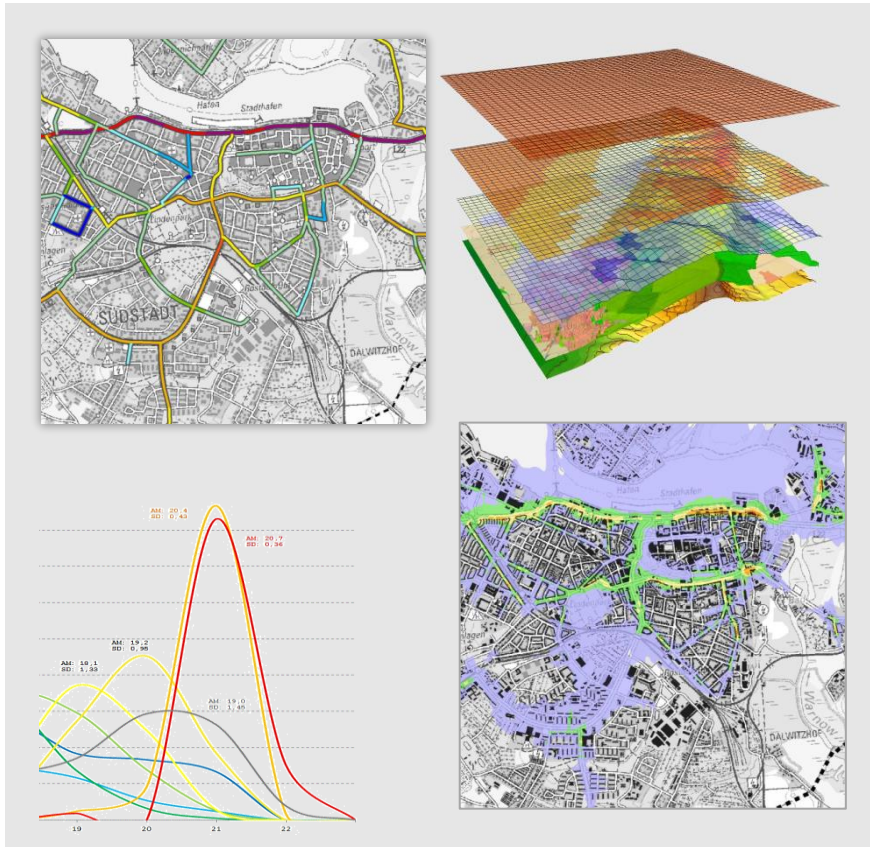


Untersuchung zur Luftqualität für das Gebiet der Hanse- und Universitätsstadt Rostock

Modellgestützte Analysen zur Luftschadstoffsituation im Rahmen der Klimaanalyse 2019



Im Auftrag der:

Hanse- und Universitätsstadt Rostock
Amt für Umweltschutz
Abt. Immissionsschutz und Umweltplanung
Holbeinplatz 14
18069 Rostock



GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Große Pfahlstraße 5a
30161 Hannover
Tel. (0511) 3887200
FAX (0511) 3887201
www.geo-net.de

In Zusammenarbeit mit: Prof. Dr. Günter Groß
Anerkannt beratender Meteorologe (DMG),
Öffentlich bestellter Gutachter für Immissionsfragen und
Kleinklima der IHK Hannover-Hildesheim

Hannover, Mai 2020



Inhaltsverzeichnis

Seite:

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	II
Zusammenfassung	III
1 Aufgabenstellung.....	4
2 Daten- und Bewertungsgrundlage	5
3 Methodik.....	8
4 Ergebnisse	10
4.1 Räumliche Ausprägung der Stickstoffdioxidbelastung	10
4.1.1 Emissionssituation Stickstoffdioxid (NO _x).....	10
4.1.2 Immissionssituation Stickstoffdioxid (NO ₂)	13
4.2 Räumliche Ausprägung der Feinstaubbelastung	16
4.2.1 Immissionssituation Feinstaub (PM ₁₀).....	16
4.2.2 Immissionssituation Feinstaub (Fraktion PM _{2,5}).....	18
4.2.3 Immissionssituation Feinstaub (Ultrafeine Partikel)	20
4.3 Räumliche Ausprägung der Schwefeldioxidbelastung und Immissionssituation SO ₂	21
4.4 Zusammenfassende Betrachtung zur Luftqualität in Rostock	23
Literatur	24



Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Windrichtungs- und Geschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Groß Lüsewitz.....	7
Abb. 4.1	Ausschnitt der NO _x -Emissionsmengenkarte des Straßenverkehrs in Rostock. NO _x -Emission in Gramm pro Meter und Tag.....	11
Abb. 4.2	Ausschnitt der NO _x -Emissionsmengenkarte des Schiffsverkehrs in Rostock in Milligramm pro Meter und Sekunde.....	11
Abb. 4.3	Ausschnitt der NO _x -Emissionsmengenkarte Gewerbe in Rostock in Kilogramm pro Jahr.....	12
Abb. 4.4	Jahreskenngößen der NO ₂ -Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019).....	13
Abb. 4.5	Jahresmittelwerte der NO ₂ -Konzentration (µg/m ³), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Stickstoffdioxid	14
Abb. 4.6	Jahreskenngößen der PM ₁₀ -Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019).....	16
Abb. 4.7	Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration (µg/m ³), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Feinstaub.....	17
Abb. 4.8	Jahreskenngößen der PM _{2.5} -Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019).....	18
Abb. 4.9	Jahresmittelwerte der PM _{2.5} -Konzentration (µg/m ³), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Feinstaub.....	19
Abb. 4.10	Jahreskenngößen der SO ₂ -Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019).....	21
Abb. 4.11	Jahresmittelwerte der SO ₂ -Konzentration (µg/m ³), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Schwefeldioxid.....	22

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Aktuell rechtsverbindliche Immissionsgrenzwerte in µg · m ⁻³ (= Mikrogramm pro Kubikmeter) einzelner Luftschadstoffkomponenten in der Außenluft nach 39. BImSchV (2010). Für Ultrafeine Partikel (UFP) gibt es zum jetzigen Zeitpunkt keine Richt- und Grenzwerte.....	6
-----------	---	---



Zusammenfassung

Im Auftrag der Hanse- und Universitätsstadt Rostock wurde vom Büro GEO-NET Umweltconsulting GmbH in Kooperation mit Prof. Dr. G. Gross (Universität Hannover) eine modellgestützte Analyse zu den klimaökologischen Funktionen für das Stadtgebiet Rostock erstellt. Im Rahmen dieser Klimaanalyse und auf Grundlage der hierfür erstellten Eingangs- und Modelldaten sollen Untersuchungen zur Luftqualität durchgeführt werden, die als Fortführung und Aktualisierung der Lufthygienekarte von 2012 dienen können. Die Ergebnisse sollen dabei in gewissen Grenzen dazu geeignet sein, grenzwertrelevante Aussagen im Sinne 39. BImSchV zu treffen. Zudem sollen sie dazu dienen, Siedlungsbereiche zu identifizieren, in denen mit erhöhten Luftschadstoffkonzentrationen zu rechnen ist (Belastungsschwerpunkte).

Hierfür wurde zunächst ein Emissionskataster erzeugt. Die Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen und aus dem Schiffsverkehrs konnten wie vorgegeben in das Modellumfeld übernommen werden, wohingegen straßenverkehrsbedingten Emissionen zunächst quantifiziert werden mussten. Die zugehörigen Berechnungen wurden auf Grundlage der Verkehrsmengen mit dem „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ durchgeführt. Alle Emissionen wurden anschließend im Strömungsfeld der Klimaanalyse, das hierfür auf eine jahresmittlere Ausbreitungssituation erweitert wurde, verdriftet und aus den Ergebnissen Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung abgeleitet. Im Vordergrund standen dabei Aussagen zu den Luftschadstoffkomponenten Stickstoffdioxid, Feinstaub und Schwefeldioxid.

Wie auch die vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V) gemessenen Luftgütedaten zeigen die Ergebnisse der Modellrechnungen ein insgesamt moderates Schadstoffkonzentrationsniveau. Für keine der betrachteten Luftschadstoffkomponenten besteht gegenwärtig die Gefahr, die aktuell rechtsverbindlichen Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz der Vegetation zu überschreiten. Die Luftqualität im Gebiet der Hanse- und Universitätsstadt Rostock ist daher insgesamt als gut zu bewerten.



1 Aufgabenstellung

Aufgrund von Grenzwertüberschreitungen, die 2006 an der verkehrsnahen Luftgütemessstation „Rostock – Am Strande“ festgestellt wurden, hat das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus im Jahr 2008 einen Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Hansestadt Rostock veröffentlicht (MWAG 2015). Ziel dieses Planes war es, durch entsprechende Maßnahmen eine Minderung insbesondere der Luftschadstoffkomponente Stickstoffdioxid (NO₂) herbeizuführen. Seit dem Jahr 2015 wurden die Jahresmittelwerte an allen Messstationen im Stadtgebiet eingehalten.

Im Jahr 2012 wurde durch das Büro Lohmeyer GmbH & Co. KG im Zusammenhang mit der Klimafunktionskarte eine integrierte Lufthygienekarte erstellt (LOHMEYER 2012). Diese weist Belastungen durch Emissionen mittels punktueller (Gewerbe) und linearer Darstellungen (Straßen- und Schiffsverkehr) aus. Die Belastungen werden jedoch nicht flächendeckend für das gesamte Stadtgebiet Rostocks dargestellt. Diese Lufthygienekarte soll im Kontext der Fortschreibung der Klimafunktionskarte überarbeitet und aktualisiert werden. Hierzu werden die für die Klimaanalyse verwendeten Eingangs- und Modelldaten verwendet, woraus sich für die Interpretation der Ergebnisse einige Einschränkungen ergeben (s. Kap. 3).

Folgende **Quellgruppen** wurden betrachtet (s. Kap. 2):

- ⇒ Kfz-Verkehr
- ⇒ Genehmigungsbedürftige Anlagen
- ⇒ Schiffsemissionen

Die Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen und nichtgenehmigungsbedürftigen Anlagen werden dem Luftreinhalteplan folgend als irrelevant eingeschätzt und nicht weiter berücksichtigt.

Folgende **Luftschadstoffkomponenten** wurden berücksichtigt (s. Kap. 4):

- ⇒ Stickstoffdioxid (NO₂)
- ⇒ Schwefeldioxid (SO₂)
- ⇒ Partikel < 10 Mikrometer (PM₁₀)
- ⇒ Partikel < 2,5 Mikrometer (PM_{2.5})
- ⇒ Partikel < 0,1 Mikrometer (UFP)

Die Schadstoffbelastung wird im Rahmen der eingesetzten Methodik hauptsächlich durch die Emissionsmenge und die modellierte Strömung bestimmt. Da hierbei anders als bei der Klimaanalyse keine autochthone Wetterlage sondern eine jahresdurchschnittliche Ausbreitungssituation im Vordergrund steht, sind die Ergebnisse in gewissen Grenzen dazu geeignet, grenzwertrelevante Aussagen im Sinne 39. BImSchV zu treffen. Zudem können die Ergebnisse dazu dienen, Siedlungsbereiche zu identifizieren, in denen mit erhöhten Luftschadstoffkonzentrationen zu rechnen ist (Belastungsschwerpunkte).



