

TEXTE

162/2021

Abschlussbericht

Beispielhafte Modellierung der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2.5}- Konzentrationen in 2030 an einer verkehrsnahen Messstation auf Basis der Szenarien des nationalen Luftreinhalteprogrammes

von:

Dr. Ingo Düring, Wolfram Schmidt, Antje Moldenhauer, Tilo Hoffmann
Lohmeyer GmbH, Friedrichstraße 24, 01067 Dresden

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 162/2021

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 145942

FB000559

Abschlussbericht

Beispielhafte Modellierung der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2.5}-Konzentrationen in 2030 an einer verkehrsnahe Messstation auf Basis der Szenarien des nationalen Luftreinhalteprogrammes

von

Dr. Ingo Düring, Wolfram Schmidt, Antje Moldenhauer,
Tilo Hoffmann
Lohmeyer GmbH, Friedrichstraße 24, 01067 Dresden

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Lohmeyer GmbH
Friedrichstraße 24
01067 Dresden

Abschlussdatum:

Mai 2021

Redaktion:

Fachgebiet II 4.1 Grundsatzfragen der Luftreinhaltung
Andreas Eisold

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Dezember 2021

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Beispielhafte Modellierung der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2.5}-Konzentrationen in 2030 an einer verkehrsnahen Messstation auf Basis der Szenarien des nationalen Luftreinhalteprogrammes

Das Vorhaben hat die mit EURAD für das Jahr 2015 in (2x2) km² horizontaler Auflösung simulierten Hintergrundkonzentrationen mit gemessenen Konzentrationen an urbanen Hintergrundstationen und verkehrsnahen Messstationen in fünf Gitterzellen zeitlich aufgelöst und im Jahresmittel verglichen. Außerdem wurde ein Vergleich zu durchgeführten mikroskaligen Modellierungen der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2.5}-Konzentrationen für zwei Messstationen für das Jahr 2015 (in bereits analysierten Gitterzellen) vorgenommen.

In einem zweiten Schritt wurden für das WM- und das WAM-Szenario des nationalen Luftreinhalteprogrammes der Bundesrepublik Deutschland vom 22.05.2019¹ mikroskalige Modellierungen für das Jahr 2030 für die Zeppelinstraße in Potsdam durchgeführt. Dabei wurden die vorliegenden simulierten Hintergrundkonzentrationen des EURAD-CTM verwendet. Darüber hinaus wurde die zusätzliche lokale Emissionsminderung der nationalen Maßnahmen abgeschätzt.

Abschließend wurden die Deltas der Konzentrationen zwischen jeweiligem Hintergrunddatensatz und den analysierten weiteren Datenquellen für 2015 sowie der mikroskaligen Modellierung für das Jahr 2030 verglichen. Das vorliegende Gutachten gibt eine Einschätzung, ob Korrelationen vorliegen und wie sich die Belastung in 2030 an allen verkehrsnahen Messstationen aus dem Datensatz der simulierten Hintergrundkonzentrationen mittels eines einfachen Ansatzes abschätzen lässt.

Abstract: Exemplary modeling of NO₂-, PM₁₀- and PM_{2.5}-concentrations in 2030 at a traffic-related measuring station based on the scenarios of the national air pollution control programme

The project resolved the background concentrations simulated with EURAD for 2015 in (2x2) km² horizontal resolution with measured concentrations at urban background stations and traffic-related measuring stations in five grid cells and compared them on an annual average. In addition, a comparison was made with the microscale modeling of the NO₂, PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations for two measuring stations for 2015 (in grid cells that have already been analyzed).

In a second step, microscale modeling for the year 2030 for the Zeppelinstrasse in Potsdam was carried out for the WM and WAM scenario of the German National Air Pollution Control Programme from May 22, 2019¹. The simulated background concentrations of the EURAD-CTM were used. In addition, the additional local emission reduction of the national measures was estimated.

Finally, the deltas of the concentrations between the respective background data set and the other analyzed data sources for 2015 and the microscale modeling for the year 2030 were compared. The present report provides an assessment of whether there are correlations and how the pollution in 2030 at all traffic-related measuring stations can be estimated from the data set of the simulated background concentrations using a simple approach.

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/nlrp2019>

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis.....	13
Zusammenfassung.....	14
Summary	17
1 Aufgabenstellung.....	20
2 Untersuchungsgebiete	21
2.1 EURAD-Raster.....	21
2.2 MISKAM-Gebiete	24
2.2.1 Potsdam Zeppelinstraße	24
2.2.2 Erfurt Bergstraße	26
3 Berechnungsverfahren	28
3.1 EURAD	28
3.2 MISKAM	28
3.3 NO-NO ₂ -Konversion	30
4 Eingangsdaten	31
4.1 EURAD	31
4.2 Immissionsdaten	32
4.3 MISKAM	32
4.3.1 Potsdam Zeppelinstraße	32
4.3.1.1 Verkehrsdaten	32
4.3.1.2 Meteorologie	33
4.3.1.3 Verkehrssituation nach HBEFA4.1	36
4.3.2 Erfurt Bergstraße	37
4.3.2.1 Verkehrsdaten	37
4.3.2.2 Meteorologie	37
4.3.2.3 Verkehrssituation nach HBEFA4.1	38
5 Vergleich der EURAD-Immissionen mit Messdaten 2015	40
5.1 Potsdam	40
5.2 Berlin	44
5.3 Hamburg	47
5.4 Erfurt	50
5.5 Stuttgart	53

5.6	Systematisierung.....	56
5.7	Zwischenfazit zum Vergleich der Hintergrundwerte	60
6	Ergebnisse der mikroskaligen Berechnungen	61
6.1	Potsdam Zeppelinstraße 2015	61
6.2	Potsdam Zeppelinstraße 2030	62
6.3	Erfurt Bergstraße 2015.....	64
7	Übertragbarkeit der EURAD-Daten auf Hot-Spot-Stationen.....	66
7.1	Mögliche Vorgehensweisen	66
7.2	Anwendung der Dreisatzmethode.....	68
8	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	74
9	Quellenverzeichnis	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	EURAD-Raster in Potsdam. Markiert sind auch die Lagen der Messstellen.....	21
Abbildung 2:	EURAD-Raster in Berlin. Markiert ist auch die Lage der Hintergrundmessstelle.	22
Abbildung 3:	EURAD-Raster in Hamburg. Markiert sind auch die Lagen der Messstellen.....	22
Abbildung 4:	EURAD-Raster in Erfurt. Markiert sind auch die Lagen der Messstellen.....	23
Abbildung 5:	EURAD-Raster in Stuttgart. Markiert sind auch die Lagen der Messstellen.....	23
Abbildung 6:	Luftbild der Zeppelinstraße im Bereich des Messcontainers am Standort Zeppelinstraße 30. Der Pfeil kennzeichnet die Lage der Messstation.....	24
Abbildung 7:	Einordnung der Zeppelinstraße im umliegenden Straßennetz	25
Abbildung 8:	Foto der Situation am Messcontainer Zeppelinstraße in Potsdam im September 2015. Blick in Richtung Südwest (stadtauswärts).....	25
Abbildung 9:	Luftbild der Bergstraße im Bereich des Messcontainers. Der Pfeil kennzeichnet die Lage der Messstation. Blick von der Nordhäuser Straße in Richtung Nordost.	26
Abbildung 10:	Einordnung der Bergstraße ins umliegende Straßennetz	27
Abbildung 11:	Foto der Situation am Messcontainer Bergstraße in Erfurt im Juni 2018.....	27
Abbildung 12:	MISKAM-Rechengebiet (orange) sowie MISKAM-Auswertebereich (blaues Rechteck) für Potsdam Zeppelinstraße. Rot markiert sind die Standorte von Messstellen.	29
Abbildung 13:	MISKAM-Rechengebiet (orange) sowie MISKAM-Auswertebereich (blaues Rechteck) für Erfurt Bergstraße. Rot markiert ist die Lage der Messstelle.....	30
Abbildung 14:	Verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik an der Station Grunewald für 2015	35
Abbildung 15:	Verwendete synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik an der Station Bergstraße in Erfurt für 2015	39
Abbildung 16:	Vergleich der NO ₂ -Tagesmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam Zentrum (städtischer Hintergrund) für 2015	40
Abbildung 17:	Vergleich der NO ₂ -Tagesmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam Zeppelinstraße (Hot-Spot) für 2015	41

Abbildung 18:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam-Zentrum (städtischer Hintergrund) für 2015	42
Abbildung 19:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam Zeppelinstraße (Hot-Spot) für 2015	42
Abbildung 20:	Vergleich der NO ₂ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam-Zentrum (städtischer Hintergrund) sowie Zeppelinstraße (Hot-Spot) für 2015	43
Abbildung 21:	Vergleich der NO _x -, PM ₁₀ -, PM _{2.5} und O ₃ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam-Zentrum (städtischer Hintergrund) für 2015.....	43
Abbildung 22:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin-Nansenstraße (städtischer Hintergrund) für 2015	45
Abbildung 23:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin Frankfurter Allee (Hot-Spot) für 2015	45
Abbildung 24:	Vergleich der NO ₂ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin-Nansenstraße (städtischer Hintergrund) sowie Frankfurter Allee (Hot-Spot) für 2015	46
Abbildung 25:	Vergleich der NO _x -, PM ₁₀ -, PM _{2.5} und O ₃ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin-Nansenstraße (städtischer Hintergrund) für 2015	46
Abbildung 26:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg-Sternschanze (städtischer Hintergrund) für 2015	48
Abbildung 27:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg Habichtstraße (Hot-Spot) für 2015	48
Abbildung 28:	Vergleich der NO ₂ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg-Sternschanze (städtischer Hintergrund) sowie Habichtstraße (Hot-Spot) für 2015.....	49
Abbildung 29:	Vergleich der NO _x -, PM ₁₀ -, PM _{2.5} und O ₃ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg-Sternschanze (städtischer Hintergrund) für 2015	49
Abbildung 30:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Erfurt-Krämpferstraße (städtischer Hintergrund) für 2015	51
Abbildung 31:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Erfurt Bergstraße (Hot-Spot) für 2015	51

Abbildung 32:	Vergleich der NO ₂ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Erfurt-Krämpferstraße (städtischer Hintergrund) sowie Bergstraße (Hot-Spot) für 2015.....	52
Abbildung 33:	Vergleich der NO _x -, PM ₁₀ -, PM _{2.5} und O ₃ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station E.-Krämpferstraße (städtischer Hintergrund) für 2015	52
Abbildung 34:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Stuttgart-Schwabenzentrum (städtischer Hintergrund) für 2015	54
Abbildung 35:	Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Stuttgart Am Neckartor (Hot-Spot) für 2015	54
Abbildung 36:	Vergleich der NO ₂ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Stuttgart-Schwabenzentrum (städtischer Hintergrund) sowie Stuttgart Am Neckartor (Hot-Spot) für 2015.....	55
Abbildung 37:	Vergleich der NO _x -, PM ₁₀ -, PM _{2.5} und O ₃ -Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Schwabenzentrum (städtischer Hintergrund) für 2015	55
Abbildung 38:	Quotienten der Jahresmittelwerte aus EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hintergrundstationen für 2015	57
Abbildung 39:	Quotienten der Jahresmittelwerte aus EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hintergrundstationen für 2015	59
Abbildung 40:	Quotienten der Jahresmittelwerte aus EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hot-Spot-Messstationen für 2015.....	60
Abbildung 41:	Mit MISKAM berechnete NO _x -Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung für 2015 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.....	61
Abbildung 42:	Mit MISKAM berechnete NO _x -Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung für WM-Szenario 2030 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.	63
Abbildung 43:	Mit MISKAM berechnete NO _x -Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung für 2015 in 4 m über Grund. Basis HBEFA4.1.	65
Abbildung 44:	Schematische Darstellung des Ablaufes im Dreisatzverfahren am Beispiel der NO _x - und NO ₂ -Jahresmittelwerte	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zuordnung der EURAD-Daten zu den betrachteten Stationen	31
Tabelle 2:	Verkehrsmengen auf den betrachteten Abschnitten der Zeppelinstraße Bezugsjahr 2015	33
Tabelle 3:	Relative Anteile der mittleren Verkehrsmengen auf die Fahrtrichtungen in der Zeppelinstraße im Jahr 2015	33

Tabelle 4:	Aus den PHEM4.1-Modellierungen abgeleitete Verkehrssituationen in der Zeppelinstraße für die Situationen 2015	36
Tabelle 5:	Verkehrsmengen auf den betrachteten Straßenabschnitten im Bezugsjahr 2015	37
Tabelle 6:	Angesetzte Verkehrssituationen für die Bergstraße und die Nordhäuser Straße für die Situationen 2015	38
Tabelle 7:	Mit den Korrekturfaktoren aus den EURAD-Berechnungen für 2015 abgeleitete Hintergrundbelastungen (HB) im Vergleich zu den Messdaten für die untersuchten Hintergrundstationen	58
Tabelle 8:	Mit MISKAM berechnete Zusatzbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.	61
Tabelle 9:	Mit MISKAM berechnete Zusatzbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 und 2030 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.	63
Tabelle 10:	Mit MISKAM berechnete Gesamtbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 und 2030 in 2.6 m über Grund, für 2030 unter Nutzung der korrigierten Hintergrundbelastungen aus EURAD (siehe im Vorgriff Kap. 7.2). Basis HBEFA4.1. NO-NO ₂ -Konversion nach Bächlin et al. (2008).	64
Tabelle 11:	Mit MISKAM berechnete Zusatzbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 in 4 m über Grund. Basis HBEFA4.1.	65
Tabelle 12:	Mit MISKAM berechnete Gesamtbelastungen als Jahresmittelwerte in 4 m über Grund. Basis HBEFA4.1. NO-NO ₂ -Konversion nach Bächlin et al. (2008).	65
Tabelle 13:	Jahresmittelwerte an den zugeordneten Hintergrundmessstellen für 2015	68
Tabelle 14:	Jahresmittelwerte an den Hot-Spots für 2015	69
Tabelle 15:	Jahresmittelwerte der Zusatzbelastungen (GB minus HB) an den Hot-Spots für 2015	69
Tabelle 16:	Jahresemissionen von NO _x , PM ₁₀ und PM _{2.5} für den Kfz-Verkehr in den EURAD-Rastern der Hot-Spots für die drei betrachteten Szenarien	70
Tabelle 17:	Relative Änderung der Kfz-Emissionsmengen im WM- und WAM-Szenario in Bezug auf den Referenzfall 2015	71
Tabelle 18:	Abgeschätzte Zusatzbelastungen am Hot-Spot im WM- und WAM-Szenario	71
Tabelle 19:	Korrigierte EURAD-Hintergrundbelastungen (HB) am Hot-Spot im WM-Szenario 2030	72
Tabelle 20:	Korrigierte EURAD-Hintergrundbelastungen (HB) am Hot-Spot im WAM-Szenario 2030	72

Tabelle 21:	Abgeschätzte Gesamtbelastungen für NO _x , PM ₁₀ und PM _{2.5} am Hot-Spot im WM- und WAM-Szenario	73
Tabelle 22:	Abgeschätzte NO ₂ -Gesamtbelastungen am Hot-Spot im WM- und WAM-Szenario 2030. NO-NO ₂ -Konversion nach Bächlin et al. (2008).....	73

Abkürzungsverzeichnis

BlmSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEV	Enhanced Environmentally Friendly Vehicle
EU	Europäische Union
EURAD	Europäisches Ausbreitungs- und Depositionsmodell
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
JM	Jahresmittelwert
Kfz	Kraftfahrzeug
km/h	Kilometer pro Stunde
LSA	Lichtsignalanlage
LRP	Luftreinhalteplan
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
LOS	Level of service
MISKAM	3-dimensionales prognostisches Strömungs- und Ausbreitungsmodell
MLuL	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg
PHEM	Passenger car and Heavy duty Emission Model
PROKAS	Screening Emissions- und Ausbreitungsmodell
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

Zusammenfassung

Das Vorhaben sollte die mit EURAD für das Jahr 2015 in (2x2) km² horizontaler Auflösung simulierten Hintergrundkonzentrationen mit gemessenen Konzentrationen an urbanen Hintergrundstationen und verkehrsnahen Messstationen in fünf Gitterzellen zeitlich aufgelöst und im Jahresmittel vergleichen. Außerdem sollte ein Vergleich zu durchgeführten mikroskaligen Modellierungen der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2.5}-Konzentrationen für zwei Messstationen für das Jahr 2015 (in bereits analysierten Gitterzellen) vorgenommen werden.

In einem zweiten Schritt sollten für das WM- und das WAM-Szenario des nationalen Luftreinhalteprogrammes der Bundesrepublik Deutschland vom 22.05.2019² mikroskalige Modellierungen für das Jahr 2030 an einer ausgewählten verkehrsnahen Messstation durchgeführt werden. Dabei sollten die vorliegenden simulierten Hintergrundkonzentrationen des EURAD-CTM verwendet werden. Darüber hinaus muss die zusätzliche lokale Emissionsminderung der nationalen Maßnahmen abgeschätzt werden. Um Emissionen aus relevanten Quellgruppen, die im Hintergrunddatensatz bereits berücksichtigt worden sind, bei der mikroskaligen Modellierung nicht doppelt zu zählen, sollte ein geeignetes Vorgehen entwickelt werden.

Abschließend sollten die Deltas der Konzentrationen zwischen jeweiligem Hintergrunddatensatz und den analysierten weiteren Datenquellen für 2015 sowie der mikroskaligen Modellierung für das Jahr 2030 verglichen werden. Das Gutachten sollte schließlich eine Einschätzung treffen, ob Korrelationen vorliegen und wie sich die Zusatzbelastung in 2030 an allen verkehrsnahen Messstationen aus dem Datensatz der simulierten Hintergrundkonzentrationen mittels einfacher Eingangsdaten abschätzen ließe.

Für den Vergleich mit EURAD wurden Daten für folgende Städte/Messstellen (Hot-Spot und Hintergrund) ausgewertet:

- ▶ Potsdam: Zeppelinstraße und P.-Zentrum
- ▶ Berlin: Frankfurter-Allee und Nansenstraße
- ▶ Hamburg: Habichtstraße und Sternschanze
- ▶ Erfurt: Bergstraße und Krämpferstraße
- ▶ Stuttgart: Am Neckartor und Schwabenzentrum

Diese Auswahl repräsentiert eine breite regionale Zuordnung von der Küste (Hamburg) über das flache Binnenland (Berlin und Potsdam) bis hin zu topografiebeeinflussten Lagen in Stuttgart und Erfurt. Auch emissionsseitige Besonderheiten wie der Hafeneinfluss in Hamburg bzw. starke Längsneigung der Straße in Erfurt-Bergstraße sind vertreten, ebenso sehr unterschiedliche Bebauungssituationen an der Verkehrsstation (z. B. sehr breite Straßenschlucht in der Frankfurter Allee, einseitige Bebauung Am Neckartor, enge beidseitige Straßenschlucht in Potsdam-Zeppelinstraße und Erfurt-Bergstraße).

Für zwei Gitterzellen aus der EURAD-Modellierung wurden mikroskalige Ausbreitungsberechnungen mit MISKAM durchgeführt und mit den Ergebnissen an der Verkehrsstation verglichen. Hierzu wurden Potsdam-Zeppelinstraße und Erfurt-Bergstraße ausgewählt. Berechnet wurde auf Basis des HBEFA4.1. Es erfolgten weiterhin mikroskalige Ausbreitungsberechnungen der Kfz-Emissionen für WM- und WAM-Szenario 2030 auf Basis des

² <https://www.umweltbundesamt.de/nlrp2019>

HBEFA4.1 für die Zeppelinstraße in Potsdam. Für das WAM-Szenario konnten folgende Reduktionen gegenüber dem WM-Szenario abgeleitet werden:

- ▶ NO_x-Emission: Minderung um 9,5%
- ▶ Abgaspartikelemission: Minderung um 2%
- ▶ Nicht motorbedingte Partikelemission: Minderung um 4%

Diese Minderungen sind ähnlich der, welche den EURAD-Berechnungen zu Grunde gelegt sind. Hier sei auf die unterschiedlichen HBEFA-Versionen (die Emissionsminderungen im nationalen Luftreinhalteprogramm wurden auf Basis von HBEFA3.3 abgeschätzt) verwiesen.

Zur Bestimmung der Gesamtbelastung in MISKAM für die Szenarien 2030 wurden die korrigierten EURAD-Hintergrundbelastungen verwendet. Das Problem der Doppelzählung von Emissionen im Detailmodell und bei der Dreisatzmethode stellt sich nicht, weil die EURAD-Berechnungen für die verkehrsrelevanten Schadstoffe deutliche Minderbefunde aufzeigen.

Bezüglich des Vergleiches EURAD zu den Messdaten im städtischen Hintergrund ist folgendes festzustellen:

Die hier vorgenommenen Vergleiche zeigen, dass EURAD

- ▶ bei NO_x den Messwert nur zu ca. 27 % bis 47 %
- ▶ bei NO₂ den Messwert nur zu ca. 36 % bis 61 %
- ▶ bei PM₁₀ den Messwert nur zu ca. 64 % bis 101 %
- ▶ bei PM_{2.5} den Messwert zu ca. 81 % bis 143 % und
- ▶ bei Ozon den Messwert zu ca. 101 % bis 120 % ausfüllt.

Die EURAD-Jahresmittelwerte repräsentieren in 2015 somit nur für PM_{2.5} und Ozon in guter Näherung die Hintergrundbelastungen an den ausgewerteten Messstellen. Es ist zu vermuten, dass dies auch generell für Hintergrundstationen so ist. Darauf deuten für Ozon auch Auswertungen des UBA hin.

Für Stickoxide und PM₁₀ bedarf es Korrekturfaktoren. Hier machen sich insbesondere bodennahe städtische Emissions- und Ausbreitungseffekte (Kfz-beeinflusst) bemerkbar, die durch die vertikale Mittelung über eine Höhe von 37 m in EURAD nicht ausreichend abgebildet werden können. Hierzu wurden für die untersuchten Stationen Korrekturfaktoren abgeleitet. Im Mittel über die ausgewerteten Stationen ergeben sich für das Jahr 2015 folgende Korrekturfaktoren:

- ▶ NO_x: 2,6
- ▶ NO₂: 2,0
- ▶ PM₁₀: 1,4
- ▶ PM_{2.5} und Ozon: 1,0

Es ist zu vermuten, dass solche (deutlichen) Korrekturen eher in städtischen Bereichen und weniger (oder in geminderter Form) in regionalen Bereichen gemacht werden müssen. Auch darauf weisen die Auswertungen des UBA hin.

Für eine „Hochrechnung“ der EURAD-Werte auf die punktuellen Werte am Hot-Spot (Straßenschlucht) in Prognosen wird die sogenannte Dreisatzmethode (auch Proportionalmethode genannt) vorgeschlagen, welche ohnehin bereits häufig im Rahmen der Wirkungsabschätzung bei lokalen Luftreinhalteplanungen angewendet wird. Der Vorteil dieser Methode liegt in der Unabhängigkeit von einem Ausbreitungsmodell und dessen Fehlern bzw. Unsicherheiten in der Modellierung, berücksichtigt aber dennoch die lokalen Besonderheiten am Hot-Spot. Ein weiterer Vorteil ist es, dass auch die genaue (absolute) Höhe der lokalen verkehrsbedingten Emissionen nicht bekannt sein muss. Es kommt hier auf die möglichst genaue Berechnung der relativen Unterschiede in den zu betrachtenden Szenarien an. Dabei können sowohl die (korrigierten) EURAD-Hintergrundbelastungen sowie die den EURAD-Modellläufen zu Grunde liegenden Kfz-Emissionen verwendet werden.

Von einer groben (pauschalen) Faktorisierung der EURAD-Konzentrationen zur Umrechnung auf die Hot-Spots wird abgeraten. Dies führt zwangsläufig zu viel zu großen Abweichungen, da sie die individuellen (lokalen) verkehrlichen und strömungsrelevanten Besonderheiten nicht berücksichtigen kann.

Eine Berücksichtigung lokaler verkehrlicher und strömungsrelevanter Parameter bei der Hochrechnung der EURAD-Werte auf den Hot-Spot wäre möglich, würde aber vom Prinzip her dazu führen, ein neues (vereinfachtes) Screeningmodell zu entwickeln. Hier wäre es einfacher auf bewährte Produkte, wie PROKAS_B oder IMMIS-Luft, zurückzugreifen.

Die aufgeführten Umsetzungsbeispiele zeigen, dass die Dreisatzmethode praktikabel ist und zu plausiblen Ergebnissen führt, solange die aus den Messdaten des Referenzjahres abgeleiteten Zusatzbelastungen repräsentativ für die Situation am Hot-Spot und die Emissionsveränderungen realistisch sind.

Summary

The project was supposed to resolve the background concentrations simulated with EURAD for 2015 in (2x2) km² horizontal resolution with the concentrations measured at urban background stations and traffic-related measuring stations in five grid cells and compare them as an annual mean. In addition, a comparison with the microscale modeling of the NO₂, PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations carried out for two measuring stations for 2015 (in grid cells that have already been analyzed) should be made.

In a second step, microscale modeling for the year 2030 is to be carried out at a selected measuring station close to traffic for the WM and WAM scenarios of the German National Air Pollution Control Programme from May 22, 2019¹. The existing simulated background concentrations of the EURAD-CTM should be used. In addition, the additional local emission reduction of the national measures must be estimated. In order not to count emissions from relevant source groups that have already been taken into account in the background data set twice in microscale modeling, a suitable procedure should be developed.

Finally, the deltas of the concentrations between the respective background data set and the other analyzed data sources for 2015 and the microscale modeling for the year 2030 should be compared. Finally, the expert opinion should assess whether there are correlations and how the additional pollution in 2030 at all traffic-related measuring stations could be estimated from the data set of the simulated background concentrations using simple input data.

For the comparison with EURAD, data for the following cities / measuring points (hot spot and background) were evaluated:

- Potsdam: Zeppelinstrasse and P.-Zentrum
- Berlin: Frankfurter-Allee and Nansenstrasse
- Hamburg: Habichtstrasse and Sternschanze
- Erfurt: Bergstrasse and Krämpferstrasse
- Stuttgart: Neckartor and Schwabenzentrum

This selection represents a broad regional allocation from the coast (Hamburg) to the flat inland areas (Berlin and Potsdam) to topography-influenced locations in Stuttgart and Erfurt.

Emission-related peculiarities such as the port influence in Hamburg and the steep longitudinal slope of the road in Erfurt-Bergstraße are also represented, also very different development situations at the traffic station (e.g. very wide street canyon in Frankfurter Allee, one-sided development on the Neckartor, narrow street canyons on both sides in Potsdam-Zeppelinstraße and Erfurt-Bergstraße).

For two grid cells from the EURAD modeling, microscale dispersion calculations were carried out with MISKAM and compared with the results at the traffic station. Potsdam-Zeppelinstrasse and Erfurt-Bergstrasse were selected for this. The calculation was based on the HBEFA4.1. There were also microscale dispersion calculations of the vehicle emissions for the WM and WAM scenarios 2030 on the basis of the HBEFA4.1 for Zeppelinstrasse in Potsdam. The following reductions compared to the WM scenario could be derived for the WAM scenario:

- NO_x emissions: reduction by 9.5%
- Exhaust particle emissions: reduction by 2%

► Non exhaust particle emissions: reduction of 4%

These reductions are similar to those on which the EURAD calculations are based. Reference should be made here to the different HBEFA versions (the emission reductions in the national air pollution control program were estimated on the basis of HBEFA3.3).

The corrected EURAD background concentrations were used to determine the total exposure in MISKAM for the 2030 scenarios. The problem of double counting of emissions in the detailed model and with the rule of three method does not arise because the EURAD calculations for the traffic-relevant pollutants show significantly lower results in 2015 than measurements.

With regard to the comparison of EURAD with the measurement data in the urban background, the following can be stated:

The comparisons made here show that EURAD

- for NO_x the measured value is only approx. 27 % to 47 %
- with NO₂ the measured value is only approx. 36 % to 61 %
- with PM₁₀ the measured value is only approx. 64 % to 101 %
- with PM_{2.5} the measured value is approx. 81 % to 143 % and
- for Ozone, the measured value fills approx. 101 % to 120 %.

The EURAD annual mean values in 2015 therefore only represent the background pollution at the evaluated measuring points for PM_{2.5} and ozone in a good approximation. It can be assumed that this is also the case for background stations in general. This is also indicated by UBA evaluations for ozone.

Correction factors are required for nitrogen oxides and PM₁₀. Urban emission and propagation effects close to the ground (influenced by vehicles) are particularly noticeable here, which cannot be adequately represented by vertical averaging over a height of 37 m in EURAD. For this purpose, correction factors were derived for the stations examined. On average over the evaluated stations, the following correction factors result for 2015:

- NO_x: 2.6
- NO₂: 2.0
- PM₁₀: 1.4
- PM_{2.5} and Ozone: 1.0

It can be assumed that such (significant) corrections have to be made more in urban areas and less (or to a lesser extent) in regional areas. The UBA evaluations also indicate this.

For an "extrapolation" of the EURAD values to the hot spot concentrations (street canyon) in forecasts, the so-called rule of three method (also known as the proportional method) is proposed, which is already often used in the context of the impact assessment in air quality planning. The advantage of this method lies in the independence of a dispersion model and its errors or uncertainties in the modeling, but nevertheless takes into account the local characteristics at the hot spot. Another advantage is that the exact (absolute) level of local traffic-related emissions does not have to be known. The most accurate calculation possible of the relative differences in the scenarios to be considered is important here. Both the (corrected) EURAD background pollution and the vehicle emissions on which the EURAD is based can be

used.

A rough (blanket) factorization of the EURAD concentrations for conversion to the hot spots is not recommended. This inevitably leads to deviations that are far too large, since it cannot take into account the individual (local) traffic and flow-related features.

It would be possible to take into account local traffic and flow-related parameters when extrapolating the EURAD values to the hot spot, but would in principle lead to the development of a new (simplified) screening model. Here it would be easier to fall back on proven products such as PROKAS_B or IMMIS-Luft.

The implementation examples shown show that the rule of three method is practicable and leads to plausible results as long as the additional loads derived from the measurement data of the reference year are representative of the situation at the hot spot and the changes in emissions are realistic.

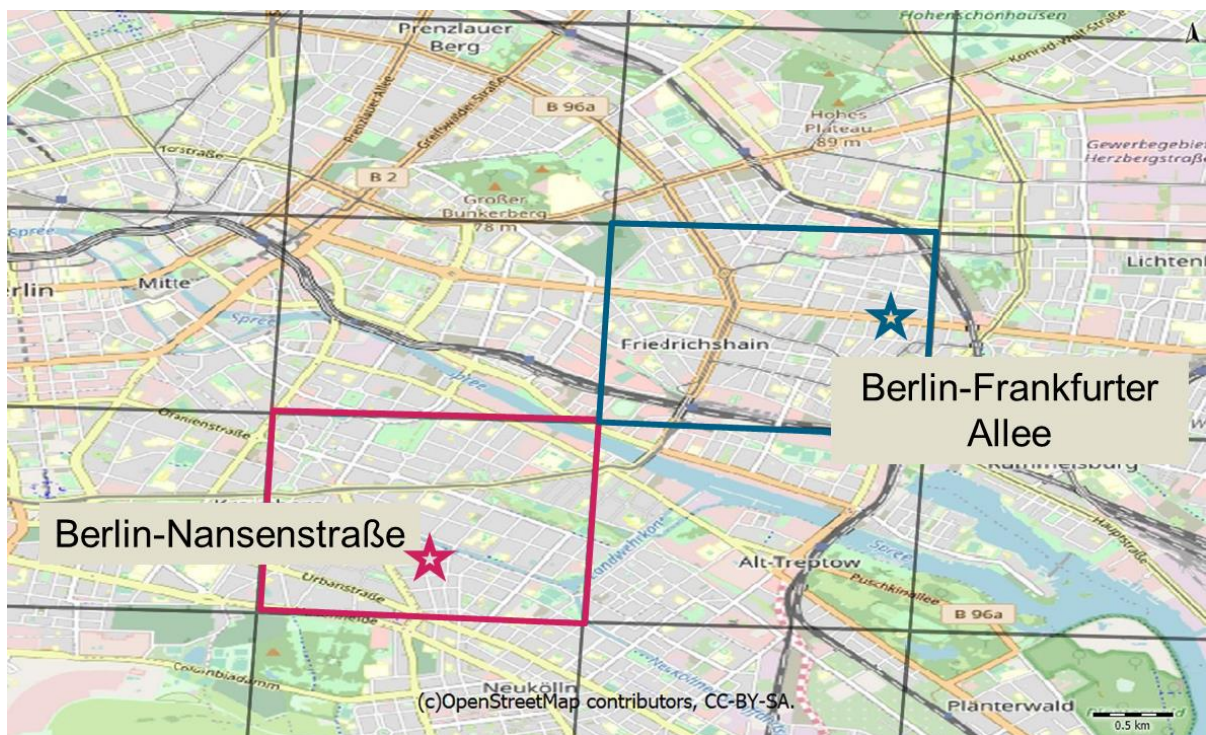
1 Aufgabenstellung

Das Vorhaben soll die mit EURAD für das Jahr 2015 in (2x2) km² horizontaler Auflösung simulierten Hintergrundkonzentrationen mit gemessenen Konzentrationen an urbanen Hintergrundstationen und verkehrsnahen Messstationen in fünf Gitterzellen zeitlich aufgelöst und im Jahresmittel vergleichen. Außerdem soll ein Vergleich zu durchgeführten mikroskaligen Modellierungen der NO₂-, PM₁₀- und PM_{2.5}-Konzentrationen für zwei Messstationen für das Jahr 2015 (in bereits analysierten Gitterzellen) vorgenommen werden.

In einem zweiten Schritt sollen für das WM- und das WAM-Szenario mikroskalige Modellierungen für das Jahr 2030 an einer ausgewählten verkehrsnahen Messstation durchgeführt werden. Dabei sollen die vorliegenden simulierten Hintergrundkonzentrationen des EURAD-CTM verwendet werden. Darüber hinaus muss die zusätzliche lokale Emissionsminderung der nationalen Maßnahmen abgeschätzt werden. Um Emissionen aus relevanten Quellgruppen, die im Hintergrunddatensatz bereits berücksichtigt worden sind, bei der mikroskaligen Modellierung nicht doppelt zu zählen, soll ein geeignetes Vorgehen entwickelt werden.

Abschließend sollen die Deltas der Konzentrationen zwischen jeweiligem Hintergrunddatensatz und den analysierten weiteren Datenquellen für 2015 sowie der mikroskaligen Modellierung für das Jahr 2030 verglichen werden. Das Gutachten soll schließlich eine Einschätzung treffen, ob Korrelationen vorliegen und sich die Zusatzbelastung in 2030 an allen verkehrsnahen Messstationen aus dem Datensatz der simulierten Hintergrundkonzentrationen mittels einfacher Eingangsdaten abschätzen ließe.

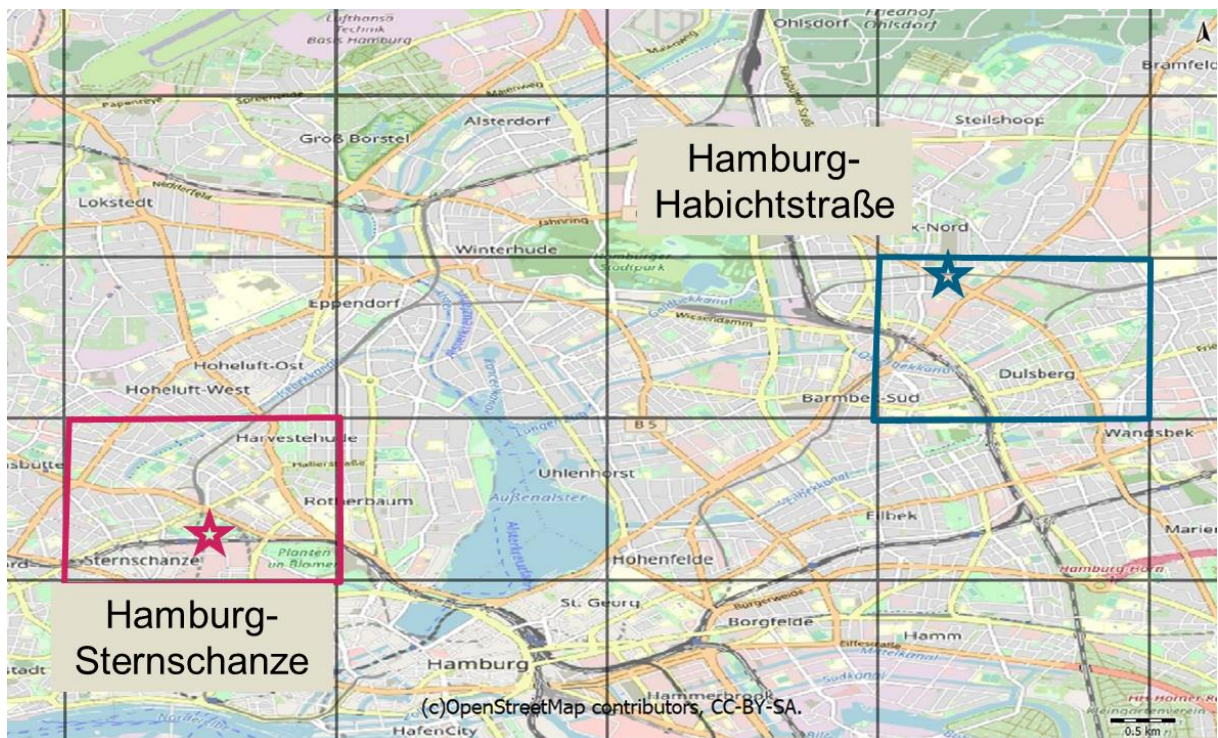
Abbildung 2: EURAD-Raster in Berlin. Markiert ist auch die Lage der Hintergrundmessstelle.



Quelle: Lohmeyer GmbH, eigene Darstellung

Kartengrundlage: OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA

Abbildung 3: EURAD-Raster in Hamburg. Markiert sind auch die Lagen der Messstellen.



Quelle: Lohmeyer GmbH, eigene Darstellung

Kartengrundlage: OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA

2.2 MISKAM-Gebiete

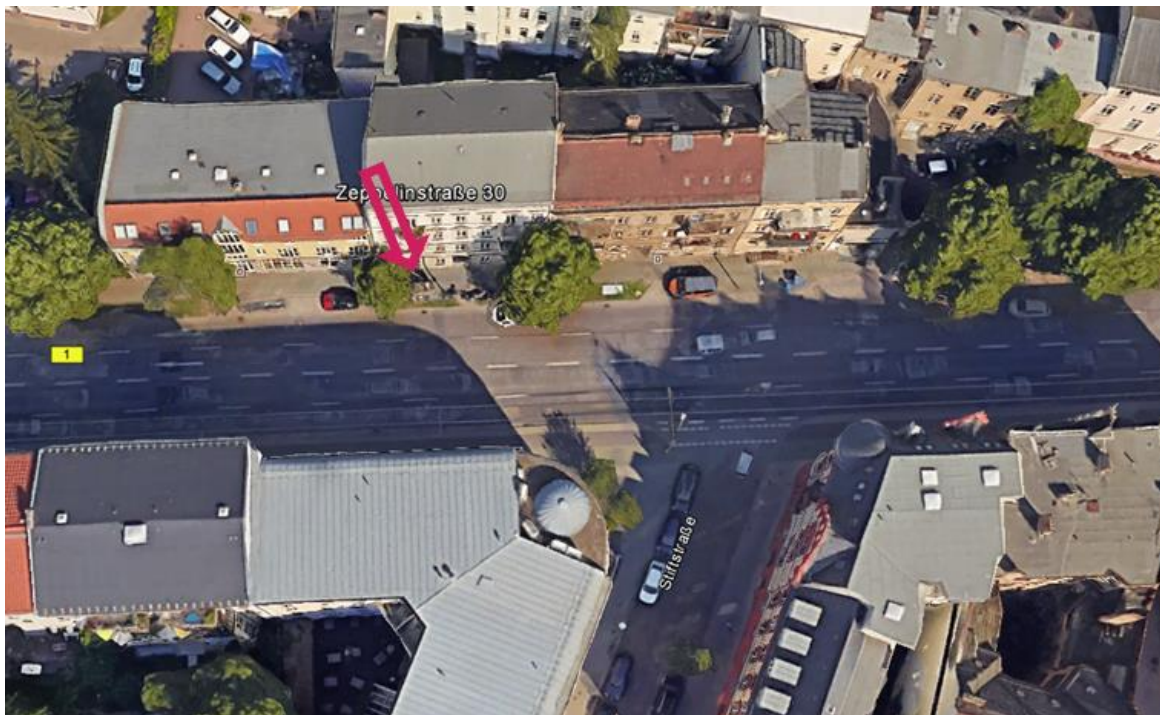
2.2.1 Potsdam Zeppelinstraße

Ein Untersuchungsgebiet bildet die Zeppelinstraße in der Landeshauptstadt Potsdam. Diese war im Jahr 2015 eine vierstreifige Hauptverkehrsstraße mit hohem Verkehrsaufkommen (DTV ca. 26000 Kfz/d; SV inkl. Busse ca. 4%) sowie dichter beidseitiger Blockrandbebauung und keinem separaten Radweg (siehe Abbildung 6). Der Standort des Messcontainers befindet sich auf der nördlichen Straßenseite im Bereich des Hauseingangs Nr. 30 zwischen Geschwister-Scholl-Straße und Nansenstraße (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8).

Wegen der anhaltenden Überschreitung des Jahresmittelgrenzwertes für Stickstoffdioxid (NO₂) wurde der Luftreinhalteplan für die Landeshauptstadt Potsdam in den Jahren 2015/16 fortgeschrieben. Zentrales Maßnahmenbündel war die verkehrliche Umgestaltung der bisher vierstreifigen Zeppelinstraße. In stadtauswärtiger Richtung fiel ein Fahrstreifen zu Gunsten eines eigenen Radfahrstreifens weg. In stadteinwärtiger Richtung erfolgt nun die Führung des Verkehrs teilweise auf einem gemeinsamen Fahrstreifen für Tram, Bus und Kfz. Es wurde zusätzlich eine T30-Regelung für die Zeppelinstraße wirksam.

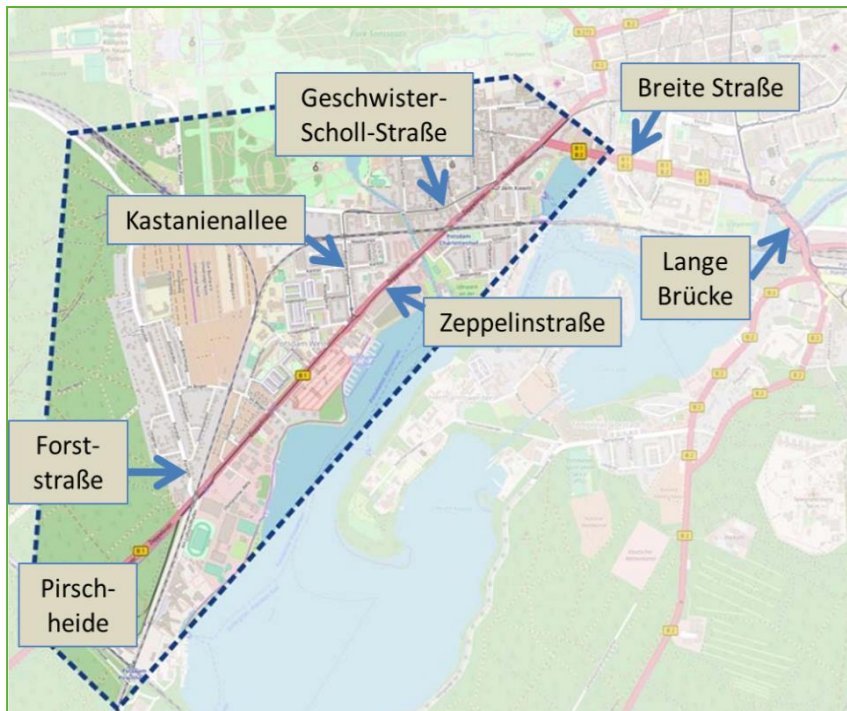
Die Maßnahme wurde 2017 umgesetzt. Das Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg (MLUL) und die Landeshauptstadt Potsdam führten zusammen mit den Ingenieurbüros SVU Dresden und der Lohmeyer GmbH unter fachlicher Koordinierung des LfU Brandenburg ein umfassendes, verkehrsträgerübergreifendes Evaluierungsprojekt durch, in dem die Maßnahmenwirkung detailliert quantifiziert und bewertet werden sollte. Aus diesem Projekt wurden mit Genehmigung des MLUL die Datengrundlagen übernommen. Im Rahmen von Lohmeyer (2020b) wurden diese Daten auch für das Bezugsjahr 2015 für MISKAM-Berechnungen mit HBEFA4.1 aufbereitet.

Abbildung 6: Luftbild der Zeppelinstraße im Bereich des Messcontainers am Standort Zeppelinstraße 30. Der Pfeil kennzeichnet die Lage der Messstation.



Quelle: google earth

Abbildung 7: Einordnung der Zeppelinstraße im umliegenden Straßennetz



Quelle: Kartengrundlage: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA (bearbeitet) <http://www.openstreetmap.org/>

Abbildung 8: Foto der Situation am Messcontainer Zeppelinstraße in Potsdam im September 2015. Blick in Richtung Südwest (stadtauswärts).



Quelle: Lohmeyer GmbH

2.2.2 Erfurt Bergstraße

Das zweite Untersuchungsgebiet bildet die Bergstraße in der Landeshauptstadt Erfurt. Diese war im Jahr 2015 eine zweistreifige Hauptverkehrsstraße im Einbahnstraßenbetrieb mit einem Verkehrsaufkommen DTV von ca. 12000 Kfz/d, einem SV-Anteil inkl. Busse von ca. 2% sowie dichter beidseitiger Blockrandbebauung (siehe Abbildung 9). Die Bergstraße weist dort ein Tempolimit von 30 km/h und in Fahrtrichtung eine Längsneigung von ca. +4% auf. Der Standort des Messcontainers befindet sich auf der östlichen Straßenseite zwischen Nordhäuser-Straße und Auenstraße (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11).

Die Stadt Erfurt betreibt das „Umweltorientierte Verkehrsmanagement Erfurt (UVE)³“. Die Maßnahme „Umweltorientiertes Verkehrsmanagement“ ist Bestandteil des Luftreinhalteplanes aus dem Jahre 2012. In den Jahren 2012/2013 wurde die UVE-Pilotmaßnahme 1 in der Talstraße/Bergstraße mit dem Fokus „Verstetigung des Verkehrsablaufes“ durchgeführt. In diesem Zuge wurde die Koordinierung der Lichtsignalanlagen der Straßenzüge Talstraße/Bergstraße/Nordhäuser Straße optimiert und detaillierte Untersuchungen zur verkehrlichen Wirkung und Wirkung auf den Verkehrsfluss durchgeführt. Die Verkehrsmengen 2015 und die Festlegung der Verkehrssituationen basiert auf diesen Untersuchungen.

Abbildung 9: Luftbild der Bergstraße im Bereich des Messcontainers. Der Pfeil kennzeichnet die Lage der Messstation. Blick von der Nordhäuser Straße in Richtung Nordost.



Quelle: google earth

³ Siehe https://www.erfurt.de/ef/de/leben/planen/verkehr/vk/uve/index.html#slot_100_3

Abbildung 10: Einordnung der Bergstraße ins umliegende Straßennetz



Quelle: google earth

Abbildung 11: Foto der Situation am Messcontainer Bergstraße in Erfurt im Juni 2018



Quelle: Lohmeyer GmbH

3 Berechnungsverfahren

3.1 EURAD

Die EURAD-Daten wurden vom UBA übernommen. Es wurden somit keine eigenen CTM-Berechnungen durchgeführt. Hier sei auf die entsprechende Programmdokumentation von EURAD verwiesen. Folgende Besonderheiten sind bei der Interpretation der Berechnungsergebnisse zu beachten:

- ▶ EURAD modelliert die Konzentrationen vertikal aufgelöst in der untersten Box als Mittelwert zwischen 0 und 37 m, gemessen wird i. A. zwischen 1.5 und 4 m Höhe.
- ▶ EURAD weist Mittelwerte auf 2 km mal 2 km (ohne Bebauungseinfluss) aus, die Hot-Spot-Messung ist i. A. repräsentativ für die höchstbelastete Fassade in einem Straßenabschnitt von ca. 100 m Länge, der zudem dicht (einseitig oder beidseitig) bebaut ist.
- ▶ Der Anteil der an der Hot-Spot-Messstelle dominierenden verkehrsbedingten Zusatzbelastung an der Gesamtbelastung im Jahresmittel hängt maßgeblich von den lokal durch den Verkehr auf den 100 m erzeugten Schadstoffemissionen ab. Der EURAD-Jahresmittelwert repräsentiert deshalb je nach Quotient von 100 m-Verkehrsemission und Gesamtemission der Rasterzelle mehr oder weniger die Hintergrundbelastung. Die 100 m Verkehrsemission kann berechnet bzw. abgeschätzt und ins Verhältnis zur (bekannten) EURAD-Gesamtemission in der jeweiligen Rasterzelle gesetzt und bei der "Übertragung" auf die Hot-Spot-Station berücksichtigt werden.

3.2 MISKAM

Auf der Grundlage der Aktivitätsdaten und Verkehrsmengen werden für das Jahr 2015 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020).

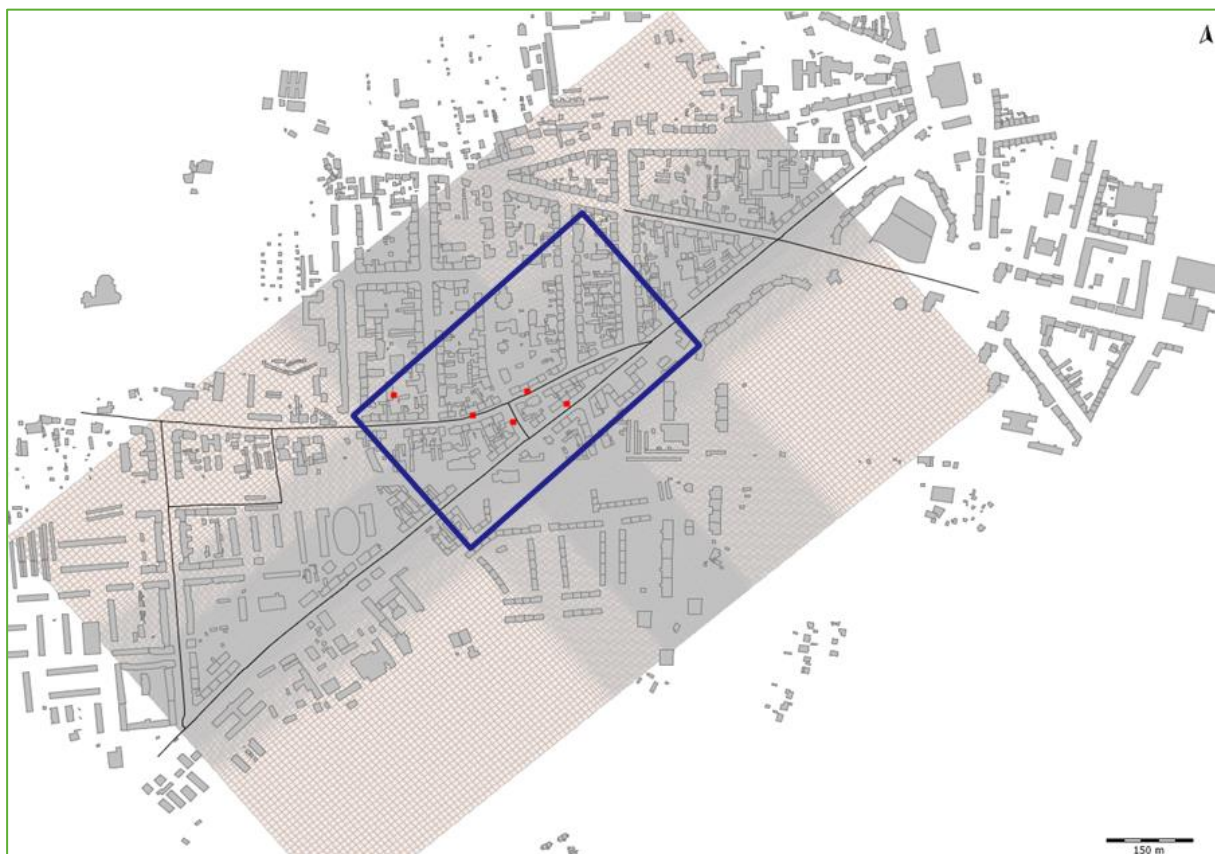
Für die detaillierte Berechnung der Schadstoffimmissionen an einem Untersuchungspunkt bzw. in dicht bebauten Straßenzügen kommt das Detailmodell MISKAM (Eichhorn, 2014) zur Anwendung. MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen werden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017) für prognostische Modelle beachtet. Die Einhaltung des Kriteriums von Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017) wurde dahingehend berücksichtigt, dass das Rechengebiet (1200 m * 1200 m) deutlich größer als die Fläche des Untersuchungsgebietes gewählt wurde.

Das Rechengebiet wird mit einem nichtäquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung zwischen 1 m im Zentrum des Untersuchungsgebietes und ca. 15 m am Gebietsrand variiert (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13). Die Höhe des Rechengebietes beträgt jeweils 500 m. Es werden 36 Strömungsrechnungen für die Windrichtungen 10° bis 360° sowie anschließend je 36 Ausbreitungsrechnungen für die betrachteten Schadstoffe durchgeführt. Dabei wird jeweils neutrale thermische Schichtung der Atmosphäre angenommen. Im Rahmen der Modellvalidierung hat sich gezeigt, dass die mit MISKAM berechneten Immissionsfelder in

sehr guter Näherung mit der Windgeschwindigkeit skalierbar sind. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass in dicht bebautem Gelände aufgrund der hohen städtischen Rauigkeit genug mechanische Turbulenz erzeugt wird, sodass näherungsweise von einer neutralen Schichtung im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

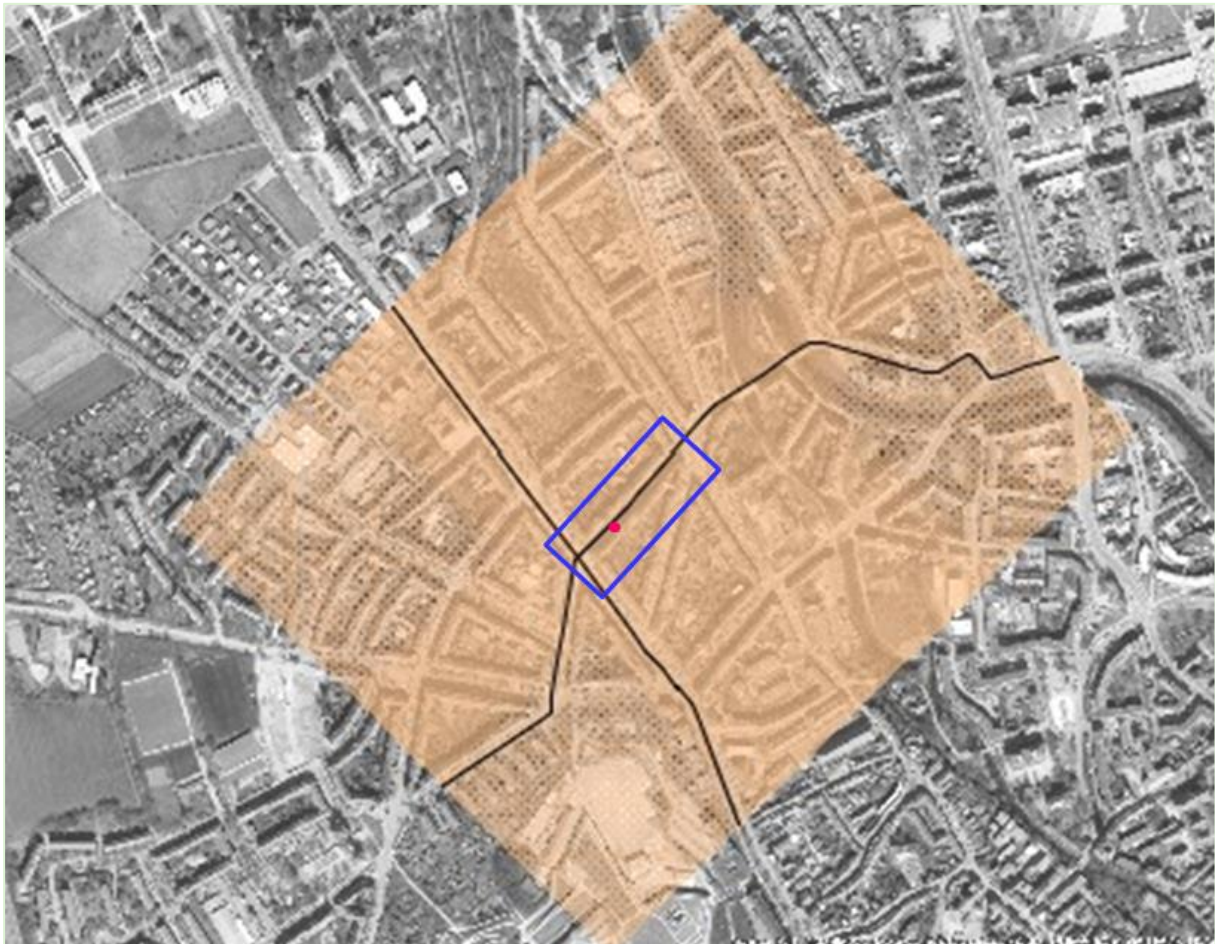
Für jeden Schadstoff werden aus den jeweils 36 Immissionsfeldern mit der Programmoberfläche WinMISKAM (Lohmeyer, 2017) unter Verwendung der jeweiligen Windstatistik flächendeckend die Jahresmittelwerte als Zusatzbelastung berechnet.

Abbildung 12: MISKAM-Rechengebiet (orange) sowie MISKAM-Auswertebereich (blaues Rechteck) für Potsdam Zeppelinstraße. Rot markiert sind die Standorte von Messstellen.



Quelle: Lohmeyer GmbH, eigene Darstellung

Abbildung 13: MISKAM-Rechengebiet (orange) sowie MISKAM-Auswertebereich (blaues Rechteck) für Erfurt Bergstraße. Rot markiert ist die Lage der Messstelle.



Quelle: Lohmeyer GmbH, eigene Darstellung

3.3 NO-NO₂-Konversion

Die NO-NO₂-Konversion wurde in der vorliegenden Untersuchung einheitlich nach Bächlin et al. (2008) berücksichtigt. Dabei ergibt sich der NO₂-Jahresmittelwert der Gesamtbelastung (JM) aus der NO_x-Gesamtbelastung wie folgt:

$$\text{NO}_2\text{-JM} = (29 / (35 + \text{NO}_x\text{-JM}) + 0.217) * \text{NO}_x\text{-JM} \quad (\text{Werte in } \mu\text{g}/\text{m}^3)$$

Auf die Berücksichtigung der Ozonkonzentrationen und der direkten NO₂-Emissionsanteile mittels Chemiemodell wurde hier bewusst verzichtet, da insbesondere die Belastbarkeit der NO₂-Direktanteile im HBEFA3.3 aber auch im HBEFA4.1 derzeit in Überprüfung ist. Nach Klärung wäre aber auch der Einsatz eines Chemiemodells unter Einbeziehung der Ozon-Jahresmittelwerte möglich.

4 Eingangsdaten

4.1 EURAD

Es wurden vom UBA folgende Daten für die o. g. Rasterzellen bereitgestellt:

- ▶ die mit EURAD für das Jahr 2015 in (2x2) km² horizontaler Auflösung simulierten Hintergrundkonzentrationen für NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ als Stundenwerte für die bodennahe Schicht (NetCDF-Format)
- ▶ die mit EURAD für das Jahr 2030 im Basis-Szenario (WM) in (2x2) km² horizontaler Auflösung simulierten Hintergrundkonzentrationen für NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ als Stundenwerte für die bodennahe Schicht (NetCDF-Format)
- ▶ die mit EURAD für das Jahr 2030 im NEC-Compliance-Szenario (WAM) in (2x2) km² horizontaler Auflösung simulierten Hintergrundkonzentrationen für NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ als Stundenwerte für die bodennahe Schicht (NetCDF-Format)
- ▶ Emissionsdaten (Jahr 2015 Submission 2018 Inlandsprinzip) für die 5 Städte als Shapefile differenziert nach SNAP-Codes
- ▶ Emissionsdaten für 2030 (Stand 2018-07 = Stand EURAD) für WM- und WAM-Szenario für die 5 Städte als Shapefile differenziert nach SNAP-Codes

Hinweis: Die übergebenen EURAD-Konzentrationsdaten 2015 und 2030 beinhalteten für NO₂ noch einen Einheitenfehler. Dieser wurde korrigiert.

Folgende räumliche Zuordnung der EURAD-Daten zu den Messstationen wurde aus der geografischen Projektion abgeleitet und für die Auswertung gewählt (Tabelle 1):

Tabelle 1: Zuordnung der EURAD-Daten zu den betrachteten Stationen

STATIONSNAME	EURAD_I	EURAD_J	ID_Raster
Potsdam-Zentrum	270	314	59722
Potsdam, Zeppelinstr.	269	314	59721
Berlin Neuköln	282	320	57598
Berlin Frankfurter Allee	283	321	57243
Stuttgart Am Neckertor	136	111	131856
Stuttgart -Schwabenz.	136	111	131856
Hamburg Sternschanze	165	377	37189
Hamburg Habichtstraße	168	378	36836
Erfurt Krämpferstr.	202	233	88490
Erfurt Bergstr.	202	234	88134

4.2 Immissionsdaten

Es wurden vom UBA folgende Immissionsmessdaten für 2015 für die ausgewählten Messstellen bereitgestellt:

- ▶ Stundenmittelwerte für NO₂, NO, PM₁₀, PM_{2.5} und O₃ (soweit gemessen)
- ▶ Zusätzlich die gravimetrischen PM-Messungen als Tagesmittelwerte

Die Messdaten der Station Stuttgart Schwabenzentrum wurden vom Umweltamt Stuttgart übernommen.

4.3 MISKAM

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Daten werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

4.3.1 Potsdam Zeppelinstraße

Folgende Untersuchungen und Daten lagen für 2015 vor:

- ▶ Fahrspurfeine Verkehrsmengen aus automatischen und manuellen Zählungen (DTV, SV, Busse)
- ▶ Kfz-Kennzeichenerfassung 2015 für die Ableitung der lokalen Kfz-Flotte
- ▶ Mobile Messfahrten als Grundlage für PHEM-Modellierungen für die genaue Ableitung der Emissionen und Verkehrssituationen
- ▶ MISKAM-Berechnungsmodell
- ▶ Kontinuierliche Immissionsmessdaten Zeppelinstraße (NO₂, NO_x)
- ▶ Kontinuierliche Immissionsmessdaten für städtischen Hintergrund Potsdam-Zentrum (NO₂, NO_x, O₃)
- ▶ Meteorologische Daten (Wind, Temperatur, Strahlung) an Station Grunewald, die als repräsentativ für Potsdam bewertet sind.

4.3.1.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten wurden aus o. g. Untersuchungen übernommen. Eine Aufteilung der Verkehrsmengen für die betrachteten Abschnitte der Zeppelinstraße in Schwerverkehr und Linienbusse findet sich für 2015 in der Tabelle 2.

So lag der Schwerverkehrsanteil (ohne Linienbusse) am Messcontainer im Jahr 2015 bei 3.9 %.

Für die Detailberechnungen mit MISKAM ist im Nahbereich der Messstelle die Kenntnis der verkehrlichen Aufteilung in die einzelnen Fahrtrichtungen wichtig. Diese wurde aus den Zählenden wie in Tabelle 3 aufgezeigt abgeleitet.

Tabelle 2: Verkehrsmengen auf den betrachteten Abschnitten der Zeppelinstraße Bezugsjahr 2015

Abschnitt_von	Abschnitt_bis	DTV in Kfz/Tag	Schwerverkehr in Kfz/Tag	Linienbusse pro Tag
Schillerplatz/Schafgraben	Bf. Charlottenhof	23909	731	203
Nansenstr.	Geschw.-Scholl-Str.	26058	1014	195
Breite Straße	Auf dem Kiewitt	29372	1092	279
Im Bogen	Stormstraße	19635	736	108

Tabelle 3: Relative Anteile der mittleren Verkehrsmengen auf die Fahrtrichtungen in der Zeppelinstraße im Jahr 2015

zwischen Geschwister-Scholl-Straße und Breite Straße		Stadtauswärts		Summe stadtausw	Stadteinwärts		Summe stadteinw
		linker Fstr	rechter Fstr		linker Fstr	rechter Fstr	
2015	LV	24.5%	25.8%	50.3%	20.8%	28.9%	49.7%
	SV (ohne Bus)	30.0%	20.0%	50.0%	20.0%	30.0%	50.0%
	Busse						

zwischen Nansenstraße und Geschwister-Scholl-Straße		Stadtauswärts		Summe stadtausw	Stadteinwärts		Summe stadteinw
		linker Fstr	rechter Fstr		linker Fstr	rechter Fstr	
2015	LV	26.0%	17.3%	43.4%	31.1%	25.5%	56.6%
	SV (ohne Bus)	7.8%	44.3%	52.2%	21.5%	26.3%	47.8%
	Busse	0.0%	27.0%	27.0%	0.0%	73.0%	73.0%

(Tramgleis)

zwischen Nansenstraße und Kastanienallee		Stadtauswärts		Summe stadtausw	Stadteinwärts		Summe stadteinw
		linker Fstr	rechter Fstr		linker Fstr	rechter Fstr	
2015	LV	26.7%	17.8%	44.5%	33.3%	22.2%	55.5%
	SV (ohne Bus)	6.2%	35.3%	41.5%	23.4%	35.1%	58.5%
	Busse	0.0%	27.8%	27.8%	0.0%	72.2%	72.2%

Quelle: Lohmeyer (2020)

4.3.1.2 Meteorologie

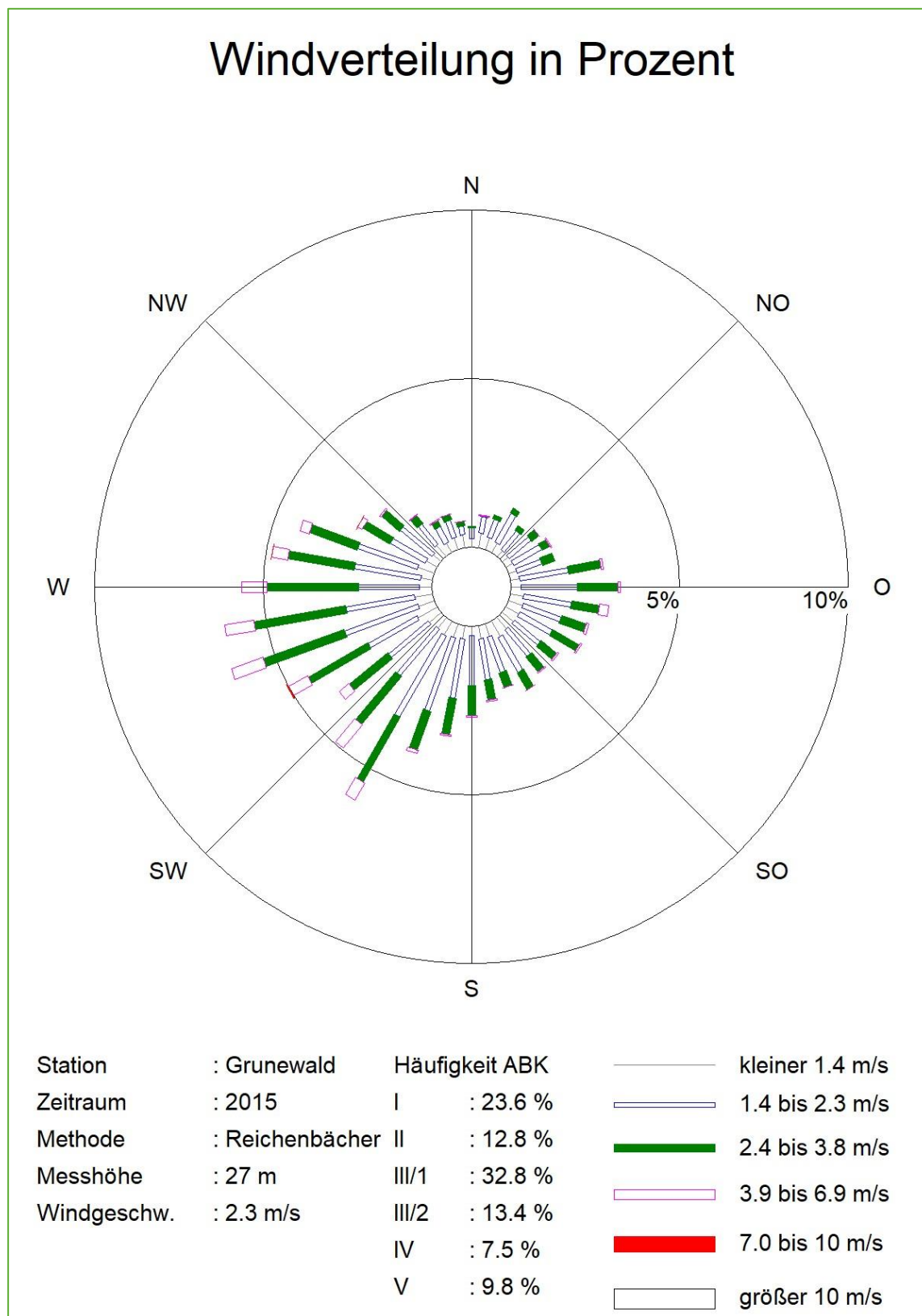
Für die Berechnung der Luftschadstoffausbreitung werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit bestimmter Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind. Eine Ausbreitungsklassenstatistik enthält somit auch Informationen über die Verdünnungsfähigkeit der Atmosphäre. Dieser Parameter berücksichtigt, dass für eine gegebene Windrichtung und Windgeschwindigkeit die Verdünnung der Abgase auch noch vom Sonnenstand (der Tageszeit) und der Bewölkung abhängt.

Für das Stadtgebiet von Potsdam stehen meteorologische Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Station Potsdam zur Verfügung. Sie befindet sich in exponierter Lage des Telegrafenberges und besitzt eine hohe jahresmittlere Windgeschwindigkeit von ca. 4.7 m/s sowie sehr geringe Anteile der Ausbreitungsklassen der „stark stabilen“ und „stabilen“ Schichtung. Für die Ausbreitungsrechnungen werden deshalb auf Empfehlung des Gutachtens „Einfluss des Verkehrs und seiner Entwicklung auf die Luftqualität des Landes Brandenburgs“ (IVU Umwelt, 2012) sowie analog zu den Berechnungen zum Luftreinhalteplan Potsdam Winddaten der Station Grunewald in Berlin verwendet. Diese Winddaten repräsentieren die Windverhältnisse im innerstädtischen unbebauten Gebiet, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen.

Diese Daten wurden für den Betrachtungsfall 2015 aus Lohmeyer (2020) übernommen und sind in Abbildung 14 grafisch dargestellt.

Es lagen für den Untersuchungszeitraum auch stündliche Angaben von Temperatur an der Wetterwarte Potsdam vor. Die Mitteltemperatur lag im Zeitraum 2015 bei 10.6 °C. Die Temperatur wird für die Kfz-Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

Abbildung 14: Verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik an der Station Grunewald für 2015



Quelle: eigene Darstellung

4.3.1.3 Verkehrssituation nach HBEFA4.1

Neben den Verkehrsmengen- und -zusammensetzungen sind für die Emissionsberechnung auch Angaben über den Verkehrsfluss (sogenannte Verkehrssituationen und level of service (LOS)) nötig. Diese wurden in Lohmeyer (2020b) aus mobilen Messfahrten im Jahr 2015 und PHEM-Modellierungen für HBEFA4.1 aufbereitet und hier verwendet.

Die Verkehrssituationen und LOS wurden nach HBEFA4.1 so abgeleitet, dass diese die PHEM-Emissionen reproduzieren. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 für die beiden Fahrtrichtungen sowie die betrachteten Streckenabschnitte dargestellt. Bemerkenswert ist hierbei, dass in der Situation 2015 viele Streckenabschnitte für die Verkehrssituation HVS50 im Ergebnis der PHEM-Modellierung NO_x-Emissionsfaktoren zeigen, die niedriger liegen, als der für HVS50 LOS1 (flüssig) des HBEFA4.1 ausweist und deshalb in der Summe der Häufigkeit über alle LOS kleiner 100% ergeben (bei LOS=flüssig jeweils fett gekennzeichnet).

Dies resultiert daraus, dass der dortige Verkehrsfluss flüssiger ist, als das im HBEFA4.1 für dieses LOS zu Grunde gelegte Fahrprofil. Dieses geht über den Gesamtzyklus von fünf Haltevorgängen aus, wohingegen viele der hier betrachteten Streckenabschnitte ohne Halt durchfahren werden. Die NO_x-Emissionen können in diesen Abschnitten bis zu 48 % niedriger liegen, als bei Verwendung der Emissionsfaktoren aus HBEFA4.1.

Tabelle 4: Aus den PHEM4.1-Modellierungen abgeleitete Verkehrssituationen in der Zeppelinstraße für die Situationen 2015

Abs_Strecke	Rtg_Strecke	Streckenlänge in Meter	LOS-Verteilung bei HVS50				
			flüssig	dicht	gesättigt	StGo	StGo2
Z1	stadteinwärts	318.4	57%	43%	0%	0%	0%
Z2	stadteinwärts	205.4	71%	0%	0%	0%	0%
Z3	stadteinwärts	200	68%	0%	0%	0%	0%
Z4	stadteinwärts	166.5	86%	0%	0%	0%	0%
Z5	stadteinwärts	230.8	97%	0%	0%	0%	0%
Z6	stadteinwärts	167.9	88%	0%	0%	0%	0%
Z7	stadteinwärts	73.3	55%	0%	0%	0%	0%
Z1	stadtauswärts	281.9	0%	48%	52%	0%	0%
Z2	stadtauswärts	205.3	66%	0%	0%	0%	0%
Z3	stadtauswärts	200	66%	0%	0%	0%	0%
Z4	stadtauswärts	186.4	69%	0%	0%	0%	0%
Z5	stadtauswärts	202.8	78%	0%	0%	0%	0%
Z6	stadtauswärts	185	0%	0%	32%	68%	0%
Z7	stadtauswärts	88	52%	0%	0%	0%	0%

Abs=Abschnitt; Rtg=Fahrtrichtung

4.3.2 Erfurt Bergstraße

Folgende Untersuchungen und Daten lagen für 2015 vor:

- Verkehrsmengen aus UVE (DTV, SV inkl. Busse)
- KBA-Daten 2015 für die Ableitung der lokalen Kfz-Flotte unter Berücksichtigung der Umweltzone
- Analysen des Verkehrsflusses für den Straßenzug Talstraße/Bergstraße/Nordhäuser Straße aus UVE sowie Pilotprojekt Talstraße/Bergstraße für die Ableitung der Verkehrssituationen.
- MISKAM-Berechnungsmodell
- Kontinuierliche Immissionsmessdaten Bergstraße (NO₂, NO_x)
- Kontinuierliche Immissionsmessdaten für städtischen Hintergrund Krämpferstraße (NO₂, NO_x, O₃)
- in Bezug auf die Windgeschwindigkeit angepassten Windstatistik an der DWD-Station Erfurt-Bindersleben, die als repräsentativ für den Bereich Bergstraße bewertet ist.

4.3.2.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten wurden aus o. g. Untersuchungen übernommen. Eine Aufteilung der Verkehrsmengen für die betrachteten Straßenabschnitte findet sich für 2015 in der Tabelle 5. So lag der Schwerverkehrsanteil am Messcontainer im Jahr 2015 bei 1.7 %.

Da die Bergstraße im Bereich des Messcontainers eine Einbahnstraße ist, wurde auf eine fahrspurfeine Aufteilung der Verkehre verzichtet.

Tabelle 5: Verkehrsmengen auf den betrachteten Straßenabschnitten im Bezugsjahr 2015

Straße / Abschnitt_von	Abschnitt_bis	DTV in Kfz/Tag	Schwerverkehr inkl. Busse in Kfz/Tag
Bergstraße / Auenstraße	Nordhäuser Straße	11780	200
Bergstraße /Nordhäuser Straße	Mühlhäuser Straße	9600	192
Nordhäuser Straße / Albrechtstraße	Mittelstraße	11700	234

4.3.2.2 Meteorologie

Für den Bereich Bergstraße in Erfurt stehen keine meteorologischen Daten aus dem hauptamtlichen Stationsnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung. Im Luftreinhalteplan Erfurt wurde für die Innenstadt mit Winddaten an der medizinischen Hochschule Erfurt gearbeitet. Die zeigt eine Windverteilung, die etwa derjenigen von Bindersleben entspricht.

Im Rahmen des UVE für die Stadt Erfurt wurde mit dem Umwelt- und Naturschutzamt Erfurt abgestimmt, dass für die Ausbreitungsmodellierung im Bereich der Innenstadt, welche auch den

Bereich der Bergstraße einschließt, mit einer in Bezug auf die Windgeschwindigkeit angepassten Windstatistik an der DWD-Station Erfurt-Bindersleben zu rechnen ist. Dies wurde hier analog umgesetzt.

Die Windmessung an der DWD-Station Erfurt-Bindersleben erfolgt in 10 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt zwischen 2010 und 2019 ca. 4 m/s. Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen in Kuppenlage außerhalb des Talkessels von Erfurt. Die reliefbedingten Windgeschwindigkeiten (noch ohne Berücksichtigung von Bebauung) in 10 m über Grund werden im Untersuchungsgebiet Bergstraße gegenüber den Winddaten am Flughafen um 30 % reduziert. Die mittlere Windgeschwindigkeit im Jahr 2015 wird mit 2.8 m/s angesetzt.

Die resultierenden Windverteilungen für 2015 sind in Abbildung 15 dargestellt. Hauptwindrichtung ist Südwest bis Westnordwest. Ein sekundäres Maximum liegt bei nordöstlichen Windrichtungen. Die dargestellten Winddaten sind repräsentativ für die Windverteilung in Überdachniveau im hier zu betrachtenden Untersuchungsgebiet Bergstraße. Zusätzliche Einflüsse durch die umliegenden Gebäude werden durch die Strömungsmodellierung mit MISKAM explizit berücksichtigt.

Als Jahresmitteltemperatur für die Emissionsberechnung wurden 11.6 °C berücksichtigt.

4.3.2.3 Verkehrssituation nach HBEFA4.1

Neben den Verkehrsmengen und -zusammensetzungen sind für die Emissionsberechnung auch Angaben über den Verkehrsfluss (sogenannte Verkehrssituationen und level of service (LOS)) nötig.

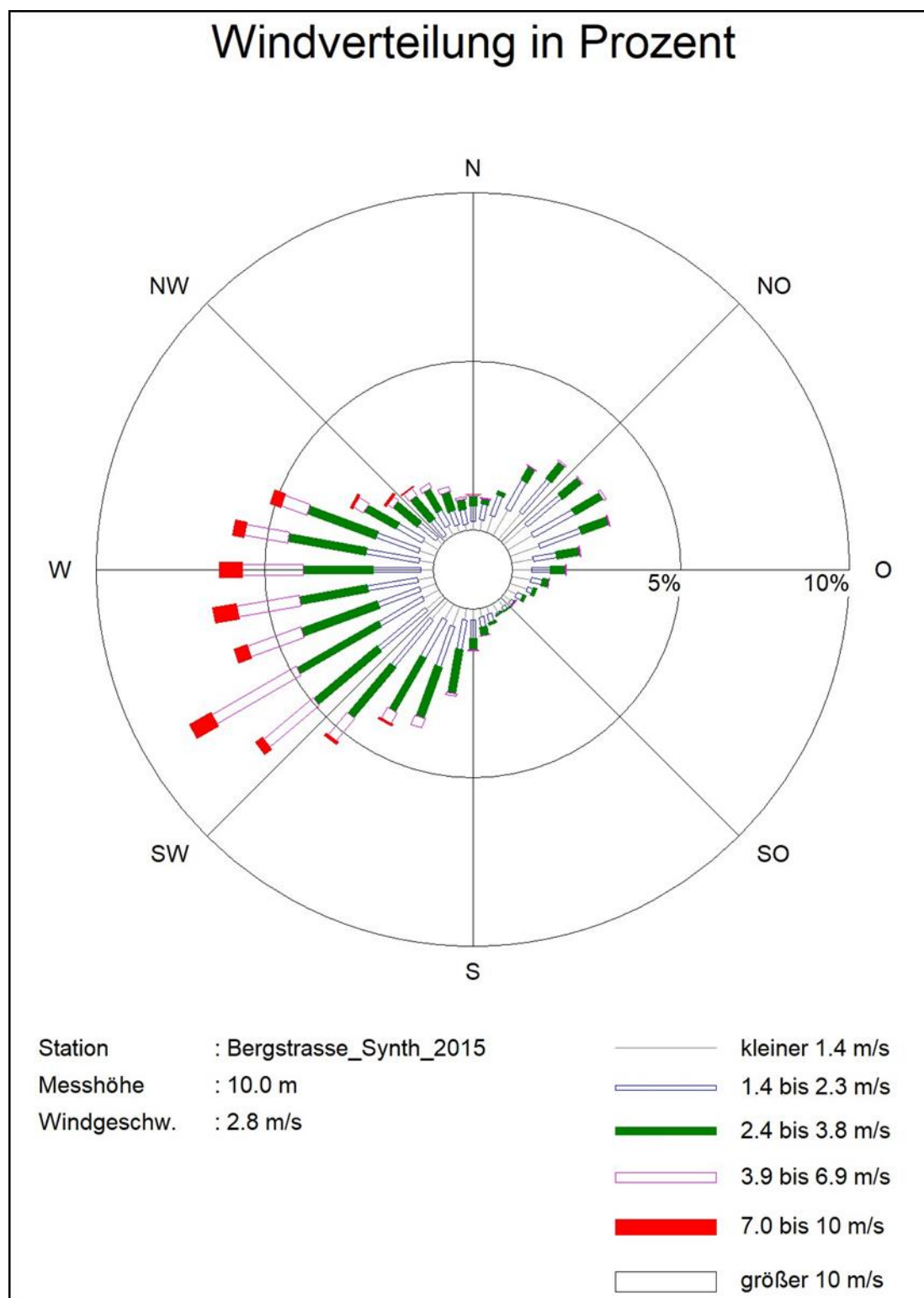
Die Auswertungen im o. g. Pilotversuch, wie auch die Daten des UVE zeigen, dass für die Bergstraße aufgrund der sehr guten Koordinierung der LSA weitgehend flüssiger Verkehr (LOS1) mit geringen Anteilen LOS2 (dicht) anzutreffen ist. Rückstauerscheinungen am Knotenpunkt mit der Nordhäuser Straße sind faktisch nicht anzutreffen. Deshalb sind auch die vom Knoten Bergstraße/Nordhäuser Straße weggehenden Verkehre weitgehend flüssig (LOS1). Für die erhöhten Beschleunigungsanteile der Verkehre hin zum Knotenpunkt werden 20 % LOS4 (StGo) angesetzt.

Die Tabelle 6 fasst die angesetzten Verkehrssituationen zusammen.

Tabelle 6: Angesetzte Verkehrssituationen für die Bergstraße und die Nordhäuser Straße für die Situationen 2015

Straße	Lage	Verkehrssituation / Längsneigung	LOS-Verteilung				
			flüssig	dicht	gesättigt	StGo	StGo2
Bergstraße	Von Auenstraße bis Nordhäuser Straße	HVS30 / +4%	95%	5%	0%	0%	0%
Bergstraße	Von Nordhäuser- bis Mühlhäuser Straße	HVS50 / 0%	80%	0%	0%	20%	0%
Nordhäuser Straße	Albrechtstraße bis Mittelstraße	HVS50 / 0%	80%	0%	0%	20%	0%

Abbildung 15: Verwendete synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik an der Station Bergstraße in Erfurt für 2015



Quelle: eigene Darstellung

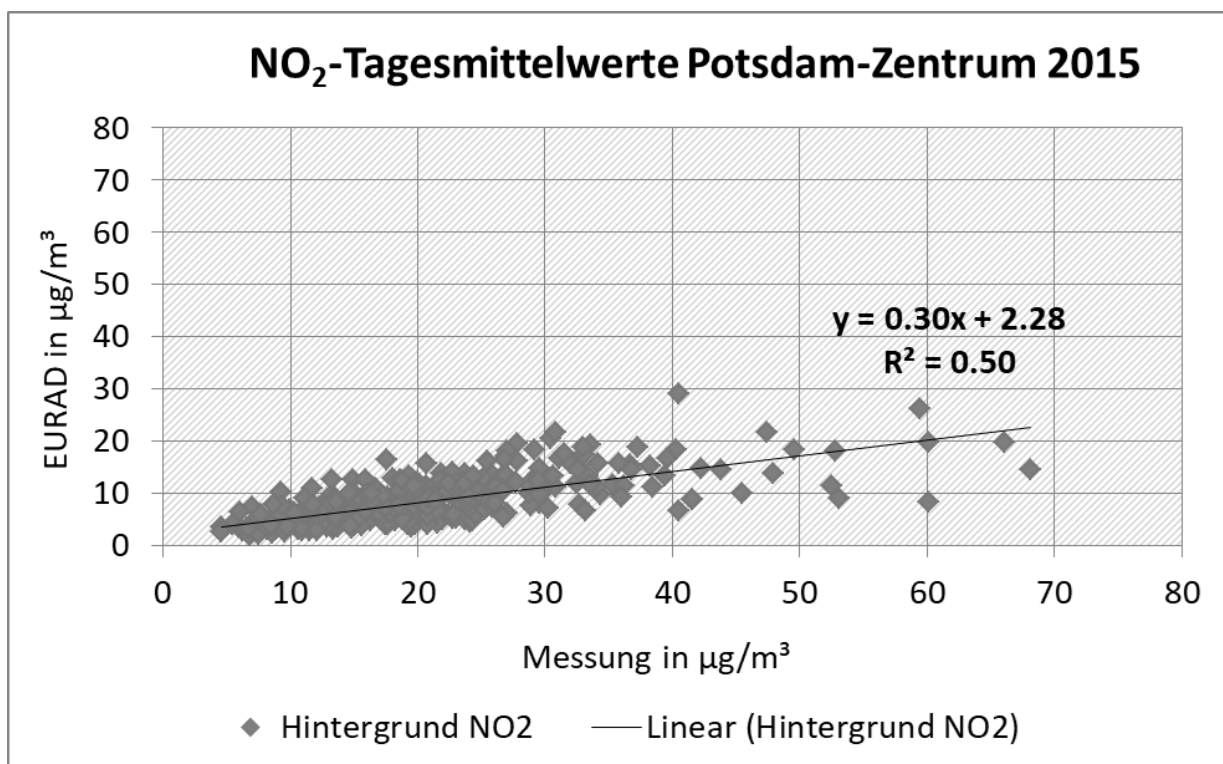
5 Vergleich der EURAD-Immissionen mit Messdaten 2015

5.1 Potsdam

Die von EURAD berechneten Konzentrationsdaten für die Rasterzelle, in der die Messstationen Potsdam-Zentrum sowie Potsdam Zeppelinstraße liegen, wurden als Tages-, Monats- und Jahresmittelwerte für NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5} und Ozon ausgewertet. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse grafisch dargestellt und den entsprechenden Immissionsmessdaten gegenübergestellt. Eine Systematisierung findet sich in Kap. 5.6.

Ein Vergleich der NO₂-Tagesmittelwerte zwischen EURAD und Messdaten findet sich in der Abbildung 16 (für Potsdam-Zentrum) und Abbildung 17 (für Potsdam Zeppelinstraße).

Abbildung 16: Vergleich der NO₂-Tagesmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam Zentrum (städtischer Hintergrund) für 2015



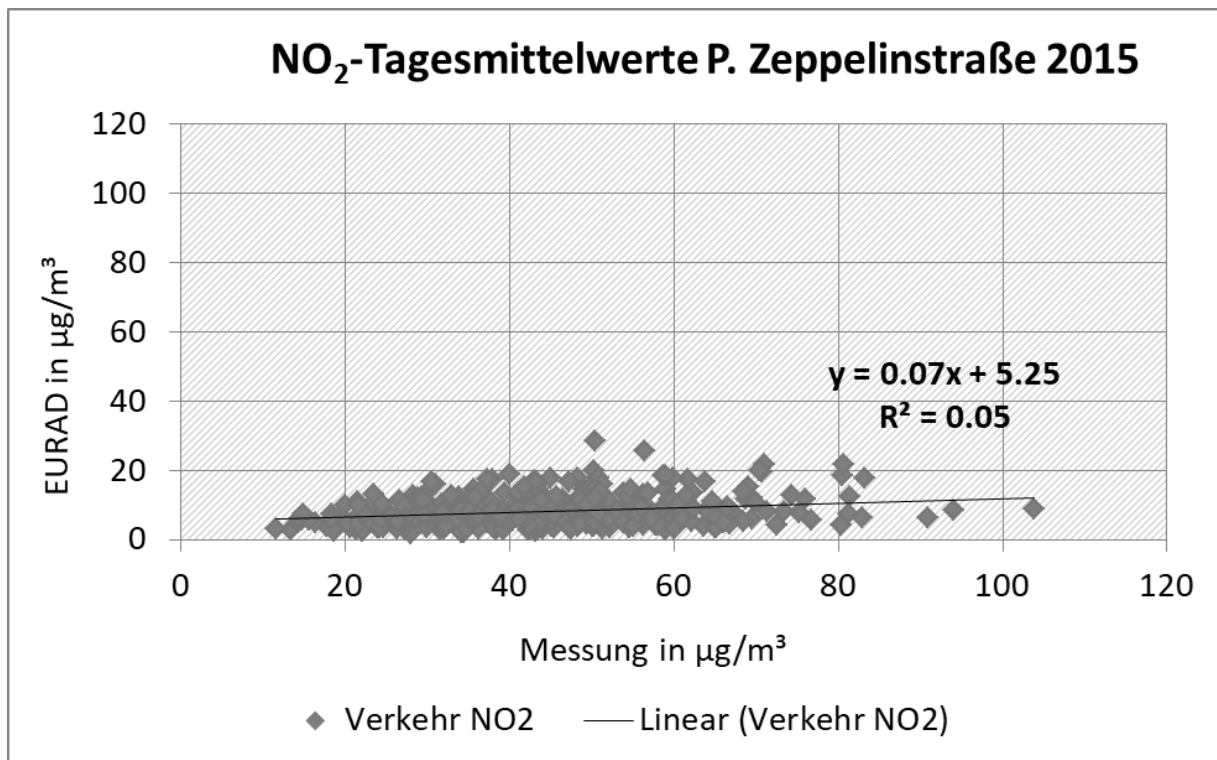
Quelle: eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass die von EURAD berechneten Tagesmittelwerte bereits für die städtische Hintergrundkonzentration (repräsentiert durch die Messstation Potsdam-Zentrum) deutlich zu geringe Werte aufweisen (ca. Faktor 3). Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten beträgt ca. 0.5. D.h., eine (geringe) positive Korrelation zwischen EURAD-Tagesmittelwerten und Messwerten ist hier gegeben. Dies weist auf eine systematische Unterschätzung durch EURAD hin. Maßgeblich dürften hier die horizontale ((2x2) km²) sowie die große vertikale (0 bis 37 m über Grund) Ausdehnung der bodennahen EURAD-Box und die darin simulierte gleichmäßige Verteilung von Emissionen im Vergleich zu den in ca. 3 m über Grund gemessenen Konzentrationen sein.

Diese Unterschätzung durch EURAD ist erwartungsgemäß im Vergleich zu den Messungen an der Hot-Spot-Station Zeppelinstraße deutlich größer (ca. Faktor 14), weil hier der lokale Einfluss sowohl bzgl. der Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse als auch der lokalen

Verkehrsemissionen durch eine Mittelwertbildung über 2 km x 2 km x 37 m nicht abgebildet werden kann. Dies zeigt sich auch im Korrelationskoeffizienten, der nahe Null liegt.

Abbildung 17: Vergleich der NO₂-Tagesmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam Zeppelinstraße (Hot-Spot) für 2015



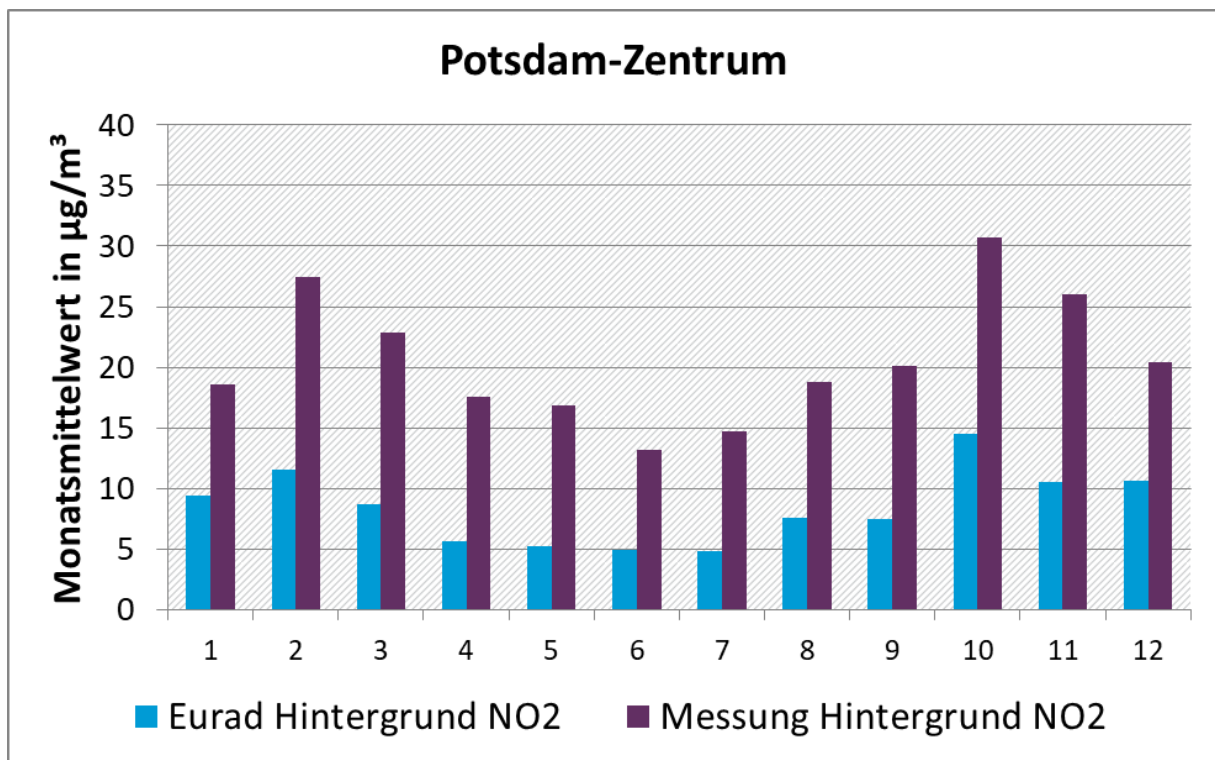
Quelle: eigene Darstellung

Dies wird auch bei Betrachtung der Monatsmittelwerte deutlich (Abbildung 18 und Abbildung 19). Während die EURAD-Ergebnisse den Monatstrend, allerdings auf niedrigerem Niveau, an der Hintergrundstation folgen können, laufen an der Hot-Spot-Station die Trends auseinander und zeigen in den Messungen insbesondere in den Sommermonaten deutliche Anstiege ggü. den modellierten Rückgängen in EURAD. Der EURAD-Verlauf entspricht hier etwa dem für die Hintergrundstation modellierten.

Die aufgezeigte deutliche Unterschätzung durch die EURAD-Modellierung zeigt sich auch in der Gegenüberstellung der NO₂-Jahresmittelwerte (Abbildung 20). Während an der Station Potsdam-Zentrum 2015 der NO₂-Jahresmittelwert bei 20.6 µg/m³ lag wird durch EURAD ein Wert von 8.4 µg/m³ modelliert. Für die EURAD-Rasterbox, in der die Station Potsdam Zeppelinstraße liegt, modelliert EURAD einen NO₂-Jahresmittelwert von 8.2 µg/m³.

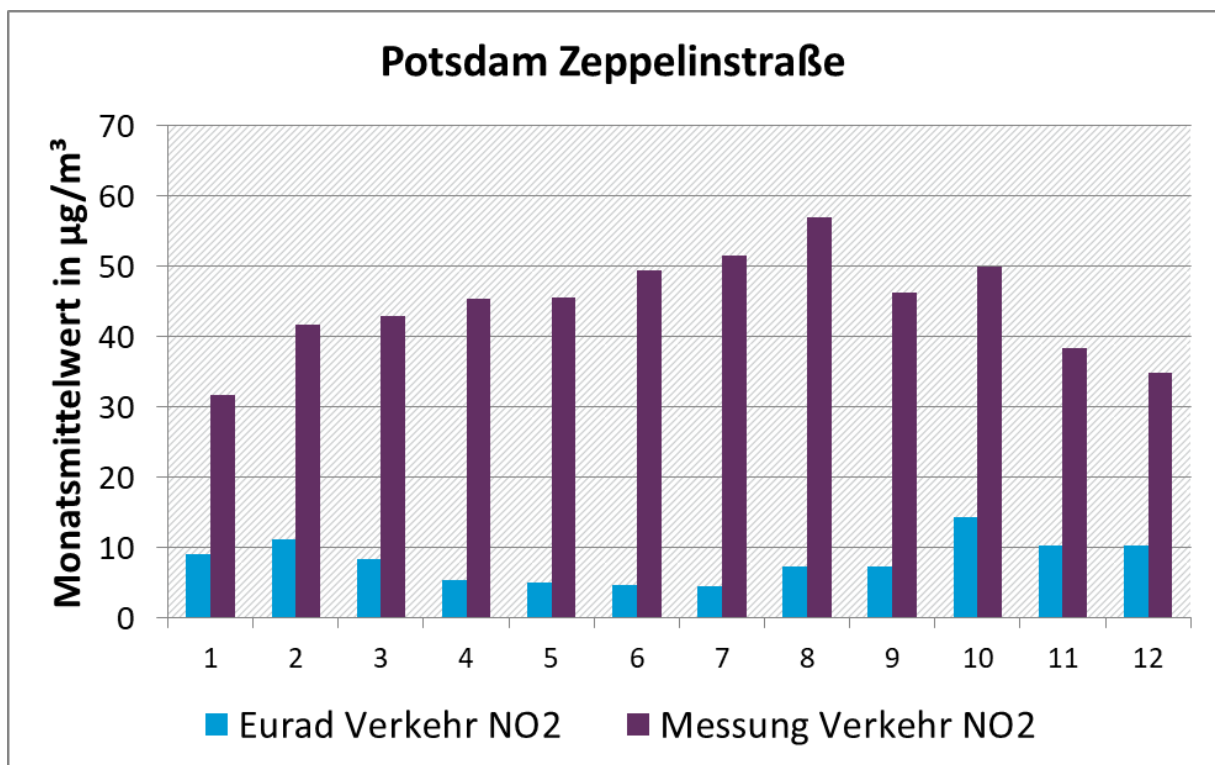
Die zuvor dargestellten Vergleiche gelten für NO₂. Die Abbildung 21 zeigt, dass der Unterschied zwischen EURAD- und Messergebnis von Schadstoff zu Schadstoff differiert. So gibt es ähnlich hohe Unterschiede bei NO_x. Die PM_{2.5}- und Ozon-Jahresmittelwerte zeigen nur geringe Unterschiede. Die Abweichung liegt bei PM₁₀ zwischen denen von NO₂ und PM_{2.5}.

Abbildung 18: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam-Zentrum (städtischer Hintergrund) für 2015



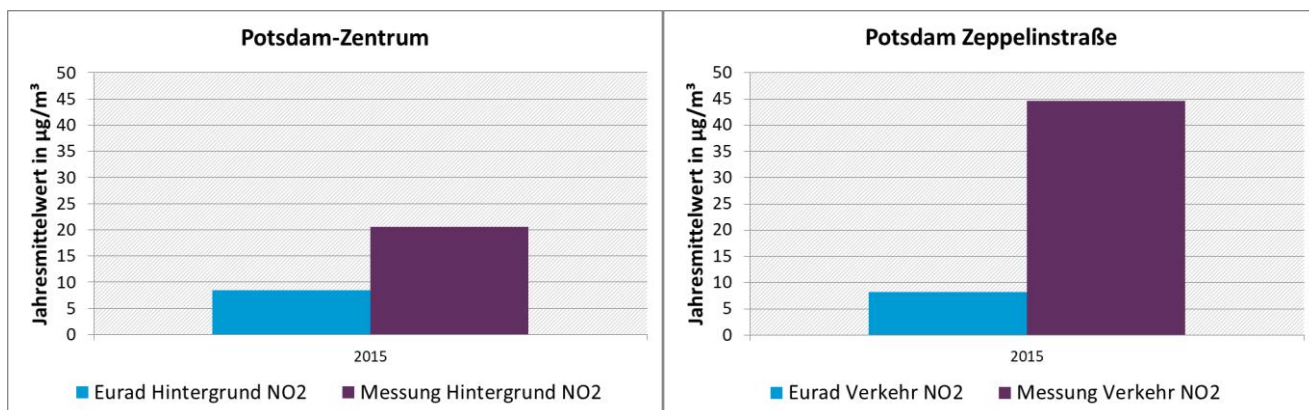
Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 19: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam Zeppelinstraße (Hot-Spot) für 2015



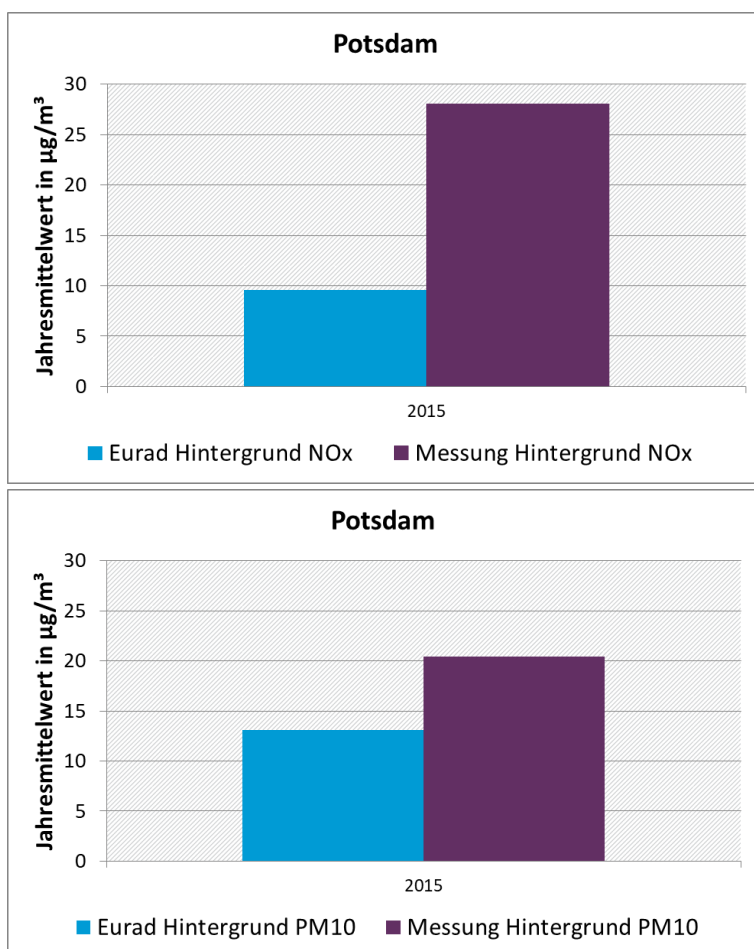
Quelle: eigene Darstellung

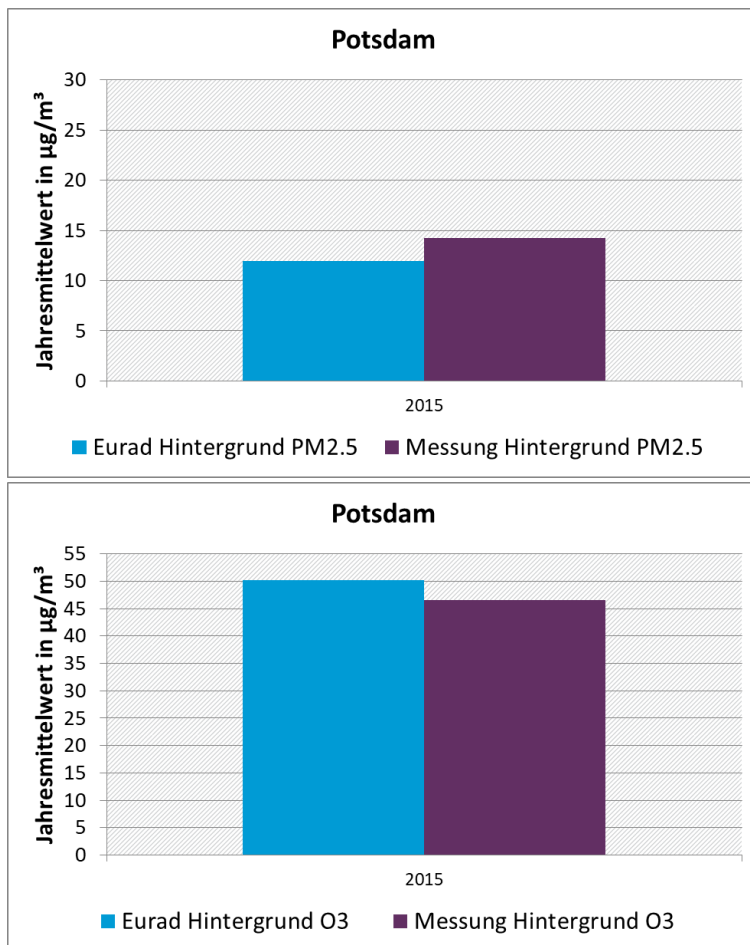
Abbildung 20: Vergleich der NO₂-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam-Zentrum (städtischer Hintergrund) sowie Zeppelinstraße (Hot-Spot) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 21: Vergleich der NO_x-, PM₁₀-, PM_{2.5} und O₃-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Potsdam-Zentrum (städtischer Hintergrund) für 2015



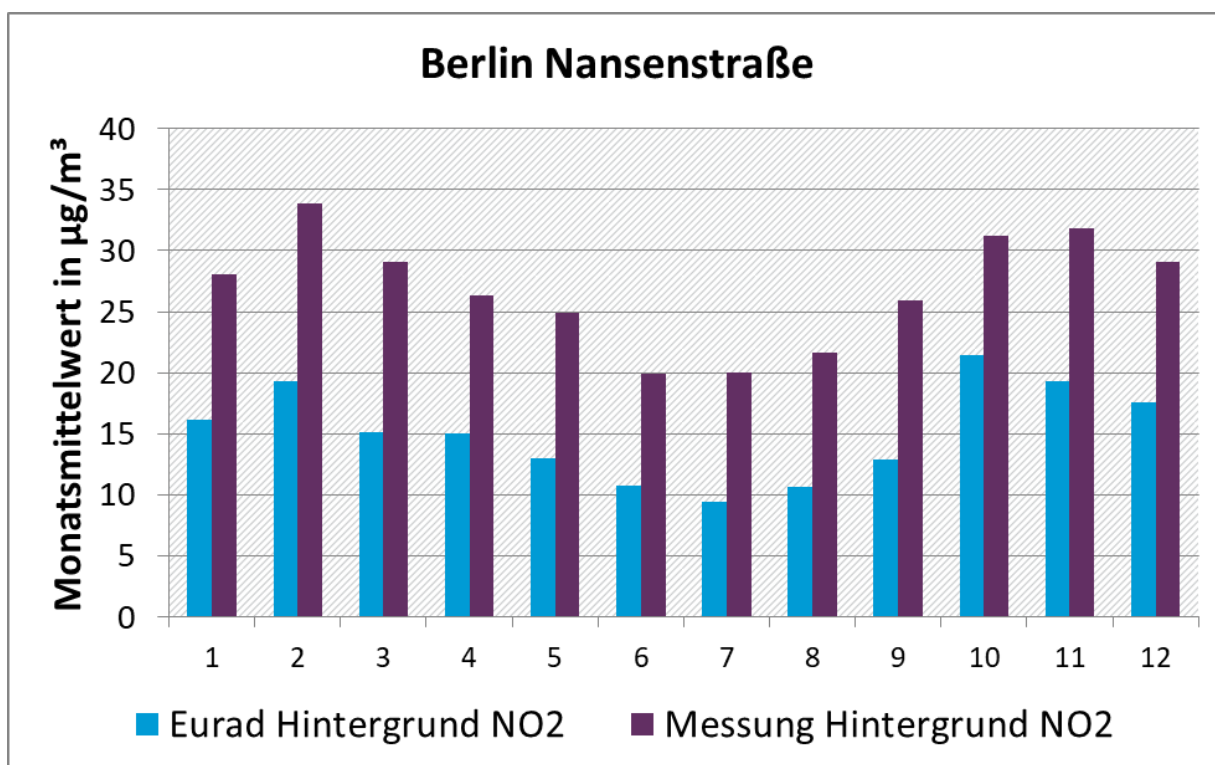


5.2 Berlin

Die Daten in Berlin wurden analog zu Potsdam ausgewertet. Im Wesentlichen spiegeln sich auch hier die zuvor für Potsdam aufgeführten Effekte wider. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse grafisch dargestellt und den entsprechenden Immissionsmessdaten gegenübergestellt. Eine Systematisierung findet sich ebenfalls in Kap. 5.6.

