



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Klimaschutz

Immissionsschutz



Profilmessungen mit NO₂-Passivsammlern in Neuruppin (2020)



Landesamt für Umwelt

Herausgeber

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
Henning-von-Tresckow-Str. 2 – 13, Haus S, 14467 Potsdam
Telefon: +49 (0)331 866-7237
E-Mail: bestellung@mluk.brandenburg.de
Internet: mluk.brandenburg.de oder agrар-umwelt.brandenburg.de

Redaktion

Landesamt für Umwelt (LfU)
Abteilung Technischer Umweltschutz 1
Referat T 14 – Luftqualität, Klima, Nachhaltigkeit
Telefon: +49 (0)33201 442-0
E-Mail: info@lfu.brandenburg.de
Internet: lfu.brandenburg.de
Informationen zum Luftgütemessnetz: lfu.brandenburg.de/info/luft-online
Bereitstellung von Luftgütedaten: luftdaten.brandenburg.de

Titelfoto

© Marleen Marquardt, Landesamt für Umwelt

Satz

Satzweiss.com Print Web Software GmbH

Karte

LGB (Landesvermessung und Geobasisinformationen Brandenburg)

Die Veröffentlichung ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Unabhängig davon, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Broschüre dem Empfängerzugegangen ist, darf sie, auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl, nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Potsdam, April 2022

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einführung	6
1.1 Hintergrund	6
1.2 Rahmenbedingungen der Luftqualitätsrichtlinie	6
1.3 Ziele der Messkampagne	7
2 Messstellenbeschreibung	8
2.1 Messstelle MP 1 in der Fehrbelliner Straße	11
2.2 Messstellen MP 2, MP 3 und MP 4 in der Friedrich-Engels-Straße	11
2.3 Messstelle MP 5 in der Steinstraße	13
2.4 Messstelle MP 6 in der Friedrich-Engels-Straße in Alt Ruppin	14
2.5 Messstelle MP 7 am LfU-Luftgütemesscontainer Neuruppin in der Gerhart-Hauptmann-Straße	15
2.6 Messstelle MP 8 in der Puschkinstraße	15
3 Methodik	16
3.1 Beschreibung der Probenahme mit Passivsammlern und der anschließenden Laboranalyse	16
3.2 Datenaufbereitung	16
4 Ergebnisse der Messkampagne	18
5 Auswertung	20
5.1 Bewertung der Messergebnisse in Neuruppin	20
5.2 Vergleich der Messergebnisse in Neuruppin mit anderen Messstationen im Land Brandenburg	20
5.3 Vergleich der Messergebnisse in Neuruppin mit den Modellierungsergebnissen	21
5.4 Vergleich zwischen Messergebnissen der Passivsammler und der Referenzmethode	22
5.5 Abschätzung der Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Messergebnisse	23
5.6 Erkenntnisse der Messkampagne in Neuruppin	24
6 Literaturverzeichnis	25

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Karte mit NO ₂ -Passivsammler-Messstellen in Neuruppin und den Ergebnissen der Immissionsmodellierungen für das Jahr 2018 [6]	9
Abb. 2:	Messstelle MP 1 in der Fehrbelliner Straße und ihre Umgebung	11
Abb. 3:	Messstelle MP 2 in der Friedrich-Engels-Straße und ihre Umgebung	12
Abb. 4:	Messstelle MP 3 in der Friedrich-Engels-Straße und ihre Umgebung	12
Abb. 5:	Messstelle MP 4 in der Friedrich-Engels-Straße und ihre Umgebung	13
Abb. 6:	Messstelle MP 5 in der Steinstraße und ihre Umgebung	13
Abb. 7:	Messstelle MP 6 in der Friedrich-Engels-Straße im Ortsteil Alt Ruppín und ihre Umgebung	14
Abb. 8:	Messstelle MP 7 am LfU-Luftgütemesscontainer Neuruppin und ihre Umgebung . . .	14
Abb. 9:	Messstelle MP 8 in der Puschkinstraße und ihre Umgebung	15
Abb. 10:	Ergebnisse der Doppelbestimmungen der NO ₂ -Passivsammler in Neuruppin im Jahr 2020	18
Abb. 11:	Berechnete kalendarische Monatsmittelwerte der NO ₂ -Passivsammler und Ergebnisse der automatischen Messungen in Neuruppin im Jahr 2020	18
Abb. 12:	Jahresmittelwerte der NO ₂ -Konzentration für die Passivsammler und das Referenzverfahren in Neuruppin im Jahr 2020	19
Abb. 13:	Vergleich zwischen der höchstbelasteten verkehrsbezogenen Messstelle in Neuruppin und weiteren verkehrsbezogenen Messstationen in Brandenburg.	20
Abb. 14:	Vergleich zwischen NO ₂ -Passivsammler-Jahresmittelwerten für 2020 und NO ₂ -Jahresmittelwerten aus Modellrechnungen für 2016 und 2018	21
Abb. 15:	Gegenüberstellung der Ergebnisse der NO ₂ -Passivsammler-Messungen und der Messung mit Referenzverfahren an der Messstelle MP 7 für das Jahr 2020 . . .	22
Abb. 16:	Zusammenfassung aller bisherigen Vergleiche zwischen den Messergebnissen der Referenzmethode und der NO ₂ -Passivsammler	23

