelberg GmbH und der TU Dresden, Institut für Verkehrsökologie, im Auftrag des Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, Projekt 2546, Zwischenbericht vom 26.05.2004.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.
- LUWG (2004-2011): Jahresberichte Immissionen im Internet. Herausgeber: LUWG - Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mainz. www.luwg.rlp.de
- LUG (2011): Zeitreihen der Messdaten der Station Kaiserslautern Rathausplatz bis 2010. Herausgeber: LUG - Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mainz.

Palmgren, F., Wahlin, P., Berkowicz, R., Ketzel, M., Illerup, J.B., Nielsen, M., Winther, M., Glasius, M., Jensen, B. (2003): Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. NERI Technical Report No. 460. Hrsg.: Ministry of Environment – National Environmental Research Institut / Denmark.

http://www.dmu.dk/1_Viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR460.PDF

R+T Topp (2011): Verkehrsuntersuchung Kaiserlautern 2011.

Richter, F., Becker, U., Arndt, R., Schmidt, W. (1997): Bestimmung der verkehrlichen Emissionen aus baulichen PKW-Abstellanlagen in der Dresdner Innenstadt. Studie im Auftrag des Amtes für Umweltschutzes der Stadt Dresden. Hrsg.: Technische Universität Dresden, Inst. für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, Lehrstuhl für Verkehrsökologie.

Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum 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).

TREMOT (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.

UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.1 / Januar 2010. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net. UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“, Oktober 2004.

VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.

A N H A N G A 1
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN
AN KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z.B. Stickoxide (NO_x als Summe von NO und NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO_2), Benzol, Partikel, etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch weder Informationen darüber, welche Schadstoffe die wichtigsten sind, noch einen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung im Einflussbereich einer Straße. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenz- oder Vorsorgewerten lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM_{10} und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 39. BImSchV Toleranzmargen; das sind in jährlichen Stufen abnehmende Werte, um die der jeweilige Grenzwert innerhalb festgesetzter Fristen überschritten werden darf, ohne in Deutschland die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Diese Werte werden als Übergangsbeurteilungswerte bezeichnet, sofern sie aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge in den Betrachtungen der Planungen Berücksichtigung finden.

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden auch Zielwerte für $\text{PM}_{2.5}$, Arsen, Kadmium, Nickel und

Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM10-Fraktion über ein Kalenderjahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	ab 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	seit 2005

Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV (2010) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit der 39. BImSchV in nationales Recht umgesetzt. In der 39. BImSchV wurden u.a. die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben wurden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist. Für davor liegende Jahre werden Toleranzmargen genannt, die hier im Kap. A1.2 beschrieben werden.

A1.2 Vorsorgewerte

Da der Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen mit Grenzwerten allein noch nicht ausreichend ist, um eine Luftschadstoffkonzentration zu charakterisieren, gibt es zusätzlich zu den Grenzwerten so genannte Vorsorgewerte bzw. Zielwerte zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität.

Die 39. BImSchV weist als Zielwert einen PM_{2.5}-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ aus, der bereits heute eingehalten werden sollte und ab dem Jahr 2015 ein Grenzwert wird.

Für den Immissionsgrenzwert für PM_{2.5} von 25 µg/m³ ab dem Jahr 2015 wurde eine Toleranzmarge von 5 µg/m³ erlassen, die sich ab dem 1. Januar 2009 in jährlichen Stufen um ein Siebentel (ca. 0,7 µg/m³) vermindert. Diese Toleranzmarge darf überschritten werden, ohne die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Der jeweilige jährliche Wert wird hier als Übergangsbeurteilungswert bezeichnet.

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m³ im Jahr 2020 erreicht werden.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

Die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit ihrer Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union am 11. Juni 2008 in Kraft getreten. Mit der 39. BImSchV hat die Bundesregierung die EU-Richtlinie weitgehend in nationales Recht umsetzt.

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM_{2.5}-Richtgrenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 wird dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft.

A N H A N G A2

FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des KFZ-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die KFZ-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d.h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BAST (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10%.

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO_x-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10% bis 20% für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein mittlerer Schätzwert von ca. 20% angenommen.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/-20% aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechnenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10%, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Hintergrundbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A3

EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

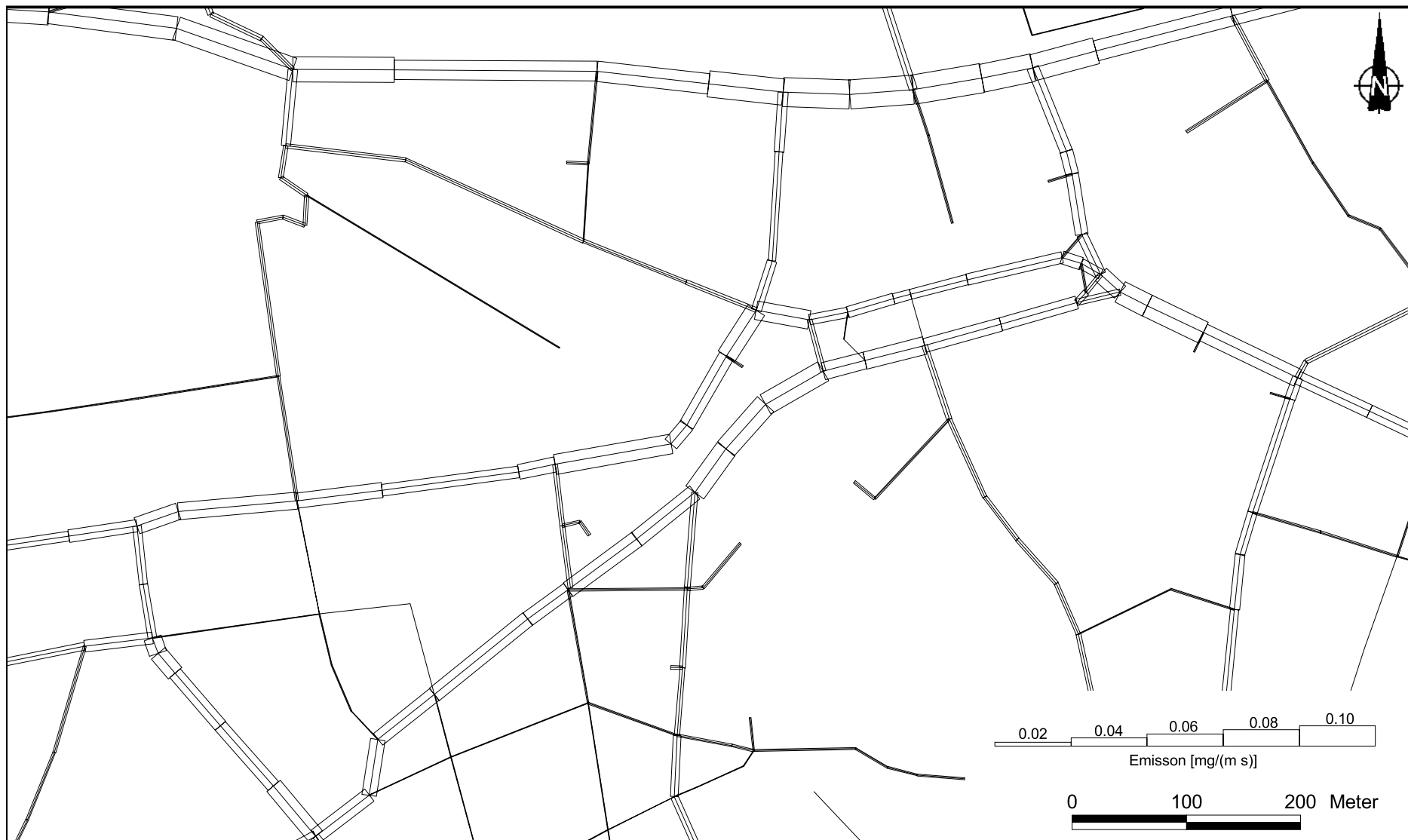


Abb. A3.1: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Analysefall