2 Daten- und Bewertungsgrundlage

Die wichtigsten Eingangsparameter bei der Erzeugung des Strömungsmodells stellen die Strukturhöhen der jeweiligen Nutzung dar. Hierfür wurde das im Rahmen der Klimaanalyse abgeleitete Nutzungsraster verwendet. In diesem Raster sind keine Einzelgebäude aufgelöst, sondern für die Einordnung der Strukturhöhen nutzungsklassifiziert vorliegende Literaturdaten (u.a. MOSIMANN et al. 1999) verwendet worden, die auf empirisch gewonnenen Untersuchungsergebnissen aus verschiedenen Städten beruhen. Um den speziellen Anforderungen der Klimaanalyse gerecht zu werden, wurde bei der Aufbereitung der Nutzungsstrukturen ein 11-klassiger Nutzungsschlüssel verwendet (s. GEO-NET 2019).

Bei der Interpretation der Ausbreitungsrechnungen für Luftschadstoffe ist daher zu berücksichtigen, dass konkrete Gebäude in diesem Modellansatz nicht übernommen wurden. Die Baustrukturen sind vielmehr über klimarelevante Nutzungsklassen parametrisiert, die jeweils eine gewisse Porosität aufweisen, welche konkreten Gebäuden in der Realität nicht zu eigen ist.

Aus der relativ groben Rasterauflösung von 20 m ergeben sich zudem Einschränkungen bei der Aussagekraft der Ergebnisse insbesondere in Gebieten mit hohem Bauvolumen und engen Straßenräumen, da die Strömungs- und Ausbreitungsbedingungen hier nicht hinreichend repräsentiert werden können. Für die meteorologische Darstellung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse wurden 36 Sektoren berechnet, die sich an der Ausbreitungsklassen-Zeitreihe Groß Lüsewitz (DWD 2007) orientierten.

Die Emissionen der einzelnen Quellgruppen basiert auf folgenden Eingangsdaten und z.T. stark vereinfachten Rahmenbedingungen:

Straßenverkehr:

- ⇒ **Straßennetz und Verkehrsmengen:** LAP Stufe III 2018 (inkl. Korrekturen HANSESTADT ROSTOCK 2019)
- ⇒ **Emissionen (NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}):** HBEFA 4.1 (UBA [Hrsg.] 2019)
- ⇒ **Verkehrszustand:** LOS1 50%, LOS2 40%, LOS3 10%, LOS4 0%
- ⇒ **Emissionshöhe:** 0,5 m
- ⇒ **Bezugsjahr:** 2016 (Flottenmix REF D HB41)

Genehmigungsbedürftige Anlagen:

- ⇒ **Quellparameter (Punkt-, Linien-, Flächen- und Volumenquelle), Freisetzungshöhe, Massenströme, Jahresfracht (NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}):** Emissionserklärungen zur 11. BImSchV
- ⇒ **Emissionshöhe:** variabel
- ⇒ **Bezugsjahr:** 2016

Schiffsverkehr:

- ⇒ **Emissionen (NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5} (0,75 · PM₁₀)) und Quellparameter** LOHMEYER (2012)
- ⇒ **Emissionshöhe:** 28 m
- ⇒ **Bezugsjahr:** 2015



Als **rechtliche Bewertungsgrundlage** für die Schadstoffkonzentrationen dienen die in der 39. BImSchV festgelegten Luftqualitätsstandards und deren Rahmenbedingungen. In **Tab. 2.1** sind die aktuell rechtsverbindlichen Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid NO₂, Schwefeldioxid SO₂, und die Feinstaubkomponenten PM₁₀ und PM_{2,5} in der Außenluft aufgeführt. Als Indikator für die Luftqualität werden im Folgenden die Konzentrationen des NO₂ und des Feinstaubes verwendet.

Schadstoffkomponente	Mittelungszeitraum	Immissionsgrenzwert (µg · m ⁻³)	Zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Stunde	200	18 x
	Kalenderjahr	40	–
Schwefeldioxid (SO ₂)	Stunde	350	24 x
	Tag	125	3 x
Feinstaub (PM ₁₀)	Tag	50	35 x
	Kalenderjahr	40	–
Feinstaub (PM _{2,5})	Kalenderjahr	25	–

Tab. 2.1: Aktuell rechtsverbindliche Immissionsgrenzwerte in µg · m⁻³ (= Mikrogramm pro Kubikmeter) einzelner Luftschadstoffkomponenten in der Außenluft nach 39. BImSchV (2010). Für Ultrafeine Partikel (UFP) gibt es zum jetzigen Zeitpunkt keine Richt- und Grenzwerte

Anmerkung zu Kurzzeitbelastungen: Der Grenzwert der mittleren Jahreskonzentration für Stickstoffdioxid ist ein deutlich strengeres Kriterium als die NO₂-Kurzzeitbelastungen im Sinne der 39. BImSchV (2010). In der Praxis ist die Wahrscheinlichkeit, den Kurzzeitgrenzwert an mehr als 18 Stunden im Jahr zu überschreiten, nur dort als hoch anzusehen, wo der Jahresimmissionswert oberhalb von 60 µg·m⁻³ liegt. Umgekehrt verhält es sich bei Betrachtung des Feinstaubes PM₁₀, dessen Kurzzeitgrenzwert deutlich schwieriger einzuhalten ist als das maximal zulässige Jahresmittel. Der 24-h-Wert kann hier in Einzelfällen bereits bei Jahresmitteln ab 28 µg·m⁻³ häufiger als 35 mal überschritten werden.

Um die Gesamtimmissionsbelastung im Plangebiet abschätzen zu können, sind Daten zur **Hintergrundkonzentration** der Schadstoffkomponenten nötig. Diese Vorbelastungs-Immissionen treten unabhängig von lokalen Zusatzbelastungen auf und stammen aus Quellen wie Kleinf Feuerungsanlagen, Gewerbe und regionalem Verkehr. Die Standorte einiger Messstationen des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V (LUNG) sind so gewählt, dass sie außerhalb des direkten Einflussbereiches von größeren Straßen sowie Gewerbe- und Hafenanlagen eine ländliche Hintergrundbelastung widerspiegeln. Die nächstliegende Station des ländlichen Hintergrundes „Rostock-Stuthof“ befindet sich nach Angaben des LUNG noch im Einflussbereich des Industrie- und Hafengebietes und verzeichnet bei östlichen Winden einen leichten Einfluss des Straßenverkehrs der L22. Daher wurde die Vorbelastung in dieser Untersuchung in Anlehnung an die etwas niedriger liegenden Daten der Messstation „Gülzow“ bestimmt. Die Station befindet sich im Landkreis Rostock, ca. 9 km westlich von Güstrow (s. LUNG 2015 – 2019).



Folgende **Konzentrationswerte** wurden für die **Hintergrundbelastung** angesetzt:

- ⇒ Stickstoffdioxid (NO₂): 8 µg · m⁻³
- ⇒ Schwefeldioxid (SO₂): 1 µg · m⁻³
- ⇒ Feinstaub (PM₁₀): 15 µg · m⁻³
- ⇒ Feinstaub (PM_{2,5}): 12 µg · m⁻³

Wie auch im Luftreinhalteplan wurden zur Definition der meteorologischen Rahmenbedingungen für die Modellrechnungen die Ausbreitungsbedingungen der Station Groß Lüsewitz des Deutschen Wetterdienstes verwendet. Eine AKTerm enthält für einen repräsentativen zwölfmonatigen Zeitraum (in der Regel ein Kalenderjahr) stündliche Werte der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Ausbreitungsklasse nach Klug/Manier. Sie bildet somit die übergeordneten Strömungsbedingungen ab, die durch die lokalen Gegebenheiten (Boden und Gebäudeeinfluss) im Windfeldmodell modifiziert werden.

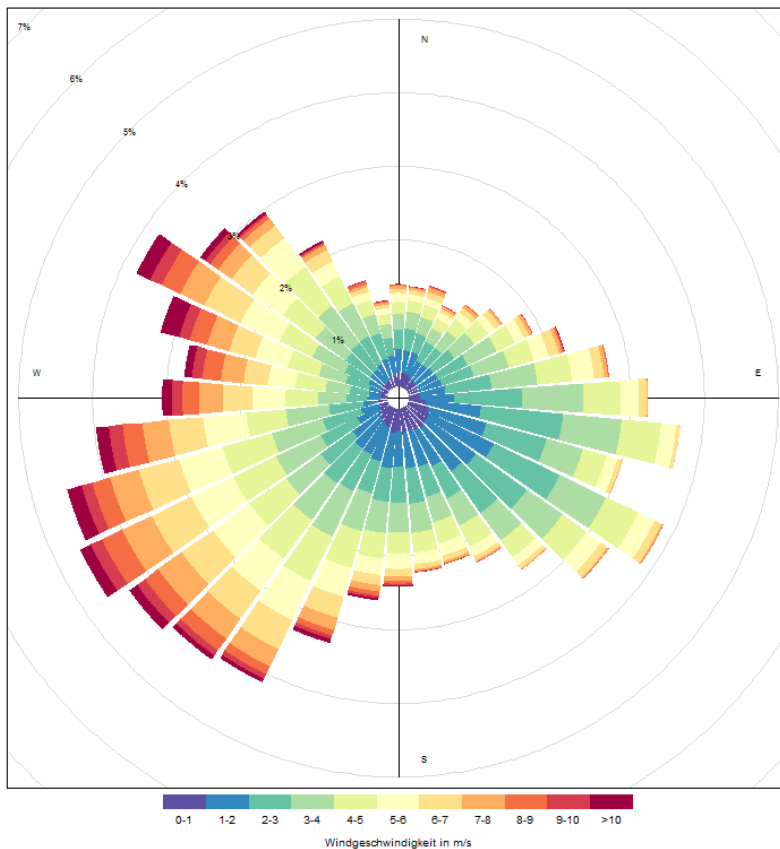


Abb. 2.1 Windrichtungs- und Geschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Groß Lüsewitz



3 Methodik

Als Indikator für die Schadstoffbelastung der Luft wird in der vorliegenden Untersuchung die Ausbreitung der Luftschadstoff-Emissionen im Strömungsfeld bzw. die sich daraus ergebende jahresmittlere Immissionskonzentration ihrer Komponenten verwendet. Hierzu müssen zunächst die Emissionsdichten der jeweiligen Schadstoffe lokalisiert und quantifiziert werden. Aus den Emissionen der jeweiligen Quellen und den Angaben zur Hintergrundbelastung werden anschließend mit FITNAH-3D die jahresdurchschnittlichen Gesamtbelastungen im Straßenraum ermittelt. Mit diesem Modell kann die Immission der Luftschadstoffe auf Grundlage der Emissionsquellen sowie der meteorologischen und strukturellen Strömungs- und Ausbreitungsbedingungen flächenhaft für den Gesamtraum berechnet werden.

