



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Stand 31.08.2011

**BEWERTUNG DER BISHERIGEN
MINDERUNGSMAßNAHMEN UND DER
ZUKÜNFTIGEN MAßNAHMEN DES LRP
DER HANSESTADT ROSTOCK**

Auftraggeber: Landesamt für Umwelt,
Naturschutz und Geologie (LUNG)
Goldberger Straße 12

18273 Güstrow

Dipl.-Geogr. D. Bretschneider

Dr. rer. nat. I. Düring

Unter Mitarbeit von SVU Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger, Dresden

August 2011
Projekt 70743-11-01
Berichtsumfang 60 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Vorgehensweise	3
2	EINGANGSDATEN	5
2.1	Beschreibung des Untersuchungsgebietes	5
2.2	Maßnahmenkatalog	5
2.2.1	Bisher (kurzfristig) umgesetzte Maßnahmen	5
2.2.2	Weitere (mittelfristige) Maßnahmen	7
2.3	Verkehr	
2.3.1	Verkehrsdaten	8
2.3.2	Verkehrssituationen	10
2.3.3	Fahrzeugflottenzusammensetzung	12
2.4	Weitere Emissionsquellen	13
2.5	Schadstoffhintergrundbelastung der Luft	14
2.5.1	Allgemeines	14
2.5.2	Ergebnisse der Luftschadstoffmessungen	14
2.5.3	Hintergrundbelastung 2010	16
2.6	Meteorologische Daten	17
3	ZUSAMMENFASSUNG DER BEURTEILUNGSWERTE	19
4	EMISSIONEN	20
4.1	Betrachtete Schadstoffe	20
4.2	Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren	20
4.3	Emissionen des untersuchten Straßennetzes	22
5	IMMISSIONEN	27
5.1	Berechnungsverfahren	27
5.2	Ergebnisse der Immissionsberechnungen	27

5.2.1	Analyse 2010.....	27
5.2.2	Prognose 2015	30
6	BEWERTUNG UND ENTWICKLUNG DER MAßNAHMEN.....	32
6.1	Bewertung der bisher umgesetzten Maßnahmen.....	32
6.2	Entwicklung der weiteren Maßnahmen	32
6.2.1	Reduzierung des Verkehrsaufkommen (Szenario 2, 3 und 8)	34
6.2.2	Reduzierung des Schwerverkehrsanteils (Szenario 4)	36
6.2.3	Einführung einer Umweltzone im Innenstadtbereich (M 12, LRP 2007, Szenario 5 und 6)	36
6.2.4	Verzicht Linksabbiegespur am Knotenpunkt Grubenstraße zugunsten bebauungsnahen Grünstreifen (Szenario 7)	37
6.2.5	Maßnahmen in Vorbereitung	38
6.3	Bewertung der weiteren Maßnahmen	38
7	LITERATUR	43
A N H A N G A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR		
	LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	48
A N H A N G A2: ÜBERSCHREITUNGSHÄUFIGKEIT DER STUNDEN- UND		
	TAGESMITTELWERTE	53
A N H A N G A3: STICKOXID-KONVERSION		
		57

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 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

1.1 Aufgabenstellung

Im Jahr 2006 kam es an der Luftmessstation „Am Strande“ im Rostocker Stadtgebiet zu Überschreitungen der zulässigen Immissionswerte für die Luftschadstoffe Feinstaub (PM10) und Stickstoffdioxid (NO₂). Im Rahmen der EU-Umweltgesetzgebung ist im Sinne des Umwelt- und Gesundheitsschutzes die Überwachung und Bewertung der Luftqualität sowie die Entwicklung von Maßnahmen zur Vermeidung, Verhinderung und Verringerung von Luftschadstoffemissionen festgeschrieben. Im Jahr 2007 wurde daher für die Stadt Rostock ein Luftreinhalte-/Aktionsplan erarbeitet. Die Berechnungen basierten u. a. noch auf dem Handbuch für Emissionsfaktoren HBEFA Version 2.1 (2004)

Für die Belastungsschwerpunkte wurde eine Überschreitung des zulässigen Grenzwertes für NO₂ auch im Jahr 2010 prognostiziert. Im Rahmen der Erstellung des Luftreinhalteplanes (LRP) für die Stadt Rostock wurde daraufhin ein Maßnahmenkatalog zur Minimierung der Stickstoffdioxidbelastung erarbeitet. Prognoseberechnungen für das Jahr 2010 unter Berücksichtigung dieser Maßnahmen (M1 - M4 und M7) zeigten NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³. Die Messungen 2007 bis 2009 ($\geq 50 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$) und die Einführung des HBEFA3.1 (2010) legen nahe, dass die Prognosen den Jahresmittelwert unterschätzt haben.

Aus diesem Grund soll eine Neuberechnung der Prognose 2010 (jetzt: Analyse 2010) des LRP unter Berücksichtigung des HBEFA3.1 sowie eine Neubewertung des Potenzials der bisher umgesetzten und noch umzusetzenden Minderungsmaßnahmen erfolgen.

Diese wird hiermit vorgelegt.

1.2 Vorgehensweise

Für Rostock wurden in unserem Büro die Luftschadstoffuntersuchungen zum vorliegenden Luftreinhalteplan (LRP) durchgeführt (Lohmeyer, 2007a und 2007b).

Für Aussagen im Bereich der bisher ermittelten Grenzwertüberschreitung (Am Strande/ Grubenstraße) ist es nicht notwendig, dass gesamte Rostocker Stadtnetz in die Berechnungen einzubeziehen. Analog unserer Vorgehensweise für die Belastungsschwerpunkte in den Untersuchungen für den LRP Rostock werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berück-

sichtigung der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren.

Auf der Grundlage der Verkehrsmengen auf den zu betrachtenden Straßen wurden für das Bezugsjahr 2010 (zum Vergleich auch für das Jahr 2009) und 2015 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) wurden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) berechnet.

Die Emissionen dienen als Grundlage für die Ermittlung der Immissionen. Die notwendigen Daten zur Meteorologie und Hintergrundbelastung wurden durch Auswertung von Messdaten erstellt bzw. abgeleitet.

Die Neuberechnung der Immissionssituation erfolgt unter zusätzlicher Berücksichtigung von NO_2 (Direktemissionen) auf Basis aktueller Verkehrsdaten für die Analyse 2010 bzw. Prognose 2025 sowie unter Verwendung neuer Erkenntnisse und Verfahren zur Emissionsberechnung (HBEFA3.1) sowie zur NO/NO_2 -Konversion (mit vereinfachtem Chemiemodell).

Aus den Untersuchungen im Rahmen des LRP Rostock (Lohmeyer, 2007a und Lohmeyer, 2007b) liegen Berechnungen für andere Luftschadstoffquellen (Genehmigungsbedürftige Anlagen, Schiffe) im Untersuchungsgebiet vor. Anhand dieser Informationen wird der Einfluss dieser Quellen auf die Luftschadstoffsituation abgeschätzt.

Die Projektbearbeitung erfolgte federführend durch das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & CO. KG Karlsruhe/Radebeul mit dem Schwerpunkt lufthygienische Berechnungen und Betrachtungen. Die Themen Verkehr (Verkehrszahlen), Maßnahmenkonzeption und -bewertung wurden durch das Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger, Stadt-Verkehr-Umwelt, Dresden durchgeführt.

2 EINGANGSDATEN

2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Hansestadt Rostock ist die größte Stadt in Mecklenburg-Vorpommern. Sie zählt ca. 201 500 Einwohner.

Abb. 2.1 zeigt die Umgebung des Belastungsschwerpunktes Am Strande / Grubenstraße einschließlich der Lage der Hauptverkehrsstraßen sowie die bei der Berechnung berücksichtigten Gebäude.

2.2 Maßnahmenkatalog

Bezüglich der NO₂-Belastung wurde der Straßenverkehr (L 22) als Hauptverursacher erkannt. Im Rahmen der Erstellung des Luftreinhalteplanes (LRP) für die Stadt Rostock wurde daraufhin ein Maßnahmenkatalog zur Minimierung der Stickstoffdioxidbelastung erarbeitet. Der Luftreinhalteplan enthält 12 Maßnahmen (siehe **Tab. 2.1** und **Tab. 2.2**), die vorzugsweise am lokalen Straßenverkehr ausgerichtet sind. Hierbei wurde nach kurzfristigen (Abschnitt 2.2.1) und mittelfristigen (Abschnitt 2.2.2) Maßnahmen unterschieden.




2.2.1 Bisher (kurzfristig) umgesetzte Maßnahmen


Um die kraftfahrzeugbedingten NO₂-Emissionen und damit die NO₂-Belastungen an den Belastungsschwerpunkten zu reduzieren, wurde im Juli 2009 die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf der L 22 von 60 km/h auf 50 km/h herabgesetzt (Maßnahme M1). Durch häufige Geschwindigkeitsüberwachung (M4, in 2010: 87 mal an der L 22; in 2011 erste ortsfeste Überwachung geplant) soll sichergestellt werden, dass das Geschwindigkeitslimit von 50 km/h auf der L 22 auch eingehalten wird. Die Koordinierung und Optimierung der Lichtsignalanlagen (LSA, M2 - M3) soll eine Verflüssigung bzw. Verstetigung des Verkehrs bewirken und wurde nach Angaben der Stadt bis Ende 2009 umgesetzt. Ebenso wurden die Maßnahmen M9 und M10 (Öffentlichkeitsarbeit zum LRP) in 2009 realisiert.



Lageplan

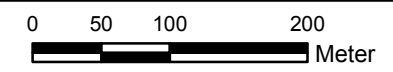
sowie Lage der
berücksichtigten Gebäude

-  Messstelle Am Strande
-  berücksichtigte Straßen
-  berücksichtigte Gebäude

Auftragnehmer: Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg - Vorpommern

Notifizierung LRP Hansestadt Rostock



	Datum	Zeichen
gezeichnet	15.06.11	VS
geprüft	15.06.11	DB
Projekt	70743-11-01	

Abb. 2.1

M1	Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf der L 22 von 60 auf 50 km/h
M2	Änderung der Lichtsignalanlagen-Koordinierung auf Tempo 50 km/h
M3	Optimierung der LSA-Phasenabläufe
M4	Intensivierung der Geschwindigkeitsüberwachung durch mobile Messungen und Einsatz fester Überwachungsanlagen zur Sicherstellung der Einhaltung der max. zulässigen Fahrgeschwindigkeit
M9	Öffentlichkeitsarbeit zum Luftreinhalteplan (Faltblatt),
M10	Öffentlichkeitsarbeit zum Luftreinhalteplan (Verkehrshinweise durch Beschilderung)

Tab. 2.1: Bis 2010 umgesetzte Maßnahmen des LRP der Hansestadt Rostock

2.2.2 Weitere (mittelfristige) Maßnahmen

Die Maßnahmen M5 und M6 (vgl. **Tab. 2.2**) sollen durch eine gezielte Lenkung der Verkehrsströme sowie durch eine Optimierung der Verkehrsführung den Durchgangsverkehr reduzieren und die L 22 entlasten. In der veröffentlichten Übersicht über die wesentlichen Maßnahmen des LRP für die Hansestadt Rostock (LUNG, o.J.) wird die Maßnahme M7 (dynamisches Verkehrsmanagementsystem) durch eine verbesserte Steuerung der Verkehrsflüsse auf den Hauptstraßen im Stadtgebiet beschrieben. Querungsmöglichkeiten für Fußgänger sollen so gestaltet werden, dass sie eine Grüne Welle nicht behindern (M8).

Die optionalen Maßnahmen M11 und M12 sollen dann zur Anwendung kommen, wenn die festgelegten Immissionsgrenzwerte trotz Umsetzung der Maßnahmen M1 bis M8 nicht eingehalten werden können.

M5	Optimierung von Kfz-Führungskonzepten
M6	Steigerung der Attraktivität des Warnowtunnels
M7	Ausbau des dynamischen Verkehrsmanagementsystems
M8	Schaffung integrierter Fußgängeranforderungsampeln bzw. Bau von Fußgängerbrücken im Bereich des Stadthafens
M11	Option: Reduzierung des Durchgangsverkehrs auf der L22
M12	Option: Einführung einer Umweltzone

Tab. 2.2: Weitere Maßnahmen des LRP der Hansestadt Rostock

2.3 Verkehr

2.3.1 Verkehrsdaten

Das zu berücksichtigende Straßennetz wurde für die vorangegangenen Untersuchungen von der Stadt Rostock digital zur Verfügung gestellt. Für die Ableitung der Verkehrszahlen für die Analyse 2010 standen Daten der automatisierten Zählstation L 22 Fischerbastion sowie weitere Verkehrsdaten des Tief- und Hafenbauamtes Rostock (THBA, 2011a und b) zur Verfügung. Diese Daten wurden durch das Planungsbüro Dr. Hunger (SVU, 2011a) ausgewertet und aufbereitet. Da wegen Baumaßnahmen im Zuge der L 22 (Am Strande zwischen Grubenstraße und Wokrenterstraße ab 20.09.2010; Vorpommernbrücke April - November 2010) die Zählwerte der Zählstation L 22 Fischerbastion für das Jahr 2010 nicht repräsentativ sind, wurden die Werte des Jahres 2009 als Ausgangsbasis verwendet.

Die Maßnahmen M1 bis M3 (siehe Abschnitt 2.2) sind bis Ende 2009 von der Hansestadt Rostock realisiert worden und wirken sich jedoch in erster Linie auf den Verkehrsfluss aus. Wesentliche Veränderungen in der Verkehrsnetzstruktur bzw. mit Einfluss auf das Verkehrsaufkommen sind nicht erfolgt, so dass die Verkehrszahlen aus dem Jahr 2009 als repräsentativ für 2010 (ohne Baumaßnahmen) eingeschätzt werden können.