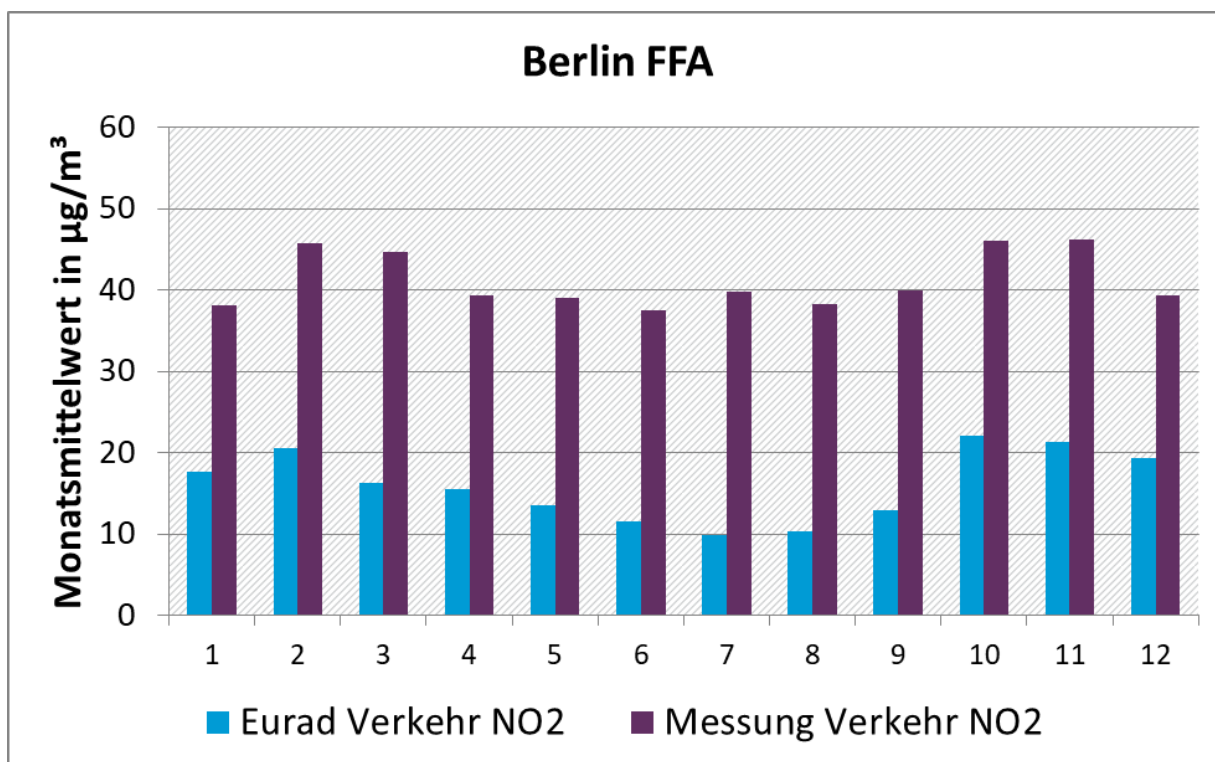
Eine deutliche Unterschätzung wird auch in Berlin bei Betrachtung der NO₂-Monatsmittelwerte deutlich (Abbildung 22 und Abbildung 23). Die EURAD-Ergebnisse können den Monatstrend, allerdings auf niedrigerem Niveau, an der Hintergrundstation folgen. Auch an der Hot-Spot-Station wird dieser Trend, anders als in Potsdam an der Zeppelinstraße, weitgehend reproduziert. Der EURAD-Verlauf entspricht hier etwa dem für die Hintergrundstation modellierten.

Abbildung 22: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin-Nansenstraße (städtischer Hintergrund) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

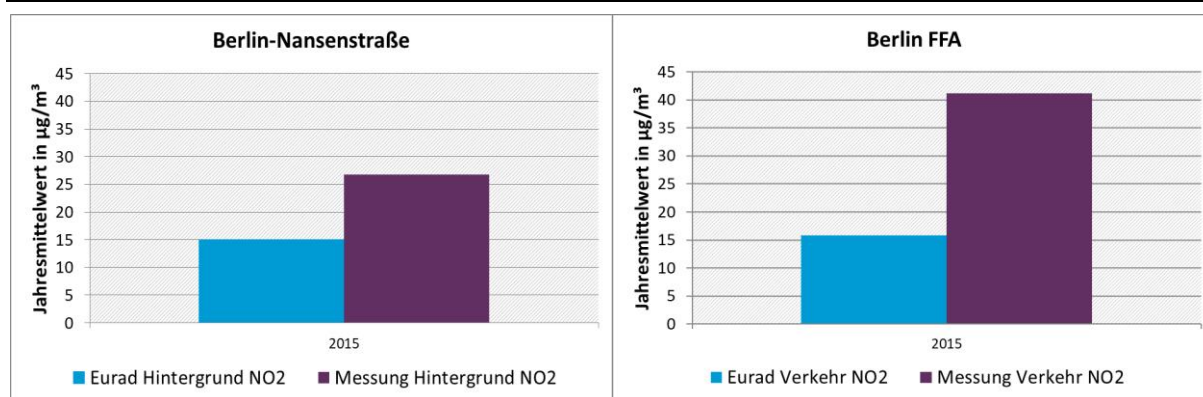
Abbildung 23: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin Frankfurter Allee (Hot-Spot) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

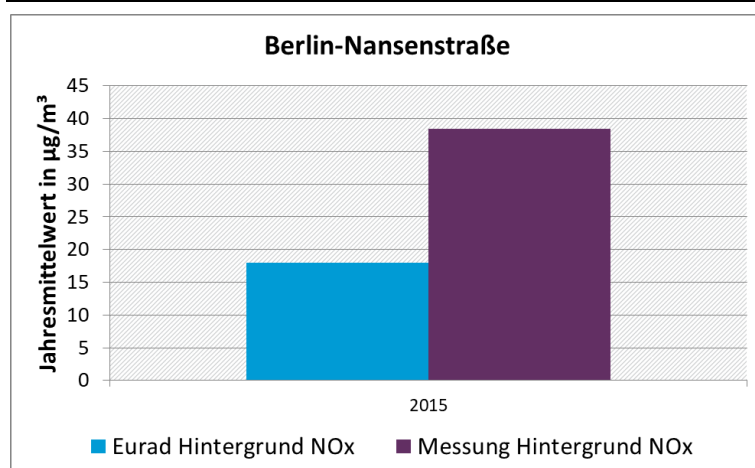
Die aufgezeigte deutliche Unterschätzung durch die EURAD-Modellierung zeigt sich auch in der Gegenüberstellung der NO₂-Jahresmittelwerte (Abbildung 24). Während an der Station Berlin-Nansenstraße 2015 der NO₂-Jahresmittelwert bei 26,8 µg/m³ lag, wird durch EURAD ein Wert von 15,4 µg/m³ modelliert. Für die EURAD-Rasterbox, in der die Station Frankfurter Allee liegt, modelliert EURAD einen NO₂-Jahresmittelwert von 15,9 µg/m³. Die zuvor dargestellten Vergleiche gelten für NO₂. Die Abbildung 25 zeigt, dass der Unterschied zwischen EURAD- und Messergebnis auch hier von Schadstoff zu Schadstoff differiert. So gibt es ähnlich hohe Unterschiede bei NO_x. Die PM_{2.5}- und Ozon-Jahresmittelwerte zeigen hier, wie auch in Potsdam, nur geringe Unterschiede. Die Abweichung liegt beim PM₁₀ zwischen denen von NO₂ und PM_{2.5}.

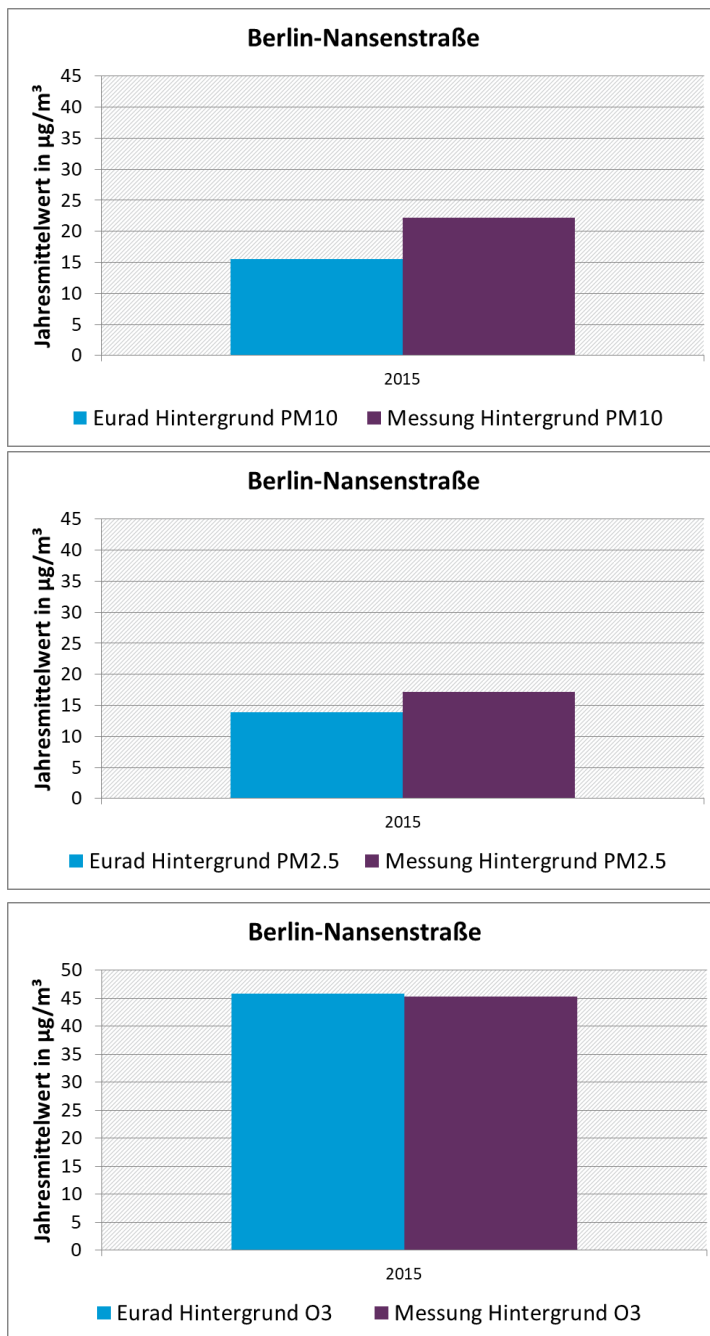
Abbildung 24: Vergleich der NO₂-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin-Nansenstraße (städtischer Hintergrund) sowie Frankfurter Allee (Hot-Spot) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 25: Vergleich der NO_x-, PM₁₀-, PM_{2.5} und O₃-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Berlin-Nansenstraße (städtischer Hintergrund) für 2015



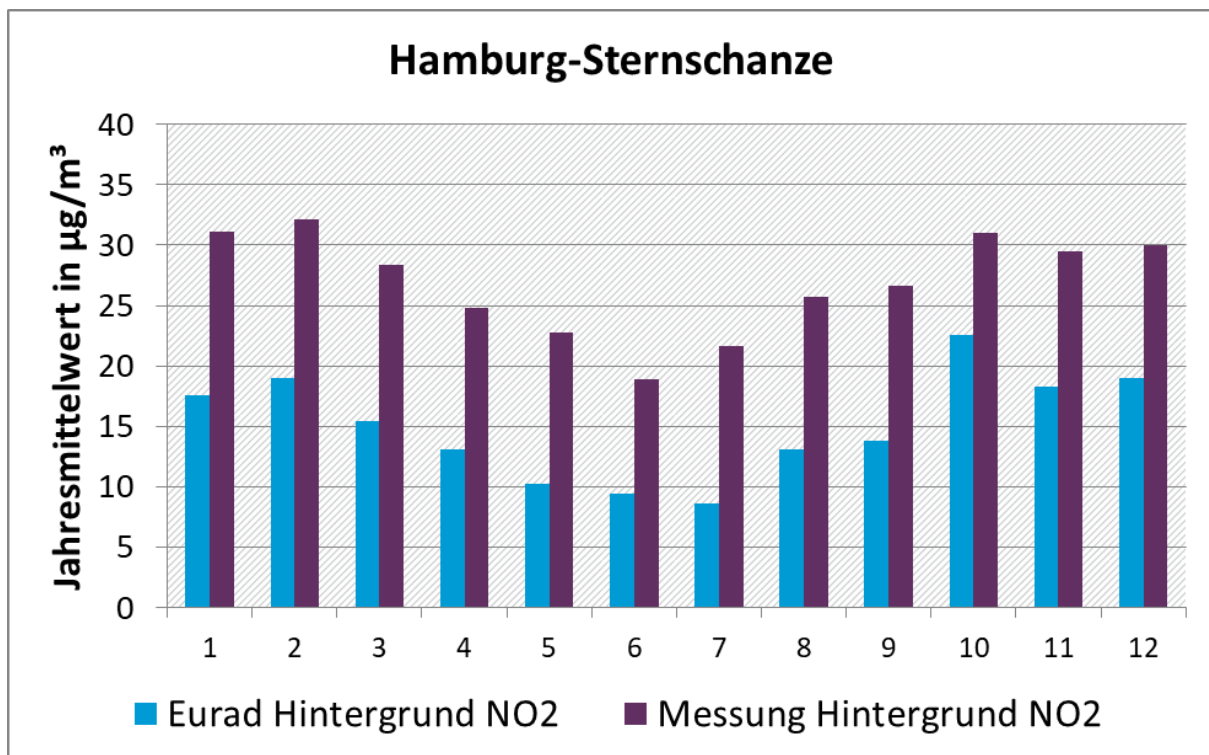


5.3 Hamburg

Die Daten in Hamburg wurden analog zu Potsdam ausgewertet. Im Wesentlichen spiegeln sich auch hier die zuvor aufgeführten Effekte wider. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse grafisch dargestellt und den entsprechenden Immissionsmessdaten gegenübergestellt. Eine Systematisierung findet sich ebenfalls in Kap. 5.6.

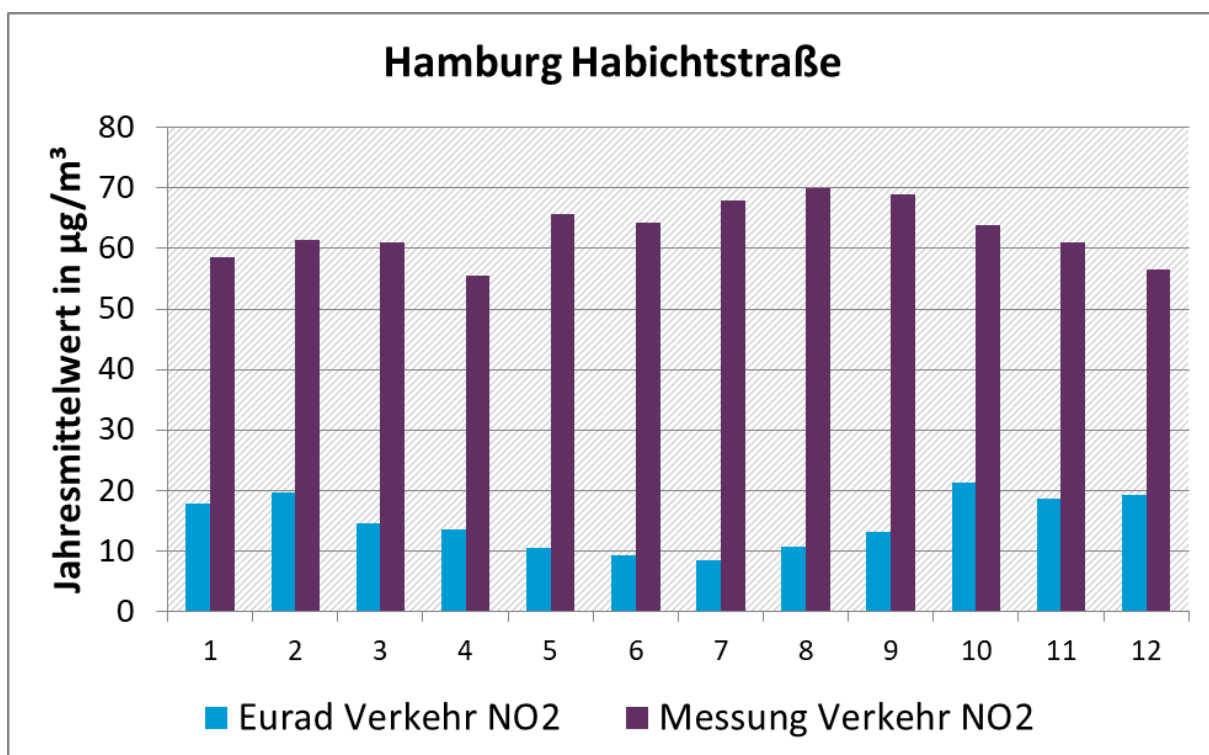
Eine deutliche Unterschätzung wird auch in Hamburg bei Betrachtung der NO₂-Monatsmittelwerte deutlich (Abbildung 26 und Abbildung 27). Die EURAD-Ergebnisse können auch hier dem Monatstrend, allerdings auf niedrigerem Niveau, an der Hintergrundstation folgen. An der Hot-Spot-Station wird dieser Trend, ähnlich wie in Potsdam an der Zeppelinstraße, nicht reproduziert. Der EURAD-Verlauf entspricht hier etwa dem für die Hintergrundstation modellierten.

Abbildung 26: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg-Sternschanze (städtischer Hintergrund) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 27: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg Habichtstraße (Hot-Spot) für 2015

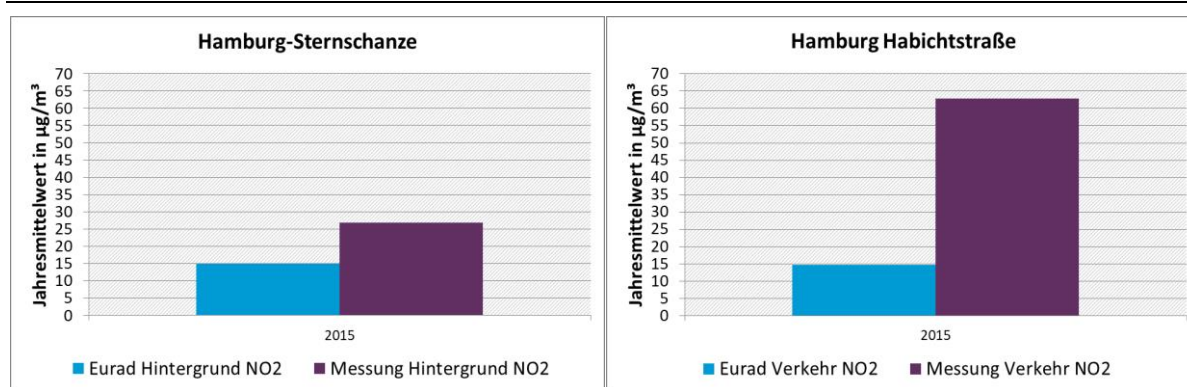


Quelle: eigene Darstellung

Die aufgezeigte deutliche Unterschätzung durch die EURAD-Modellierung zeigt sich auch in der Gegenüberstellung der NO₂-Jahresmittelwerte (Abbildung 28). Während an der Station Hamburg-Sternschanze 2015 der NO₂-Jahresmittelwert bei 26.9 µg/m³ lag wird durch EURAD ein Wert von 15.0 µg/m³ modelliert. Für die EURAD-Rasterbox, in der die Station Habichtstraße liegt, modelliert EURAD einen NO₂-Jahresmittelwert von 14.7 µg/m³.

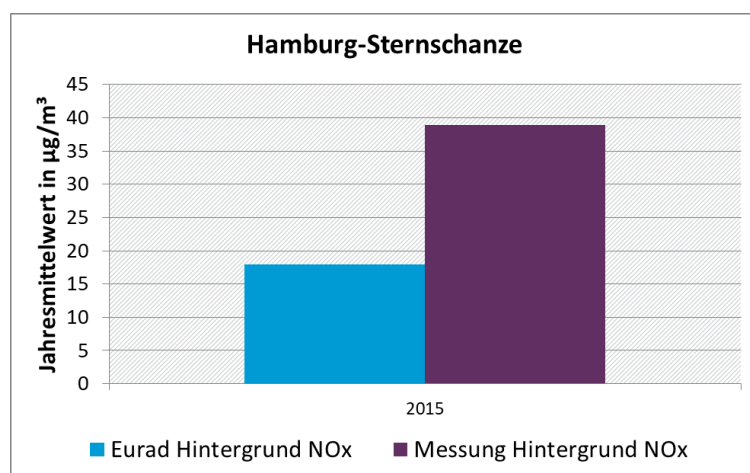
Die zuvor dargestellten Vergleiche gelten für NO₂. Die Abbildung 29 zeigt, dass der Unterschied zwischen EURAD- und Messergebnis auch hier von Schadstoff zu Schadstoff differiert. So gibt es ähnlich hohe Unterschiede bei NO_x. Die PM_{2.5}- und Ozon-Jahresmittelwerte zeigen hier, wie auch in Potsdam, nur geringe Unterschiede. Die Abweichung liegt bei PM₁₀ zwischen denen von NO₂ und PM_{2.5}.

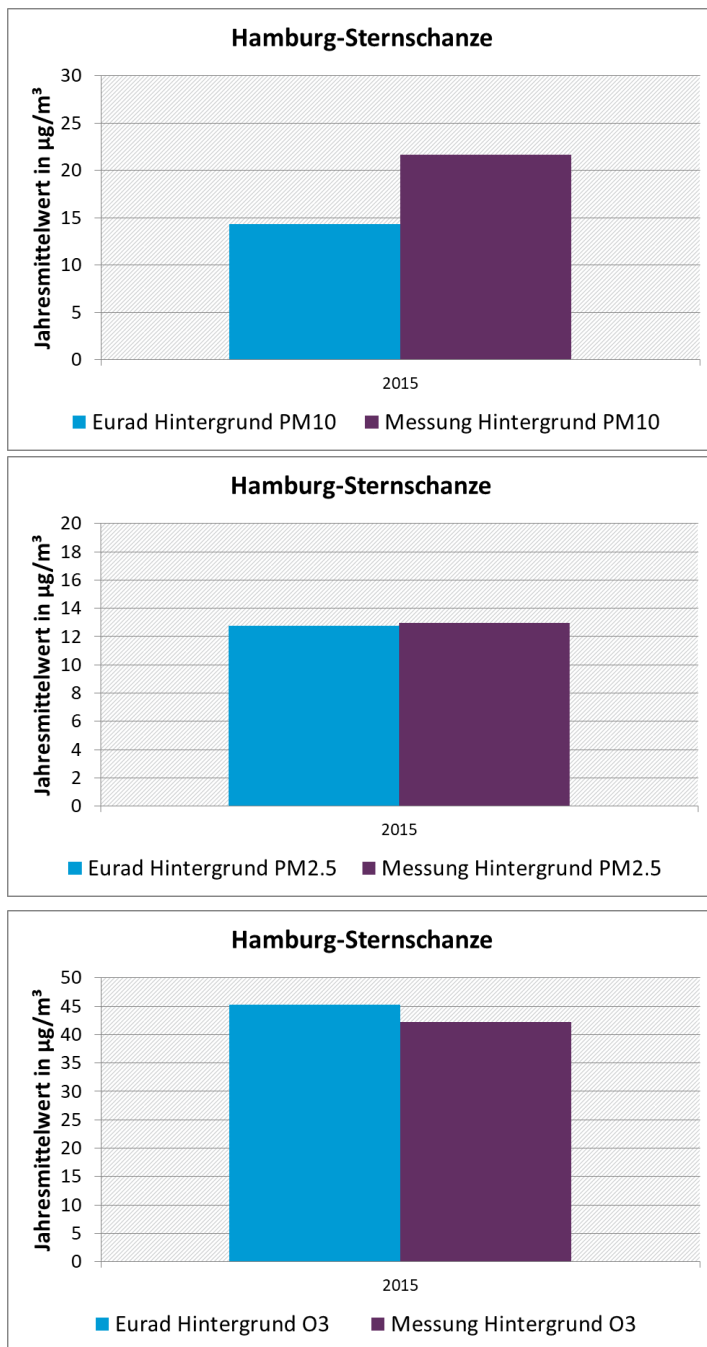
Abbildung 28: Vergleich der NO₂-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg-Sternschanze (städtischer Hintergrund) sowie Habichtstraße (Hot-Spot) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 29: Vergleich der NO_x-, PM₁₀-, PM_{2.5} und O₃-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Hamburg-Sternschanze (städtischer Hintergrund) für 2015



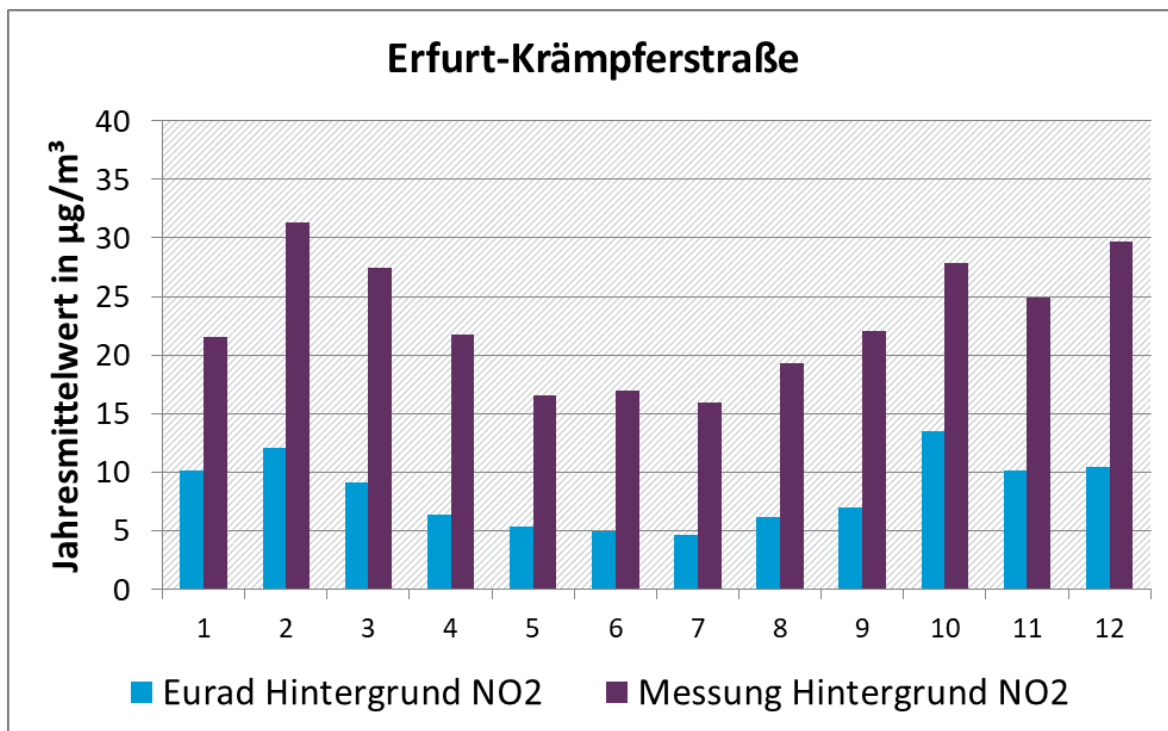


5.4 Erfurt

Die Daten in Erfurt wurden analog zu Potsdam ausgewertet. Im Wesentlichen spiegeln sich auch hier die zuvor aufgeführten Effekte wider. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse grafisch dargestellt und den entsprechenden Immissionsmessdaten gegenübergestellt. Eine Systematisierung findet sich ebenfalls in Kap. 5.6.

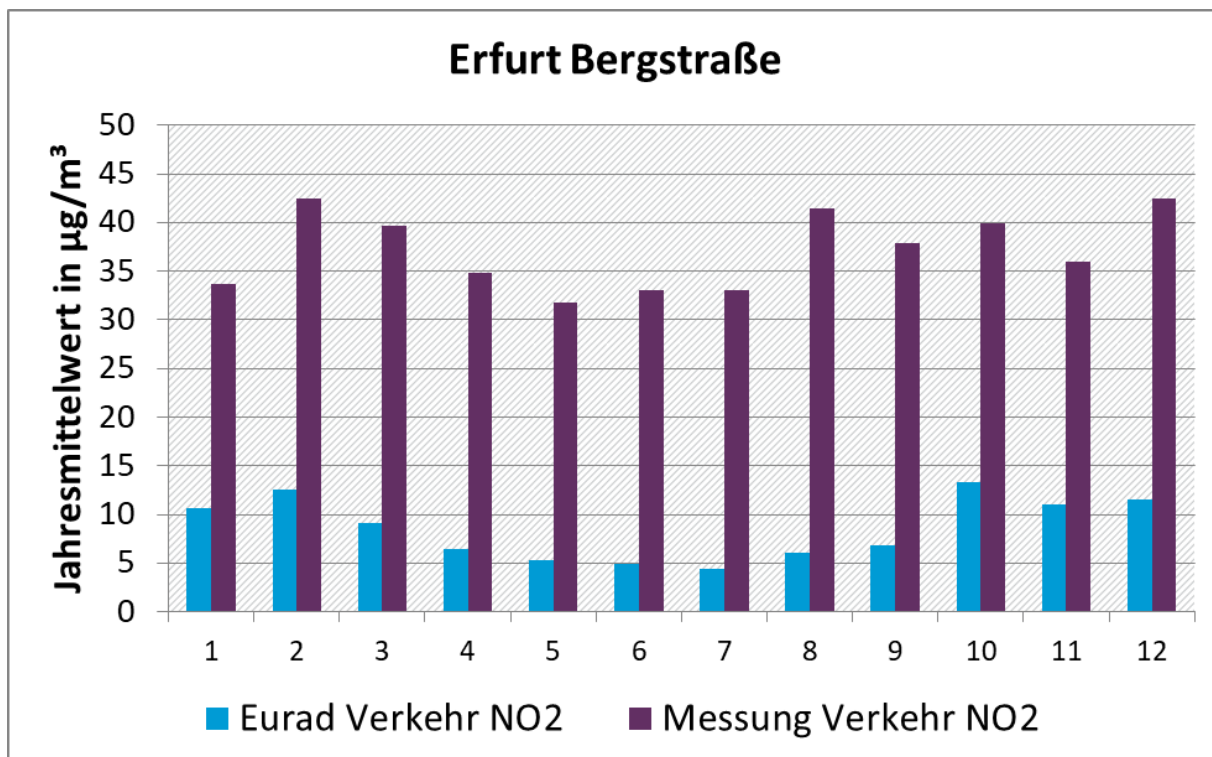
Eine deutliche Unterschätzung wird auch in Erfurt bei Betrachtung der NO₂-Monatsmittelwerte deutlich (Abbildung 30 und Abbildung 31). Die EURAD-Ergebnisse können auch hier dem Monatstrend, allerdings auf niedrigerem Niveau, an der Hintergrundstation folgen. An der Hot-Spot-Station wird dieser Trend, ähnlich wie in Berlin an der Frankfurter Allee, zum Teil reproduziert. Der EURAD-Verlauf entspricht hier etwa dem für die Hintergrundstation modellierten.

Abbildung 30: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Erfurt-Krämpferstraße (städtischer Hintergrund) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 31: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Erfurt Bergstraße (Hot-Spot) für 2015

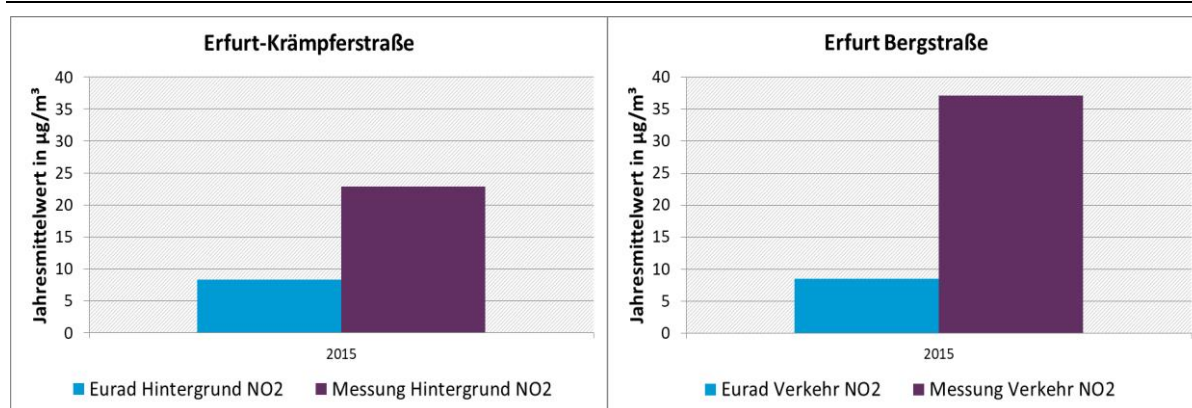


Quelle: eigene Darstellung

Die aufgezeigte deutliche Unterschätzung durch die EURAD-Modellierung zeigt sich auch in der Gegenüberstellung der NO₂-Jahresmittelwerte (Abbildung 32). Während an der Station Erfurt-Krämpferstraße 2015 der NO₂-Jahresmittelwert bei 22.9 µg/m³ lag wird durch EURAD ein Wert von 8.3 µg/m³ modelliert. Für die EURAD-Rasterbox, in der die Station Bergstraße liegt, modelliert EURAD einen NO₂-Jahresmittelwert von 8.5 µg/m³.

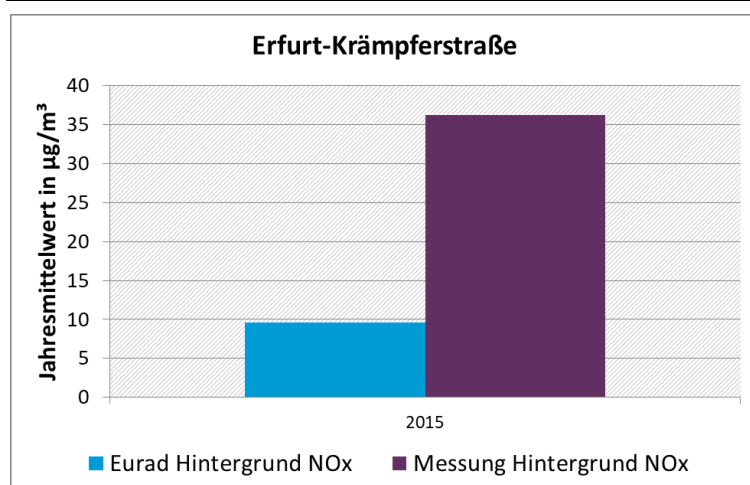
Die zuvor dargestellten Vergleiche gelten für NO₂. Die Abbildung 33 zeigt, dass der Unterschied zwischen EURAD- und Messergebnis auch hier von Schadstoff zu Schadstoff differiert. So gibt es ähnlich hohe Unterschiede bei NO_x. Die PM_{2.5}- und Ozon-Jahresmittelwerte zeigen hier, wie auch in Potsdam, nur geringe Unterschiede. Die Abweichung liegt bei PM₁₀ zwischen denen von NO₂ und PM_{2.5}.

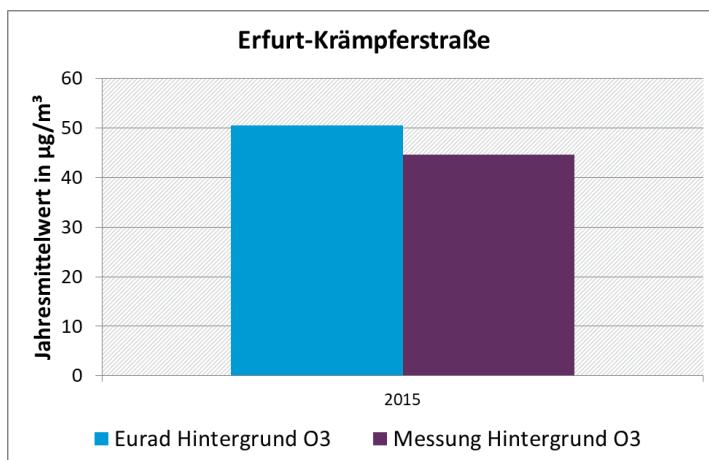
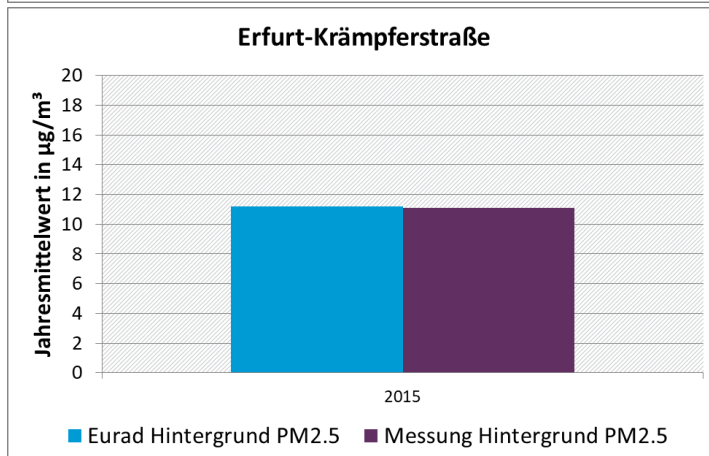
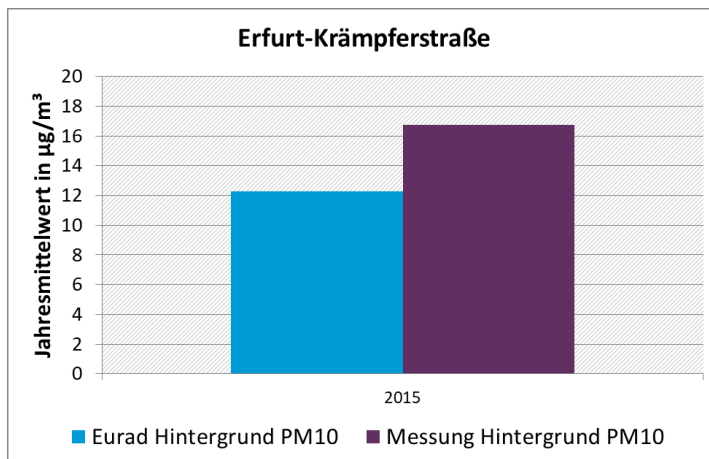
Abbildung 32: Vergleich der NO₂-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Erfurt-Krämpferstraße (städtischer Hintergrund) sowie Bergstraße (Hot-Spot) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 33: Vergleich der NO_x-, PM₁₀-, PM_{2.5} und O₃-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station E.-Krämpferstraße (städtischer Hintergrund) für 2015





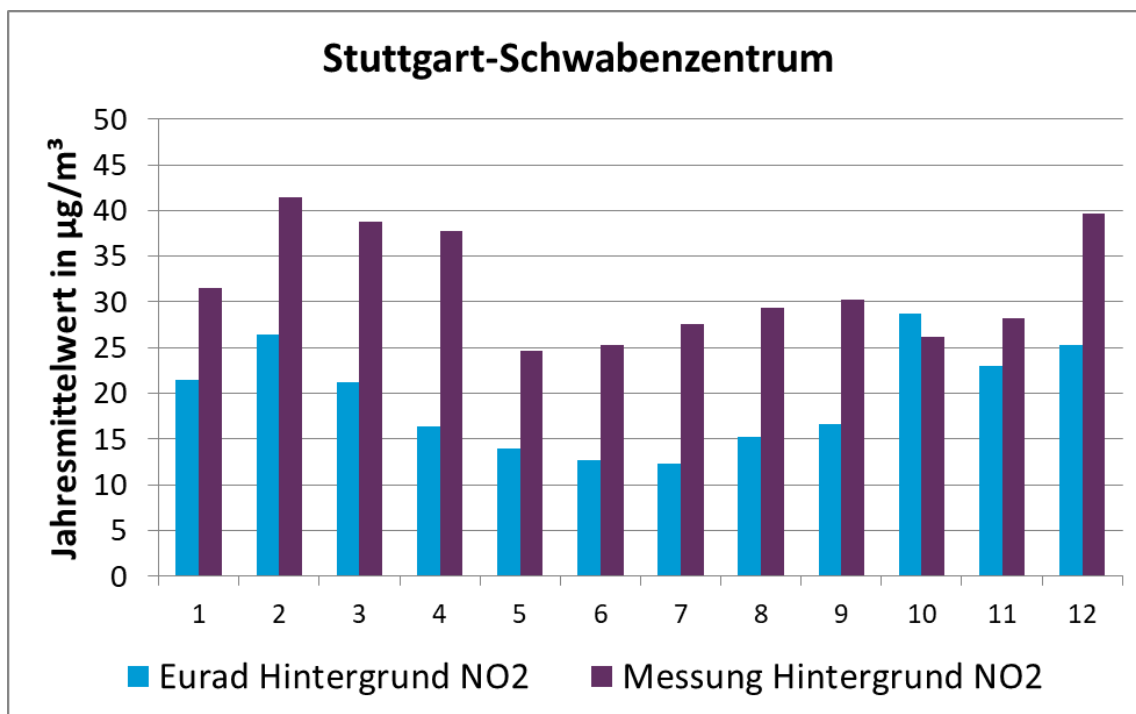
5.5 Stuttgart

Die Daten in Stuttgart wurden analog zu Potsdam ausgewertet. Im Wesentlichen spiegeln sich auch hier die zuvor aufgeführten Effekte wider. Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse grafisch dargestellt und den entsprechenden Immissionsmessdaten gegenübergestellt. Eine Systematisierung findet sich ebenfalls in Kap. 5.6.

Eine deutliche Unterschätzung wird auch in Stuttgart bei Betrachtung der NO₂-Monatsmittelwerte deutlich (Abbildung 34 und Abbildung 35). Die EURAD-Ergebnisse können auch hier dem Monatstrend, allerdings auf niedrigerem Niveau, an der Hintergrundstation folgen. Im Oktober und November sind die Abweichungen am geringsten. An der Hot-Spot-Station wird dieser Trend, ähnlich wie in Berlin an der Frankfurter Allee, nur zum Teil

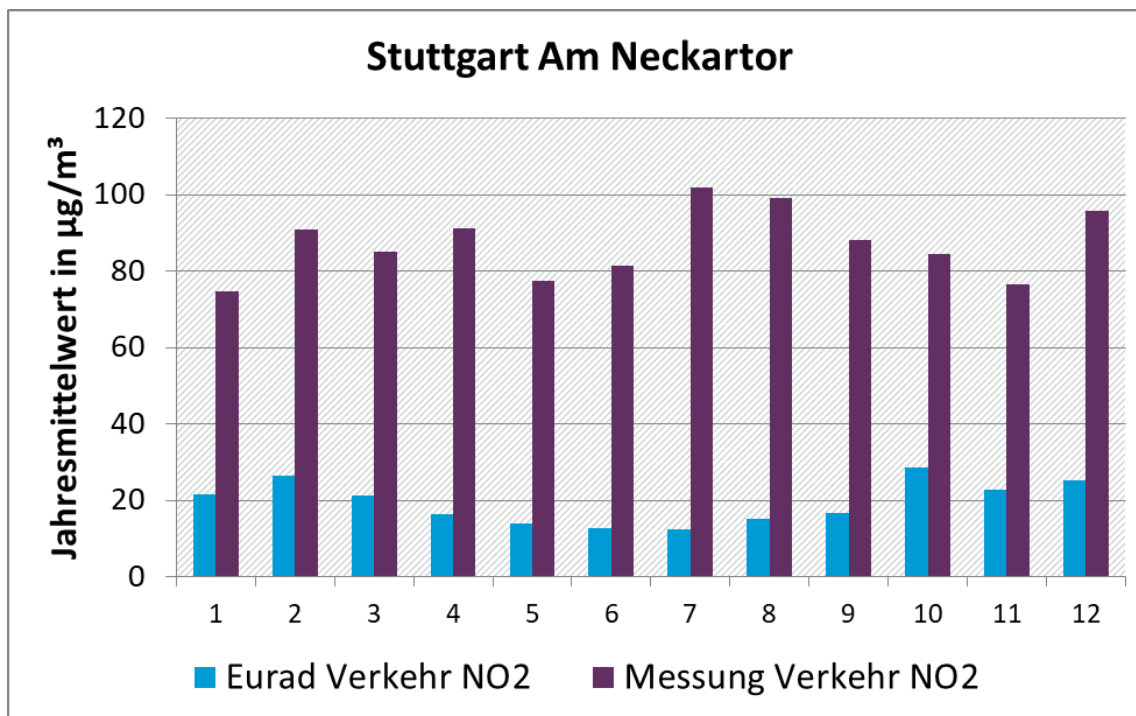
reproduziert. Der EURAD-Verlauf entspricht hier dem für die Hintergrundstation modellierten, da beide Messstellen in der gleichen EURAD-Gitterbox liegen.

Abbildung 34: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Stuttgart-Schwabenzentrum (städtischer Hintergrund) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 35: Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Stuttgart Am Neckartor (Hot-Spot) für 2015

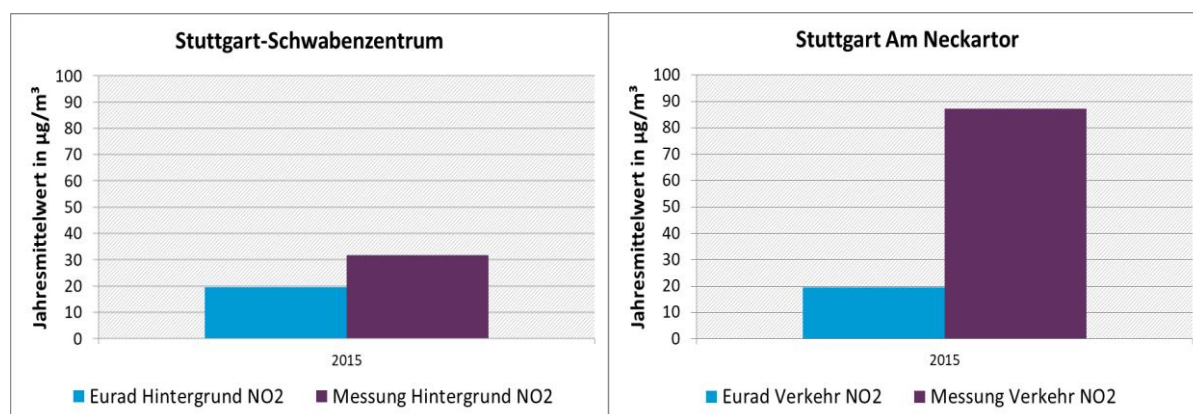


Quelle: eigene Darstellung

Die aufgezeigte deutliche Unterschätzung durch die EURAD-Modellierung zeigt sich auch in der Gegenüberstellung der NO₂-Jahresmittelwerte (Abbildung 36). Während an der Station Stuttgart-Schwabenzentrum 2015 der NO₂-Jahresmittelwert bei 3.7 µg/m³ lag, wird durch EURAD ein Wert von 19.4 µg/m³ modelliert.

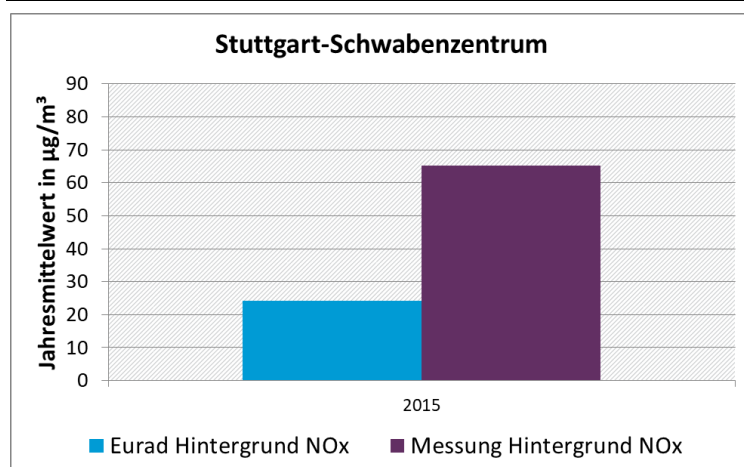
Die zuvor dargestellten Vergleiche gelten für NO₂. Die Abbildung 37 zeigt, dass der Unterschied zwischen EURAD- und Messergebnis auch hier von Schadstoff zu Schadstoff differiert. Die PM₁₀-Hintergrundbelastung wird durch EURAD getroffen, PM_{2.5}- und Ozon-Jahresmittelwerte zeigen leichte Überschätzungen. NO_x wird, wie an den anderen Stationen auch, durch EURAD deutlich unterschätzt.

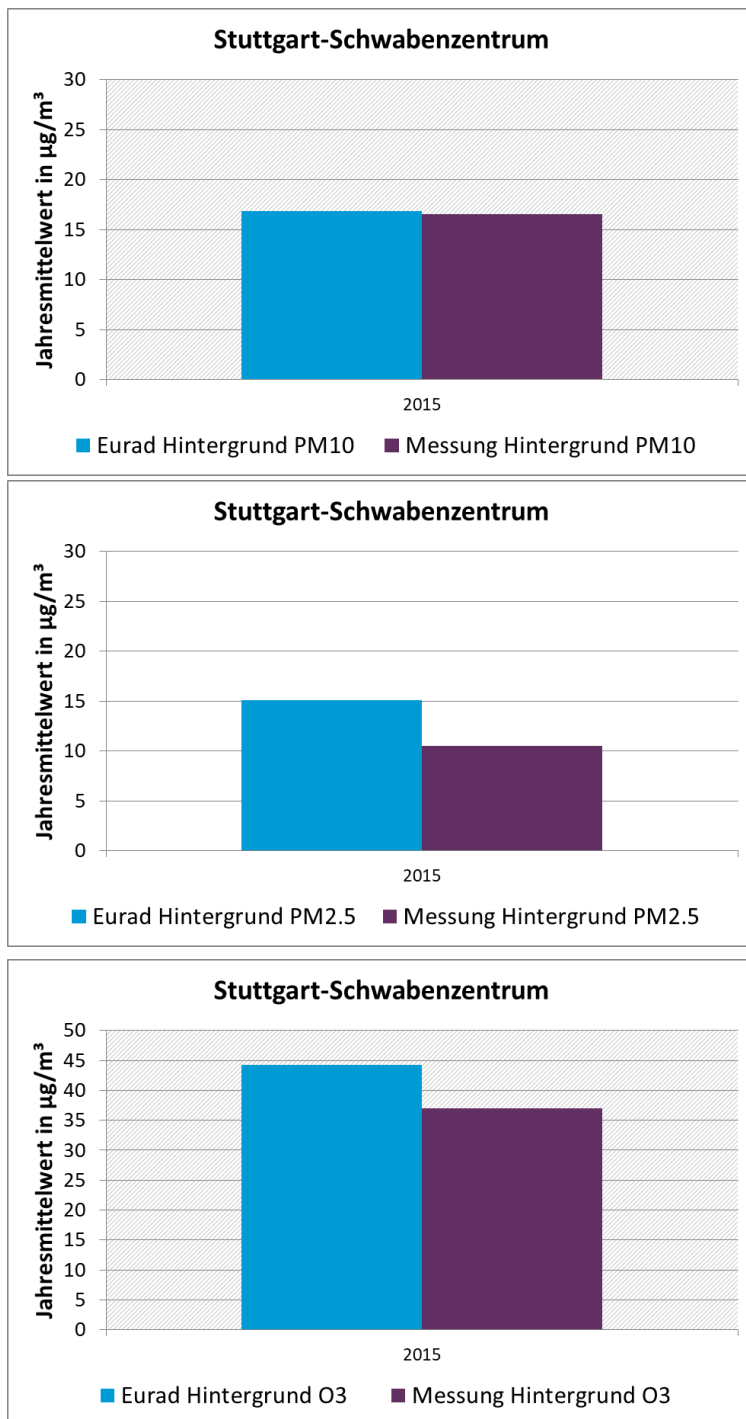
Abbildung 36: Vergleich der NO₂-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Stuttgart-Schwabenzentrum (städtischer Hintergrund) sowie Stuttgart Am Neckartor (Hot-Spot) für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 37: Vergleich der NO_x-, PM₁₀-, PM_{2.5} und O₃-Jahresmittelwerte zwischen EURAD und Messwerten an der Station Schwabenzentrum (städtischer Hintergrund) für 2015





5.6 Systematisierung

In der Abbildung 38 sind die Quotienten der Jahresmittelwerte aus EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hintergrundstationen für 2015 für die betrachteten Luftschadstoffe dargestellt. Es ist ersichtlich, dass EURAD

- ▶ bei NO_x den Messwert nur zu ca. 27 % bis 47 %
- ▶ bei NO₂ den Messwert nur zu ca. 36 % bis 61 %
- ▶ bei PM₁₀ den Messwert nur zu ca. 64 % bis 101 %

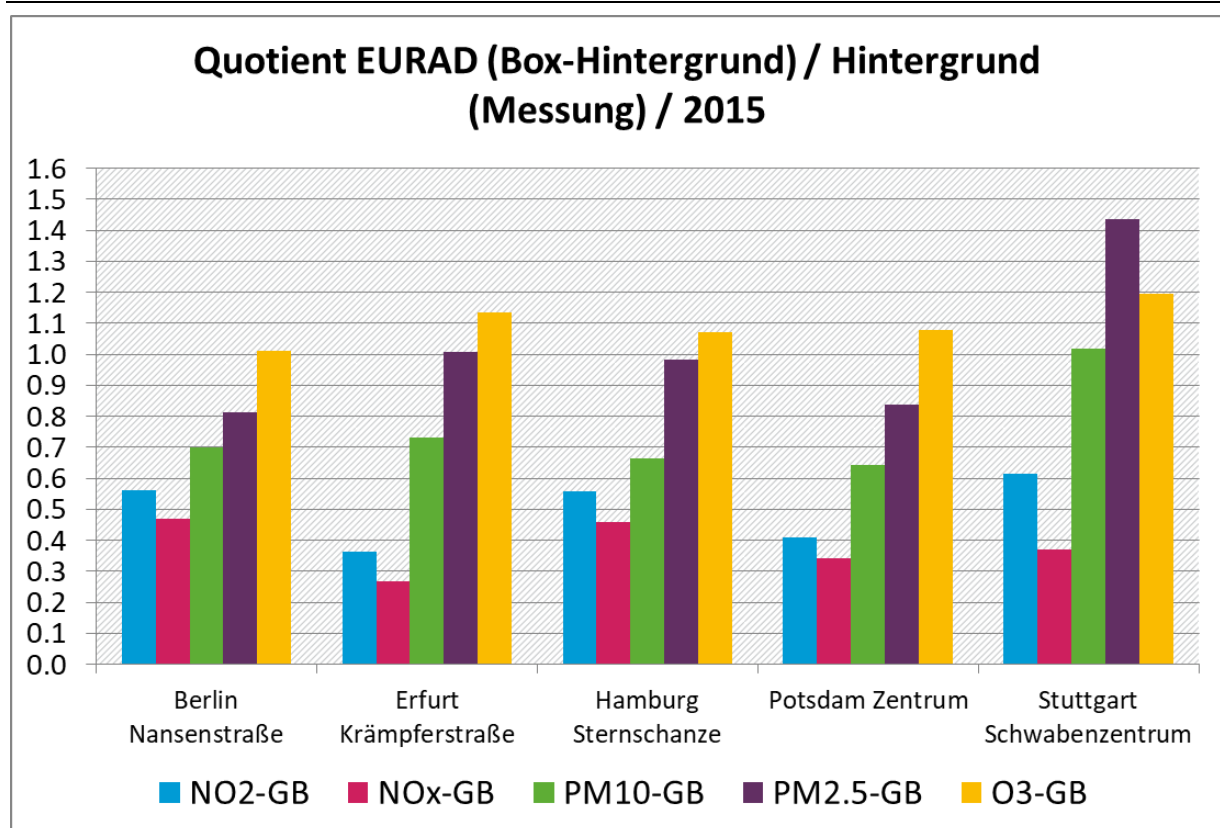
- bei PM_{2.5} den Messwert zu ca. 81 % bis 143 % und
- bei Ozon den Messwert zu ca. 101 % bis 120 % ausfüllt.

D. h., die EURAD-Ergebnisse für diese Stationen können unverändert nur für Ozon und ggf. für PM_{2.5} als Hintergrundwerte angesehen werden. Für NO_x, NO₂ und PM₁₀ bedarf es entsprechender Korrekturen. Im Mittel über die ausgewerteten Stationen ergeben sich für das Jahr 2015 folgende Korrekturfaktoren:

- NO_x: 2.6
- NO₂: 2.0
- PM₁₀: 1.4
- PM_{2.5} und Ozon: 1.0

Die sich bei Korrektur der EURAD-Jahresmittelwerte mit diesen Faktoren an den Hintergrundstationen einstellenden Werte im Vergleich zu den Messwerten sind in der Tabelle 7 dargestellt.

Abbildung 38: Quotienten der Jahresmittelwerte aus EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hintergrundstationen für 2015



Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 7: Mit den Korrekturfaktoren aus den EURAD-Berechnungen für 2015 abgeleitete Hintergrundbelastungen (HB) im Vergleich zu den Messdaten für die untersuchten Hintergrundstationen

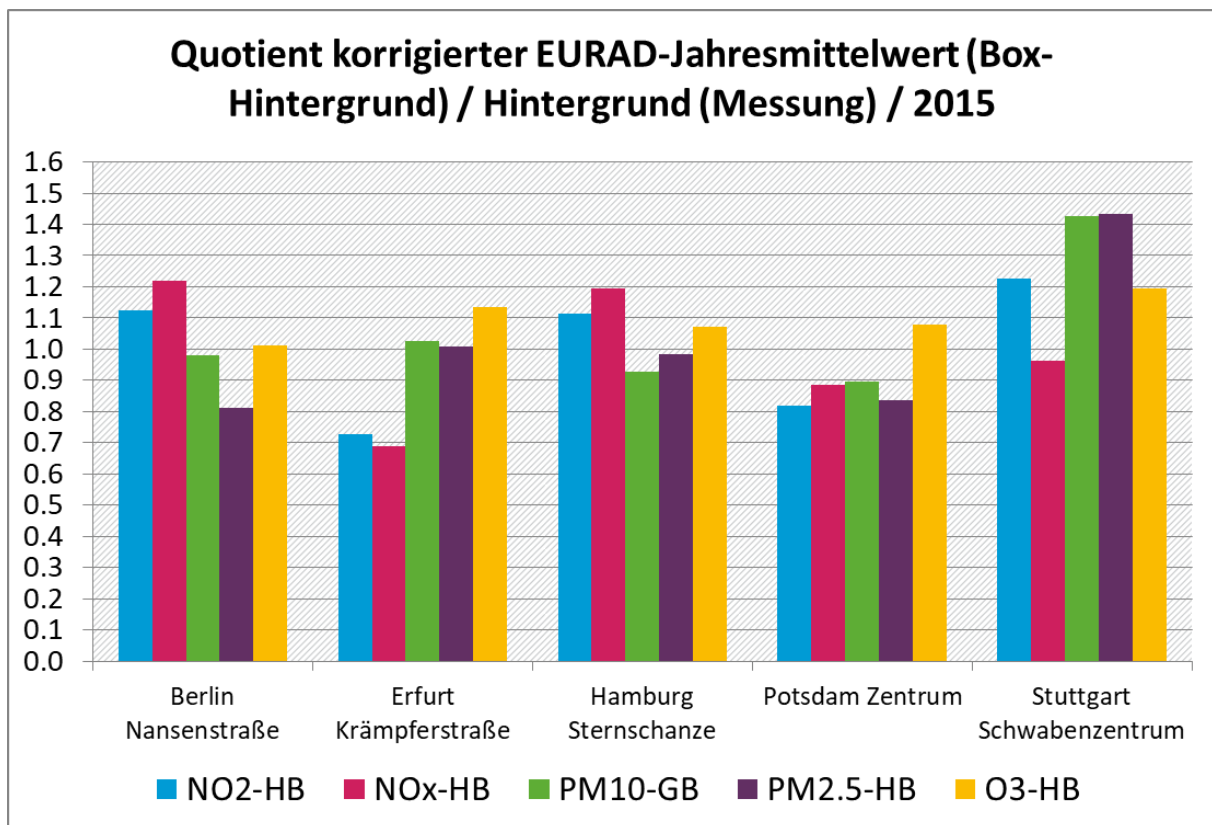
Schätzung Hintergrund	NO ₂ -HB	NO _x -HB	PM ₁₀ -HB	PM _{2.5} -HB	O ₃ -HB
Korrekturfaktor auf EURAD Jahresmittelwert	2	2.6	1.4	1.0	1.0
Einheit	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Berlin Nansenstraße	30	47	22	14	46
Erfurt Krämpferstraße	17	25	17	11	51
Hamburg Sternschanze	30	47	20	13	45
Potsdam Zentrum	17	25	18	12	50
Stuttgart Schwabenzentrum	39	63	24	15	44
Messung Hintergrund	NO ₂ -HB	NO _x -HB	PM ₁₀ -HB	PM _{2.5} -HB	O ₃ -HB
Einheit	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Berlin Nansenstraße	27	38	22	17	45
Erfurt Krämpferstraße	23	36	17	11	45
Hamburg Sternschanze	27	39	22	13	42
Potsdam Zentrum	21	28	20	14	47
Stuttgart Schwabenzentrum	32	65	17	10	37

HB=Hintergrundbelastung

Die Abbildung 39 zeigt die die Quotienten der Jahresmittelwerte aus korrigierten EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hintergrundstationen für 2015 für die betrachteten Luftschadstoffe.

Die maximalen Abweichungen nach der Korrektur liegen an den Hintergrundstationen nunmehr bei kleiner 30%, außer in Stuttgart-Schwabenzentrum für PM₁₀ und PM_{2.5} bei +40%.

Abbildung 39: Quotienten der Jahresmittelwerte aus EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hintergrundstationen für 2015

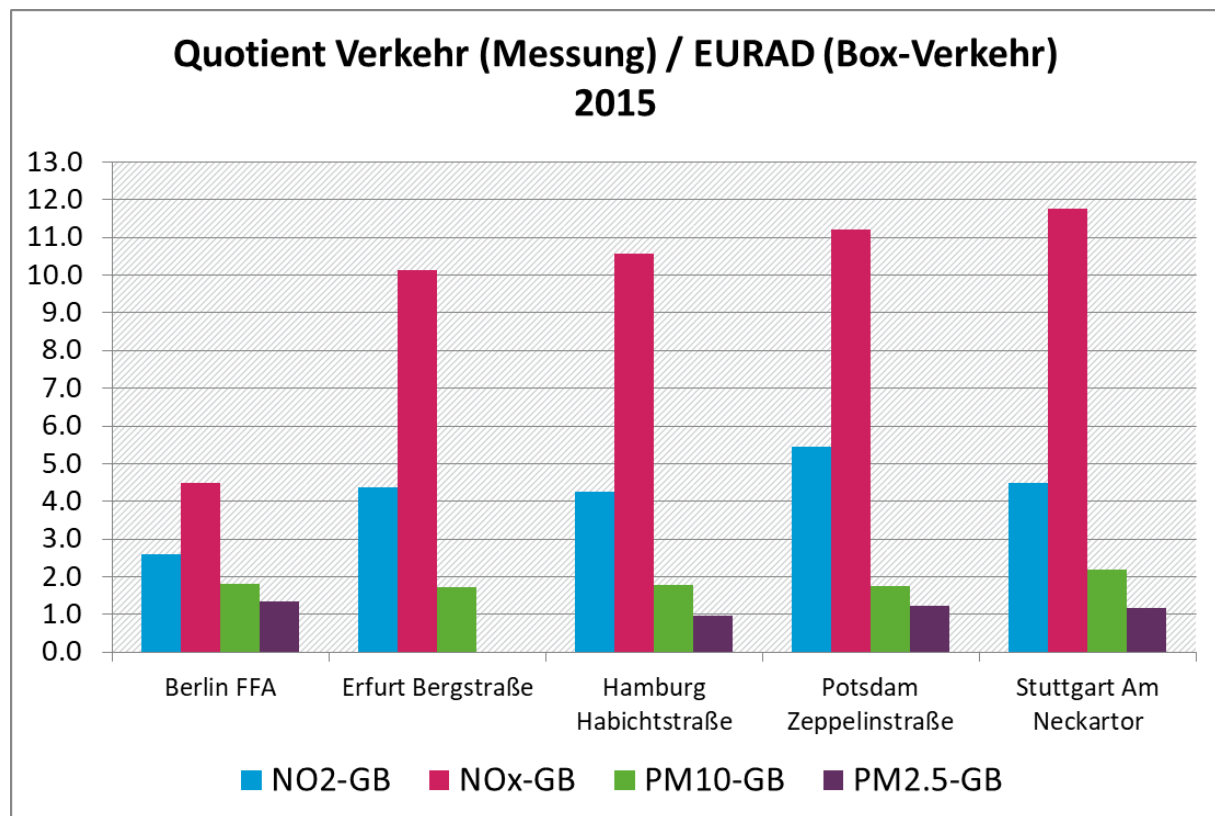


HB=Hintergrundbelastung

Für die Verkehrsstationen stellt sich erwartungsgemäß ein deutlich anderes Bild dar. Hier sind die Messwerte für die Luftschadstoffe, die maßgeblich durch die lokalen Kfz-Emissionen beeinflusst sind, deutlich höher als die EURAD-Berechnungsergebnisse. Dies dokumentiert sich in der Abbildung 40.

Die gemessene NO_x-Gesamtbelastung ist ca. 10- bis 12-mal höher als der EURAD-Wert. Ausnahme ist hier die Frankfurter Allee in Berlin mit Faktor 4.5. Beim NO₂-Jahresmittelwert ist ca. ein Faktor 4 bis 5 zu verzeichnen. Auch hier macht die Frankfurter Allee eine Ausnahme mit einem Faktor 2.6. Bei PM₁₀ stellt sich eine Abweichung von Faktor 1.7 bis 2.2 ein. Beim PM_{2.5} sind es 1.0 bis 1.3.

Abbildung 40: Quotienten der Jahresmittelwerte aus EURAD und Messwerten an den ausgewerteten Hot-Spot-Messstationen für 2015



GB=Gesamtbelastung als Summe Hintergrundbelastung und lokaler verkehrsbedingter Zusatzbelastung

5.7 Zwischenfazit zum Vergleich der Hintergrundwerte

Die EURAD-Jahresmittelwerte repräsentieren in 2015 nur für PM_{2.5} und Ozon in guter Näherung die Hintergrundbelastungen an den ausgewerteten Messstellen. Es ist zu vermuten, dass dies auch generell für Hintergrundstationen so ist. Darauf deuten für Ozon auch Auswertungen des UBA⁴ hin.

Für Stickoxide und PM₁₀ bedarf es Korrekturfaktoren. Hier machen sich insbesondere bodennahe städtische Emissions- und Ausbreitungseffekte (Kfz-beeinflusst) bemerkbar, die durch die vertikale Mittelung über eine Höhe von 37 m in EURAD nicht ausreichend abgebildet werden können. Hierzu wurden für die untersuchten Stationen Korrekturfaktoren abgeleitet (siehe oben). Es ist zu vermuten, dass solche (deutlichen) Korrekturen eher in städtischen Bereichen und weniger (oder in geminderter Form) in regionalen Bereichen gemacht werden müssen. Auch darauf weisen die Auswertungen des UBA hin.

⁴ Vorläufige Evaluierung EURAD 2x2km² NEC Simulation 2015 – Vergleich RCG

6 Ergebnisse der mikroskaligen Berechnungen

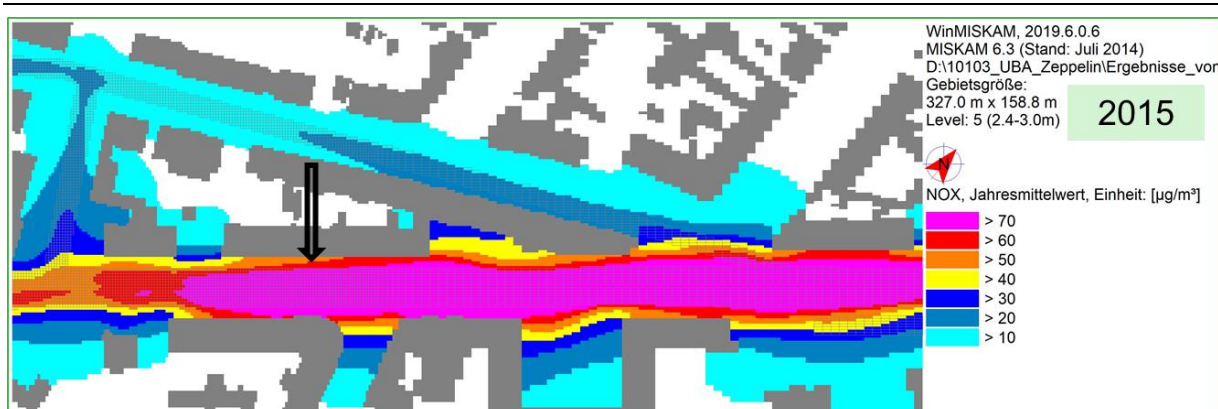
6.1 Potsdam Zeppelinstraße 2015

Mit MISKAM wurden die lokalen Kfz-bedingten Zusatzbelastungen für die Zeppelinstraße im Jahr 2015 berechnet (Basis HBEFA4.1). Lokale Schadstoffeinträge durch andere Quellen, wie Hausbrand, Industrie und Gewerbe sowie schiffsbedingte Emissionen, spielen entsprechend der Untersuchungen im Luftreinhalteplan Potsdam, Fortschreibung 2015/2016, für die Belastung an der Messstelle Zeppelinstraße keine nennenswerte Rolle. Deshalb wurde auf deren explizite Modellierung in MISKAM verzichtet. Diese Beiträge sind in den EURAD-Modellierungen enthalten.

Beispielhaft ist die flächendeckende Ergebnisdarstellung des NO_x-Jahresmittelwertes der lokalen Zusatzbelastung in Abbildung 41 gegeben. Ausgewertet wurde bei dieser Darstellung in der vertikalen Ebene des Messeinlasses in 2.6 m Höhe über Grund (Mittelwert im Höhenlevel 5 (2.4 m bis 3.0 m) des MISKAM-Rasters). Die Berechnungsergebnisse für die Lage des Messcontainers für alle betrachteten Schadstoffe sind für die Zusatzbelastungen in Tabelle 8 aufgeführt.

Am Messcontainer Zeppelinstraße wird für 2015 in Messhöhe (2.6 m über Grund) eine NO_x-Zusatzbelastung von 63 µg NO_x/m³ berechnet. Die PM₁₀-Zusatzbelastung wurde dort mit 4.5 µg/m³ und die PM_{2.5}-Zusatzbelastung zu 3.3 µg/m³ berechnet.

Abbildung 41: Mit MISKAM berechnete NO_x-Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung für 2015 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.



Die Pfeilspitze zeigt auf die Lage des Messstandortes. Grau=Gebäude
Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8: Mit MISKAM berechnete Zusatzbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.

Jahr	Bemerkung	ZB für Zeppelinstr. (2.6m)			
		NO _{2_direkt} [µg/m ³]	NO _x [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]
2015	Tempo 50, 4 Fahrstreifen	15.0	63.0	4.5	3.3

ZB=Zusatzbelastung

6.2 Potsdam Zeppelinstraße 2030

Mit MISKAM wurden die lokalen Kfz-bedingten Zusatzbelastungen für die Zeppelinstraße im Jahr 2030 berechnet (Basis HBEFA4.1). Gegenüber der Berechnung für 2015 wurde folgendes geändert:

WM-Szenario:

- ▶ Die verkehrliche Datenbasis (Fahrleistung) entsprach den aktuellen Gegebenheiten (Bezugsjahr 2019, siehe Lohmeyer 2020b). Dies stellt eine Fahrleistungsreduzierung um 18% gegenüber 2015 dar.
- ▶ Die Veränderung im Straßenraum nach 2017 (4 Fahrstreifen wurden auf 3 Fahrstreifen reduziert) werden im Strömungs- und Ausbreitungsmodell berücksichtigt (Zustand 2018/2019)
- ▶ Die Verkehrssituationen, Tempolimit und LOS wurden aus 2019 übernommen.
- ▶ Die Fahrzeugflotte entspricht der bundesdeutschen Standardflotte 2030 aus HBEFA4.1

Zusätzlich wurden im **WAM-Szenario** folgende Minderungsmaßnahmen berücksichtigt:

- ▶ Umweltprämie: 25 % der Diesel-Pkw Euro 1-4 werden durch Diesel-Pkw Euro 6 ersetzt (relative Minderung wurde 1:1 auf die Fahrleistung angewendet).
- ▶ Softwareupdate: 15 % Minderungsrate auf 50 % der Diesel-PKW EURO 6.

In der hier durchgeführten Emissionsberechnung (HBEFA4.1) wurde dies folgendermaßen berücksichtigt:

Bei Diesel-PKW EURO 6 wurde davon ausgegangen, dass lediglich die Euro 6abc-, nicht aber die Euro 6d-Fahrzeuge potenziell für ein Software-Update in Frage kommen. Die Zulassung der Euro 6d-Fahrzeuge erfolgt nach dem WLTP, im Rahmen dessen die Einhaltung der Abgasgrenzwerte nicht nur auf dem Prüfstand sondern auch durch RDE-Messungen nachgewiesen werden müssen, sodass ein Software-Update für diese Fahrzeuge nicht vorgesehen ist. Im HBEFA 4.1 beträgt der Euro6d- und Euro-6dtemp-Anteil innerhalb Euro6 gesamt ca. 80%, sodass der im WAM-Szenario angenommene Software-Update-Anteil von 50% lediglich auf die 20% der Euro 6abc-Fahrzeuge bezogen wurde.

- ▶ Hardware-Nachrüstung für Diesel-Busse: 80 % der Busse (bezogen auf HBEFA-Kategorie Busse) bis Euro V werden nachgerüstet mit einer NO_x-Minderungsrate von 70 % gegenüber dem E-Faktor der jeweiligen Euro-Stufe ohne Nachrüstung.
- ▶ Ausbau und Stärkung des Umweltverbundes: Reduktion der Pkw-Fahrleistung (innerorts) bis 2030 um 10 %⁵ gegenüber der Referenz. Als Referenz wird hier, wie im WM-Szenario, die Verkehrsstärke 2019 angesetzt.

Emissionsseitig kann damit an der Zeppelinstraße für das WAM-Szenario folgende Reduktion gegenüber dem WM-Szenario im Jahr 2030 abgeleitet werden:

⁵ Von 2015 zu 2030 werden in der Szenarienbeschreibung des UBA 15 % ausgewiesen. Wir gehen von 10% Minderung zwischen 2019 und 2030 aus.

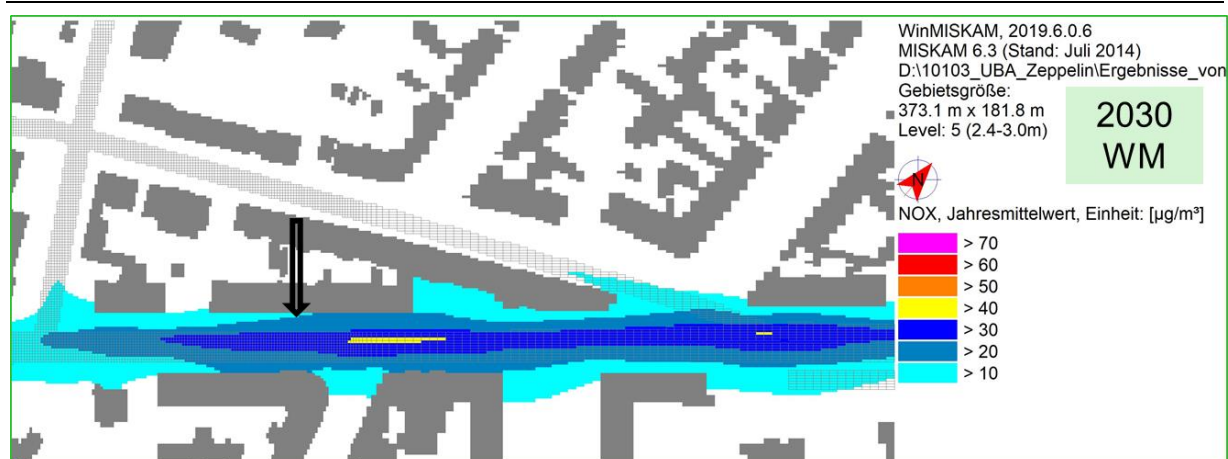
- NO_x-Emission: Minderung um 9.5 %
- Abgaspartikelemission: Minderung um 2 %
- Nicht motorbedingte Partikelemission: Minderung um 4 %

Beispielhaft ist die flächendeckende Ergebnisdarstellung des NO_x-Jahresmittelwertes der lokalen Zusatzbelastung für das WM-Szenario 2030 in Abbildung 42 gegeben. Ausgewertet wurde bei dieser Darstellung wiederum in der vertikalen Ebene des Messeinlasses in 2,6 m Höhe über Grund. Die Berechnungsergebnisse für die Lage des Messcontainers für alle betrachteten Schadstoffe sind für die Zusatzbelastungen in Tabelle 9 aufgeführt.

Am Messcontainer Zeppelinstraße wird für 2030 in Messhöhe (2.6 m über Grund) eine NO_x-Zusatzbelastung von 22 µg NO_x/m³ berechnet. Das sind 65 % weniger als 2015. Die PM₁₀-Zusatzbelastung wurde dort mit 3.5 µg/m³ und die PM_{2.5}-Zusatzbelastung zu 2.4 µg/m³ berechnet. Das sind gegenüber 2015 Minderungen um 21 % bzw. 28 %.

Im WAM-Szenario werden für die Messstelle Zusatzbelastungen von 20 µg NO_x/m³, 3.4 µg PM₁₀/m³ und 2.3 µg PM_{2.5}/m³ prognostiziert.

Abbildung 42: Mit MISKAM berechnete NO_x-Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung für WM-Szenario 2030 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.



Die Pfeilspitze zeigt auf die Lage des Messstandortes. Grau=Gebäude
Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 9: Mit MISKAM berechnete Zusatzbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 und 2030 in 2.6 m über Grund. Basis HBEFA4.1.

Jahr / Szenario	Bemerkung	Zusatzbelastung für Zeppelinstr. (2.6m)			
		NO ₂ direkt [µg/m ³]	NO _x [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]
2015	Tempo 50, 4 Fahrstreifen	15.0	63.0	4.5	3.3
2030 WM	Tempo 30, 3 Fahrstreifen	6.0	22.0	3.5	2.4
2030 WAM	Tempo 30, 3 Fahrstreifen	5.4	19.9	3.4	2.3

Die Gesamtbelastungen ergeben sich durch Addition der Zusatzbelastungen mit den Hintergrundbelastungen. Für 2015 werden die Messwerte der Hintergrundstation Potsdam-Zentrum verwendet.

Für das Jahr 2030 wurden die jeweiligen korrigierten Hintergrundwerte aus EURAD (siehe Kap. 7.2) angesetzt. Diese Gesamtbelastungen sind in Tabelle 10 aufgeführt. Die NO-NO₂-Konversion wurde hier einheitlich nach Bächlin et al. (2008), siehe auch Kapitel 3.3, berücksichtigt.

Tabelle 10: Mit MISKAM berechnete Gesamtbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 und 2030 in 2.6 m über Grund, für 2030 unter Nutzung der korrigierten Hintergrundbelastungen aus EURAD (siehe im Vorgriff Kap. 7.2). Basis HBEFA4.1. NO-NO₂-Konversion nach Bächlin et al. (2008).

Jahr / Szenario	Bemerkung	Gesamtbelastung für Zeppelinstr. (2.6m)			
		NO ₂ [µg/m ³]	NO _x [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]
2015	Tempo 50, 4 Fahrstreifen	41	91	25	18
2030 WM	Tempo 30, 3 Fahrstreifen	21	32	15	10
2030 WAM	Tempo 30, 3 Fahrstreifen	20	29	14	9

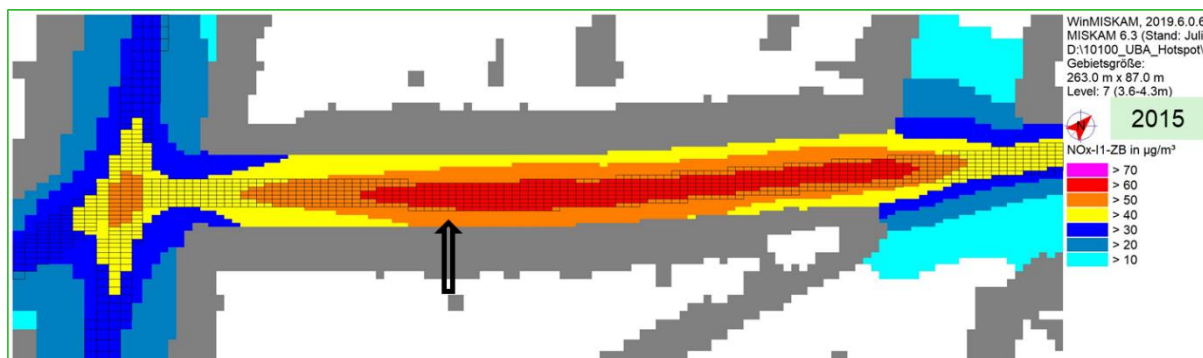
6.3 Erfurt Bergstraße 2015

Mit MISKAM wurden die lokalen Kfz-bedingten Zusatzbelastungen für die Bergstraße im Jahr 2015 berechnet (Basis HBEFA4.1). Lokale Schadstoffeinträge durch andere Quellen, wie Hausbrand, Industrie und Gewerbe sowie schiffsbedingte Emissionen, spielen entsprechend der Untersuchungen im Luftreinhalteplan Erfurt für die Belastung an der Messstelle Bergstraße keine nennenswerte Rolle. Deshalb wurde auf deren explizite Modellierung in MISKAM verzichtet. Diese Beiträge sind in den EURAD-Modellierungen enthalten.

Beispielhaft ist die flächendeckende Ergebnisdarstellung des NO_x-Jahresmittelwertes der lokalen Zusatzbelastung in Abbildung 43 gegeben. Ausgewertet wurde bei dieser Darstellung in der vertikalen Ebene des Messeinlasses in 4 m Höhe über Grund (Mittelwert im Höhenlevel 7 (3.6 m bis 4.3 m) des MISKAM-Rasters). Die Berechnungsergebnisse für die Lage des Messcontainers für alle betrachteten Schadstoffe sind für die Zusatzbelastungen in Tabelle 11 aufgeführt.

Am Messcontainer Bergstraße wird für 2015 in Messhöhe (4 m über Grund) eine NO_x-Zusatzbelastung von 52 µg NO_x/m³ berechnet. Die PM₁₀-Zusatzbelastung wurde dort mit 3 µg/m³ und die PM_{2.5}-Zusatzbelastung zu 2 µg/m³ berechnet.

Abbildung 43: Mit MISKAM berechnete NO_x-Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung für 2015 in 4 m über Grund. Basis HBEFA4.1.



Die Pfeilspitze zeigt auf die Lage des Messstandortes. Grau=Gebäude
Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 11: Mit MISKAM berechnete Zusatzbelastungen als Jahresmittelwerte für 2015 in 4 m über Grund. Basis HBEFA4.1.

Jahr	Bemerkung	ZB für Bergstraße (4m)			
		NO ₂ _{direkt} [µg/m ³]	NO _x [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]
2015	Tempo 30, Einbahnstraße, +4% Längsneigung	16	52	3	2

ZB=Zusatzbelastung

Die Gesamtbelastungen ergeben sich durch Addition der Zusatzbelastungen mit den Hintergrundbelastungen. Für 2015 werden die Messwerte der Hintergrundstation Krämpferstraße verwendet.

Diese Gesamtbelastungen sind in Tabelle 12 aufgeführt. Die NO-NO₂-Konversion wurde hier, wie auch für die Zeppelinstraße, nach Bächlin et al. (2008), siehe auch Kapitel 3.3, berücksichtigt.

Tabelle 12: Mit MISKAM berechnete Gesamtbelastungen als Jahresmittelwerte in 4 m über Grund. Basis HBEFA4.1. NO-NO₂-Konversion nach Bächlin et al. (2008).

Jahr	Bemerkung	Gesamtbelastung für Bergstraße in Erfurt (4m)			
		NO ₂ [µg/m ³]	NO _x [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM _{2.5} [µg/m ³]
2015	Tempo 30, Einbahnstraße, +4% Längsneigung	40	88	20	13

7 Übertragbarkeit der EURAD-Daten auf Hot-Spot-Stationen

Hier sollte dargestellt werden, ob und wenn ja unter welchen Randbedingungen eine vereinfachte Übertragung der EURAD-Ergebnisse auf verkehrsnahen Messstellen (Hot-Spots) möglich ist und welche Daten hierfür notwendig sind.

7.1 Mögliche Vorgehensweisen

Die Auswertungen des Kapitels 5 haben aufgezeigt, dass die EURAD-Ergebnisse als städtische Hintergrundwerte verwendet werden könnten, wenn sie mit entsprechenden Korrekturfaktoren versehen werden.

Für eine „Hochrechnung“ der EURAD-Werte auf die punktuellen Werte am Hot-Spot (Straßenschlucht) wären folgende Möglichkeiten denkbar:

- a. Einfacher Hochrechnungsfaktor (Differenziert nach Schadstoff) auf die EURAD-Werte (siehe Kap. 5.6) oder
- b. korrigierte Hintergrundbelastung aus a. plus Ableitung lokaler Zusatzbelastung
 - ▶ diese Zusatzbelastung könnte aus Emissionsparametern und der Bebauungssituation am Hot-Spot abgeleitet werden, wobei der Emissionsparameter z. B. aus
 - ▶ dem DTV oder
 - ▶ der Verkehrsemission in EURAD-Raster abgeleitet oder
 - ▶ eine Emissionsdichte für das Bezugsjahr am Hot-Spot abgeschätzt werden müsste.
 - ▶ Die Bebauungssituation könnte nach Höhe und Breite der Straßenschlucht, einem Bebauungstyp, ggf. differenziert nach 1- oder 2-seitige Bebauung, und
 - ▶ ggf. nach Ausrichtung gegen die Hauptwindrichtung charakterisiert werden.

Möglichkeit a. wird hier nicht weiterverfolgt, weil solch eine grobe (pauschale) Faktorisierung zwangsläufig viel zu große Abweichungen liefern würde, da sie die individuellen (lokalen) verkehrlichen und strömungsrelevanten Besonderheiten nicht berücksichtigen kann.

Dies wäre in Möglichkeit b. gegeben, würde aber vom Prinzip her dazu führen, ein neues (vereinfachtes) Screeningmodell zu entwickeln. Hier wäre es einfacher auf bewährte Produkte, wie PROKAS_B oder IMMIS-Luft, zurückzugreifen.

Als Alternative zu b. bietet sich aber für die Fortschreibung der Hot-Spot-Belastungen vom Referenzfall zu Prognosefällen

- c. die sogenannte Dreisatzmethode (auch Proportionalmethode genannt) an, welche ohnehin bereits häufig im Rahmen der Wirkungsabschätzung bei lokalen Luftreinhalteplanungen angewendet wird.

Dahinter steckt folgende Überlegung:

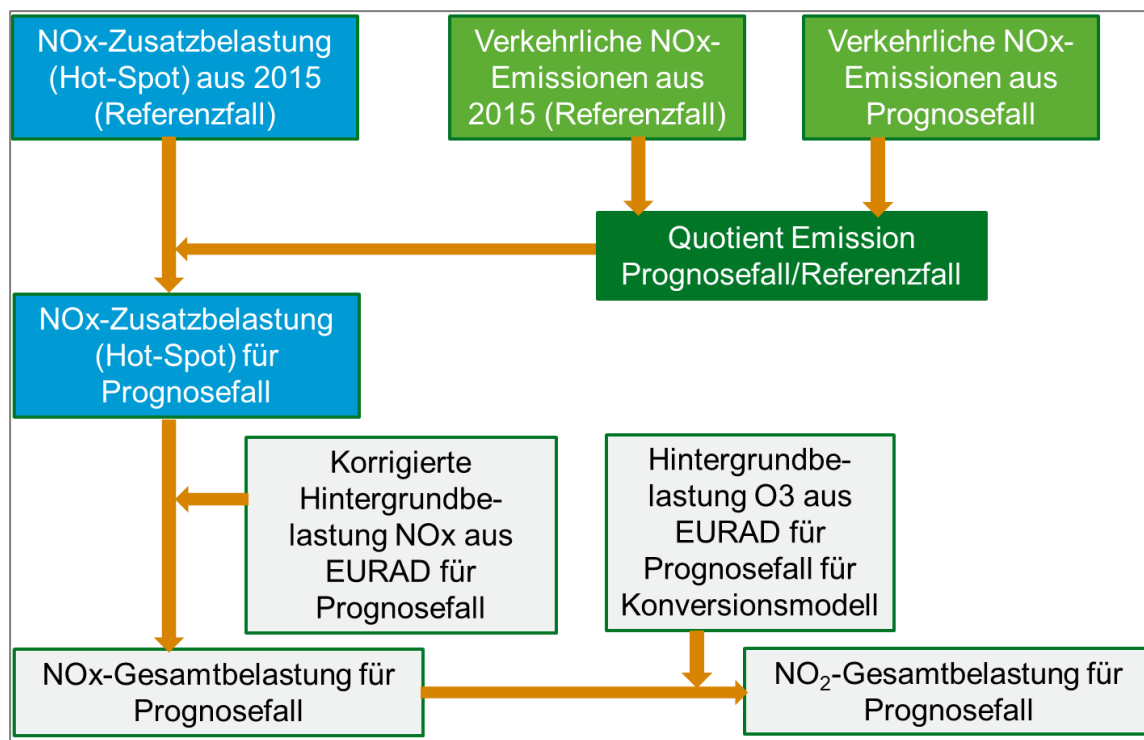
Die lokale jahresmittlere Zusatzbelastung (ZB) einer inerten Luftschadstoffkomponente an einer Hot-Spot-Messstation ist bei gleichen meteorologischen und gleichen Quellbedingungen (Geometrie der Straßenschlucht, weitgehend gleiche Straßenraumaufteilung) direkt

proportional zur Veränderung der lokalen jahresmittleren Kfz-bedingten Emission (bzw. Emissionsdichte) im Bereich der Messstelle⁶.

Damit sind auch die Veränderungen der lokalen Zusatzbelastung (ZB) der inerten Luftschadstoffkomponenten an einer Hot-Spot-Messstation bei gleichen meteorologischen und Quellbedingungen proportional zur Veränderung der lokalen Kfz-bedingten Emission (bzw. Emissionsdichte). Dabei ist die ZB die Differenz zwischen der Gesamtbelastung (Mess- oder Rechenwert am Hot-Spot) und der für diesen Ort repräsentativen Hintergrundbelastung.

Berechnet man also relative Emissionsänderungen, die repräsentativ für die lokale Situation am Hot-Spot sind, dann lässt sich mit dieser Dreisatzmethode auch die Veränderung der lokalen Zusatzbelastung abschätzen. In Addition mit der Hintergrundbelastung (entweder fixiert oder ebenfalls fortgeschrieben) ergibt sich die geänderte Gesamtbelastung am Hot-Spot. Für den reaktiven Luftschadstoff NO₂ kann aus der Kenntnis der neuen NO_x-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) mit Hilfe von NO-NO₂-Konversionsmodellen der neue NO₂-Jahresmittelwert abgeleitet werden (siehe auch Hinweis in Kapitel 3.3). Eine schematische Darstellung des Ablaufes im Dreisatzverfahren am Beispiel der NO_x- und NO₂-Jahresmittelwerte ist in der Abbildung 44 gegeben.

Abbildung 44: Schematische Darstellung des Ablaufes im Dreisatzverfahren am Beispiel der NO_x- und NO₂-Jahresmittelwerte



Quelle: Lohmeyer GmbH, eigene Darstellung

Der Vorteil dieser Methode liegt in der Unabhängigkeit von einem Ausbreitungsmodell und dessen Fehlern bzw. Unsicherheiten in der Modellierung, berücksichtigt aber dennoch die lokalen Besonderheiten am Hot-Spot. Ein weiterer Vorteil ist es, dass auch die genaue (absolute)

⁶ Als Anhaltspunkt kann hier von ca. 100 m Länge des Straßensegmentes im Bereich der Messstelle ausgegangen werden analog zu den Arbeitsweisen der Screeningmodelle.

Höhe der lokalen verkehrsbedingten Emissionen nicht bekannt sein muss. Es kommt hier auf die möglichst genaue Berechnung der relativen Unterschiede in den zu betrachtenden Szenarien an.

Das Problem der Doppelzählung von Emissionen im Detailmodell und bei der Dreisatzmethode stellt sich nicht, weil die EURAD-Berechnungen für die verkehrsrelevanten Schadstoffe deutliche Minderbefunde aufzeigen. Das Vorgehen entsprechend dieses Vorschlages c. wird nachfolgend beispielhaft unter Nutzung der EURAD-Daten (Emissionen und Immissionen) aufgezeigt.

7.2 Anwendung der Dreisatzmethode

Für den Bereich der Hot-Spot-Messstelle müssen die relativen Veränderungen der Kfz-bedingten Emissionsmengen für Referenzfall und Prognosefall bekannt sein. Mit guter Näherung ist die Nutzung der Veränderungen in den verkehrsbedingten Emissionsmengen in den bodennahen EURAD-Rastern, in denen die jeweilige Hot-Spot-Messstelle liegt, möglich, da diese die verkehrlichen Emissionstrends im Umkreis der Messstelle gut abbilden. Hierzu ist die Summe der Emissionen folgender NFR-Sektoren, jeweils für Referenz- und Prognosefall, zu bilden:

- ▶ 1A3bi (road transport, passenger cars)
- ▶ 1A3bii (road transport, light duty vehicles)
- ▶ 1A3biii (road transport, heavy duty vehicles)
- ▶ 1A3biv (road transport, mopeds and motorcycles)
- ▶ 1A3bv (road transport, gasoline evaporation)
- ▶ 1A3bvi (road transport, automobile tyre and brake wear)
- ▶ 1A3bvii (road transport, automobile road abrasion)

Die Hintergrundbelastungen sowie die Gesamtbelastungen am Hot-Spot werden den Messdaten des Referenzjahres, hier 2015, entnommen. Diese finden sich für die hier betrachteten Messstellen in den Tabelle 13 und Tabelle 14. Daraus werden die lokalen Zusatzbelastungen am Hot-Spot abgeleitet (Tabelle 15). Aus den vorliegenden Emissionsschapes der EURAD-Berechnungen wurden die Kfz-bedingten Emissionsmengen für die drei Szenarien entsprechend Tabelle 16 ausgelesen.

Tabelle 13: Jahresmittelwerte an den zugeordneten Hintergrundmessstellen für 2015

Messung	NO ₂ -HB µg/m ³	NO _x -HB µg/m ³	PM ₁₀ -HB µg/m ³	PM _{2.5} -HB µg/m ³	O ₃ -HB µg/m ³
Berlin Nansenstraße	27	38	22	17	45
Erfurt Krämpferstraße	23	36	17	11	45
Hamburg Sternschanze	27	39	22	13	42
Potsdam Zentrum	21	28	20	14	47
Stuttgart Schwabenzentrum	32	65	17	10	37

Tabelle 14: Jahresmittelwerte an den Hot-Spots für 2015

Messung GB (Hotspot) 2015	NO ₂ -GB µg/m ³	NO _x -GB µg/m ³	PM ₁₀ -GB µg/m ³	PM _{2.5} -GB µg/m ³
Berlin FFA	41	86	29	19
Erfurt Bergstraße	37	98	22	k.A.
Hamburg Habichtstraße	63	185	25	12
Potsdam Zeppelinstraße	45	103	23	14
Stuttgart Am Neckartor	87	285	37	17

Tabelle 15: Jahresmittelwerte der Zusatzbelastungen (GB minus HB) an den Hot-Spots für 2015

ZB Messung (Hotspot) 2015	NO ₂ -ZB µg/m ³	NO _x -ZB µg/m ³	PM ₁₀ -ZB µg/m ³	PM _{2.5} -ZB µg/m ³
Berlin FFA	14	48	7	1.9
Erfurt Bergstraße	14	62	5	k.A.
Hamburg Habichtstraße	36	146	4	-0.8
Potsdam Zeppelinstraße	24	75	2	0.2
Stuttgart Am Neckartor	56	220	20	7.0

Tabelle 16: Jahresemissionen von NO_x, PM₁₀ und PM_{2.5} für den Kfz-Verkehr in den EURAD-Rastern der Hot-Spots für die drei betrachteten Szenarien

	EURAD_Raster 2015			EURAD_Raster WM 2030			EURAD_Raster WAM 2030		
	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a	t/a
	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
Berlin FFA	43.11	3.66	2.43	10.99	3.12	1.79	10.26	3.08	1.76
Erfurt Bergstraße	13.66	1.16	0.77	3.48	0.99	0.57	3.25	0.98	0.56
Hamburg Habichtstraße	23.11	1.96	1.30	5.89	1.67	0.96	5.50	1.65	0.94
Potsdam Zeppelinstr.	14.00	1.06	0.72	3.67	0.88	0.51	3.43	0.87	0.50
Stuttgart Am Neckartor	48.90	4.15	2.75	12.48	3.54	2.03	11.64	3.49	2.00

Die Emissionsveränderungen des WM bzw. WAM-Szenarios relativ zum Referenzfall 2015 ergeben sich aus den Quotienten der Emissionsmengen. Diese sind in der Tabelle 17 aufgeführt.

Mit diesen Werten werden die Zusatzbelastungen multipliziert und ergeben die auf die Szenarien WM (2030) und WAM (2030) hochgerechneten Zusatzbelastungen der Tabelle 18.

Diese werden dann zu den aus den EURAD-Berechnungen übernommenen und mit den Korrekturfaktoren aus Kap. 5 korrigierten Hintergrundbelastungen (Tabelle 20) addiert und liefern die Gesamtbelastungen am Hot-Spot entsprechend Tabelle 21.

Die NO₂-Gesamtbelastungen können aus den NO_x-Gesamtbelastungen entweder unter Nutzung der Ozon-Hintergrundbelastung im Prognosefall mit einem vereinfachten Chemiemodell oder mit einem statistischen Ansatz berechnet werden. Den Ergebnissen der Tabelle 22 liegt der statistische Ansatz nach Bächlin et al. (2008), siehe auch Kapitel 3.3, zu Grunde.

Tabelle 17: Relative Änderung der Kfz-Emissionsmengen im WM- und WAM-Szenario in Bezug auf den Referenzfall 2015

Quotienten WM	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	Quotienten WAM	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
Berlin FFA	0.255	0.85	0.74	Berlin FFA	0.238	0.84	0.73
Erfurt Bergstraße	0.255	0.85	0.74	Erfurt Bergstraße	0.238	0.84	0.73
Hamburg Habichtstr.	0.255	0.85	0.74	Hamburg Habichtstr.	0.238	0.84	0.73
Potsdam Zeppelinstr.	0.262	0.83	0.71	Potsdam Zeppelinstr.	0.245	0.82	0.70
Stuttgart Am Neckartor	0.255	0.85	0.74	Stuttgart Am Neckartor	0.238	0.84	0.73

Tabelle 18: Abgeschätzte Zusatzbelastungen am Hot-Spot im WM- und WAM-Szenario

ZB WM	NO _x µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	ZB WAM	NO _x µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³
Berlin FFA	12	6	1	Berlin FFA	11	6	1
Erfurt Bergstraße	16	4	k.A.	Erfurt Bergstraße	15	4	k.A.
Hamburg Habichtstr.	37	3	-1	Hamburg Habichtstr.	35	3	-1
Potsdam Zeppelinstr.	20	2	0	Potsdam Zeppelinstr.	18	2	0
Stuttgart Am Neckartor	56	17	5	Stuttgart Am Neckartor	52	17	5

Tabelle 19: Korrigierte EURAD-Hintergrundbelastungen (HB) am Hot-Spot im WM-Szenario 2030

Schätzung Hintergrund 2030 (WM)	NO _x -HB	PM ₁₀ -HB	PM _{2.5} -HB	O ₃ -HB
Korrekturfaktor	2.6	1.4	1	1
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Berlin FFA	19	14	9	46
Erfurt Bergstraße	11	11	7	51
Hamburg Habichtstraße	23	14	9	45
Potsdam Zeppelinstraße	10	11	7	50
Stuttgart Am Neckartor	24	17	10	44

Tabelle 20: Korrigierte EURAD-Hintergrundbelastungen (HB) am Hot-Spot im WAM-Szenario 2030

Schätzung Hintergrund 2030 (WAM)	NO _x -HB	PM ₁₀ -HB	PM _{2.5} -HB	O ₃ -HB
Korrekturfaktor	2.6	1.4	1	1
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Berlin FFA	18	13	8	46
Erfurt Bergstraße	10	10	6	51
Hamburg Habichtstraße	21	13	8	45
Potsdam Zeppelinstraße	9	10	7	50
Stuttgart Am Neckartor	22	15	9	44

Tabelle 21: Abgeschätzte Gesamtbelastungen für NO_x, PM₁₀ und PM_{2.5} am Hot-Spot im WM- und WAM-Szenario

Gesamtbelastung WM	NO _x μg/m ³	PM ₁₀ μg/m ³	PM _{2.5} μg/m ³	Gesamtbelastung WAM	NO _x μg/m ³	PM ₁₀ μg/m ³	PM _{2.5} μg/m ³
Berlin FFA	32	20	10	Berlin FFA	29	18	9
Erfurt Bergstraße	26	16	k.A.	Erfurt Bergstraße	24	14	k.A.
Hamburg Habichtstr.	60	17	8	Hamburg Habichtstr.	56	16	8
Potsdam Zeppelinstr.	30	13	7	Potsdam Zeppelinstr.	28	12	7
Stuttgart Am Neckartor	80	34	15	Stuttgart Am Neckartor	74	32	14

Tabelle 22: Abgeschätzte NO₂-Gesamtbelastungen am Hot-Spot im WM- und WAM-Szenario 2030. NO-NO₂-Konversion nach Bächlin et al. (2008).

Gesamtbelastung WM	NO ₂ μg/m ³	Gesamtbelastung WAM	NO ₂ μg/m ³
Berlin FFA	21	Berlin FFA	19
Erfurt Bergstraße	18	Erfurt Bergstraße	17
Hamburg Habichtstr.	31	Hamburg Habichtstr.	30
Potsdam Zeppelinstr.	20	Potsdam Zeppelinstr.	19
Stuttgart Am Neckartor	38	Stuttgart Am Neckartor	36

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass den EURAD-Berechnungen die Kfz-Emissionsbestimmung nach HBEFA3.3 zu Grunde lag. Die Berechnungsergebnisse sind deshalb nicht direkt vergleichbar mit den mikroskaligen Ergebnissen der MISKAM Berechnungen für die Zeppelinstraße, die mit HBEFA4.1 berechnet wurden.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Bezüglich des Vergleiches EURAD zu den Messdaten im städtischen Hintergrund ist folgendes festzustellen:

Die hier vorgenommenen Vergleiche zeigen, dass EURAD

- ▶ bei NO_x den Messwert nur zu ca. 27 % bis 47 %
- ▶ bei NO₂ den Messwert nur zu ca. 36 % bis 61 %
- ▶ bei PM₁₀ den Messwert nur zu ca. 64 % bis 101 %
- ▶ bei PM_{2.5} den Messwert zu ca. 81 % bis 143 % und
- ▶ bei Ozon den Messwert zu ca. 101 % bis 120 % ausfüllt.

Die EURAD-Jahresmittelwerte repräsentieren in 2015 somit nur für PM_{2.5} und Ozon in guter Näherung die Hintergrundbelastungen an den ausgewerteten Messstellen. Es ist zu vermuten, dass dies auch generell für Hintergrundstationen so ist. Darauf deuten für Ozon auch Auswertungen des UBA hin.

Für Stickoxide und PM₁₀ bedarf es Korrekturfaktoren. Hier machen sich insbesondere bodennahe städtische Emissions- und Ausbreitungseffekte (Kfz-beeinflusst) bemerkbar, die durch die vertikale Mittelung über eine Höhe von 37 m in EURAD nicht ausreichend abgebildet werden können. Hierzu wurden für die untersuchten Stationen Korrekturfaktoren abgeleitet. Im Mittel über die ausgewerteten Stationen ergeben sich für das Jahr 2015 folgende Korrekturfaktoren:

- ▶ NO_x: 2.6
- ▶ NO₂: 2.0
- ▶ PM₁₀: 1.4
- ▶ PM_{2.5} und Ozon: 1.0

Es ist zu vermuten, dass solche (deutlichen) Korrekturen eher in städtischen Bereichen und weniger (oder in geminderter Form) in regionalen Bereichen gemacht werden müssen. Auch darauf weisen die Auswertungen des UBA hin.

Für eine „Hochrechnung“ der EURAD-Werte auf die punktuellen Werte am Hot-Spot (Straßenschlucht) in Prognosen wird die sogenannte Dreisatzmethode (auch Proportionalmethode genannt) vorgeschlagen, welche ohnehin bereits häufig im Rahmen der Wirkungsabschätzung bei lokalen Luftreinhalteplanungen angewendet wird. Der Vorteil dieser Methode liegt in der Unabhängigkeit von einem Ausbreitungsmodell und dessen Fehlern bzw. Unsicherheiten in der Modellierung, berücksichtigt aber dennoch die lokalen Besonderheiten am Hot-Spot. Ein weiterer Vorteil ist es, dass auch die genaue (absolute) Höhe der lokalen verkehrsbedingten Emission nicht bekannt sein muss. Es kommt hier auf die möglichst genaue Berechnung der relativen Unterschiede in den zu betrachtenden Szenarien an. Dabei können sowohl die (korrigierten) EURAD-Hintergrundbelastungen sowie die den EURAD-Simulationen zu Grunde liegenden Kfz-Emissionen verwendet werden.

Von einer groben (pauschalen) Faktorisierung der EURAD-Konzentrationen zur Umrechnung auf die Hot-Spots wird abgeraten. Dies führt zwangsläufig zu viel zu großen Abweichungen, da

sie die individuellen (lokalen) verkehrlichen und strömungsrelevanten Besonderheiten nicht berücksichtigen kann.

Eine Berücksichtigung lokaler verkehrlicher und strömungsrelevanter Parameter bei der Hochrechnung der EURAD-Werte auf den Hot-Spot wäre möglich, würde aber vom Prinzip her dazu führen, ein neues (vereinfachtes) Screeningmodell zu entwickeln. Hier wäre es einfacher auf bewährte Produkte, wie PROKAS_B oder IMMIS-Luft, zurückzugreifen.

Die aufgeführten Umsetzungsbeispiele zeigen, dass die Dreisatzmethode praktikabel ist und zu plausiblen Ergebnissen führt, solange die aus den Messdaten des Referenzjahres abgeleiteten Zusatzbelastungen repräsentativ für die Situation am Hot-Spot und die Emissionsveränderungen realistisch sind.

9 Quellenverzeichnis

- Bächlin et al. (2008): Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Rombergformel. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 60976-04-01. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- Diegmann (2020): Vortrag V. Diegmann zu HBEFA4.1 auf IVU Workshop Luftqualität 2020.
- Eichhorn, J. (2005): MISKAM Handbuch zu Version 5.01. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- Hausberger et.al (2009): Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3. funded by Umweltbundesamt GmbH Österreich, Lebensministerium Österreich, BMVIT Österreich and Joint Research Centre and ERMES members, Report Nr. I-20/2009 Haus-Em 33/08/67, Graz, 2009
- IVU (2012): Endbericht Verkehrsgutachten, Einfluss des Verkehrs und seiner Entwicklung auf die Luftqualität im Land Brandenburg. Unter Mitarbeit von Dr. Rainer Stern und Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger, Dresden. Gutachten im Auftrag von: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam. 26.03.2012.
- Lohmeyer (2019): Begleitende Untersuchung zur Maßnahmenumsetzung im Rahmen des Luftreinhalteplans für die Landeshauptstadt Potsdam. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit SVU Dresden, Radebeul. Projekt 71549-18-10, Entwurf Endbericht 15.11.2019. Gutachten im Auftrag von: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, Potsdam
- Lohmeyer (2020): Begleitende Untersuchung zur Maßnahmenumsetzung im Rahmen des Luftreinhalteplans für die Landeshauptstadt Potsdam Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71549-18-10, August 2020. Gutachten im Auftrag von: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg.
- Lohmeyer (2020a): „Bewertung der Fahrdynamik und Validierung der Emissionsberechnung für den Straßenverkehr auf Berliner Hauptverkehrsstraßen“, Untersuchung im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, Projekt 71455-17-10, Dresden Juni 2020
- Lohmeyer (2020b): Verbesserung der NO₂-Immissionsmodellierung mit HBEFA4.1. Gutachten im Auftrag des UBA. Forschungskennzahl 146606 . Berichtsentwurf November 2020.
- Romberg, E., Bössinger, 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.
- SFI (2001): Handbuch WinMiskam. SFI GmbH - Software für Immissionsberechnungen, Karlsruhe, Stand 01/2001.
- SVU (2019): Erläuterungsbericht. Landeshauptstadt Potsdam. Evaluation des Modellversuchs Zeppelinstraße in der Landeshauptstadt Potsdam. Bewertung der Umgestaltungsmaßnahmen hinsichtlich der Wirkungen auf Verkehr und Luftschadstoff-Emissionen (NO₂). Dresden, 06.09.2019.

UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1. (HBEFA 4.1) (aktualisierte Version vom 03.11.2019). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.

VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, Mai 2020.

VDI 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.