Wie bereits im Vorkapitel beschrieben, sind bei der Interpretation der Ergebnisse diverse modell- und auflösungsbedingte **Einschränkungen** der Aussagekraft zu berücksichtigen: Das Strömungsmodell ist für die Berechnung der Klimaparameter bei autochthonen Wetterlagen optimiert – nicht für die Berechnung von jahresmittleren Luftschadstoffkonzentrationen. Es beruht auf mesoskalig parametrisierten Nutzungskategorien und enthält keine konkreten Gebäude und sonstige Hindernisse ohne Porosität. Damit stellt es die Ausbreitungs- und Verdünnungsbedingungen für Luftbeimengungen stark generalisiert dar. Zudem ist die die Rasterauflösung von 20 m nicht dazu geeignet, die Luftschadstoffsituation innerstädtischer Hauptverkehrsstraßen mit dichter Randbebauung – oder allgemein in Straßenrandbereichen – realistisch wiederzugeben.

Die Grundlage zur Berechnung der durch genehmigungsbedürftige Anlagen und den Schiffsverkehrs verursachten Zusatzbelastung war vorgegeben. Die Emissionswerte stammen direkt aus den auf Seite 5 aufgeführten Datenquellen.

Für den Straßenverkehr lagen lediglich Verkehrsstärken vor, aus denen die Emissionen zunächst berechnet werden mussten. Hierzu wurde das „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 4.1“ (**HBEFA 4.1**) des Umweltbundesamts (UBA [Hrsg.] 2019) verwendet. Das HBEFA stellt Emissionsfaktoren für alle gängigen Fahrzeugkategorien jeweils in emissionsrelevanter Differenzierung für eine große Bandbreite von Eingangsgrößen zur Verfügung. Die durchschnittlichen Emissionsfaktoren des HBEFA weisen für zukünftige Jahre gegenüber der heutigen Situation eine zunehmende Reduktion auf. Dies steht im Zusammenhang mit den Erwartungswerten einer veränderten Verkehrszusammensetzung, d.h. mit der Verringerung der Emissionen einer verjüngten Fahrzeugflotte. Daher ist das angesetzte **Prognosejahr** (hier 2016) von entscheidender Bedeutung für die Berechnung des Schadstoffausstoßes. Im Standard-Szenario „REF D HB41“ ist (neben der aktuellen Situation) ein nach Emissionsstufen differenzierter Fahrzeugbestand („Flottenmix“) für jedes zukünftige Bezugsjahr festgelegt. Berechnet werden die Anteile über die Fortschreibung der gegenwärtigen Neuzulassungszahlen und die „Überlebenswahrscheinlichkeit“ der verbleibenden Fahrzeuge. Die aufgrund der Verkehrssituationen im HBEFA berechneten Emissionsfaktoren beruhen auf Tests zur Zulassung im Rahmen der europäischen Abgasgrenzwerte (Euro-Norm-Stufen). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das HBEFA auf Messungen von nicht legislativen Fahrzyklen basiert und somit innerhalb gewisser Grenzen reale Fahrsituationen reflektiert.



Für die Stickstoffoxide berechnet das HBEFA die Emissionsfaktoren von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) zunächst gemeinsam als Stickstoffoxide (NO_x) in Gramm pro Fahrzeug und Kilometer. Dies ist darauf zurückzuführen, dass NO_x zu einem großen Teil als NO emittiert und erst in den bodennahen Luftschichten zu NO₂ oxidiert werden. Der entsprechende Gleichgewichtsprozess ist unter anderem abhängig von der Ozonkonzentration und der Strahlung. Die Ermittlung der **NO₂-Immission** aus der **NO_x-Emission** über unterschiedlich komplexe Regressionsanalysen sowie die Ableitung der Gesamtmission unter Berücksichtigung der weiteren Rahmenbedingungen obliegt dem jeweiligen Ausbreitungsmodell.

Bei den Feinstaubimmissionen nimmt – neben den Auspuffemissionen – auch die Partikelfreisetzung infolge von verkehrsinduzierten Abrieben (Reifen-, Bremsen-, Kupplungs-, und Straßenbelagsabrieb) sowie die Wiederaufwirbelung von akkumuliertem Straßenstaub eine wesentliche Rolle ein. Die Emissionsfaktoren dieses „Non-Exhaust“-Anteils sind seit der Version 4.1 ebenfalls im HBEFA integriert.



4 Ergebnisse

4.1 Räumliche Ausprägung der Stickstoffdioxidbelastung

Eine Hauptquelle für Stickoxide (NO_x) in der Atmosphäre sind Abgase aus Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen für Produkte fossiler Brennstoffe. In Städten und Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die mit Abstand bedeutendste NO_x -Quelle. Die Freisetzung erfolgt zu einem wesentlichen Teil als Stickstoffmonoxid (NO), welches erst nachträglich zu Stickstoffdioxid (NO_2) oxidiert wird, weshalb diese beiden Komponenten bei der Emission gemeinsam als NO_x betrachtet werden. Da NO_2 als Reizgas in Bezug auf die Gesundheit von größerer Bedeutung ist und zudem als Vorläufersubstanz für die Bildung von Feinstaub wirkt, steht bei der Immission die Konzentration von NO_2 in Vordergrund. NO_2 gilt in der Luftreinhaltung als wichtiger Indikator für den Gesamtmix aus Luftschadstoffen, dem der Mensch in der Stadt ausgesetzt ist und kann somit als Maßstab für die Luftqualität in den repräsentierten Gebieten dienen.

4.1.1 Emissionssituation Stickoxide (NO_x)

Am Beispiel der Stickoxide werden in den Abbildungen 4.1 bis 4.3 die Emissionsbedingungen der verschiedenen Quellgruppen aufgezeigt und räumlich eingeordnet:

Anders als die Emissionen aus industriellen Quellen, Schiffen und Kleinf Feuerungsanlagen werden die straßenverkehrsbedingten Emissionen (siehe **Abb. 4.2**) in geringen Höhen und in direkter Nähe zu den Aufenthaltsbereichen des Menschen freigesetzt. Zusätzlich sind die Ausbreitungs- und Verdünnungsbedingungen in Bodennähe herabgesetzt, so dass sich Luftschadstoffe, vor allem in Straßenschluchten, sehr schnell anreichern können. Als Folge dieser Bedingungen treten insbesondere an Straßen mit hohen Verkehrsströmen und unmittelbar angrenzender Wohnbebauung hohe NO_2 -Immissionsbelastungen mit Grenzwertüberschreitungen auf.

Die jahresdurchschnittliche NO_x -Schadstofffreisetzung an den als Linienquelle interpretierten Liegeplätzen der Schiffe im Seehafen überschreitet die straßenverkehrsbedingten Emission um ein Vielfaches (siehe **Abb. 4.2**). Wie bereits angemerkt, sind die Schiffsemissionen aufgrund ihrer Freisetzungshöhe in Bereichen mit größeren Windgeschwindigkeiten und ihrer Freisetzung in besser durchlüfteten Anbausituationen anders zu bewerten, als diejenigen des Straßenverkehrs.

Ähnlich verhält es sich mit den NO_x -Emissionen aus Industrie und Gewerbe (siehe **Abb. 4.3** auf Seite 12). Die bodennahe Immissionszusatzbelastung (siehe **Abb. 4.5** auf Seite 14) hängt auch hier weniger von der Gesamtemission als vielmehr von der Freisetzungshöhe der einzelnen Quellen ab.

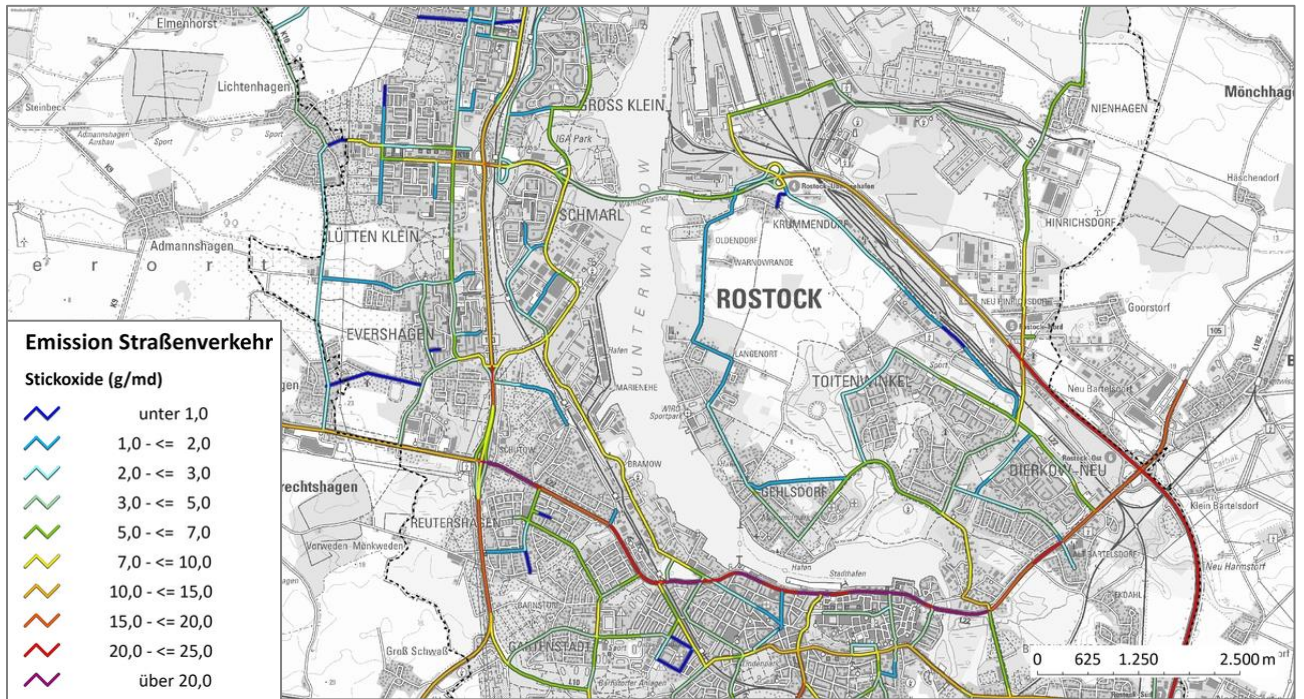


Abb. 4.2 Ausschnitt der NO_x-Emissionsmengenkarte des Straßenverkehrs in Rostock. NO_x-Emission in Gramm pro Meter und Tag