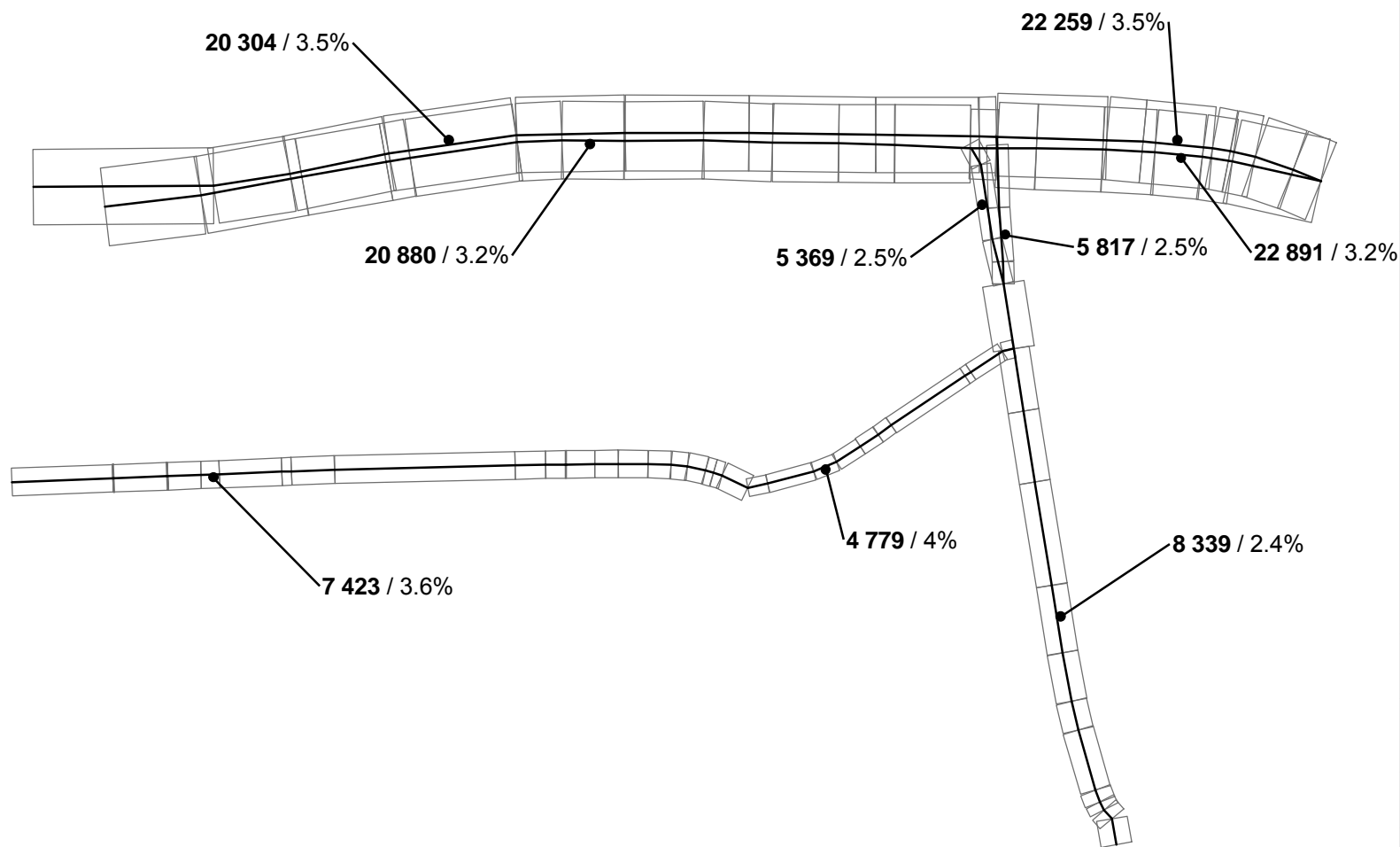
Die **Abb. 2.2** zeigt die Verkehrsbelastung für die Analyse 2010. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um durchschnittliche tägliche Verkehrsaufkommen bezogen auf die Gesamtwoche (DTV_{Mo-So}). Die Schwerverkehrsanteile beinhalten alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von $>3,5$ t. Grundsätzlich wurden alle Straßen mit $DTV > 5.000$ Kfz/24h in den Emissionsberechnungen berücksichtigt.

Die Prognoseberechnungen sollten für das Bezugsjahr 2015 durchgeführt werden. Es lag allerdings keine Verkehrsprognose für das Jahr 2015 vor. Die Verkehrsprognose 2020 der Hansestadt Rostock zeigt aber kaum Veränderungen der Verkehrsmengen im Vergleich zum Analysefall 2010. Lediglich östlich vom KP Grubenstraße/Am Strande wird mit einer Steigerung der Verkehrsmengen auf der L 22 um ca. 0,5 % pro Jahr gerechnet (**Tab. 2.3**). Dies wird hier ebenfalls angesetzt. Für die SV-Anteile sowie die übrigen berücksichtigten Straßenabschnitte (vgl. **Abb. 2.2**) werden unverändert die Verkehrszahlen der Analyse 2010 für die Berechnung der Prognose 2015 zu Grunde gelegt.

Verkehrsstärke

Analyse 2010

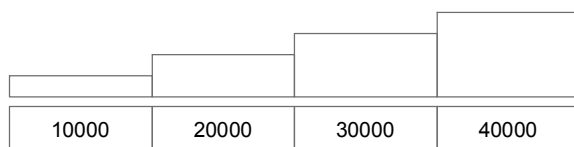
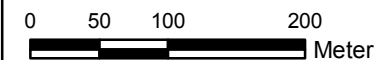
Durchschnittliche Verkehrsstärke
DTV_{Mo-So} in KFZ pro Tag
und SV-Anteil >3.5 t in Prozent



Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
 Landesamt für Umwelt, Naturschutz
 und Geologie Mecklenburg - Vorpommern

Notifizierung LRP Hansestadt Rostock



	Datum	Zeichen
gezeichnet	10.06.11	VS
geprüft	10.06.11	DB
Projekt	70743-11-01	

Abb. 2.2

Straßenabschnitt	Analyse 2010		Prognose 2015	
	DTV _{Mo-So} [Kfz/24h]	SV [%]	DTV _{Mo-So} [Kfz/24h]	SV [%]
L 22 westlich vom KP mit Grubenstraße	41 184	3.4	41 184	3.4
Fahrtrichtung Osten	20 880	3.2	20 880	3.2
Fahrtrichtung Westen	20 304	3.5	20 304	3.5
L 22 östlich vom KP mit Grubenstraße	45 150	3.4	46 290	3.4
Fahrtrichtung Osten	22 891	3.2	23 469	3.2
Fahrtrichtung Westen	22 259	3.5	22 821	3.5

Tab. 2.3: Verkehrsstärke (DTV_{Mo-So} in Kfz pro Tag und SV-Anteil >3.5 t in Prozent) für die L 22 im Untersuchungsgebiet für die Analyse 2010 und Prognose 2015

2.3.2 Verkehrssituationen

Mit der Zuweisung von Verkehrssituationen zu den einzelnen Streckenabschnitten werden im Rahmen der Schadstoffimmissionsmodellierung die im Straßennetz existierenden Verkehrsabläufe und Behinderungen vereinfacht abgebildet.

Die Verkehrssituationen wurden für HBEFA3.1 (UBA, 2010) gegenüber HBEFA2.1 (UBA, 2004) völlig überarbeitet und neu systematisiert. Nunmehr werden die Verkehrssituationen anhand der folgenden Parameter bestimmt: Gebietstyp (ländlicher/städtischer Raum); funktionaler Straßentyp; Tempolimit und vier Verkehrszustände (sog. LOS; levels of service).

Die Verkehrszustände wurden hierbei entsprechend der Charakterisierung aus HBEFA3.1 in **Tab. 2.4** auf Grundlage der Verkehrsmenge und Straßenkapazität sowie u. a. unter Berücksichtigung von Abschnitten mit LSA-Koordinierung für die einzelnen Straßennetzelemente zugewiesen.

Für den Knotenpunkt Am Strande / Grubenstraße wurde als Grundlage für die Festlegung der Verkehrssituation zusätzlich eine Vor-Ort-Abschätzung des Verkehrsflusses (SVU, 2011b) vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dass im Zuge der L 22 am o. g. Knotenpunkt derzeit in beiden Richtungen ca. 20 % der täglich verkehrenden Fahrzeuge an der Lichtsignalanlage zum Stehen kommen, weil sie entweder erst am vorhergehenden Knotenpunkt zuge-

Straßentyp	Beschreibung	Kürzel
Autobahn	Autobahn, mind. 2x2 Spuren, nach Neigung unterschieden	AB
Stadt-Autobahn	Autobahn, Schnellstraße/Straße mit hoher Kapazität, Schnellstraße/bedeutende Zubringerstraße/Ringstraße, mind. 2x2 Spuren, immer nach Neigung unterschieden	ABS
Semi-Autobahn	unterschiedliche Anzahl von Spuren (Schweden, ländliche Gebiete)	SemiAB
Fern-, Bundesstraße	nach Neigung unterschieden, mind. 2x1 Spuren, Tempolimits 80-100 km/h (vor allem für regionale Verkehre)	Fern
Städt. Magistrale / Ringstr.	Schnellstraße/Straße mit hoher Kapazität, Schnellstraße/bedeutende Zubringerstraße/Hauptstraße (keine Autobahn), mind. 2x1 Spuren, könnte nach Neigung unterschieden werden (vor allem für regionale Verkehre)	FernC
Hauptverkehrsstraße	Straße mit mittlerer Kapazität, unbedeutende Zubringerstraße/Verteilerstraße/Bezirk- bzw. Stadtteilverbinder, mind. 2x1 oder 1x2 Spuren	HVS
Hauptverkehrsstraße, kurvig	dasselbe wie Hauptverkehrsstraße nur kurvenreich	HVSk.
Sammelstraße	Verbindung zwischen Dörfern, Zugang zu bzw. von Stadtteilverteilerstraßen <=2x1 Spuren	Sam
Sammelstraße, kurvig	dasselbe wie Sammelstraße nur kurvenreich	Samk
Erschließungsstraße	Straße im Siedlungsgebiet, überwiegend Vorfahrtsstraße, <= 2x1 Spuren	NS
Verkehrszustand (LOS-Level of Service)		Kürzel
flüssig	freie Fließbedingungen, niedriger und beständiger Verkehrsfluss. Konstante und relativ hohe Geschwindigkeit. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 90-120 km/h auf Autobahn, 45-60 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h. LOS A-B .	f
dicht	Freie Fließbedingungen mit starkem Verkehr, einigermaßen konstante Geschwindigkeit. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 70-90 km/h auf Autobahnen, 30-45 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50km/h. LOS C-D .	d
gesättigt	unstetiger Fluss, gesättigter Verkehr. Schwankende mittlere Geschwindigkeiten mit möglichen Stopps. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 30-70 km/h auf Autobahnen, 15-30 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h. LOS E .	g
Stop+go	Stop and Go. Stark verstopfter Verkehr, Stop and Go oder Verkehrstillstand. Schwankende und niedrige Geschwindigkeiten und Stopps. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 5-30 km/h auf Autobahnen, 5-15 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h.	s

Tab. 2.4: Charakterisierung der Verkehrszustände gemäß HBEFA3.1

fahren sind (unkoordinierter Verkehrsstrom aus der Nebenrichtung) oder am Knotenpunkt Am Strande/Grubenstraße abbiegen (zeitversetzte Grünphase). Zusätzlich wurde berücksichtigt, dass die „Grüne Welle“ im Zuge der L 22 in der Schwachverkehrszeit (etwa 20.30 bis 5.00 Uhr) in stadteinwärtiger Richtung am Knotenpunkt mit der Grubenstraße gebrochen wird. Die verbleibenden ca. 80 % des täglichen Verkehrsaufkommens im Zuge der L 22 passieren den Knotenpunkt Am Strande/Grubenstraße jedoch weitestgehend unbehindert im Zuge der „Grüne Welle“.

2.3.3 Fahrzeugflottenzusammensetzung

Neben dem Verkehrsaufkommen sind die Anteile der verschiedenen Schadstoffklassen der Fahrzeugflotte eine wichtige Eingangsgröße für die Immissionsberechnungen. Als wesentliche Grundlage werden hierbei i. d. R. die Vorgaben des Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA) genutzt. Diese beinhalten jedoch lediglich einen bundesdeutschen Flottendurchschnitt und bilden spezielle lokale Besonderheiten nicht ab.

Auf Grundlage von (frei verfügbaren) Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) ist eine Differenzierung des Pkw-Bestand nach Kraftstoffarten für jedes Bundesland und Bezugsjahr möglich. Die Anteile von Pkw mit Diesel- bzw. Benzinantrieb für Mecklenburg-Vorpommern können zur regionalen Anpassung der (bundesdeutschen Durchschnitts-) Flotte des HBEFA herangezogen werden. Es ist davon auszugehen, dass die Differenzen zwischen der tatsächlichen Flottenstruktur und dem verwendeten Modellansatz geringer als bei Verwendung der bundesdeutschen Standardflotte entsprechend HBEFA sind.

Im Vergleich zwischen der für Mecklenburg-Vorpommern spezifischen und der mittleren bundesdeutschen Fahrzeugflotte (siehe **Abb. 2.3**) zeigt sich, dass im PKW-Bereich der Anteil der Dieselfahrzeuge deutlich geringer ist.

Das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) bietet keine Prognosen hinsichtlich der Entwicklung der Anteile der PKW-Antriebsarten an. Für 2015 wurde deshalb die oben beschriebene für Mecklenburg-Vorpommern angepasste Flotte mittels HBEFA3.1 auf 2015 fortgeschrieben.

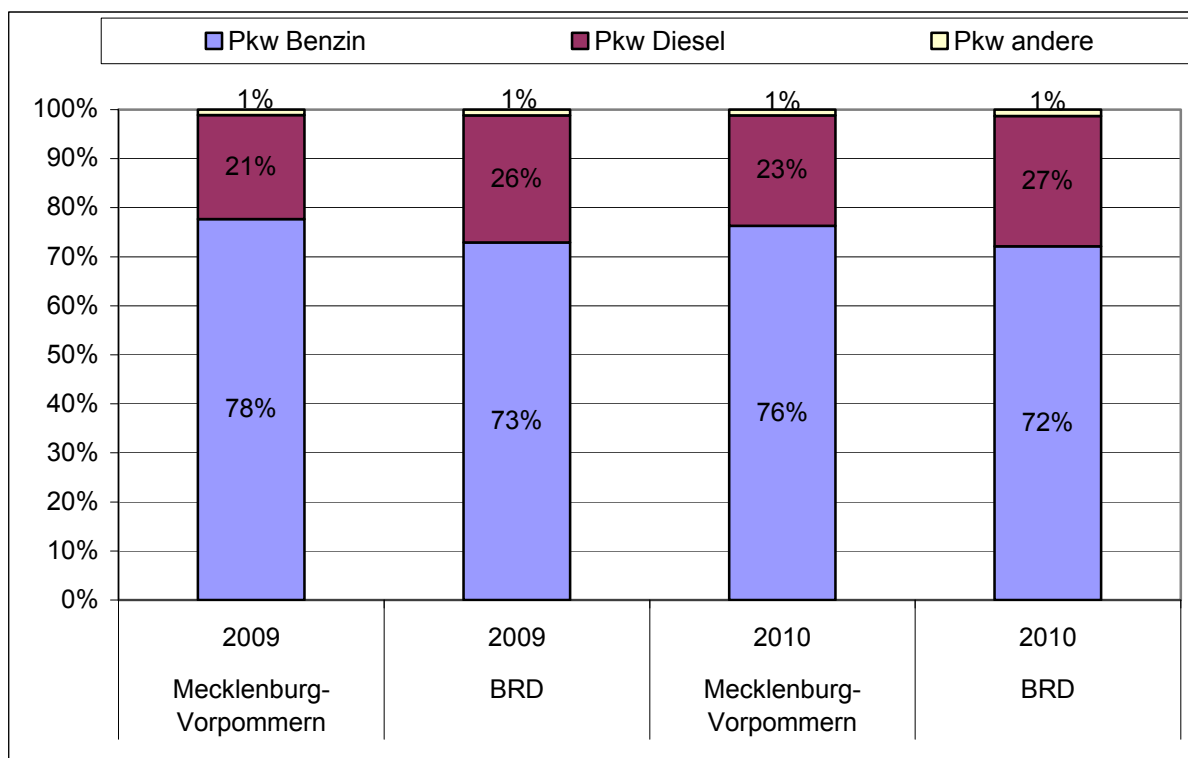


Abb. 2.3: Vergleich Anteile Pkw-Bestand nach Kraftstoffarten Mecklenburg-Vorpommern – Bundesdeutscher Durchschnitt. Quelle: KBA (2011)

2.4 Weitere Emissionsquellen

Aus den Untersuchungen im Rahmen des LRP Rostock (Lohmeyer, 2007a und Lohmeyer, 2007b) liegen Berechnungen für andere Luftschadstoffquellen (Genehmigungsbedürftige Anlagen, Schiffe) im Untersuchungsgebiet vor. Anhand dieser Informationen wird der Einfluss der Quellen auf die Luftschadstoffsituation abgeleitet. Eine Neuberechnung erfolgte auftragsgemäß nicht.

