

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

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

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

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Wolfgang Bächlin

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

ERSTELLUNG VON IMMISSIONSKARTEN FÜR NO₂, PM₁₀ UND PM_{2.5} FÜR BASEL- STADT UND BASEL-LANDSCHAFT

Auftraggeber: Lufthygieneamt beider Basel
Rheinstrasse 44
CH-4410 Liestal

Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dipl.-Ing. H. Lorentz
Dipl.-Umweltwissensch. A. Jost

Dr.-Ing. W. Bächlin

Dezember 2016
Projekt 63105-15-01
Berichtsumfang 55 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | ZUSAMMENFASSUNG | 1 |
| 2 | AUFGABENSTELLUNG | 4 |
| 3 | VORGEHENSWEISE | 5 |
| | 3.1 Beurteilungsmassstäbe für Luftschadstoffe | 5 |
| | 3.2 Berechnungsverfahren..... | 6 |
| | 3.2.1 Berechnungsverfahren für Hauptverkehrsstrassen im gesamten Stadtgebiet | 6 |
| | 3.2.2 Berechnungsverfahren für weitere Emittenten..... | 6 |
| | 3.2.3 Berechnungsverfahren für Detailbetrachtungen | 7 |
| 4 | EINGANGSDATEN | 9 |
| | 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes..... | 9 |
| | 4.2 Meteorologische Daten | 9 |
| | 4.3 Emissionsdaten Mfz-Verkehr | 15 |
| | 4.4 Emissionsdaten Schiffsverkehr..... | 16 |
| | 4.5 Emissionsdaten weitere Emittenten | 16 |
| 5 | IMMISSIONSSITUATION BASEL..... | 19 |
| | 5.1 Gesamtimmissionen NO ₂ | 19 |
| | 5.2 Feinstaubimmissionen (PM ₁₀) | 25 |
| | 5.3 Feinstaubimmissionen (PM _{2.5}) | 29 |
| 6 | IMMISSIONSSITUATION UND BETROFFENHEITSANALYSEN IN DETAILGEBIETEN | 32 |
| | 6.1 Feldbergstrasse | 32 |
| | 6.2 Gundeldinger Quartier | 37 |
| | 6.3 Neubad Quartier | 38 |
| | 6.4 Bereich Zürcherstrasse und Breite | 38 |
| 7 | AUSBLICK ZEITRAUM 2020..... | 39 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8 LITERATUR | 40 |
| A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION | 44 |
| A2 BESCHREIBUNG STRÖMUNGS- UND AUSBREITUNGSMODELL MISKAM . | 50 |
| A3 BESCHREIBUNG STRÖMUNGS- UND AUSBREITUNGSMODELL LASAT | 52 |
| A4 ERLÄUTERUNGEN VON FACHAUSDRÜCKEN | 54 |

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für den Kanton Basel-Stadt liegen für die Hauptverkehrsstrassen an der Randbebauung und flächenhaft Immissionskarten aus dem Jahr 2011/12 vor. Darauf aufbauend war ein Bericht über den Zustand 2015 inklusive Entwicklung aufgrund umgesetzter Massnahmen und eine Ausdehnung auf den Kanton Basel-Land erforderlich.

Die bisherige Datengrundlage für die durch den Kfz-Verkehr resultierenden Beiträge liegt in einer überarbeiteten und erweiterten Form vor. Das betrifft eine komplette Überarbeitung des Verkehrsmodells inklusive verkehrsbedingtem Emissionsmodell. Die für die einzelnen Strassenabschnitte vorliegenden Emissionsdaten für das Bezugsjahr 2015 waren zu berücksichtigen. Weiter liegen teilweise aktualisierte Daten weiterer Emittenten vor.

Aus den Messdaten der langjährig betriebenen Messstationen in Basel und Umgebung sind in den letzten Jahren keine wesentlichen Entwicklungen der immissionsseitigen Jahresmittelwerte festzustellen. Die NO_2 -Konzentrationen an den Standorten, die nicht direkt an Hauptverkehrsstrassen gelegen sind, weisen in Basel-Stadt etwas höhere Konzentrationen gegenüber den umliegenden Bereichen von Basel-Landschaft auf.

Die Immissionsberechnungen für das gesamte Gebiet der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft wurden als flächenhafte Darstellungen im 25 m Raster durchgeführt. Daraus ist abzuleiten, dass sich die Bereiche mit hohen NO_2 -Immissionen über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überwiegend auf die Nahbereiche der Hauptverkehrsstrassen beschränken und überwiegend in Basel-Stadt anzutreffen sind. Im Kanton Basel-Landschaft sind nur an wenigen Hauptverkehrsstrassen und an Tunnelportalen hohe NO_2 -Konzentrationen berechnet, wie im östlichen Bereich im Zuge der nach Süden verlaufenden Autobahn A 2 und in den Portalbereichen des Chienbergtunnels im Zuge der Autobahn A 22 bei Sissach.

In Basel-Stadt sind neben der Umgebung der Autobahnen, wie der aus östlicher Richtung kommenden Autobahn A 3 und deren Weiterführung nach Norden mit der Autobahn A 2 und der A 5, auch an städtischen Hauptverkehrsstrassen NO_2 -Konzentrationen über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Entlang dem Rhein trägt der Schiffsverkehr zu erhöhten NO_2 -Immissionen bei; die Beiträge der anderen Quellen sind überwiegend als gering zu bezeichnen. Gleichermassen ist festzustellen, dass in weiten Bereichen mit Wohnnutzungen NO_2 -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet sind.

Aus diesen Ergebnissen wurde in Form einer Betroffenheitsanalyse der Anteil der Einwohner in Wohngebäuden beschrieben, die von NO_2 -Konzentrationen über den Schwellen von 30

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betroffen sein können. Von den hohen NO_2 -Konzentrationen sind insbesondere die Anwohner in der Randbebauung von sehr stark frequentierten Hauptverkehrsstrassen betroffen. Dies trifft im Kanton Basel-Landschaft in deutlich geringerem Umfang gegenüber dem Kanton Basel-Stadt zu.

| | Basel-Stadt | Basel-Landschaft | Basel gesamt |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Bevölkerung | 199 040 | 287 960 | 487 000 |
| Betr. Bevölkerung $\text{NO}_2 > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 30.5% | 4.3% | 15.0% |
| Betr. Bevölkerung $\text{NO}_2 > 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 13.2% | 2.0% | 6.6% |

Tab. 1.1: Betroffenheitsanalyse NO_2 für Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Basel gesamt für den Zeithorizont 2015

Für Feinstaub beschränken sich Bereiche mit erhöhten PM_{10} -Immissionen auf die Nahbereiche der Hauptverkehrsstrassen und sind überwiegend in Basel-Stadt anzutreffen. Im Kanton Basel-Landschaft sind nur an wenigen Hauptverkehrsstrassen und an Tunnelportalen gegenüber der Umgebung erhöhte PM_{10} -Konzentrationen berechnet, wie im östlichen Bereich im Zuge der nach Süden verlaufenden Autobahn A 2, in den Portalbereichen des Chienbergtunnels im Zuge der Autobahn A 22 bei Sissach sowie südlich von Basel-Stadt entlang der Autobahn A 18 im Kanton Basel-Landschaft. Für den Bereich von Basel-Stadt zeichnen sich neben der Umgebung der Autobahnen A 3, A 2 und A 5 auch an städtischen Hauptverkehrsstrassen PM_{10} -Konzentrationen über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab. Der Schiffsverkehr auf dem Rhein trägt auch zur PM_{10} -Immission bei. Damit sind für PM_{10} keine hohen Anteile der Anwohner von Konzentrationen über dem PM_{10} -Jahresmittelgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betroffen.

| | Basel-Stadt | Basel-Landschaft | Basel gesamt |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Bevölkerung | 199 040 | 287 960 | 487 000 |
| Betr. Bevölkerung $\text{PM}_{10} > 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 11.4% | 3.3% | 6.6% |

Tab. 1.2: Betroffenheitsanalyse PM_{10} für Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Basel gesamt für den Zeithorizont 2015

Für Feinstaubkonzentrationen PM_{2.5} liegen wenige Messdaten für Basel vor und damit sind bei einer angesetzten Hintergrundbelastung von 9 µg/m³ die berechneten Konzentrationen als Orientierungswerte aufzufassen. Bereiche mit erhöhten PM_{2.5}-Immissionen beschränken sich auf die Nahbereiche der Hauptverkehrsstrassen und sind überwiegend in Basel-Stadt anzutreffen. Im Kanton Basel-Landschaft sind nur an wenigen Hauptverkehrsstrassen und an Tunnelportalen gegenüber der Umgebung erhöhte PM_{2.5}-Konzentrationen berechnet. In Basel-Stadt ist flächenhaft ein zusätzlicher PM_{2.5}-Beitrag von mindestens 1 µg/m³ berechnet, der im Nahbereich der Hauptverkehrsstrassen auch höher ausfällt; neben der Umgebung der Autobahnen zeichnen sich auch an städtischen Hauptverkehrsstrassen PM_{2.5}-Konzentrationen über 12 µg/m³ ab. Der Schiffsverkehr auf dem Rhein trägt in vergleichbarer Intensität zu den Hauptverkehrsstrassen zur PM_{2.5}-Immission bei.

Für ausgewählte Detailbereiche von Basel-Stadt, für die im letzten Luftreinhalteplan Minderungsmaßnahmen aufgeführt wurden, erfolgten erneut bezüglich den NO₂-Jahresmittelwerten Betroffenheitsanalysen. Danach werden weiterhin für deutliche Anteile der Einwohner hohe Belastungen abgeleitet, die die Erforderlichkeit der Umsetzung der Massnahmen bekräftigen.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für den Kanton Basel-Stadt liegen für die Hauptverkehrsstrassen an der Randbebauung und flächenhaft Immissionskarten aus dem Jahr 2011/12 vor. Jetzt ist ein Bericht über den Zustand 2015 inklusive Entwicklung aufgrund umgesetzter Massnahmen gefordert. Weiterhin ist eine Ausdehnung auf den Kanton Basel-Land erforderlich.

Die bisherige Datengrundlage für die durch den Kfz-Verkehr resultierenden Beiträge liegt in einer aktuell überarbeiteten und erweiterten Form vor. Das betrifft eine komplette Überarbeitung des Verkehrsmodells inklusive verkehrsbedingtem Emissionsmodell. Die für die einzelnen Strassenabschnitte vorliegenden Emissionsdaten für das Bezugsjahr 2015 sind zu berücksichtigen.

Weiter liegen teilweise aktualisierte Daten weiterer Emittenten vor, die bei der Überlagerung zur Gesamtbelastung zu integrieren sind.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Mfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Durch den Vergleich der berechneten Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Mfz-Verkehr relevant sind v.a. Grenzwerte für NO₂ und PM10 sowie PM2.5.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Strassenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide sowie Feinstaubpartikel (PM10, PM2.5).

3.1 Beurteilungsmassstäbe für Luftschadstoffe

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt, die in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) der Schweiz genannt werden. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

| Schadstoff | Zahlenwert in µg/m ³ | |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Jahresmittel | Kurzzeit |
| NO ₂ | 30 | 100 (95% der 1/2-h-Mittelwerte eines Jahres $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 80 (24-Stundenmittelwert, darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden) |
| PM10 | 20 | 50 (Tagesmittelwert, maximal 1 Überschreitung/Jahr) |

Tab. 3.1: Beurteilungsmassstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach Luftreinhalte-Verordnung (LRV) der Schweiz (2010)

Für PM2.5 liegt in der Schweiz kein nationaler Grenzwert vor; allerdings wird von der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL) die Verankerung des von der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2005) empfohlenen Grenzwertes für PM2.5 von 10 µg/m³ im Jahresmittel vorgesehen.

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert.

3.2 Berechnungsverfahren

3.2.1 Berechnungsverfahren für Hauptverkehrsstrassen im gesamten Stadtgebiet

Für das gesamte Betrachtungsgebiet wird das Strassennetzmodell PROKAS (siehe Anhang A1) unter Berücksichtigung von lokal repräsentativen Windverhältnissen angewendet; mit diesem Verfahren können Strassennetze, in typisierter Form Randbebauung und Lärmschutzbauten bei gleichzeitig emittierendem gesamten Strassennetz berücksichtigt werden. Die Immissionen werden linienhaft für die Hauptverkehrsstrassen bzw. flächenhaft für interessierende Bereiche berechnet, wobei die Beiträge aller Teilabschnitte des Hauptverkehrsstrassennetzes eingehen. Mit diesem Berechnungsverfahren wird die Gebäudeumströmung nicht explizit berechnet, d.h. an der Strassen abgewandten Gebäudeseite werden die Immissionsbeiträge der Strasse eher etwas überschätzt, da die abschirmende Wirkung des Gebäudes nicht einfließt. Für die Immissionsberechnung der Strassenabschnitte mit Randbebauung werden die entsprechenden Emissionen in diesem Abschnitt auf eine Linie zusammengezogen.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Emissionen werden für das Jahr 2015 die von den Kraftfahrzeugen verkehrsbedingten Schadstoffzusatzbelastungen für die einzelnen Strassenabschnitte ermittelt. D.h. unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik) und der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Strassen innerhalb des Untersuchungsgebietes werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A1) ist in der Lage, sämtliche in **Abb. 4.1** dargestellten Strassenzüge gleichzeitig mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

Dieser jahresbezogenen 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 Messstandorten abgeschätzt.

3.2.2 Berechnungsverfahren für weitere Emittenten

Für die Emittenten Schiffsverkehr, Gewerbe/Industrie und Hausbrand werden die Emissionen entsprechend ihrer Freisetzungshöhe einer Ausbreitungsrechnung mit dem dreidimensi-

onalen Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT (Lagrangemodell in Erweiterung des Modells der TA Luft, www.janicke.de) zugeführt. Die Auswertungen der berechneten Immissionen erfolgen in einem Raster mit einer horizontalen Maschenweite von 25 m. Die Zusatzbelastungen dieser Emittentengruppen werden den verkehrsbedingten Zusatzbelastungen überlagert.

3.2.3 Berechnungsverfahren für Detailbetrachtungen

Mit den beschriebenen Berechnungsverfahren werden die Immissionen für das gesamte Stadtgebiet von Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Überblick dargestellt. In Teilbereichen weisen die örtlichen Gegebenheiten Besonderheiten auf bzw. sind Aussagen über die von den Hauptverkehrsstrassen abgewandten Wohnbereiche von Interesse, die mit dem verwendeten Berechnungsverfahren nur annähernd berücksichtigt werden können und als konservativer Ansatz zu bezeichnen sind.

Für solche Teilbereiche 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 Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und digitalen Daten entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster und Höhendaten werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter für die Teilbereiche wird an den zu betrachtenden Ausschnitt angepasst und besteht aus bis zu 338 x 298 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung bis zu ca. 1 200 m x 1 000 m. Es wird ein nicht äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der interessierenden Bereiche horizontal eine feine Auflösung von ca. 2 m aufweist und nach aussen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 38 Ebenen bis in eine Höhe von 470 m über Grund, wobei die Ebenen in Bodennähe fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Die Emissionen des Mfz-Verkehrs werden in das Rechengitter übertragen und mit den oben erwähnten Windfeldern der Ausbreitungsrechnung dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM zugeführt. Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassen-

statistik) und der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Strassen innerhalb des Teilgebietes werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet.

Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Teilgebietes, werden die grossräumig vorhandene Hintergrundbelastung und die Beiträge des umliegenden Strassennetzes aus den Strassennetzberechnungen sowie der anderen rechnerisch erfassten Emittenten überlagert.

4 EINGANGSDATEN

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem Stadtgebiet von Basel-Stadt und dem südlich anliegenden Kanton Basel-Landschaft im Nordwesten der Schweiz wird durch die topografischen Gegebenheiten geprägt. Wesentliche Siedlungsbereiche von Basel-Stadt liegen im Rheintal, das aus Osten vom Bodensee kommend bei Basel nach Norden in den Oberrheingraben schwenkt. Im Kanton Basel-Landschaft befindet sich der Grossteil der Siedlungsbereiche in Tallagen. **Abb. 4.1** zeigt auf der Grundlage der Topografischen Karte die Grenzen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft und die berücksichtigten Hauptverkehrsstrassen. Ergänzend sind in dieser Abbildung die Lagen der Tunnelstrecken eingezeichnet. In **Abb. 4.2** sind die Geländehöhen im Untersuchungsgebiet und die Gebäude aufgezeigt.