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
EU	Europäische Union
IMMISluft	Screening-Software zur Bestimmung der Luftschadstoff-Immissionen in Innenstädten
ImSchZV	Immissionsschutzzuständigkeitsverordnung
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
km/h	Kilometer pro Stunde
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
m	Meter
MLUK	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg
MP	Messpunkt der Stickstoffdioxid-Passivsammler-Messung
nm	Nanometer
NO ₂	Stickstoffdioxid
RL	Richtlinie
R ²	Bestimmtheitsmaß
UBA	Umweltbundesamt
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
<	kleiner als
%	Prozent
°	Grad
39. BImSchV	Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

1 Einführung

Die Stadt Neuruppin liegt etwa 60 Kilometer nordwestlich von Berlin im Landkreis Ostprignitz-Ruppin im Bundesland Brandenburg. Im Jahr 2020 führte das Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU) eine Messkampagne zur Profilmessung der Stickstoffdioxid-Konzentration (NO₂) mit Hilfe von Passivsammlern in verschiedenen Bereichen des Stadtgebietes durch. Im nachfolgenden Bericht werden die Hintergründe, die rechtlichen Grundlagen, die Standortwahl, die Methodik und die Messergebnisse der Messkampagne erläutert. Dabei erfolgt auch eine Abschätzung der Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die ermittelten Messwerte.

1.1 Hintergrund

Das Landesamt für Umwelt betreibt als zuständige Behörde für den Immissionschutz in Brandenburg (§1 ImSchZV) [1] das landesweite Luftgütemessnetz in Umsetzung der Europäischen Richtlinie (RL) über Luftqualität und saubere Luft für Europa (2008/50/EG) [2] sowie deren Änderung in Richtlinie (EU) 2015/1480 [3]. Die dortigen Vorgaben werden mit der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) [4] in deutsches Recht umgesetzt.

In der Stadt Neuruppin betreibt das LfU seit vielen Jahren eine Luftgütemessstation zur Überwachung der Luftqualität. Aktuell steht die Luftgütemessstation in der Gerhart-Hauptmann-Straße 38 auf dem Gelände der Grundschule „Wilhelm Gentz“. Sie repräsentiert die vorstädtische Hintergrundbelastung in Neuruppin. An dieser Messstation werden die Stickstoffdioxid-Grenzwerte der 39. BImSchV sicher eingehalten.

Im September 2019 richtete der Landkreis Ostprignitz-Ruppin eine Anfrage an das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK). Darin wurde vorgeschlagen,

neben der Messstation zur Überwachung der vorstädtischen Hintergrundbelastung auch eine verkehrsbezogene Messstation in Neuruppin zu betreiben. Als mögliche Standorte hierfür wurden die Gerhart-Hauptmann-Straße in Höhe der Puschkin-Schule sowie die enge Ortslage in Alt Ruppin genannt.