An der Verkehrsstation Am Strande ergaben sich bei den Prognoseberechnungen 2010 (Lohmeyer, 2007b) für die dort explizit berücksichtigten Emittenten Schiffsverkehr und Industrie geringe NO_x -Anteile an der Gesamtbelastung von ca. 1 % bis 2 %. Absolut wurden NO_x -Zusatzbelastungen aus den beiden genannten Quellen von ca. 1 bis 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet (**Tab. 2.5**). Ebenso wurde der verkehrsbedingte Beitrag aus dem Rostocker Straßennetz (nicht lokaler Verkehr) für die Prognose 2010 berechnet und mit ca. 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeschätzt.

	NO _x [µg/m ³]
Schiffe	1.2
Industrie	2.2
Städt. Verkehr	7.0

Tab. 2.5: Berechnete NO_x-Immissionsanteile der Emissionengruppen Industrie (genehmigungsbedürftige Anlagen), Schiffsverkehr und städtischer Verkehr an der Station Am Strande für 2010. Aus Lohmeyer, 2007b.

2.5 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft

2.5.1 Allgemeines

Die Immissionen eines Schadstoffes an einem Straßenquerschnitt beinhalten neben den lokalen Emissionen des Straßenverkehrs (straßenverkehrsbedingte Zusatzbelastung) auch großräumig vorhandene Hintergrundbelastungen. Diese setzen sich aus der Überlagerung von Emissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachteten Nebenstraßenverkehren und entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen zusammen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Industrie und ohne Verkehr (auf den explizit in die Untersuchungen einbezogenen Straßen bzw. Schiffe) vorliegen würde.

2.5.2 Ergebnisse der Luftschadstoffmessungen

Bereits über viele Jahre werden vom LUNG M-V in Rostock Immissionsmessungen Am Strande und am Holbeinplatz (straßenverkehrsbedingte Belastungsschwerpunkte) sowie in Warnemünde (städtischer Hintergrund) durchgeführt. Hinsichtlich der Einschätzung der großräumigen Hintergrundbelastung kann die Messstelle Stuthof genutzt werden.

Für Rostock und Umgebung liegen die in der **Tab. 2.6** bzw. **Abb. 2.4** aufgeführten Immissionsmesswerte vor.

Station	Rostock - Am Strande	Rostock-Holbeinplatz		Güstrow	Rostock-Warnemünde		Rostock-Stuthof		Löcknitz
Charakter der Station	Verkehrsstation	Verkehrsstation		städtischer Hintergrund	städtischer Hintergrund		ländlicher Hintergrund		ländlicher Hintergrund
Schadstoff	NO ₂	NO ₂	O ₃	NO ₂	NO ₂	O ₃	NO ₂ /NO _x	O ₃	NO ₂ /NO _x
2005	-	22	-	13	-	-	13 / 18	-	9 / 13
2006	50	25	-	12	17	53	17 / 21	44	9 / 11
2007	50	23	-	11	15	49	14 / 18	49	8 / 9
2008	53	(38)	(31)	13	15	50	15 / 19	46	9 / 10
2009	53	36	31	11	16	47	14 / 17	48	8 / 10
2010	44	32	35	-	15	54	14 / 17	53	-

Tab. 2.6: Jahreskenngößen der NO₂/NO_x- und O₃-Belastung an verschiedenen Messstationen in Rostock und Umgebung in µg/m³, I1 = Jahresmittelwert. Wert in Klammern = Datenverfügbarkeit gering

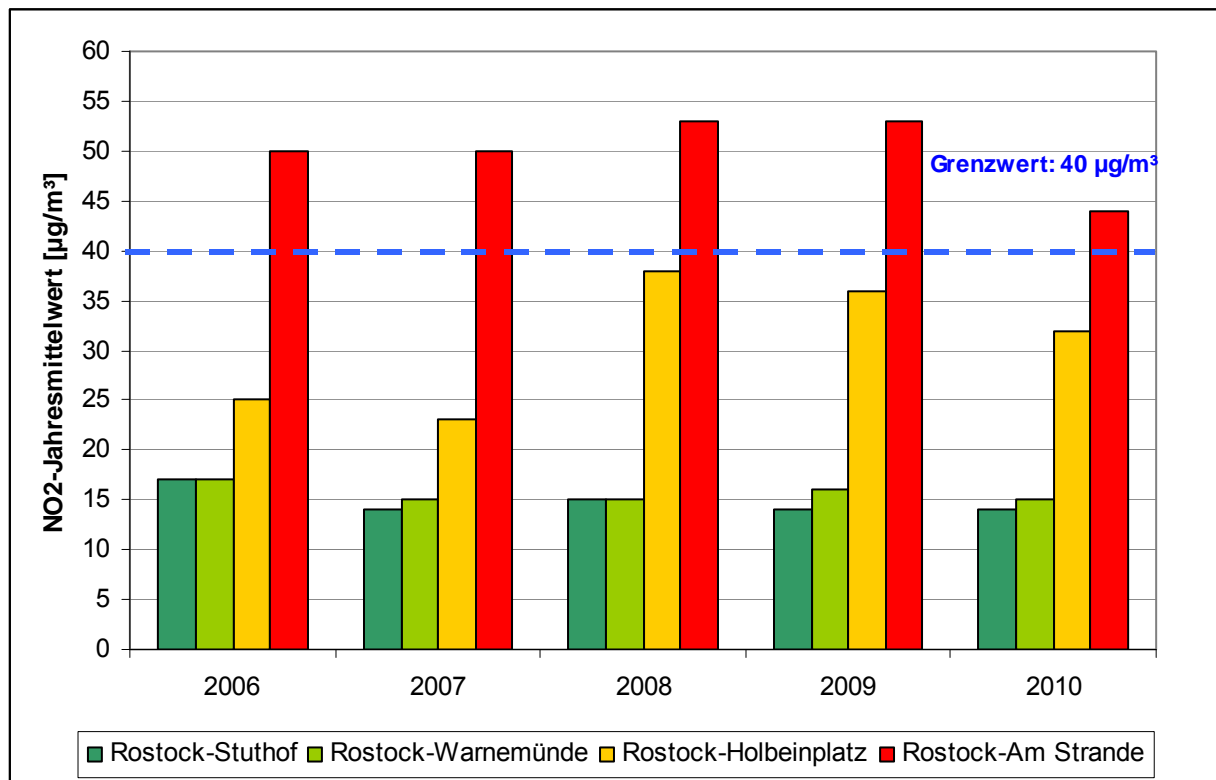


Abb. 2.4: NO₂-Immissionsmessdaten (Jahresmittelwert) ausgewählter Stationen

Im Vergleich der verschiedenen Messstandorte hinsichtlich der NO₂-Konzentrationen wird deutlich, dass der Anteil der lokalen verkehrsbedingten Emissionen hoch ist. Die Differenzen zwischen verkehrsnahen Messstellen (Am Strande, Holbeinplatz) und den Hintergrundmessstationen sind sehr deutlich.

Am Strande wurde seit Messbeginn im Jahr 2006 der seit 2010 einzuhaltende NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³ jeweils überschritten. In 2010 wurde dort wegen baustellenbedingter Verkehrseinschränkungen (siehe Abschnitt 2.3.1) ein deutlich geringerer NO₂-Jahresmittelwert gemessen, der mit 44 µg/m³ allerdings immer noch über dem Jahresmittelgrenzwert liegt.

Die regionale NO₂-Hintergrundbelastung lag in den letzten Jahren zwischen 8 und 17 µg/m³.

2.5.3 Hintergrundbelastung 2010

Für die Analyse 2010 wurden die Werte der Hintergrundstation Rostock-Stuthof im Bezugsjahr 2010 zu Grunde gelegt, welche mit abgeleiteten Immissionsbeiträgen aus Schiffsverkehr und Industrie (siehe Abschnitt 2.4) überlagert worden (**Tab. 2.7**). Durch die Berücksichtigung des umgebenden Hauptstraßennetzes in der Ausbreitungsrechnung wird der relevante Anteil aus dem (umliegenden) städtischen Verkehr in den Ausbreitungsberechnungen mit erfasst und muss somit nicht separat in der Hintergrundbelastung berücksichtigt werden.

	NO _x in µg/m ³
Schiffe	1.2
Industrie	2.2
Regionale Hintergrundbelastung	17.0
Hintergrundbelastung	20.4

Tab. 2.7: Verwendete NO_x-Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet Rostock - Am Strande für das Bezugsjahr 2010

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o. a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Das Absinken der Hintergrundbelastung kann im Einzelfall aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen vom Mittel abweichen. Für das zu

betrachtende Prognosejahr 2015 zeigen Abschätzungen (MLuS 02, 2005) bezogen auf die Situation 2010 Reduktionen der Immissionen für NO₂ um ca. 4 %. Im Rahmen der MLuS-Aktualisierung wurden neue Reduktionsfaktoren festgelegt (Lohmeyer, 2011). Sie sind vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) und UBA bestätigt und zeigen Reduktionen der Immissionen für NO₂ um ca. 12 %. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktionen für das Prognosejahr 2015 verzichtet, da die Messwerte von NO₂ an den Hintergrundmessstellen keinen deutlich abnehmenden Trend aufweisen.

2.6 Meteorologische Daten

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

Analog der vorangegangenen Untersuchungen (Lohmeyer, 2007a und 2007b) werden die Daten der DWD-Station Groß Lüsewitz verwendet, die in **Abb. 2.5** dargestellt sind. Die Windmessung erfolgt dort in 18 m Höhe. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Nordwest bis Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 4.1 m/s.

Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen. Die Landnutzungsunterschiede zwischen der Messstation in Groß Lüsewitz und dem Gutachtenstandort im Rostocker Stadtgebiet wirken sich auf die Windgeschwindigkeit aus. Aufgrund der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet durch die Bebauungsstrukturen im Vergleich zum Messstandort wurde die effektive Anemometerhöhe gemäß DWD (2005) auf 33 m erhöht. Damit wird eine Reduktion der mittleren Windgeschwindigkeit bewirkt.

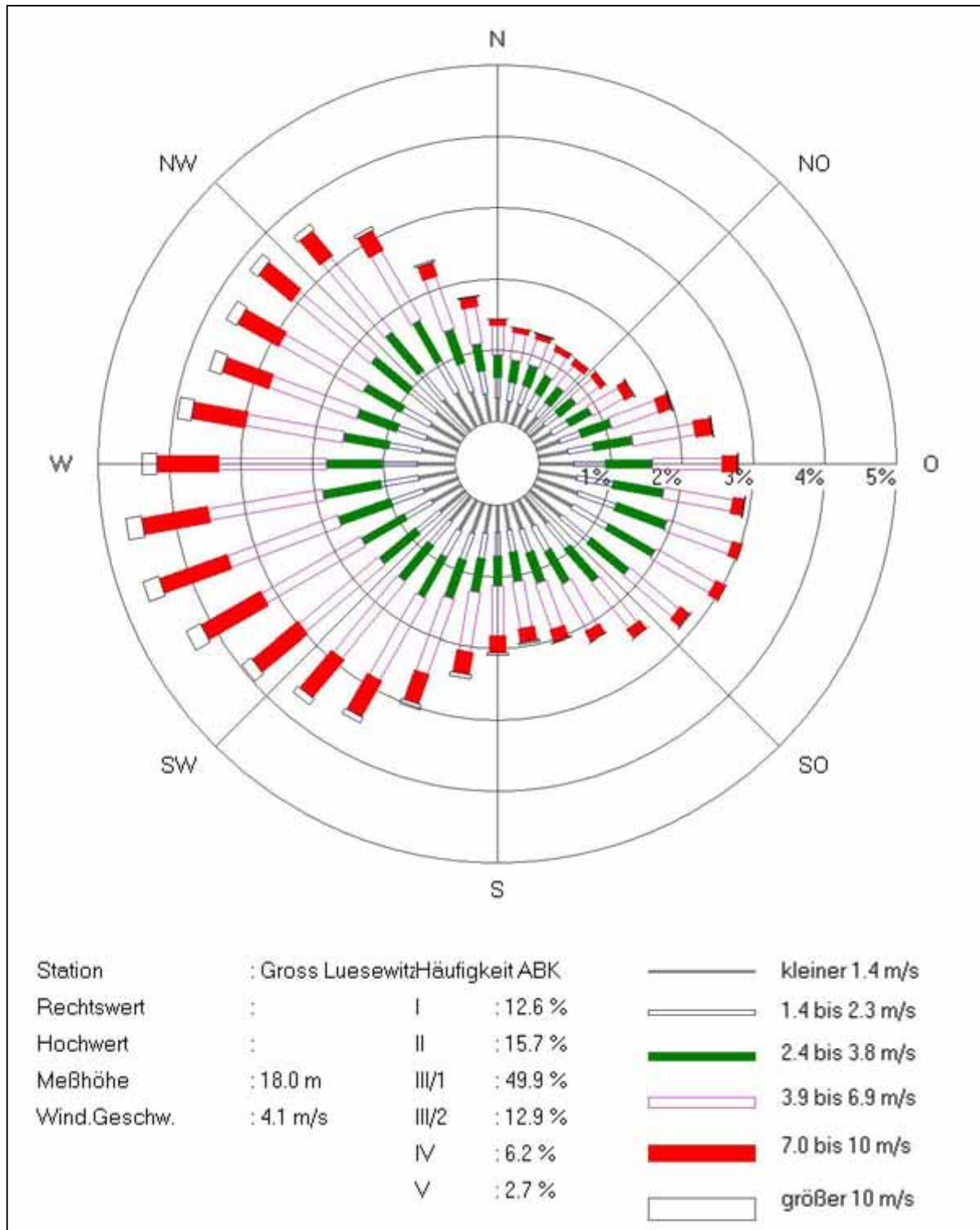


Abb. 2.5: Für die Ausbreitungsberechnungen verwendete Windrichtungs- und Geschwindigkeitsverteilung des DWD an der Station Groß Lüsewitz

3 ZUSAMMENFASSUNG DER BEURTEILUNGSWERTE

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die untersuchten 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)

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

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

4 EMISSIONEN

4.1 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 Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) erreicht. NO₂ wird im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, SO₂, CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer, deshalb werden sie hier nicht betrachtet.