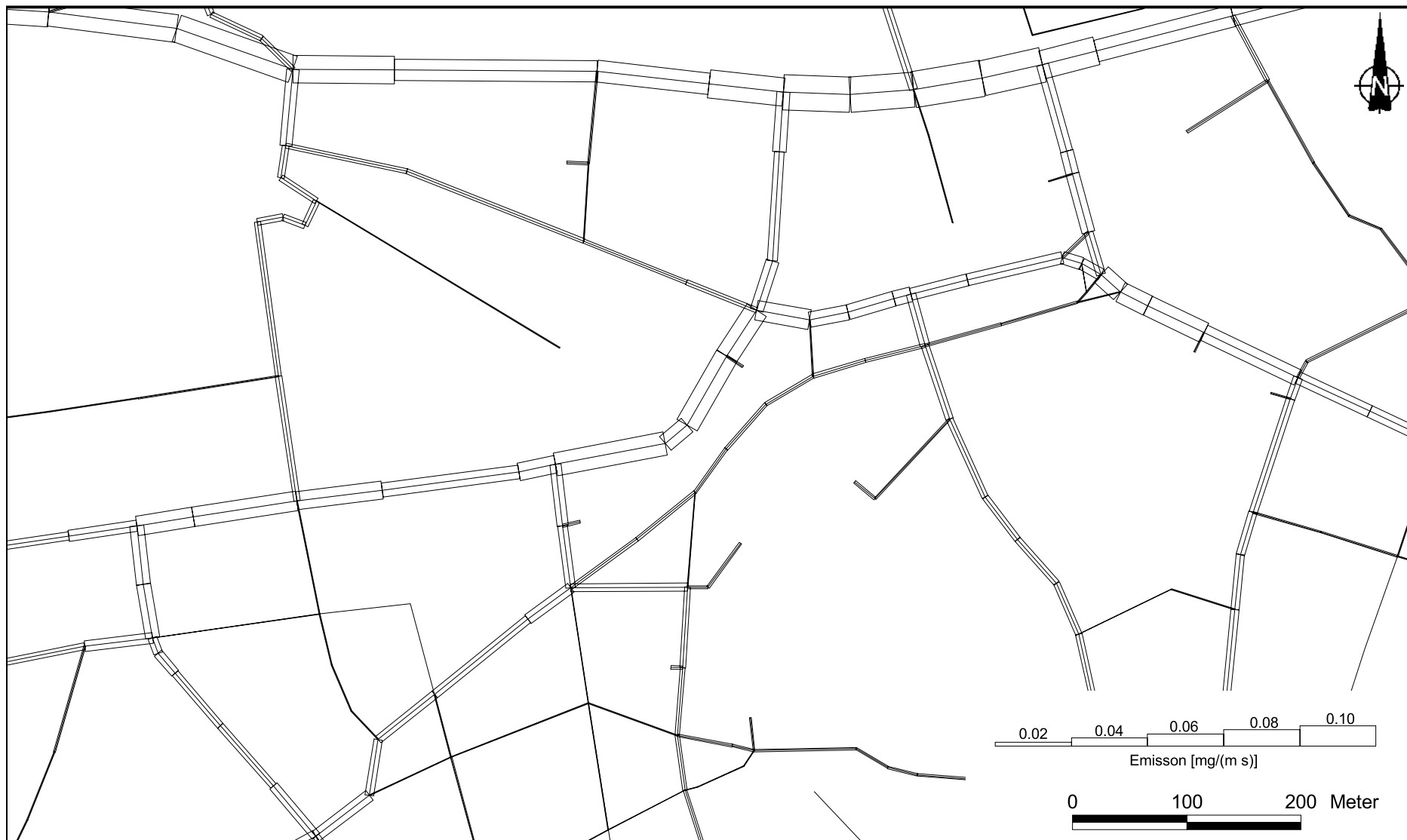


Abb. A3.2: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall

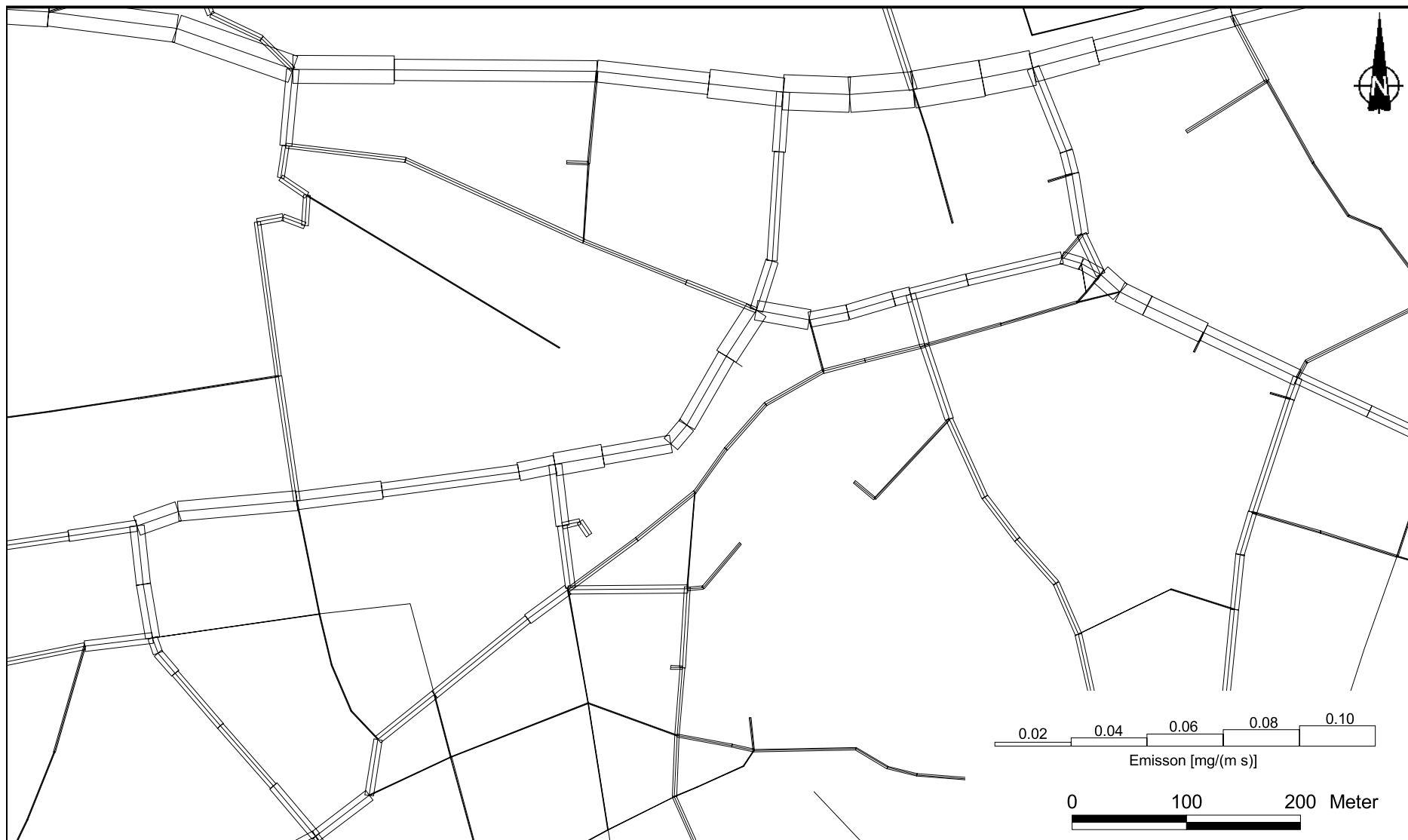