Aus Modellrechnungen war dem LfU bekannt, dass die Immissionsbelastungen in Neuruppin vergleichsweise gering sind und deutlich unterhalb der Grenzwerte liegen. Mit Blick auf die Notwendigkeiten aus der 39. BImSchV war die Einrichtung einer zusätzlichen dauerhaften Messstation daher nicht zu begründen. Dennoch haben wir die Anfrage des Landkreises zum Anlass für eine Messkampagne mit NO₂-Passivsammlern im Stadtraum Neuruppin genommen, die im Jahr 2020 durchgeführt wurde. Dazu wurden im Stadtgebiet acht temporäre Messstationen installiert. Die vorgeschlagenen Messpunkte des Landkreises wurden bei der Standortwahl berücksichtigt.

1.2 Rahmenbedingungen der Luftqualitätsrichtlinie

Damit Luftqualitätsdaten unterschiedlicher EU-Mitgliedsstaaten miteinander vergleichbar sind und eine faire Bewertung hinsichtlich der einheitlichen Leit-, Ziel- und Grenzwerte möglich ist, sind für die Beurteilung umfangreiche und mitunter detaillierte gesetzliche Anforderungen zu erfüllen. Auf einen kurzen Abriss der Luftqualitätsrichtlinie [2] soll an dieser Stelle daher nicht verzichtet werden.

Gemäß Artikel 4 hat jeder Mitgliedsstaat auf seinem gesamten Hoheitsgebiet Gebiete und Ballungsräume festzulegen und dort die Luftqualität zu beurteilen und unter Kontrolle zu halten. Im darauffolgenden Abschnitt 1 werden Beurteilungsverfahren, Beurteilungskriterien, Probenahmestellen sowie Referenzmethoden beschrieben. Vereinfacht gesagt ergibt sich aus dem Zuschnitt

der Beurteilungsgebiete, der jeweiligen Bevölkerungsdichte sowie der bisherigen Luftschadstoffkonzentration zunächst das anzuwendende Beurteilungsverfahren: Messung, Modellrechnung oder objektive Schätzung. In der Folge bemisst sich danach auch die erforderliche Anzahl an Probenahmestellen. Dies sind in der Praxis zumeist spezielle Messcontainer, in denen Messgeräte zur Erfassung verschiedener Luftschadstoffe untergebracht sind.

Die Randbedingungen für die Lage von Stickstoffdioxid-Probenahmestellen sind in Artikel 7 in Verbindung mit Anhang III der Richtlinie geregelt.

Abschnitt B des Anhangs III befasst sich mit der großräumigen Ortsbestimmung der Probenahmestellen. Im Kontext des Gesundheitsschutzes ist demnach für die Aufstellung einer Messeinrichtung im Allgemeinen der Ort der höchsten Konzentrationen zu wählen. Dabei sollen Luftproben an verkehrsbezogenen Messstellen für einen Straßenabschnitt von nicht weniger als 100 Meter Länge repräsentativ sein. Messwerte städtischer Hintergrundstationen sollen dementsprechend sogar typisch für mehrere Quadratkilometer sein. Im darauffolgenden Abschnitt C wird die kleinräumige Ortsbestimmung der Probenahmestellen behandelt. Dies betrifft beispielsweise die Berücksichtigung bestimmter Geometrien für die Luftanströmung und die Probenahmehöhe. Der abschließende Abschnitt D regelt die Dokumentation für die Ortswahl und fordert deren regelmäßige

Überprüfung und gegebenenfalls erneute Dokumentation, damit die fortwährende Gültigkeit der Ortswahlkriterien sichergestellt ist.

1.3 Ziele der Messkampagne

Die Messkampagne mit NO₂-Passivsammlern in Neuruppin wurde in Umsetzung der oben genannten Anforderungen der Luftqualitätsrichtlinie [2] durchgeführt. Dabei sollten Stickstoffdioxid-Konzentrationen an mehreren Punkten im verkehrsbedingt belasteten Raum messtechnisch untersucht werden. Die Anwendung von NO₂-Passivsammlern stellt hierfür eine einfache und kostengünstige, zugleich auch verlässliche und qualitätsgesicherte Methodik dar, die bereits im Potsdamer Stadtgebiet im Jahr 2016 [5] und in Brandenburg an der Havel im Jahr 2019 erfolgreich umgesetzt wurde.

Die Ergebnisse der Messkampagne in Neuruppin sollten folgende grundsätzlichen Fragestellungen beantworten:

1. Wie sind die Ergebnisse der Profilmessungen in Neuruppin – auch im Vergleich zu verkehrsbezogenen Messungen in anderen ähnlich großen Städten wie zum Beispiel Eberswalde und Bernau bei Berlin – einzuordnen?
2. Wie sind die Modellergebnisse der NO₂-Konzentrationen im Neuruppiner Stadtgebiet und im Ortsteil Alt Ruppin unter der Berücksichtigung von qualitätsgesicherten Messwerten einzuordnen?

2 Messstellenbeschreibung

Als Grundlage für die Ortswahl von möglichen NO₂-Passivsammler-Messpunkten (MP) in Neuruppin dienten die im LfU vorhandenen Screening-Ergebnisse und die Vorschläge für Immissionsmessungen des Landkreises Ostprignitz-Ruppin in der Puschkinstraße sowie in der Friedrich-Engels-Straße in Alt Ruppin.

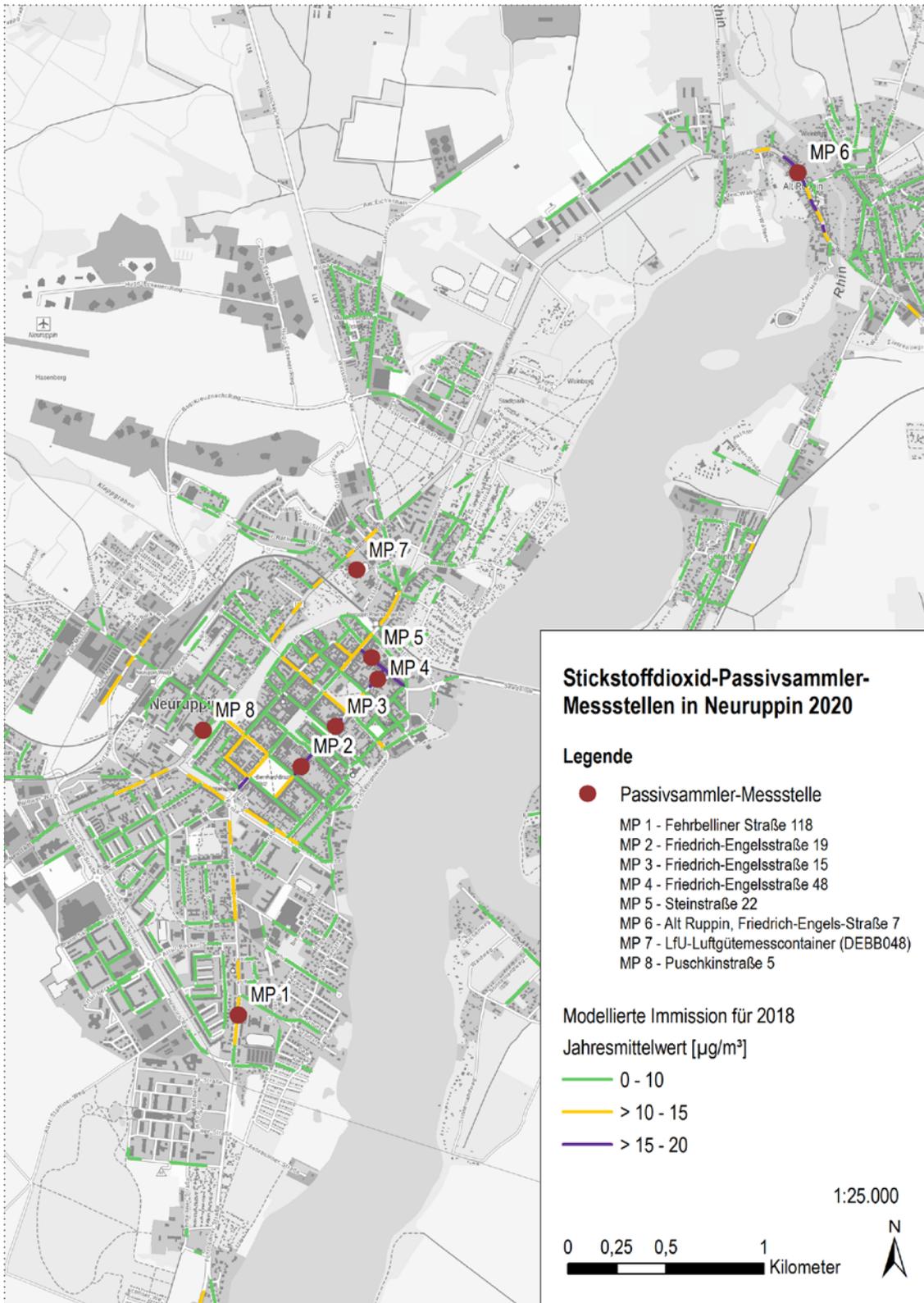
Straßenabschnitte mit einer erhöhten modellierten NO₂-Belastung wurden grundsätzlich bei der Auswahl der Passivsammler-Messstellen berücksichtigt. Zugleich sollten potenzielle Messstellen den Standortkriterien für Luftqualitätsmessungen nach der EU-Richtlinie bestmöglich entsprechen. Auch müssen beim Errichten von Messstellen immer die jeweiligen Begebenheiten vor Ort beachtet werden. So werden Passivsammler in der Regel an Straßenlaternen, Verkehrsschildern oder weiteren geeigneten Punkten befestigt, wobei sich möglichst alle Installationspunkte einer Kampagne in vergleichbarem Abstand und ähnlicher Höhe in Bezug auf die Fahrbahn befinden sollten.

Im Herbst 2019 fand eine Ortsbegehung in Neuruppin und im Ortsteil Alt Ruppin zur Festlegung der Standorte statt. Die Karte (Abbildung 1) zeigt die acht Messstellen der Messkampagne in Neuruppin. Zusätzlich sind die Ergebnisse des im Jahr 2021 abgeschlossenen Gutachtens „Modellierungen von Luftschadstoff-Belastungsniveaus in Brandenburg nach Stationsklassifikation der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG und der 39. BImSchV“ [6] dargestellt. Für das Bezugsjahr 2018 wurden Immissionsbelastungen verschiedener Luftschadstoffe für das gesamte Land Brandenburg betrachtet. Neben Hintergrundbelastungen wurden NO₂-Konzentrationen auch für ausgewählte Straßenabschnitte in Neuruppin modelliert.

Tabelle 1 dokumentiert die getroffene Auswahl der Standorte mit Angabe der Straße und Hausnummer, geographischen Koordinaten, Höhe der Probenahme und Abstand der Messstelle zur Straße.

Abb. 1:

Karte mit NO₂-Passivsammler-Messstellen in Neuruppin und den Ergebnissen der Immissionsmodellierungen für das Jahr 2018 [6]



Tab. 1: NO₂-Passivsammler-Messstellen in Neuruppin

Name	Lage	Installation	Messhöhe über dem Grund (m)	Abstand zum Fahrbahnrand (m) (bei Verkehrsbezug)	Zeitraum der Beprobung	Geografische Länge (Ost)	Geografische Breite (Nord)	Bemerkungen
MP 1	Fehrbelliner Straße 118	Straßenlaterne	2,5	2,5	27.12.2019 – 21.01.2021	12,80156°	52,91122°	
MP 2	Friedrich-Engels-Straße 19	Straßenlaterne	2,5	2,8	27.12.2019 – 21.01.2021	12,80572°	52,92276°	
MP 3	Friedrich-Engels-Straße 15	Straßenlaterne	2,5	2,6	27.12.2019 – 21.01.2021	12,80823°	52,92466°	
MP 4	Friedrich-Engels-Straße 48	Verkehrsschild	2,5	0,9	27.12.2019 – 21.01.2021	12,81134°	52,92690°	
MP 5	Steinstraße 22	Straßenschild	2,5	0,9	27.12.2019 – 21.01.2021	12,81082°	52,92787°	
MP 6	Alt Ruppín, Friedrich-Engels-Straße 7	Straßenlaterne	2,5	0,6	27.12.2019 – 21.01.2021	12,84198°	52,95083°	Vorschlag aus der Anfrage des Landkreises Ostprignitz-Ruppín
MP 7	LfU-Luftgütemesscontainer Neuruppín (DEBB048), Gerhart-Hauptmann-Straße 38, Grundschule „Wilhelm Gentz“	auf dem Dach des Containers	3,4		02.01.2020 – 21.01.2021	12,80948°	52,93189°	In direkter Umgebung befindet sich ein Heizkraftwerk, erste Beprobung startete später
MP 8	Puschkinstraße 5	Straßenlaterne	2,5	2,3	27.12.2019 – 21.01.2021	12,79822°	52,92430°	Vorschlag aus der Anfrage des Landkreises Ostprignitz-Ruppín

Die gewählten Probenahmeorte entsprechen weitgehend den an ortsfeste Messungen gestellten Anforderungen der Luftqualitätsrichtlinie (zum Beispiel Abstände von der Straße, von Kreuzungen und von Hauswänden sowie Messhöhe).

Die Bestimmung der NO₂-Konzentration begann an sieben Messstellen am 27. Dezember 2019. Am LfU-Luftgütemesscontainer (MP 7) begann die Messung am 2. Januar 2020. Aufgrund der Weihnachtsschulferien war das Betreten des Schulgeländes nicht früher möglich.

Der Probenwechsel fand im 28-tägigen Rhythmus statt. In jedem Probenahmezeitraum fand eine Doppelbeprobung statt.

2.1 Messstelle MP 1 in der Fehrbelliner Straße

Die Fehrbelliner Straße ist eine wichtige Ausfallstraße nach Süden aus dem Neuruppiner Stadtzentrum heraus. Sie verbindet Neuruppin mit dem Ortsteil Treskow, dem Gewerbepark Süd und der Autobahnanschlussstelle

Neuruppin Süd. Die Straße weist einzelne Abzweigungen in Wohngebiete auf. Der Messpunkt MP 1 (Abbildung 2) liegt im mittleren Teil der Straße und befindet sich auf Höhe des Karl-Friedrich-Schinkel-Gymnasiums vor der Hausnummer 118. Die Straße weist in diesem Bereich auf beiden Fahrbahnseiten eine lockere Zeilenbebauung auf. Die Probenahme befindet sich am Mast einer Straßenlaterne. In Höhe der Messstelle gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

2.2 Messstellen MP 2, MP 3 und MP 4 in der Friedrich-Engels-Straße

Die Friedrich-Engels-Straße ist eine der Hauptstraßen in der Altstadt von Neuruppin. Sie verbindet den Bernhard-Brasch-Platz mit der Steinstraße und ist dabei von Südwest nach Nordost ausgerichtet. Die Straße weist im Bereich der drei Messstellen eine beidseitig geschlossene Bebauung auf. In der gesamten Straße gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h. Der Messpunkt MP 2 (Abbildung 3) befindet sich vor der Hausnummer 19 an einer Straßenlaterne.

Abb. 2:

Messstelle MP 1 in der Fehrbelliner Straße und ihre Umgebung



Die Messstelle MP 3 (Abbildung 4) in der Friedrich-Engels-Straße liegt vor der Hausnummer 15.

Der Messpunkt MP 4 (Abbildung 5) befindet sich am nördlichen Ende der Friedrich-Engels-Straße auf der gegenüberliegenden Straßenseite auf Höhe der Hausnummer 48

an einem Parkraumschild. Ab Anfang November 2020 war dieser Straßenabschnitt aufgrund von Bauarbeiten zwischen der Virchowstraße und der Steinstraße in beide Richtungen für den Verkehr gesperrt. Die Messstelle konnte jedoch weiter erreicht und betrieben werden.

Abb. 3:

Messstelle MP 2 in der Friedrich-Engels-Straße und ihre Umgebung



Abb. 4:

Messstelle MP 3 in der Friedrich-Engels-Straße und ihre Umgebung



2.3 Messstelle MP 5 in der Steinstraße

Die Steinstraße (L167) ist die Ost-West-Verbindungsstraße zwischen der Karl-Marx-Straße und dem Seedamm am nördlichen Ende der Neuruppiner Altstadt. Sie weist

beidseitig eine geschlossene Bebauung auf. Die zuvor beschriebene Friedrich-Engels-Straße mündet in die Steinstraße ein. Der Messpunkt MP 5 (Abbildung 6) befindet sich auf Höhe der Hausnummer 22 an einem Verkehrsschild. Es gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Abb. 5:

Messstelle MP 4 in der Friedrich-Engels-Straße und ihre Umgebung



Abb. 6:

Messstelle MP 5 in der Steinstraße und ihre Umgebung



2.4 Messstelle MP 6 in der Friedrich-Engels-Straße in Alt Ruppin

Der Ortsteil Alt Ruppin liegt rund vier Kilometer nordöstlich von Neuruppin am Nordufer des Ruppiner Sees. Die Messstelle MP 6 (Abbildung 7) befindet sich in der Ortsque-

rung der Bundesstraße 167 als Friedrich-Engels-Straße. Die Passivsammler sind an einem Laternenmast vor der Hausnummer 7 befestigt. Beidseitig weist die Straße in diesem Bereich eine geschlossene Bebauung auf. Es gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Abb. 7:

Messstelle MP 6 in der Friedrich-Engels-Straße im Ortsteil Alt Ruppin und ihre Umgebung



Abb. 8:

Messstelle MP 7 am LfU-Luftgütemesscontainer Neuruppin und ihre Umgebung



2.5 Messstelle MP 7 am LfU-Luftgütemesscontainer Neuruppin in der Gerhart-Hauptmann-Straße

Auf dem Gelände der Grundschule „Wilhelm Gentz“ in der Gerhart-Hauptmann-Straße nördlich der Neuruppiner Altstadt befindet sich der Standort der stationären Luftgütemessstelle Neuruppin (Abbildung 8) mit der Kennung DEBB048.

Diese Messstelle MP 7 wird dem vorstädtischen Hintergrund zugeordnet und soll somit die Immissionen für ein großflächiges Gebiet repräsentieren. Westlich angrenzend zur Messstelle befindet sich das Heizkraftwerk (Abbildung 8, rechts), östlich der Sportplatz der Grundschule. Die passive Probenahme befindet sich neben dem Probeneinlass für die dort dauerhaft aktive automatische Messung auf dem Containerdach.

2.6 Messstelle MP 8 in der Puschkinstraße

Die Puschkinstraße ist die Verlängerung der Gerhart-Hauptmann-Straße nach Südwesten. Im Bereich der Messstelle MP 8 befindet sich auf der gegenüberliegenden Straßenseite die alte Wallanlage der Stadt Neuruppin. Der Messpunkt befindet sich in Höhe der Puschkinstraße 5 an einer Straßenlaterne (Abbildung 9). Die Straße weist in diesem Bereich nur eine einseitige Bebauung auf, die nicht geschlossen ist. Am Messort gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, wobei in rund 40 Metern Entfernung aufgrund der Puschkin-Schule tagsüber eine Reduzierung der Geschwindigkeit auf 30 km/h erfolgt.

Abb. 9:

Messstelle MP 8 in der Puschkinstraße und ihre Umgebung



3 Methodik

3.1 Beschreibung der Probenahme mit Passivsammlern und der anschließenden Laboranalyse

Eine gegenüber dem Aufbau von Messcontainern kostengünstige Variante ist der Einsatz sogenannter Passivsammler. Die Wahl fiel dabei auf das Schweizer Labor für Umweltanalytik Passam AG, deren Sammler-Röhrchen in der Vergangenheit bereits erfolgreich im Luftgütemessnetz Brandenburg und in anderen Ländermessnetzen eingesetzt wurden. Passam AG ist nach ISO 17025 akkreditiert. Das heißt: Ein kompetente Arbeitsweise und die Erzeugung valider Ergebnisse wird von einer offiziellen Akkreditierungsstelle bestätigt [7]. Darüber hinaus konnte auch das nordrhein-westfälische Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz (LANUV), welches zusammen mit dem Umweltbundesamt (UBA) als Deutsches Nationales Referenzlabor für die Beurteilung der Luftqualität benannt ist, die Gleichwertigkeit der Analysewerte mit dem Referenzverfahren belegen [8]. Dieser Nachweis umfasst auch die Einhaltung der Datenqualitätskriterien nach Anhang 1 der Luftqualitätsrichtlinie.