4.2 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 leichten Nutzfahrzeuge (INfz) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

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, LKW und Linienbusse im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt die 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 Fahrzeugflotte innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2010) entnommen und bezüglich der Anteile von Pkw mit Diesel- bzw. Benzinantrieb an die KBA-Statistik für Mecklenburg-Vorpommern angepasst (siehe Abschnitt 2.3.3). Im HBEFA ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW bzw. LNF wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in der Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-HVS50d:	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50s:	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau
T30_IOS-Sam50:	Städtische Sammelstraße, Tempolimit 30 km/h
T30_IOS-Sam50d:	Städtische Sammelstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
T30_IOS-Sam50s:	Städtische Sammelstraße, Tempolimit 30 km/h, Stau

Auf Grundlage der o. a. Datenbasis werden zur Berechnung der NO_x-Emissionen die in der **Tab. 4.1** (Analyse 2010) bzw. **Tab. 4.2** (Prognose 2015) aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [mg/km]			
Verkehrssituation	Längsneigung	NO _x		NO ₂	
		LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50d	±0 %	558	6222	91	610
IOS-HVS50s	±0 %	794	12128	133	1149
T30_IOS-Sam50	±0 %	432	4605	81	588
T30_IOS-Sam50d	±0 %	526	5681	104	703
T30_IOS-Sam50s	±0 %	736	10915	151	1310
und weitere Innerorts-Verkehrssituationen					

Tab. 4.1: Emissionsfaktoren in mg/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2011.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [mg/km]			
Verkehrssituation	Längsneigung	NO _x		NO ₂	
		LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50d	±0 %	371	4447	108	495
IOS-HVS50s	±0 %	558	9305	168	1037
T30_IOS-Sam50	±0 %	276	3148	96	454
T30_IOS-Sam50d	±0 %	348	4074	124	573
T30_IOS-Sam50s	±0 %	514	8375	192	1183
und weitere Innerorts-Verkehrssituationen					

Tab. 4.2: Emissionsfaktoren in mg/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015

4.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

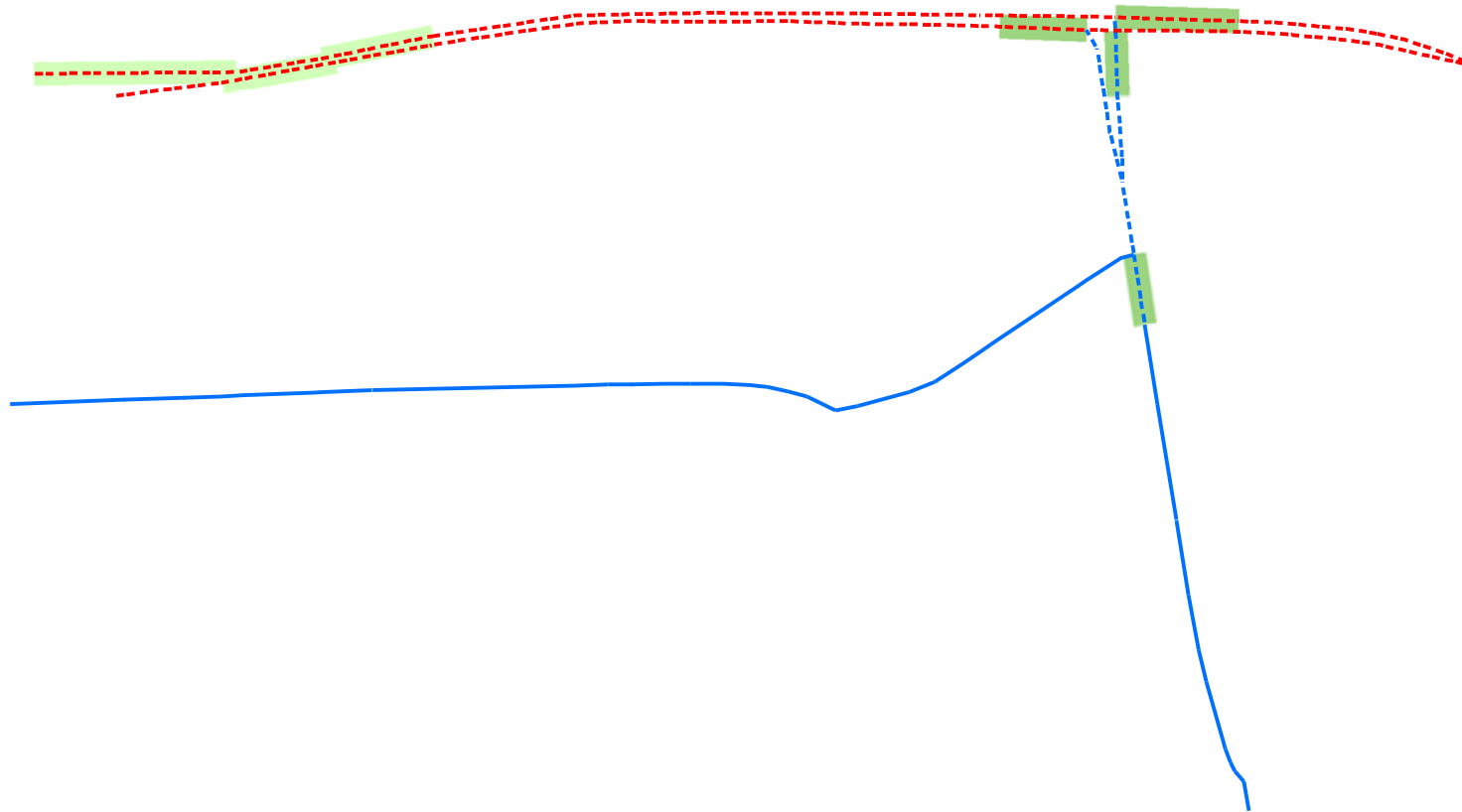
Die Emissionen von NO_x werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Für die Analyse 2010 sind die Verkehrssituationen in **Abb. 4.1** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzen sich aus drei Eigenschaften zusammen: der eigentlichen Verkehrssituation, dem Verkehrszustand (Level-of-Service) und der Längsneigung. Die Ver-

kehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wieder gegeben. Das Muster (durchgezogene Linie, gestrichelt, gepunktet etc.) zeigt den Verkehrszustand und die Strichstärke die Längsneigung an.

Die Verkehrssituationen wurden für die Prognose 2015 im Vergleich zur Analyse 2010 nicht verändert.

Die berechneten verkehrsbedingten Emissionen für das gesamte betrachtete Straßennetz für die Analyse 2010 sind für NO_x in **Abb. 4.2** und für NO_2 -Direktemissionen in **Abb. 4.3** dargestellt.



Verkehrssituation und Längsneigung

Analyse 2010

Verkehrssituation

— IOS-HVS50

— T30_IOS-Sam50

Längsneigung

— ± 0 %

Verkehrszustand

— flüssig

----- dicht

Stop & Go-Anteil

■ 10 %

■ 20 %

Auftragnehmer: Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

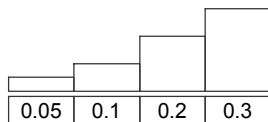
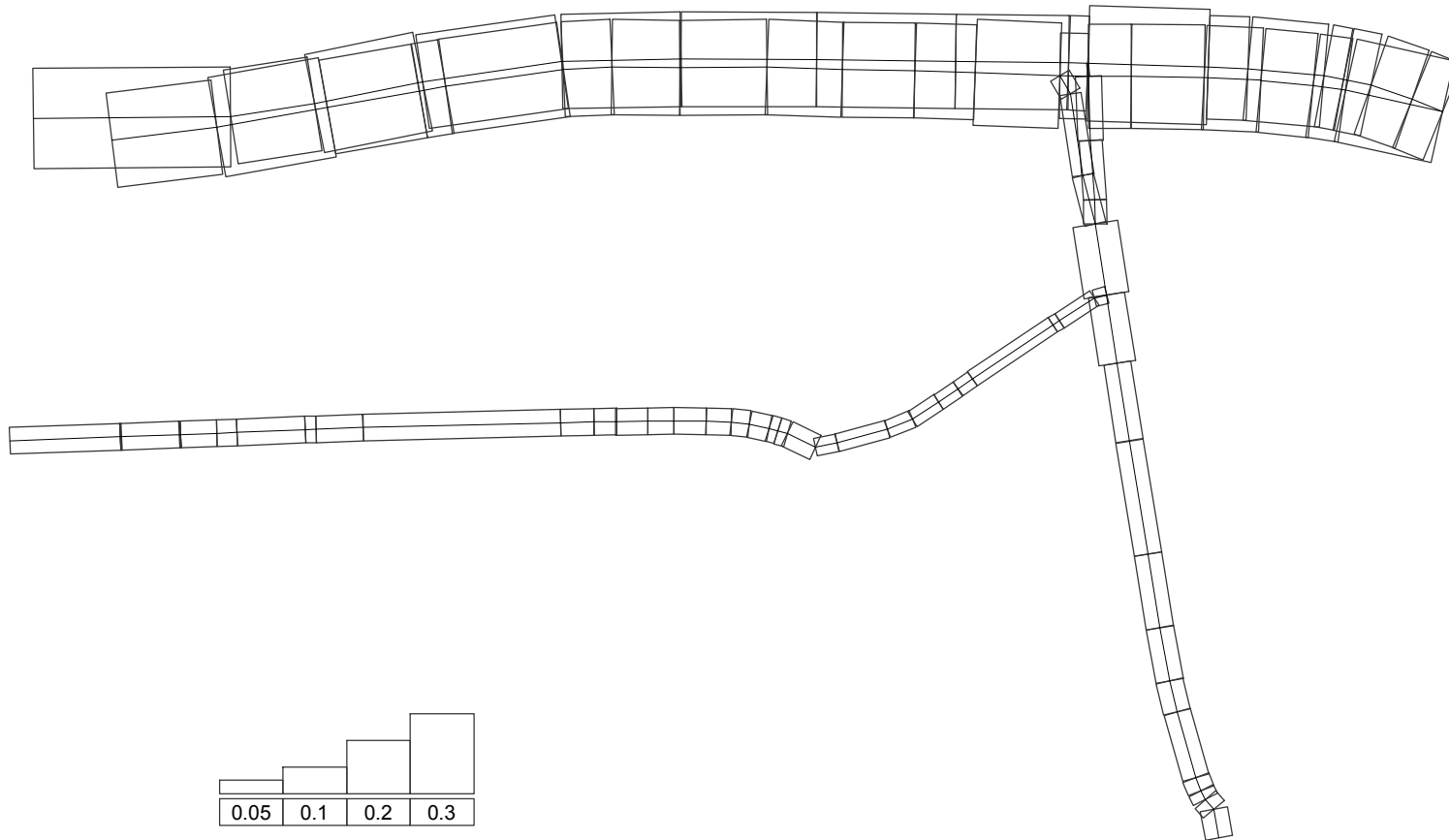
Auftraggeber:
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg - Vorpommern

Notifizierung LRP Hansestadt Rostock

0 50 100 200
Meter

	Datum	Zeichen
gezeichnet	10.06.11	VS
geprüft	10.06.11	DB
Projekt	70743-11-01	

Abb. 4.1



Emission

NO_x

Analyse 2010

— Straßennetz

□ Emission NO_x [mg/(m*s)]

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**



Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

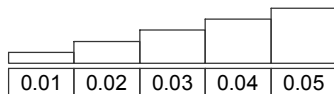
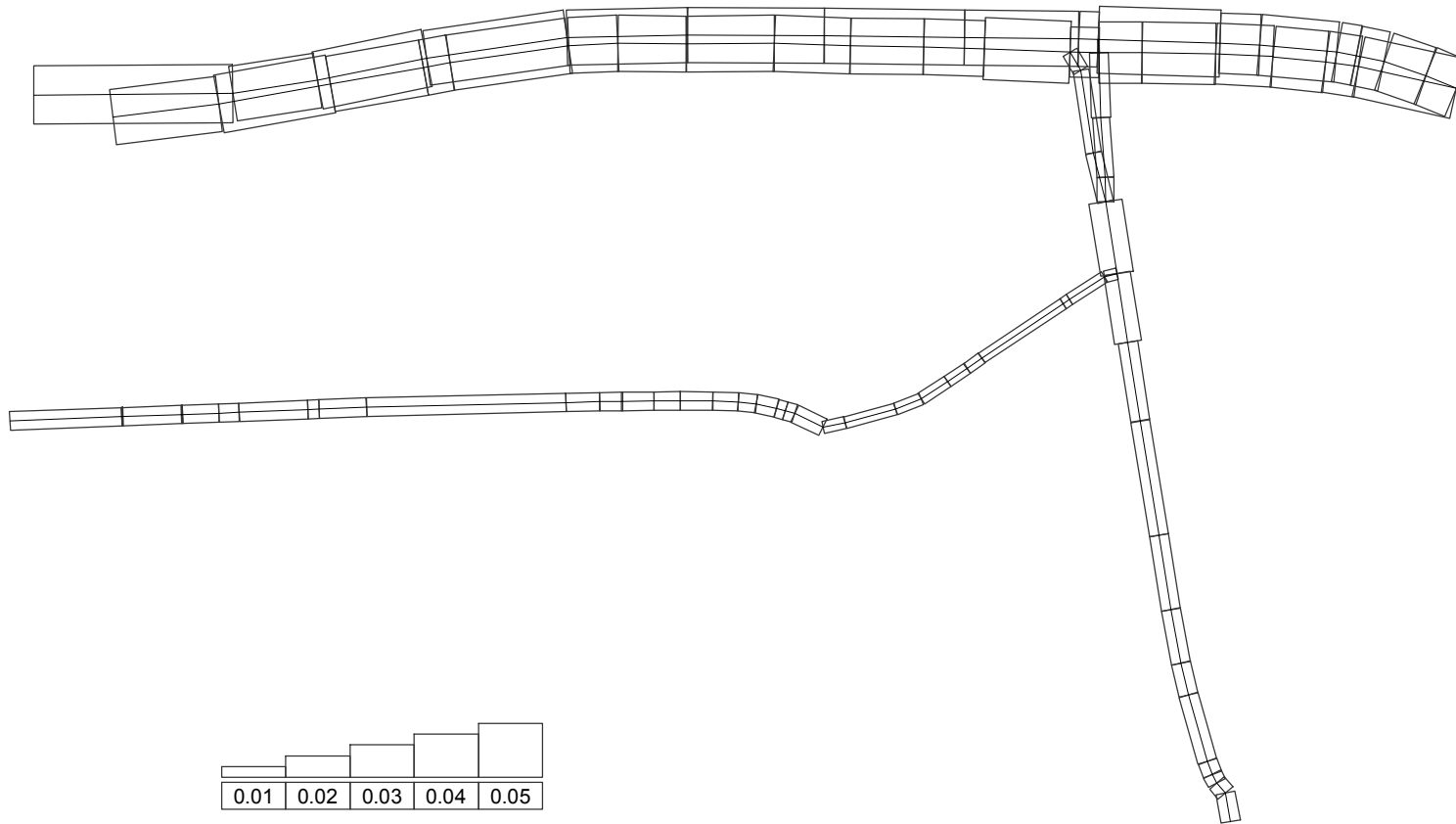
Auftraggeber:
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg - Vorpommern

Notifizierung LRP Hansestadt Rostock

0 50 100 200
Meter

	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.06.11	VS
geprüft	14.06.11	DB
Projekt	70743-11-01	

Abb. 4.2




Emission

NO₂


Analyse 2010

— Straßennetz
□ Emission NO₂ [mg/(m*s)]

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Auftraggeber:
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg - Vorpommern

Notifizierung LRP Hansestadt Rostock

0 50 100 200
 Meter

	Datum	Zeichen
gezeichnet	14.06.11	VS
geprüft	14.06.11	DB
Projekt	70743-11-01	

Abb. 4.3

5 IMMISSIONEN

5.1 Berechnungsverfahren

Analog unserer Vorgehensweise für die Belastungsschwerpunkte in den Untersuchungen für den LRP Rostock werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren. Die Ausbreitungsmodellierungen erfolgten auf den gleichen Rechengittern wie die Berechnungen in Lohmeyer 2007a und 2007b.

Die Berechnung der Immissionen erfolgt unter zusätzlicher Berücksichtigung von NO_2 (Direktemissionen) sowie unter Verwendung neuer Erkenntnisse und Verfahren zur Emissionsberechnung (HBEFA3.1) sowie zur NO/NO_2 -Konversion (mit vereinfachtem Chemiemodell siehe Anhang A3).

5.2 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

5.2.1 Analyse 2010

Es ist zu beachten, dass die für das Jahr 2010 am Strande gemessenen Jahresmittelwerte (siehe Abschnitt 2.5.2) nicht für den Vergleich mit den Modellierungsergebnissen geeignet sind, da es durch verschiedene Baumaßnahmen im Zuge der L 22 ab April 2010 zu Verkehrseinschränkungen kam. Bei der Emissions- bzw. Immissionsmodellierung wurden jedoch Verkehrsdaten zu Grunde gelegt, die keinen Baustelleneinfluss berücksichtigen. Um einen geeigneten Vergleichswert für die Einschätzung der Qualität der Modellierungsergebnisse zu erhalten, wurden folgende Betrachtungen zusätzlich durchgeführt:

- Berechnung des NO_2 -Jahresmittelwertes 2009 (mit Verkehrszahlen wie Analyse 2010 und Emissionen im Bezugsjahr 2009) und Vergleich mit dem NO_2 -Messwert 2009
- gleitender NO_2 -Jahresmittelwert über 12 Monate bis zum Beginn der Baustellenarbeiten (04/09 - 03/10)
- „Anpassung“ des NO_2 -Messwertes 2009 mit dem Ozonwert von 2010 (Erläuterung im folgenden Abschnitt)

Eine flächenhafte Abbildung der MISKAM-Be rechnungsergebnisse für die Analyse 2010 zeigt die **Abb. 5.1**. Die NO₂-Immissionen sind dort in ca. 1.5 m über Straßenniveau dargestellt. Wegen der Windrichtungsverteilung sind an der Südseite der L 22 die Schadstoffkonzentrationen höher als an der Nordseite. Überschreitungen des NO₂-Grenzwertes werden an den südlichen Gebäudefassaden an der L 22 westlich der Grubenstraßen berechnet.

In **Tab. 5.1** sind die an der Messstelle Am Strande berechneten sowie die gemessenen (bzw. aus Messung abgeleiteten) NO₂-Konzentrationen für die Bezugjahre 2010 und 2009 aufgeführt. Relevanten Einfluss auf das quellnahe NO₂/NO_x-Verhältnis hat neben der Stärke der NO_x- und NO₂-Emissionen die Ozonkonzentration der Hintergrundbelastung (siehe Anhang A3). Die Ozonmesswerte lagen 2010 im Vergleich zu 2009 um ca. 10 - 15 % höher (siehe **Tab. 2.5**). Würde man davon ausgehen, dass die NO_x-Belastung im Jahr 2010 ohne die Baustellensituation ähnlich hoch wie der Vorjahreswert 2009 (NO_x-Messwert: 146 µg/m³) gewesen wäre, kann man anhand des im Anhang A3 auf gezeigten vereinfachten Chemie-modells abschätzen, dass durch die höhere Ozonkonzentration in 2010 auch die NO₂-Werte 2010 über denen von 2009 (NO₂-Messwert: 53 µg/m³) gelegen hätten. Die so ermittelte „hochgerechnete“ NO₂-Belastung für 2010 beträgt 57 µg/m³.

MISKAM Rechenwert 2009 [µg/m ³]	MISKAM Rechenwert 2010 [µg/m ³]	Messwert [µg/m ³] - Am Strande			
		Jahresmittelwert 2009	Jahresmittelwert 2010	Gleitendes 12-Monats- mittel 04/09 - 03/10	Jahresmittelwert 2009 mit Ozonwert 2010 für 2010 an- gepasst
55	57*	53	44**	52*	57*

Tab. 5.1 Vergleich der NO₂-Jahresmittelwerte von Rechnung und Messung (Bezugsjahre 2009 bzw. 2010). * ohne Baustelleneinfluss ** mit Baustelleneinfluss

Im Bezugsjahr 2009 überschätzt der modellierte NO₂-Jahresmittelwert (55 µg/m³) den Messwert 2009 (53 µg/m³) um ca. 4 %. Die Genauigkeit der Modellrechnung kann damit als sehr gut bezeichnet werden. Im Bezugsjahr 2010 weist der modellierte NO₂-Jahresmittelwert (57 µg/m³) eine Übereinstimmung mit dem hochgerechneten Vergleichswert (JM 2009 mit Ozonwert 2010) und eine Abweichung von +10 % mit dem gleitenden 12-Monatsmittel auf. Ein direkter Vergleich mit dem Messwert 2010 ist wegen der Baustelle nicht möglich.

Die Messwerte aus **Tab. 5.1** zeigen ebenso wie die Modellergebnisse, Überschreitungen des NO₂-Jahresmittelgrenzwertes von 40 µg/m³.

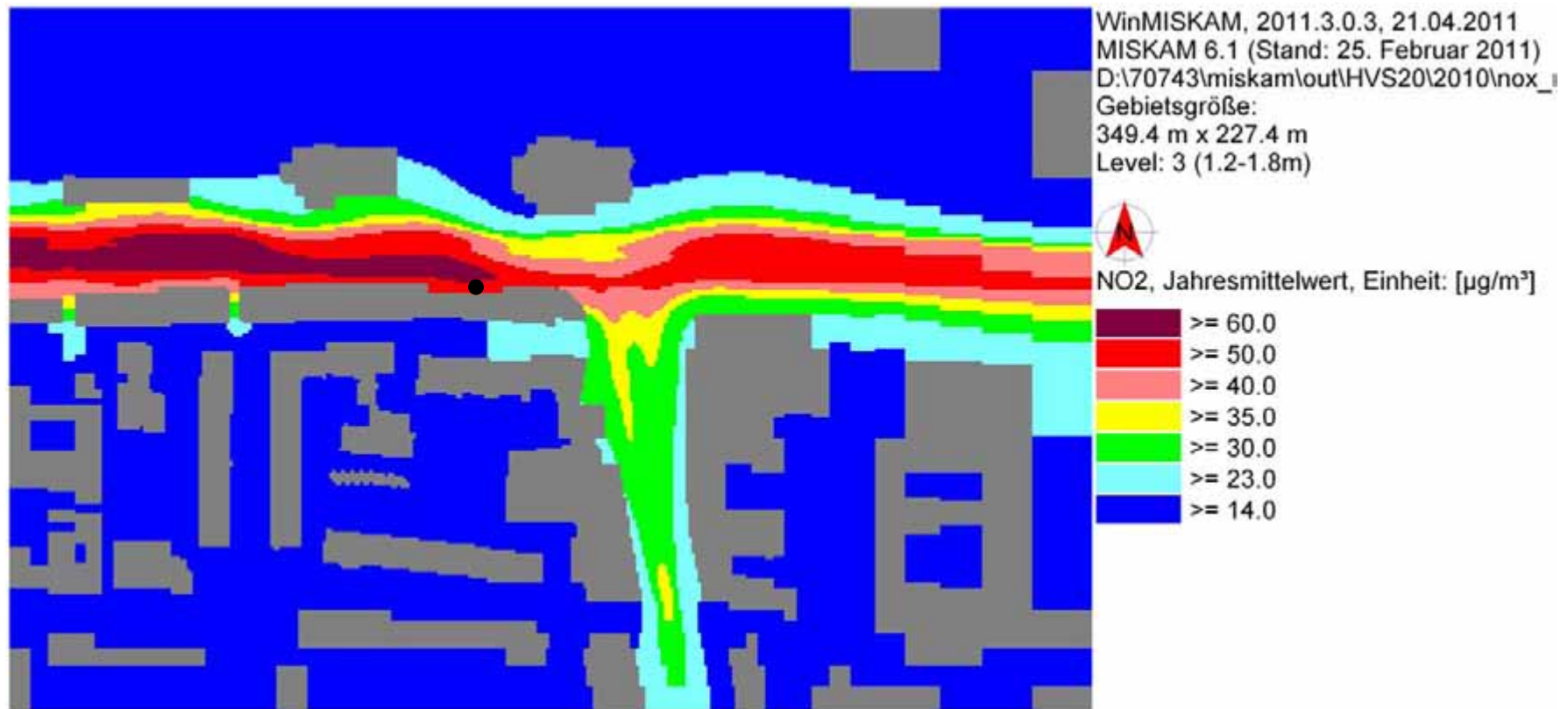


Abb. 5.1: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Am Strande/Grubenstraße für die Analyse 2010
(● Messstelle Am Strande)

5.2.2 Prognose 2015

Durch die ohnehin stattfindende Erneuerung der Fahrzeugflotte kann gemäß HBEFA3.1 bis 2015 fahrzeugseitig für NO_x eine Minderung (v. a. durch den Einsatz modernerer Fahrzeuge, Effizienzsteigerung von Motoren etc.) bei den verkehrsbedingten NO_x -Zusatzbelastungen von bis zu 20 % erreicht werden. Da die Verkehrszahlen 2015 unverändert hoch bleiben, reicht diese Reduzierung ausschließlich auf Basis der technisch bedingten Verringerung der Fahrzeugemissionen jedoch für die Einhaltung des NO_2 -Jahresmittelgrenzwertes im Zuge der L 22 nicht aus. An der Messstelle werden im Bezugsjahr 2015 ohne weitere Maßnahmen NO_2 -Jahresmittelwerte zwischen 50 und 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet. Die Spannweite des Ergebnisses ergibt sich aus der Spannweite der zu Grunde gelegten Ozonkonzentrationen bei der Anwendung des vereinfachten Chemie-Modells (siehe Anhang A3) bei der Berücksichtigung der NO/NO_2 -Konversion. Wie in Abschnitt 5.2.1 erläutert, hat u. a. die städtische Hintergrundbelastung an Ozon einen relevanten Einfluss auf das quellennahe NO_2/NO_x -Verhältnis. Die Ozonkonzentrationen der letzten Jahre schwanken stark (vgl. **Tab. 2.6**) und es ist kein eindeutiger Trend erkennbar. Für die Prognose 2015 wurden die Ozon-Jahresmittelwerte der Jahre 2009 (48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und 2010 (54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) für die NO/NO_2 -Konversion zu Grunde gelegt.

Eine flächenhafte Abbildung der MISKAM-Berechnungsergebnisse für die Prognose 2015 (mit O_3 : 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zeigt die **Abb. 5.2**. Die NO_2 -Immissionen sind dort in ca. 1,5 m über Straßenniveau dargestellt. Analog zur Analyse 2010 sind an der Südseite der L 22 die Schadstoffkonzentrationen höher als an der Nordseite. Überschreitungen des NO_2 -Grenzwertes werden an den südlichen Gebädefassaden an der L 22 westlich der Grubenstraßen berechnet.

Östlich der Grubenstraße sowie in der Grubenstraße liegen die berechneten NO_2 -Jahresmittelwerte deutlich unter dem Grenzwert.

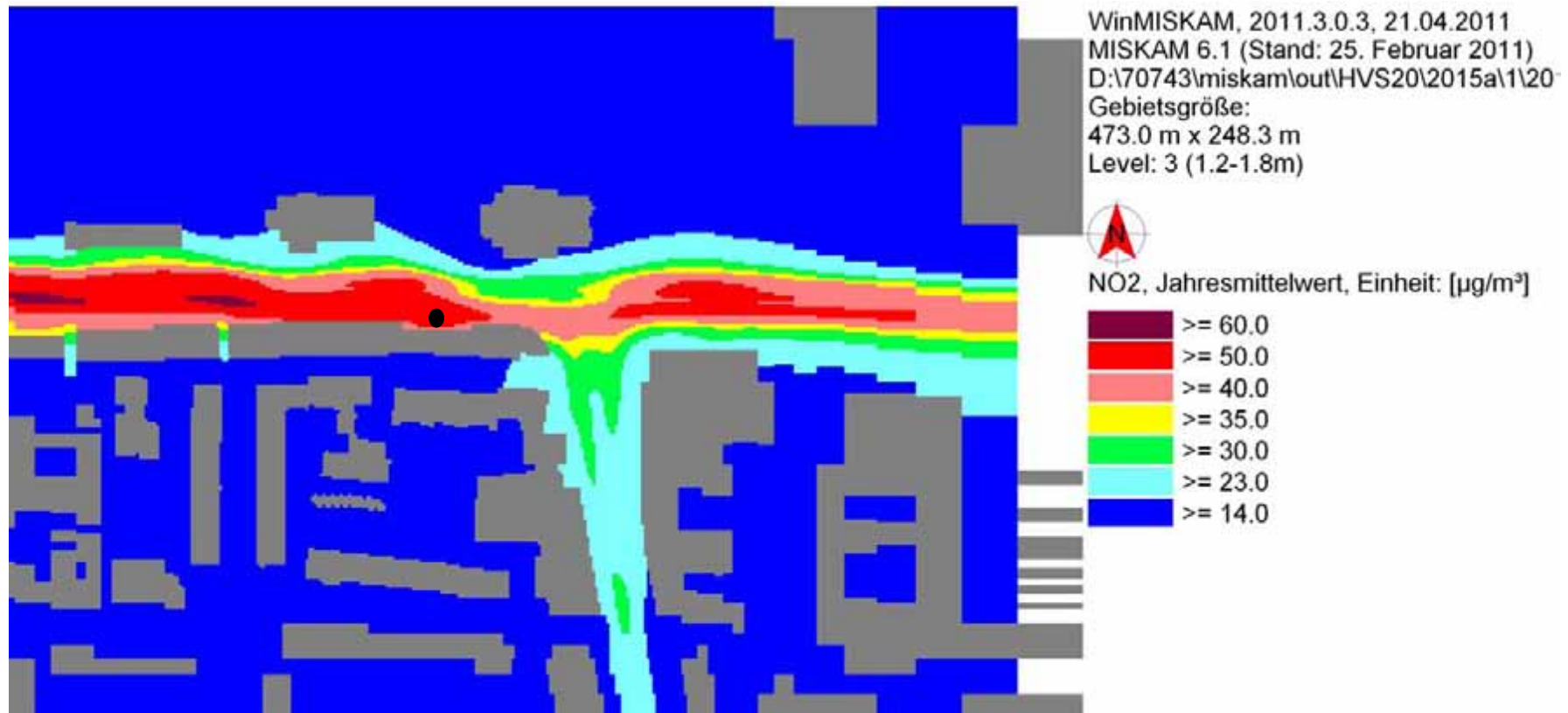


Abb. 5.2: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Am Strande/Grubenstraße für die Prognose 2015 unter Berücksichtigung eines Ozon-Jahresmittelwertes von 54 µg/m³ (● Messstelle Am Strande)

6 BEWERTUNG UND ENTWICKLUNG DER MAßNAHMEN

6.1 Bewertung der bisher umgesetzten Maßnahmen

Es wurden Grenzwertüberschreitungen für den Luftschadstoff NO_2 im Verlauf der L 22 zwischen Grubenstraße und Wokreuter Straße (siehe auch **Abb. 5.1**) berechnet. Die Ursachen für die hohen Immissionsbelastungen ergeben sich aus einer Kombination hoher Verkehrsmengen mit einer dichten und geschlossenen Randbebauung.

Anhand der Messwerte für das Jahr 2010 an der Messstation Am Strande sowie der Immissionsberechnungen für NO_2 für diesen Konfliktbereich wird deutlich, dass im Zuge der L 22 weiterhin Grenzwertüberschreitungen wahrscheinlich sind. Auch die bisher umgesetzten Maßnahmen zur Reduzierung der NO_x -Schadstoffbelastung (Tempolimit 50 km/h und Verkehrsverstetigung) sind noch nicht ausreichend, um eine dauerhafte Einhaltung des NO_2 -Grenzwertes zu sichern.

Nach derzeitigen Erkenntnissen entsprechend des HBEFA3.1 wirken die Maßnahmen M1 (Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf der L 22 von 60 auf 50 km/h) und M4 (Geschwindigkeitsüberwachung) nur gering (hauptsächlich durch Verbesserung des Verkehrsflusses) auf die Schadstoffemissionen. U. a. zum Thema Wirkung von Tempolimits gibt es derzeit intensive Forschungsaktivitäten.

Ein positiver Effekt auf die Luftschadstoffsituation wird der Verkehrsverstetigung zugeschrieben, welche durch die Änderung und Optimierung der Lichtsignalanlagen-Koordinierung (M2, M3) herbeigeführt wurde.

Die Wirkung der Öffentlichkeitsarbeit (M9, M10) kann nicht eingeschätzt werden.

6.2 Entwicklung der weiteren Maßnahmen

Grundsätzlich bildet die Reduzierung der Emissionen des motorisierten Verkehrs den wesentlichen Ansatzpunkt zur Reduzierung der lokalen straßenverkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen. Deshalb lassen sich drei Minderungsansätze ableiten: Kfz-Verkehrsvermeidung, Kfz-Verkehrsverlagerung und die Verringerung der Fahrzeugemissionen.

Durch die ohnehin stattfindende Erneuerung der Fahrzeugflotte kann gemäß HBEFA3.1 bis 2015 fahrzeugseitig für NO_x eine Minderung (v. a. durch den Einsatz modernerer Fahrzeuge, Effizienzsteigerung von Motoren etc.) bei den verkehrsbedingten Zusatzbelastungen von bis zu 20 % erreicht werden. Damit werden im Jahresmittel NO_2 -Gesamtbelastungen von 50 bis $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Prognosehorizont 2015 prognostiziert. Diese Reduzierung ausschließlich auf Basis der technisch bedingten Verringerung der Fahrzeugemissionen wird somit für die Einhaltung des NO_2 -Jahresmittelgrenzwertes im Zuge der L 22 nicht ausreichend sein (siehe Abschnitt 5.2.2).

Es sind somit weitere zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Unterstützt wird diese Abschätzung auch durch den Messwert des Jahres 2010 an der Messstelle Am Strande von immerhin noch $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ trotz einer (baustellenbedingten) deutlichen Verringerung der Verkehrsmenge um durchschnittlich ca. 9 000 Kfz/d (ca. 20 %).

Weitere geplante Maßnahmen zielen hauptsächlich auf eine Kfz-Verkehrsverlagerung ab (Maßnahmen M5 - M7, M11 siehe Abschnitt 2.2.2). Die Einführung einer Umweltzone (Maßnahme M12) wäre eine solche Maßnahme zur weiteren Verringerung der Fahrzeugemissionen über den „normalen“ Trend hinaus, die im Rahmen der weiteren Bearbeitung überprüft werden soll.

Für sieben Szenarien (Tab. 6.1 Szenarien 2 bis 8) welche in den folgenden Abschnitten beschrieben werden, wurden die Reduktionspotenziale abgeschätzt.

S1	Gleichbleibender DTV (Prognose 2015)
S2	Rückgang DTV um 5 000 Kfz bei gleich bleibenden SV-Anteil (Prognose 2015_S2)
S3	Rückgang DTV um 10 000 Kfz bei gleich bleibenden SV-Anteil (Prognose 2015_S3)
S4	Minderung SV-Anteil um 10 % (Prognose 2015_S4)
S5	Gleichbleibender DTV, Einführung UWZ gelb (Prognose 2015_S5)
S6	Gleichbleibender DTV, Einführung UWZ grün (Prognose 2015_S6)
S7	Gleichbleibender DTV, Verzicht auf Linksabbiegerspur (Prognose 2015_S7)
S8	Rückgang DTV um 15 000 Kfz bei gleich bleibenden SV-Anteil (Prognose 2015_S8)

Tab. 6.1: Untersuchte Szenarien für den LRP der Hansestadt Rostock

6.2.1 Reduzierung des Verkehrsaufkommen (Szenario 2, 3 und 8)

a) Gesamtstädtische Reduzierung des Kfz-Verkehrsaufkommens durch Beeinflussung der **Veränderung der Verkehrsmittelwahl** sowie der städtebaulichen Rahmenbedingungen

Im Sinne der mittel- bis langfristigen Luftschadstoffminderungsstrategie bildet die Steigerung der Nutzungsanteile im Umweltverbund einen wesentlichen Kernbaustein des Maßnahmenkonzeptes. Jede Ortsveränderung, die zukünftig statt mit dem Pkw zu Fuß, mit dem Fahrrad oder unter Nutzung des ÖPNV zurückgelegt wird, sorgt für eine Reduzierung des Schadstoffausstoßes im Stadtgebiet. Damit wird zum einen die Wahrscheinlichkeit von Grenzwertüberschreitungen reduziert. Zum anderen entstehen gleichzeitig auch positive Effekte für die gesamtstädtische Luftschadstoffhintergrundbelastung. Hierzu sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Förderung des Umweltverbundes sowohl innerstädtisch als auch bezüglich der Stadt-Umland-Beziehung
- flächendeckende Parkraumbewirtschaftung sowie Steuerung des ruhenden Verkehrs (Parkgebühren, Förderung der Nutzung von P+R etc.)
- Reduzierung von Trennwirkungen bzw. Verbesserung von Querungsmöglichkeiten im Zuge der L 22 (M 08, LRP 2007)
- Förderung des betrieblichen Mobilitätsmanagements sowie des Carsharings
- Immissionsgünstige Stadtentwicklung (Schaffung kurzer Wege, Verdichtung im Stadtzentrum sowie im Zuge von ÖPNV-Achsen)

Generell ist im Sinne der Luftschadstoffminderung bzw. der stadtverträglichen Verkehrsentwicklung zukünftig eine Veränderung der Prioritätensetzung bei den Investitionen im Verkehrssektor zu Gunsten des Umweltverbundes erforderlich.

b) **Reduzierung des Kfz-Verkehrsaufkommens** im Zuge der L 22 durch den **Aufbau eines umweltdatenbasierten Verkehrsmanagementsystems** (M 07, LRP 2007)

Auf Basis einer kontinuierlichen Beobachtung des Verkehrsgeschehens sowie der Luftschadstoffsituation wird auf Basis des Verkehrsmanagementsystems bei Bedarf gezielt steuernd in das Verkehrsgeschehen eingegriffen. Dies erfolgt abgestuft in 3 Ebenen:

- Information der Bevölkerung zur aktuellen Verkehrs- und Umweltsituation sowie hinsichtlich von Fahrtroutenempfehlungen über Anzeigen im Straßenraum, über ein Onlineportal sowie über mobile Endgeräte (Smartphon, Navigationsgerät etc.)
- Lenkung der Verkehrsströme durch eine Anpassung der Wegweisung und Beschilderung
- Dosierung/Beschränkung der zufließenden Verkehrsmengen an Pfortner-Lichtsignalanlagen, wenn durch die Information und Lenkung der Verkehrsteilnehmer keine ausreichende Verbesserung der Situation eintritt.

Durch die Steuerung der Verkehrsbelegungen kann insbesondere in den Spitzenzeiten eine Reduzierung der besonders hohen Luftschadstoffkonzentrationen erreicht werden. Bezogen auf den Tagesmittelwert für die NO₂-Belastungen ist unter Berücksichtigung der Umsetzung der weiteren Maßnahmen durch die umweltbasierte Verkehrssteuerung (Pfortnerung) eine Reduzierung des durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommens (2015) zu sichern, damit die entsprechenden Luftschadstoffgrenzwerte sicher eingehalten werden können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei einer entsprechenden Umsetzung der Maßnahmen zur Veränderung der Verkehrsmittelwahl, ein Teil der erforderlichen Verkehrsabnahmen ohne Restriktionen erfolgen kann. Parallel tragen die Beschränkungen ihrerseits zur Verhaltensänderung bei.

c) Attraktivitätssteigerung des Warnowtunnels (M 06, LRP 2007) bzw. Reduzierung der Attraktivität der Ortsdurchfahrt im Zuge der L 22

Ebenfalls wesentliche Potenziale zur Reduzierung der Verkehrsaufkommen im Zuge der L 22 bestehen durch die Erhöhung der Attraktivität des Warnowtunnels. Jedoch ist diese aufgrund der bestehenden gesetzlichen und vertraglichen Rahmenbedingungen schwierig.

Ergänzend bzw. alternativ zu den bisher beschriebenen Maßnahmen wäre auch eine Verringerung der Attraktivität der L 22 denkbar, um das Verkehrsaufkommen und damit die Luftschadstoffbelastungen reduzieren zu können. Dies zeigen nicht zuletzt die Verkehrsaufkommen / Schadstoffmesswerte im Jahr 2010 während der Baumaßnahmen im Bereich der Vorpommernbrücke (Querschnittsreduzierung auf 2 Fahrspuren).

Als weiterführende Maßnahmen zur Reduzierung der Attraktivität der Ortsdurchfahrt der L 22 können die im Rahmen des Lärmaktionsplans der Hansestadt Rostock entwickelten Gestaltungsansätze (z. B. Reduzierung der Fahrstreifenanzahl in den Schwachlastzeiten) dienen.

6.2.2 Reduzierung des Schwerverkehrsanteils (Szenario 4)

Lkw-Führungskonzept, einschließlich **Sperrung** des Inn enstadtbereiches für den **Lkw-Durchgangsverkehr** (M 11, LRP 2007) ggf. im Rahmen des umweltbasierten dynamischen Verkehrsmanagementsystems.

Mit dem äußeren Tang entenring (A 19/A 20/B 103 / Warnowtunnel) existiert ein leistungsfähiges Verkehrsnetz für den regionalen und überregionalen Verkehr. Speziell vor dem Hintergrund der Mautpflicht des Warnowtunnels sowie der z. T. kürzeren Wege im Zuge der Inn enstadtdurchfahrt wird die L 22 teilweise durch Verkehre genutzt, die kein Ziel in Rostock bzw. lediglich ein Ziel im gegenüberliegenden Stadtrandbereich haben.

Zwar ist, wie die Untersuchungen zum Durchga ngsverkehr der Hansestadt Rostock gezeig t haben, der Anteil dieser Nutzer relativ gering, jedoch bietet deren Aussperrung einen kleinen Beitrag zur Reduzierung der Luftschadstoffbelastungen. Gleichzeitig werden dadurch die zur Einhaltung der Grenzwerte erforderlichen Rest riktionen (siehe Abschn itt 6.2.1c) für andere Verkehrsteilnehmer, die aufgrund von Zielen in der Innenstadt nicht auf andere Routen ausweichen können, reduziert.

6.2.3 Einführung einer Umweltzone im Innenstadtbereich (M 12, LRP 2007, Szenario 5 und 6)

Die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte hat einen wesentlichen Einfluss auf die Immissi onssituation im Stadtgebiet. Zwar erfolgt durch die ohnehin stattfindende kontinuierliche Erneuerung der Fahrzeugflotte über die Jahre sukzessive eine Verringerung der Schadstoffemissionen pro Fahrzeug jedoch ist diese kurz- bis mittelfristig nicht ausreichend. Durch die Einführung einer Umweltzone wird die Fahrzeugflottenerneuerung wesentlich beschleunigt.

Hinsichtlich der mit der Zeit abnehm enden Effekte der Umweltzone durch die allgemeine Fahrzeugflottenentwicklung ist damit zu rechnen, dass zukünftig ggf. eine Fortschreibung der entsprechenden Regelungen („Verordnung zur Kennzeichnung emissionsarmer Fahrzeuge“) stattfinden wird.

6.2.4 Verzicht Linksabbiegespur am Knotenpunkt Grubenstraße zugunsten bebauungsnahen Grünstreifen (Szenario 7)

Durch die Gestaltung von Straßenräumen mittels einer durchgehenden Begrünung kann grundsätzlich ein gleichmäßigerer Verkehrsfluss erreicht werden (FGSV, 2011). Gleichzeitig erhöht sich auch die Nutzungsqualität für den Fußgängerverkehr, da durch den Grünstreifen ein zusätzlicher Schutzraum gegenüber der hochbelasteten Kfz-Fahrbahn erreicht wird. Der Verzicht auf die Linksabbiegespur westlich des Knotenpunktes Am Strande / Grubenstraße aus Richtung Strandstraße kommend in Richtung Speicher und die damit einhergehende Möglichkeit zur Verlagerung der Geradeausspuren würde durch die damit frei werdenden bebauungsnahen Flächen die Voraussetzung für die Anlage eines solchen Grünstreifens schaffen. Durch die Verlagerung der Geradeausspuren in Richtung Norden vergrößert sich zudem der Abstand zu den von den Immissionen betroffenen Wohngebäuden um ca. 3 m, was sich positiv auf die Luftschadstoffsituation (und auch auf die Lärmsituation) an den Gebäudefronten auswirkt.

Daneben wird der Straßenraum durch den Grünstreifen städtebaulich aufgewertet und optisch stärker strukturiert. Der Straßenraumeindruck, welcher wesentlichen Einfluss auf das Verkehrsverhalten der Verkehrsteilnehmer hat, wird durch die Anlage des Grünstreifens und die Reduzierung der Flächen für den fließenden Verkehr verändert bzw. verengt und damit räumlich besser gefasst.

Parallel kann eine Bepflanzung mit niedrigen Sträuchern zur Schadstoffbindung und Filterung beitragen. Im Sinne der Straßenraumgestaltung wäre weiterhin eine lockere Bepflanzung mit Bäumen sinnvoll, welche unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die Durchlüftungsbedingungen (Baumart, Kronenform, Pflanzabstand etc.) und der straßentechnischen Rahmenbedingungen (Leitungen etc.) weiter zu untersuchen ist.

Hinsichtlich der verkehrs- und signalisierungstechnischen Abläufe ergeben sich für den Geradeausverkehr in der Hauptrichtung keine negativen Auswirkungen. Durch den Wegfall der Linksabbieger ist im Gegenteil da mit zu rechnen, dass speziell für die Signalisierung der Verkehrsströme aus Richtung Autobahn in Richtung Schutow die Flexibilität erhöht wird und ggf. längere Grünphasen möglich sind, was sich ebenfalls positiv auf den Verkehrsfluss sowie die Emissionen am Knotenpunkt Am Strande / Grubenstraße auswirken würde.

Die betroffene Linksabbiegerrelation weist mit aktuell ca. 73 Fahrzeugen in der Spitzensunde eine relativ geringe Verkehrsbelastung aus. Dennoch müssen alternative

Zufahrtsmöglichkeiten geprüft werden; diesbezüglich ist eine Anbindung über den Knotenpunkt Strandstraße bzw. die Zufahrt über die Grubenstraße zu diskutieren.

6.2.5 Maßnahmen in Vorbereitung

Zusätzlich zu den o. g. Maßnahmen sind weitere kurz- bis mittelfristige Maßnahmen zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens in Vorbereitung:

- Betriebliches Mobilitätsmanagement einführen
- E-Mobilität unterstützen
- Konsequente Parkraumbewirtschaftung
- Erweiterung P&R und B&R
- Stellplatzeinschränkung
- Substitution kurzer PKW-Fahrten durch den Umweltverbund

Das Minderungspotential jeder einzelnen Maßnahmen wird eher gering eingeschätzt, kann jedoch ohne vertiefende Untersuchungen nicht quantifiziert werden. Deshalb werden sie im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter ausgeführt.

6.3 Bewertung der weiteren Maßnahmen

Die Ergebnisse der Abschätzung der Luftschadstoffminderungspotenziale der in Abschnitt 6.2 beschriebenen Einzelmaßnahmen sind in **Tab. 6.2** aufgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass keine der untersuchten Einzelmaßnahmen S1 bis S7 ausreichend ist, um den NO_2 -Jahresmittelgrenzwert an der Messstelle sicher einhalten zu können. Die größten Minderungspotenziale werden durch den Verzicht auf die Linksabbiegerspur (S7) berechnet. Die Einhaltung des NO_2 -Jahresmittelgrenzwert wird bei einer Verkehrsreduktion von ca. 15 000 Kfz prognostiziert (S8).

Auf Grundlage der bestehenden Grenzwertüberschreitungen sowie der Ergebnisse für die Berechnungsszenarien der Einzelmaßnahmen wird deutlich, dass zur sicheren Einhaltung der Luftschadstoffgrenzwerte für NO_2 die Umsetzung eines Maßnahmenbündels erforderlich ist. Die Gesamtentlastung setzt sich dabei aus der Summe der Minderungseffekte der verschiedenen Einzelmaßnahmen zusammen. Um die für die Einhaltung der Grenzwerte erforderliche Minderung zu erreichen, sind dabei auch die Effekte von Maßnahmen mit nur geringen Minderungswirkungen wichtig.

	Prognose 2015		Prognose 2015_S2 DTV - 5 000 Kfz		Prognose 2015_S3 DTV - 10 000 Kfz		Prognose 2015_S4 SV - 10%		Prognose 2015_S5 UWZ gelb		Prognose 2015_S6 UWZ grün		Prognose 2015_S7 ohne Linksabbieger		Prognose 2015_S8 DTV - 15 000 Kfz	
	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV
L22 westl. KP	41 184	0.034	36 184	0.034	31 184	0.034	41 046	0.030	41 184	0.034	41 184	0.034	41184	0.034	26 184	0.034
Ri Osten	20 880	0.032	18 345	0.032	15 810	0.032	20 810	0.029	20 880	0.032	20 880	0.032	20880	0.032	13 275	0.032
Ri Westen	20 304	0.035	17 839	0.035	15 374	0.035	20 236	0.032	20 304	0.035	20 304	0.035	20304	0.035	12 909	0.035
L22 östl. KP	46 290	0.034	41 290	0.034	36 290	0.034	46 134	0.030	46 290	0.034	46 290	0.034	46290	0.034	31 290	0.034
Ri Osten	23 469	0.032	20 934	0.032	18 399	0.032	23 390	0.029	23 469	0.032	23 469	0.032	23469	0.032	15 864	0.032
Ri Westen	22 821	0.035	20 356	0.035	17 891	0.035	22 744	0.032	22 821	0.035	22 821	0.035	22821	0.035	15 426	0.035
ENox [mg/(m*s)]	0.1375		0.12077		0.10408		0.13338		0.1316		0.1267		0.1375		0.0874	
ZB NOx	89		78		67		86		85		82		59		57	
HG NOx	20		20		20		20		20		20		20		20	
GB NOx	109		99		88		107		106		102		79		77	
GB NO₂ (O₃: 48)	50		47		42		49		49		48		39		38	
GB NO₂ (O₃: 54)	52		48		44		51		51		50		41		40	

Tab. 6.2: Abschätzung von Maßnahmen (Verkehrsreduktionen, Umweltzonen) auf die NO₂-Belastung an der Messstelle Am Strande auf Basis der Prognose 2015.

rot = Abschätzung anhand der berechneten Emissionen

lila = Abschätzung anhand der berechneten Emissionen ohne Linksabbiegerspur

ZB = Zusatzbelastung in µg/m³

HG = Hintergrundbelastung in µg/m³

GB = Gesamtbelastung in µg/m³

Aus den beschriebenen Einzelmaßnahmen wurden für die Hansestadt Rostock folgende 6 Maßnahmenbündel (**Tab. 6.3**) definiert und hinsichtlich ihrer Luftschadstoffminderungswirkung bewertet:

MB 1	Umweltzone grün für SV (M12) + Reduzierung Kfz (M7)
MB 2	Umweltzone grün für SV (M12) + SV -10 % (M11) + Reduzierung Kfz (M7)
MB 3	Umweltzone grün (M12) + Reduzierung Kfz (M7)
MB 4	Umweltzone grün (M12) + SV -10 % (M11) + Reduzierung Kfz (M7)
MB 5	Umweltzone grün für SV (M12) + SV -10 % (M11) + Reduzierung Kfz (M6 + M7)
MB 6	Verzicht auf Linksabbiegerspur + Reduzierung Kfz (M7)

Tab. 6.3: Abgeleitete Maßnahmenbündel für den LRP der Hansestadt Rostock

Den Maßnahmenbündeln MB 1 bis MB 5 liegen die Maßnahmen M12 (Einführung einer Umweltzone, siehe Abschnitt 6.2.3) und M7 (Ausbau dynamisches Verkehrsmanagementsystem, siehe Abschnitt 6.2.1b) des LRP der Stadt Rostock zugrunde. In MB 2 und MB 4 wurden diese durch die Maßnahme M11 (LKW-Führungskonzept, siehe Abschnitt 6.2.2) erweitert. Das Maßnahmenbündel MB 5 berücksichtigt zusätzlich die geplante Attraktivitätssteigerung des Warnowtunnels (M6, siehe Abschnitt 6.2.1c). Das MB 6 basiert auf Szenario 7 (Verzicht auf Linksabbiegerspur).

Der Umfang der Restriktionen hinsichtlich des Verkehrsaufkommens u. a. mithilfe des umweltbasierten Verkehrsmanagementsystems (M7) ergibt sich aus den verbleibenden Differenzen zum Luftschadstoffgrenzwert nach Berücksichtigung der restlichen Bestandteile des Maßnahmenbündels.

In der **Tab. 6.4** werden für die genannten Maßnahmenbündel die prognostizierten NO_x/NO_2 -Jahresmittelwerte angegeben und im Folgenden erläutert.

Um den NO_2 -Jahresmittelgrenzwert an der Messstelle in 2015 einzuhalten, muss zusätzlich zu Umweltzone grün (MB 1 bis MB 5, z. T. nur für Schwerverkehr) und LKW-Führungskonzept (MB 2, MB 4) eine Reduzierung des Verkehrsaufkommens (DTV) im Zuge der L 22 (je nach Maßnahmenbündel) zwischen ca. 11 500 und ca. 14 000 Kfz/24h stattfinden (siehe **Tab. 6.4**).

Bei Verzicht auf die Linksabbiegerspur (Szenario 7) muss bei gleichbleibenden SV-Anteil eine Reduzierung des Verkehrsaufkommens (DTV) im Zuge der L 22 um ca. 1 000 Kfz/24h

	Prognose 2015		MB1 <i>UWZ grün nur für SV, DTV - 14 000 Kfz</i>		MB2 <i>UWZ grün nur für SV, SV -10%, DTV - 13 000 Kfz</i>		MB3 <i>UWZ grün, DTV - 13 000 Kfz</i>		MB4 <i>UWZ grün, SV -10%, DTV - 11 500 Kfz</i>		MB5 <i>UWZ grün nur für SV, Warnowtunnel - 9 000 Kfz DTV - 5 000 Kfz</i>		MB6 ^{*1} <i>ohne Linksabbiegerspur, DTV -1 000 Kfz</i>	
	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV	DTV	SV
L22 westl. KP	41 184	0.034	27 184	0.034	28 046	0.030	28 184	0.034	29 546	0.030	27 184	0.034	40 184	0.034
Ri Osten	20 880	0.032	13 782	0.032	14 219	0.029	14 289	0.032	14 980	0.029	13 782	0.032	20 373	0.032
Ri Westen	20 304	0.035	13 402	0.035	13 827	0.032	13 895	0.035	14 566	0.032	13 402	0.035	19 811	0.035
L22 östl. KP	46 290	0.034	32 290	0.034	33 134	0.030	33 290	0.034	34 634	0.030	32 290	0.034	45 290	0.034
Ri Osten	23 469	0.032	16 371	0.032	16 799	0.029	16 878	0.032	17 560	0.029	16 371	0.032	22 899	0.032
Ri Westen	22 821	0.035	15 919	0.035	16 335	0.032	16 412	0.035	17 075	0.032	15 919	0.035	22 267	0.035
ENOX [mg/(m*s)]	0.1375		0.08816		0.0886		0.0868		0.0885		0.0882		0.1341	
ZB NOx	89		57		58		57		58		57		57	
HG NOx	20		20		20		20		20		20		20	
GB NOx	109		77		78		77		78		77		78	
GB NO₂ (O₃: 48)	50		38		39		38		39		38		39	
GB NO₂ (O₃: 54)	52		40		40		40		40		40		40	

Tab. 6.4: Abschätzung von Maßnahmenbündel auf die NO₂-Belastung an der Messstelle Am Strande auf Basis der Prognose 2015.

rot = Abschätzung anhand der berechneten Emissionen

lila = Abschätzung anhand der berechneten Emissionen ohne Linksabbiegerspur

ZB = Zusatzbelastung in µg/m³

HG = Hintergrundbelastung in µg/m³

GB = Gesamtbelastung in µg/m³

*1: Um an dem Konfliktbereich westlich der Messstelle den NO₂-Jahresmittelgrenzwert einzuhalten, muss bei MB6 der DTV um weitere 7 300 Kfz/d reduziert werden.

stattfinden (siehe **Tab. 6.4** MB 6) um den NO_2 -Jahresmittelgrenzwert an der Messstelle in 2015 einzuhalten.

Der Verzicht auf die Linksabbiegerspur aus Richtung Westen in Richtung Speicher und Verlagerung der Geradeausspuren bewirkt eine Vergrößerung des Abstandes zu den Immissionsorten, besonders zur Messstelle. Weiter westlich (ca. 50 bis 60 m entfernt vom Messcontainer) ist die Strömungssituation derart ungünstiger, dass nicht mit ähnlich hohen Reduktionen wie an der Messstelle gerechnet werden kann. Aus den MISKAM-Berechnungen zum MB 6 kann abgeschätzt werden, dass bei Einhaltung des NO_2 -Jahresmittelgrenzwertes an der Messstelle die Belastungen an dem westlich der Messstelle gelegenen Konfliktbereich noch bei ca. 41 bis 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Weiterhin kann daraus abgeleitet werden, dass bei Erreichen von NO_2 -Jahresmittelwerten von ca. 34 bis 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Messstelle eine Einhaltung des Grenzwertes im Konfliktbereich wahrscheinlich ist.

Aus diesem Grund wird für das Maßnahmenbündel MB 6 angegeben, um wie viel die Verkehrsstärke zusätzlich reduziert werden muss, um nicht nur an der Messstelle, sondern auch am o. g. westlichen Bereich der Grenzwert eingehalten werden kann (siehe **Tab. 6.4**).

Die zusätzlich im Rahmen der einzelnen Maßnahmenbündel erforderlichen Verkehrsmaßnahmen sind mit den in Abschnitt 6.2.1 beschriebenen Maßnahmen zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens sicherzustellen. Kurz- bis mittelfristig bietet insbesondere der Einsatz des dynamischen umweltbasierten Verkehrsmanagementsystems hierzu eine große Bandbreite von Eingriffsmöglichkeiten bis hin zu harten Restriktionen durch eine Pfortnerung des Verkehrs.

Insgesamt zeigt sich daher, dass die Minderungseffekte der beschriebenen Maßnahmen in Summe ausreichend sind, um die Luftschadstoffgrenzwerte einzuhalten.

Die bereits erfolgten Maßnahmen zur Überwachung des Geschwindigkeitsniveaus bzw. der Anzeige mittels Dialogdisplays sollten kontinuierlich fortgesetzt werden, um einen harmonischen Verkehrsfluss zu gewährleisten. Wichtig ist die Einhaltung der Geschwindigkeit u. a. zur Vermeidung unnötiger Halte- und Beschleunigungsvorgänge an den Lichtsignalanlagen. Parallel ergeben sich weitere positive Effekte im Bezug auf die Verkehrssicherheit, Reduzierung von Trennwirkungen und Lärmbelastungen etc.

7 LITERATUR

- Bächlin, W., Rösinger, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 - April.
- BAST (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.
- Berkowicz, R. (2000): OSPM - A parameterised street pollution model. Environmental Monitoring and Assessment, Volume 65, Issue 1/2, pp. 323-331.
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 (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten – 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sauerstoffmangel, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- CORINAIR (2007): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007. EEA (European Environment Agency). Publish date: 5 Dec 2007. In: Technical report No 16/2007.
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.
siehe auch <http://www.lohmeyer.de/aktuelles>.

- DWD (2005): Bestimmung der in AUSTAL2000 anzugebende Anemometerhöhe. Offenbach am Main. http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU1/KU12/Klimadaten/Ausbreitungen/V_Anemometerh_C3_B6hen.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/V_Anemometerh&letzter_Zugriff: 03.02.2011
- 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.
- Esser, J. (1992): Ausbreitung und Zusammensetzung von Stickoxiden des Kraftfahrzeugverkehrs, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- Esser, J. (1995): Persönliche Mitteilung.
- FGSV (2011): Hinweise zur EU-Umweltgesetzgebung in der Verkehrsplanungspraxis. Teil 1: Luftreinhalteplanung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe Verkehrsplanung. Ausgabe 2011.
- Filliger, P., Puybonnieux-Textier, V., Schneider, J. (1999): PM₁₀ Population Exposure - Technical Report on Air Pollution, Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health, London, June 1999, Published by Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications Bureau for Transport Studies, Bern, Switzerland.
- IFEU (2007): Zukünftige Entwicklung der NO₂-Emissionen des Verkehrs und deren Auswirkung auf die Luftqualität in baden-württembergischen Städten. IFEU - Institute for Energy and Environmental Research, commissioned by the Ministry for the Environment of Baden-Wuerttemberg. Current research project. Heidelberg 2007.
- KBA (2011): Bestand Pkw nach Bundesländern und Kraftstoffarten absolut. http://www.kba.de/clin_030/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/EmissionenKraftstoffe/emissionen_node.html?
Letzter Zugriff: 08:06.2011
- Kutzner, K., Diekmann, H. und Reichenbächer, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Lambrech, U., Dünnebeil, F. and Höpfner, U. (2006): NO_x Development of emissions and air quality. Causes for unexpected values of ambient concentrations of NO₂. Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg. Internet: www.ifeu.de. EU level workshop on The impact of direct emissions of NO₂ from road vehicles on NO₂ concentrations. Brussels, September 19th, 2006.

- LIS (1985 bis 1991): TEMES-Monats- und Jahresberichte, Hrsg.: Landesanstalt für Immissionsschutz, Nordrhein-Westfalen, Essen.
- Lohmeyer (1998): LuWas, PC-Programm zur Ermittlung der schiffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen - Hintergrundinformationen. Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer, Karlsruhe. Projekt 1177 überarbeitet Oktober 2000. Gutachten im Auftrag von: Wasserstraßen-Neubauamt Berlin.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.
- Lohmeyer (2007a): Erstellung eines Immissionskatasters als Grundlage für die Erstellung eines Luftreinhalteplanes für die Hansestadt Rostock, Ermittlung der Ist-Situation. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 70335-06-10, Mai 2007. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Güstrow.
- Lohmeyer (2007b): Erstellung eines Immissionskatasters als Grundlage für die Erstellung eines Luftreinhalteplanes für die Hansestadt Rostock – Prognose 2010, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 70410-07-01, Dezember 2007. Gutachten im Auftrag des LUNG, Güstrow.
- LfU Bayern (2003): Erkenntnisse des Projektes WIME - Wirksamkeit von verkehrsbezogenen Maßnahmen auf die Emissionen von Partikeln, Benzol und Stickstoffdioxid, Luftreinhaltepläne in Bayern (Vollzug § 47 BImSchG). Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Juli 2003.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de.
- LUNG (o.J): Übersicht über das Plangebiet und über die wesentlichen Maßnahmen des Luftreinhalteplans für die Hansestadt Rostock. http://www.lung.mv-regierung.de/umwelt/luft/archiv/lrp_hro_zusammenf.pdf
letzter Zugriff 19.05.2011
- Rabl, P., Dirr, R., Reif, D. und Kottermair, W. (1989): Immissionsmessungen innerhalb und außerhalb von Wohngebäuden an einer stark befahrenen Autobahn. Schriftenreihe Heft 90, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München.
- Palmgren, F., Berkowicz, R., Ketzel, M. and Winther, M. (2007): Elevated NO₂ Pollution in Copenhagen due to Direct Emission of NO₂ from Road Traffic. 2nd ACCENT Symposium, Urbino, Italy, July, 23 – 27, 2007.
- Romberg, E., Niemann, H.-J. und Brilon, W. (1986): Windkanaluntersuchungen über die Ausbreitung von Abgasen an Hochleistungsstraßen. 3. Teilstudie. Forschungsbericht im Auf-

- trag der Bundesanstalt für Straßenwesen vom Institut für Konstruktiven Ingenieurbau und Lehrstuhl für Verkehrswesen I, Ruhruniversität Bochum.
- Romberg, E., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Statistische Berichte BW (1985-1991): Immissions-Konzentrationsmessungen. Hrsg.: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart.
- SVU (2011a): Verkehrsdaten Rostock per E-Mail Herr Schönefeld (Planungsbüro Dr.-Ing. D. Hunger, Stadt - Verkehr – Umwelt) vom 03.05.2011.
- SVU (2011b): Auswertung der haltenden Fahrzeuge am Knotenpunkt Am Strande/Grubenstraße. Per E-Mail Herr Schönefeld (Planungsbüro Dr.-Ing. D. Hunger, Stadt - Verkehr – Umwelt) vom 01.06.2011.
- TA Luft (1986): 1. Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft). GMBL., 37. J., Nr. 7, 28.02.1986, S. 95 - 143.
- THBA (2011a): Verkehrszahlen Rostock per E-Mail Herr Thiele (THBA - Tief- und Hafenbauamt Rostock) vom 02.05.2011.
- THBA (2011b): Persönliche Mitteilung Herr Henoch (THBA - Tief- und Hafenbauamt Rostock) vom 031.05.2011.
- UBA 40/91 (1991) (Ahrens, G.-A., Becker, E.C. et al.): Verkehrsbedingte Luft- und Lärmbelastungen - Emissionen, Immissionen, Wirkungen - (UBA Texte 40/91). Berlin: Umweltbundesamt. Beilage: Emissionsszenarien für den PKW- und Nutzfahrzeugverkehr in Deutschland 1988-2005. Berlin: Umweltbundesamt, 1991 (UBA Texte 40/91, Beilage).
- UBA (1995) (Hassel, D., Jost, P., Weber, F.J., Dursbeck, F.): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990. Abschlussbericht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Luftreinhaltung. UBA-FB 95-049. UBA-Berichte 5/1995.
- UBA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1/April 2004. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.
- UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Januar 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <http://www.hbefa.net/d/start.html>.

- 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.
- VDI 3782 Blatt 1 (1992): Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre. Gaußsches Ausbreitungsmodell für Luftreinhaltepläne. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure, 10/92.

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

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

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

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

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

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

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

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

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

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit der 39. BImSchV in nationales Recht umgesetzt. In der 39. BImSchV wurden u.a. die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben wurden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm), der ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist. Für davor liegende Jahre werden Toleranzmargen genannt, die hier im Abschnitt 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 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus, der bereits heute eingehalten werden sollte und ab dem Jahr 2015 ein Grenzwert wird.

Für den Immissionsgrenzwert für PM2.5 von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab dem Jahr 2015 wurde eine Toleranzmarge von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erlassen, die sich ab dem 1. Januar 2009 in jährlichen Stufen um ein Siebentel (ca. $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 PM2.5-Exposition von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM2.5-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 PM2.5-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20 %, mindestens jedoch soll das Ziel von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 PM2.5-Richtgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 wird dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die

technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft.

A N H A N G A2:
ÜBERSCHREITUNGSHÄUFIGKEIT DER STUNDEN- UND
TAGESMITTELWERTE

A2 ÜBERSCHREITUNGSHÄUFIGKEIT DER STUNDEN- UND TAGESMITTELWERTE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Emissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. 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 NO_2 und PM_{10} die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o. g. Grenzwerte und des derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel (PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$). Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO_2 und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich und wird hier nicht durchgeführt.

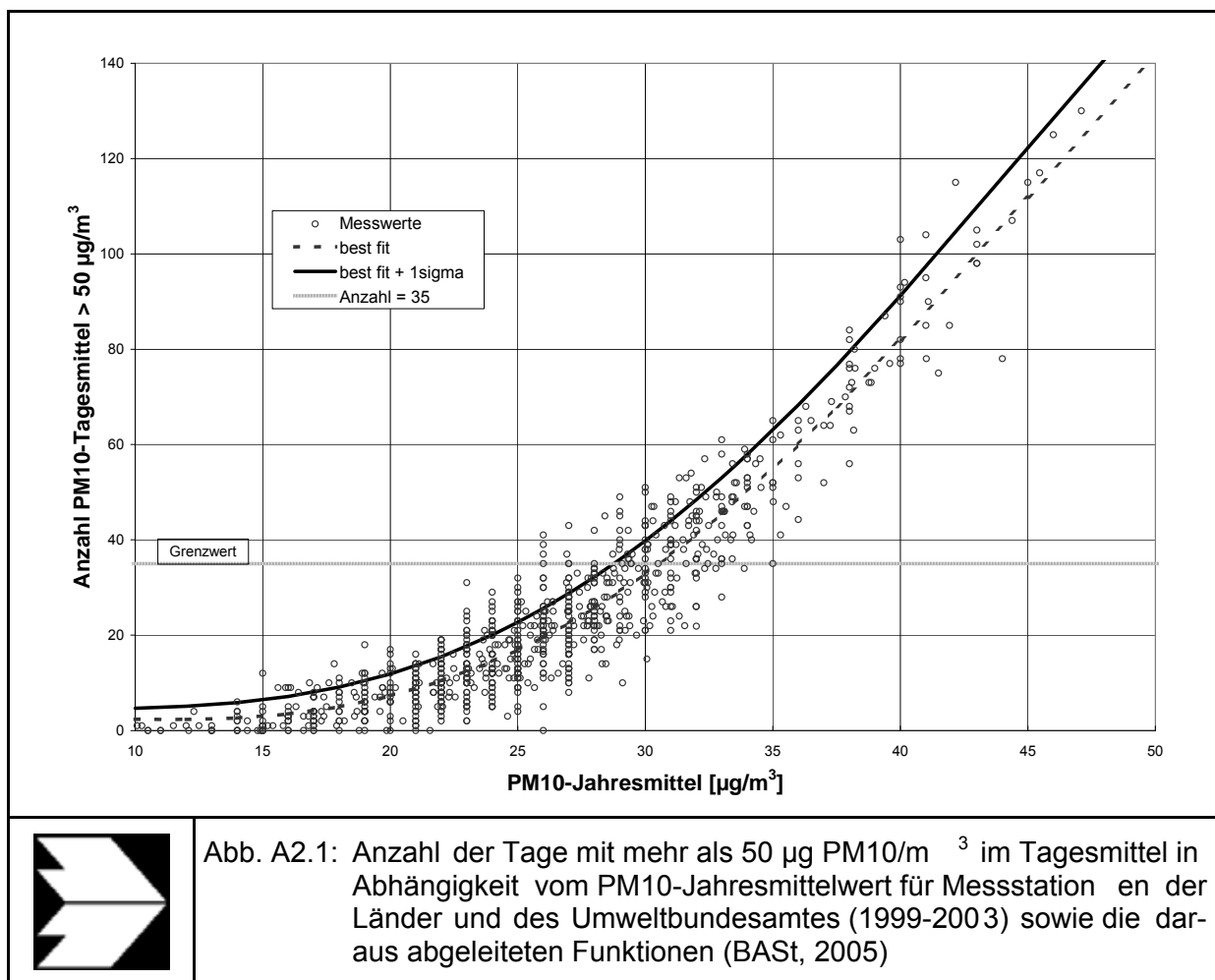
A2.1 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

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 PM10-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 PM10-Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. A2.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-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. A2.1** 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 PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).



Für die Bewertung des PM10-24h-Grenzwertes lässt sich die folgende differenzierte Bewertung in Hinblick auf das Eintreten von Überschreitungen ableiten:

PM10-Jahresmittel

- <29 µg/m³
- 29 - 30 µg/m³
- 31 - 33 µg/m³
- 34 - 35 µg/m³
- ≥36 µg/m³

Überschreitung PM10-Tagesmittel

- keine Überschreitung
- selten (Wahrscheinlichkeit <40 %)
- öfter möglich (Wahrscheinlichkeit 40 bis 80 %)
- wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit >80 %)
- so gut wie sicher

A N H A N G A3:
STICKOXID-KONVERSION

A3 Stickoxid-Konversion

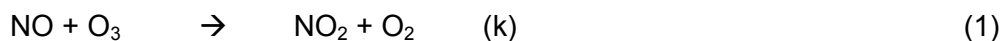
Von den Fahrzeugen werden die Stickoxide meistens hauptsächlich als NO und zu geringeren Teilen als NO₂ abgegeben. Auf dem Ausbreitungspfad wandelt sich das NO zu NO₂ um. Die Umwandlungsrate ist zeitabhängig und von verschiedenen Einflüssen abhängig.

Realistische Konversionen könnten mittels nachgeschalteter Chemiemodelle gewonnen werden. Häufig wird dazu eine vereinfachte Beziehung für die Beschreibung der chemischen Umwandlung im Gleichgewicht der Stoffe NO₂, NO und Ozon verwendet.

Die Annahmen, die zu den Vereinfachungen führen sind:

- ein Gleichgewicht im System NO₂-NO-O₃ stellt sich schnell ein.
- Umsetzung mit OGD (organische Gase und Dämpfe) werden nicht betrachtet.
- Mischungsprozesse und Senken (also Advektion, turbulente Diffusion, Einfluss der Randbedingungen, Deposition) werden über eine Mischungszeit τ parametrisiert.
- Der Beitrag der Verkehrsemissionen wird aus der Differenz der gemessenen NO_x-Konzentrationen zweier Luftmessstationen geschätzt.
- Der Windrichtungseinfluss wird nicht betrachtet.

Die betrachteten Reaktionen sind



J ist die Photolysefrequenz des NO₂, k ist die Reaktionsgeschwindigkeit. In der Atmosphäre findet rasch eine Gleichgewichtseinstellung zwischen den drei Stoffen statt. Das photochemische Gleichgewicht bezeichnet den Zustand, bei dem die drei Differentialquotienten (s. u.) identisch Null ergeben, das heißt Aufbau und Abbau eines Stoffes sind gleich groß und die Summe ist Null. Die Differentialausdrücke, die den Abbau von NO₂, NO und O₃ bei alleiniger Betrachtung dieser Reaktion beschreiben sind:

$$\frac{d[\text{NO}_2]}{dt} = k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{O}_3] - J \cdot [\text{NO}_2] + \frac{[\text{NO}_2]_{\text{VV}}}{\tau} + \frac{[\text{NO}_2]_{\text{B}} - [\text{NO}_2]}{\tau} \quad (3)$$

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{O}_3] + J \cdot [\text{NO}_2] + \frac{[\text{NO}]_{\text{VV}}}{\tau} + \frac{[\text{NO}]_{\text{B}} - [\text{NO}]}{\tau} \quad (4)$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = -k \cdot [NO] \cdot [O_3] + J \cdot [NO_2] + \frac{[O_3]_B - [O_3]}{\tau} \quad (5)$$

Die ersten beiden Terme auf der rechten Seite beschreiben die chemische Umwandlung durch thermische und photochemische Reaktion. Der nächste Term in den Gl. 1, 2 beschreibt die Wirkung der Emission (Index VV). Der letzte Term beschreibt die Mischung in Abhängigkeit des Konzentrationsunterschiedes zwischen Hintergrundstation (Index B) und dem Aufpunkt, an dem die Konzentration berechnet werden soll, hier die Verkehrsstation (im weiteren Index V): ist die Konzentration am Aufpunkt höher als die des Hintergrunds, ist dieser Term negativ und die Konzentration vermindert sich durch Einmischung von Luft mit geringerer Konzentration in das gedachte Volumen.

Die Konzentrationen $[NO]_{VV}$ und $[NO_2]_{VV}$ sind der Beitrag, der durch Verkehrsemissionen als Erhöhung der Konzentration über die Hintergrundkonzentration erzeugt worden ist. $[NO_x]$ ist die gemessene Konzentration der Verkehrsstation, $[NO]_B$ und $[NO_2]_B$ sind die gemessenen Hintergrundkonzentrationen. $[NO_2]_{VV}$ wird berechnet aus der NO_x -Differenz zwischen den Messungen der Verkehrsstation und der Hintergrundstation als

$$[NO_2]_{VV} = p([NO_x]_V - [NO_x]_B) \quad (6)$$

Mit $p = NO_2/NO_x$ (vorgegeben) und $[NO_x]_V$ als der Konzentration, die an der Verkehrsstation gemessen wird. Die unbekannten Größen sind $[NO]$, $[NO_2]$, $[O_3]$. Mit der Annahme, dass sich das Gleichgewicht rasch einstellt, werden aus den drei Differentialgleichungen (Gl. 3 bis 5) drei algebraische Bestimmungsgleichungen. Ihre Lösung ergibt die analytische Formel für die Konzentration:

$$[NO_2] = 0.5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4([NO_x]_V [NO_2]_O + [NO_2]_n / k\tau)} \right) \quad (7)$$

Mit den Größen

$$[NO_2]_n = [NO_2]_{VV} + [NO_2]_B$$

$$[NO_2]_O = [NO_2]_n + [O_3]_B$$

$$B = [NO_x]_V + [NO_2]_O + \frac{1}{k} \left(J + \frac{1}{\tau} \right)$$

Diese Gleichung wird im Ausbreitungsmodell OSPM zur Berechnung der NO_2 -Bildung verwendet (Palmgren et al., 2007; Berkowicz, 2000), wobei dort der Parameter τ aus

meteorologischen Werten (z. B. Windgeschwindigkeit und Turbulenz) sowie der Straßengeometrie berechnet wird.

Diese Gleichungen sind streng genommen nur anwendbar in Zeitreihenrechnungen, da z. B. die Parameter J und k von meteorologischen Parametern abhängig sind. Auf Grundlage von Anpassungen in verschiedenen Forschungsprojekten für die BAST sowie das Landesumweltamt Brandenburg) werden diese unter Verwendung von Jahresmittelwerten angewendet (vereinfachtes Chemiemodell).

Die Parameter wurden einheitlich wie folgt festgelegt:

$J = 0.0045$ pro Sekunde

$k = 0.00039$ (ppb · s)⁻¹

$\tau = 100$ Sekunden

Die Eingabegrößen sind:

NO_x-JM an Verkehrsstation (im Modell = Rechenwert)

NO_x-JM an Hintergrundstation

NO₂-JM an Hintergrundstation sowie

Ozon-JM an Hintergrundstation

p = Anteil primärer NO₂-Emissionen an NO_x-Emission.