4.2 Meteorologische Daten

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

In Basel-Stadt und dessen Umgebung werden mehrere Windmessstationen betrieben, für die kontinuierlich erfasste Winddaten vorliegen. Für die weitere Umgebung liegen Windmessdaten aus einer vorhergehenden Messkampagne der Jahre 1991 bis 1992 vor, die in **Abb. 4.3** für Basel-Landschaft als Windrosen dargestellt sind. In den Talbereichen in Basel-Landschaft zeichnen sich lokal geprägte, der Talorientierung folgende Windrichtungsverteilungen mit durchweg geringer mittlerer Windgeschwindigkeit ab.

Für Basel-Stadt lassen sich aus den Windrosendarstellungen als Hauptwindrichtungen östliche Winde ablesen, die durch die lenkende Wirkung des Rheintals, flankiert von den Geländeanstiegen des Schwarzwaldes und des Juras dominiert werden. Winde aus südwestlichen, westlichen und nordwestlichen Richtungen weisen ebenfalls hohe Häufigkeiten auf und entsprechen damit den häufig vorkommenden Westwinden dieser Region. Die breite Öffnung des Reliefs zwischen dem südlich anschliessenden Jura und den nördlich gelegenen Vogesen mit der Burgundischen Pforte und dem Sundgau, d.h. mit moderaten Geländeerhebungen, bewirken keine intensive Kanalisierung der bodennahen Winde, sodass der gesamte Sektor von südwestlichen, westlichen bis nordwestlichen Richtungen deutliche Häufigkeiten aufweist.

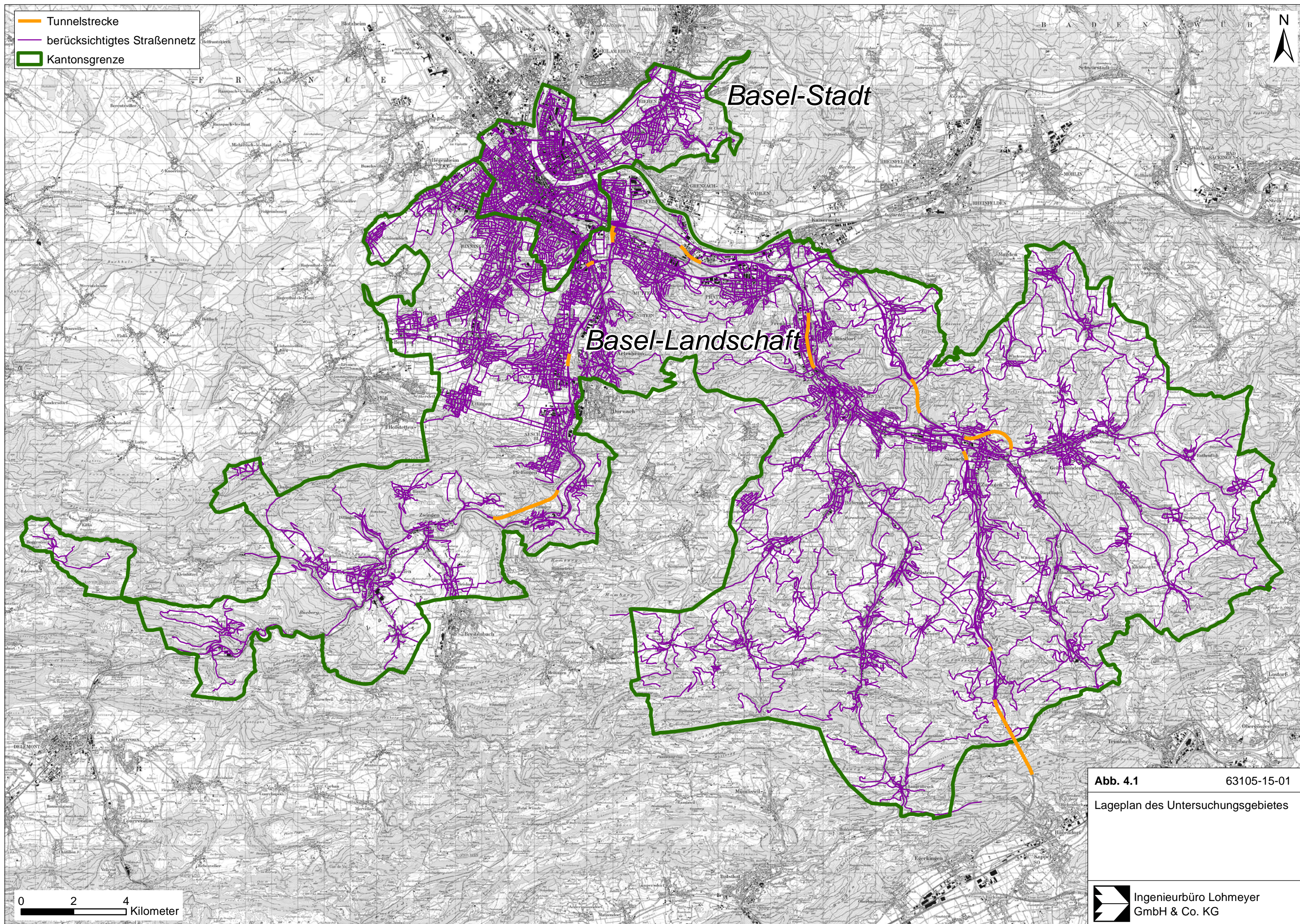


Abb. 4.1 63105-15-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes

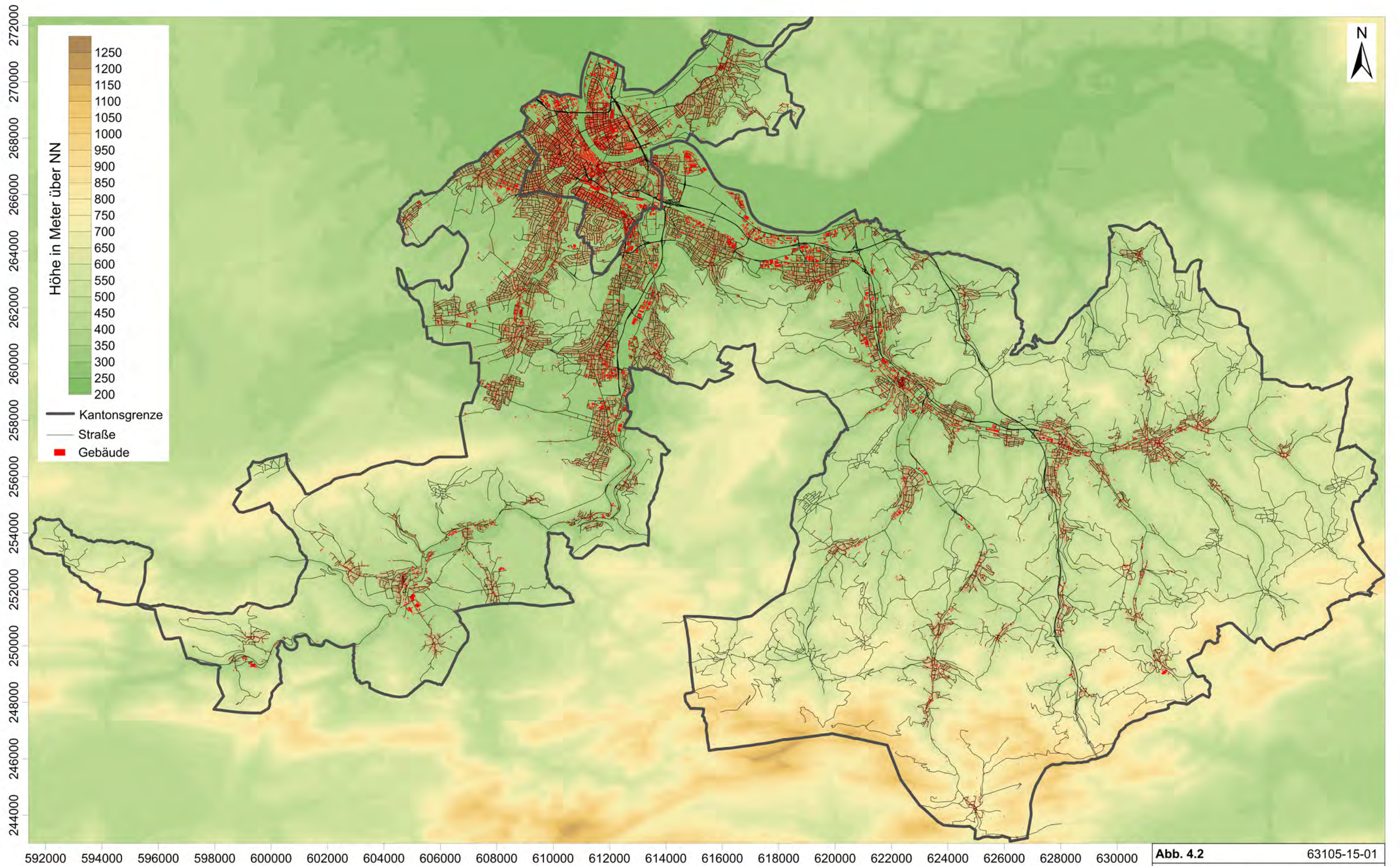

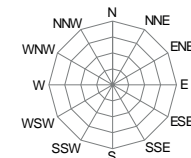


Abb. 4.2 63105-15-01
Lageplan des Untersuchungsgebietes
mit Geländehöhen

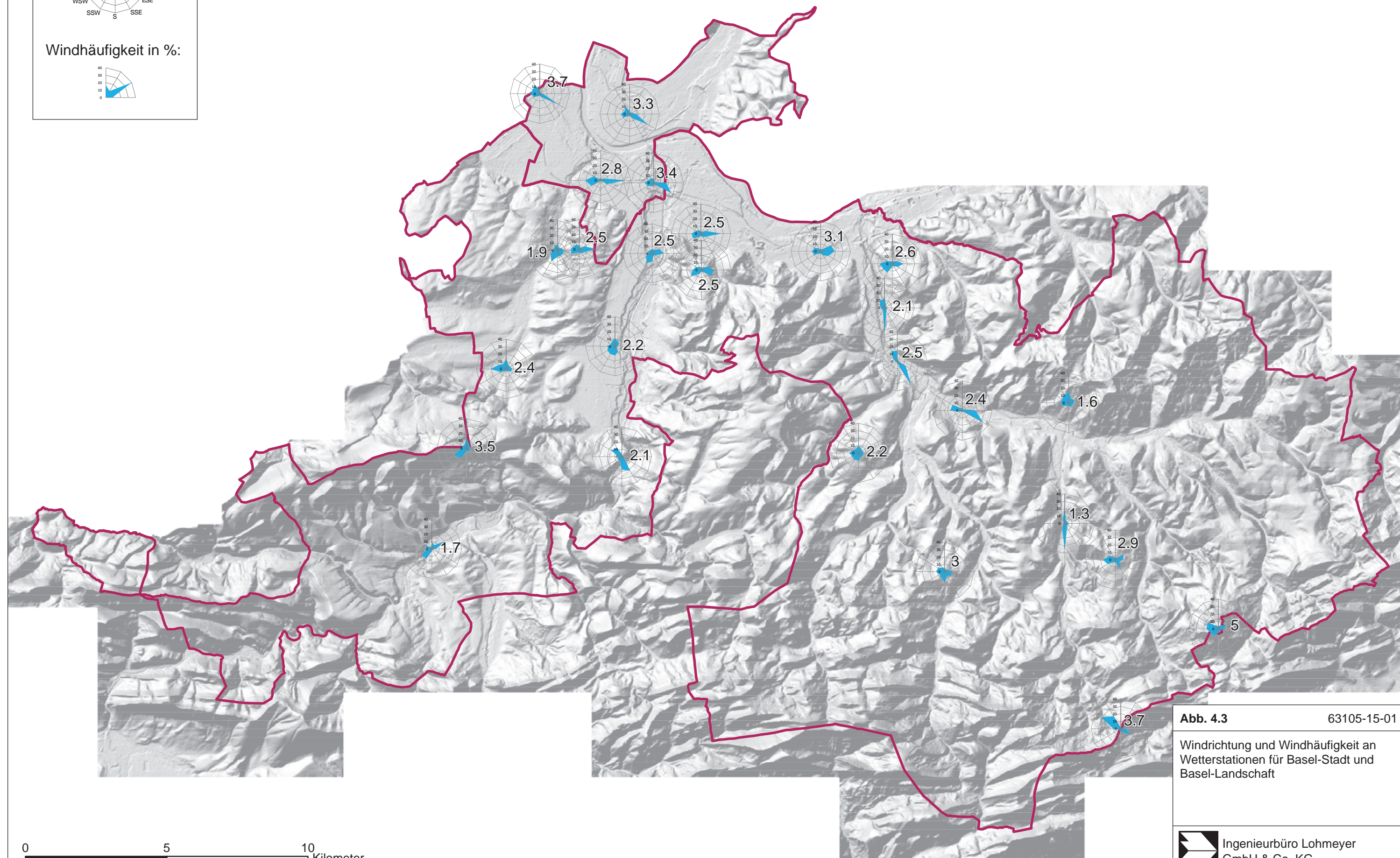
 Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG



Windrichtung:




Windhäufigkeit in %:



0 5 10 Kilometer

Abb. 4.3 63105-15-01

Windrichtung und Windhäufigkeit an
Wetterstationen für Basel-Stadt und
Basel-Landschaft

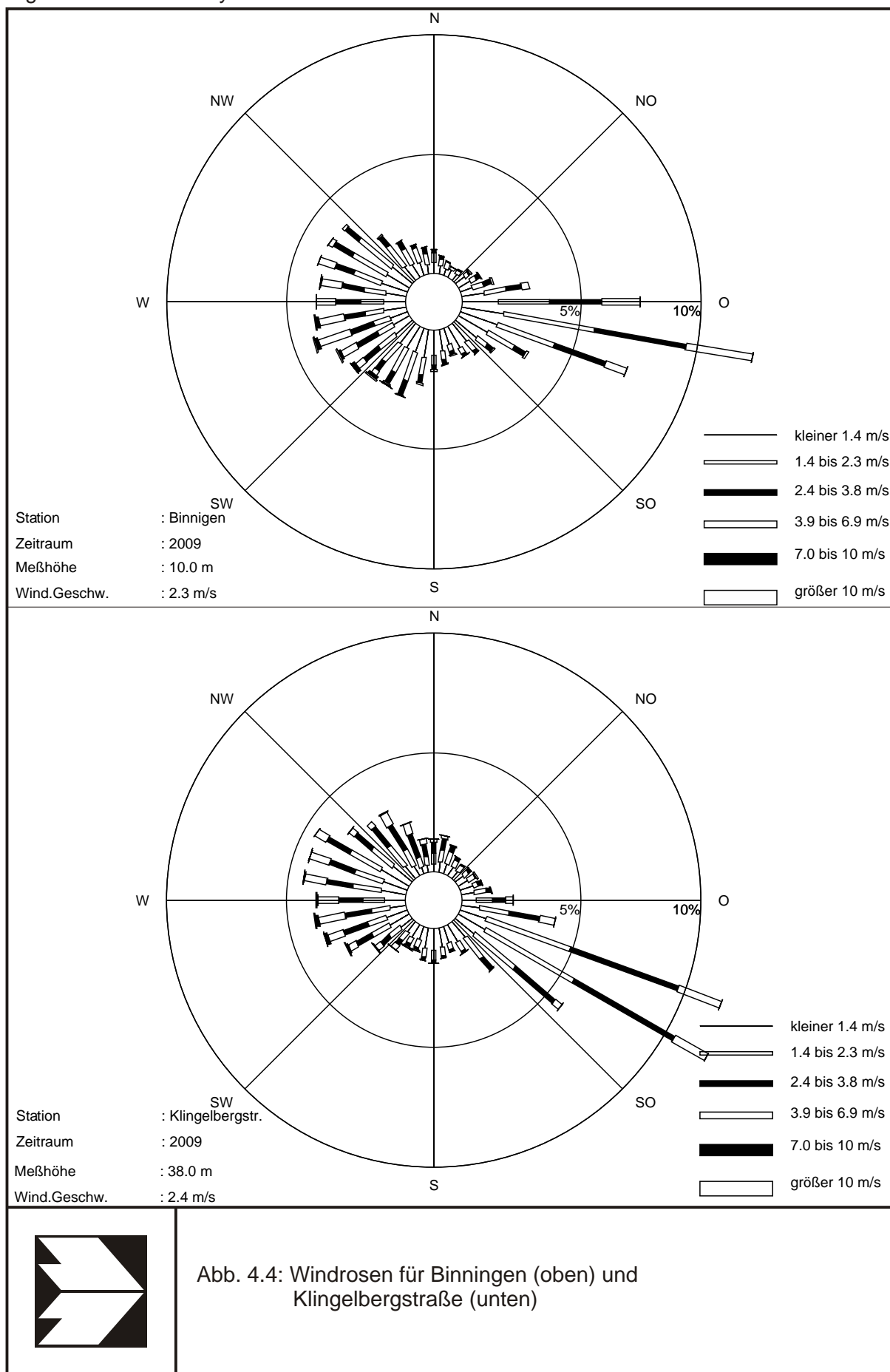
 Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

Insbesondere an den Stationen im Kanton Basel-Landschaft wirkt sich das Relief modifizierend auf die erfassten Windrichtungshäufigkeiten aus, wie beispielsweise südlich von Basel-Stadt an den Stationen im Tal der Fliessgewässer Birsig und Birg, indem dort erhöhte Häufigkeiten aus südlichen bzw. süd-südwestlichen Richtungen entsprechend der Talausrichtungen erfasst werden. Die erfasste Windlenkung durch das Relief zeigen die Windrosen im östlichen Bereich des Kantons Basel-Landschaft, wie im Tal des Fliessgewässers Ergol bei Liestal und östlich davon sowie des Fliessgewässers Diegterbach aus südlicher Richtung bei Tenniken, während die Windrosen in den höheren Bereichen neben der hohen mittleren Windgeschwindigkeit weniger gerichtete Windrosen aufweisen.

An der Messstation bei Weil am Rhein nördlich von Basel führt die Lage im Tal des Fliessgewässers Wiese zu einer erhöhten Häufigkeit nord-nordöstlicher bis nordöstlicher Windrichtungen. Innerhalb des Stadtgebietes von Basel führt an einigen Stationen die umliegende Bebauung zu Windlenkungen, womit die räumliche Repräsentanz dieser Stationen nur auf sehr kleinräumige Teilbereiche zutrifft.

Für Basel-Stadt sind exemplarisch in **Abb. 4.4** die Stärkewindrosen der Station Binnigen am südwestlichen Rand von Basel-Stadt in einem parkartigen Gelände und der Station Klingelbergstrasse im Innenstadtbereich über dem Dachniveau dargestellt. An der Station Binnigen zeichnen sich als Hauptwindrichtung östliche bzw. ost-südöstliche Winde ab, entsprechend der Ausrichtung des Rheintals bzw. des Juras. Weitere häufig vorkommende Windrichtungen erstrecken sich über die Richtungssektoren von Süd-Südwesten, Westen bis Nordwesten, wobei die höchsten Windgeschwindigkeiten bei Winden aus Südwesten bis Westen erfasst sind. Die Häufigkeit der süd-südwestlichen Windrichtung steht im Zusammenhang mit der Ausrichtung des Tals im Zuge des Fliessgewässers Birsig und des nach Norden abfallenden Geländes. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit ist in der Messhöhe mit ca. 2.3 m/s erfasst.

An der Station Klingelbergstrasse werden die Windmessdaten in ca. 38 m über dem Gelände, d.h. über dem städtischen Dachniveau erfasst. Dort zeichnen sich als Hauptwindrichtung ost-südöstliche Winde ab, entsprechend der Ausrichtung des dort verschwenkenden Rheintals. Weitere häufig vorkommende Windrichtungen erstrecken sich über die Richtungssektoren von West-Südwesten, Westen bis Nordwesten, wobei die höchsten Windgeschwindigkeiten bei Winden aus Südwesten bis Westen erfasst sind. Trotz der Messhöhe über dem Dachniveau wirkt sich die umliegende Bebauung auch auf die Windrichtungshäufigkeiten aus. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit ist im Überdachniveau mit ca. 2.4 m/s erfasst.



Für die Station A2 Hard wurden neben den Windmessdaten auch Messwerte der Globalstrahlung und der Temperaturen in unterschiedlichen Höhen zur Verfügung gestellt. Mit diesen Daten wurde in Anlehnung an die von Öttl (2009) beschriebene Vorgehensweise eine Zuordnung zu den Ausbreitungsklassen ausgearbeitet, die auch auf die Stationen in Basel-Stadt Anwendung finden. Damit liegen für die Ausbreitungsrechnungen auch die erforderlichen Ausbreitungsklassenstatistiken vor.

4.3 Emissionsdaten Mfz-Verkehr

Für die Ausarbeitungen wurde durch den Auftraggeber ein differenziertes Strassennetz nach Fahrtrichtung und Fahrspuren untergliedert mit den entsprechenden Jahresmengen der Emissionen der Schadstoffe, die mithilfe der Emissionsdatenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (BAVU, 2014) unter Berücksichtigung der Mfz-Flotte für die Schweiz berechnet wurden, übergeben. Darin enthalten sind auch Angaben des Strassenverkehrs für Abrieb und Aufwirbelung der Feinstaubpartikel (PM₁₀), die nicht im HBEFA enthalten sind. Daraus wurden für die Schadstoffe NO_x, PM₁₀ und PM_{2.5} die mittleren Emissionsdichten ausgedrückt in Milligramm pro Meter und Sekunde (mg/(m s)) abgeleitet, um lagegenaue Freisetzungen bei der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen. Die Emissionen der Tunnelabschnitte wurden auf die Portalbereiche entsprechend der vorliegenden Informationen zu den Tunnelentlüftungskonzepten verteilt.

Für die Immissionsberechnungen wurden die Geometriedaten ausgelesen und auf der Stadtkarte von Basel-Stadt visualisiert. Dabei wurde die Strassenrandbebauung entlang den Hauptverkehrsstrassen einer Strassenrandbebauungstypisierung zugeordnet. D.h. es wurden Strassenabschnitte nach einheitlicher Strassenraumbreite, Gebäudehöhe und Lückigkeit gebildet; längere Strassenabschnitte mit Randbebauung wurden in Strassenabschnitte mit einer Länge von ca. 100 m unterteilt.

Für die Immissionsberechnung wurde für jeden Strassenabschnitt eine mittlere Emissionsdichte berechnet, ausgedrückt in Milligramm pro Meter und Sekunde (mg/(m s)), um lagegenaue Freisetzungen bei der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen.

Auf eine grafische Darstellung der Emissionsdichten für das gesamte Stadtgebiet wird hier aufgrund der geringen Übersichtlichkeit verzichtet. Die Darstellung der Auswirkungen der unterschiedlichen Emissionsverteilungen wird auf die flächenhaften gesamtstädtischen Immissionsdarstellungen verlagert.

4.4 Emissionsdaten Schiffsverkehr

Die Daten für den Schiffsverkehr auf dem Rhein und die entsprechenden Anlegestellen bzw. Hafenanlagen wurden mit der Untersuchung „Luftschadstoffemissionen der Schifffahrt in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft – Aktualisierung 2010 / 2015 / 2020 (Infras, 2012) übergeben. Diese sind auf die Lageverhältnisse übertragen und als NO_x-Emissionsdichten in **Abb. 4.5** dargestellt. Zur Orientierung sind die Gebäude im Kanton Basel-Stadt als Hintergrund eingetragen. An den Anlegestellen sind aufgrund der Leerlaufzeiten im Vergleich zu der Fahrrinne teilweise hohe Emissionsdichten dargestellt. Für die Ausbreitungsrechnungen wird berücksichtigt, dass der Schiffsverkehr die Emissionen in unterschiedlichen Höhen freisetzt, d.h. zwischen der Wasseroberfläche und ca. 10 m über der Wasseroberfläche.

4.5 Emissionsdaten weitere Emittenten

Für die Emittentengruppe Hausbrand wurden aktuelle Zusammenstellungen der Emissionsdaten für die Holzfeuerungen für Basel-Stadt und Basel-Landschaft inklusive der Angaben des Standortes als Punktdaten für die Schadstoffe NO_x und Partikel übergeben. Diese wurden mit einer Freisetzungshöhe bis zur mittleren Höhe umliegender Gebäude berücksichtigt.

Für die Emittentengruppe Gewerbe/Industrie wurden aktuelle Zusammenstellungen der Emissionsdaten für Basel-Stadt und Basel-Landschaft inklusive der Angaben des Standortes als Punktdaten mit Quellhöhen für die Schadstoffe NO_x und Partikel übergeben.

Die räumliche Verteilung ist als Übersichtsdarstellung in **Abb. 4.6** aufgezeigt.

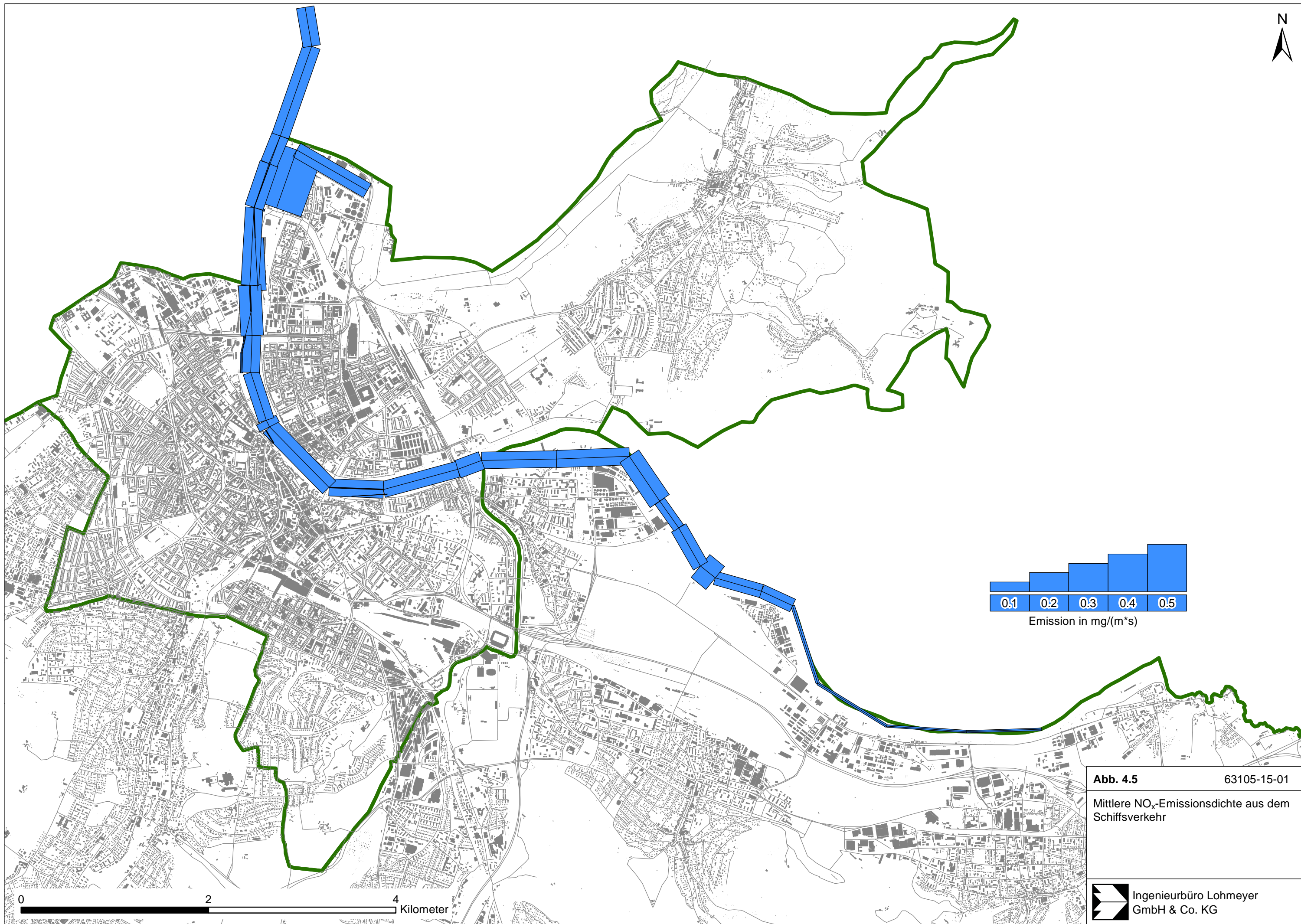



Abb. 4.5 63105-15-01

Mittlere NO_x-Emissionsdichte aus dem Schiffsverkehr

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

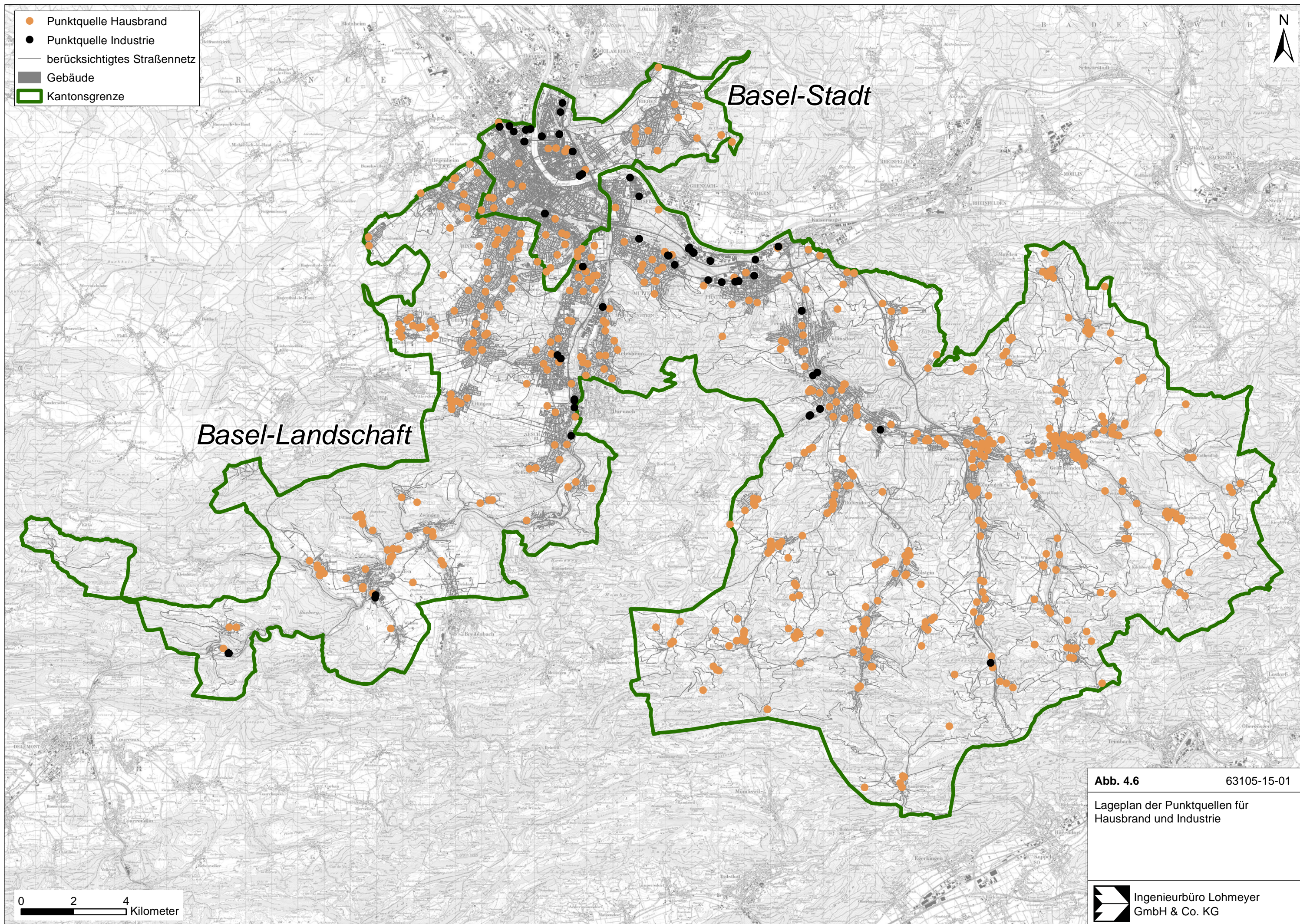



Abb. 4.6 63105-15-01

Lageplan der Punktquellen für Hausbrand und Industrie

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

5 IMMISSIONSSITUATION BASEL

5.1 Gesamtimmissionen NO₂

In **Tab. 5.1** sind die Messdaten der langjährig betriebenen Messstationen in Basel und Umgebung aufgeführt. Danach sind in den letzten Jahren keine wesentlichen Entwicklungen der Jahresmittelwerte festzustellen; ein leicht abnehmender Trend ist den Daten zu entnehmen. Die NO₂-Konzentrationen an den Standorten, die nicht direkt an Hauptverkehrsstrassen gelegen sind, weisen in Basel-Stadt etwas höhere Konzentrationen gegenüber den umliegenden Bereichen von Basel-Landschaft auf.

Für die Jahre 2014 und 2015 liegen für Basel ergänzend zu den Festmessstationen zahlreiche Messdaten für NO₂ vor, die durch zeitlich befristete, mindestens einjährige Messkampagnen mittels Passivsammlern erhoben wurden. Die Lage der Standorte mit den entsprechenden Konzentrationen ist als Übersichtsdarstellung in **Abb. 5.1** aufgezeigt.

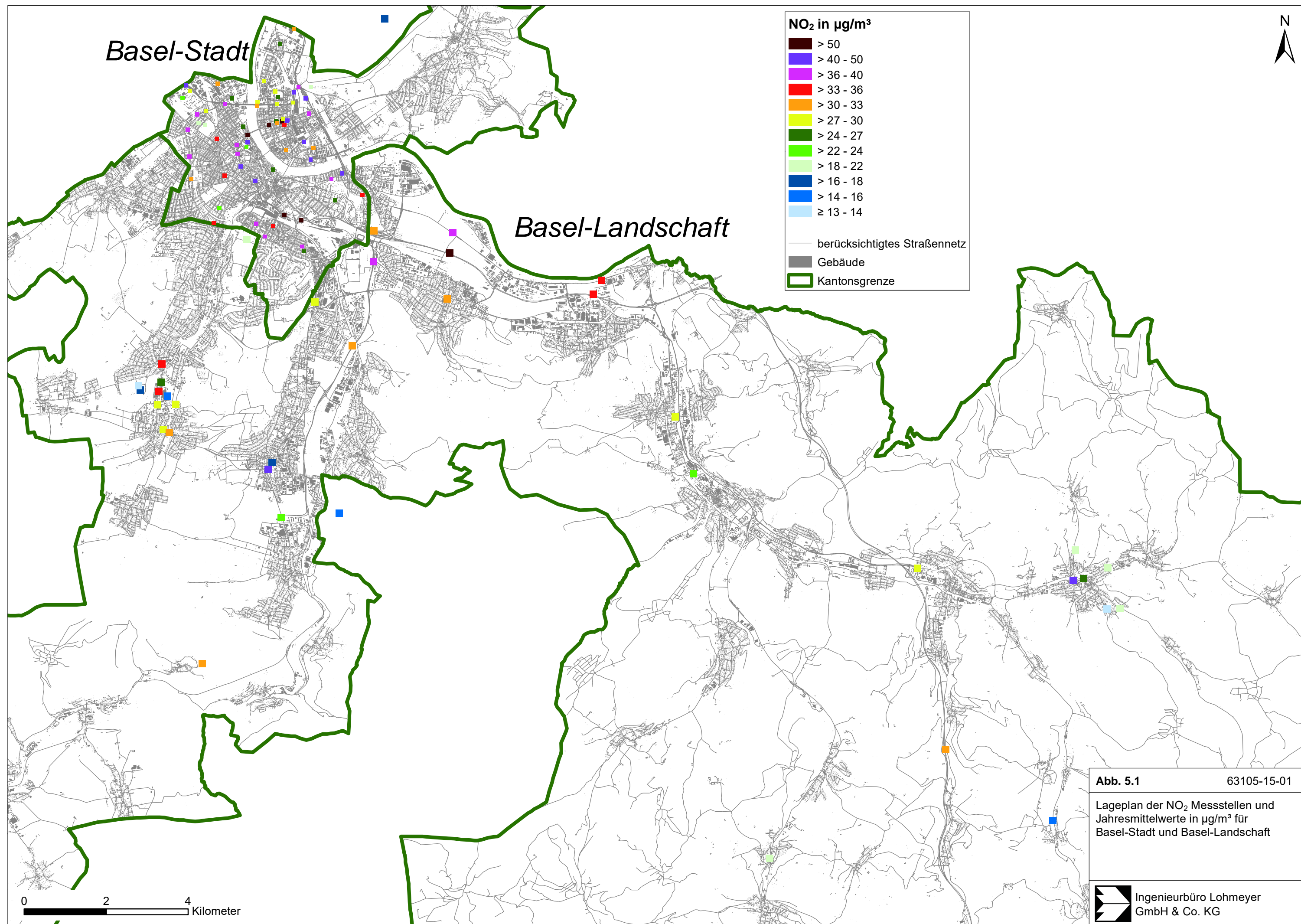
Weiter liegen aus dem Jahr 2009 Messdaten von Passivsammlern in Basel, mehrheitlich in Basel-Stadt, an Standorten vor, die in den Jahren 2014 und 2015 nicht fortgeführt wurden; diese sind ergänzend in **Abb. 5.1** aufgenommen, um einen flächenhaften Eindruck gemessener Konzentrationen zu geben. Die Vielzahl der Messstandorte in Basel-Stadt sind zur Vermeidung von Überdeckungen etwas kleiner dargestellt.

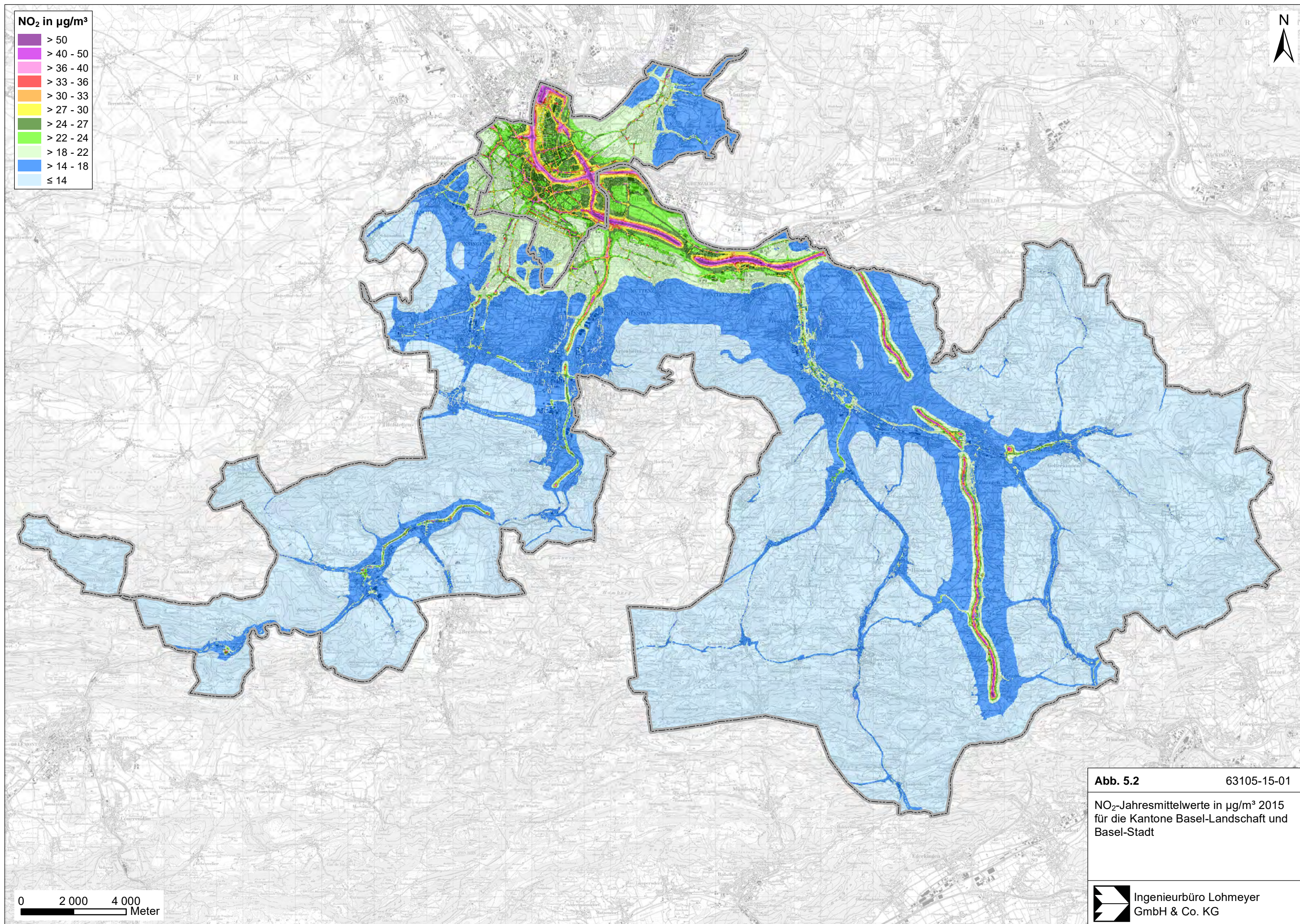
Insgesamt sind hohe erfasste NO₂-Konzentrationen überwiegend an Hauptverkehrsstrassen von Basel-Stadt und den Hauptzufahrtsstrassen dahin erfasst. Im Kanton Basel-Landschaft sind nur an wenigen der erfassten Standorte Konzentrationen über 30 µg/m³ an Hauptverkehrsstrassen gemessen.

Die Immissionsberechnungen für das gesamte Gebiet der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft wurden als flächenhafte Darstellungen im 25 m Raster durchgeführt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass mit dem Strassennetzmodell die abschirmende Wirkung von Gebäuden entlang den Strassen nicht berücksichtigt wird, d.h. an den von der Strasse abgewandten Bebauungsbereichen werden die verkehrsbedingten Immissionen eher überschätzt. Aus der flächenhaften Darstellung ist abzulesen, dass sich die Bereiche mit hohen NO₂-Immissionen über 30 µg/m³ überwiegend auf die Nahbereiche der Hauptverkehrsstrassen beschränken (**Abb. 5.2**) und überwiegend in Basel-Stadt anzutreffen sind. Im Kanton Basel-Landschaft sind nur an wenigen Hauptverkehrsstrassen und an Tunnelportalen hohe NO₂-Konzentrationen berechnet, wie im östlichen Bereich im Zuge der nach Süden verlaufenden Autobahn A 2 und in den Portalbereichen des Chienbergtunnels im Zuge der Autobahn A 22 bei Sissach. Hohe NO₂-Konzentrationen sind auch südlich von Basel-Stadt entlang der Autobahn A 18 und den Tunnelportalbereichen im Kanton Basel-Landschaft berechnet.

| | | Basel St. Johann- platz | Feldberg- strasse | A2 Hard | Basel- Binningen | Liestal | Dornach | Schönen- buch | Weil am Rhein |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------|----------------------|---------|---------------------|---------|---------|------------------|------------------|
| NO₂- Jahresmittelwert in µg/m ³ | 2003 | 33 | 66 | 59 | 29 | 29 | 21 | 16 | 20 |
| | 2004 | 32 | 58 | 54 | 26 | 25 | 19 | 14 | 17 |
| | 2005 | 30 | 61 | 56 | 25 | 24 | 17 | 13 | 18 |
| | 2006 | 32 | 64 | 56 | 26 | 26 | 18 | 13 | 20 |
| | 2007 | 29 | 64 | 46 | 22 | 23 | 16 | 13 | 18 |
| | 2008 | 30 | 60 | 52 | 22 | 24 | 17 | 13 | 18 |
| | 2009 | 30 | 60 | 51 | 23 | 26 | 17 | 11 | 18 |
| | 2010 | 30 | 64 | 53 | 24 | 25 | 19 | 14 | 19 |
| | 2011 | 29 | 61 | 50 | 22 | 25 | 18 | 12 | 18 |
| | 2012 | 27 | 59 | 49 | - | 25 | 16 | 11 | 17 |
| | 2013 | 26 | 58 | 49 | - | 25 | 17 | 12 | 16 |
| | 2014 | 27 | 54 | 47 | - | 26 | 16 | 8 | 16 |
| | 2015 | 27 | 52 | 53 | 21 | 24 | 16 | 11 | 18 |
| PM10- Jahresmittelwert in µg/m ³ | 2003 | 27 | - | 31 | 27 | - | 24 | - | 23 |
| | 2004 | 21 | 30 | 28 | 22 | 23 | 20 | - | 19 |
| | 2005 | 22 | 30 | 28 | 22 | 22 | 20 | - | 21 |
| | 2006 | 25 | 30 | 29 | 23 | 24 | 24 | - | 23 |
| | 2007 | 22 | 28 | 23 | 20 | - | 20 | - | 18 |
| | 2008 | 22 | 25 | 23 | 18 | - | 18 | - | 17 |
| | 2009 | 22 | 27 | 24 | 18 | - | 19 | 18 | 19 |
| | 2010 | 21 | 26 | 25 | 18 | - | 18 | 17 | 20 |
| | 2011 | 22 | 27 | 23 | 18 | - | 17 | 18 | 18 |
| | 2012 | 19 | 24 | 21 | - | - | 15 | 16 | 17 |
| | 2013 | 19 | 24 | 22 | - | - | 15 | 16 | 18 |
| | 2014 | 17 | 21 | 17 | - | 17 | 13 | 13 | 15 |
| | 2015 | 18 | 23 | 20 | 18 | 17 | 17 | 15 | 16 |
| PM10- Überschreitungstage Anzahl der jährlichen Überschreitungen eines Tagesmittelwertes über 50 µg/m ³ | 2003 | 22 | - | 46 | 23 | | 12 | - | 12 |
| | 2004 | 8 | 30 | 28 | 16 | 12 | 6 | - | 6 |
| | 2005 | 9 | 27 | 26 | 15 | 13 | 5 | - | 7 |
| | 2006 | 24 | 35 | 38 | 24 | 32 | 22 | - | 24 |
| | 2007 | 17 | 27 | 10 | 12 | - | 10 | - | 3 |
| | 2008 | 14 | 15 | 15 | 6 | - | 5 | - | 6 |
| | 2009 | 19 | 23 | 20 | 10 | - | 10 | 9 | 9 |
| | 2010 | 14 | 21 | 26 | 11 | - | 4 | 9 | 15 |
| | 2011 | 14 | 19 | 12 | 8 | - | 3 | 9 | 7 |
| | 2012 | 10 | 16 | 14 | - | - | 2 | 8 | 6 |
| | 2013 | 7 | 16 | 18 | - | - | 1 | 6 | 6 |
| | 2014 | 3 | 4 | 3 | - | - | 0 | 2 | 2 |
| | 2015 | 6 | 11 | 4 | - | - | 3 | 3 | 3 |

Tab. 5.1: Messdaten der Festmessstationen in Basel und Umgebung der Jahre 2003 bis 2015





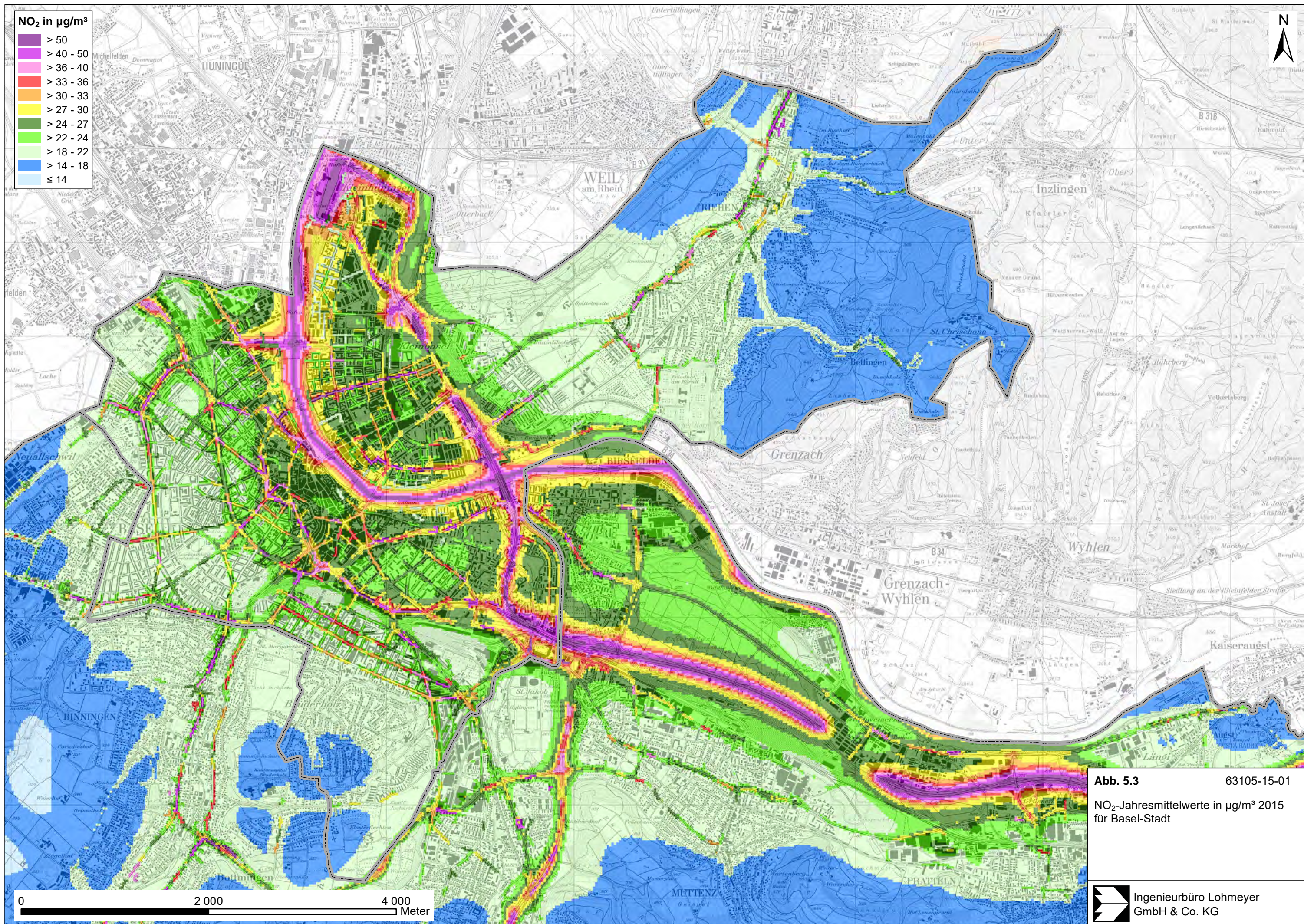
In **Abb. 5.3** ist eine vergrösserte Ergebnisdarstellung für den Bereich von Basel-Stadt und das Rheintal aufgezeigt. Neben der Umgebung der Autobahnen, wie der aus östlicher Richtung kommenden Autobahn A 3 und deren Weiterführung nach Norden mit der Autobahn A 2 und der A 5 zeichnen sich auch an städtischen Hauptverkehrsstrassen NO_2 -Konzentrationen über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab.

Entlang dem Rhein trägt der Schiffsverkehr zu erhöhten NO_2 -Immissionen bei; die Beiträge der anderen Quellen sind überwiegend als gering zu bezeichnen. Gleichermassen ist aus diesen Darstellungen abzuleiten, dass in weiten Bereichen mit Wohnnutzungen NO_2 -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet sind.

Die Ergebnisse der NO_2 -Immissionsberechnungen wurden mit den Wohngebäuden und den Einwohnerzahlen überlagert und zu einer Betroffenheitsanalyse zusammengefasst. Damit wird der Anteil der Einwohner in Wohngebäuden beschrieben, der von NO_2 -Konzentrationen über den Schwellen von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betroffen sein können. Diese Ergebnisse sind in **Tab. 5.2** zusammengefasst. Von den hohen NO_2 -Konzentrationen sind insbesondere die Anwohner in der Randbebauung von sehr stark frequentierten Hauptverkehrsstrassen betroffen. Dies trifft im Kanton Basel-Landschaft in deutlich geringerem Umfang gegenüber dem Kanton Basel-Stadt zu.

| | Basel-Stadt | Basel-Landschaft | Basel gesamt |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Bevölkerung | 199 040 | 287 960 | 487 000 |
| Betr. Bevölkerung $\text{NO}_2 > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 30.5% | 4.3% | 15.0% |
| Betr. Bevölkerung $\text{NO}_2 > 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | 13.2% | 2.0% | 6.6% |

Tab. 5.2: Betroffenheitsanalyse NO_2 für Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Basel gesamt für den Zeithorizont 2015



5.2 Feinstaubimmissionen (PM10)

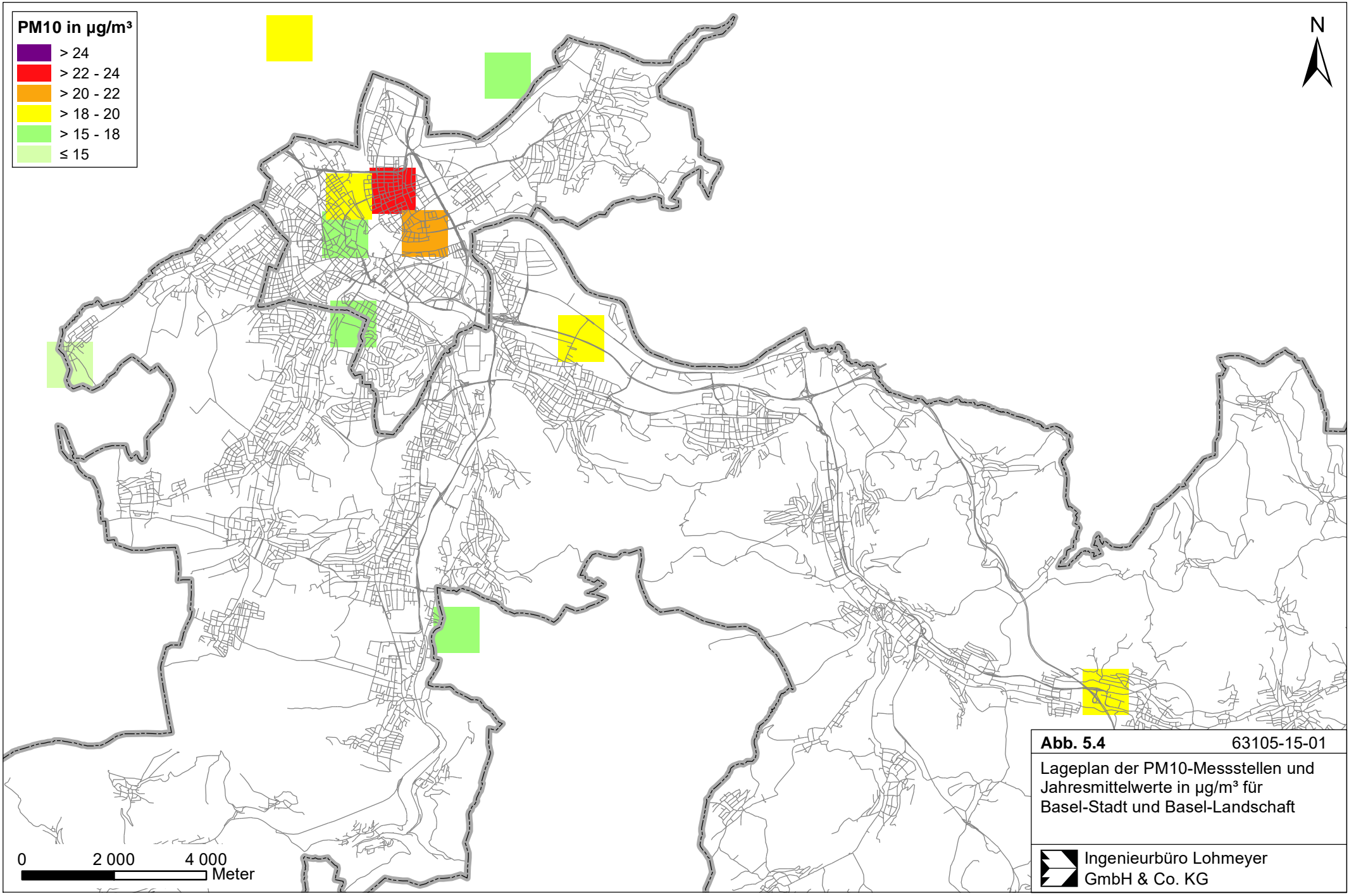
Für Feinstaubkonzentrationen liegen Messdaten der Festmessstationen vor (**Tab. 5.1**). In **Abb. 5.4** sind die verfügbaren Messdaten entsprechend ihrer Lage in einer Übersichtsdarstellung aufgezeigt. Gegenüber den Messdaten für NO₂ mit der hohen Anzahl der Passivsammlerstandorte sind für PM10 deutlich weniger Informationen verfügbar; die räumliche Verteilung der PM10-Konzentrationen lässt sich aus der Übersichtsdarstellung derart entnehmen, dass deutliche PM10-Belastungen an strassennahen Standorten und insbesondere in Basel-Stadt erfasst werden.

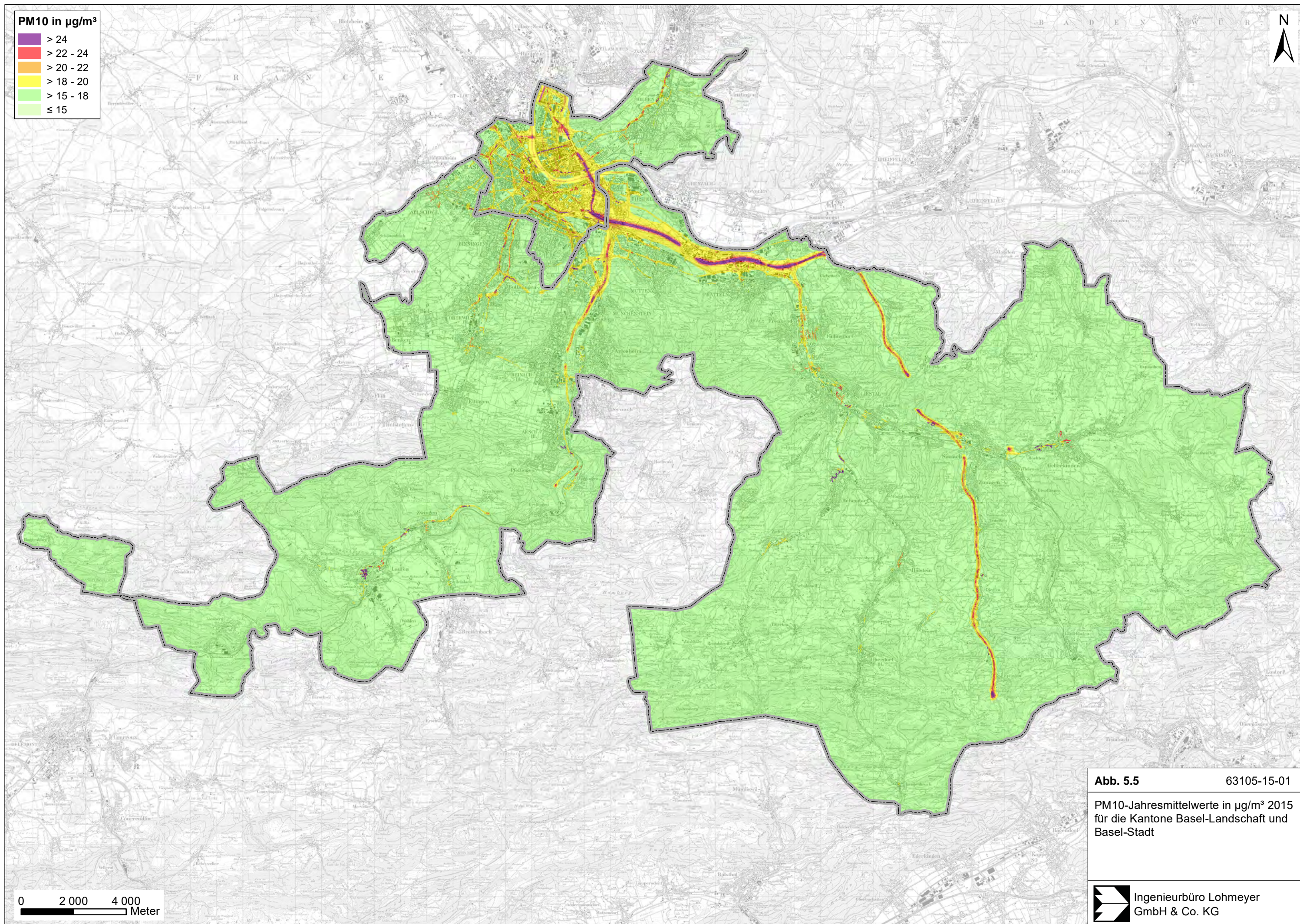
Die berechneten PM10-Immissionen sind als flächenhafte Darstellungen in **Abb. 5.5** für den Referenzfall 2015 unter Berücksichtigung aller oben genannten Emissionen und der aus Messdaten abgeleiteten Hintergrundbelastung dargestellt. Bereiche mit erhöhten PM10-Immissionen beschränken sich auf die Nahbereiche der Hauptverkehrsstrassen und sind überwiegend in Basel-Stadt anzutreffen. Im Kanton Basel-Landschaft sind nur an wenigen Hauptverkehrsstrassen und an Tunnelportalen gegenüber der Umgebung erhöhte PM10-Konzentrationen berechnet, wie im östlichen Bereich im Zuge der nach Süden verlaufenden Autobahn A 2, in den Portalbereichen des Chienbergtunnels im Zuge der Autobahn A 22 bei Sissach sowie südlich von Basel-Stadt entlang der Autobahn A 18 im Kanton Basel-Landschaft.

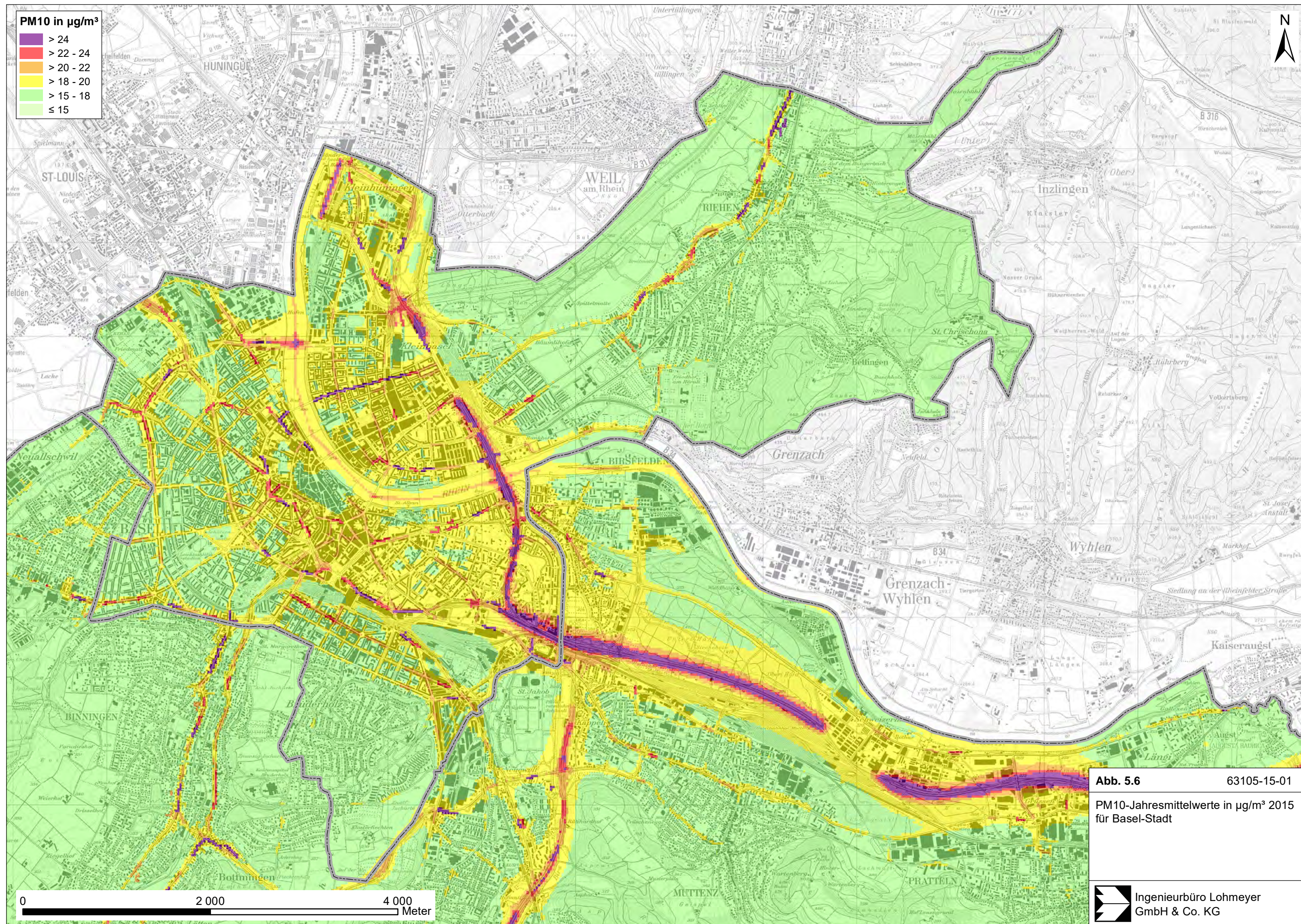
In **Abb. 5.6** ist eine vergrösserte Ergebnisdarstellung für den Bereich von Basel-Stadt und das Rheintal aufgezeigt. Neben der Umgebung der Autobahnen, wie der aus östlicher Richtung kommenden Autobahn A 3 und deren Weiterführung nach Norden mit der Autobahn A 2 und der A 5 zeichnen sich auch an städtischen Hauptverkehrsstrassen PM10-Konzentrationen über 20 µg/m³ ab. Der Schiffsverkehr auf dem Rhein trägt auch zur PM10-Immission bei, allerdings nicht in vergleichbarer Intensität zu den Hauptverkehrsstrassen. Damit sind für PM10 keine hohen Anteile der Anwohner von Konzentrationen über dem PM10-Jahresmittelgrenzwert von 20 µg/m³ betroffen (**Tab. 5.3**).

| | Basel-Stadt | Basel-Landschaft | Basel gesamt |
|-----------------------------------------------|-------------|------------------|--------------|
| Bevölkerung | 199 040 | 287 960 | 487 000 |
| Betr. Bevölkerung PM10 > 20 µg/m ³ | 11.4% | 3.3% | 6.6% |

Tab. 5.3: Betroffenheitsanalyse PM10 für Basel-Stadt, Basel-Landschaft und Basel gesamt für den Zeithorizont 2015





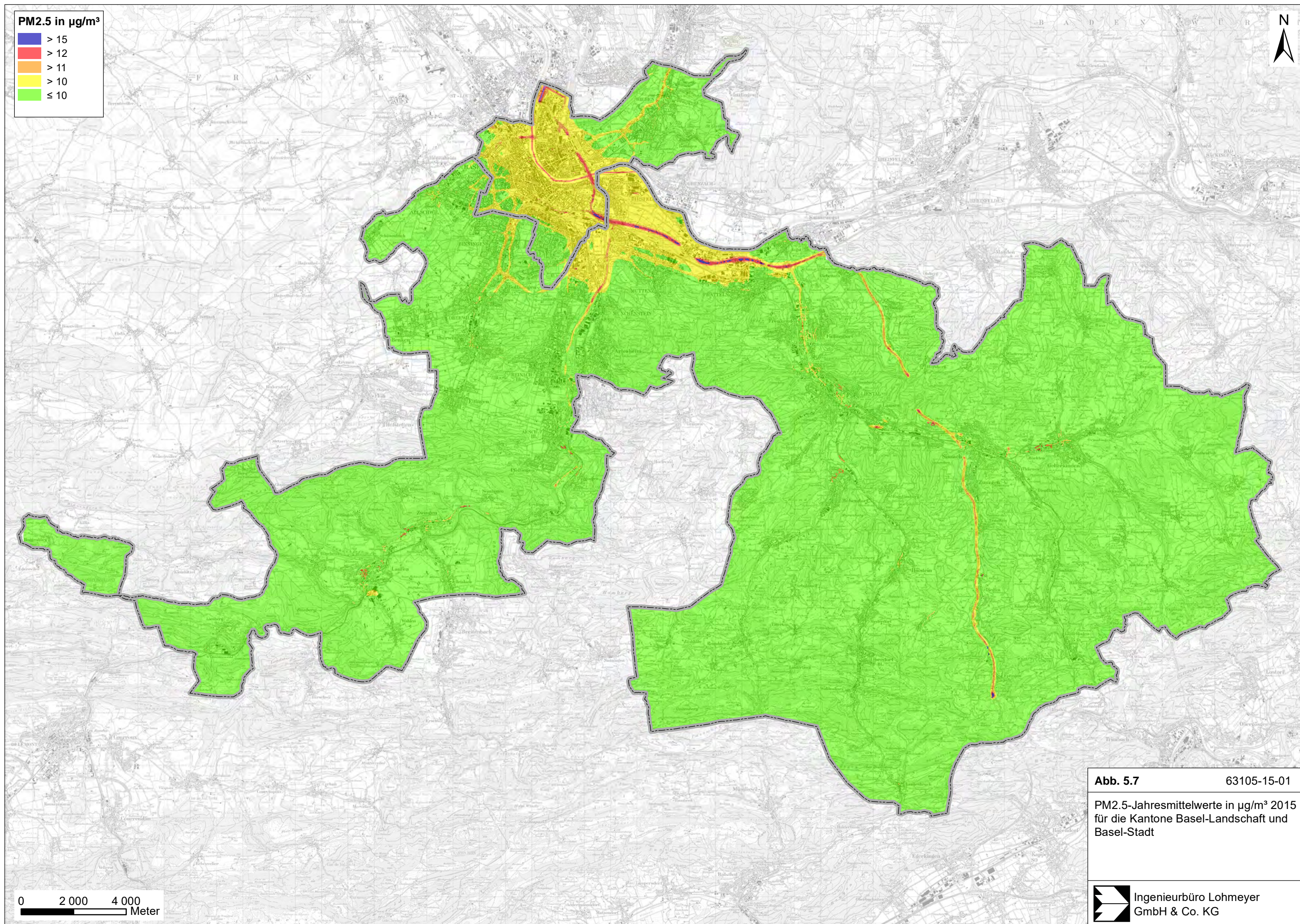


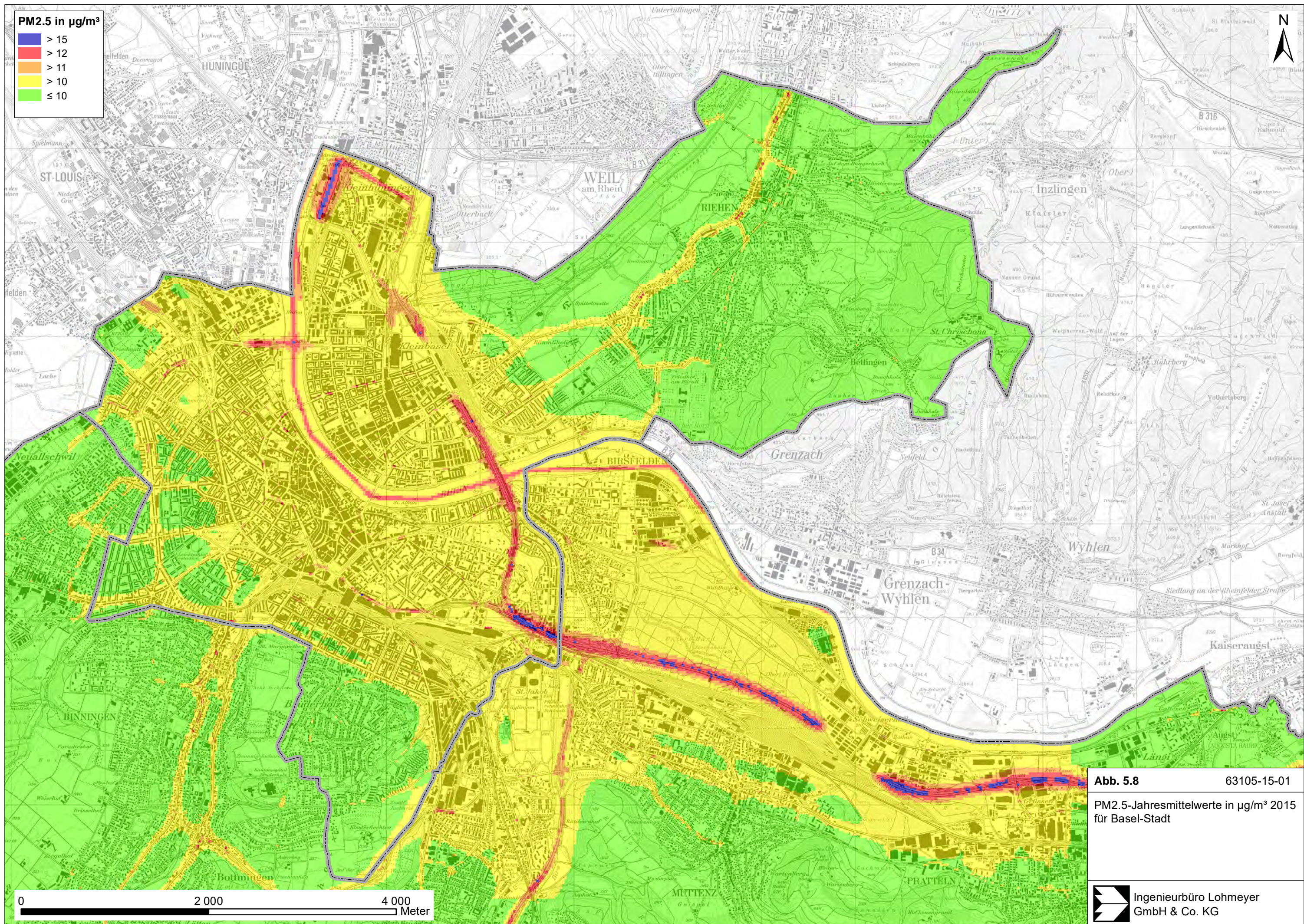
5.3 Feinstaubimmissionen (PM2.5)

Für Feinstaubkonzentrationen PM2.5 liegen wenige Messdaten für Basel vor. An Hintergrundstationen wurden im Jahr 2014 teilweise PM2.5-Konzentrationen von $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erfasst, im städtischen Bereich knapp unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für die Ausbreitungsrechnungen wurde in einem Rechenansatz eine Hintergrundbelastung von $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ herangezogen. Für die Darstellung der Berechnungsergebnisse für PM2.5 ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der geringen Anzahl der Messwerte eine geringere Belastbarkeit der berechneten Konzentrationen gegeben ist.

Die berechneten PM2.5-Immissionen sind als flächenhafte Darstellungen in **Abb. 5.7** für den Referenzfall 2015 unter Berücksichtigung aller oben genannten Emissionen und der angesetzten Hintergrundbelastung dargestellt. Bereiche mit erhöhten PM2.5-Immissionen beschränken sich auf die Nahbereiche der Hauptverkehrsstrassen und sind überwiegend in Basel-Stadt anzutreffen. Im Kanton Basel-Landschaft sind nur an wenigen Hauptverkehrsstrassen und an Tunnelportalen gegenüber der Umgebung erhöhte PM2.5-Konzentrationen berechnet, wie im östlichen Bereich im Zuge der nach Süden verlaufenden Autobahn A 2, in den Portalbereichen des Chienbergtunnels im Zuge der Autobahn A 22 bei Sissach sowie südlich von Basel-Stadt entlang der Autobahn A 18 im Kanton Basel-Landschaft.

In **Abb. 5.8** ist eine vergrösserte Ergebnisdarstellung für den Bereich von Basel-Stadt und das Rheintal aufgezeigt. Im Stadtgebiet ist flächenhaft ein zusätzlicher PM2.5-Beitrag von mindestens $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt, der im Nahbereich der Hauptverkehrsstrassen auch höher ausfällt. Neben der Umgebung der Autobahnen, wie der aus östlicher Richtung kommenden Autobahn A 3 und deren Weiterführung nach Norden mit der Autobahn A 2 und der A 5 zeichnen sich auch an städtischen Hauptverkehrsstrassen PM2.5-Konzentrationen über $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab. Der Schiffsverkehr auf dem Rhein trägt in vergleichbarer Intensität zu den Hauptverkehrsstrassen zur PM2.5-Immission bei.





6 IMMISSIONSSITUATION UND BETROFFENHEITSANALYSEN IN DETAILGEBIETEN

Nachdem die höchsten NO_2 -Immissionen in der direkten Umgebung der Hauptverkehrsstrassen gemessen und berechnet werden und die beschriebenen flächenhaften Berechnungen die Strassenrandbebauung in typisierter Form berücksichtigen, wurden exemplarisch mittels Detailbetrachtungen unter Berücksichtigung der abschirmenden Wirkung von Gebäuden die Immissionsverteilungen mit einer räumlichen Auflösung von 2 m für den Bereich um den Messstandort Feldbergstrasse berechnet.

Weiter sollte die Auswertung der von hohen Belastungen betroffenen Wohnungen für ausgewählte Teilbereiche durchgeführt und beschrieben werden.

In **Abb. 6.1** ist die Lage der zu betrachtenden Teilräume eingetragen, auf die im Folgenden eingegangen wird.

6.1 Feldbergstrasse

Am Standort der Messstation in der Feldbergstrasse wurden mit Konzentrationen über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den letzten Jahren sehr hohe NO_2 -Immissionen erfasst. In der Umgebung der Messstelle wird die Strassenschlucht durch eine geschlossene Blockrandbebauung gebildet, die u.a. abseits der Strassenseite ausgedehnte Innenhofbereiche aufweist.

Die Ergebnisse der detaillierten Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen sind für den Bereich Feldbergstrasse in **Abb. 6.2** dargestellt. Daraus ist einerseits abzulesen, dass an der Randbebauung der Hauptverkehrsstrassen sehr hohe NO_2 -Immissionen ausgewiesen sind, die in breiteren Strassenräumen oder in aufgelockerten Randbebauungsbereichen geringer ausfallen. Mit zunehmendem Abstand von der Strasse werden deutliche Verringerungen der NO_2 -Immissionen berechnet, wie z.B. im Park an der Feldbergstrasse. In den Hofbereichen sind durchweg NO_2 -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt; dort wirkt sich die Abschirmung durch die geschlossene Blockrandbebauung deutlich aus. In querenden oder parallel verlaufenden Strassenabschnitten mit geringerem Verkehrsaufkommen sind zwar verkehrsbedingte NO_2 -Beiträge berechnet, die aber deutlich geringere Konzentrationen aufweisen und nur in Teilbereichen $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreichen oder überschreiten.

Für PM_{10} -Immissionen sind die Berechnungsergebnisse in **Abb. 6.3** dargestellt. Die deutlichsten PM_{10} -Belastungen sind im Zuge der Feldbergstrasse berechnet. In Abschnitten mit dichter und eng stehender Randbebauung sind PM_{10} -Jahresmittelwerte über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und

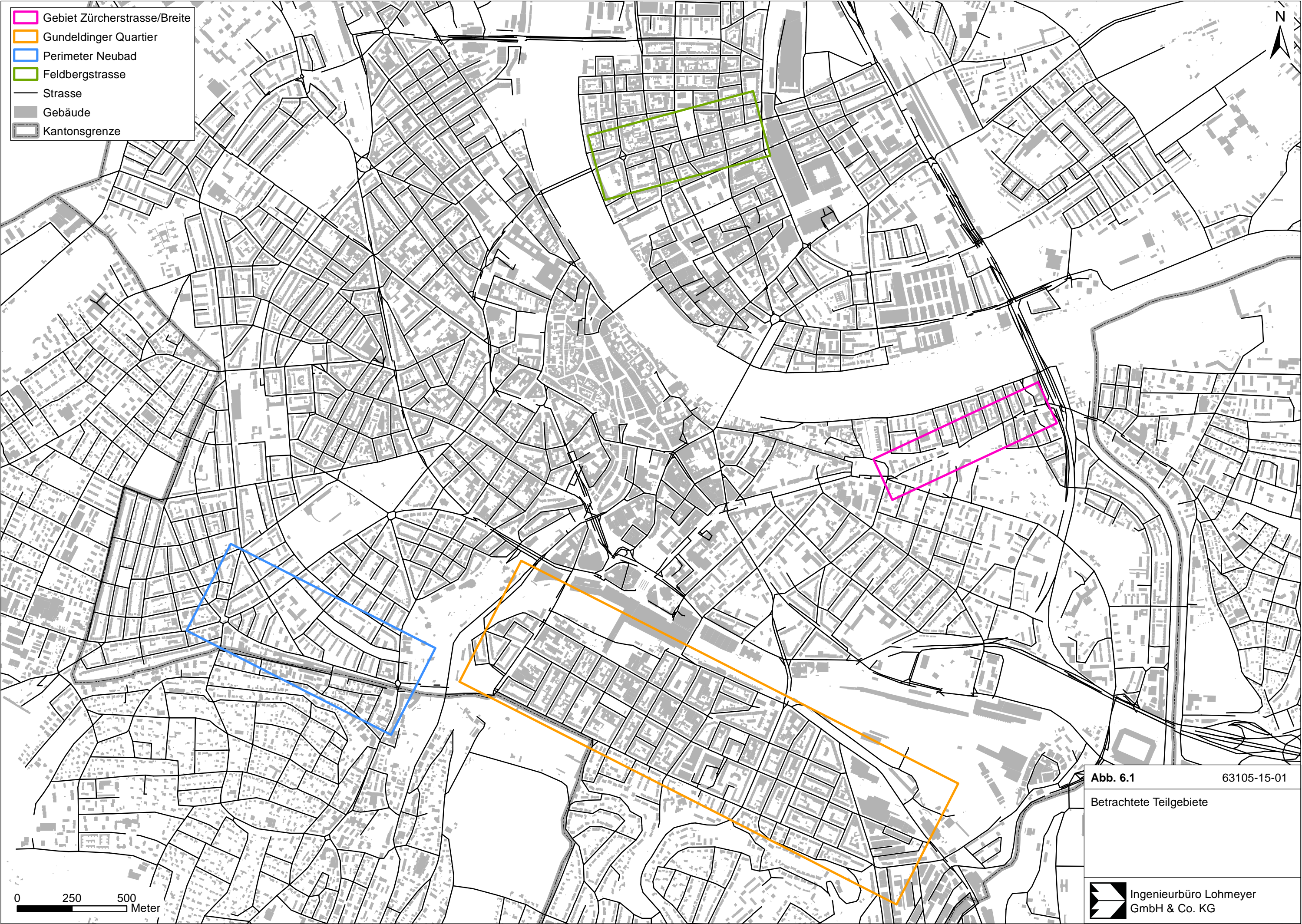


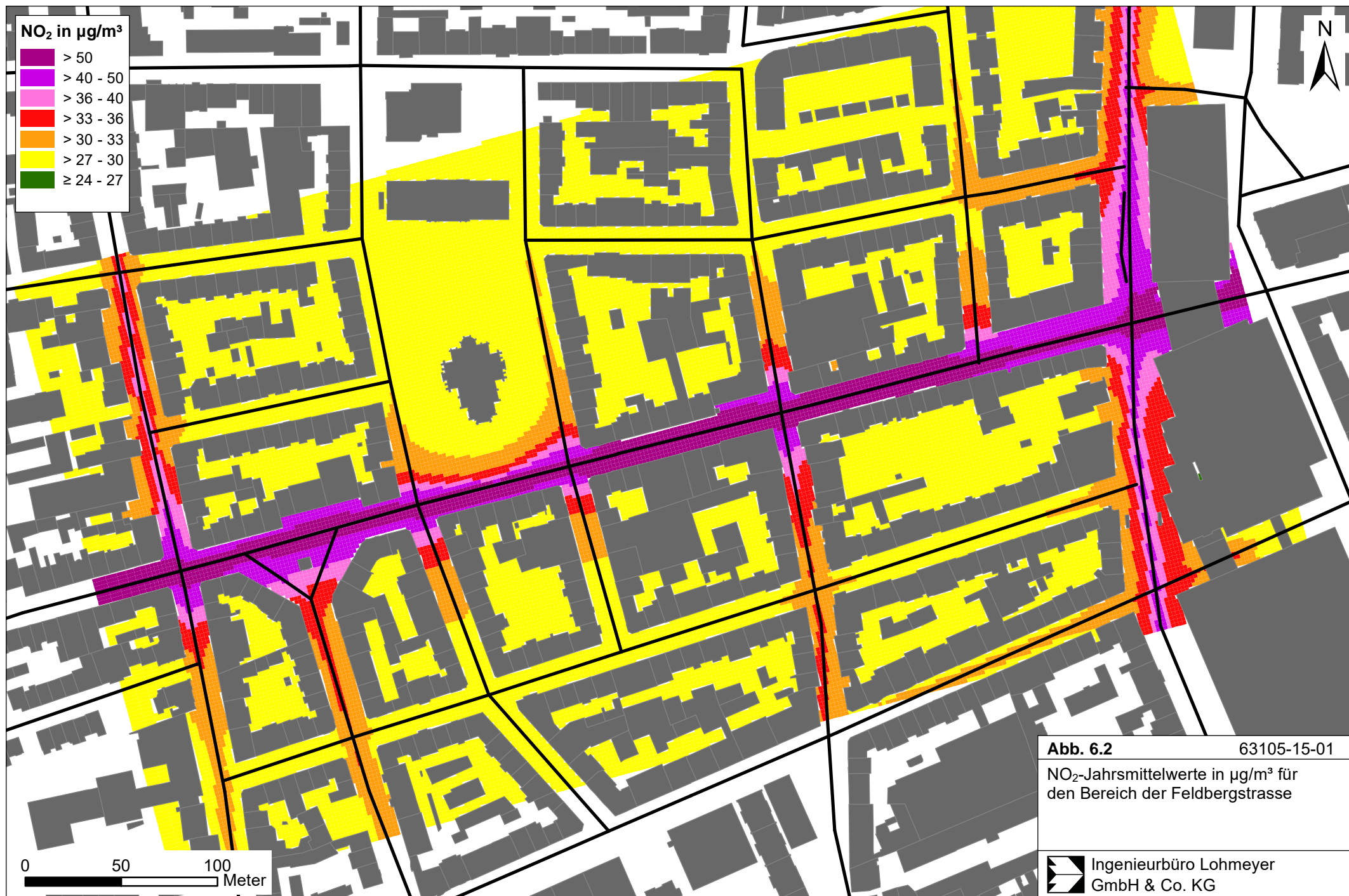
Abb. 6.1

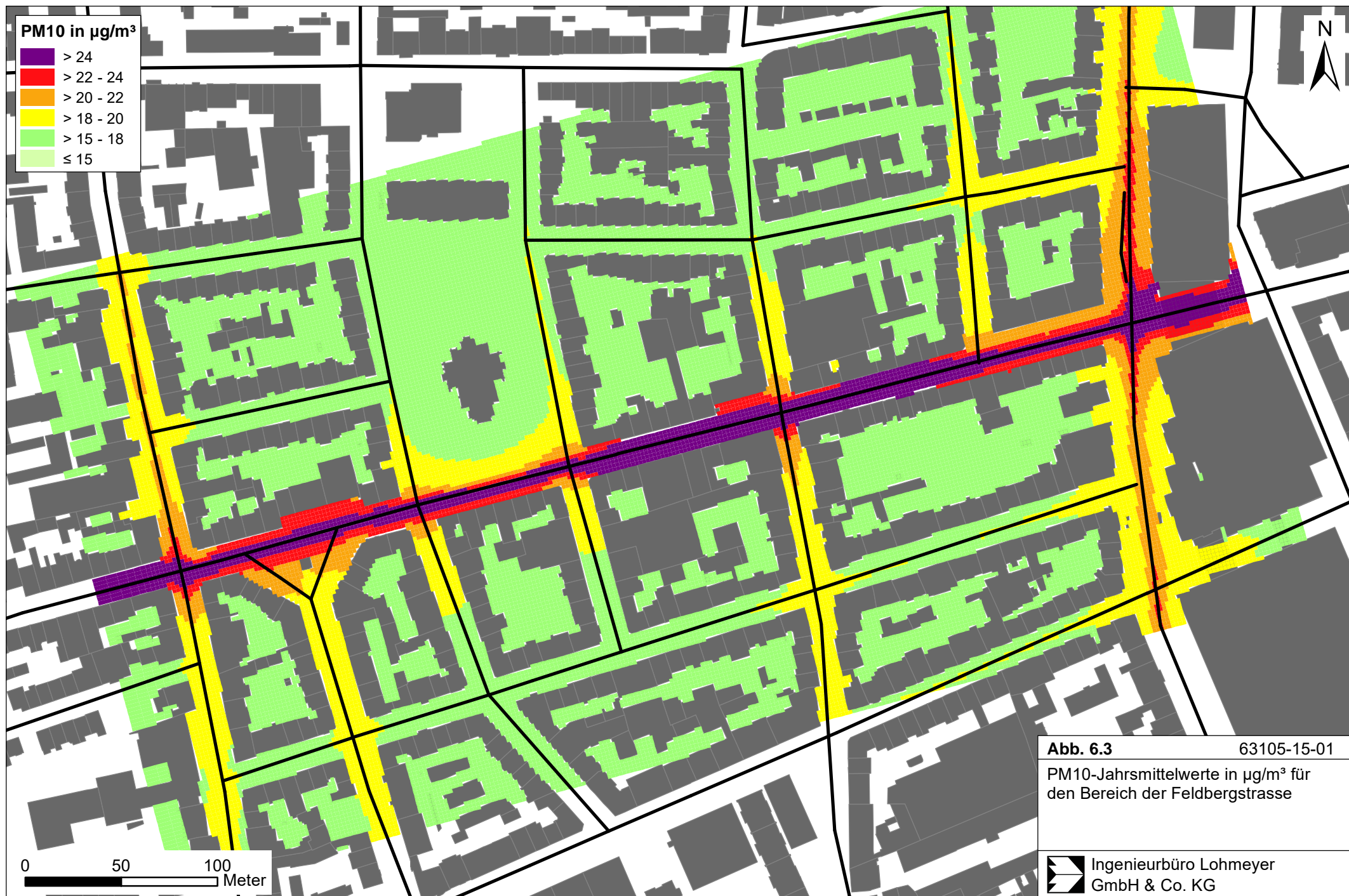
63105-15-01

Betrachtete Teilgebiete



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG





auch über $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wie am Messstandort und weiteren Gebäudebereichen, dargestellt. Schon in geringem Abstand vom Strassenraum der Feldbergstrasse und in von Gebäuden abgeschirmten Bereichen sind deutlich geringere PM₁₀-Jahresmittelwerte mit Konzentrationen unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. In querenden oder parallel verlaufenden Strassenabschnitten mit geringerem Verkehrsaufkommen sind geringe verkehrsbedingte PM₁₀-Beiträge ermittelt, die auch an der Randbebauung überwiegend unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen.

Entsprechend der Betroffenheitsanalyse hinsichtlich NO₂-Jahresmittelwerten für den Bereich der Feldbergstrasse wird abgeleitet, dass ca. 54% der Anwohner von hohen Immissionen und ca. 30% von sehr hohen Immissionen betroffen sind (**Tab. 6.1**). Für diesen Bereich können auch kleinräumig gestaltete emissionsmindernde Massnahmen erhebliche Entlastungen der Betroffenen bewirken.

| Feldbergstrasse | Referenzfall |
|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| Bevölkerung Bereich Feldbergstrasse | 7 240 |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 54% |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 30% |

Tab. 6.1: Betroffenheitsanalyse für die Feldbergstrasse für NO₂-Jahresmittelwerte

Die Zusammensetzung der NO_x-Immissionsbeiträge unterschiedlicher Emittentengruppen an zwei ausgewählten Standorten im Bereich Feldbergstrasse ist in **Abb. 6.4** aufgezeigt. Das betrifft den Standort der Messstation an der Feldbergstrasse und einen Standort ca. 100 m nördlich der Feldbergstrasse in einem Park. Am Standort der Messstation dominiert der Beitrag des Kfz-Verkehrs, die anderen Emittentengruppen weisen moderate Beiträge auf, wobei ein nicht unbeträchtlicher Beitrag durch den Schiffsverkehr auftritt. Der Hintergrund beinhaltet neben dem Ferntransport auch Beiträge anderer Emittenten, die rechnerisch in dieser Untersuchung nicht weiter aufgelöst sind.

Weiter sind in **Abb. 6.4** auch die Zusammensetzungen der NO_x-Immissionsbeiträge für die nachfolgend behandelten Detailgebiete enthalten.

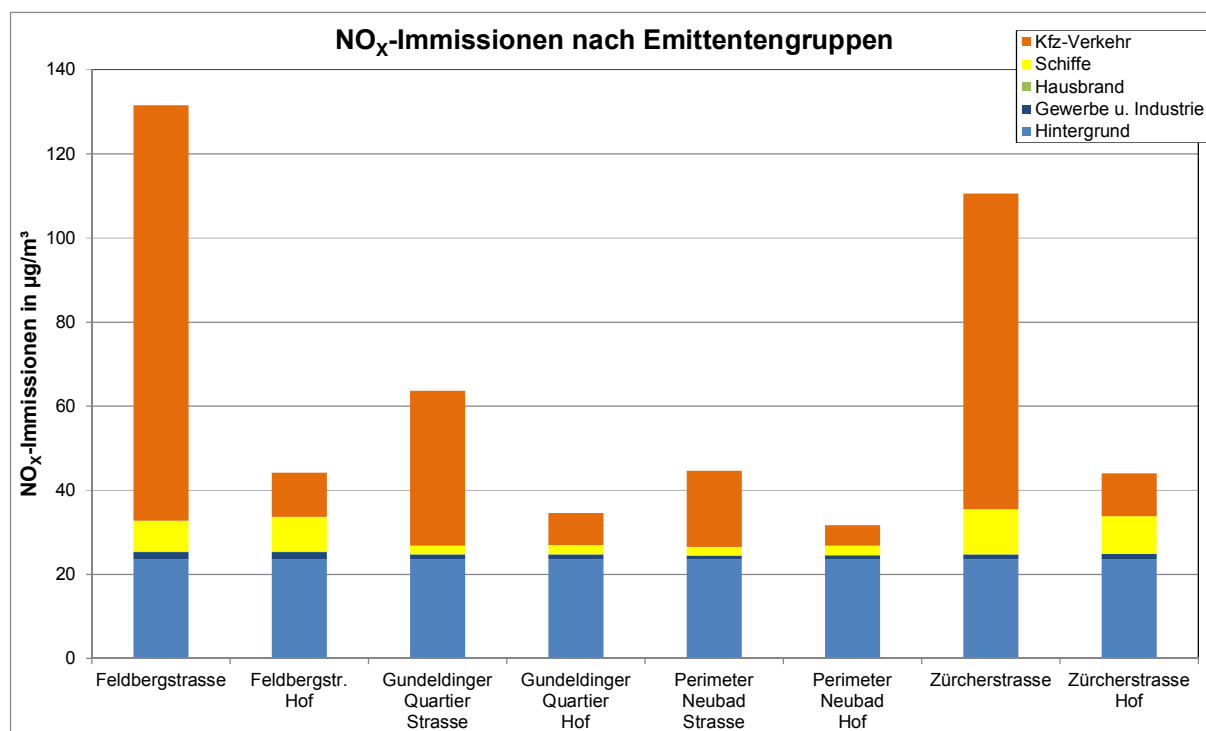


Abb. 6.4: Zusammensetzung der NO_x-Immissionsbeiträge unterschiedlicher Emittentengruppen an je zwei Standorten für die Detailgebiete

6.2 Gundeldinger Quartier

Für das Gundeldinger Quartier ist der Bau des Gundeldingertunnels inklusive flankierenden Massnahmen in Diskussion, aber noch nicht umgesetzt. Für das Gundeldinger Quartier wird auf der Grundlage der flächenhaften NO₂-Berechnungsergebnisse eine entsprechende Betroffenheitsbetrachtung durchgeführt, die in **Tab. 6.2** zusammengestellt ist. Danach besteht weiterhin ein hohes Entlastungspotenzial für die Anwohner in diesem Quartier und stärkt die Diskussionen für einen möglichen Tunnelbau.

| Gundeldinger Quartier | Referenzfall |
|--------------------------------------------------------------|--------------|
| Bevölkerung Bereich Gundeldinger Quartier | 19 930 |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >30 µg/m ³ | 49% |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >36 µg/m ³ | 13% |

Tab. 6.2: Betroffenheitsanalyse für das Gundeldinger Quartier für NO₂-Jahresmittelwerte

6.3 Neubad Quartier

Für das Quartier Neubad sind Massnahmen zur Verlagerung des Durchgangsverkehrs und Einführung von Geschwindigkeitsbeschränkungen in Diskussion, die noch nicht umgesetzt sind. Für das Quartier Neubad wird auf der Grundlage der flächenhaften NO₂-Berechnungsergebnisse eine entsprechende Betroffenheitsbetrachtung durchgeführt, die in **Tab. 6.3** zusammengestellt ist. Danach besteht weiterhin ein hohes Entlastungspotenzial für die Anwohner in diesem Quartier und stärkt die Diskussionen für mögliche Massnahmen der Verkehrsumlenkung.

| Quartier Neubad | Referenzfall |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|
| Bevölkerung Bereich Neubad | 4 330 |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >30 µg/m ³ | 34% |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >36 µg/m ³ | 13% |

Tab. 6.3: Betroffenheitsanalyse für das Quartier Neubad für NO₂-Jahresmittelwerte

6.4 Bereich Zürcherstrasse und Breite

Für den Bereich Zürcherstrasse und Breite sind Planungen einer Tunnelvariante für eine Osttangente im Zuge der A 2 in Diskussion. Dementsprechend wird hier für den Bereich Zürcherstrasse und Breite auf der Grundlage der flächenhaften NO₂-Berechnungsergebnisse eine entsprechende Betroffenheitsbetrachtung durchgeführt, die in **Tab. 6.4** zusammengestellt ist. Danach bestehen weiterhin hohe Betroffenheiten für die Anwohner in diesem Quartier und stärken die Diskussionen für Planungen einer möglichen Tunnelvariante.

| Bereich Zürcherstrasse und Breite | Referenzfall |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|
| Bevölkerung Bereich Zürcherstrasse und Breite | 2 580 |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >30 µg/m ³ | 71% |
| Betroffene Bevölkerung NO ₂ >36 µg/m ³ | 49% |

Tab. 6.4: Betroffenheitsanalyse für den Bereich Zürcherstrasse und Breite für NO₂-Jahresmittelwerte

7 AUSBLICK ZEITRAUM 2020

Im Rahmen der Ausarbeitungen wurden auch verkehrsbedingte Emissionen für das Prognosejahr 2020 basierend auf der Emissionsdatenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (BAVU, 2014) unter Berücksichtigung der Mfz-Flotte für die Schweiz übergeben und der Immissionsberechnung zugeführt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Emissionsangaben für die neuen Motoren, insbesondere Diesel-PKW mit der Ausstattung Euro5 und Euro6 nicht auf Emissionsdaten basieren, da bei Erstellung der Emissionsdatenbank keine ausreichende Anzahl von Fahrzeugen zur Vermessung zur Verfügung standen.

Im Laufe des Jahres 2016 wurden verstärkt Emissionsmessungen an Diesel-PKW der Ausstattung Euro5 und Euro6 durchgeführt mit dem Ergebnis, dass die Emissionsfaktoren im HBEFA3.2 diejenigen für Diesel-PKW Euro6 deutlich unterschätzen. Dementsprechend wurden Korrekturfaktoren diskutiert, die den Umfang bis zu einer Verdoppelung beinhalteten und die mit einer korrigierten Version des HBEFA eingeführt werden sollen. Für das Jahr 2017 wird die Veröffentlichung der Emissionsdatenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 angekündigt, die neben den Anhebungen für Diesel-PKW Euro6 auch die Berücksichtigung des Einflusses der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW ermöglicht. Letzteres führt zu Anpassungen der Emissionsfaktoren für die genannten Fahrzeugtypen in Abhängigkeit von der örtlichen Lufttemperatur.

Insgesamt sind mit der dann aktualisierten Version HBEFA3.3 für das Prognosejahr 2020 deutlich höhere Emissionen für den PKW-Verkehr gegenüber Berechnungen mit HBEFA3.2 zu erwarten, da der Anteil der Diesel-PKW mit Euro6-Ausstattung an der Kfz-Flottenzusammensetzung gegenüber dem Prognosejahr 2015 deutlich ansteigt.

Weiterhin ist anzumerken, dass voraussichtlich vergleichbare Korrekturen für die leichten Nutzfahrzeuge aufgrund ähnlicher Motorenausstattung anstehen, deren emissionsseitige Vermessung bislang noch nicht beauftragt war und damit in das HBEFA noch nicht einfließen wird.

Aus diesen Gründen wird für den vorliegenden Bericht auf eine Darstellung der Ergebnisse Prognose der NO₂-Jahresmittelwerte für das Jahr 2020 verzichtet, da die im Vergleich zum Bezugsjahr 2015 berechneten Minderungseffekte des verkehrsbedingten Beitrages so nicht eintreffen werden. Die Prognosedarstellung würde eine nicht belastbare Reduktionsintensität der NO₂-Immissionen suggerieren.

8 LITERATUR

- Bächlin, W., Bösing, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April.
- 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.
- BAVU (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs. Version 3.2 2014. Hrsg.: BAVU, Bern. www.hbefa.net.
- BAVU (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs. Version 3.3 2017. Hrsg.: BAVU, Bern. www.hbefa.net. Angekündigte Veröffentlichung.
- CORINAIR (2007): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. EEA (European Environment Agency). Publish date: 05.12.2007. In: Technical report No 16/2007.
- 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.
- Eichhorn, J. (1989): Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Dissertation, Universität Mainz.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- Eichhorn, J. (2011): MISKAM Handbuch zu Version 6.1. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, November 2011.

- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, 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.
- Infras (2012): Luftschadstoffemissionen der Schifffahrt in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft. Aktualisierung 2010 / 2015 / 2020. Bearb.: Infras, Bern im Auftrag des Lufthygieneamts beider Basel.
- Janicke (2011): Ausbreitungsmodell LASAT. Referenz- und Arbeitsbuch zu Version 3.2.15 Ingenieurbüro Janicke - Gesellschaft für Umweltphysik, Überlingen, 09.02.2011.
- Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Strassenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Lohmeyer (2011): Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren in Basel-Stadt, Immissionsberechnungen für Feinstaub und Stickstoffdioxid und Untersuchung der Potentiale zur Minderung der Luftbelastung“. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 61117-08-01, Juni 2011. Gutachten im Auftrag des Lufthygieneamts beider Basel.
- Lohmeyer (2012): WinMiskam-Handbuch, Version 2012.4.15. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Oktober 2012.
- LRP Basel (2007): Luftreinhalteplan der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft Umsetzung und Weiterentwicklung 2007 Stand, Handlungsbedarf, Massnahmen. Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt, Regierungsrat des Kantons Basel-Landschaft, Basel und Liestal, Oktober 2007.
- Lufthygieneamt beider Basel (2011): Bestimmung der Reingasemissionen der zwei BHKWs und fünf Oel-/Gasfeuerungen im WV Neubad Basel. Messbericht Nr. 11/17.
- Luftreinhalte-Verordnung (LRV) der Schweiz (2010): Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (Stand am 15. Juli 2010). Hrsg.: der Schweizerische Bundesrat.
- Öttl (2009): Ausbreitungsmodellierung von Luftschadstoffen, Oktober 2009. 1. Österreichischer Workshop, Mag. Dr. Dietmar Öttl, Bericht Nr.: LU-10-2010 .

- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- 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).
- VDI (1985): Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 3. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure. Juni 1985.
- WHO (2005): WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. WHO Press, Geneva, Switzerland. 2006

A N H A N G A1

**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-
ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt wird das mathematische Modell PROKAS zur Anwendung gebracht, welches den Einfluss des umgebenden Strassennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS_V (Gaussfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS_B, das für die Berechnung der Immissionen in Strassen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

A1.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

Die Zusatzbelastung infolge des Strassenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird ausserdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrossen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ orientiert sich an Romberg et al. (1996). Diese Vorgehensweise wurde durch weitere Auswertungen von Messdaten bestätigt (Bächlin et al., 2006), für hohe NO₂-Werte, die deutlich über dem geltenden Grenzwert liegen, aufgrund zusätzlicher Messwerte aktualisiert (Lohmeyer, 2007) und wird in dieser Form berücksichtigt.

A1.2 Berechnung der Immissionen in Strassen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Strassenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Strassenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Strassenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Strassenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Strassenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Strassenmitte und strassennächster Randbebauung. Die **Tab. A1.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Strassenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10% bis 30% geringere Konzentrationen als in den benachbarten Strassenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

| | | | |
|--------|-------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| wobei: | c | = | Abgaskonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
| | c^* | = | dimensionslose Abgaskonzentration [-] |
| | Q | = | emittierter Schadstoffmassenstrom [$\mu\text{g}/\text{m s}$] |
| | B | = | Strassenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Strassenmitte zur Randbebauung |
| | u' | = | Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s] |

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Vorbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

| Typ | Randbebauung | Gebäudehöhe/ Strassenschluchtbreite | Lückenanteil [%] |
|-----|--------------|----------------------------------------|------------------|
| 0* | locker | - | 61 - 100 |
| 101 | einseitig | 1:3 | 0 - 20 |
| 102 | " | 1:3 | 21 - 60 |
| 103 | " | 1:2 | 0 - 20 |
| 104 | " | 1:2 | 21 - 60 |
| 105 | " | 1:1.5 | 0 - 20 |
| 106 | " | 1:1.5 | 21 - 60 |
| 107 | " | 1:1 | 0 - 20 |
| 108 | " | 1:1 | 21 - 60 |
| 109 | " | 1.5:1 | 0 - 20 |
| 110 | " | 1.5:1 | 21 - 60 |
| 201 | beidseitig | 1:3 | 0 - 20 |
| 202 | " | 1:3 | 21 - 60 |
| 203 | " | 1:2 | 0 - 20 |
| 204 | " | 1:2 | 21 - 60 |
| 205 | " | 1:1.5 | 0 - 20 |
| 206 | " | 1:1.5 | 21 - 60 |
| 207 | " | 1:1 | 0 - 20 |
| 208 | " | 1:1 | 21 - 60 |
| 209 | " | 1.5:1 | 0 - 20 |
| 210 | " | 1.5:1 | 21 - 60 |

Tab. A1.1: Typisierung der Strassenrandbebauung

A1.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des MFZ-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 Vorbelastung.

* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Strassenschluchtbreite $\geq 5 \times$ Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil $\geq 61\%$) erfüllt ist.

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 Immissionskenngrossen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Strassenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die MFZ-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 Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter 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-Rechenergebnissen 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 Vorbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtimmissionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A2

MISKAM

A2 BESCHREIBUNG STRÖMUNGS- UND AUSBREITUNGSMODELL MISKAM

Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1989 und 2011) berechnet die Ausbreitung von Spurenstoffen in der unteren Atmosphäre im mikroskaligen Bereich. Es handelt sich bei MISKAM um ein so genanntes Euler-Modell (Gittermodell). MISKAM ist ein dreidimensionales Modell, das für eine vorgegebene meteorologische Situation und eine vorgegebene Gebäudekonfiguration einen quasi-stationären Zustand liefert. Es beruht auf den physikalischen Erhaltungsgleichungen für Impuls (Bewegungsgleichungen) und Masse (Kontinuitätsgleichung), die durch die Definition der potentiellen Temperatur und der allgemeinen Gasgleichung ergänzt werden.

MISKAM beinhaltet einen Strömungs- und einen Ausbreitungsteil. Im Strömungsteil werden unter Beachtung der Gebäudeumströmungen stationäre Strömungsfelder für die jeweilige Anströmungsrichtung bestimmt. Eine Berücksichtigung von komplexem Gelände ist derzeit nicht möglich. Im Ausbreitungsteil von MISKAM emittieren alle Quellen im Untersuchungsgebiet simultan entsprechend der vorgegebenen Emissionsraten. Mithilfe der bei der Strömungsrechnung bestimmten Strömungsfelder wird ein stationäres Konzentrationsfeld (für jede Gitterbox ein Konzentrationswert) errechnet. Bei der Ausbreitungsrechnung können beliebig viele Quellen von beliebiger Geometrie einbezogen werden. Die Emissionen erfolgen jedoch jeweils bezogen auf die Quellbox (Gitterbox, in der sich die Quelle befindet), in der die jeweilige Emission gleichmässig verteilt wird. Dementsprechend besteht quellnah eine starke Abhängigkeit der ermittelten Konzentrationen von der Grösse der Gitterboxen. Daher wird das Rechengitter horizontal in Quellnähe feiner aufgelöst als quellfern. Zudem wird zwischen Quelle und Beurteilungspunkt mindestens eine emissionsfreie Box gelegt.

Für die statistische Auswertung (Jahresstatistik und Perzentilwerte) der errechneten Schadstoffimmissionen pro Windrichtung stehen geeignete separate Programme in WinMISKAM (Lohmeyer, 2011) zur Verfügung. Für die Rechnungen mit MISKAM wird die Benutzeroberfläche WinMISKAM verwendet.

A N H A N G A3

LASAT

A3 BESCHREIBUNG STRÖMUNGS- UND AUSBREITUNGSMODELL LASAT

Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell **LASAT** (Janicke, 2011) berechnet die Ausbreitung von Spurenstoffen in der unteren Atmosphäre im mikro- und mesoskaligen Bereich. Es basiert auf einem Lagrange-Modell (Teilchen-Simulation), bei dem die Dispersion der Stoffteilchen in der Atmosphäre durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert wird. Eine Abgasfahnenüberhöhung wird parametrisch erfasst (gemäss Richtlinie VDI 3782 Blatt 3 (VDI,1985)). Für komplexes Gelände ist im meteorologischen Präprozessor ein diagnostisches Windfeldmodell integriert, welches auch die Umströmung von Gebäuden modellieren kann. Dreidimensionale Wind- und Turbulenzfelder, in denen z.B. der Einfluss von Gebäuden oder Unebenheiten des Geländes berücksichtigt sind, können auch explizit vorgegeben werden. Für eine Umsetzung der Ergebnisse von ABC, MISKAM, FITNAH oder KALM in Eingabe-Files von LASAT stehen separate Programme zur Verfügung. Es können beliebig viele Emissionsquellen als Punkt-, Linien-, Flächen-, Raster- oder Volumenquellen definiert werden. Die meteorologischen Parameter der Ausbreitungsrechnung können als Zeitreihe vorgegeben werden. Es wird die über fortlaufende Zeitintervalle gemittelte dreidimensionale Konzentrationsverteilung der emittierten Spurenstoffe und die Massenstromdichte ihrer Deposition am Erdboden berechnet. Liegen die meteorologischen Daten als Zeitreihe über ein Jahr oder als Jahresstatistik vor, können auch Jahresmittelwert und Perzentile berechnet werden. Im Nahbereich von Quellen kann die Ausbreitungsrechnung mit erhöhter räumlicher Auflösung durchgeführt werden.

A N H A N G A4
ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

A4 ERLÄUTERUNGEN 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

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe Luftreinhalte-Verordnung (LRV) der Schweiz.

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert

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.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Motorfahrzeuge (Mfz) 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 (BAVU) herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub / PM10

Mit Feinstaub bzw. PM10 werden alle Partikel bezeichnet, die einen grössenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet.