



**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

LUFTSCHADSTOFFBERECHNUNGEN ZUM VERKEHRSKONZEPT BREMER NORDOSTEN

Auftraggeber: Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und
Europa
Referat 42
Ansgaritorstraße 2
28195 Bremen

Dr.rer.nat. R. Bösing

Dr.-Ing. W. Bächlin

Juli 2009
Projekt 61394-09-01
Berichtsumfang 32 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	4
3 VORGEHENSWEISE	6
4 EINGANGSDATEN	8
4.1 Verkehrsdaten	8
4.2 Hintergrundbelastung	11
4.3 Meteorologische Daten	13
5 EMISSIONEN	16
5.1 Emissionsfaktoren	16
5.2 Emissionen auf den betrachteten Straßenabschnitten	16
6 ERGEBNISSE	23
7 LITERATUR	31

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.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug oder anderen Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff 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. Zweiundzwanzigste 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 / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert, 98-Perzentilwert 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. Der Gesetzgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert z.B. den so genannten 98-Perzentilwert (oder 98-Prozent-

Wert) der Konzentrationen eingeführt. Das ist derjenige Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird.

Die Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV) fordert die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, 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 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. 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 / PM10

Mit Feinstaub bzw. PM10 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Verkehrskonzeptes Bremer Nordosten wurden Maßnahmen zur Senkung der Kfz-Belastungen in den Stadtteilen Schwachhausen, Vahr, Östliche Vorstadt und Mitte hinsichtlich ihrer verkehrlichen Auswirkungen untersucht. Für den aus der Untersuchung hervorgegangenen Planfall 1mod (Geschwindigkeitsdrosselung westliche Bismarckstraße in Ergänzung zur Geschwindigkeitsdrosselung östliche Kurfürstenallee und Richard-Boljahn-Allee mit Herstellung von Fußgängersignalanlagen in diesem Straßenzug) wurden ergänzend Emissions- und Immissionsberechnungen aufbauend auf der Untersuchung zur Umweltzone (Lohmeyer, 2007) durchgeführt. Es wurden der o.g. Planfall 1mod und zum Vergleich der Bezugsfall (Nullfall mit Umweltzone ohne die o.g. Verkehrsbeschränkungen) jeweils in der Prognose 2015 betrachtet.

Die Prognosen für den Bezugsfall 2015 ergaben, dass an drei der Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel überschritten wird. Die Überschreitungen im Bezugsfall 2015 werden für die Straßenabschnitte Eduard-Grunow-Straße, Am Wall und Bismarckstraße festgestellt. Am Untersuchungspunkt Dobbenweg werden $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt, d.h. gerade noch Einhaltung des Grenzwertes. Mit einem maximal berechneten 98-Perzentilwert von $105 \mu\text{g NO}_2 / \text{m}^3$ ist davon auszugehen, dass der NO_2 -Kurzzeitbeurteilungswert eingehalten wird. In zwei der o.g. Straßenabschnitten (Eduard-Grunow-Straße, Am Wall) treten auch die höchsten PM_{10} -Immissionen auf. Für diese Straßenabschnitte werden im Bezugsfall 2015 mehr als 35 Überschreitungen des PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kurzzeitgrenzwert) prognostiziert. Der PM_{10} -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wird jedoch nicht erreicht.

Gegenüber dem Bezugsfall 2015 wird für den Planfall 1mod an fast allen hoch belasteten Straßenabschnitten eine Abnahme der NO_2 -Immissionen ermittelt. Lediglich in der Graf-Moltke-Straße gibt es eine geringfügige Erhöhung um 1% und in der Findorffstraße bleibt die NO_2 -Belastung unverändert. In beiden Abschnitten wird der Grenzwert deutlich unterschritten. Die NO_2 -Immissionen in der Eduard-Grunow-Straße und Am Wall bleiben aber nach den Berechnungen trotz der Minderungen im Planfall 1mod noch über dem Grenzwert. In der Bismarckstraße sind die NO_2 -Minderungen am deutlichsten und führen zur Einhaltung des Grenzwertes.

Auch die PM_{10} -Immissionen sind im Planfall 1mod in den meisten hoch belasteten Straßenabschnitten verringert. Es verbleiben an zwei Straßenabschnitten Überschreitungen des PM_{10} -Kurzzeitgrenzwertes.

Die Auswirkungen des Planfalls 1mod „Verkehrskonzept Bremer Nordosten“ auf die Luftschadstoffimmissionen im Untersuchungsgebiet führen in den hoch belasteten Straßenabschnitten zu teilweise deutlicher Entlastung. Das Verkehrskonzept ist daher im Sinne der Luftreinhalteplanung als Minderungsmaßnahme zu begrüßen.

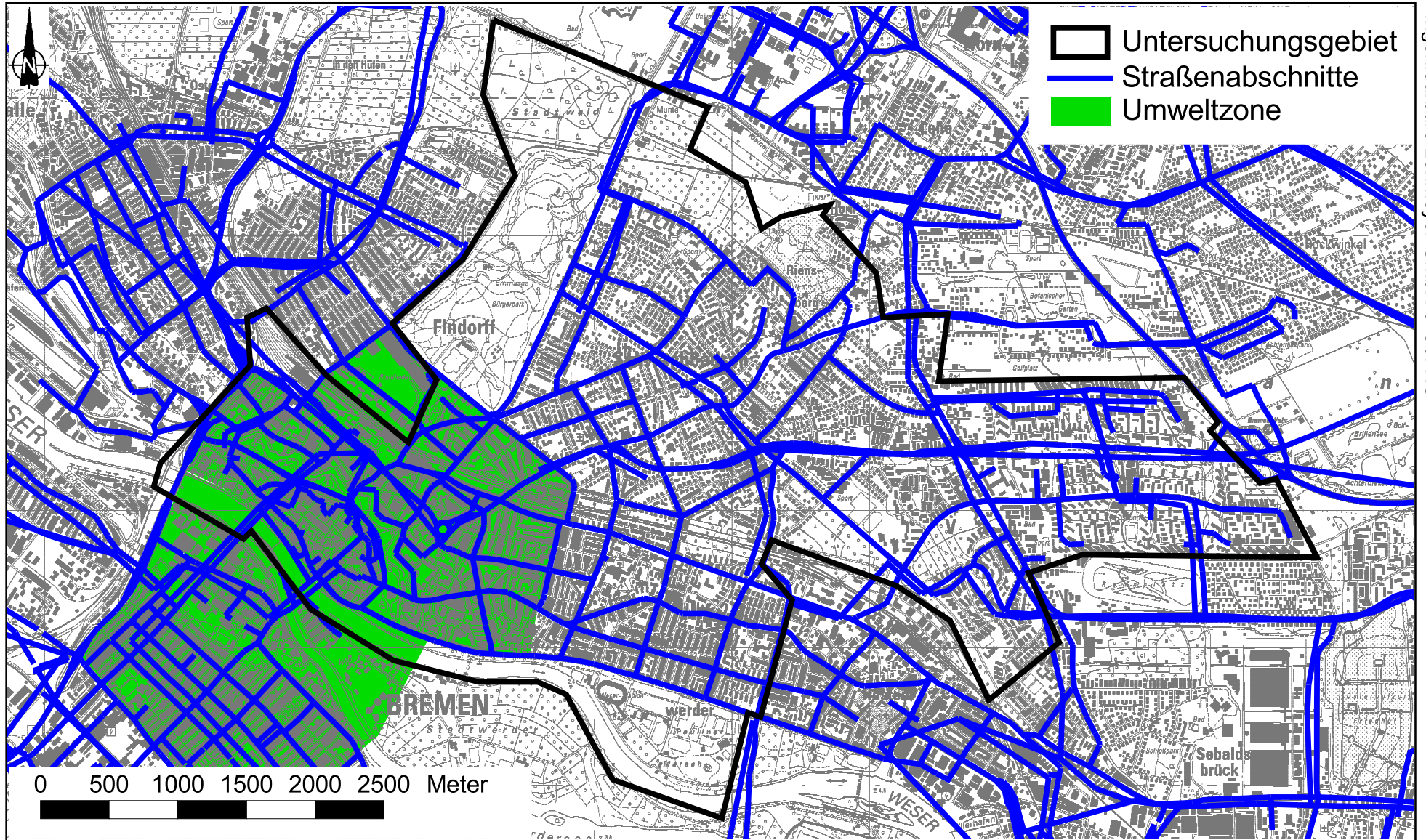
2 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen des Verkehrskonzeptes Bremer Nordosten, das Handlungsmöglichkeiten zur stadtteilverträglichen Erreichbarkeit der Bremer Innenstadt aufzeigt, wurden Verkehrsberechnungen u.a. zum modifizierten Planfall 1 (Geschwindigkeitsdrosselung westliche Bismarckstraße) von IVV Aachen durchgeführt. Bei diesem Planfall 1mod ist, aufbauend auf Planfall 1 (Geschwindigkeitsreduzierungen auf 50 km/h in der Kurfürstenallee und Richard-Boljahn-Allee, Einrichtung von 6 Fußgängerschutzanlagen), eine Geschwindigkeitsreduzierung auf 30 km/h im immissionskritischen Bereich der Bismarckstraße zwischen St.-Jürgen-Straße und Dobbenweg zu Grunde gelegt, um dort Verkehrsverlagerungen in Folge der Maßnahmen des Planfalls 1 entgegenzuwirken.

Die Verkehrsberechnungen ergeben erhebliche Entlastungen im Straßenzug Bismarckstraße, Stresemannstraße, Steubenstraße. Der Verkehr, der durch Geschwindigkeitsdrosselung in der Kurfürstenallee und Richard-Boljahn-Allee auf die Bismarckstraße verlagert wurde, wird in deutlichem Umfang auf die Kurfürstenallee/ Schwachhauser Heerstraße zurückverlagert. Dies hat auch höhere Belastungen für die Konrad-Adenauer-Allee und In der Vahr zur Folge. Die Umorientierungen stadtteilbezogener Verkehre führen zu Mehrbelastungen in der Humboldtstraße (Tempo 30-Zone). Großräumige Verlagerungswirkungen werden nicht festgestellt.

Für dieses Verkehrskonzept sollen Emissions- und Immissionsberechnungen aufbauend auf der Untersuchung zur Umweltzone (Lohmeyer, 2007) durchgeführt werden. Es sollen der o.g. Planfall 1mod und zum Vergleich der Bezugsfall (Nullfall mit Umweltzone ohne die o.g. Verkehrsbeschränkungen) jeweils in der Prognose 2015 betrachtet werden. Das Untersuchungsgebiet umfasst die Stadtteile Mitte, Schwachhausen, Östliche Vorstadt und Vahr.

Das Untersuchungsgebiet zeigt die **Abb. 2.1**. Das vorliegende lufthygienische Gutachten beschreibt die durch den Straßenverkehr beeinflussten Schadstoffimmissionen im Prognosejahr 2015.



0 500 1000 1500 2000 2500 Meter



Abb. 2.1: Untersuchungsgebiet mit Teil des berücksichtigten Straßennetzes (blau)

3 VORGEHENSWEISE

Abgesehen von den in Kap. 4 angegebenen Daten entsprechen die Methodik, Eingangsdaten und Untersuchungsgebiet der o.g. gesamtstädtischen Untersuchung zur Umweltzone (Lohmeyer, 2007). Die Emissionsfaktoren für die Fahrzeuge mit verschiedenen Emissionsnormen werden auf der Basis des aktuellen HBEFA 2.1 (UBA, 2004) abgeleitet. Die Emissions- und Immissionsberechnungen erfolgen wie im o.a. Stadt-Screening beschrieben auf der Grundlage der von IVV gelieferten Verkehrszahlen und den abgeleiteten Emissionsfaktoren mit dem Modell PROKAS. Die Schadstoffemissionsdichten auf den betrachteten Straßenabschnitten werden auf Grundlage der Verkehrsmengen und der den Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung von Kaltstartzuschlägen, Stauanteilen und Längsneigungseinflüssen berechnet. Die PM10-Emissionen der Fahrzeuge aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden auf der Grundlage aktueller Forschungserkenntnisse ermittelt (BASt, 2005, Düring und Lohmeyer, 2004).

Die 22. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, 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 bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 µg/m³ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 22. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein empirisch aus PM10-Messungen abgeleiteter Zusammenhang 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 PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005).

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 µg/m³ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m³ erwartet.

Dieser Ansatz stimmt mit dem Befund vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW, 2006) überein, dass bei PM10-Jahresmittelwerten zwischen $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes möglicherweise nicht eingehalten wird.

Die Auswertungen der PM10-Messungen in den Jahren 2005 und 2006 an den BLUES-Messstellen (BLUES, 2005-2008) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** eingetragen. Diese Werte liegen tendenziell unterhalb der o.g. „best fit“-Kurve. Das heißt, dass die wie o.a. ermittelte Anzahl der PM10-Überschreitungstage eher überschätzt wird.

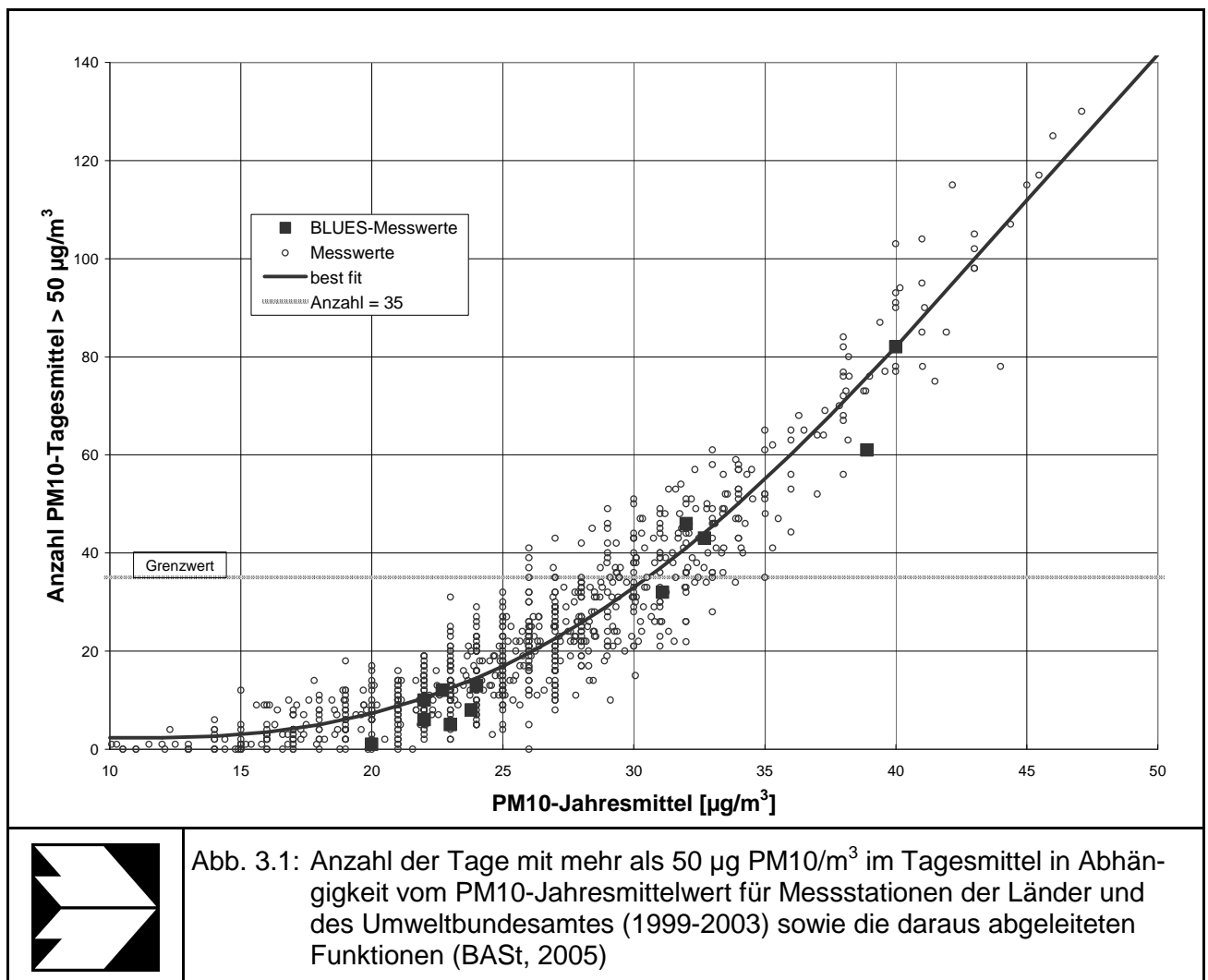


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit mehr als $50 \mu\text{g PM10}/\text{m}^3$ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

4 EINGANGSDATEN

4.1 Verkehrsdaten

Grundlage der vorliegenden Untersuchung sind Verkehrsumlegungsdaten in der Prognose 2015, die vom Verkehrsgutachter (IVV, 2009) geliefert wurden. Die Verkehrsmengen auf den Straßen in Bremen wurden dabei in folgender Differenzierung nach zulässigem Gesamtgewicht (zGG) vorgelegt:

- Pkw, Kombi etc. (zGG < 2.8 t)
- Leichte Nutzfahrzeuge INfz (zGG 2.8 t bis 3.5 t)
- Schwere Nutzfahrzeuge (zGG 3.5 t bis 7.5t)
- Schwere Nutzfahrzeuge (zGG 7.5 t bis 12 t)
- Schwere Nutzfahrzeuge (zGG > 12 t).
- Linienbusse

Die verwendeten Verkehrszahlen sind in den **Abb. 4.1** und **Abb. 4.2** angegeben.

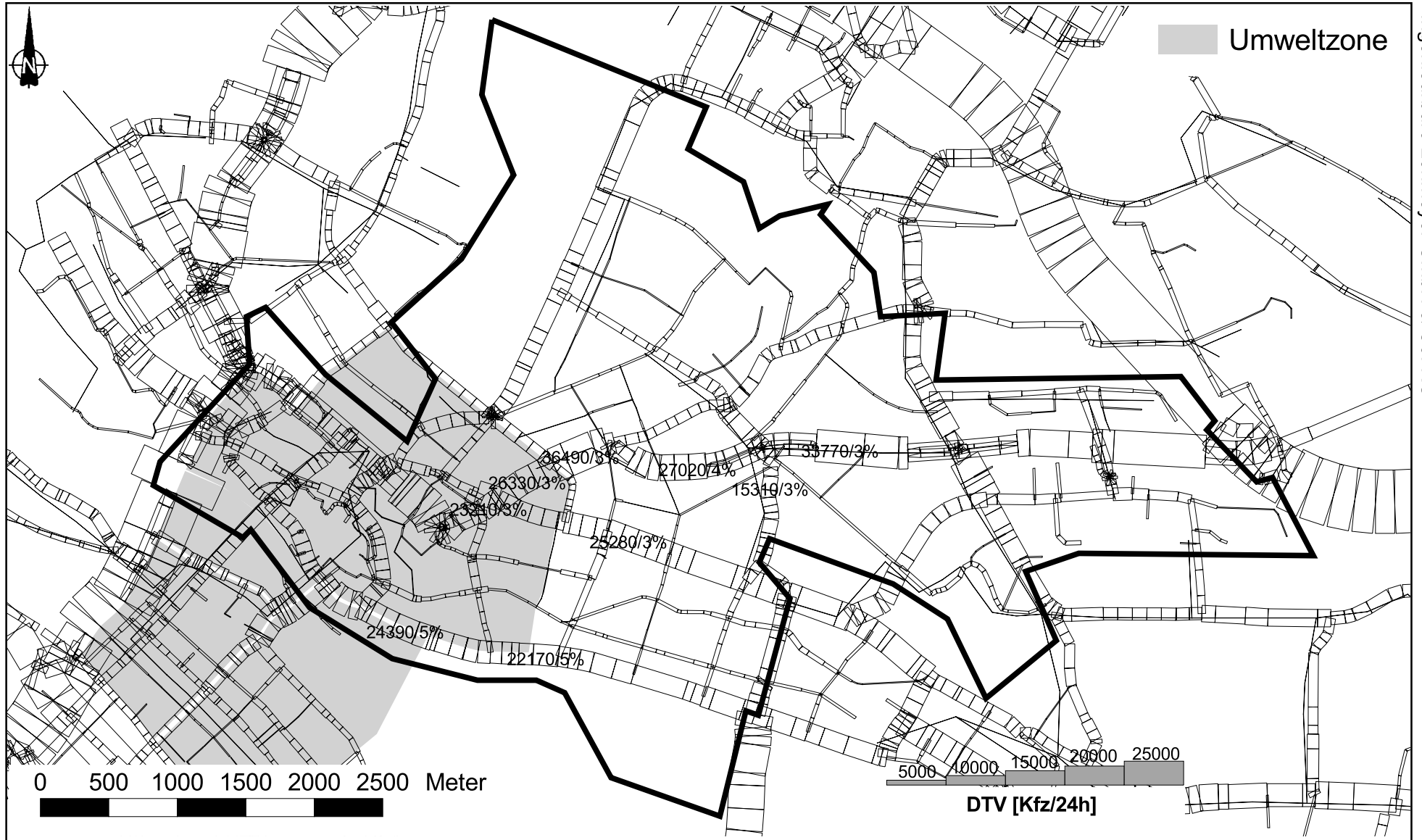
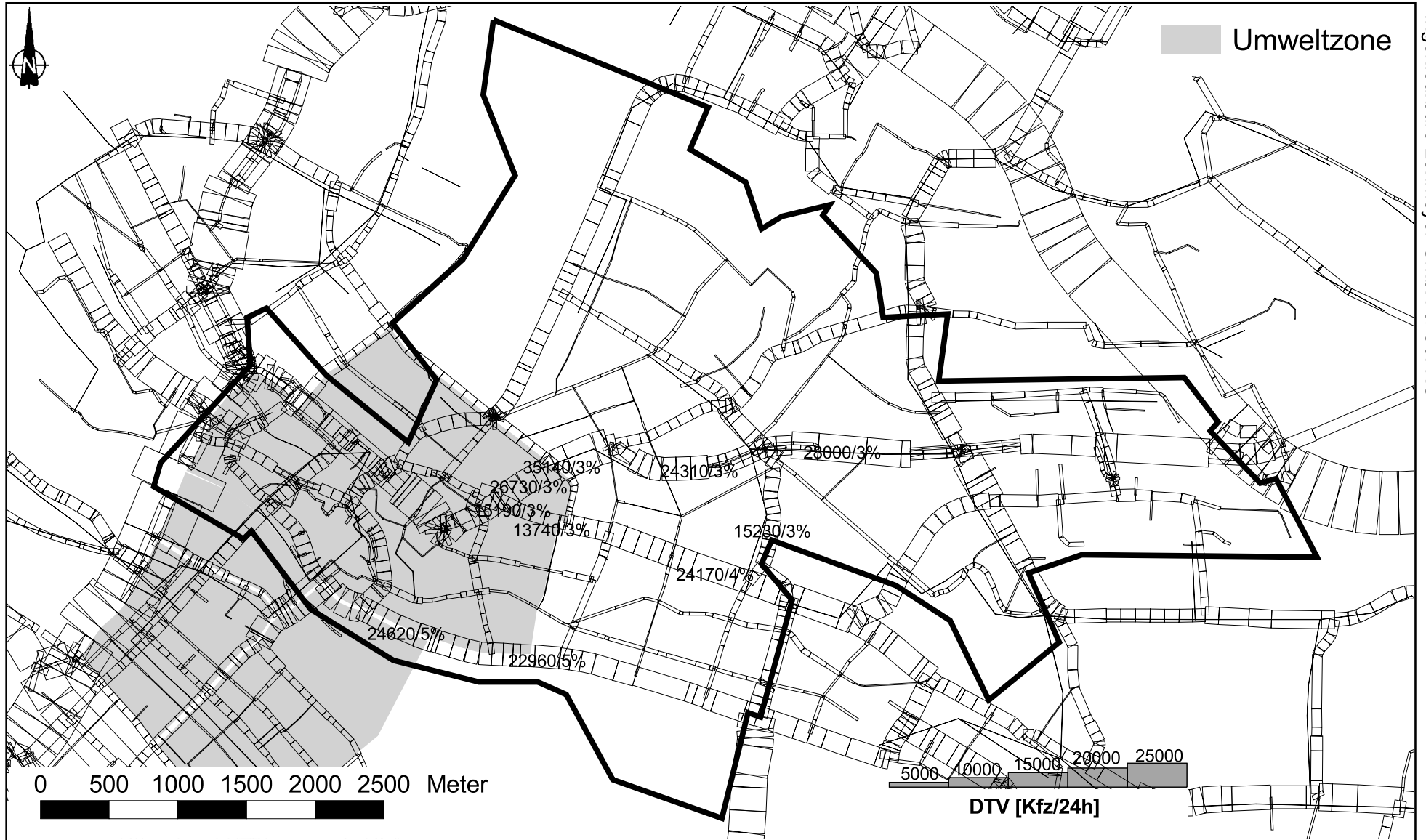


Abb. 4.1: Durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) und LKW-Anteile
- Bezugsfall 2015 -



0 500 1000 1500 2000 2500 Meter

DTV [Kfz/24h]



Abb. 4.2: Durchschnittliche Verkehrsstärken (DTV) und LKW-Anteile
- Planfall 1mod 2015 -

4.2 Hintergrundbelastung

Die Immissionskonzentration eines Schadstoffes setzt sich zusammen aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung. Die Hintergrundbelastung resultiert aus Schadstoffemissionen der Industrie, von Hausbrand und außerhalb des Untersuchungsgebietes liegendem Verkehr sowie aus dem überregionalen Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die bei den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigten Quellen vorläge. Zur Bestimmung der Gesamtbelastung wird die Hintergrundbelastung aus Messdaten abgeleitet.

Der Bremer Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa betreibt das Bremer Luftüberwachungssystem (BLUES) zur kontinuierlichen Immissionsüberwachung. In den Jahres- und Monatsberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (BLUES, 2005-2008). Die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen, kontinuierlich betriebenen BLUES-Messstationen sind Bremen-Mitte und Bremen-Ost. Beide Stationen werden als städtische Hintergrundstationen typisiert.

Die vorliegenden Daten für o.a. Stationen sind in der **Tab. 4.1** aufgeführt. Die Hintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet wird auf dieser Grundlage abgeschätzt. Dabei wird berücksichtigt, dass auch die Stationen Bremen-Mitte und Bremen-Ost von Straßenverkehrsemissionen beaufschlagt werden. Mit Hilfe des Berechnungsverfahrens PROKAS wurden entsprechend der in Kap. 3 vorgestellten Vorgehensweise Ausbreitungsrechnungen für den Messstandort Bremen-Verkehr¹ (Dobbenweg) durchgeführt. Mit den Werten aus **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung und den Ergebnissen der Ausbreitungsrechnungen können die gemessenen Immissionskonzentrationen nachvollzogen werden.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o.a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Für das zu betrachtende Prognosejahr zeigen Abschätzungen (MLuS 02, 2005) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen um bis zu 10%. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. In der vorliegenden Studie werden auf dieser Grundlage für die Immissionsprognosen die Werte der **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt.

Komponente	Zeitraum	Bremen-Nord	Bremen-West	Bremen-Mitte	Bremen-Ost	Bremen-Verkehr1	Bremen-Verkehr2
NO ₂ Jahresmittel [µg/m ³]	2005	22	25	25	24	57	56
	2006	21	26	26	24	54	54
	2007	20	26	26	22	44	55
	2008	20	26	23	22	46	36
NO ₂ 98-Perzentil [µg/m ³]	2005	55	68	64	59	132	108
	2006	55	63	60	62	122	114
	2007	52	71	64	55	104	109
	2008	51	63	57	55	106	90
PM10 Jahresmittel [µg/m ³]	2005	22	24	23	20	32	40
	2006	22	25	22	24	33	39
	2007	19	23	20	21*	31	34
	2008	19	22	18	--	34	37
Anzahl PM10- Tagesmittel > 50 µg/m ³ [-]	2005	10	13	5	1	46	82
	2006	8	15	12	11	43	64
	2007	2	6	3	--	30	41
	2008	5	6	5	--	34	64

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte an den BLUES-Stationen

Schadstoff	Jahresmittelwert [µg/m ³]	98-Perzentilwert [µg/m ³]
NO ₂	24	60
PM10	20	

Tab. 4.2: Angesetzte Hintergrundbelastungswerte im Untersuchungsgebiet

4.3 Meteorologische Daten

Die meteorologischen Daten für die statistische Auswertung der Ausbreitungsrechnungen stammen von der BLUES-Messstation Bremen-Mitte. Die Statistik (**Abb. 4.3**) zeigt einen hohen prozentualen Anteil von Windströmungen aus westlichen und südöstlichen Richtungen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.3 m/s und liegt im erwarteten Bereich für innerstädtische Bereiche. Diese Windstatistik wurde für die Immissionsprognosen im innerstädtischen dicht bebauten Bereich angesetzt.

Für die Auswertung des äußeren locker bebauten Bereichs des Untersuchungsgebietes wurde die Windmessstation Bremen-Flughafen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) angesetzt. Die DWD-Station befindet sich auf dem Flughafengelände, der Windgeber ist in 10 m über Grund installiert und frei anströmbar. Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten für die Station Bremen-Flughafen für den Zeitraum 1990 bis 1999 sind in der **Abb. 4.4** dargestellt. Die häufigsten Windrichtungen liegen um Südwest bis West und um Südost. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 4.1 m/s.

Windverteilung Bremen

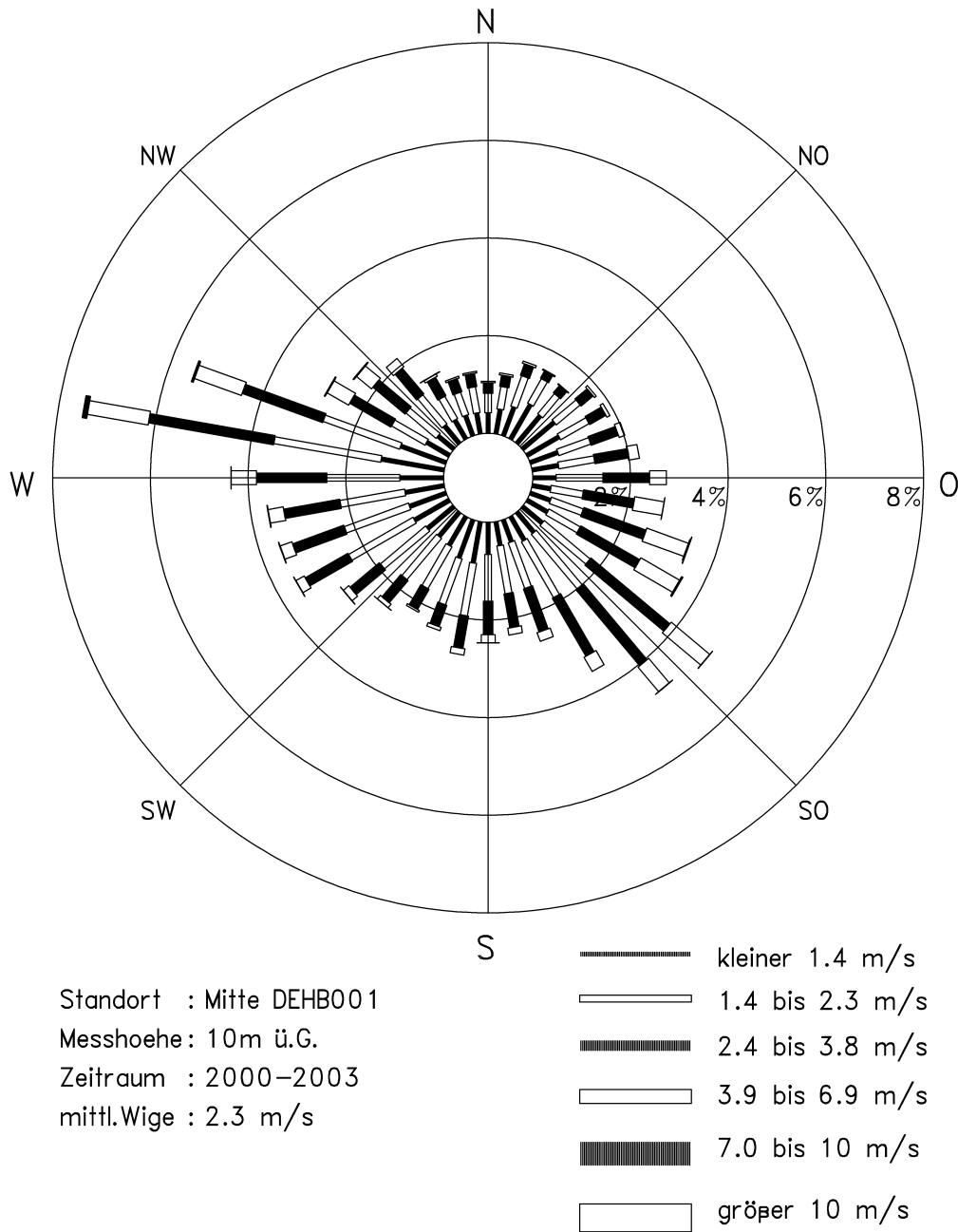


Abb. 4.3: Häufigkeitsverteilung von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der BLUES-Messstation Bremen-Mitte (Quelle: Bremer Luftüberwachungssystem)

Windverteilung Bremen

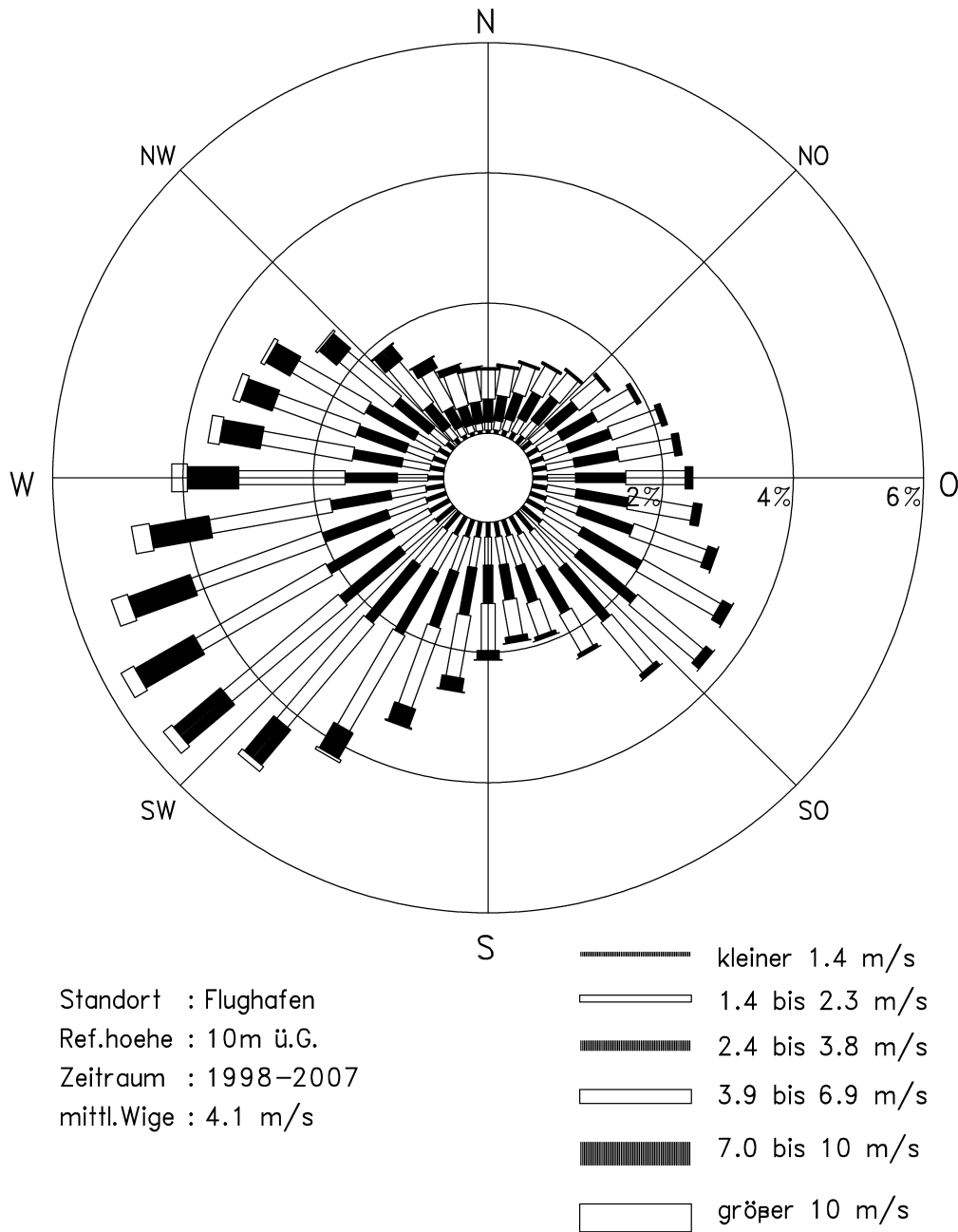


Abb. 4.4: Häufigkeitsverteilung von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der Messstation Bremen-Flughafen (Quelle: DWD)

5 EMISSIONEN

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Schadstoffemissionen wurde das Berechnungsverfahren PROKAS verwendet. Auf Grundlage der Verkehrsmengen und der mittleren spezifischen Emissionen (Emissionsfaktoren) der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden für das zu betrachtende Bezugsjahr 2015 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt.

5.1 Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge mit verschiedenen Emissionsnormen wurden auf Basis der Daten des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) berechnet. Die nicht motorbedingten PM10-Emissionen aus Abrieben und infolge der Wiederaufwirbelung von Straßenstaub, die unabhängig von der jeweiligen Emissionsnorm sind, wurden entsprechend der in BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2004) beschriebenen Vorgehensweise berechnet. Die den Straßensegmenten zugeordneten Verkehrssituationen wurden aus der Untersuchung zur Umweltzone (Lohmeyer, 2007) übernommen. Die Ermittlung der Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

Die Fahrzeugflotte (Fahrleistungsanteile der verschiedenen Emissionsnormen) innerhalb und außerhalb der Umweltzone wurde der vorliegenden Untersuchung zur Umweltzone (Lohmeyer, 2007) entnommen. Für die Berechnung der Emissionen wurden die in **Tab. 5.1** und **Tab. 5.2** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

5.2 Emissionen auf den betrachteten Straßenabschnitten

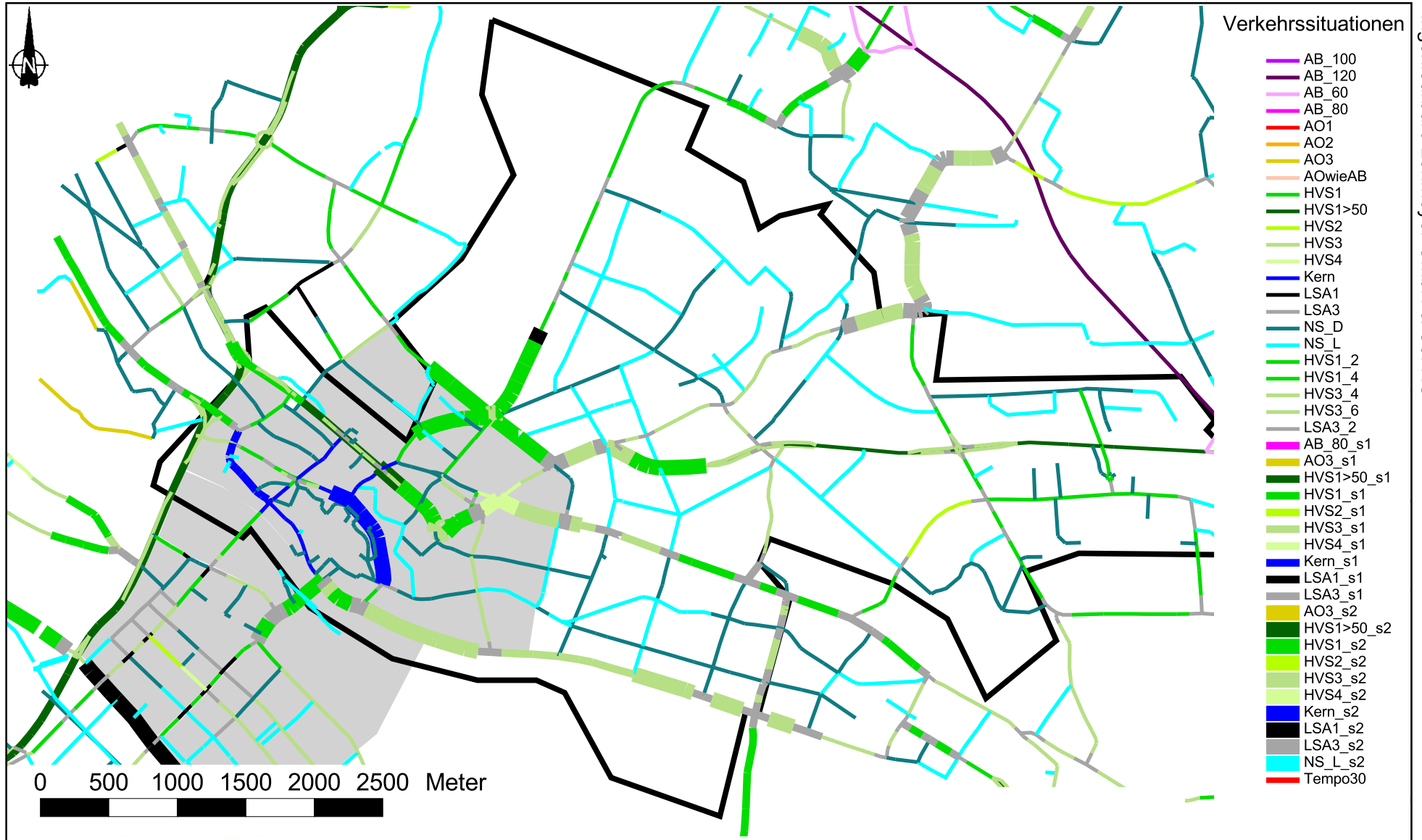
Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x und PM10 wurden für alle in **Abb. 2.1** dargestellten Straßenabschnitte wie oben beschrieben ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Die hier angesetzten Verkehrssituationen sind der **Abb. 5.1** (Bezugsfall) und der **Abb. 5.2** (Planfall) zu entnehmen, klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2004). In **Abb. 5.3** und **Abb. 5.4** sind exemplarisch die NO_x-Emissionen auf den berücksichtigten Straßen im Untersuchungsgebiet dargestellt.

Verkehrssituation	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [mg/km]							
	NOx			Partikel PM10 (Abgas)			PM10(Abrieb/Aufwirb.)	
	PKW	LKW	BUS	PKW	LKW	BUS	PKW	LKW/BUS
AB_120	240	2600	3400	10.7	40	20	22	200
AB_100	220	2600	3400	9.7	40	20	22	200
AB_60	160	3060	3400	6.5	50	20	22	200
AO3	170	3370	3480	7.2	50	20	22	200
HVS1>50	180	2920	3720	8.0	50	20	22	200
HVS1	180	2920	3720	8.0	50	20	22	200
HVS2	170	3560	5010	7.7	70	30	30	300
HVS3	180	3890	5640	8.2	80	30	40	380
HVS4	190	4690	6100	8.7	100	40	50	450
Kern	210	4820	6560	9.2	110	40	90	800
LSA1	180	3890	5640	8.2	80	30	40	380
LSA3	200	4800	6560	9.0	110	40	90	800
NS_D	310	5370	7610	14.9	120	50	90	800
NS_L	210	4690	6100	10.6	100	40	90	800
StGo	630	7810	12660	23.1	200	70	90	800
Tempo30	170	4220	6950	4.3	50	10	50	450
HVS1>50_s1	210	3260	4340	9.1	60	20	22	200
HVS1_s1	210	3260	4340	9.1	60	20	22	200
HVS2_s1	200	3860	5540	8.8	80	30	30	300
HVS3_s1	210	4170	6130	9.2	90	30	40	380
Kern_s1	240	5030	6980	10.1	120	40	90	800
LSA3_s1	230	5010	6980	10.0	110	40	90	800
HVS1>50_s2	240	3650	5060	10.3	70	30	22	200
HVS1_s2	240	3650	5060	10.3	70	30	22	200
HVS2_s2	240	4200	6150	10.0	90	30	30	300
HVS3_s2	240	4480	6700	10.4	100	40	40	380
HVS4_s2	250	5150	7080	10.8	120	40	50	450
Kern_s2	270	5270	7470	11.2	120	40	90	800
LSA1_s2	240	4480	6700	10.4	100	40	40	380
LSA3_s2	260	5250	7470	11.1	120	40	90	800

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in [mg/km] je Kfz bei Fahrbewegungen außerhalb der Umweltzone, Prognosejahr 2015 nach HBEFA 2.1 (UBA, 2004)

Verkehrssituation	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [mg/km]							
	NOx			Partikel PM10 (Abgas)			PM10(Abrieb/Aufwirb.)	
	PKW	LKW	BUS	PKW	LKW	BUS	PKW	LKW/BUS
AB_120	210	1850	2610	8.6	20	0	22	200
AB_100	200	1850	2610	7.8	20	0	22	200
AB_60	150	2340	2610	5.2	30	0	22	200
AO3	150	2800	2680	5.8	40	0	22	200
HVS1>50	160	2370	2860	6.6	40	0	22	200
HVS1	160	2370	2860	6.6	40	0	22	200
HVS2	150	2930	3930	6.4	50	10	30	300
HVS3	160	3210	4460	6.7	50	10	40	380
HVS4	170	3870	4830	7.1	70	10	50	450
Kern	190	4000	5210	7.5	70	10	90	800
LSA1	160	3210	4460	6.7	50	10	40	380
LSA3	180	3980	5210	7.3	70	10	90	800
NS_D	280	4470	6180	12.4	80	10	90	800
NS_L	190	3870	4830	8.8	70	10	90	800
StGo	560	6600	10970	19.0	110	10	90	800
Tempo30	150	3490	5510	3.6	30	10	50	450
HVS1>50_s1	190	2670	3430	7.5	40	0	22	200
HVS1_s1	190	2670	3430	7.5	40	0	22	200
HVS2_s1	180	3180	4420	7.3	50	10	30	300
HVS3_s1	190	3440	4910	7.6	60	10	40	380
Kern_s1	210	4180	5610	8.3	70	10	90	800
LSA3_s1	210	4160	5610	8.2	70	10	90	800
HVS1>50_s2	220	3000	4080	8.5	50	10	22	200
HVS1_s2	220	3000	4080	8.5	50	10	22	200
HVS2_s2	210	3480	4990	8.3	60	10	30	300
HVS3_s2	220	3720	5430	8.6	60	10	40	380
HVS4_s2	230	4280	5750	8.9	70	10	50	450
Kern_s2	240	4390	6070	9.2	80	10	90	800
LSA1_s2	220	3720	5430	8.6	60	10	40	380
LSA3_s2	240	4370	6070	9.1	80	10	90	800

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren in [mg/km] je Kfz bei Fahrbewegungen innerhalb der Umweltzone, Prognosejahr 2015 nach HBEFA 2.1 (UBA, 2004)



0 500 1000 1500 2000 2500 Meter

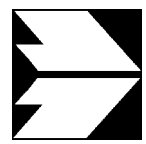
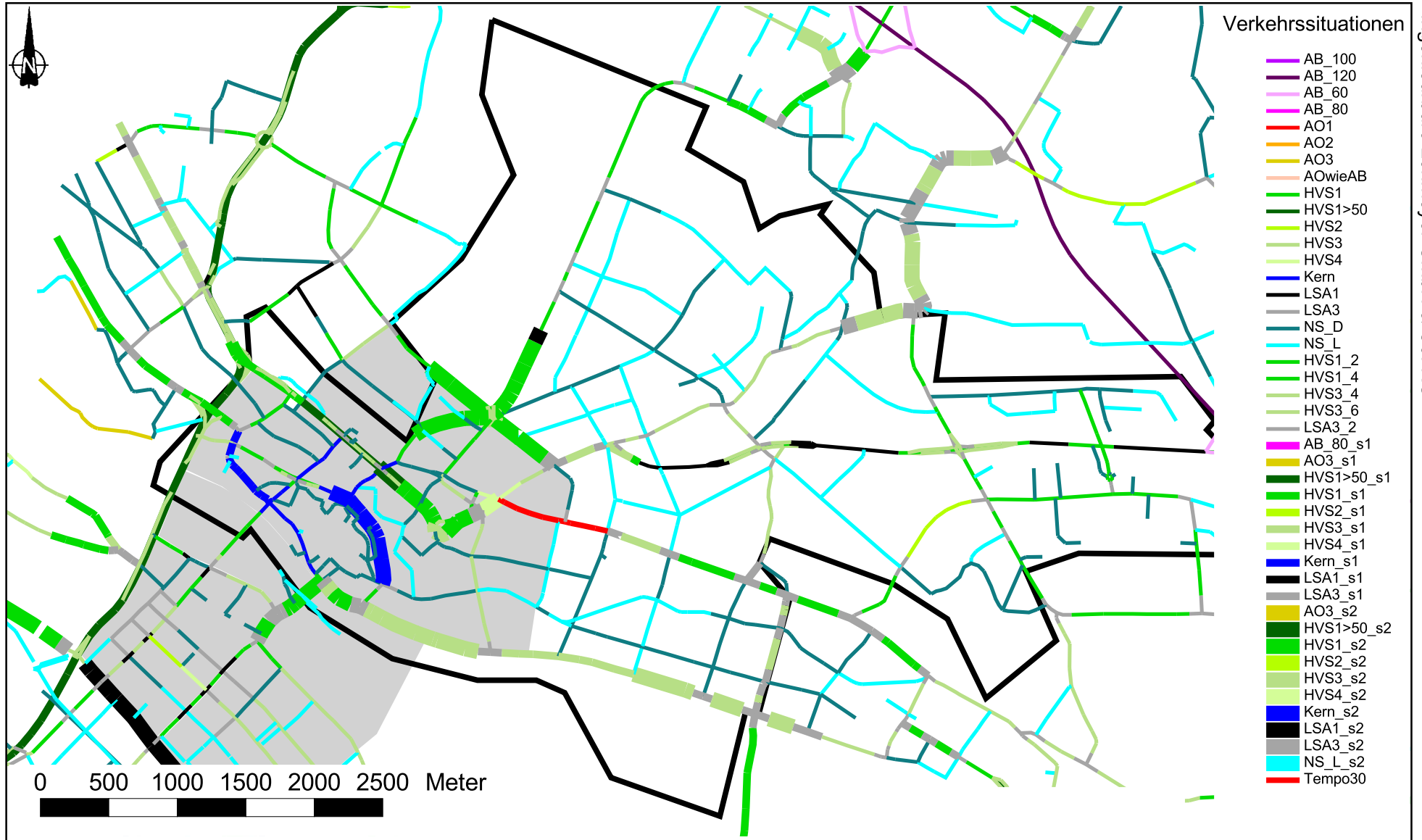


Abb. 5.1: Angesetzte Verkehrssituationen auf dem Straßennetz
- Bezugsfall 2015 -



0 500 1000 1500 2000 2500 Meter



Abb. 5.2: Angesetzte Verkehrssituationen auf dem Straßennetz
- Planfall 1mod 2015 -



Abb. 5.3: Jahresmittlere NOx-Emissionsdichten
- Bezugsfall 2015 -



0 500 1000 1500 2000 2500 Meter

0.05 0.10 0.15 0.20 0.25
NOx-Emissionen [mg/(m*s)]



Abb. 5.4: Jahresmittlere NOx-Emissionsdichten
- Planfall 1mod 2015 -

6 ERGEBNISSE

Es wurden für die im Untersuchungsgebiet (**Abb. 2.1**) liegenden, bereits in der Untersuchung zur Umweltzone (Lohmeyer, 2007) betrachteten Straßenabschnitte die Luftschadstoffimmissionen in Bodennähe bestimmt. Die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Da sich die Grenzwerte immer auf die Gesamtbelastung beziehen, wird im Folgenden jeweils nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung (Kap. 4) zusammensetzt.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen sind in den nachfolgenden Abbildungen farbig aufgezeigt. Die grafische Umsetzung der Immissionen ist dort in Form von farbigen Symbolen erfolgt, deren Farben bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet sind. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert (hellgrün) entsprechend der Hintergrundbelastung festgelegt. Es sind jeweils die Gesamtbelastungen als Jahresmittelwerte angegeben.

Die Prognosen für das Jahr 2015 der NO₂-Immissionen für den Bezugsfall und den Planfall 1mod sind in den **Abb. 6.1** und **Abb. 6.2** dargestellt. Die Änderungen der NO₂-Immissionen im Vergleich zwischen Planfall 1mod und Nullfall sind in der **Abb. 6.3** abgebildet. Für die höchstbelasteten Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet, deren Lage in der **Abb. 6.4** zu finden ist, werden in den nachfolgenden Tabellen die ermittelten Immissionen im Einzelnen aufgeführt. Die räumliche Zuordnung der Streckenkennnummern (KENN) ist ebenfalls in der **Abb. 6.4** angegeben.

Die **Tab. 6.1** zeigt, dass im Bezugsfall 2015 an drei der Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel überschritten wird. Die Überschreitungen im Bezugsfall 2015 werden für die Straßenabschnitte Eduard-Grunow-Straße, Am Wall und Bismarckstraße festgestellt. Am Untersuchungspunkt Dobbenweg werden 40 µg/m³ ermittelt, d.h. gerade noch Einhaltung des Grenzwertes. Mit einem maximal berechneten 98-Perzentilwert von 105 µg NO₂/m³ ist davon auszugehen, dass der NO₂-Kurzzeitbeurteilungswert eingehalten wird. In zwei der o.g. Straßenabschnitten (Eduard-Grunow-Straße, Am Wall) treten auch die höchsten PM10-Immissionen auf. Für diese Straßenabschnitte werden im Bezugsfall 2015 mehr als 35 Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ (Kurzzeitgrenzwert) prognostiziert. Der PM10-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel wird jedoch nicht erreicht.

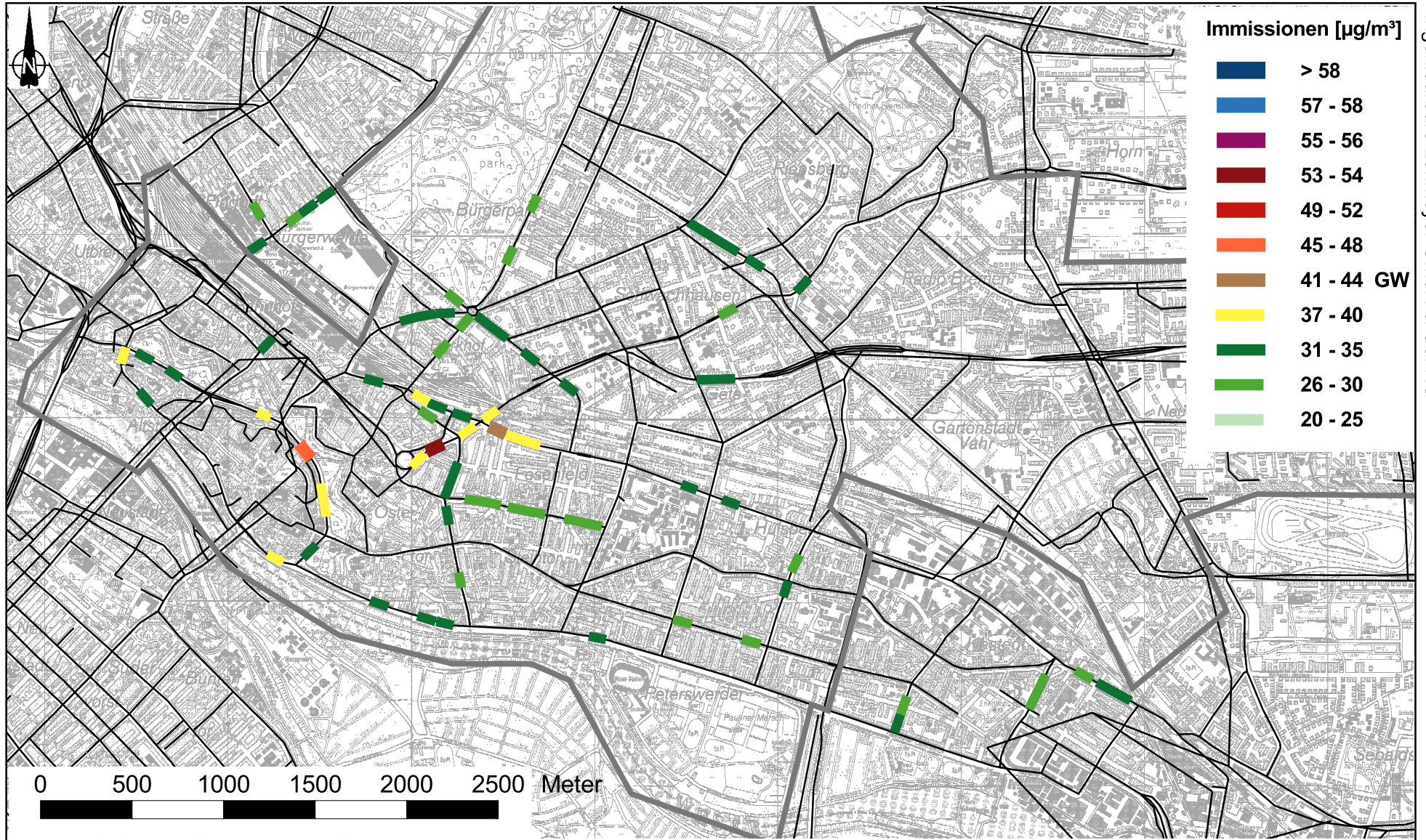


Abb. 6.1: Bezugsfall 2015 -
 NO₂-Immissionen (Jahresmittel) für typisierte Straßenabschnitte
 und berücksichtigtes Straßennetz (schwarz)
 GW = Immissionen größer als Grenzwert

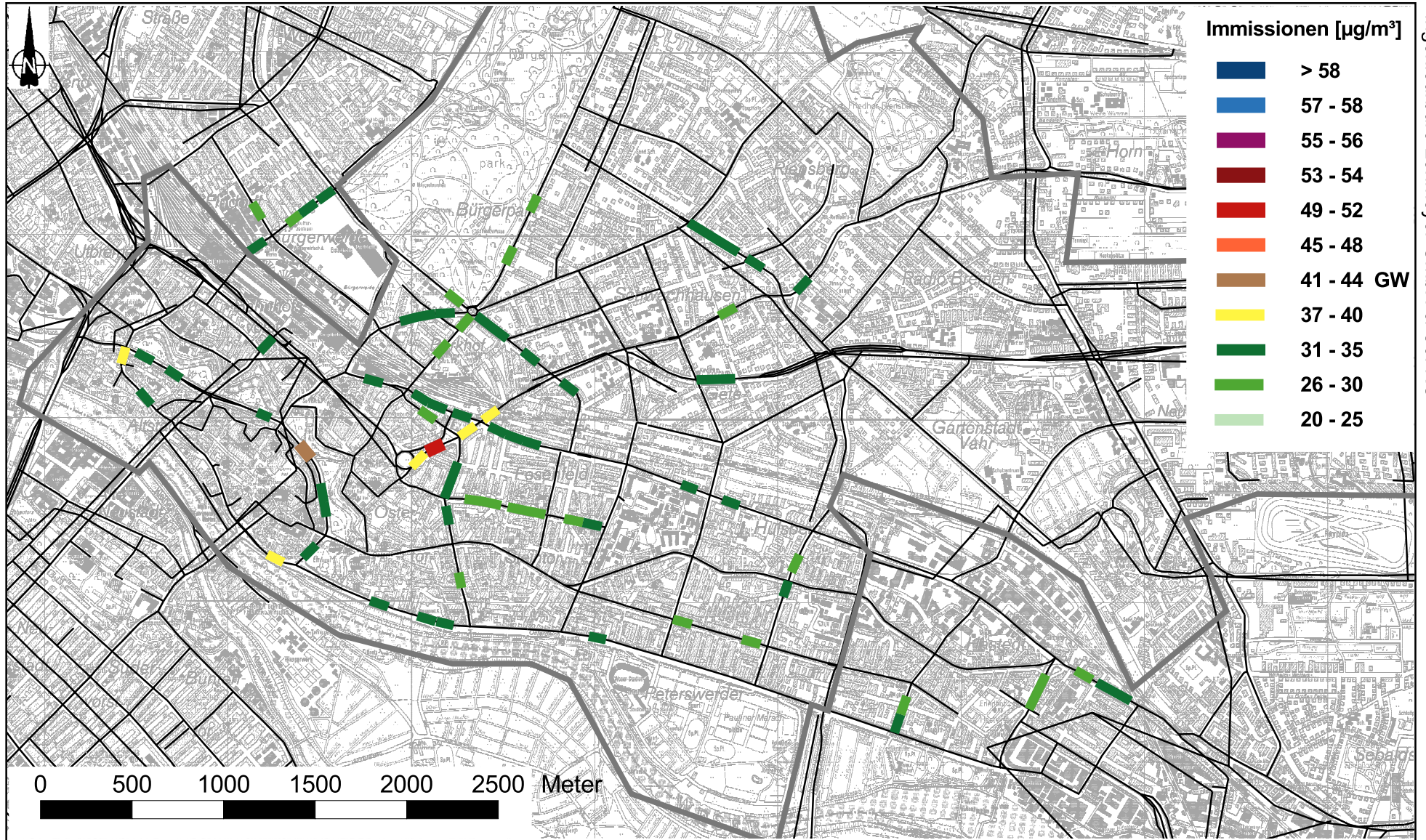


Abb. 6.2: Planfall 1mod 2015 -
NO₂-Immissionen (Jahresmittel) für typisierte Straßenabschnitte
und berücksichtigtes Straßennetz (schwarz)
GW = Immissionen größer als Grenzwert 2

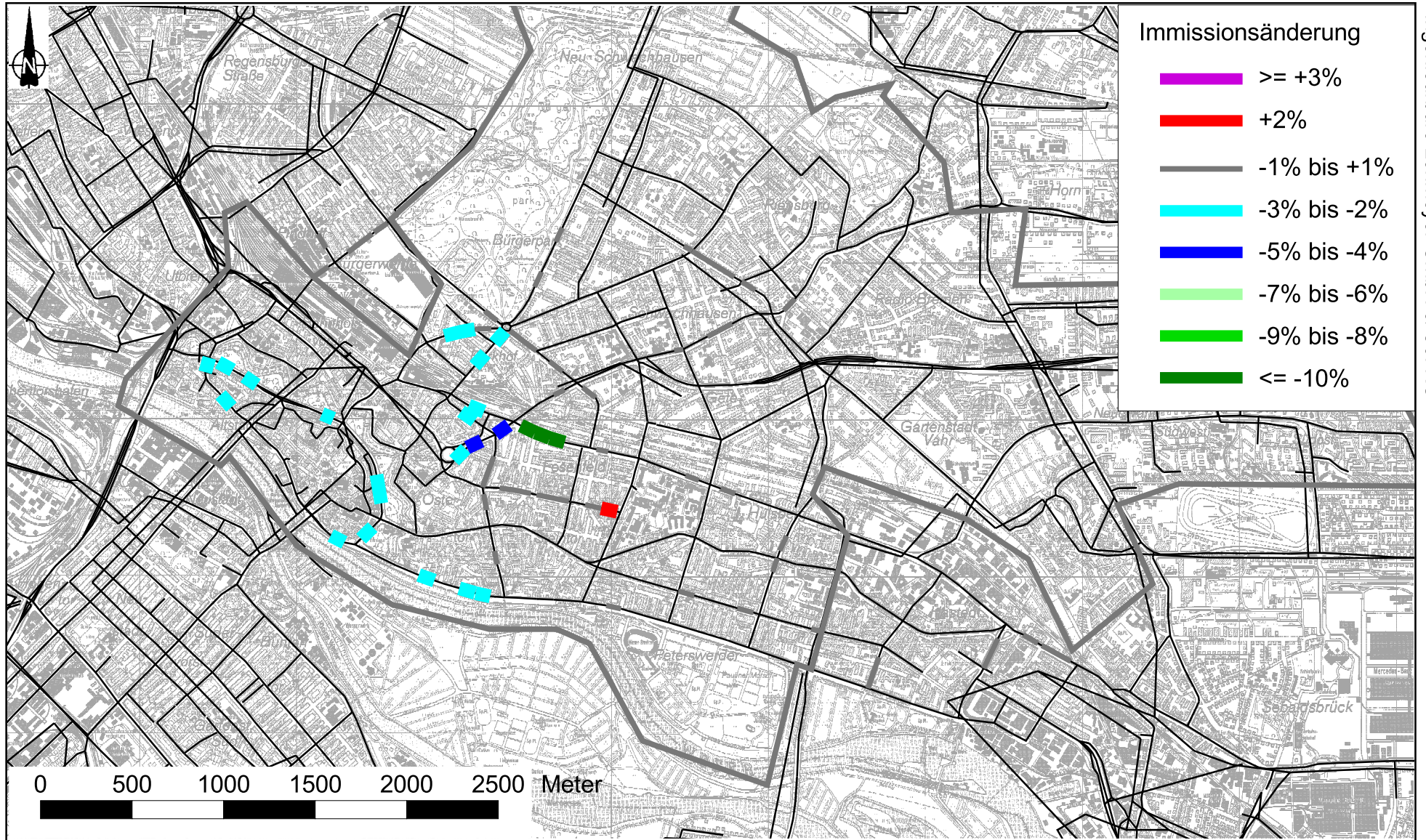


Abb. 6.3: Änderung der NO₂-Immissionen im Planfall 1mod 2015 gegenüber dem Bezugsfall 2015 bezogen auf den Grenzwert

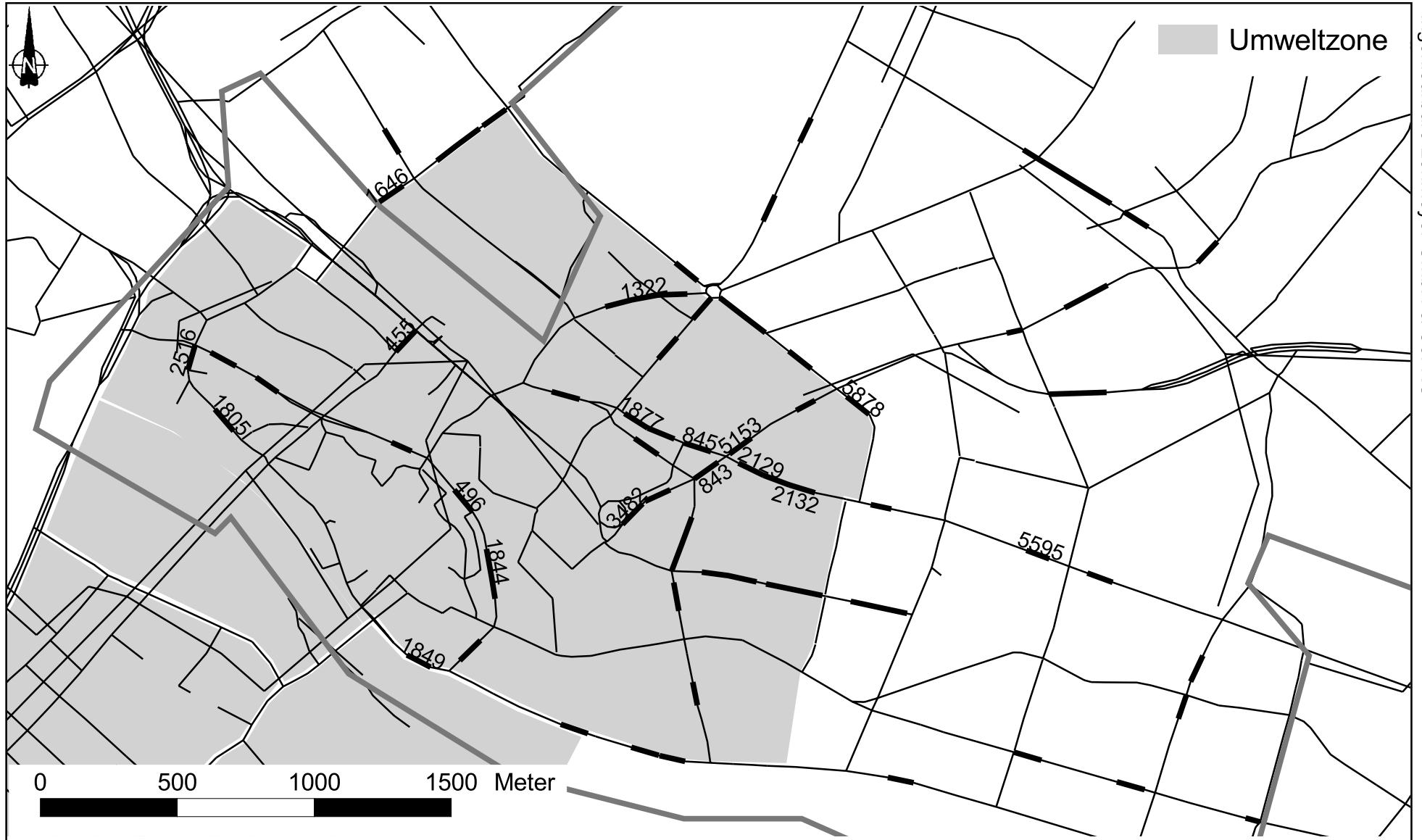


Abb. 6.4: Zuordnung von Streckenkennnummern für die höchstbelasteten Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet

Nr.	Kenn	Straßenname	Abschnitt	Immissionen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			PM10-TM >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
				NO ₂ -I1	NO ₂ -I2	PM10-I1	
1	496	Am Wall	Bischofsnadel - Herdentor	45	91	36	61
2	1844	Am Wall	Bischofsnadel - Hurrelberg	37	79	28	27
3	845	A. d. Schleifmühle	Schleifmühlenweg - Dobbenweg	36	77	26	21
4	1877	A. d. Schleifmühle	Rembertistr. - Schleifmühlenweg	37	77	28	26
5	2129	Bismarckstraße	Dobbenweg - Herderstr.	41	82	28	27
6	2132	Bismarckstraße	Herderstr. - Fesenfeld	39	78	27	21
7	2133	Bismarckstraße	Herderstr. - Fesenfeld	39	79	27	21
8	5595	Bismarckstraße	St.-Jürgen-Str. - Friedrich-Karl-Str.	36	76	25	18
9	455	Bgm-Smidt-Str.	Breitenweg - Falkenstr.	36	77	28	27
10	843	Dobbenweg	Am Dobben - Bismarckstr.	40	84	28	26
11	2516	Doventorstraße	Neuenstr. - Am Wall	38	81	29	28
12	3482	Eduard-Grunow-Str	Auf den Häfen - Bohnenstr.	39	82	25	18
13	5147	Eduard-Grunow-Str	Bohnenstr. - Am Dobben	53	105	31	38
14	1805	Faulenstraße	Töpferbohmstr. - Ölmühlenstr.	34	75	26	21
15	1646	Findorffstraße	Admiralstr. - Plantage	35	75	26	19
16	1848	Friedrich-Ebert-Str	Osterstr. - Neustadtwall	37	79	28	27
17	5878	Graf-Moltke-Str	Schwachh. Heerstr. - Lothringer Str.	35	74	27	22
18	1322	Herm.-Böse-Str.	Slevogtstr.	35	74	23	13
19	5153	Schwachh. Heerstr	Bismarckstr. - Am Barkhof	39	82	29	27
20	1849	Tiefer	Altenwall - Stavendamm	40	83	25	16

Tab. 6.1: Immissionen Bezugsfall 2015 für die höchstbelasteten Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet, Grenzwertüberschreitungen sind hervorgehoben

In **Tab. 6.2** und **Tab. 6.3** sind für die in **Tab. 6.1** ausgewiesenen Straßenabschnitte die ermittelten NO₂-Immissionen und PM10-Belastungen für die beiden betrachteten Untersuchungsfälle vergleichend gegenübergestellt. Gegenüber dem Bezugsfall 2015 ist im Planfall 1mod an fast allen hoch belasteten Straßenabschnitten eine Abnahme der NO₂-Immissionen zu sehen (**Abb. 6.3** und **Tab. 6.2**). Lediglich in der Graf-Moltke-Straße gibt es eine geringfügige Erhöhung um 1% und in der Findorffstraße bleibt die NO₂-Belastung unverändert. In beiden Abschnitten wird der Grenzwert deutlich unterschritten. Die NO₂-Immissionen in der Eduard-Grunow-Straße und Am Wall bleiben aber nach den Berechnungen trotz der Minderungen im Planfall 1mod noch über dem Grenzwert. In der Bismarckstraße sind die NO₂-Minderungen am deutlichsten und führen zur Einhaltung des Grenzwertes.

Auch die PM10-Immissionen sind im Planfall 1mod in den meisten hoch belasteten Straßenabschnitten verringert (**Tab. 6.3**). Es verbleiben an zwei Straßenabschnitten Überschreitungen des PM10-Kurzzeitgrenzwertes.

KENN	Straßenname	NO ₂ -Jahresmittel [µg/m ³]		Änderung relativ zum Bezugsfall
		Bezugsfall	Planfall 1mod	Uzone 1
496	Am Wall	45	44	-3%
1844	Am Wall	37	36	-2%
845	A. d. Schleifmühle	36	34	-4%
1877	A. d. Schleifmühle	37	36	-4%
2129	Bismarckstraße	41	35	-14%
2132	Bismarckstraße	39	34	-13%
2133	Bismarckstraße	39	34	-13%
5595	Bismarckstraße	36	36	-1%
455	Bgm-Smidt-Str.	36	35	-4%
843	Dobbenweg	40	38	-5%
2516	Doventorstraße	38	37	-3%
3482	Eduard-Grunow-Str	39	38	-3%
5147	Eduard-Grunow-Str	53	50	-4%
1805	Faulenstraße	34	33	-3%
1646	Findorffstraße	35	35	0%
1848	Friedrich-Ebert-Str	37	36	-2%
5878	Graf-Moltke-Str	35	35	1%
1322	Herm.-Böse-Str.	35	34	-2%
5153	Schwachh. Heerstr	39	37	-4%
1849	Tiefer	40	39	-3%

Tab. 6.2: NO₂-Immissionen (Jahresmittel) bei den betrachteten Untersuchungsfällen und Vergleich relativ zum Bezugsfall 2015, Grenzwertüberschreitungen (>40 µg/m³) sind hervorgehoben

Die Luftschadstoffbelastung ist an einigen Straßenabschnitten im Untersuchungsgebiet im Bestandsfall 2015 hoch und auch auf den dort herrschenden Straßenverkehr zurückzuführen. Die Auswirkungen des Planfalls 1mod „Verkehrskonzept Bremer Nordosten“ auf die Luftschadstoffimmissionen im Untersuchungsgebiet führen in den hoch belasteten Straßenabschnitten zu teilweise deutlicher Entlastung. Das Verkehrskonzept ist daher im Sinne der Luftreinhalteplanung als Minderungsmaßnahme zu begrüßen.

KENN	Straßenname	Anzahl PM10-Tagesmittel > 50 µg/m ³		Änderung relativ zum Bezugsfall
		Bezugsfall	Planfall 1mod	Uzone 1
496	Am Wall	61	62	2%
1844	Am Wall	27	27	0%
845	A. d. Schleifmühle	21	20	-5%
1877	A. d. Schleifmühle	26	25	-4%
2129	Bismarckstraße	27	21	-22%
2132	Bismarckstraße	21	19	-10%
2133	Bismarckstraße	21	19	-10%
5595	Bismarckstraße	18	17	-6%
455	Bgm-Smidt-Str.	27	26	-4%
843	Dobbenweg	26	25	-4%
2516	Doventorstraße	28	29	4%
3482	Eduard-Grunow-Str	18	17	-6%
5147	Eduard-Grunow-Str	38	37	-3%
1805	Faulenstraße	21	21	0%
1646	Findorffstraße	19	19	0%
1848	Friedrich-Ebert-Str	27	27	0%
5878	Graf-Moltke-Str	22	24	9%
1322	Herm.-Böse-Str.	13	13	0%
5153	Schwachh. Heerstr	27	27	0%
1849	Tiefer	16	16	0%

Tab. 6.3: Ermittelte Anzahl der PM10-Tagesmittelwerte > 50 µg/m³ bei den betrachteten Untersuchungsfällen und Vergleich relativ zum Bezugsfall 2015, Grenzwertüberschreitungen (mehr als 35 Tage) sind hervorgehoben

7 LITERATUR

22. BImSchV (2002): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV), Neufassung vom 4. Juni 2007. In: BGBl Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12.06.2007.
- 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.
- BLUES (2005-2008): BLUES – Das Bremer Luftüberwachungssystem, Jahresberichte. Hrsg.: Freie Hansestadt Bremen, Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr; www.umwelt.bremen.de.
- 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.
- IVV (2009): Maßnahmen zur Luftreinhaltung in der westlichen Bismarckstraße in Bremen, Verkehrsberechnungen zum modifizierten Planfall 1. Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG, Aachen, März 2009.
- 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.
- Lohmeyer (2007): Auswirkungen von verkehrlichen Maßnahmen im Innenstadtbereich der Hansestadt Bremen auf die Luftschadstoffbelastungen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Projekt 60713-06-01, Karlsruhe, April 2007.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de
- MLuS 02 (2005): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen. Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. MLuS 02, geänderte Fassung 2005. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln.

- UBA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1/April 2004. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen, VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI, Düsseldorf, November 2003.