Abb. A3.3: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall

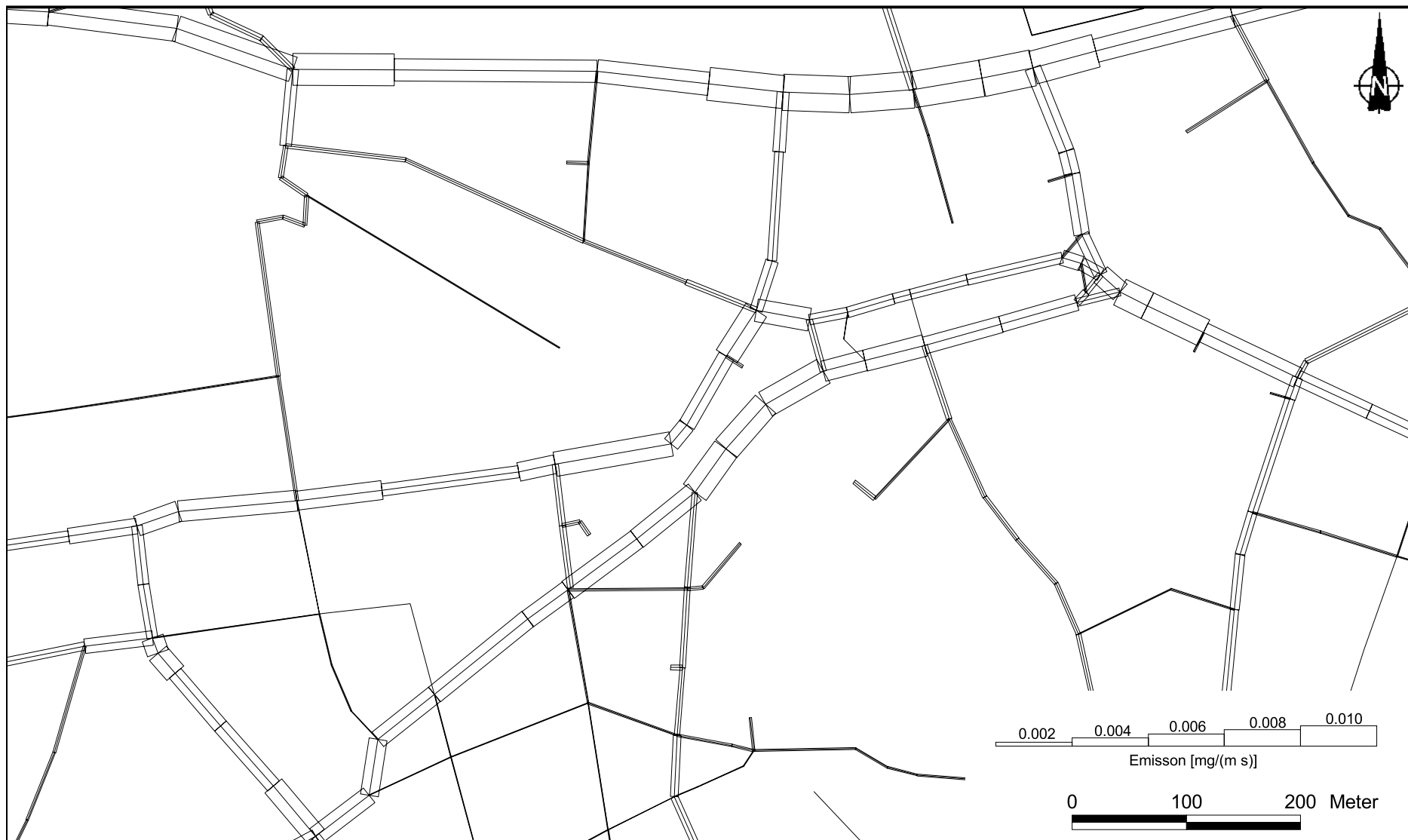


Abb. A3.4: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Analysefall

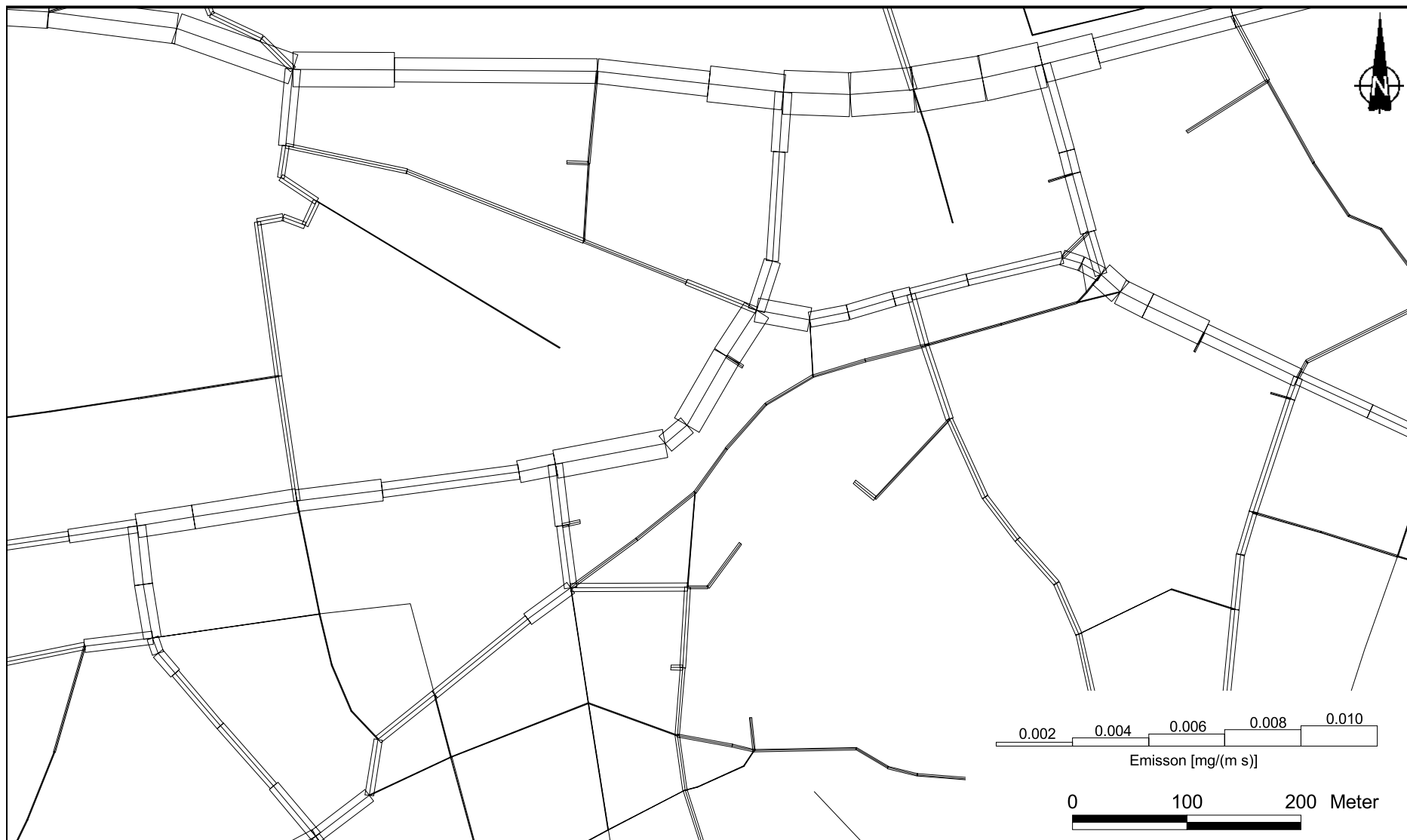


Abb. A3.5: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall

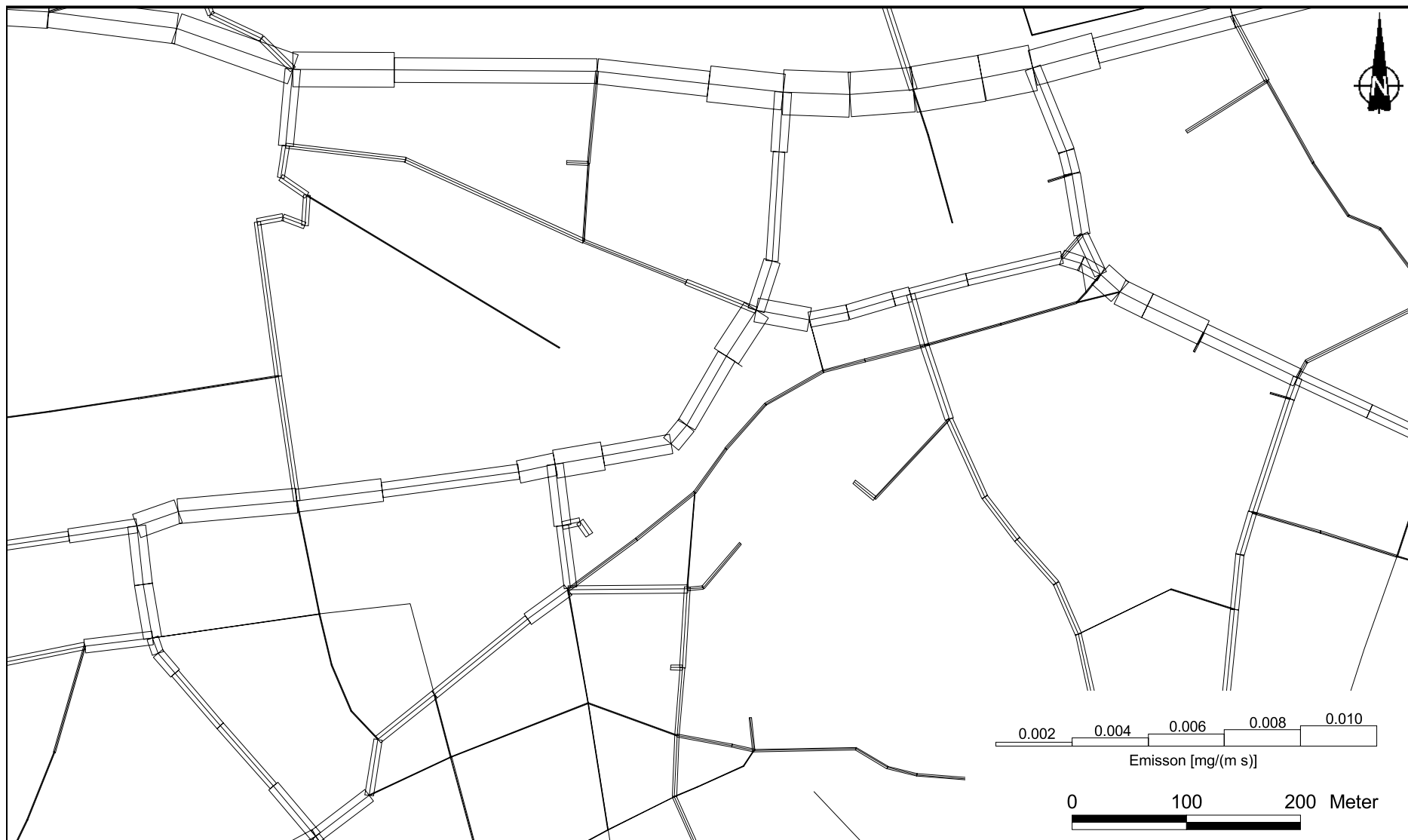


Abb. A3.6: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall

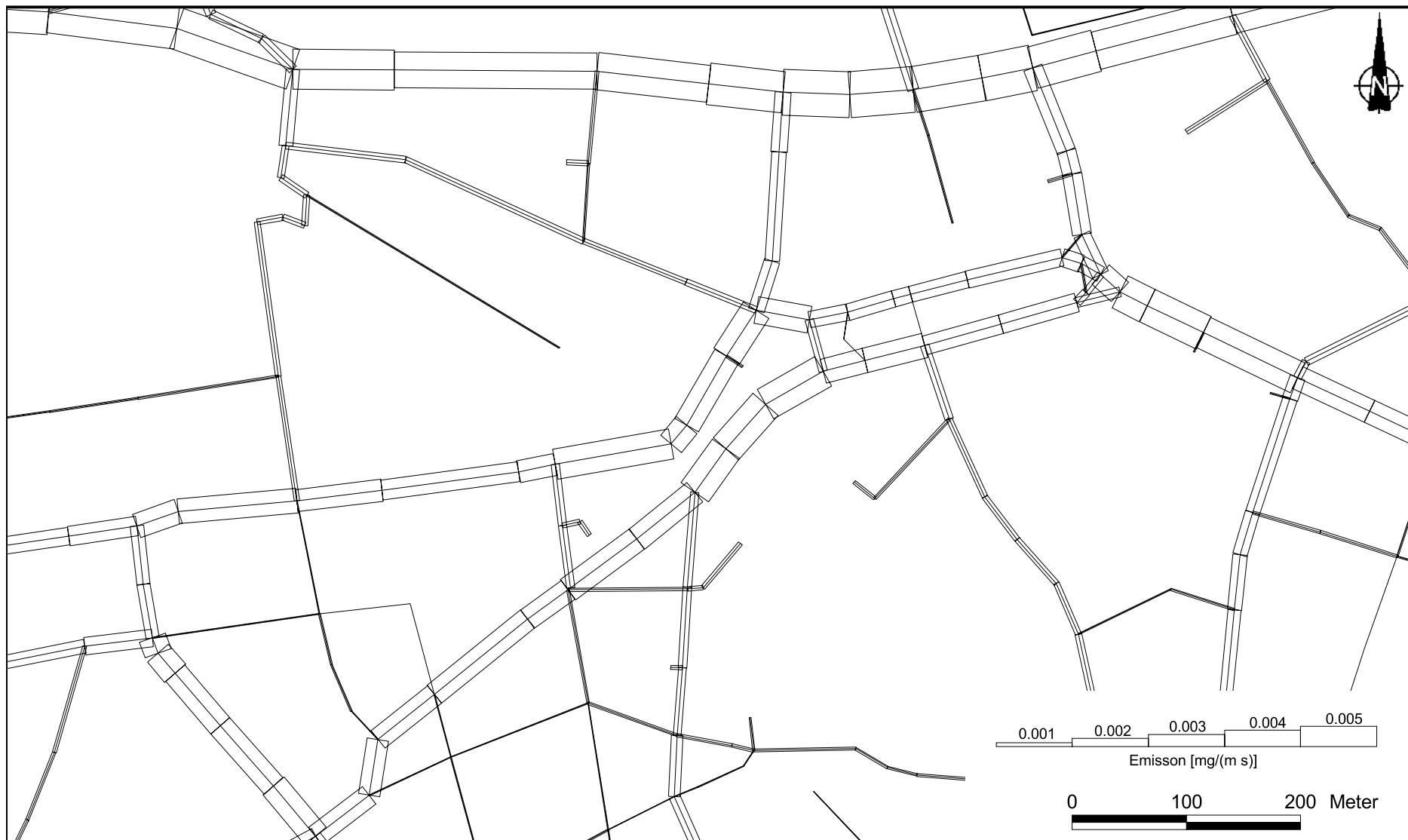


Abb. A3.7: Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Analysefall

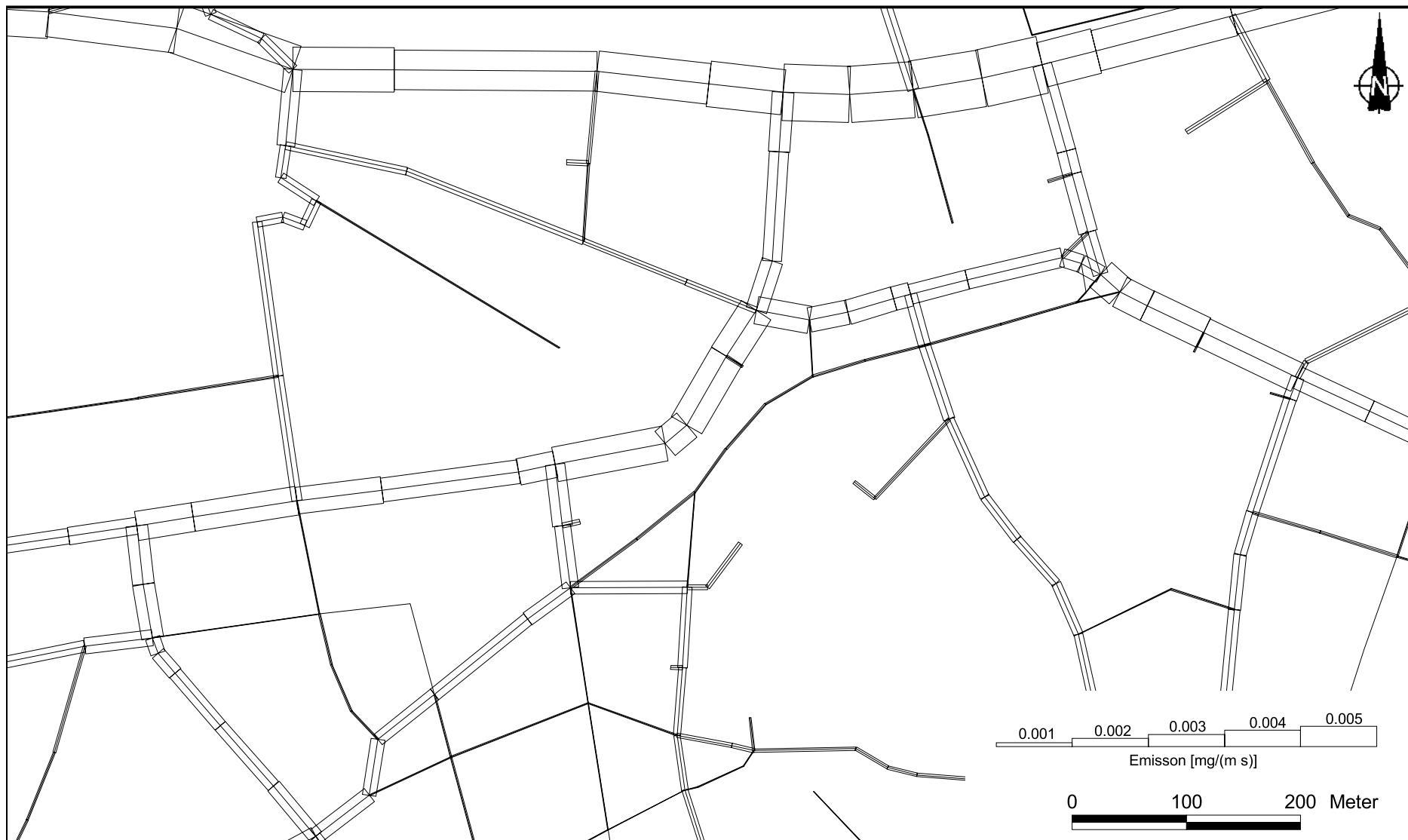


Abb. A3.8: Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall

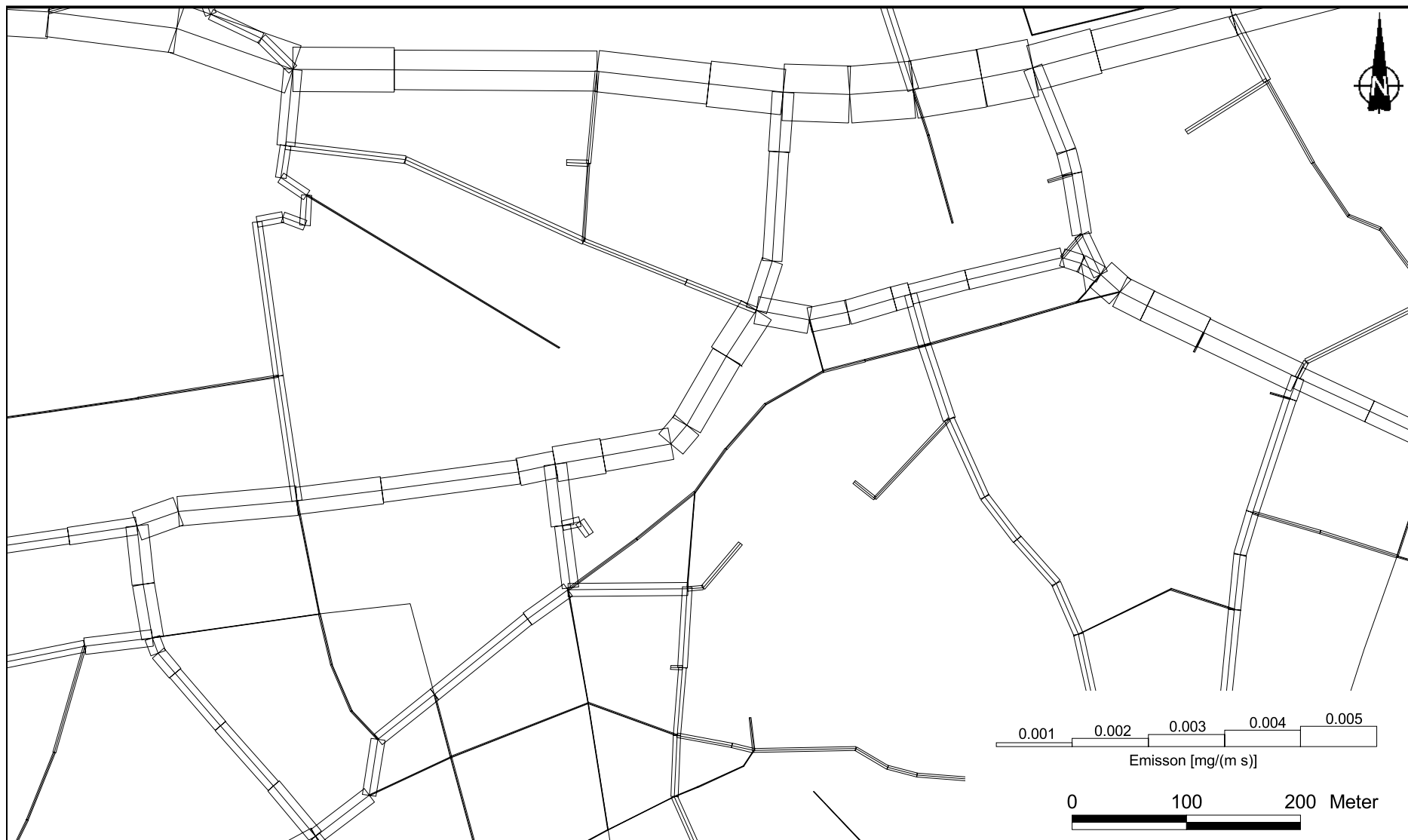


Abb. A3.9: Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall