

Bericht der Verwaltung
für die Sitzung
der Deputation für Umwelt, Bau, Verkehr, Stadtentwicklung und Energie (S)
am 10.05.2012

Bericht über die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahme „optimierte Ampelschaltung“ in der Nordstraße

Sachdarstellung:

Seit dem Jahr 2008 werden an dem Verkehrsknoten Nordstraße/ Waller Ring auf Grund erhöhter prognostizierter Stickstoffdioxidkonzentrationswerte (NO₂) Luftschadstoffmessungen zur Bestätigung der Prognose durchgeführt. Es wurden dabei Überschreitungen für den Stickstoffdioxid-Jahresmittelwertes von 40 µg/m³ festgestellt (2009: 47 µg/m³, 2010: 45 µg/m³; 2011: 45 µg/m³). Die Feinstaubkonzentrationen sind dagegen unkritisch.

Zur genauen Ermittlung der lokalen Luftschadstoffsituation und deren Ursache wurde das Gutachten „Ausbreitungsberechnungen zur Ermittlung der Luftschadstoffkonzentrationen im Bereich der Messstelle Bremen-Nordstraße – Minderungsmaßnahmen“ (Lohmeyer, November 2009) zur Analyse der örtlichen Ausbreitungsverhältnisse und zur Untersuchung von Minderungsmaßnahmen erstellt und der Deputation für Umwelt und Energie (S) am 11. Februar 2010 vorgelegt. Die Deputation sollte über den Fortgang der Untersuchungen informiert werden.

Das Gutachten aus dem November 2009 kam zu dem Schluss, dass nur mit der Errichtung einer drei Meter hohen Schutzwand entlang der Wohnbebauung der Nordstraße der Stickstoffdioxidgrenzwert von 40 µg/m³ eingehalten werden könnte. Eine drei Meter hohe Schutzwand wäre städtebaulich jedoch problematisch.

Es wurde entschieden, dass erst nach Prüfung weiterer verkehrstechnisch möglicher Optimierungen als letzte aller möglichen Lösungen auf die Schutzwand zurück gegriffen werden sollte. Daher wurde eine ergänzende Luftschadstoffuntersuchung mit der Fragestellung veranlasst, ob auch eine modifizierte Verkehrsführung zu deutlichen Minderungen der Immissionen im Bereich des Verkehrsknotens Nordstraße/Waller Ring beitragen kann.

In der Sitzung der Deputation für Umwelt und Energie (S) am 16. September 2010 hat der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa das Gutachten „Ergänzende Luftschadstoffuntersuchungen zur Nordstraße in Bremen“ (Lohmeyer, Juni 2010) vorgestellt. Die Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass durch eine optimierte Ampelschaltung eine Einhaltung des Grenzwertes an der Wohnbebauung erzielt werden kann. Die neue Ampelschaltung wurde im April 2011 in Betrieb genommen. Die Entwicklung der Schadstoffkonzentration ist durch den Senator für Umwelt, Bau und Verkehr weiterhin messtechnisch begleitet worden.

Im vorliegenden Gutachten „Ergänzende Luftschadstoffbetrachtungen zur Nordstraße in Bremen“ (Lohmeyer, März 2012) ist die Wirksamkeit dieser Maßnahme anhand konkreter Messergebnisse untersucht worden. Verglichen wurden Messergebnisse jeweils über fast ein Jahr vor Änderung der Ampelschaltung (April 2010 bis Februar 2011) mit dem Zeitraum nach geänderter Ampelsteuerung (April 2011 bis Februar 2012). Außerdem wurden in einem zweiten Gutachten Immissionsprognosen unter Berücksichtigung der Verbesserung der Fahrzeugflotte und unter Zugrundele-

gung der optimierten Ampelschaltung für das Jahr 2015 sowie für das Jahr 2018, in dem ursprünglich der Ringschluss der A 281 hergestellt sein sollte, vorgenommen. Das Gutachten kommt zu folgendem Ergebnis:

Wirksamkeit der modifizierten Ampelschaltung im Zeitraum April 2011 bis Februar 2012

Die modifizierte Ampelschaltung zeigt eine positive Wirkung. Während der Hauptverkehrstage und -stunden, also von Montag bis Freitag von 6-18 Uhr, ist eine Senkung der NO₂-Konzentration von 10% festzustellen. In den restlichen Zeiten ist der Konzentrationswert hingegen entweder unverändert oder es ist sogar eine Zunahme zu verzeichnen. Das führt dazu, dass der Jahresmittelwert für NO₂ insgesamt nur um 2-3% abnimmt. Zur Erklärung dieses Phänomens ist eine aktuelle Verkehrserhebung geplant. Neben einer Erfassung der Tages- und Wochenverläufe der Verkehrsmengen in der Nordstraße soll auch der Knoten Nordstraße/Waller Ring manuell gezählt werden. Darüber hinaus wird der Einfluss anderer Faktoren (z.B. Meteorologie, statistische Unsicherheiten) auf das Ergebnis geprüft werden müssen.

Prognose 2015

Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr hat im vergangenen Jahr bei der EU-Kommission eine Fristverlängerung zur Einhaltung des NO₂-Grenzwertes bis 2015 beantragt. Um den Nachweis führen zu können, dass Bremen den Grenzwert bis 2015 einhalten wird, ist eine Prognose 2015 der Immissionsbelastung erstellt worden. Die Rechnungen ergaben, dass der Grenzwert aufgrund der getroffenen Maßnahme von 40 µg/m³ 2015 an der Messstation mit 40 µg/m³ und an der Wohnbebauung mit 37 µg/m³ eingehalten werden wird (siehe Anlage 2 „Prognose der Luftschadstoffimmissionen in der Nordstraße in Bremen (Lohmeyer, April 2012)“).

Prognose 2018

Mit dem Ringschluss der BAB 281 wird sich die Verkehrssituation im Bereich der Nordstraße nach den Verkehrsprognosen merklich entspannen. Um die Höhe der zusätzlichen Entlastung zu quantifizieren, ist eine Prognose der Immissionsbelastung 2018 mit Ringschluss erstellt worden. Die Rechnungen ergaben, dass der Grenzwert von 40 µg/m³ 2018 an der Messstation mit 35 µg/m³ und an der Wohnbebauung mit 33 µg/m³ eingehalten werden wird (siehe Anlage 2 „Prognose der Luftschadstoffimmissionen in der Nordstraße in Bremen (Lohmeyer, April 2012)“).

Fazit:

Zusammenfassend kann festgestellt werden,

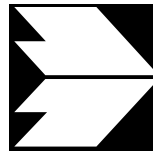
- dass die Einführung der optimierten Ampelschaltung zu einer Verringerung der Schadstoffbelastung in der Nordstraße geführt hat. Während der Hauptverkehrstage- und -stunden, also von Montag bis Freitag von 6-18 Uhr, ist sogar eine Senkung der Stickstoffdioxid-Konzentration von 10% festzustellen.
- dass der Grenzwert für Stickstoffdioxid an der Nordstraße im Prognosejahr 2015 auf Grund der optimierten Ampelschaltung eingehalten werden kann.
- dass mit dem Ringschluss der A 281 eine weitere deutliche Verbesserung der Luftqualität in der Nordstraße eintreten wird.

Beschlussvorschlag:

Die Deputation für Umwelt, Bau, Verkehr, Stadtentwicklung und Energie (S) nimmt den „Bericht über die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahme ‚optimierte Ampelschaltung‘ in der Nordstraße“ zur Kenntnis.

Anlagen

- Anlage 1: Gutachten „Ergänzende Luftschadstoffbetrachtungen zu Nordstraße in Bremen“ (Lohmeyer, März 2012)
- Anlage 2 „Prognose der Luftschadstoffimmissionen in der Nordstraße in Bremen (Lohmeyer, April 2012)“.



**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

LUFTSCHADSTOFFBETRACHTUNGEN ZUR NORDSTRASSE IN BREMEN

MESSDATENAUSWERTUNG

Auftraggeber: Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
Ref. 22 - Immissionsschutz
Ansgaritorstraße 2

28195 Bremen

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

April 2012
Projekt 62080-12-01
Berichtsumfang 14 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	4
3 MESSDATENAUSWERTUNG	5

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.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

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

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

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

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der 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 Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für den Straßenabschnitt der Nordstraße in Bremen, an dem Luftschadstoffmessungen stattfinden und hohe Belastungen erfasst wurden, wurde eine modifizierte Ampelschaltung in Betrieb genommen. Diese Änderung wurde hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Immissionen an der Messstelle betrachtet und hinsichtlich der Änderungen der Stickoxidbelastungen untersucht.

Für die Luftmessstationen in Bremen wurden die Zeitreihen der Messdaten als Stundenwerte für den Zeitraum vom 1.1.2010 bis zum 17.2.2012 digital zur Verfügung gestellt. Das beinhaltet Messdaten für NO₂ und NO sowie meteorologische Daten, soweit an den Stationen vorhanden.

An der Nordstraße in Bremen ist seit dem 6.4.2011 eine modifizierte Ampelschaltung in Betrieb. Dementsprechend erfolgt eine zeitliche Unterteilung der Datenauswertung für die Zeit nach der Umstellung der Ampelschaltung (Mitte April 2011 bis Mitte Februar 2012) und für den Zeitraum eines Jahres vor dieser Umstellung (April 2010 bis März 2011).

Aus der Gegenüberstellung der erfassten Immissionsmessdaten ist abzuleiten, dass in den Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen mit der modifizierten Ampelschaltung an der Nordstraße verringerte verkehrsbedingte Beiträge verbunden sind. In den Spitzenstunden mit sehr hohem Verkehrsaufkommen (z.B. Montag, Freitag) sind teilweise vergleichbare verkehrsbedingte Zusatzbelastungen an NO gegenüber den vorhergehenden verkehrlichen Regelungen erfasst. Damit kann aus den Daten geschlossen werden, dass die modifizierte Ampelschaltung an der Nordstraße in den Tagstunden der Werkstage überwiegend zu Verringerungen der verkehrsbedingten Stickstoffeisetzungen führt.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für den Straßenabschnitt der Nordstraße in Bremen, an dem Luftschadstoffmessungen stattfinden und hohe Belastungen erfasst wurden, wurde durch unser Büro ein Luftschadstoffgutachten mit Betrachtungen effektiver Minderungsmaßnahmen erstellt. Mittlerweile wurde an der Nordstraße eine modifizierte Ampelschaltung in Betrieb genommen. Diese Änderung soll hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Immissionen an der Messstelle betrachtet werden.

Für den Standort der Messstation Nordstraße in Bremen sind die Änderungen der Stickoxidbelastungen zu untersuchen.

3 MESSDATENAUSWERTUNG

Für die Luftmessstationen in Bremen wurden die Zeitreihen der Messdaten als Stundenwerte für den Zeitraum vom 1.1.2010 bis zum 17.2.2012 digital zur Verfügung gestellt. Das beinhaltet Messdaten für NO₂ und NO sowie meteorologische Daten soweit an den Stationen vorhanden. Ergänzend wurden die Windmessdaten der Station Bremerhaven als Zeitreihe für den selben Zeitraum übergeben. Aktuelle Zeitreihen des Verkehrsaufkommens liegen für die Nordstraße nicht vor.

An der Nordstraße in Bremen ist seit 6.4.2011 eine modifizierte Ampelschaltung in Betrieb. Dementsprechend erfolgt eine zeitliche Unterteilung der Datenauswertung für die Zeit nach der Umstellung der Ampelschaltung und für den Zeitraum eines Jahres vor dieser Umstellung.

Für eine einheitliche Vorgehensweise werden damit die Daten für den Zeitraum April 2010 bis März 2011 für den Ausgangszustand herangezogen. Für den verkehrlich modifizierten Zustand werden die Daten für den Zeitraum Mitte April 2011 bis Mitte Februar 2012 ausgewertet.

Neben der Betrachtung des Schadstoffes NO₂, für den ein geltender Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ zum Schutz der menschlichen Gesundheit besteht, wird auch NO als wesentlicher direkter Freisetzungsstoff des Kfz-Verkehrs ausgewertet.

In **Abb. 3.1** sind die Mittelwerte der angesprochenen Zeiträume für die Stationen Nordstraße und zum Vergleich für die städtischen Stationen Bremen-Mitte und Bremen-Nord sowie die verkehrsbezogene Station Bremen-Dobbenweg aufgeführt. Für NO₂ ist in **Abb. 3.1** (oben) abzulesen, dass an der Nordstraße für den Zeitraum nach April 2011 gegenüber dem vorangegangenen Jahr ein geringer Rückgang der NO₂-Immissionen erfasst ist. Das trifft auch auf die Stationen Dobbenweg und Bremen-Nord zu, während an der städtischen Station Bremen-Mitte eine Zunahme erfasst ist; da der Standort dieser Station Anfang 2011 innerhalb des Stadtgebietes variiert wurde, ist eine Änderung der Messdaten nicht auszuschließen.

Für NO-Mittelwerte ist in **Abb. 3.1** (unten) abzulesen, dass an der Nordstraße für den Zeitraum nach April 2011 gegenüber dem vorangegangenen Jahr ein Rückgang der NO-Immissionen und an der Station Dobbenweg ein geringer Rückgang erfasst ist. An den städtischen Stationen Bremen-Mitte und Bremen-Nord ist ein leichter Zuwachs erfasst.

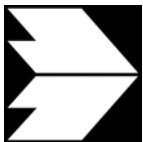
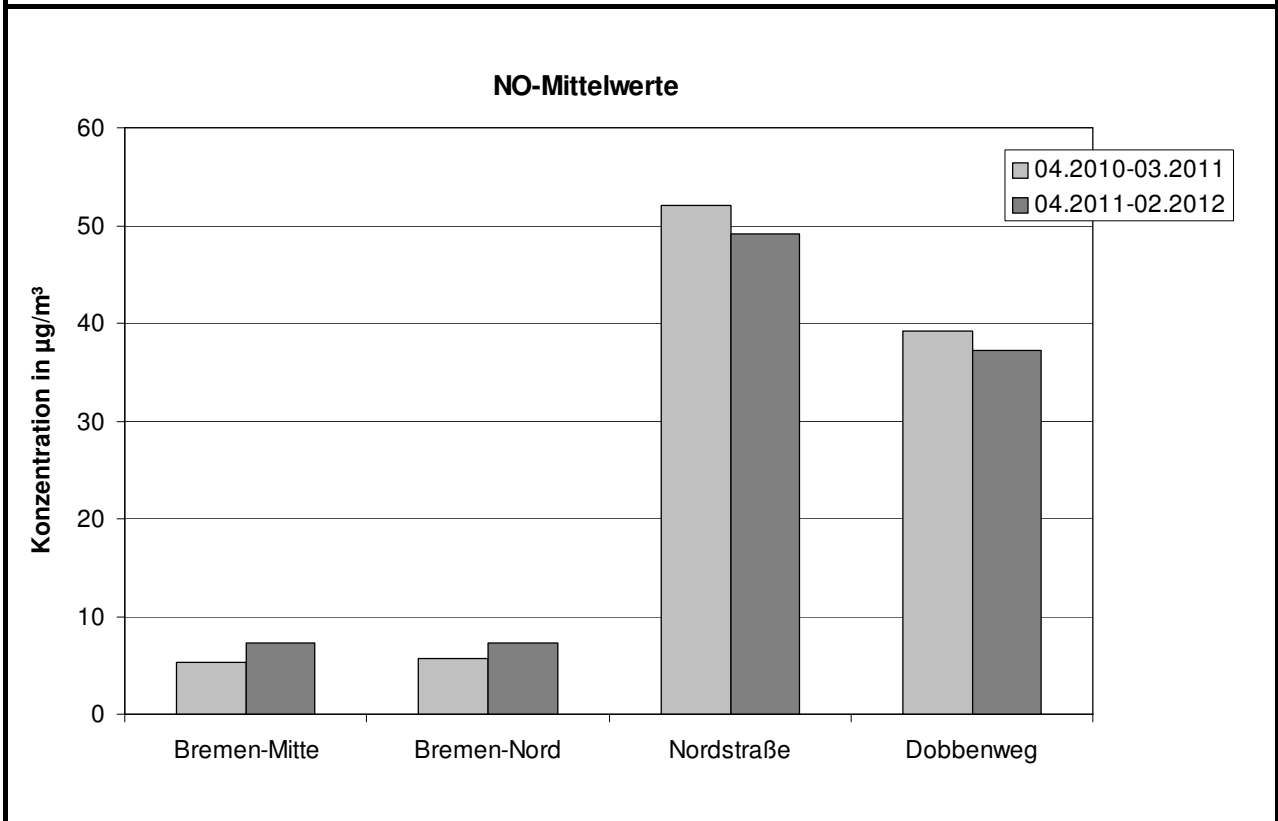
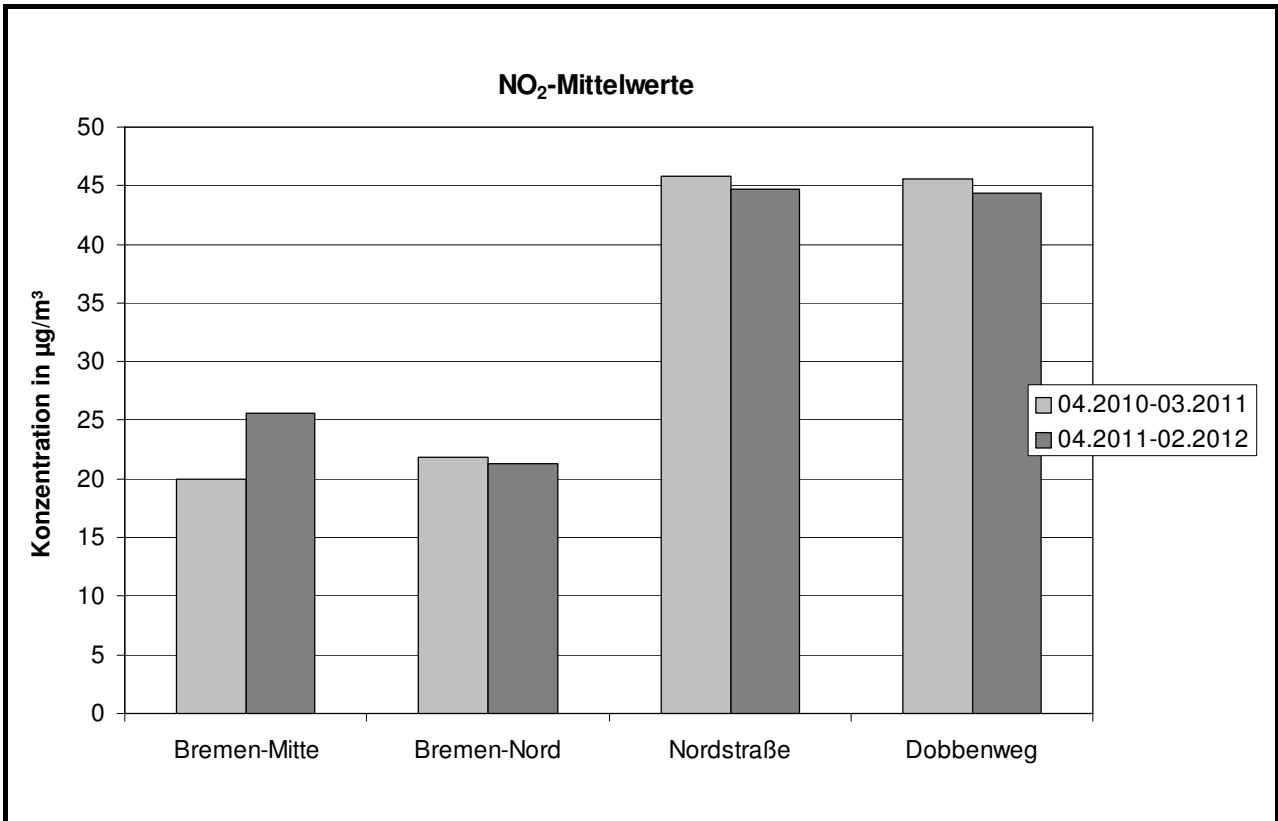


Abb. 3.1: Mittelwerte der NO₂- und NO-Immissionen an den Stationen in Bremen für zwei Zeiträume

Damit sind aus den Gegenüberstellungen der Messdaten der beiden aufeinander folgenden Zeiträume zwar Entwicklungen abzulesen, die jedoch nicht zwingend mit der modifizierten Ampelschaltung in Verbindung stehen. Thematisch sind bei der Betrachtung von unterschiedlichen Zeiträumen auch die Auswirkungen bzw. Änderungen der meteorologischen Verhältnisse, die verkehrlichen Entwicklungen und damit einhergehend die Emissionsfreisetzungen des Kfz-Verkehrs sowie Entwicklungen der Beiträge anderer Emittenten (Gewerbe, Industrie, Hausbrand etc.) und des Fernverkehrs wirksam und zu betrachten. Da diese Informationen nicht im Detail vorliegen, werden die Messdaten der Stationen von Bremen unter verschiedenen Gesichtspunkten vergleichend ausgewertet.

Da die meteorologischen Parameter (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur etc.) an der Station Bremen-Mitte nur bis November 2010 erfasst wurden und danach an der Station Hasenbüren erfasst werden, liegen keine kontinuierlichen Messdaten für Bremen vor. Für den Überblick der Windverhältnisse für die betrachteten beiden Auswerteziträume wurden daher die Windmessdaten Bremerhaven herangezogen. In **Abb. 3.2** sind die Windstatistiken für die beiden Zeiträume aufgezeigt. Die mittlere Windgeschwindigkeit ist zwar in den beiden Zeiträumen vergleichbar, die Verteilung der Windrichtungshäufigkeiten variiert jedoch. Damit ist nicht auszuschließen, dass allein durch die unterschiedliche Verteilung der regionalen Windanströmungen in den beiden Zeiträumen Variationen der erfassten Immissionen vorliegen, entsprechend der Orientierung der wesentlichen Emittenten zu den Messstationen.

Da mit der modifizierten Ampelschaltung an der Nordstraße eine geringere Beeinträchtigung des Verkehrsflusses erzielt werden soll, werden die Tagesgänge der Messdaten für die Werktage ausgewertet. In **Abb. 3.3** sind die mittleren Tagesgänge der NO_2 - und NO-Immissionen für die Tage Dienstag bis Donnerstag außerhalb von Ferienzeiten und Feiertagen für die beiden Zeiträume dargestellt. In durchgezogenen Linien sind die Immissionen für den Zeitraum April 2010 bis März 2011 dargestellt und in den selben Farben mit gestrichelten Linien für die entsprechenden Tage im Zeitraum April 2011 bis Februar 2012. In den Tagstunden zwischen 6 Uhr und 18 Uhr werden für den Zeitraum mit modifizierter Ampelschaltung im Mittel durchweg geringere NO_2 -Immissionen (**Abb. 3.3** oben) abgeleitet. In den Nachtstunden sind geringere Unterschiede, teilweise auch höhere Immissionen gegenüber dem vorherigen Jahr dargestellt. Die mittleren NO-Immissionen in den Tagstunden weisen im Zeitraum mit der modifizierten Ampelschaltung deutlich geringere Konzentrationen auf (**Abb. 3.3** unten).

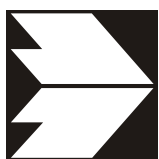
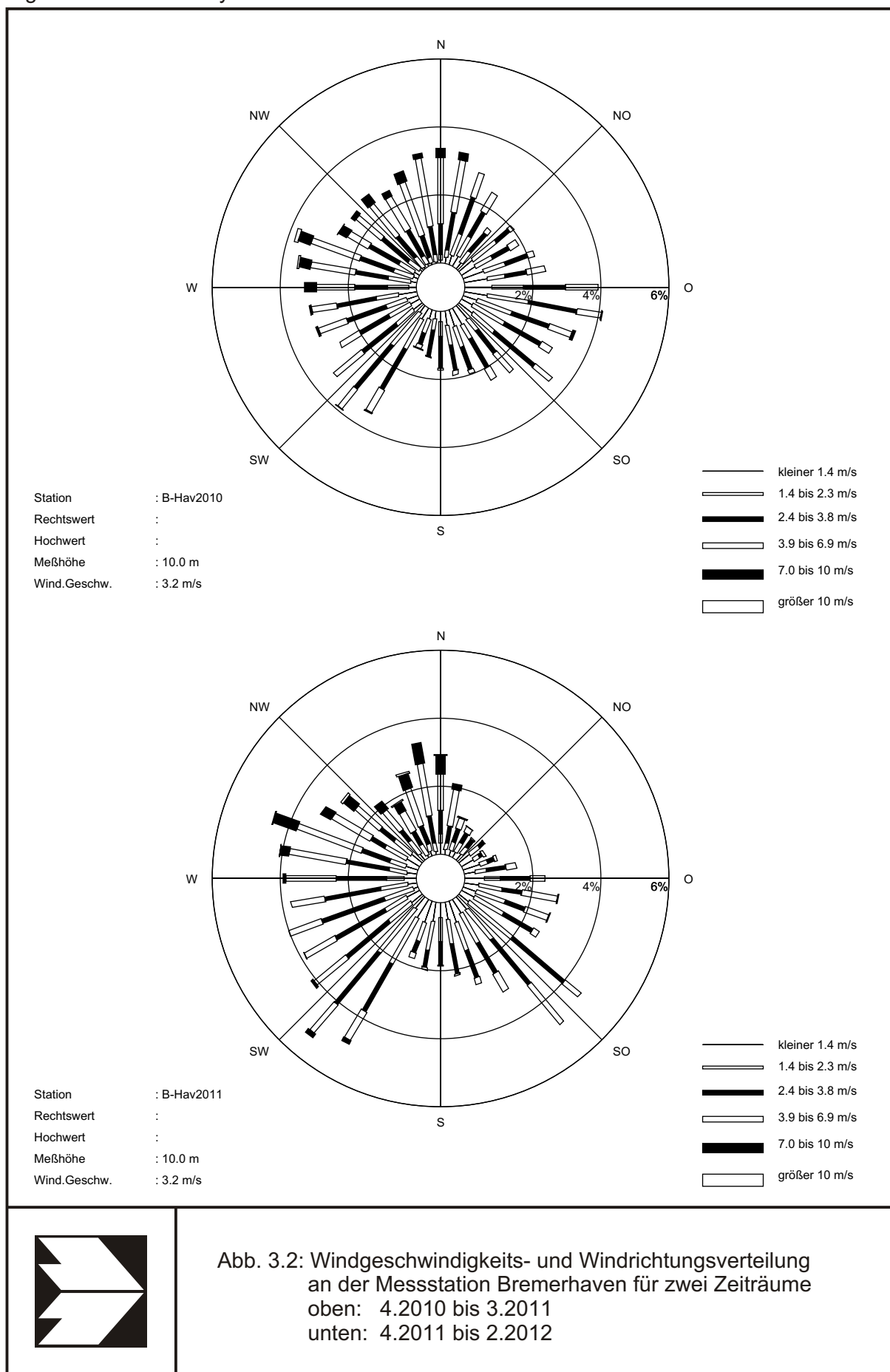


Abb. 3.2: Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsverteilung an der Messstation Bremerhaven für zwei Zeiträume
 oben: 4.2010 bis 3.2011
 unten: 4.2011 bis 2.2012

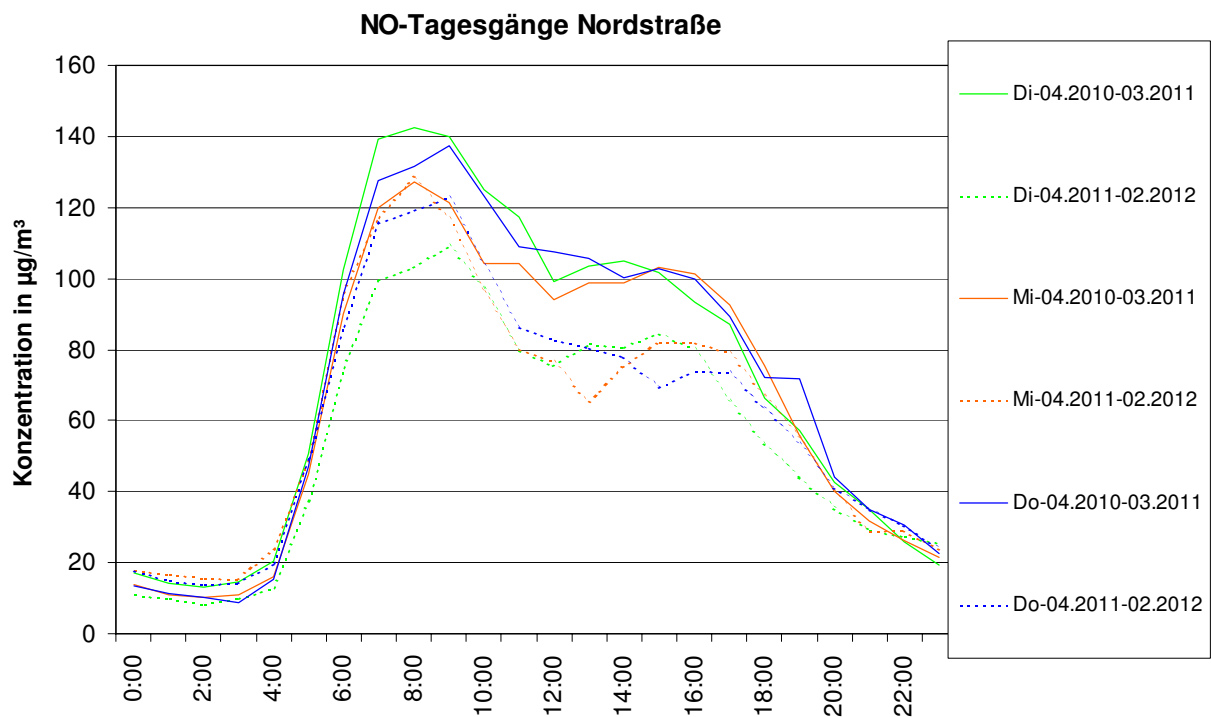
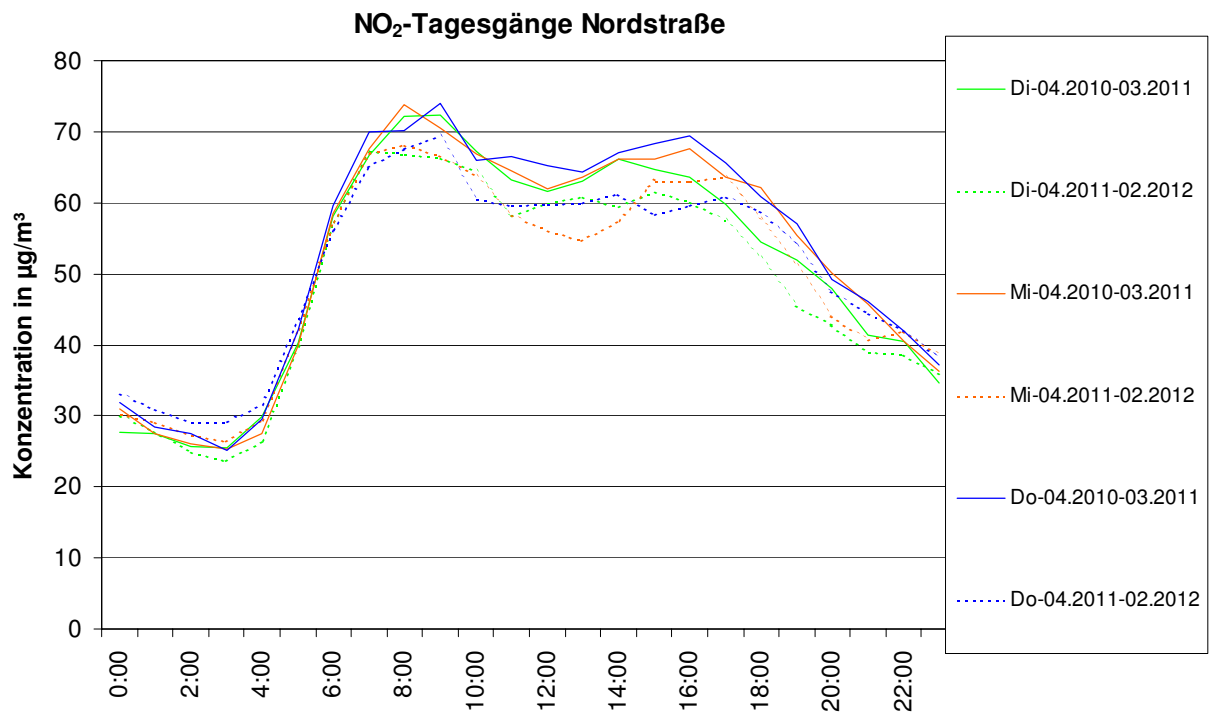


Abb. 3.3: Mittlere Tagesgänge der NO₂- und NO-Immissionen für Dienstag bis Donnerstag an der Station Nordstraße für die Zeiträume 4.2010 bis 3.2011 und 4.2011 bis 2.2012 (gestrichelt)

Die entsprechende Darstellung für alle Wochentage zeigt in **Abb. 3.4** (oben), dass für NO₂ an Montagen im Zeitraum mit modifizierter Ampelschaltung geringere Konzentrationen in den Tagstunden erfasst werden, an Freitagen teilweise jedoch höhere. An Samstagen und Sonntagen sind im Mittel gegenüber den Werktagen deutlich geringere NO₂-Immissionen in den Tagstunden ermittelt, wobei teilweise diejenigen im Zeitraum mit modifizierter Ampelschaltung höher gegenüber dem vorangegangenen Zeitraum liegen. Die NO-Immissionen während der Hauptverkehrsstunden weisen an Montagen und Freitagen teilweise für den Zeitraum mit modifizierter Ampelschaltung gegenüber dem vorangegangenen Zeitraum höhere Konzentrationen auf (**Abb. 3.4** unten).

Für den Vergleich wurden die selben Auswertungen auch für die städtische Messstation Bremen-Nord durchgeführt, wobei die Darstellung der Tagesgänge der mittleren Konzentrationen in der selben Skalierung erfolgt. Aus **Abb. 3.5** (oben) ist einerseits abzulesen, dass die NO₂-Konzentrationen deutlich geringer gegenüber denen der Nordstraße in den Tagstunden sind und die Konzentrationen im Zeitraum ab April 2011 (gestrichelte Linien) überwiegend vergleichbar mit denen des vorangegangenen Zeitraums sind. Die NO-Immissionen weisen insgesamt geringe Werte auf (**Abb. 3.5** unten).

In **Abb. 3.6** sind die entsprechenden mittleren Tagesgänge der Immissionen an der verkehrsbezogenen Messstation Dobbenweg aufgetragen. Sowohl für NO₂- als auch für NO-Immissionen lässt sich ablesen, dass auch in den Tagstunden der Werktage für den Zeitraum ab April 2011 (gestrichelte Linien) teilweise höhere Werte gegenüber denen des vorangegangenen Zeitraums erfasst sind, während in den Nachtstunden überwiegend geringere Immissionen erfasst sind.

Aus diesen Zusammenstellungen der mittleren Tagesgänge außerhalb der Ferien- und Feiertagszeiten kann abgeleitet werden, dass im Zeitraum April 2011 bis Februar 2012 an der Nordstraße gegenüber dem vorangegangenen Jahr an Montagen bis Donnerstagen um 8% bis 23% verringerte NO-Immissionen und um 3% bis 5% verringerte NO₂-Immissionen erfasst wurden. An Freitagen bis Sonntagen sind um 6% bis 43% erhöhte NO-Immissionen und um 3% bis 11% erhöhte NO₂-Immissionen abgeleitet. Demgegenüber zeigt der Vergleich für die beiden Zeiträume an der Station Bremen-Nord im Mittel an allen betrachteten Tagen außer Dienstagen Zunahmen der NO-Immissionen um mehr als 15%, teils auch mehr als 50% und Zu- und Abnahmen der NO₂-Immissionen überwiegend um weniger als 7%. Aus der Gegenüberstellung der Daten der Nordstraße zu denen der Station Bremen-

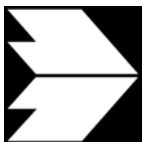
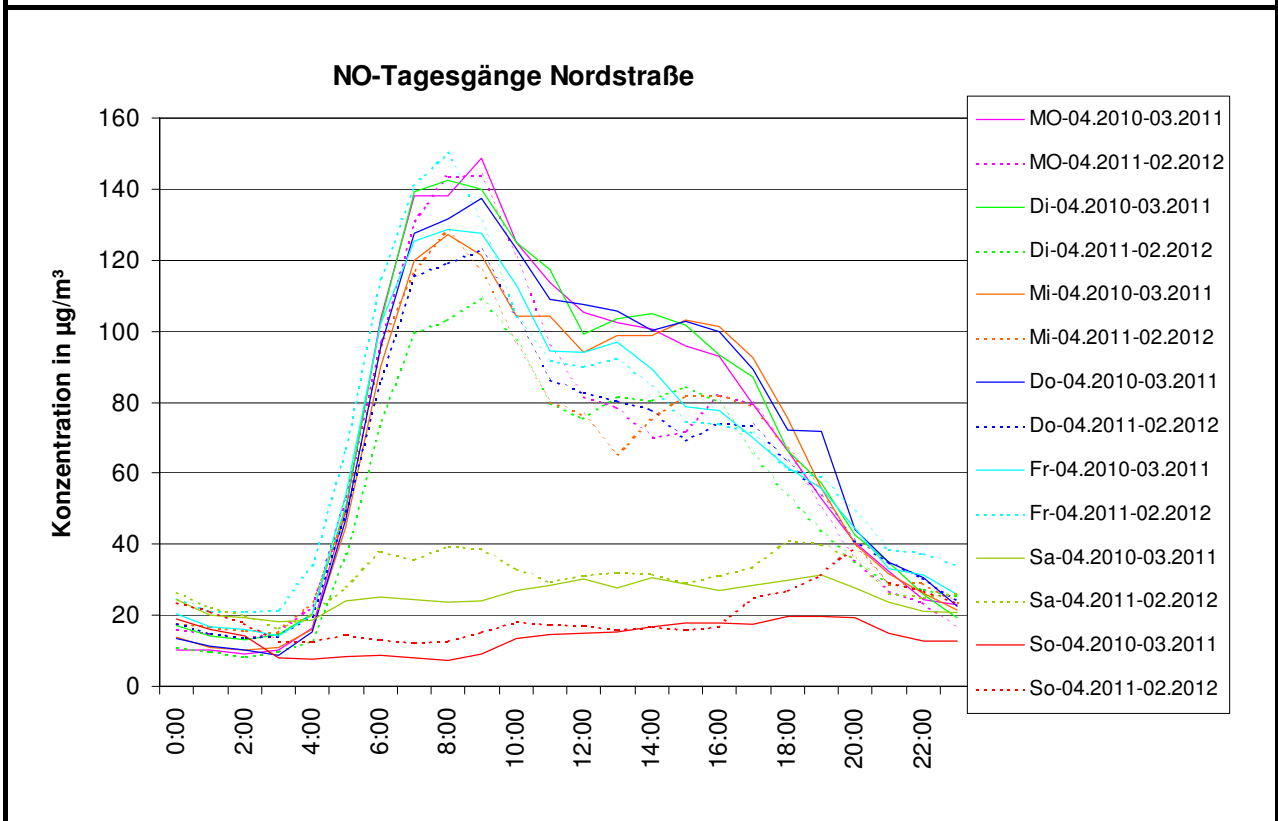
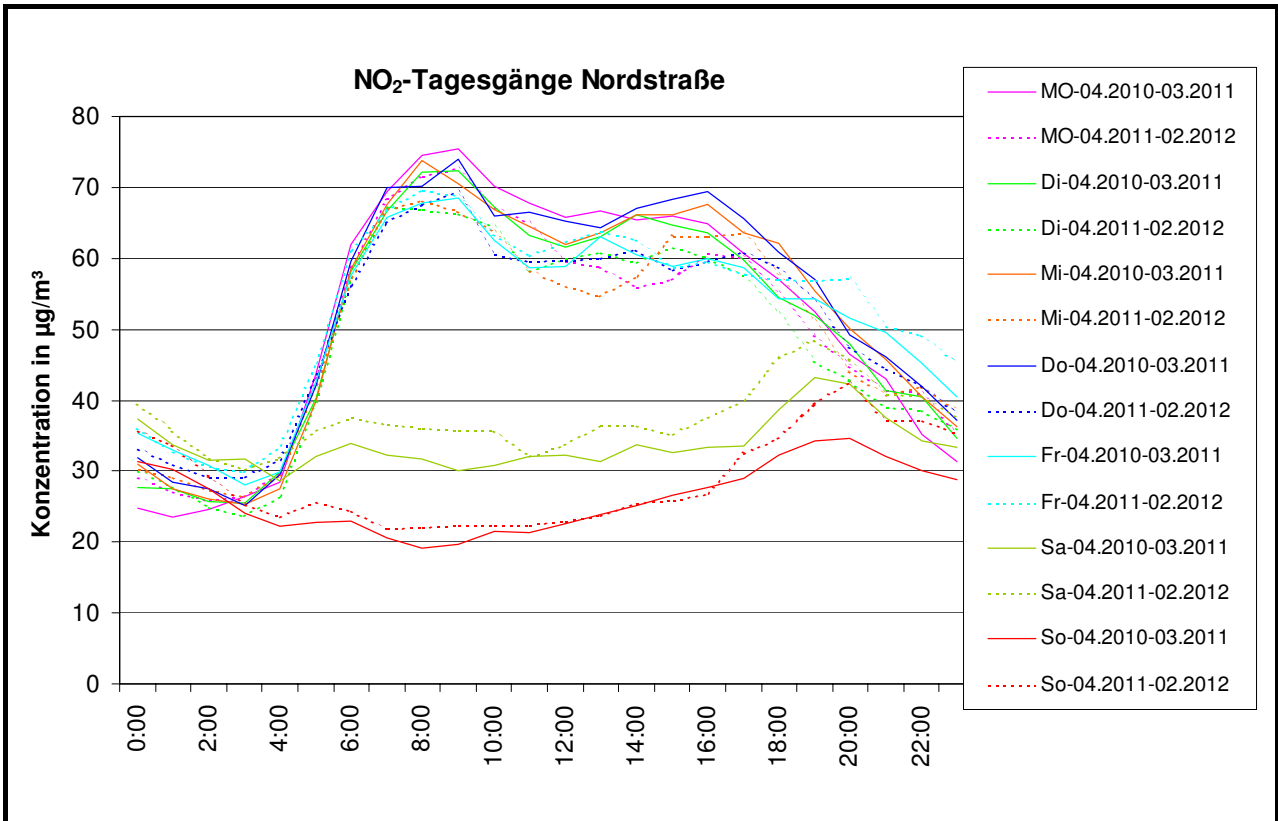


Abb. 3.4: Mittlere Tagesgänge der NO₂- und NO-Immissionen für alle Wochentage an der Station Nordstraße für die Zeiträume 4.2010 bis 3.2011 und 4.2011 bis 2.2012 (gestrichelt)

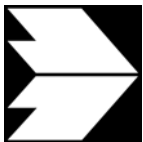
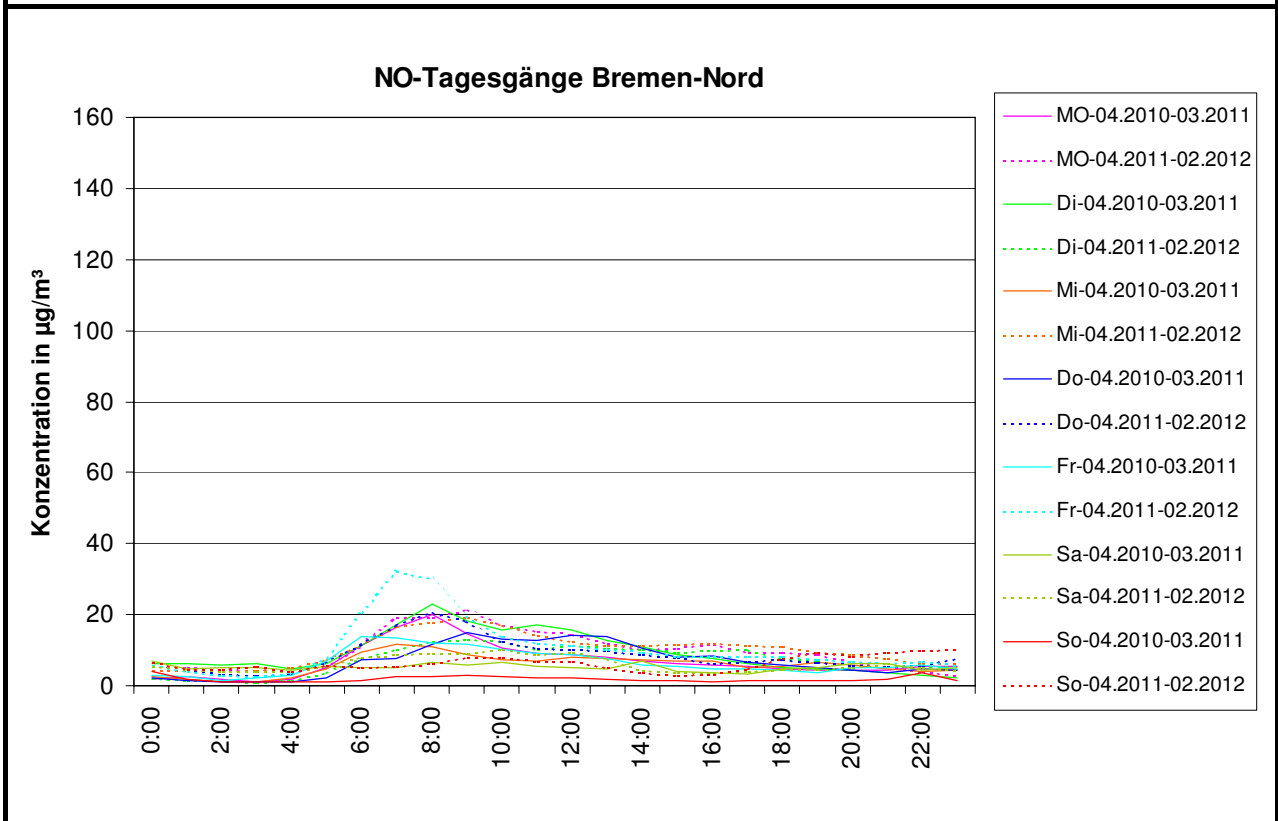
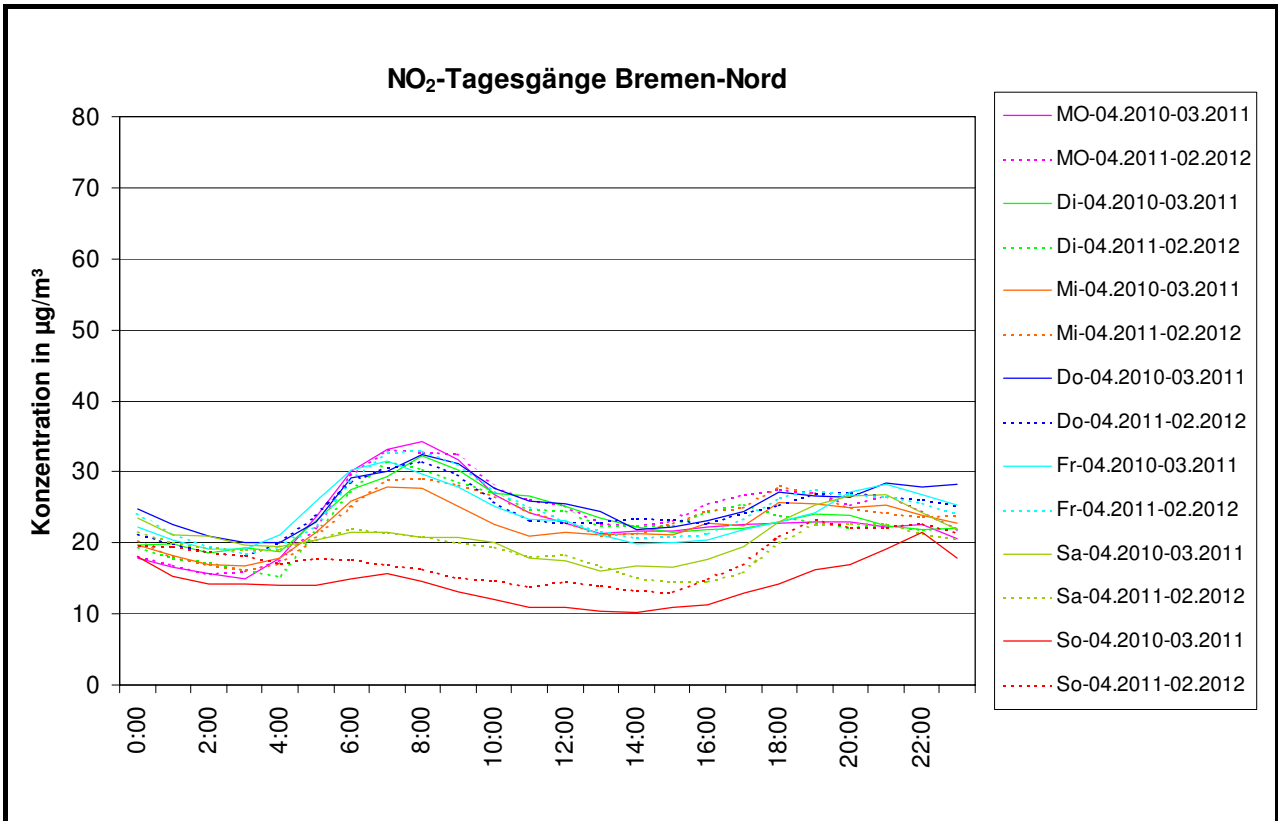


Abb. 3.5: Mittlere Tagesgänge der NO₂- und NO-Immissionen für alle Wochentage an der Station Bremen - Nord für die Zeiträume 4.2010 bis 3.2011 und 4.2011 bis 2.2012 (gestrichelt)

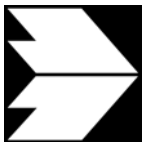
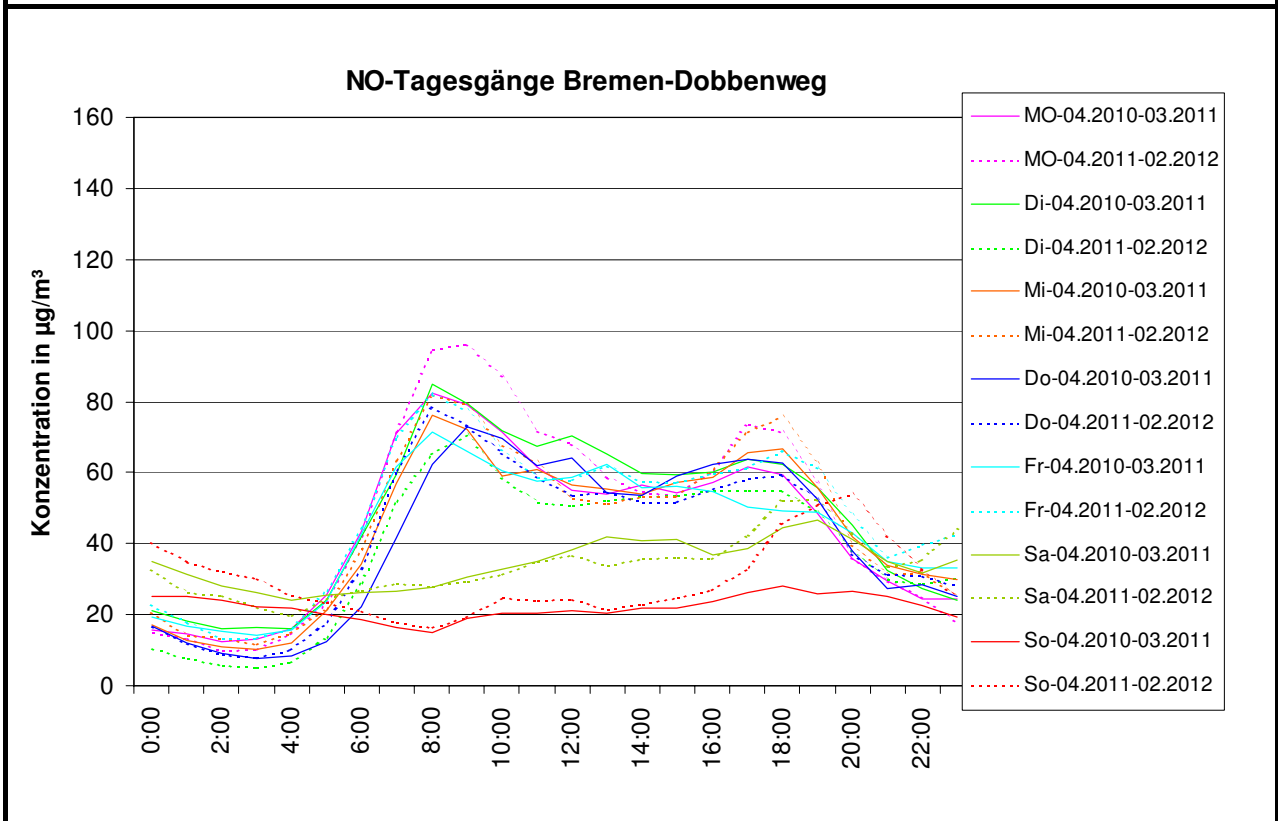
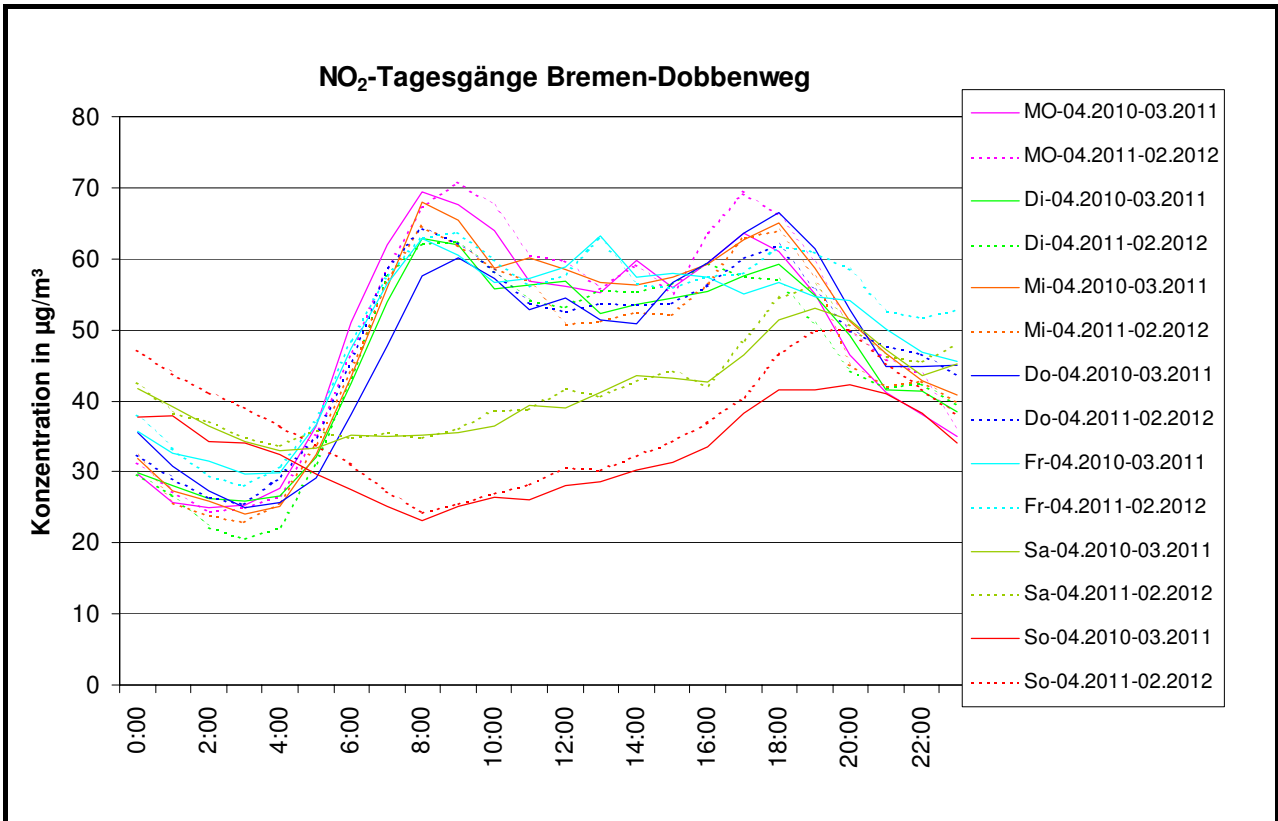
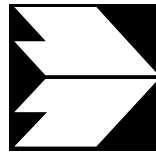


Abb. 3.6: Mittlere Tagesgänge der NO₂- und NO-Immissionen für alle Wochentage an der Station Dobbenweg für die Zeiträume 4.2010 bis 3.2011 und 4.2011 bis 2.2012 (gestrichelt)

Nord, getrennt nach den beiden Zeiträumen, kann abgeleitet werden, dass im Mittel außerhalb der Ferien- und Feiertagszeiten der verkehrsbedingte Beitrag an der NO₂-Immission in der Nordstraße mit der modifizierten Ampelschaltung an Werktagen bis um 11% verringert wurde.

Aus der Gegenüberstellung der erfassten Immissionsmessdaten ist abzuleiten, dass in den Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen mit der modifizierten Ampelschaltung an der Nordstraße verringerte verkehrsbedingte Beiträge verbunden sind. In den Spitzenstunden mit sehr hohem Verkehrsaufkommen (z.B. Montag, Freitag) sind teilweise vergleichbare verkehrsbedingte Zusatzbelastungen an NO gegenüber der vorhergehenden verkehrlichen Regelungen erfasst. Damit kann aus den Daten geschlossen werden, dass die modifizierte Ampelschaltung an der Nordstraße in den Tagstunden der Werktage überwiegend zu Verringerungen der verkehrsbedingten Stickstoffeisetzungen führt. In Zeiten mit geringerem Verkehrsaufkommen sind überwiegend keine Verringerungen der Immissionen im Zusammenhang mit der modifizierten Ampelschaltung aus den Messdaten ableitbar.



**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

PROGNOSE DER LUFTSCHADSTOFF- IMMISSIONEN IN DER NORDSTRASSE IN BREMEN

Auftraggeber: Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
Ref. 22 - Immissionsschutz
Ansgaritorstraße 2

28195 Bremen

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. W. Bächlin

April 2012
Projekt 62080-12-01
Berichtsumfang 45 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	5
3 VORGEHENSWEISE	6
3.1 Berechnungsverfahren MISKAM	6
3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	8
3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	9
4 EINGANGSDATEN	11
4.1 Verkehrsdaten	11
4.2 Meteorologische Daten.....	14
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung	14
5 EMISSIONEN	19
5.1 Betrachtete Schadstoffe	19
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	19
5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	19
5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	21
5.3 Emissionen pro Fahrzeug.....	21
6 ERGEBNISSE	28
6.1 Stickstoffdioxidimmissionen	28
6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)	30
7 LITERATUR	35
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	40
A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG.....	44

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.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

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

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der 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 Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98% der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

Feinstaub / PM10 / PM2.5

Mit Feinstaub bzw. PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröbenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Zusammenhang mit Luftschadstoffgutachten zum Luftreinhalteplan Bremen wurde unter anderem das Gutachten „Ergänzende Luftschadstoffbetrachtungen zur Nordstraße in Bremen“ (Lohmeyer, 2010) erstellt. Das beinhaltet Betrachtungen von Minderungsmaßnahmen, wie z.B. eine modifizierte Lichtsignalanlagensteuerung mit dem Ziel einer flüssigen Fahrweise auf der Nordstraße. Nachdem diese Maßnahme erfolgreich seit April 2011 umgesetzt wurde, werden hiermit Prognosen der Immissionen für die Jahre 2015 und 2018 vorgelegt.

Die Emissions- und Immissionsberechnungen sind mit den Vorgaben der modifizierten Verkehrsabwicklung und unter Berücksichtigung der im Februar 2010 aktualisierten Emissionsdatenbank durchgeführt.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe werden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den Straßen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten werden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (Stand 2010) die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet. Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Betrachtet werden die Schadstoffe NO₂ und Feinstaub (PM10). Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV (2010).

Entsprechend den Immissionsberechnungen werden für die Randbebauung der Nordstraße in Bremen deutliche Luftschadstoffbelastungen für das Jahr 2015 prognostiziert. Das betrifft die Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) und die Kurzzeitbelastungen für Feinstaub (PM10), die an der Messstelle die jeweiligen Grenzwerte der 39. BImSchV erreichen. Beurteilungswerte für die PM10-Jahresmittelwerte und die NO₂-Kurzzeitbelastung werden nicht erreicht und nicht überschritten.

Für den Zustand im Jahr 2015 mit der neuen Ampelschaltung sind entlang der Nordstraße hohe NO₂-Belastungen (Jahresmittelwerte) berechnet, die am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße NO₂-Immissionen von 40 µg/m³ ausweisen. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind NO₂-Immissionen bis 37 µg/m³ ermittelt. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sowie hinter dem Wall sind NO₂-Immissionen unter 32 µg/m³, teilweise unter 28 µg/m³ ausgewiesen. Damit sind an der Randbebauung der Nordstraße die NO₂-Belastungen für den Zustand 2015 bezogen auf den Grenzwert von

40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als hoch zu bezeichnen; der Grenzwert wird an der Bebauung nicht überschritten.

Für den Zustand im Jahr 2018 mit der neuen Ampelschaltung sind nur im Fahrbahnbereich entlang der Nordstraße hohe NO_2 -Belastungen (Jahresmittelwerte) berechnet. Am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße sind NO_2 -Immissionen von 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind NO_2 -Immissionen bis 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sowie hinter dem Wall sind NO_2 -Immissionen unter 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, überwiegend unter 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen. Damit sind an der Randbebauung der Nordstraße die NO_2 -Belastungen für den Planzustand 2018 bezogen auf den Grenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als erhöht zu bezeichnen; der Grenzwert wird an der Bebauung nicht überschritten.

Am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße sind für den Zustand 2015 PM_{10} -Immissionen unter 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind PM_{10} -Immissionen unter 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sind PM_{10} -Immissionen unter 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen. Damit sind an der Randbebauung der Nordstraße die PM_{10} -Belastungen für den Zustand 2015 bezogen auf den Grenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als leicht erhöht zu bezeichnen. Bezogen auf den Schwellenwert zur Ableitung der PM_{10} -Kurzzeitbelastung sind hohe Werte festzustellen, ohne den PM_{10} -Kurzzeitgrenzwert an der Bebauung zu überschreiten.

Für den Zustand im Jahr 2018 mit der neuen Ampelschaltung sind am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße PM_{10} -Immissionen unter 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind PM_{10} -Immissionen bis 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sowie hinter dem Wall sind PM_{10} -Immissionen unter 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen. Die PM_{10} -Immissionen (Jahresmittelwerte) sind an der Randbebauung der Nordstraße für den Planzustand 2018 bezogen auf den Grenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als leicht erhöht zu bezeichnen. Damit wird auch der PM_{10} -Kurzzeitgrenzwert, der aus einem Jahresmittelwert von 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet werden kann, an der Randbebauung der Nordstraße nördlich des Waller Rings nicht erreicht und nicht überschritten.

2 AUFGABENSTELLUNG

Im Zusammenhang mit Luftschadstoffgutachten zum Luftreinhalteplan Bremen wurde unter anderem das Gutachten „Ergänzende Luftschadstoffbetrachtungen zur Nordstraße in Bremen“ (Lohmeyer, 2010) erstellt. Das beinhaltet Betrachtungen von Minderungsmaßnahmen, wie z.B. eine modifizierte Lichtsignalanlagensteuerung mit dem Ziel einer flüssigen Fahrweise auf der Nordstraße. Nachdem diese Maßnahme erfolgreich seit April 2011 umgesetzt wurde, sollen Prognosen der Immissionen für die Jahre 2015 und 2018 erarbeitet werden.

Die Emissions- und Immissionsberechnungen sind mit den Vorgaben der modifizierten Verkehrsabwicklung und unter Berücksichtigung der im Februar 2010 aktualisierten Emissionsdatenbank durchzuführen.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, wie die durch die geplante Maßnahme (modifizierte Lichtsignalanlagensteuerung) verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verändern. Durch den Vergleich der 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 Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO₂ und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel PM10. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund der skizzierten Aufgabenstellung 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 und des Lärmschutzwalls nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und digitalen Gebäudedaten mit Höhenangaben entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht aus 258 x 258 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 000 m x 1 000 m. Es wird ein nicht-äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Messstelle an der Bebauung eine feine Auflösung von ca. 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 47 Ebenen bis in eine Höhe von 480 m über Grund, wobei die Ebenen in

Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für die Bezugsjahre 2015 und 2018 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA 3.1 nicht behandelt. Die PM10-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage von Ergebnissen aktueller Forschungsarbeiten (BAST, 2005, Düring und Lohmeyer, 2011). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik.

Die Emissionen werden in das Rechengitter übertragen und mit den oben erwähnten Windfeldern der Ausbreitungsrechnung mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM zugeführt. Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Für die Ermittlung der NO₂-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO₂-Konversion berücksichtigt.

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

3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

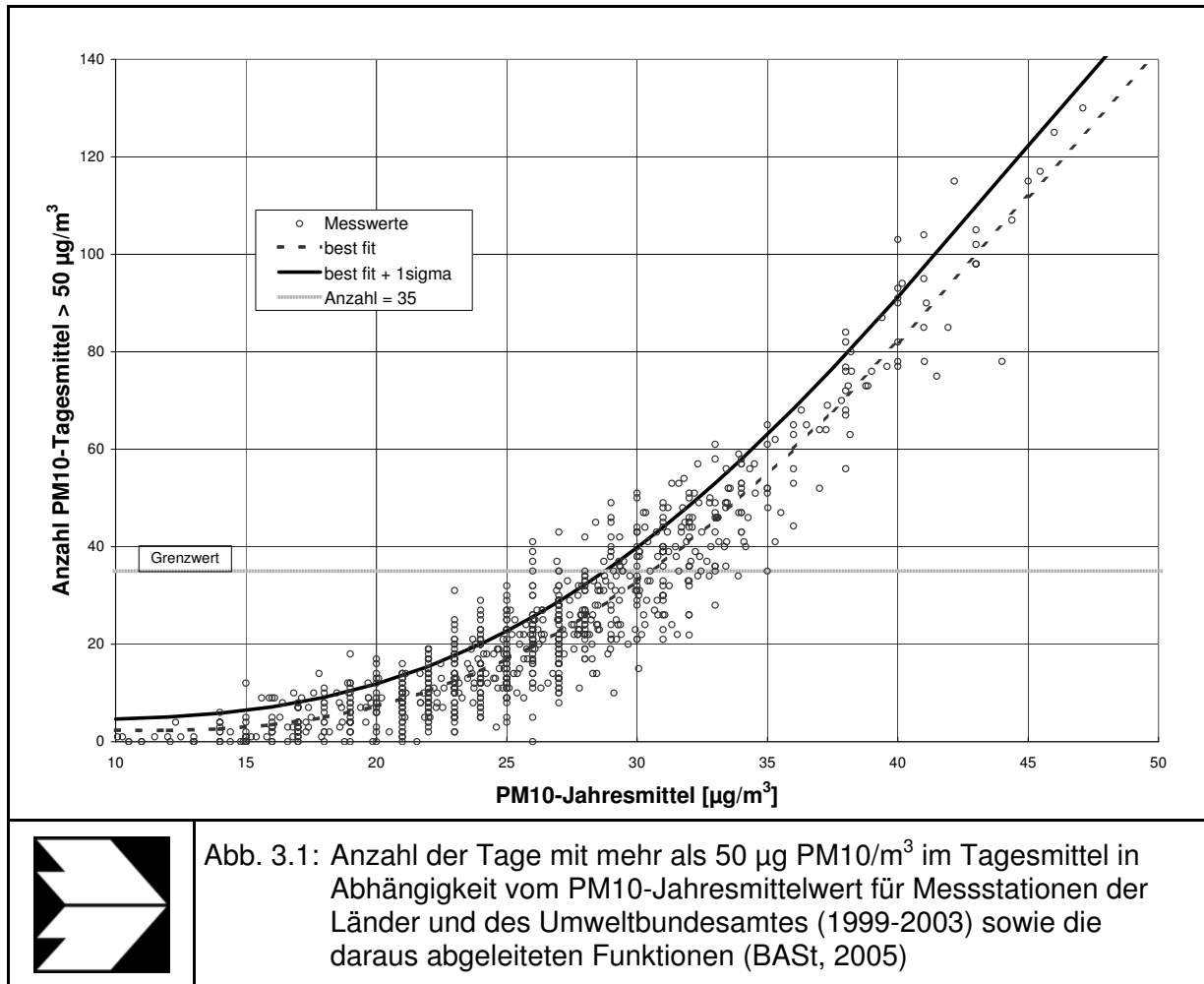
Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt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

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

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

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM_{10} -Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM_{10} -

Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).



3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

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

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

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

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

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

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

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

4 EINGANGSDATEN

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

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit der Messstelle Nordstraße und dem umliegenden Straßennetz ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt.

Das zu betrachtende Plangebiet liegt im nördlichen Stadtbereich von Bremen. Die Messstelle liegt am östlichen Rand der nach Norden orientierten Nordstraße, die an der östlichen Seite eine geschlossene, mehrgeschossige Randbebauung aufweist; westlich wird die Straße von einem Wall begleitet.

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

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten für das Straßennetz von Bremen wurden den Unterlagen zu den Immissionsberechnungen der Umweltzone Bremen entnommen (Lohmeyer, 2007). Dies sind Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) und der LKW-Fahrten aus Verkehrszählungen und Verkehrsprognosen. Die Verkehrsbelegungsdaten sind in **Abb. 4.2** aufgezeigt.

Für das Prognosejahr 2018 wird erwartet, dass der Ringschluss der BAB 281 (Weserquerung) und der Ausbau des Autobahnzubringers Überseestadt fertig gestellt sind und damit verkehrliche Entlastungswirkungen für die Hafensrandstraße, deren Teil die Nordstraße ist, eintreten. Entsprechend einer Prognose des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa, Abteilung Verkehr, ist auf der Nordstraße eine Verringerung der Kfz-Fahrten um ca. 11% und der LKW-Fahrten um ca. 35% zu erwarten. Diese Änderungen werden für die Prognose 2018 angesetzt.

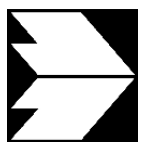
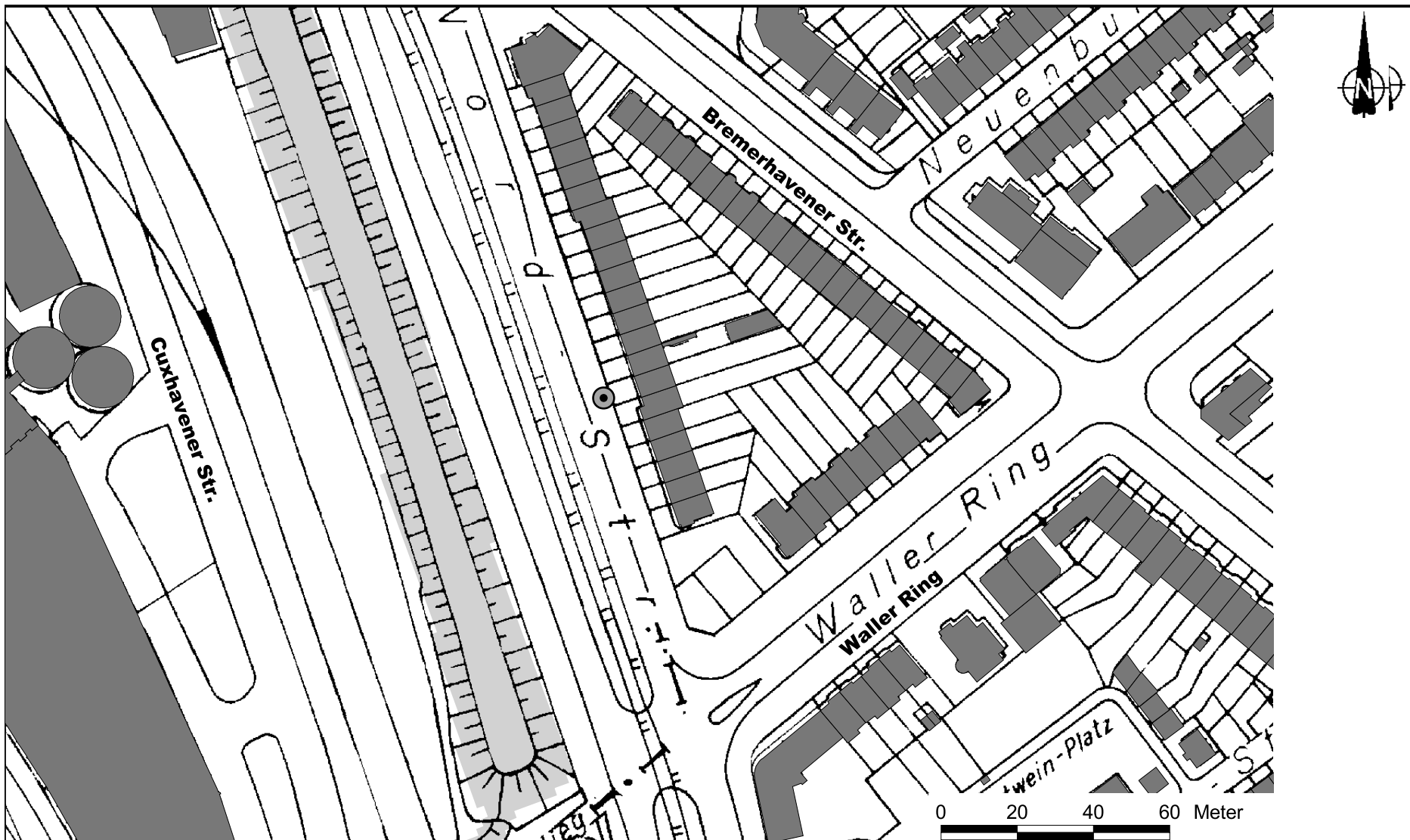


Abb. 4.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes. Eingezeichnet sind: Straßen = schwarze Linien, Gebäude = dunkelgrau und Lärmschutzwall = hellgrau

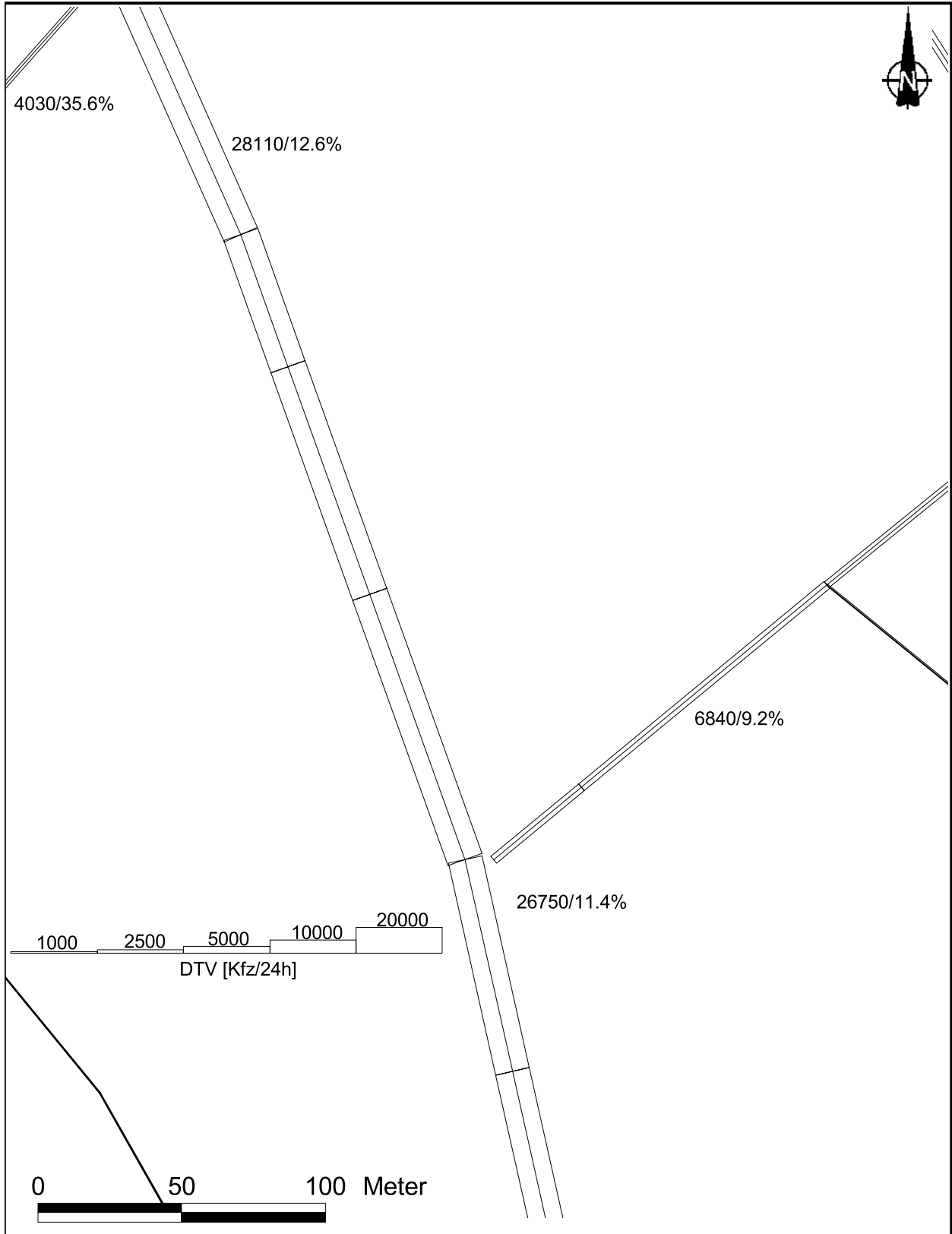


Abb. 4.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im inneren Bereich des Untersuchungsgebietes

Im Zuge der Nordstraße sind die Kreuzungen mit weiteren städtischen Hauptverkehrsstraßen durch Lichtsignalanlagen geregelt. Das trifft auch auf die Kreuzung der Nordstraße mit dem Waller Ring zu. Seit April 2011 wird eine modifizierte Lichtsignalanlagensteuerung betrieben, die auch in Spitzenstunden durch Zuflussregelungen an der Kreuzung Nordstraße/Waller Ring nur so viele Fahrzeuge zufahren lässt, wie in einer Grünphase auch durch bzw. abfahren können. Weiterhin wird mit der koordinierten Ampelschaltung eine Grüne Welle entlang der Nordstraße verfolgt, sodass auf der Nordstraße nur geringe Verkehrsanteile vor der Lichtsignalanlage an der Kreuzung Nordstraße/Waller Ring halten müssen.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen. Diese sind wie bei den Untersuchungen zur Umweltzone den Verkehrszählraten am Knoten Außer der Schleifmühle/Schwachhäuser Heerstraße/Bismarckstraße/Dobbenweg entnommen.

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.

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 Bereich für die Jahre 2015/18 angesetzt.

4.3 Schadstoffhintergrundbelastung

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

Windverteilung Bremen

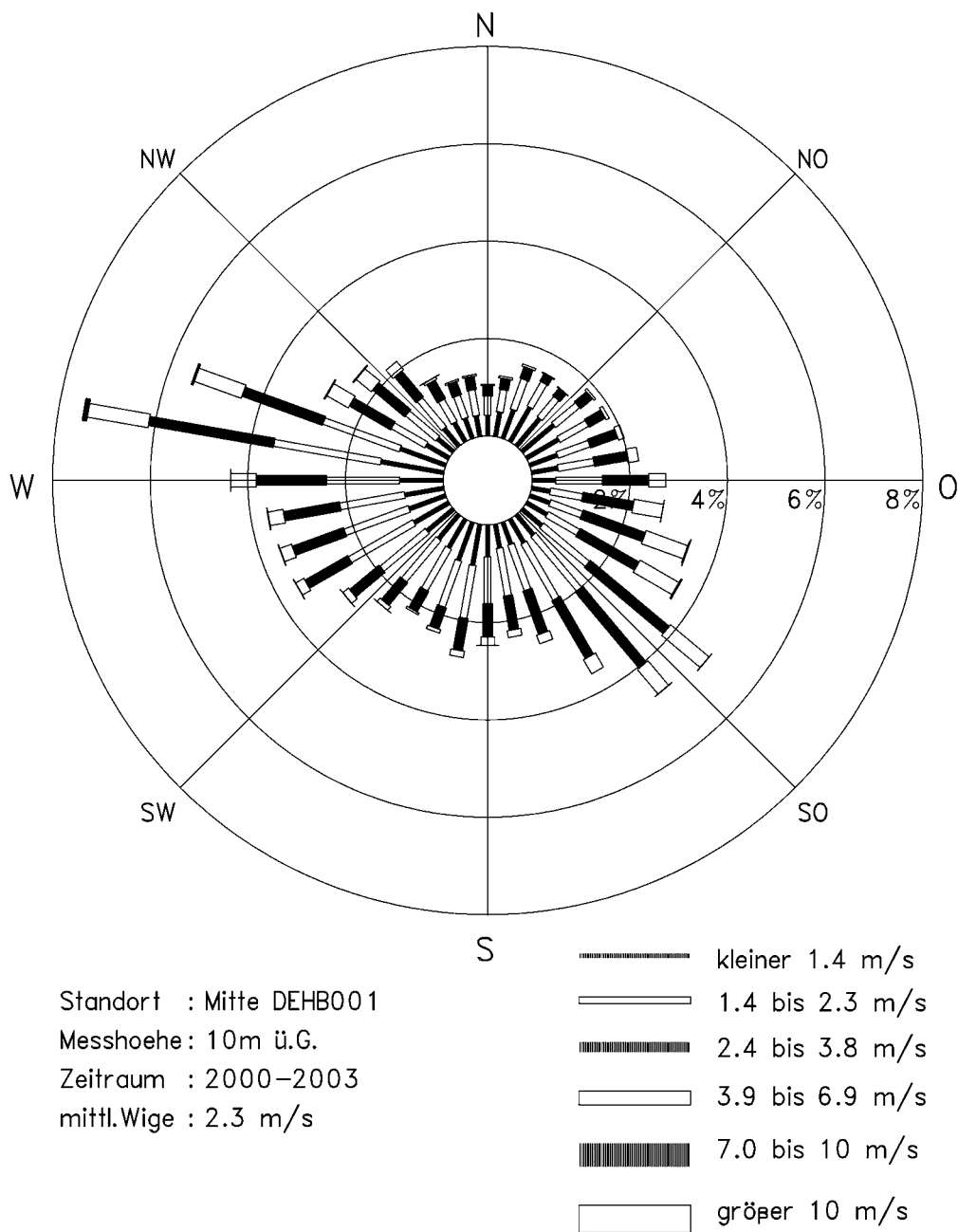


Abb. 4.3: Häufigkeitsverteilung von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der BLUES-Messstation Bremen-Mitte (Quelle: Bremer Luftüberwachungssystem)

Der Bremer Senat für Bau, Umwelt und Verkehr betreibt das Bremer Luftüberwachungssystem (BLUES) zur kontinuierlichen Immissionsüberwachung. In **Tab. 4.1** sind Werte aufgeführt, die in den Jahres- und Monatsberichten über die Immissionsmesswerte zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden sind (BLUES, 2002-2012). 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, wobei die Werte für 2011 aus den Monatsberichten entnommen sind. Die Hintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet wird auf dieser Grundlage abgeschätzt. Für die Station Bremen-Nordstraße wurde für das nicht ganz vollständige Messjahr 2008 ein NO₂-Mittelwert von 70 µg/m³ und ein PM10-Mittelwert von 30 µg/m³ erfasst. Für die Monate Januar bis Dezember 2009 wird ein NO₂-Mittelwert von 47 µg/m³ und ein PM10-Mittelwert von 30 µg/m³ bei 18 Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ erfasst. In den Jahren 2008/2009 erfolgte eine kleinräumige Verlegung der Messstelle.

In der vorliegenden Studie werden auf dieser Grundlage für die Immissionsprognosen die Werte der **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt, die aus den verfügbaren Messdaten der nächstgelegenen Stationen und unter Berücksichtigung der Einflüsse des Straßennetzes außerhalb des Rechengbietes abgeleitet sind.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Bremen-Nord	Bremen-West	Bremen-Mitte	Bremen-Ost	Bremen-Verkehr 1 - ab 2004 Dobbenweg	Bremen-Verkehr 2 - Neuenlander Straße	Bremen-Nordstraße, ab März 2008
NO ₂ -Jahresmittel	2003	24	27	27	25	55	60	-
	2004	21	24	24	28	60	52	-
	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	70
	2009	22	27	21	20	45	34	47
	2010	22	-	20	22	46	-	45
	2011	22	-	26	24	45	-	45
NO ₂ -98-Perzentil	2003	60	71	70	63	117	126	-
	2004	53	60	61	62	135	108	-
	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	189
	2009	59	97	55	54	106	75	109
	2010	37	-	54	58	109	-	103
	2011	-	-	-	-	-	-	-
PM10-Jahresmittel	2003	27	28	27	24	35	39	-
	2004	21	22	22	21	35	39	-
	2005	22	24	23	20	32	40	-
	2006	22	25	22	24	33	39	-
	2007	19	23	20	21/14	31	34	-
	2008	19	22	18	-	34	37	30
	2009	18	18	19	-	32	22	30
	2010	19	-	20	-	29	-	28
	2011	20	-	23	-	31	-	28
PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2003	23	25	20	22	44	65	-
	2004	3	2	1	0	35	46	-
	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	17
	2009	2	6	2	-	27	11	18
	2010	6	5	5	-	27	-	27
	2011	14	-	14	-	44	-	37

Tab. 4.1: Messwerte an den Stationen in der Umgebung des Plangebietes (BLUES). PM10-Überschreitung = Anzahl der Tagesmittelwerte $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, - = keine Angabe. (Überschreitungstage 2011 von www.env-it.de, d.h. Umweltbundesamt)

Schadstoff	Hintergrundbelastung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂ -Jahresmittel	26
NO ₂ -98-Perzentilwert	70
PM10-Jahresmittel	22

Tab. 4.2: Hintergrundbelastungswerte im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr (2011/2015/2018).

5 EMISSIONEN

In die Berechnung der Schadstoffimmissionen fließen die Emissionen der Fahrzeuge auf den betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet ein.

5.1 Betrachtete Schadstoffe

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

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

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

5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

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

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

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

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

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

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-HVS60: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h,

IOS-HVS60d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h, dichter Verkehr,

IOS-HVS50: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h,

IOS-HVS50d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr,

IOS-Sam50d: Innerstädtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr,

IOS-NS50: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 50 km/h,

IOS-NS50d: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr,

IOS-NS40g: Innerstädtische Nebenstraße, gesättigter Verkehr.

Da das aktuelle HBEFA 3.1 für Lichtsignalanlagen gesteuerte Kreuzungen keine gesonderten Emissionsfaktoren angibt, werden diese durch eine ungünstigere Verkehrssituationseinstufung (Level of Service) und damit verbundene höhere Emissionszuweisung nachgebildet; für Lichtsignalanlagen gesteuerte Kreuzungen mit hohen Störungen in Hauptverkehrszeiten mit entsprechenden Standanteilen, geringen mittleren Durchschnittsgeschwindigkeiten und entsprechenden erhöhten Emissionen wird hilfsweise auf die Verkehrssituation IOS-NS40g zurückgegriffen.

5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub in Anlehnung an BAST (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) verwendet. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenen Straßenstaub die in **Tab. 5.1** und **Tab. 5.2** aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

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

5.3 Emissionen pro Fahrzeug

Tab. 5.1 und **Tab. 5.2** geben einen Überblick über die im vorliegenden Fall angesetzten Verkehrssituationen und zugehörigen Emissionsfaktoren unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten.

Für den Planzustand 2015 und 2018 wird eine Homogenisierung des Verkehrs auch in Spitzenstunden durch eine koordinierte Steuerung der Lichtsignalanlagen im Zuge der Nordstraße angenommen, damit dort kein stockender Verkehrsfluss auftritt.

Straßenparameter	Geschwindigkeit [km/h]	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2015							
		NO _x		NO ₂		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
IOS-HVS60	52.0	0.291	2.847	0.0868	0.3175	0.0094	0.0360	0.022	0.2
IOS-HVS60d	43.0	0.314	3.502	0.0943	0.3821	0.0101	0.0386	0.03	0.3
IOS-HVS50	45.0	0.301	3.605	0.0905	0.4082	0.0100	0.0423	0.04	0.38
IOS-HVS50d	37.0	0.391	4.447	0.1194	0.4952	0.0115	0.0602	0.05	0.45
IOS-Sam50d	35.8	0.404	4.526	0.1202	0.5026	0.0120	0.0605	0.09	0.8
IOS-NS50	45.6	0.360	4.311	0.0974	0.4752	0.0113	0.0593	0.09	0.8
IOS-NS50d	34.5	0.421	4.517	0.1144	0.4987	0.0123	0.0592	0.09	0.8
IOS-NS40g	23.1	0.474	6.253	0.1319	0.6959	0.0140	0.0749	0.09	0.8

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

Straßenparameter	Geschwindigkeit [km/h]	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2018							
		NO _x		NO ₂		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
IOS-HVS60	52.0	0.235	1.741	0.0682	0.2254	0.0061	0.0207	0.022	0.2
IOS-HVS60d	43.0	0.254	2.194	0.0740	0.2864	0.0066	0.0222	0.03	0.3
IOS-HVS50	45.0	0.244	2.262	0.0711	0.3038	0.0065	0.0243	0.04	0.38
IOS-HVS50d	37.0	0.315	2.840	0.0935	0.3836	0.0075	0.0341	0.05	0.45
IOS-Sam50d	35.8	0.258	2.186	0.0726	0.2932	0.0067	0.0238	0.09	0.8
IOS-NS50	45.6	0.297	2.745	0.0767	0.3674	0.0074	0.0336	0.09	0.8
IOS-NS50d	34.5	0.344	2.827	0.0898	0.3708	0.0081	0.0337	0.09	0.8
IOS-NS40g	23.1	0.388	4.126	0.1036	0.5744	0.0092	0.0426	0.09	0.8

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2018

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x und PM_{10} werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. In **Abb. 5.1** bis **Abb. 5.4** sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x und PM_{10} dargestellt.

Tab. 5.3 zeigt exemplarisch für die Nordstraße in Bremen an der Messstelle die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten.

Variante	DTV [Kfz/24h]	LKW-Anteil [%]	Verkehrssituation	mittlere Emissionsdichte		
				NO_x [mg/(m*s)]	NO_2 [mg/(m*s)]	PM_{10} [mg/(m*s)]
Plan 2015	28 110	12.6	IOS-HVS50	0.263	0.048	0.0321
Plan 2018	25 060	9.3	IOS-HVS50	0.142	0.031	0.0234

Tab. 5.3: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Nordstraße in Bremen an der Messstelle

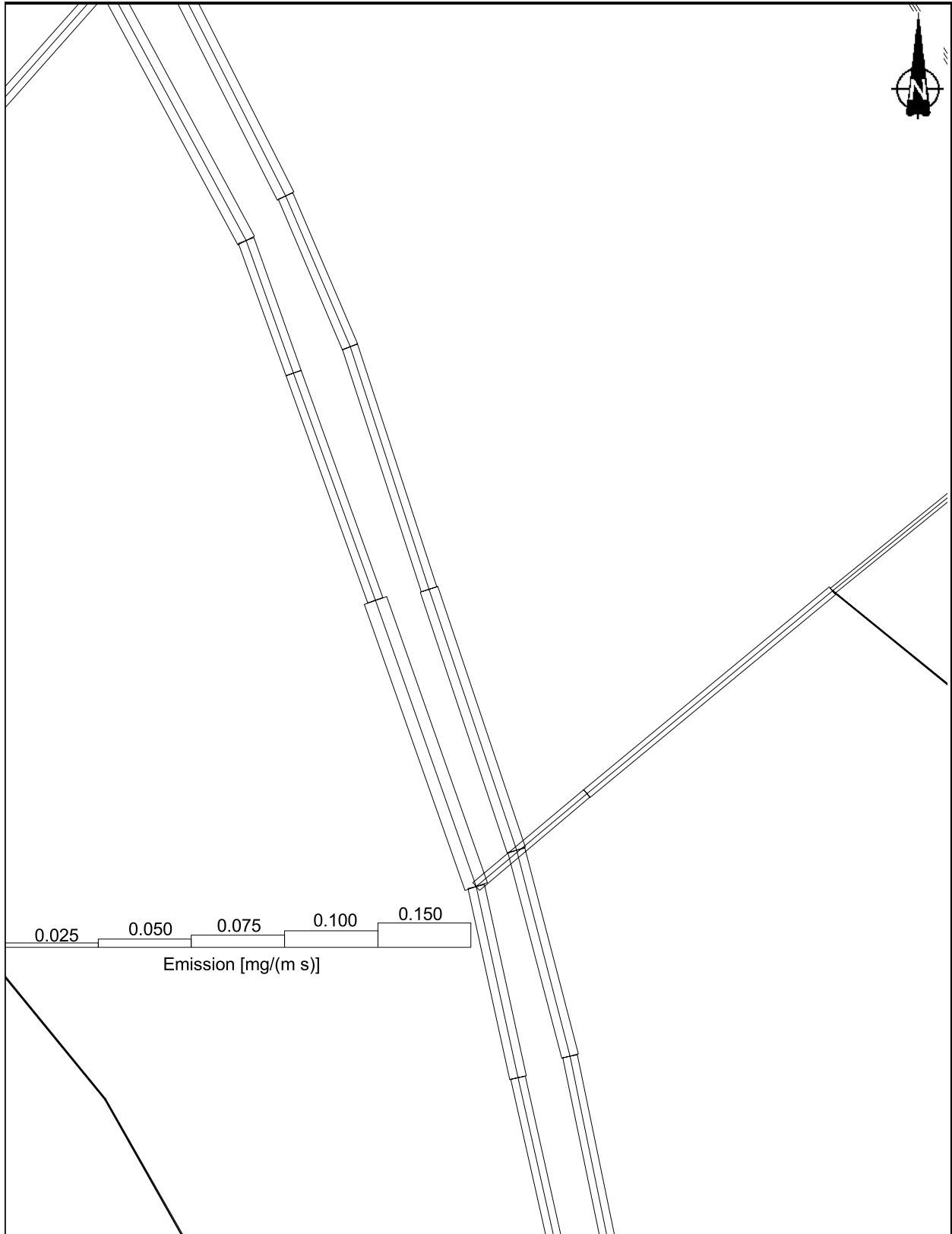


Abb. 5.1: Mittlere NOx-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im inneren Untersuchungsgebiet für den Zustand 2015

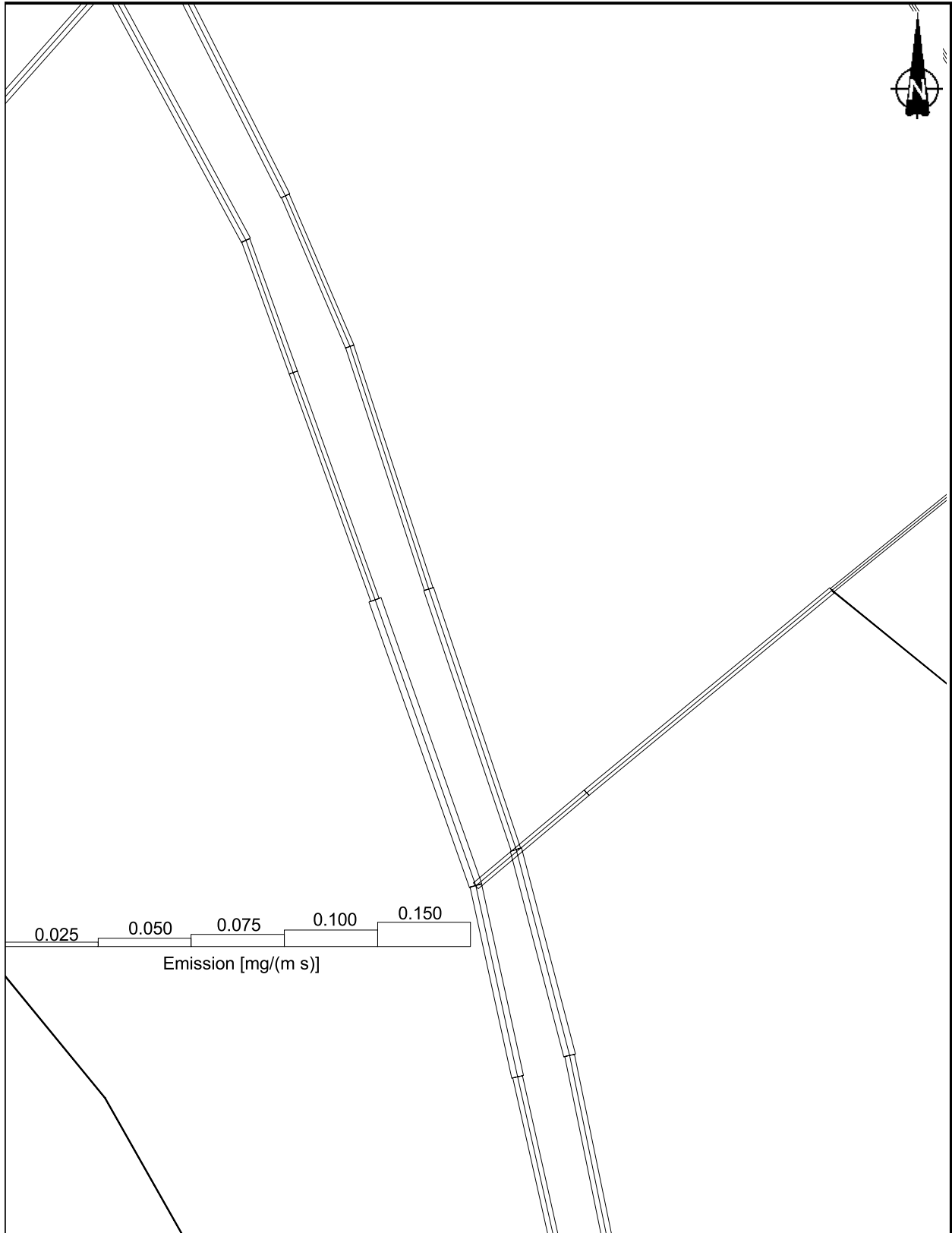


Abb. 5.2: Mittlere NOx-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im inneren Untersuchungsgebiet für den Planzustand 2018

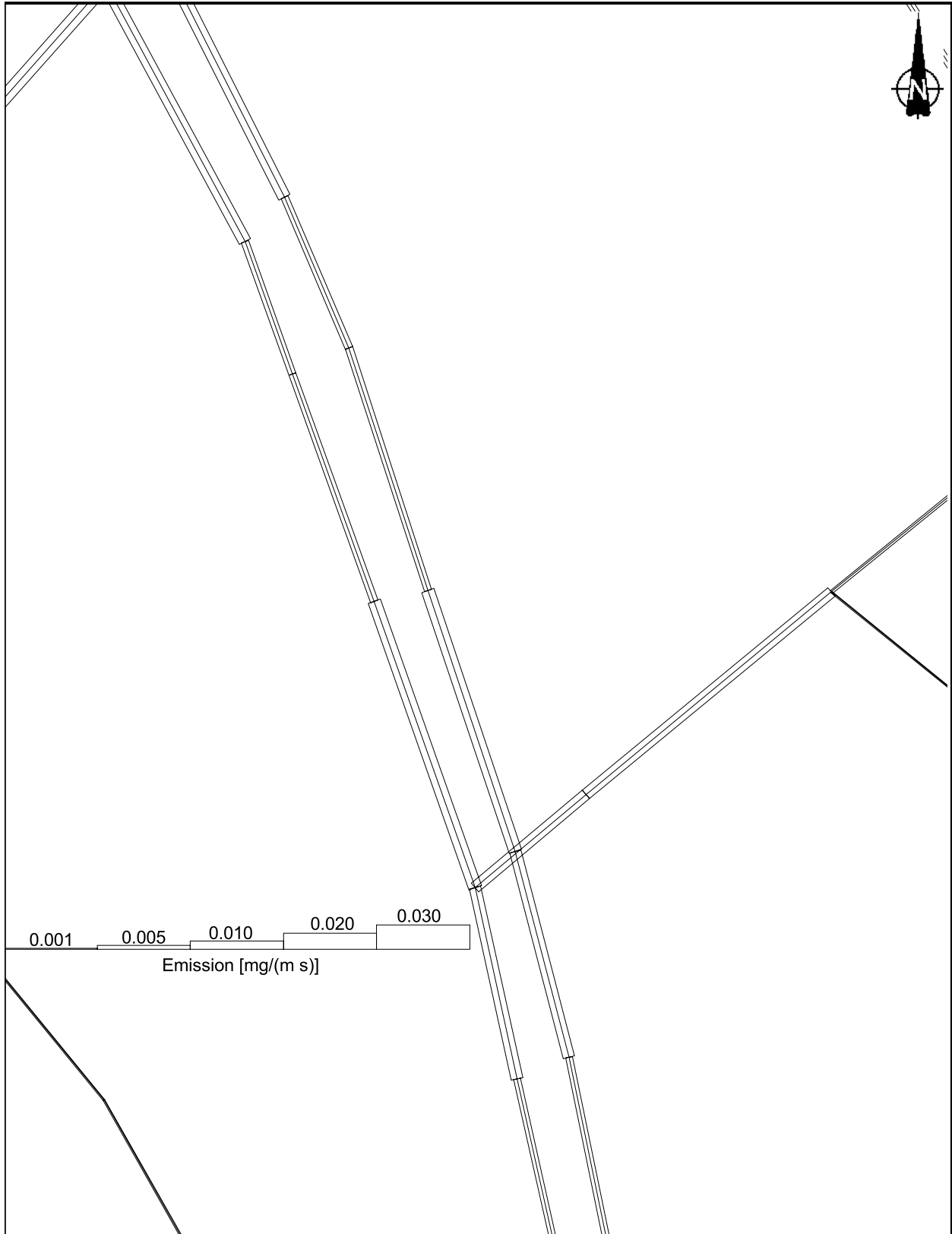


Abb. 5.3: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im inneren Untersuchungsgebiet für den Zustand 2015

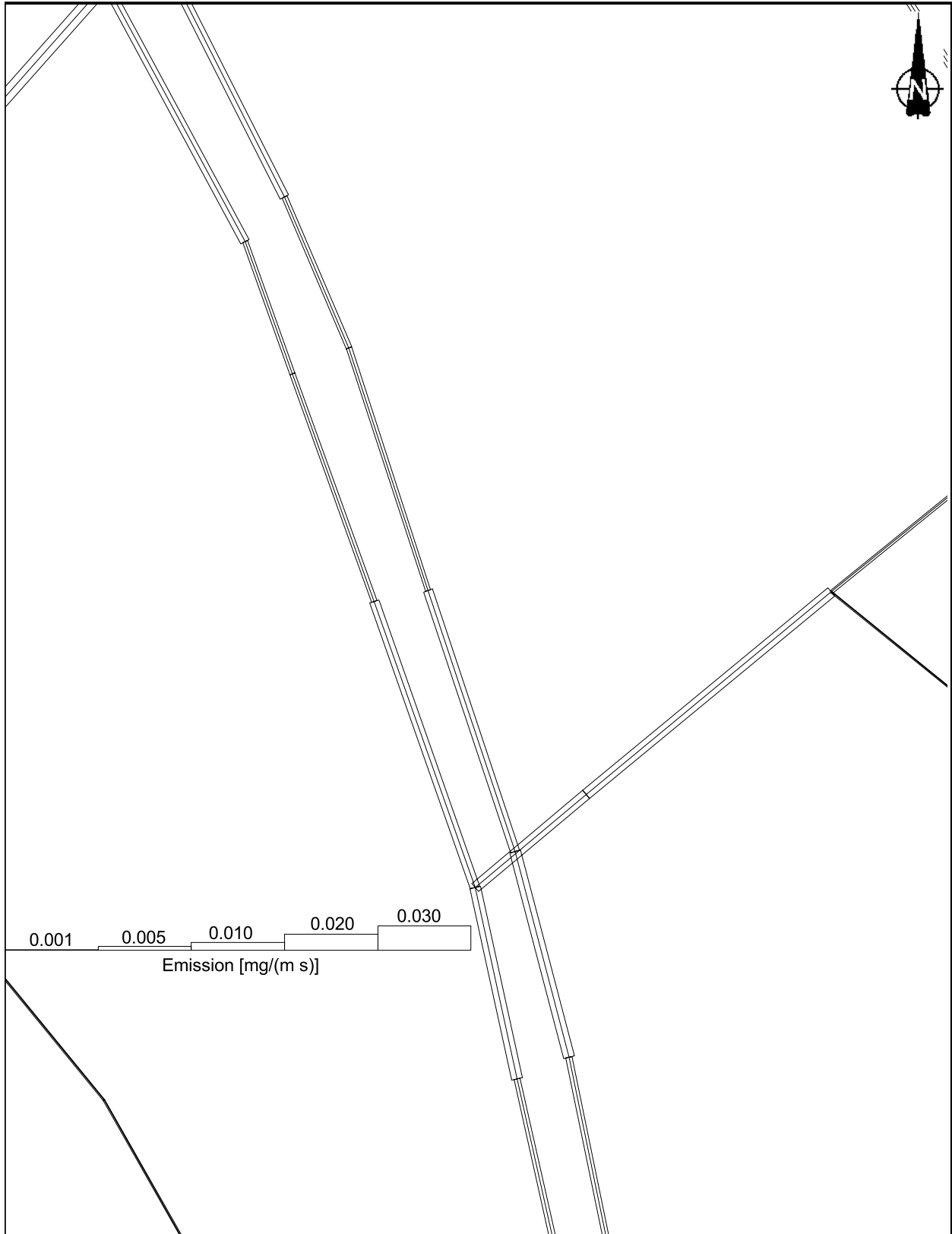


Abb. 5.4: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im inneren Untersuchungsgebiet für den Planzustand 2018

6 ERGEBNISSE

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

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden derzeit geltende Grenzwerte für PM10 mit gelben bis violetten Farben und für NO₂ mit gelben Farben belegt.

Die **Abb. 6.1** bis **Abb. 6.4** zeigen die ermittelten Immissionskenngrößen für die Bezugsjahre 2015 und 2018 mit betriebener, modifizierter Signalanlagensteuerung. Es wird jeweils die Gesamtbelastung von NO₂ und Feinstaub (PM10) dargestellt und diskutiert.

6.1 Stickstoffdioxidimmissionen

Die **Abb. 6.1** und **Abb. 6.2** zeigen die berechneten NO₂-Immissionen. Für den Zustand im Jahr 2015 mit der neuen Ampelschaltung sind entlang der Nordstraße hohe NO₂-Belastungen (Jahresmittelwerte) berechnet (**Abb. 6.1**), die am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße NO₂-Immissionen von 40 µg/m³ ausweisen. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind NO₂-Immissionen bis 37 µg/m³ ermittelt; das betrifft die gesamte Reihe der Gebäude entlang des dargestellten Abschnittes der Nordstraße. Damit sind im Straßenraum mit Geh- und Radwegbereichen sowie Stellplätzen an der Nordstraße nördlich des Waller Rings über 40 µg/m³ vorherrschend. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sowie hinter dem Wall sind NO₂-Immissionen unter 32 µg/m³, teilweise unter 28 µg/m³ ausgewiesen. Damit sind an der Randbebauung der Nordstraße die NO₂-Belastungen für den Zustand 2015 bezogen auf den Grenzwert von 40 µg/m³ entsprechend **Tab. 3.2** als hoch zu bezeichnen; der Grenzwert wird an der Bebauung nicht überschritten.

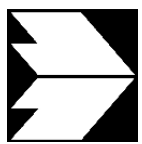
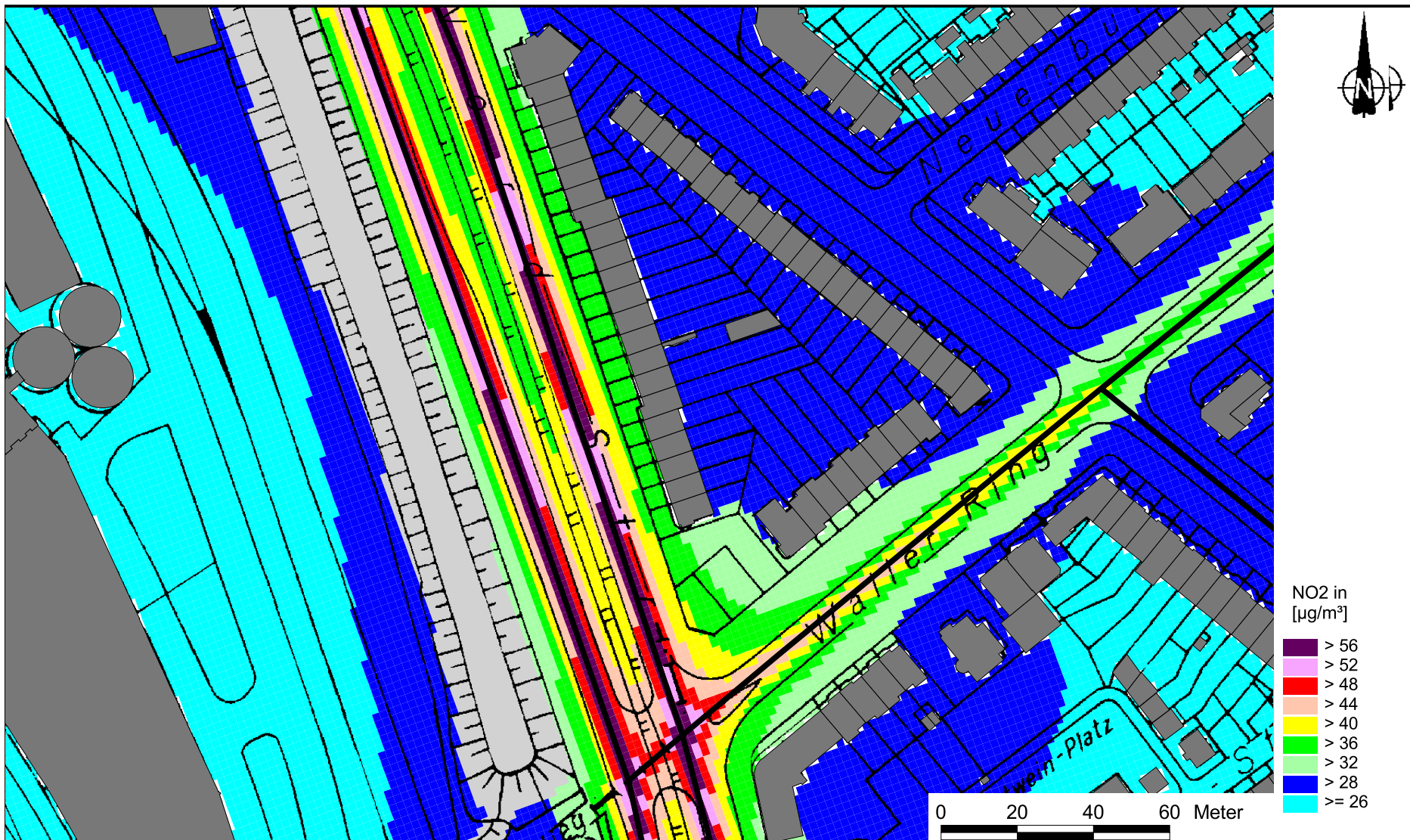


Abb. 6.1: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ für die Nordstraße im Zustand 2015.
Gebäude sind dunkelgrau und der Wall ist hellgrau eingezeichnet

Für den Zustand im Jahr 2018 mit der neuen Ampelschaltung sind nur im Fahrbahnbereich entlang der Nordstraße hohe NO_2 -Belastungen (Jahresmittelwerte) berechnet (**Abb. 6.2**). Am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße sind NO_2 -Immissionen von $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind NO_2 -Immissionen bis $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt; das betrifft die gesamte Reihe der Gebäude entlang des dargestellten Abschnittes der Nordstraße. Damit sind außerhalb des Straßenraums der Nordstraße nördlich des Waller Rings unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vorherrschend. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sowie hinter dem Wall sind NO_2 -Immissionen unter $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, überwiegend unter $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen. Damit sind an der Randbebauung der Nordstraße die NO_2 -Belastungen für den Planzustand 2018 bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als erhöht zu bezeichnen; der Grenzwert wird an der Bebauung nicht überschritten.

6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)

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

Die Ergebnisse der PM_{10} -Belastungen (Jahresmittelwerte) sind für den Zustand 2015 in **Abb. 6.3** aufgeführt. Am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße sind PM_{10} -Immissionen unter $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind PM_{10} -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt; das betrifft den überwiegenden Bereich der Reihe der Gebäude entlang des dargestellten Abschnittes der Nordstraße. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sind PM_{10} -Immissionen unter $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen. Damit sind an der Randbebauung der Nordstraße die PM_{10} -Belastungen für den Zustand 2015 bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als leicht erhöht zu bezeichnen. Bezogen auf den Schwellenwert zur Ableitung der PM_{10} -Kurzzeitbelastung sind hohe Werte festzustellen, ohne den PM_{10} -Kurzzeitgrenzwert an der Bebauung zu überschreiten.

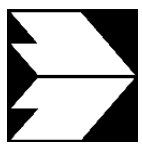
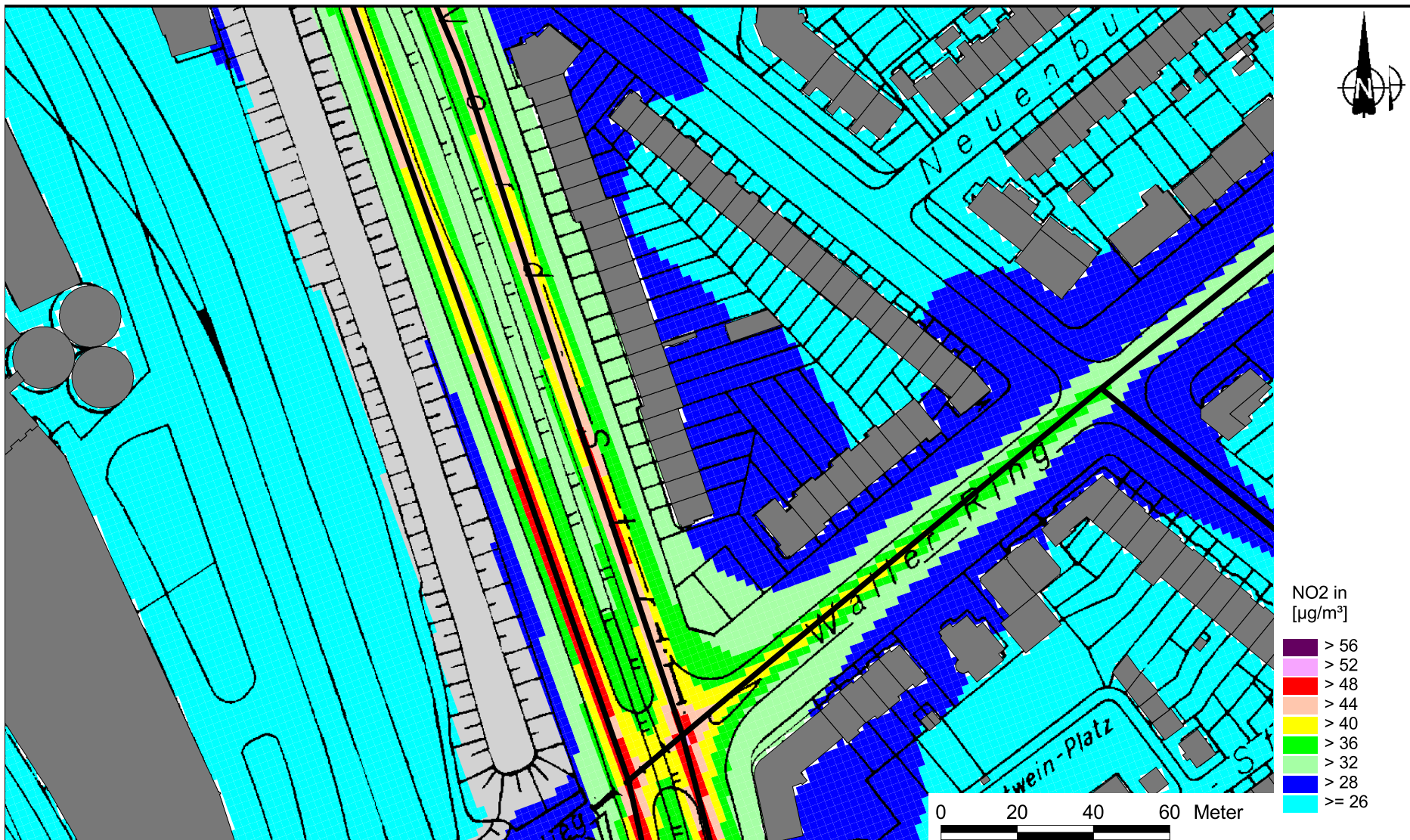


Abb. 6.2: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ für die Nordstraße im Planzustand 2018.
Gebäude sind dunkelgrau und der Wall ist hellgrau eingezeichnet

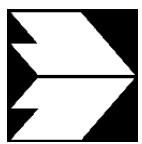
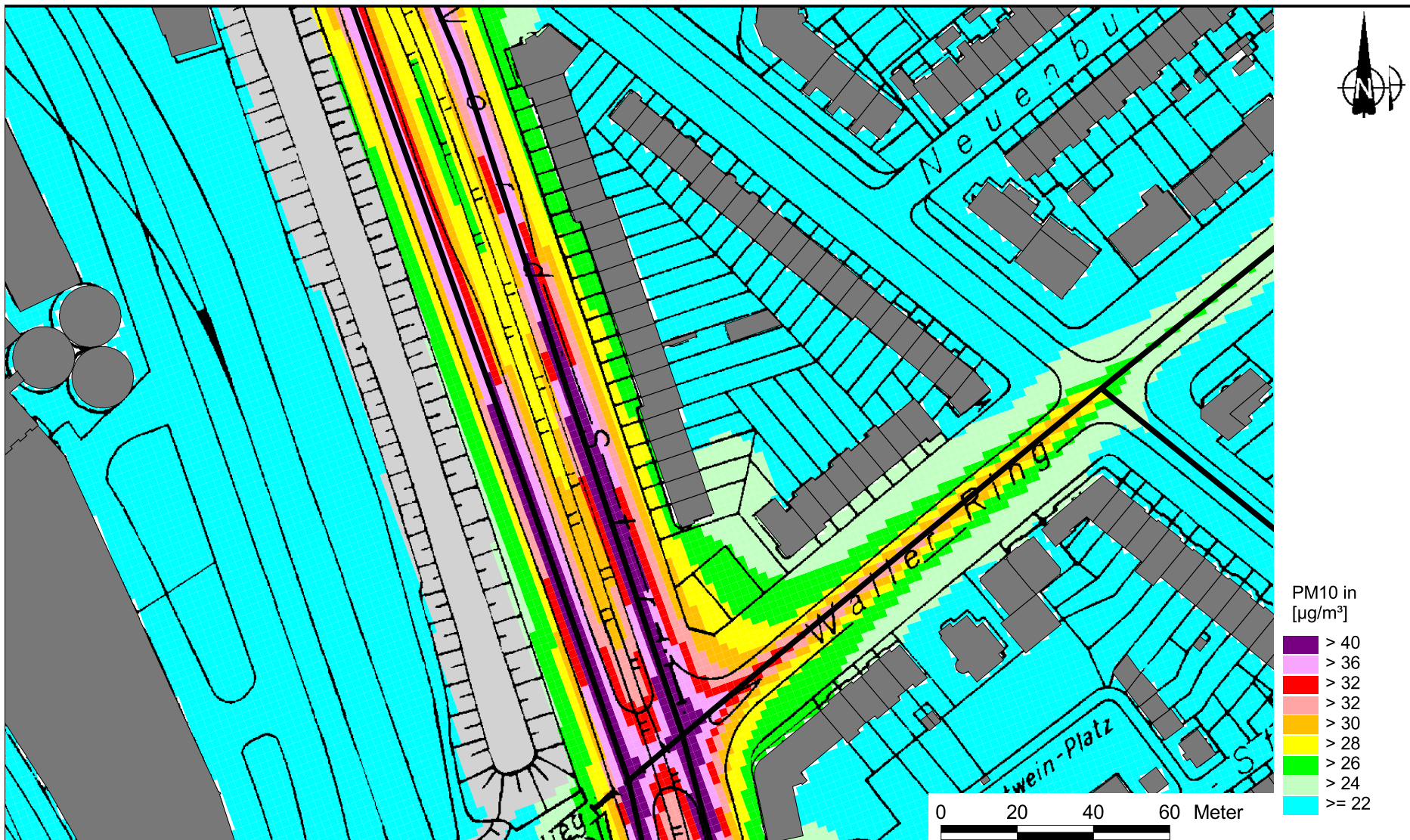


Abb. 6.3: Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ für die Nordstraße im Zustand 2015.
Gebäude sind dunkelgrau und der Wall ist hellgrau eingezeichnet

Für den Zustand im Jahr 2018 mit der neuen Ampelschaltung sind nur im Fahrbahnbereich entlang der Nordstraße deutliche PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) berechnet (**Abb. 6.4**). Am derzeitigen Standort der Messstelle Nordstraße sind PM10-Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An der östlich davon gelegenen bestehenden Bebauung sind PM10-Immissionen bis $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt; das betrifft die gesamte Reihe der Gebäude entlang des dargestellten Abschnittes der Nordstraße. Damit sind außerhalb des Straßenraums der Nordstraße nördlich des Waller Rings unter $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vorherrschend. An der von der Nordstraße abgewandten Gebäudeseite sowie hinter dem Wall sind PM10-Immissionen unter $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen. Die PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) sind an der Randbebauung der Nordstraße für den Planzustand 2018 bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als leicht erhöht zu bezeichnen. Damit wird auch der PM10-Kurzzeitgrenzwert, der aus einem Jahresmittelwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet werden kann, an der Randbebauung der Nordstraße nördlich des Waller Rings nicht erreicht und nicht überschritten.

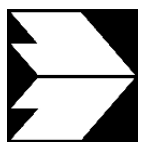
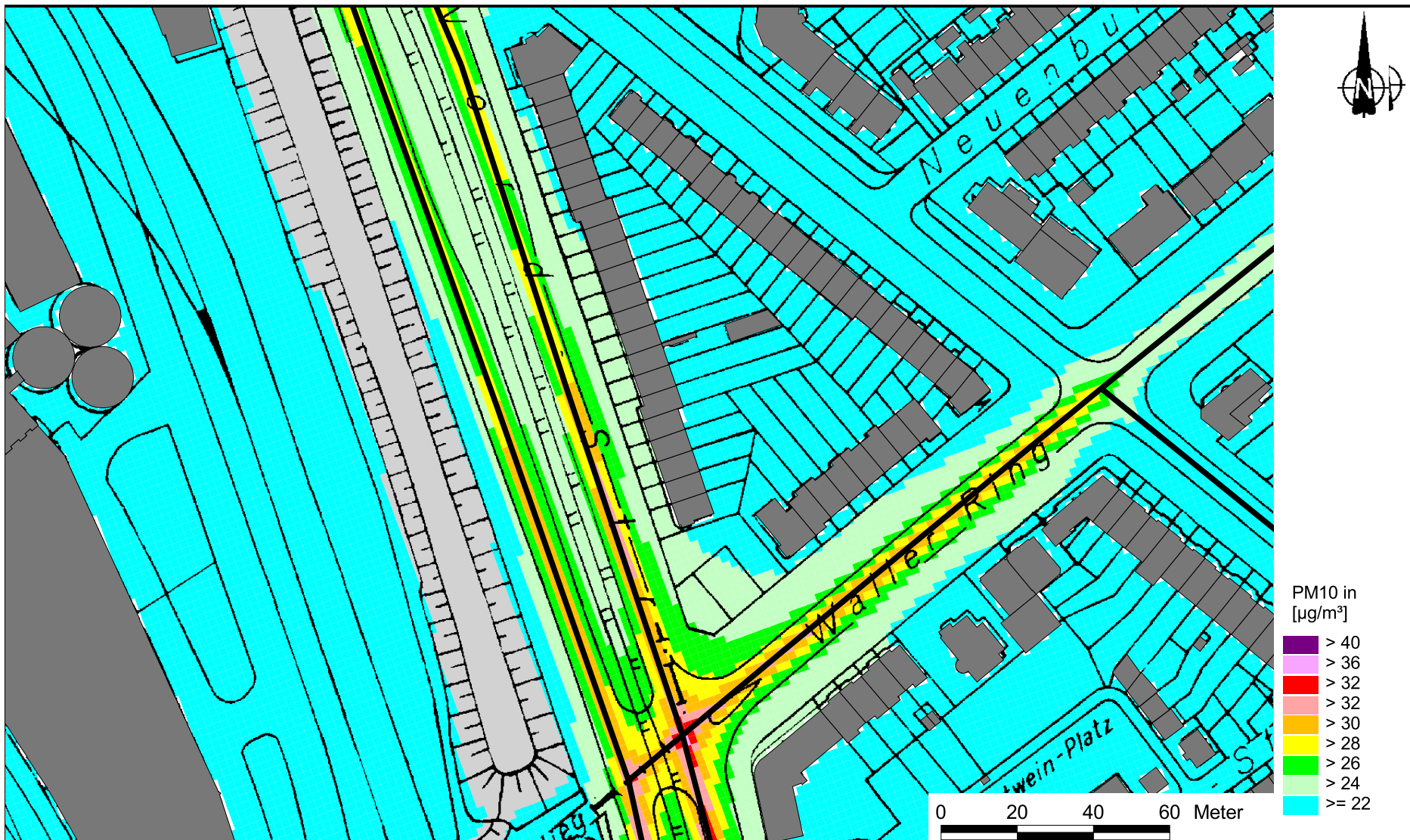


Abb. 6.4: Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ für die Nordstraße im Planzustand 2018.
Gebäude sind dunkelgrau und der Wall ist hellgrau eingezeichnet

7 LITERATUR

22. BImSchV (2007): 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.
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen – 39. BImSchV), Entwurf der Neufassung vom 7. Mai 2010.
- 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.
- BLUES (2002 bis 2012): BLUES – Das Bremer Luftüberwachungssystem, Jahresberichte 2001 bis 2011. Hrsg.: Freie Hansestadt Bremen, Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr. Veröffentlicht im Internet: www.umwelt.bremen.de.
- BLUES (2012): BLUES – Das Bremer Luftüberwachungssystem, Monatsberichte 2011. Hrsg.: Freie Hansestadt Bremen, Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr. Veröffentlicht im Internet: 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.
- Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparmeter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U. (2003): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abschlussbericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Paul Scherrer Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.
www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1.
- Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994): Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: Staub - Reinhaltung der Luft 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.

- Lohmeyer (2005): Screening der Luftschadstoffbelastung in den Hauptverkehrsstraßen der Stadt Bremen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG im Auftrag der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen. Projekt 60141-04-01 vom Juli 2005.
- Lohmeyer (2007): Auswirkungen von verkehrlichen Maßnahmen im Innenstadtbereich der Hansestadt Bremen auf die Luftschadstoffbelastungen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG im Auftrag der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen. Projekt 60713-06-01 vom April 2007.
- Lohmeyer (2009): Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung der Luftschadstoffkonzentrationen im Bereich der Messstelle Bremen-Nordstraße-Minderungsmaßnahmen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG im Auftrag der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen. Projekt 61380-09-01 vom November 2009.
- Lohmeyer (2010): Ergänzende Luftschadstoffberechnungen zur Nordstraße in Bremen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG im Auftrag der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen. Projekt 61698-10-01 vom Juni 2010.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten, Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt, kommunale ökologische Briefe Nr. 01/05.01.2000, Raabe-Verlag, Berlin.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- TREMOT (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.

- UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Februar 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <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 VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.

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

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

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

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

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

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden auch Zielwerte für $\text{PM}_{2.5}$, Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM_{10} -Fraktion über ein Kalenderjahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum

zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

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

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

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

A1.2 Vorsorgewerte

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

Die 39. BImSchV weist als Zielwert einen PM2.5-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ aus, der bereits heute eingehalten werden sollte und ab dem Jahr 2015 ein Grenzwert wird.

Für den Immissionsgrenzwert für PM_{2.5} von 25 µg/m³ ab dem Jahr 2015 wurde eine Toleranzmarge von 5 µg/m³ erlassen, die sich ab dem 1. Januar 2009 in jährlichen Stufen um ein Siebentel (ca. 0.7 µg/m³) vermindert. Diese Toleranzmarge darf überschritten werden, ohne die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Der jeweilige jährliche Wert wird hier als Übergangsbeurteilungswert bezeichnet.

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

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

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

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

A N H A N G A 2
FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

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

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

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

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

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

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

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

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

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-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 Hintergrundbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.