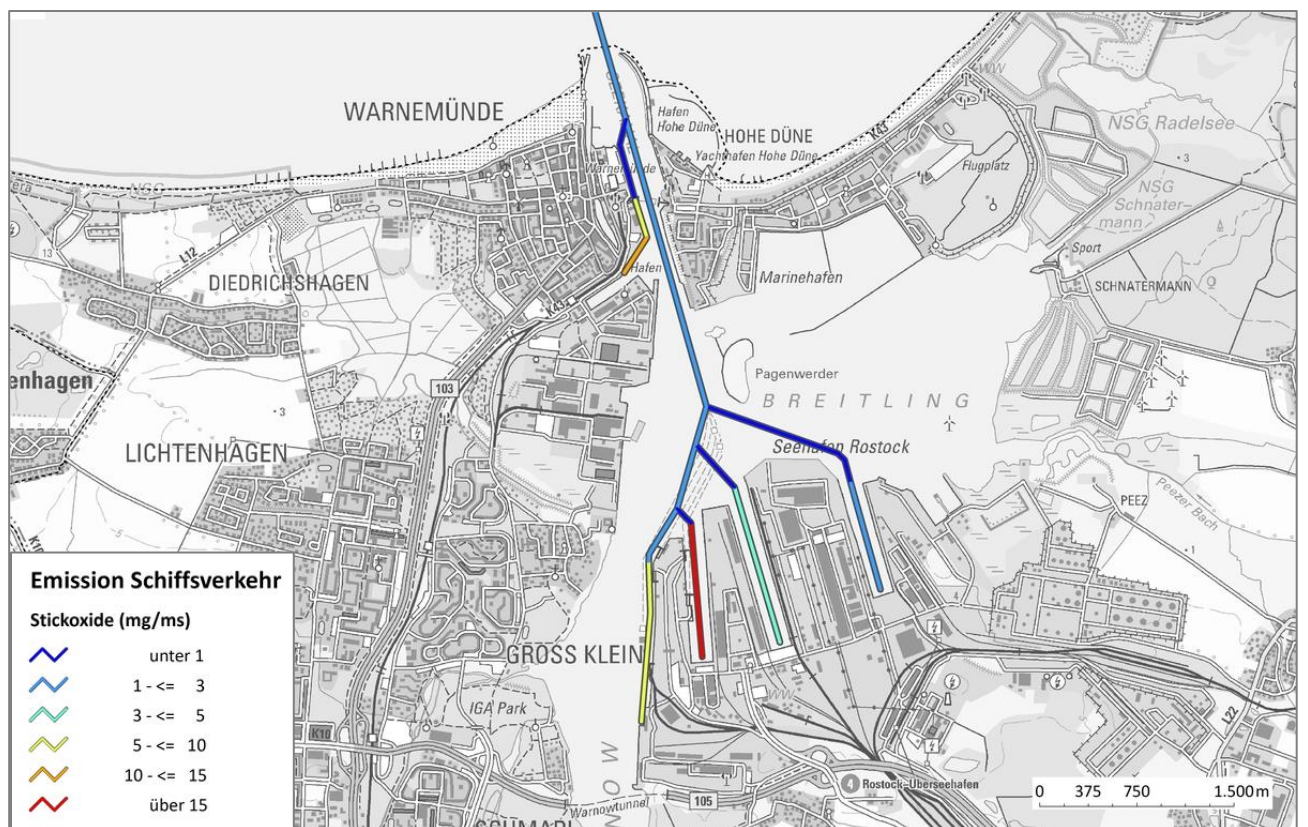


Abb. 4.2 Ausschnitt der NO_x-Emissionsmengenkarte des Schiffsverkehrs in Rostock in Milligramm pro Meter und Sekunde

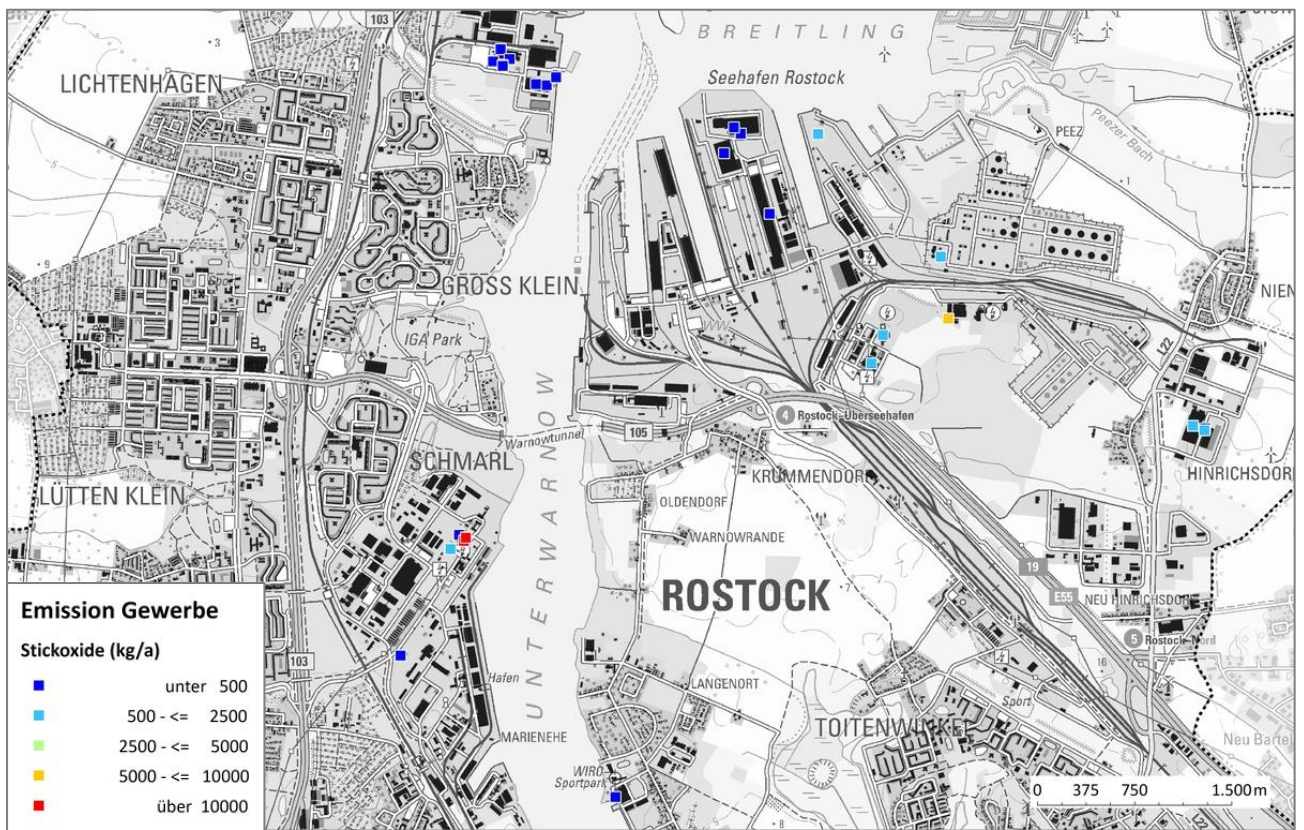


Abb. 4.3 Ausschnitt der NO_x-Emissionsmengenkarte Gewerbe in Rostock in Kilogramm pro Jahr



4.1.2 Immissionssituation Stickstoffdioxid (NO₂)

Seit dem Jahr 2015 wurden die aktuell rechtsverbindlichen Langfristgrenzwerte der NO₂-Konzentrationen an allen Messstationen im Stadtgebiet eingehalten. Die höchsten Immissionen werden weiterhin an der Verkehrsmessstation „Rostock – Am Strande“ ermittelt (vgl. **Abb. 4.4**). Sie liegen mit Konzentrationen um 35 µg/m³ in den letzten Jahren aber relativ sicher unterhalb der Grenzwerte. Da der Immissionsgrenzwert der mittleren Jahreskonzentration für den Luftschadstoff NO₂ ein deutlich strengeres Kriterium ist, als der Kurzzeitgrenzwert von 200 µg/m³ (siehe Seite 6), der als Stundenmittel nicht öfter als 18 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf, wurde auch dieser an allen Luftmessstationen sicher eingehalten.

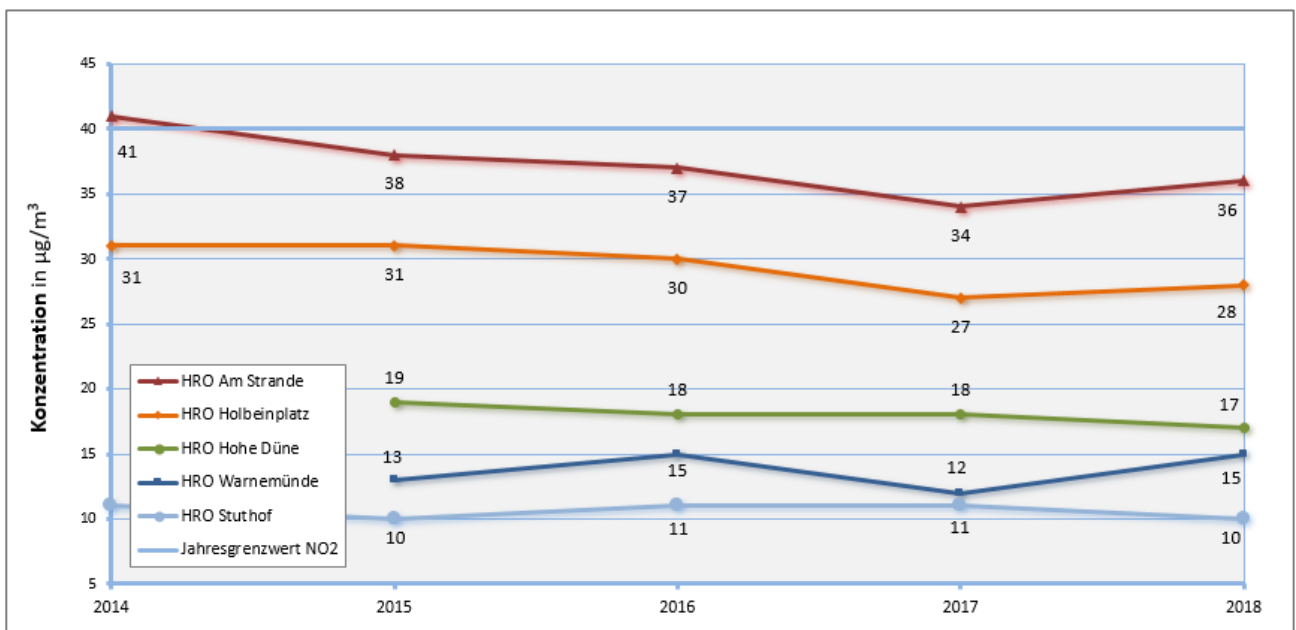


Abb. 4.4 Jahreskenngrößen der NO₂-Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019)

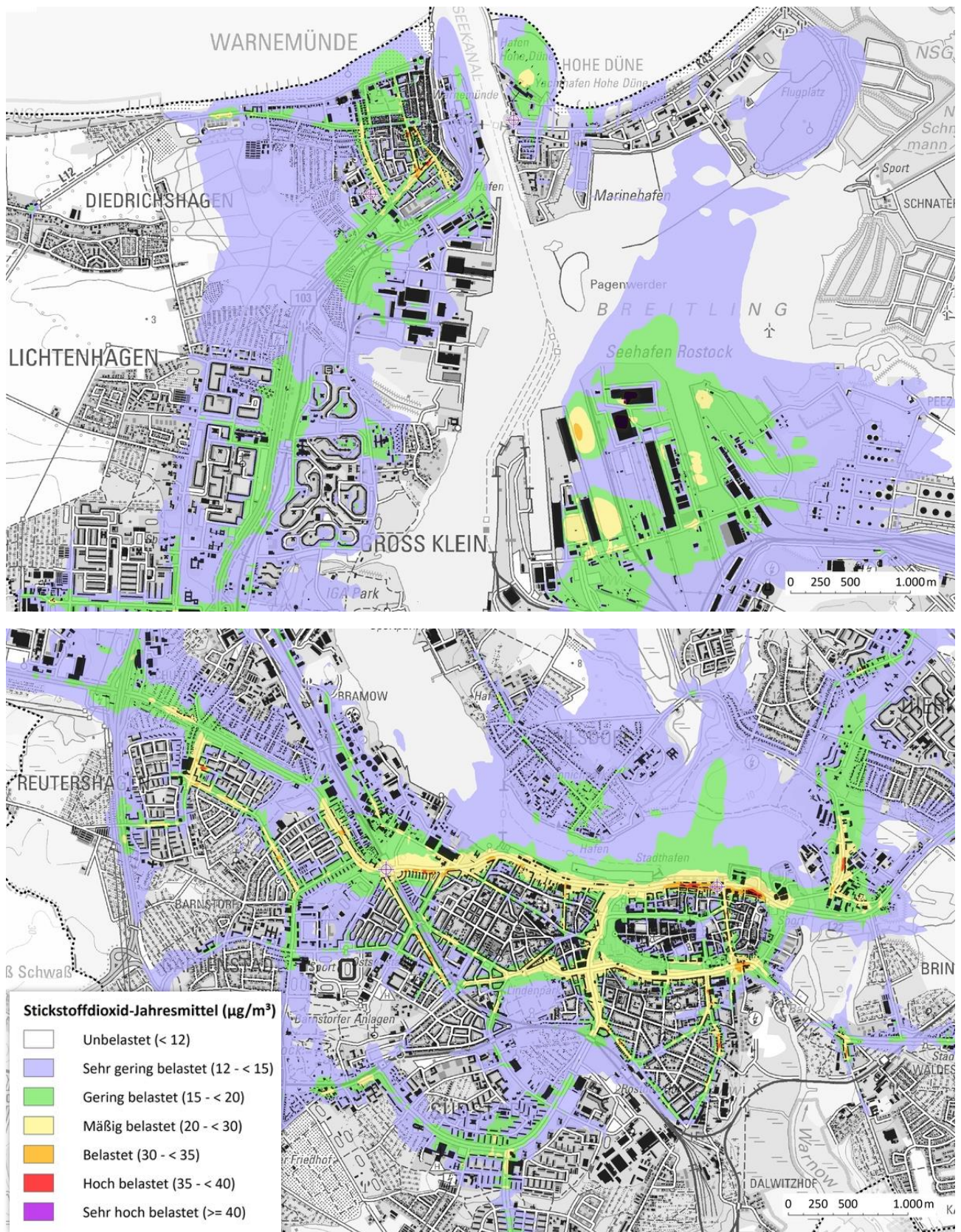


Abb. 4.5 Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Stickstoffdioxid



Die **Abb. 4.5** auf der Vorseite zeigt zwei Ausschnitte aus der lufthygienischen Belastungskarte für den Parameter NO_2 . Dargestellt ist die bodennahe mittlere jährliche Luftschadstoffkonzentration. Insgesamt zeichnen sich diejenigen Fahrbahnbereiche mit einem erhöhten Schadstoffniveau ab, in denen ein hohes Verkehrsaufkommen auf baulich bedingte Einschränkungen der Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe trifft. Dies gilt insbesondere für die Fahrbahnabschnitte im Umfeld des historischen Stadtkerns (Am Strande, Grubenstraße, Ernst-Barlach-Straße) und die Fortführungen der L22. Die berechneten Konzentrationen erreichen hier verbreitet Werte um $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mit lokalen Maxima über $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der jahresmittlere Immissionsgrenzwert wird im gesamten Stadtgebiet eingehalten. Ein auffälliges lokales Maximum ist in einigen Bereichen von Warnemünde sichtbar, wo sich Zusatzimmissionen aus dem Straßen- und Schiffsverkehr aufgrund herabgesetzter Schadstoffausbreitungsmöglichkeiten in der dichten Bebauung anreichern. Erhöhte Werte treten außerdem im Einflussbereich des Überseehafens auf.



4.2 Räumliche Ausprägung der Feinstaubbelastung

Als Feinstaub bezeichnet man Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}). Darunter fallen als besondere Fraktionen solche mit aerodynamischen Durchmessern von unter $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) und unter $0,1\ \mu\text{m}$ (Ultrafeine Partikel UFP). Der größte Teil der anthropogenen Feinstaubemissionen stammt aus Verbrennungsvorgängen und Produktionsprozessen, die beispielsweise mit Schüttgutumschlag verbunden sind. Die meteorologischen Bedingungen – und die hiervon abhängigen Ferntransporte – spielen bei der Immissionskonzentration des Feinstaubes eine bedeutende Rolle. Feinstaub wird nicht nur direkt emittiert („primäre Partikel“) sondern bildet sich auch aus Vorläuferstoffen (unter anderem aus Schwefeldioxid, Stickstoffoxid und Ammoniak) in der Atmosphäre („sekundäre Partikel“). Je nach Größe und Eindringtiefe der Teilchen in die Lunge sind die gesundheitlichen Wirkungen von Feinstaub verschieden.

4.2.1 Immissionssituation Feinstaub (PM_{10})

Wie bereits in Kapitel 4.1.2 beschrieben, ist der Immissionsgrenzwert des Jahresmittels für NO_2 ein deutlich strengeres Kriterium als die NO_2 -Kurzzeitbelastungen im Sinne der 39. BImSchV (2010). Umgekehrt verhält es sich bei Betrachtung des Feinstaubes, dessen Kurzzeitgrenzwert deutlich schwieriger einzuhalten ist als das maximal zulässige Jahresmittel.

Die in den Jahren 2006 und 2011 gemessenen Grenzwertüberschreitungen betreffen daher nicht das Jahresmittel, sondern die Anzahl von Tagen, deren Mittelwert über $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ lag. Die höchsten Immissionen werden weiterhin an der Verkehrsmessstation „Rostock – Am Strande“ ermittelt (vgl. **Abb. 4.6**), die Anzahl der Überschreitungstage liegt seit 2012 jedoch deutlich unterhalb der zulässigen 35. Der Grenzwert für das Jahresmittel wird an allen Stationen ungefährdet eingehalten.

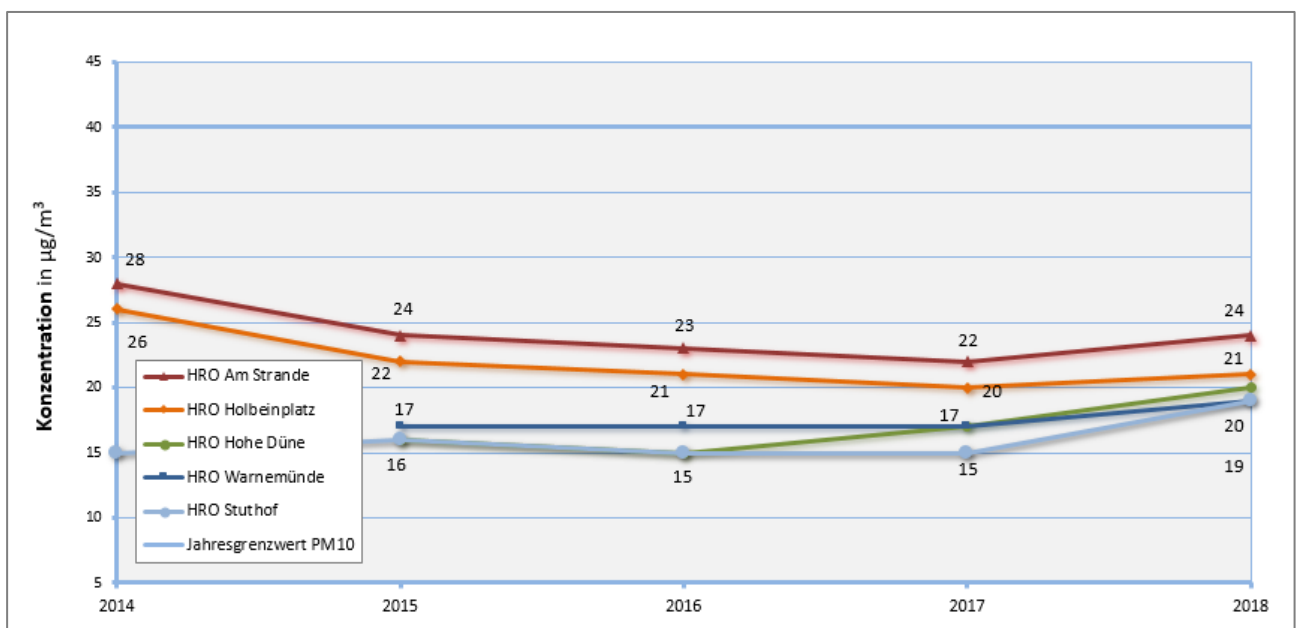


Abb. 4.6 Jahreskenngrößen der PM_{10} -Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019)

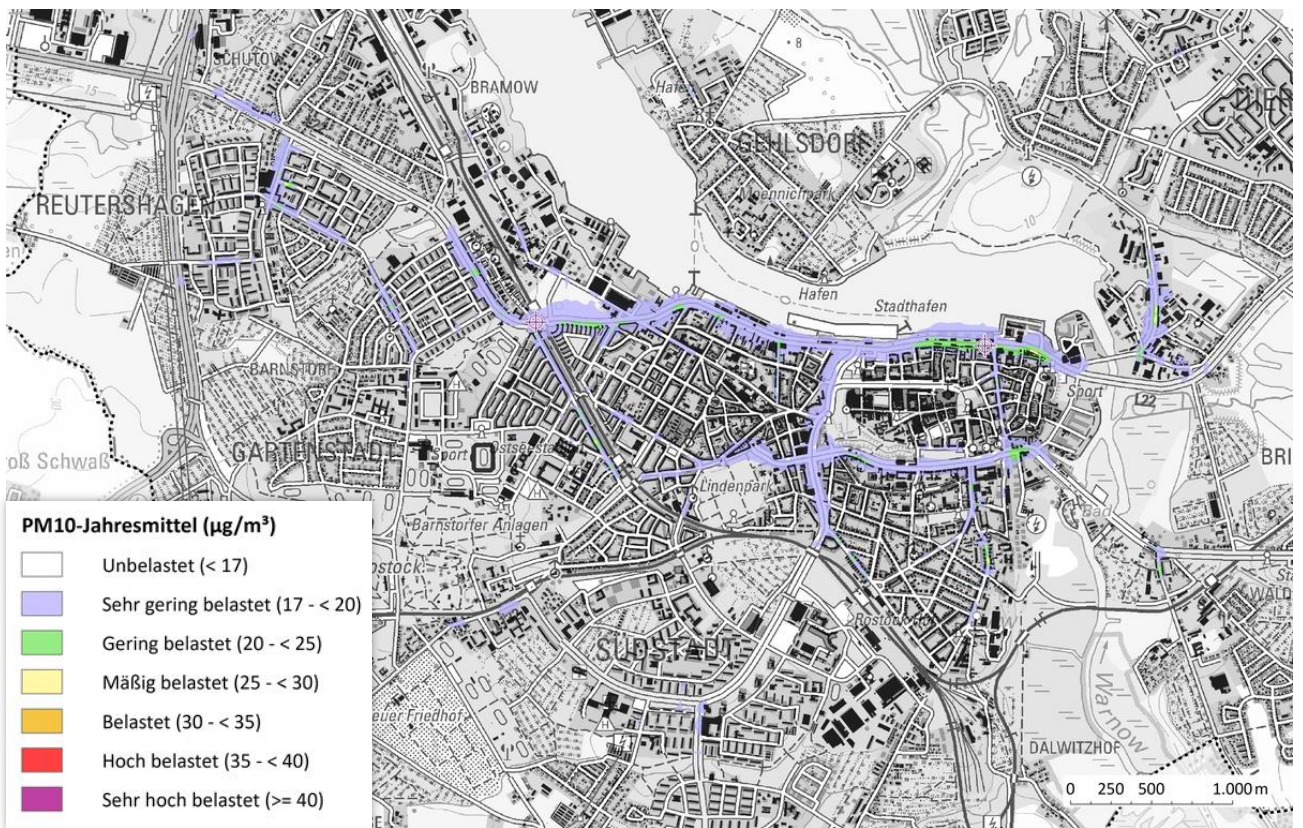
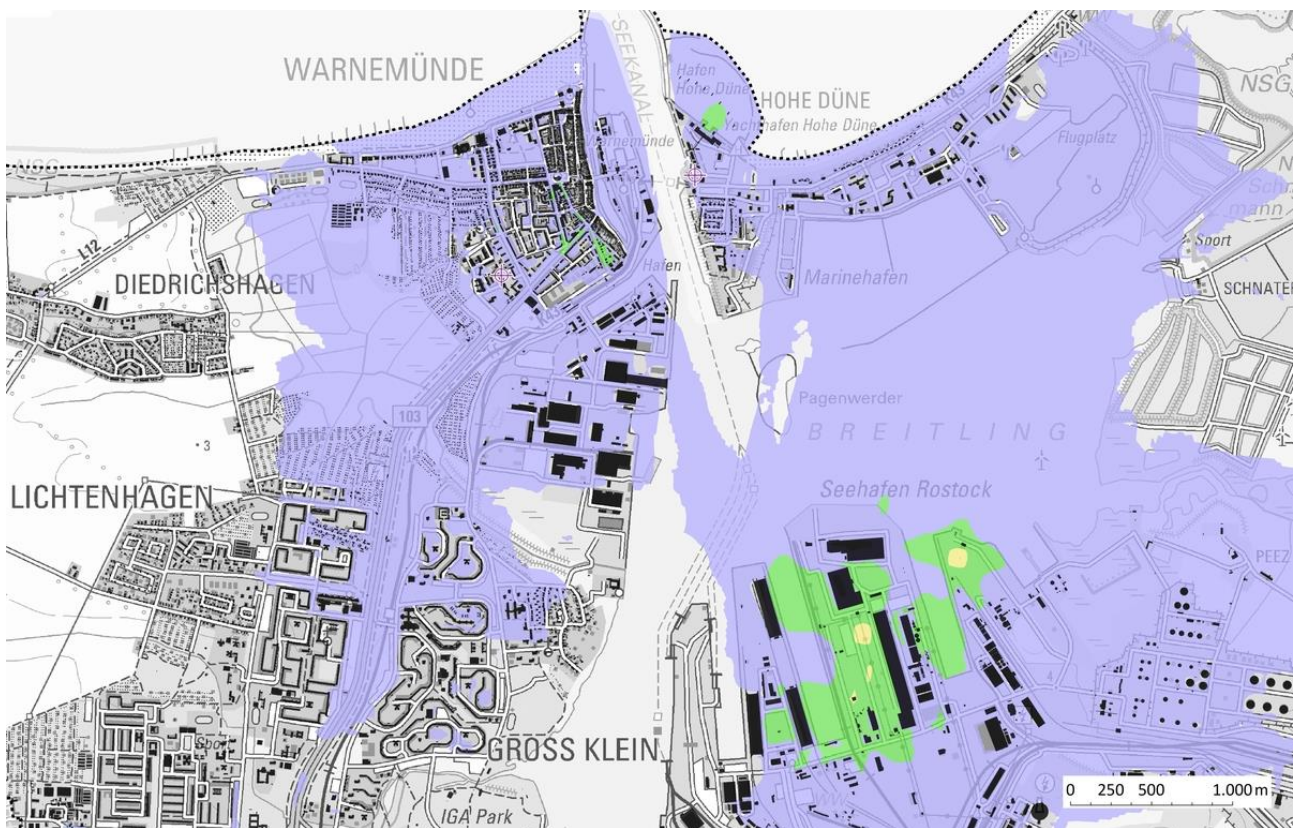


Abb. 4.7 Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Feinstaub



Die **Abb. 4.6** auf der Vorseite zeigt die bereits bekannten räumlichen Ausschnitte aus der lufthygienischen Belastungskarte. Dargestellt ist hier die bodennahe mittlere jährliche Konzentration für die Luftschadstoffkomponente PM₁₀. Die räumliche Verteilung entspricht insgesamt dem Immissionsfeld des NO₂, wobei die Maximalwerte unterhalb von 30 µg/m³ verbleiben. Basierend auf empirischen Daten weisen Bereiche mit einem Jahresmittelwert < 28 µg/m³ nach DÜRING U. LOHMEYER (2001) mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit keine Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes auf. Es ist gemäß der Modellrechnungen nicht davon auszugehen, dass Tagesmittelkonzentrationen über 50 µg/m³ häufiger als 35 mal pro Jahr überschritten werden.

4.2.2 Immissionssituation Feinstaub (Fraktion PM_{2.5})

Durch die geringe Größe der Feinstaub-Partikel und der daraus resultierenden weiten Transportdistanz in der Atmosphäre ist PM₁₀ und insbesondere PM_{2.5} von hoher nationaler und internationaler Relevanz. Der Grenzwert für das Jahresmittel wird für PM_{2.5} mit einem Indikator für die durchschnittliche Exposition (Average Exposure Indicator, AEI) kombiniert, dessen Reduktion auf eine generelle Senkung der Belastung in Städten abgezielt – anders als beim NO₂ oder PM₁₀, bei denen die Minderungsbestrebungen vornehmlich auf Belastungsschwerpunkte gerichtet sind. Dadurch soll für größere Teile der Bevölkerung die Luftqualität verbessert werden. Der Grenzwert für das Jahresmittel der PM_{2.5}-Immission von 25 µg/m³ wird an allen Stationen in Rostock ungefährdet eingehalten (siehe **Abb. 4.8** unten).

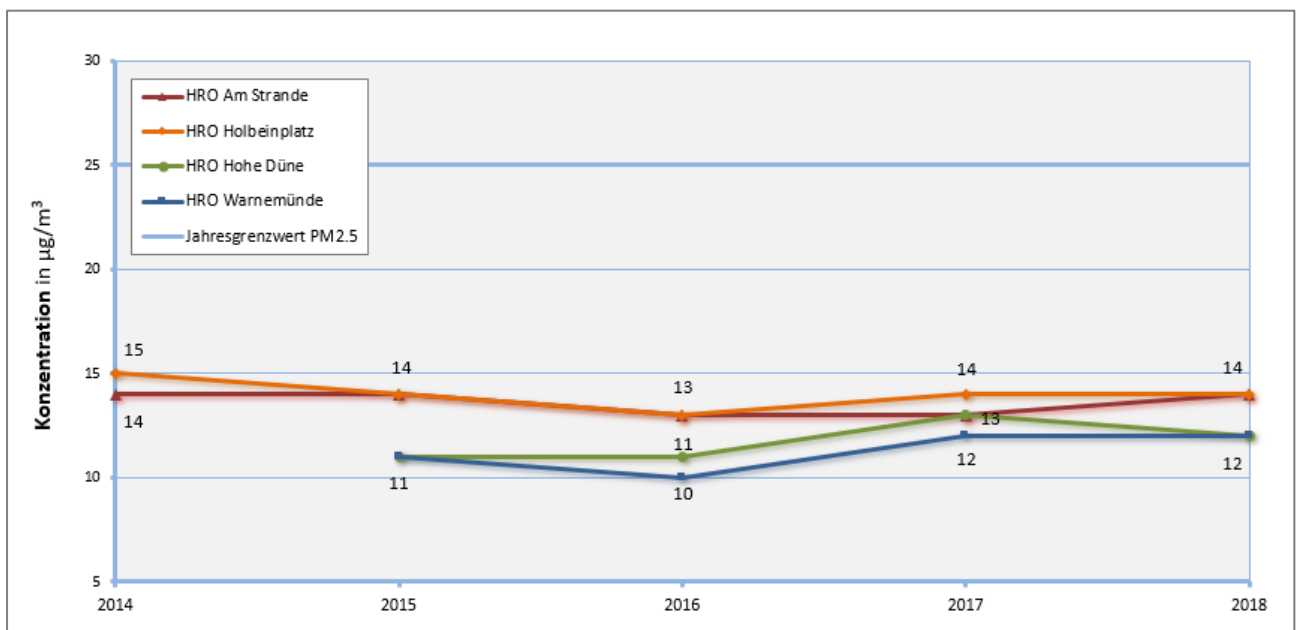


Abb. 4.8 Jahreskenngrößen der PM_{2.5}-Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019)

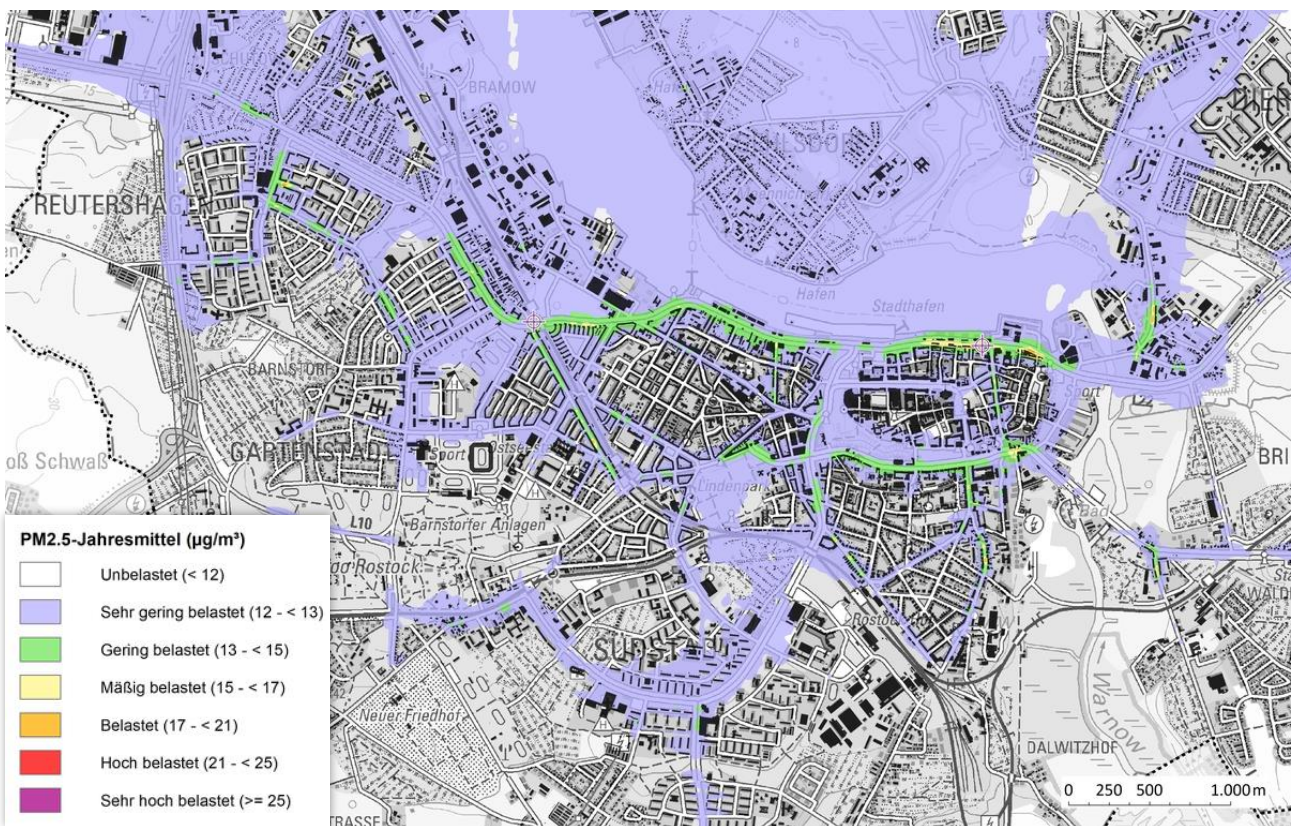
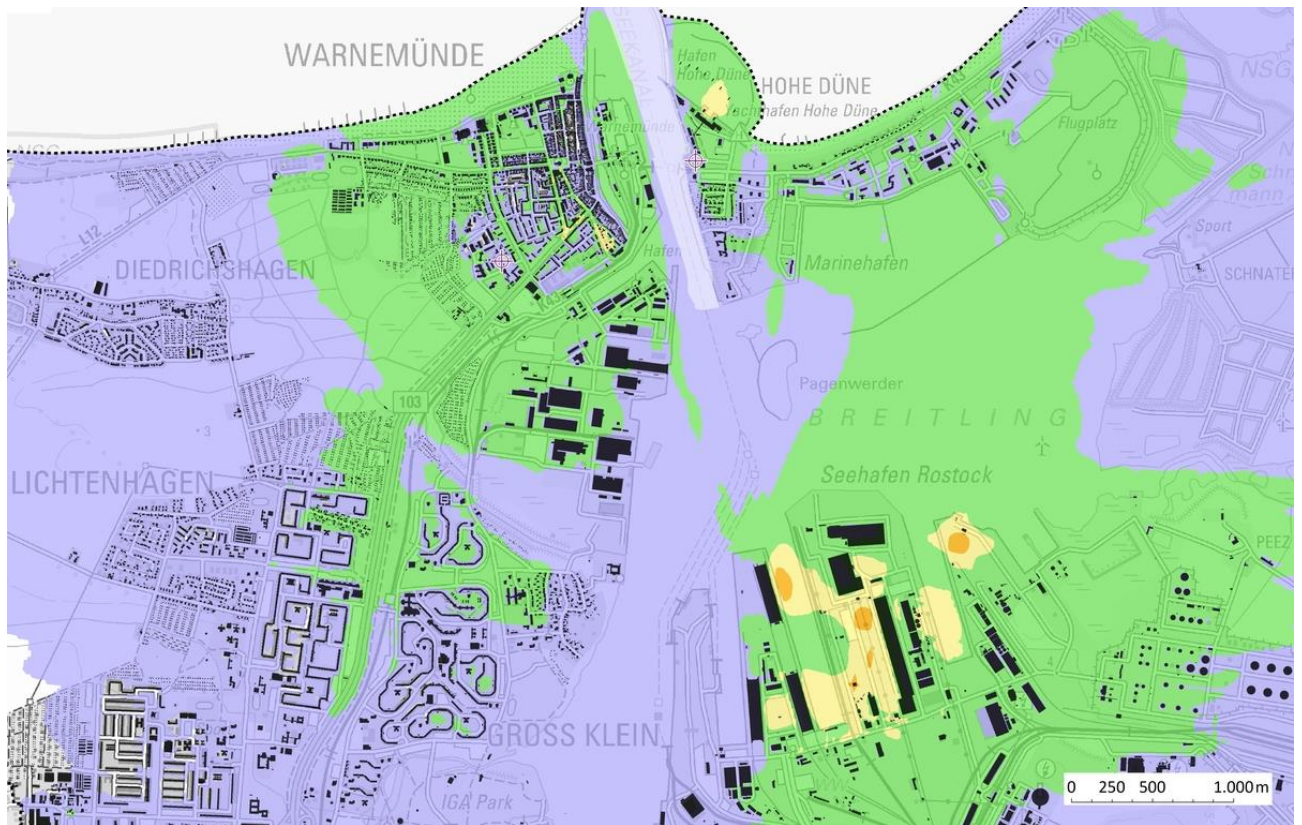


Abb. 4.9 Jahresmittelwerte der $\text{PM}_{2.5}$ -Konzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Feinstaub



In **Abb. 4.9** auf der Vorseite sind Ausschnitte der bodennahen jahresmittleren Konzentration für die Feinstaubfraktion $PM_{2.5}$ dargestellt. Es zeigt sich, dass für $PM_{2.5}$, die gleichen Belastungsschwerpunkte wie für PM_{10} und NO_2 berechnet wurden. Auch für diese Schadstoffkomponente weisen die mittleren jährlichen Konzentrationen lokale Maxima im Umfeld des historischen Stadtkerns und entlang der L22 sowie in einigen Straßenbereichen von Warnemünde und im Einflussbereich des Überseehafens auf. Die höchsten Immissionen wurden mit circa $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Überseehafen modelliert. Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes wurden nicht berechnet.

4.2.3 Immissionssituation Feinstaub (Ultrafeine Partikel)

Ultrafeine Partikel (UFP) sind Teilchen mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als $0,1 \mu\text{m}$ (= 100 nm). UFP entstehen bei Verbrennungsprozessen oder durch Nukleation („Keimbildung“ durch die Kondensation von Gasen). An verkehrsbelasteten, städtischen Standorten überwiegen Partikel aus Verkehrsemissionen. Im regionalen und städtischen Hintergrund zeigt sich in den Sommermonaten ein hoher Anteil an Partikeln aus Nukleation (UMWELTBUNDESAMT 2018).

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt existieren für UFP keinerlei Richt- oder Grenzwerte. Eine gesetzliche Verpflichtung für die Messung von UFP in der Außenluft gibt es nicht. Aus diesem Grund liegen Messergebnisse nicht systematisch aus der Luftqualitätsüberwachung vor, sondern vor allem aus speziellen Forschungsprojekten. In Deutschland werden die Partikelanzahl-Größenverteilungen im Rahmen des German Ultrafine Aerosol Networks (GUAN) gemessen. Die nächstgelegenen Stationen dieses Netzwerkes befinden sich in Waldhof (Schleswig-Holstein) und Neuglobsow (Brandenburg). Beide Messstellen dienen der Bestimmung des ländlichen Hintergrundes. Die nächstgelegene Verkehrsmessstation steht in Leipzig.

Im Unterschied zu den Feinstaubfraktionen PM_{10} und $PM_{2.5}$ werden bei UFP nicht die Gewichtskonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sondern die Anzahlkonzentration pro cm^3 angeführt. Zwischen ländlichen und verkehrsnahen Standorten gibt es eine deutliche und konsistente Zunahme der UFP-Partikelanzahlkonzentrationen: Während an der Zugspitze etwa 600 Partikel, im ländlichen Hintergrund bis 4 000 Partikel und im städtischen Hintergrund 4 000 – 10 000 Partikel pro cm^3 gemessen werden, kann die Anzahlkonzentration an stark befahrenen Straßen in Städten auf über 10 000 Partikel pro cm^3 ansteigen (UMWELTBUNDESAMT 2018).

Wegen der relativ schnell ablaufenden dynamischen Prozesse der Koagulation, Nukleation und Diffusion zählt man die UFP zur Gruppe der kurzlebigen Schadstoffe. Konzentrationen der UFP in der Luft weisen häufig eine starke räumliche und zeitliche Variabilität auf, welche die Bestimmung einer mittleren und repräsentativen Konzentration erschwert (BIRMILI et al. 2018).

Aufgrund dieser Zusammenhänge und weiterer Schwierigkeiten, wie z.B. der Ungenauigkeit von zugehörigen Emissionsfaktoren, erscheint die Modellierung einer feldhaften Verteilung der Partikelanzahlkonzentrationen von UFP im Kontext der Fortschreibung der Klimafunktionskarte seriös nicht realisierbar. Es wird daher auf eine räumliche Betrachtung der UFP-Konzentration verzichtet.



4.3 Räumliche Ausprägung der Schwefeldioxidbelastung und Immissionsituation SO₂

Schwefeldioxid (SO₂) entsteht hauptsächlich bei der Verbrennung fossiler Energieträger (insbesondere von Kohle und Schweröl) im Bereich der Energiewirtschaft und der Industrie sowie in Kleinfeuerungsanlagen. Hohe Konzentrationen in der Atemluft beeinträchtigen die Gesundheit. Über einige chemische Zwischenstufen bildet SO₂ zusammen mit Wasser Schwefelsäure, die zur Versauerung von empfindlichen Ökosystemen wie Wäldern und Seen beiträgt. Sie greift zudem Betonkonstruktionen und andere calciumhaltige Materialien an und beschleunigt damit ihre Verwitterung. Partikelförmige Sulfate tragen zur großräumigen Belastung durch Feinstaub (PM₁₀) bei. Aufgrund des Einsatzes von schwefelarmen Brennstoffen in Verbindung mit modernen Emissionsminderungstechniken sind die Schwefelemissionen bis zur Jahrhundertwende deutlich gesunken.

Im Stadtgebiet von Rostock– wie im Mecklenburg-Vorpommern insgesamt – sind die Jahresmittel- und Winterhalbjahreswerte der SO₂-Konzentration gemäß LUNG (2015 – 2019) auf einem sehr niedrigen Niveau. In den letzten Jahren lagen sie mit Werten um 2 µg/m³ durchgängig in der Nähe der Nachweisgrenze der Messgeräte und damit weit unterhalb der zum Schutz der Ökosysteme geltenden Grenzwerte von 20 µg/m³. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen sind gering (siehe **Abb. 4.10**). Auch für die zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegten Kurzfristgrenzwerte (Stunden- und Tagesmittelkonzentrationen, vgl. **Tab. 2.1** auf S. 6) werden sicher eingehalten.

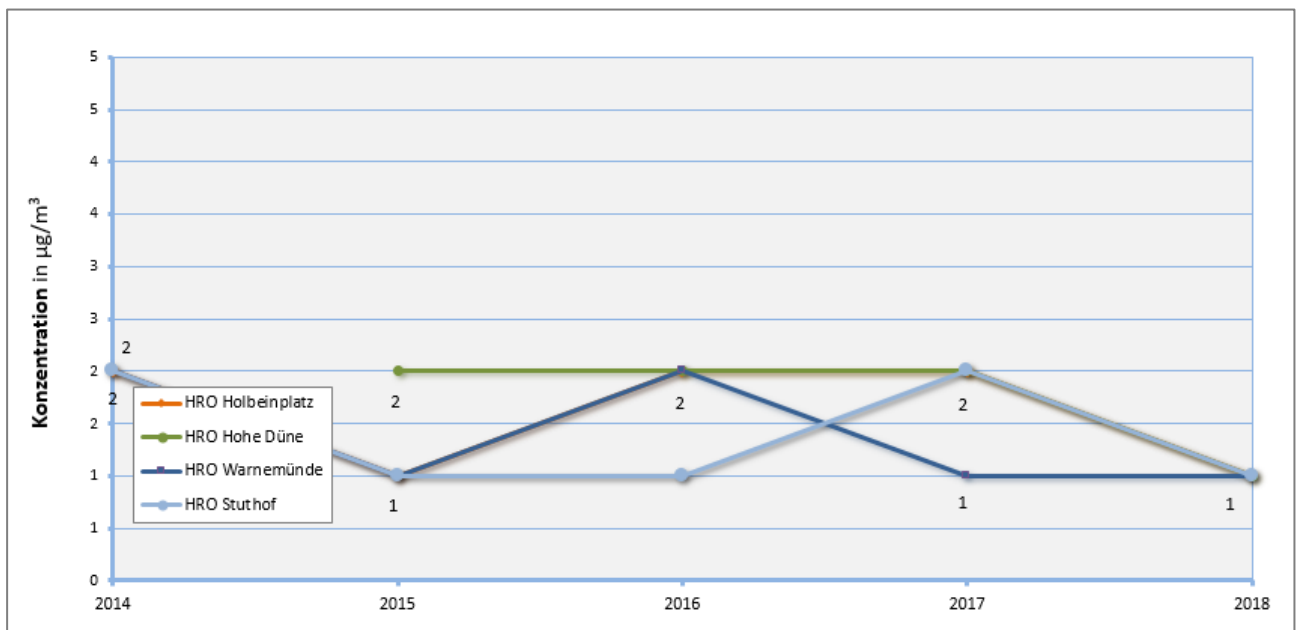


Abb. 4.10 Jahreskenngrößen der SO₂-Konzentration an den Luftmessstationen in Rostock. Datenquelle: LUNG (2015 – 2019)

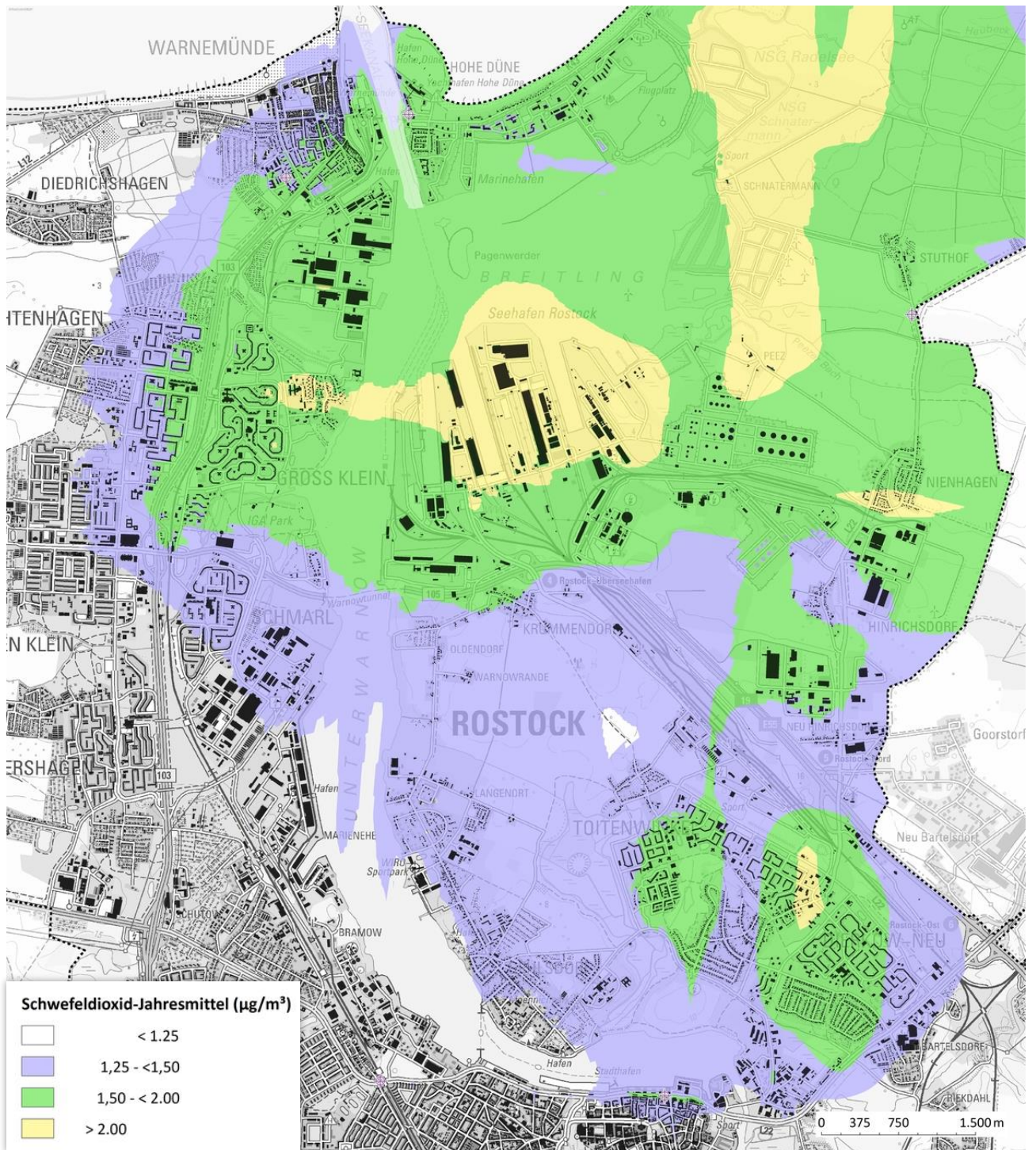


Abb. 4.11 Jahresmittelwerte der SO_2 -Konzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ausschnitt aus der Luftqualitätskarte Schwefeldioxid



Abb. 4.11 auf der Vorseite verdeutlicht die (auf die abweichende Quellsituation zurückzuführende) Lageveränderung der Belastungsschwerpunkte für die SO₂-Immissionshöhe gegenüber den Schadstoffen NO₂ und Feinstaub. So fehlen die überwiegend auf den Straßenverkehr zurückzuführenden Maxima im Umfeld des historischen Stadtkerns. Hervorzuheben ist hingegen auch hier wieder das Gebiet des Hochseehafens sowie einige durch stark emittive Industriestandorte im Ortsteil Peetz verursachte Maxima im Raum Stuthof/Markgrafenheide. Die höchsten Immissionen wurden mit circa 2,5 µg/m³ im Überseehafen modelliert. Der jahresmittlere Immissionsgrenzwert wird im gesamten Stadtgebiet sehr sicher eingehalten.

4.4 Zusammenfassende Betrachtung zur Luftqualität in Rostock

Wie auch die vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) gemessenen Luftgütedaten ergeben die vereinfachten Modellrechnungen für das Gebiet der Hanse- und Universitätsstadt ein insgesamt moderates Schadstoffkonzentrationsniveau. Die aktuell rechtsverbindlichen Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz der Vegetation werden von allen Luftschadstoffkomponenten eingehalten. Grenzwertnahe Konzentrationen treten lediglich beim Stickstoffdioxid in einigen Straßenabschnitten auf, in denen ein hohes Verkehrsaufkommen auf baulich bedingte Einschränkungen der Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe trifft. Allerdings weist die vom LUNG betriebene Messstation „Rostock – Am Strande“ im zugehörigen Bereich seit 2015 keine Grenzwertüberschreitungen mehr auf. Für den Feinstaub ist die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte gegenwärtig ebenfalls als ungefährdet zu betrachten. Die Schwefeldioxid-Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden – wie an allen deutschen Messstationen – sehr deutlich unterschritten, so dass SO₂ als Luftschadstoff keine relevante Rolle mehr spielt. Insgesamt ist die Luftqualität der Hanse- und Universitätsstadt als gut zu bewerten.



Literatur

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-gesetzes, Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065)
- BIRMILI et al. (2018): Ultrafeine Partikel in der Umgebungsluft – Der Wissensstand. In: UMID Nr. 2/2018. Umwelt + Mensch Informationsdienst, S. 57 – 66
- DWD (2006): AKTerm der Station Rostock-Warnemünde, Zeitraum 01.10.2006 - 30.09.2007, Deutscher Wetterdienst, Offenbach, übergeben durch die Hansestadt Rostock, 2019
- DÜRING U. LOHMEYER (2001): Validierung von PM10-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin und dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie. Karlsruhe 2001
- GEO-NET (2019): Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für das Gebiet der Stadt Rostock. Hannover, Dezember 2019
- GROSS, G. (1993): Numerical Simulation of canopy flows. Springer Verlag Heidelberg
- GROSS, G. (2002): The exploration of boundary layer phenomena using a nonhydrostatic mesoscale model. Meteor. Z.schr. Vol. 11 Nr. 5., S. 701-710.
- HANSESTADT ROSTOCK (2019): Auftragszugehörige Fach- und Geodaten. Hanse- und Universitätsstadt Rostock. Amt für Umweltschutz Abt. Immissionsschutz und Umweltplanung, Kommunale Umweltplanung, Rostock
- LOHMEYER (2014): Immissionssituation Hafen Rostock 2012. Im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow. Karlsruhe, 2014
- LUBW [HRSG.] (2015): Modellierung verkehrsbedingter Immissionen. Anforderungen an die Eingangsdaten. Grundlage HBEFA 3.1. Leitfaden, aktualisiert auf HBEFA 3.2. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- LUNG (2015 – 2019): Jahresberichte zur Luftgüte 2014 – 2018. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow
- MWAG [Hrsg.](2015): Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Hansestadt Rostock. Redaktioneller Stand: Oktober 2008. Redaktion: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Abteilung Immissionsschutz und Abfallwirtschaft Dezernat Luftmessnetz und Luftgüteinformationssystem. Schwerin 2015
- UBA (2017): HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.3/April 2017. INFRAS AG, Bern, Schweiz, Hrsg.: UBA (Umweltbundesamt) Berlin
- UMWELTBUNDESAMT (2018): Ultrafeine Partikel, Black Carbon. Aktueller Wissensstand. BUXMANN, I UND C. NAGL. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Umweltbundesamt Report REP-0656, Wien 2018
- VDI (2003): Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7, November 2003, VDI Düsseldorf
- VDI (2013): Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung. Kraftfahrzeugbedingte Immissionen. VDI-Richtlinie 3783 Blatt 14, August 2013, VDI Düsseldorf
- VDI (2018): Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7 Entwurf, September 2018, VDI Düsseldorf