Die Probenahme mit Passivsammlern beruht auf der Diffusion von Molekülen in ein adsorbierendes Medium, das heißt eine aktive Probenansaugung ist nicht erforderlich. Bei den verwendeten NO_2 -Passivsammlern wird als Adsorbens Triethanolium verwendet. Die nach unten geöffneten Kunststoffröhrchen werden für eine definierte Zeit (hier: etwa 28 Tage) der Umgebungskonzentration exponiert. Die Menge des dabei adsorbierten Stickstoffdioxids ist direkt proportional zur mittleren Konzentration am Probenahmeort über ebendiesen Zeitraum. Im Labor wird aus jedem Röhrchen die Gesamtmenge an aufgenommenem NO_2 extrahiert (Saltzmann-Reaktion) und die entsprechende Konzentration kolorimetrisch bei 540 Nanometern bestimmt [9].

Zum Schutz vor Witterungseinflüssen wurden die als Doppelproben ausgebrachten Sammler in einer speziellen Aufhängung untergebracht und zur Vermeidung von Vandalismus oberhalb der üblichen Griffhöhe installiert. Der Proben-Schutzbehälter ähnelt einer unten geöffneten Dose mit Schraubdeckel. Dieser Deckel ist jedoch so konstruiert, dass er nicht dicht abschließt, sondern eine Durchströmung des Zylinders mit den darin befindlichen Proben stattfindet.

3.2 Datenaufbereitung

Als Ergebnis lagen aus den Laboranalysen für alle Probenahmezeiträume die ermittelten NO_2 -Konzentrationen zu jedem Einzelröhrchen vor. Im Messjahr 2020 wurden an sieben Messstellen 366 Tage und an der Messstelle MP 7 364 Tage beprobt. Das entspricht einer zeitlichen Überdeckung mit Messdaten („Verfügbarkeit“) von 100 % und 99,2 % für das Jahr 2020.

Die Probenahme fand mit Doppelproben statt. Das heißt, für jede Bestimmung wurden zwei Röhrchen aufgehängt und separat im Labor analysiert. Im Anschluss wurden die Ergebnisse zu einem Wert gemittelt.

Für den Vergleich mit der kontinuierlichen Messung wurden die NO_2 -Passivsammlerergebnisse in die Datenbank des Luftgütemessnetzes eingelesen. So lassen sich zum Beispiel kalendarische Monats- und Jahresmittelwerte für die Passivsammler flexibel berechnen, auch wenn der Probenwechsel tatsächlich in einem anderen Rhythmus erfolgte.

Im Gegensatz zur Auswertung der NO_2 -Passivsammler-Messungen in Potsdam im Jahr 2016 [5] wurde bei den Passivsammler-Ergebnissen in Neuruppin auf eine zusätzliche Kalibrierung auf das Referenzverfahren verzichtet. Analysen des nordrhein-westfälischen Landesamts für Umwelt, Natur und

Verbraucherschutz (LANUV) haben gezeigt, dass die Ergebnisse der Passiv- und Passivsammler und die Ergebnisse des Referenzverfahrens gleichwertig sind. Sie erfüllen zudem die Qualitätsanforderungen für ortsfeste Messungen entsprechend der EU-Luftqualitätsrichtlinie [8].

4 Ergebnisse der Messkampagne

Insgesamt wurden für die Messkampagne 224 Bestimmungen mit den Passivsammler-Röhrchen durchgeführt. Während des gesamten Zeitraumes kam es zu keinem Ausfall.

Die Spannweite der NO_2 -Konzentrationen aller Einzelproben reicht von $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $27,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Insgesamt wurden 14 Doppelbe-

stimmungen pro Standort durchgeführt. Die gemittelten Ergebnisse sind in Abbildung 10 dargestellt.

Die Ergebnisse aller Messpunkte in Neuruppin liegen mit Ausnahme der Messstelle MP 7 nahezu im gesamten Jahr auf einem ähnlichen Niveau. Die höchsten NO_2 -Konzentrationen wurden im Januar an der Messstelle

Abb. 10: Ergebnisse der Doppelbestimmungen der NO_2 -Passivsammler in Neuruppin im Jahr 2020

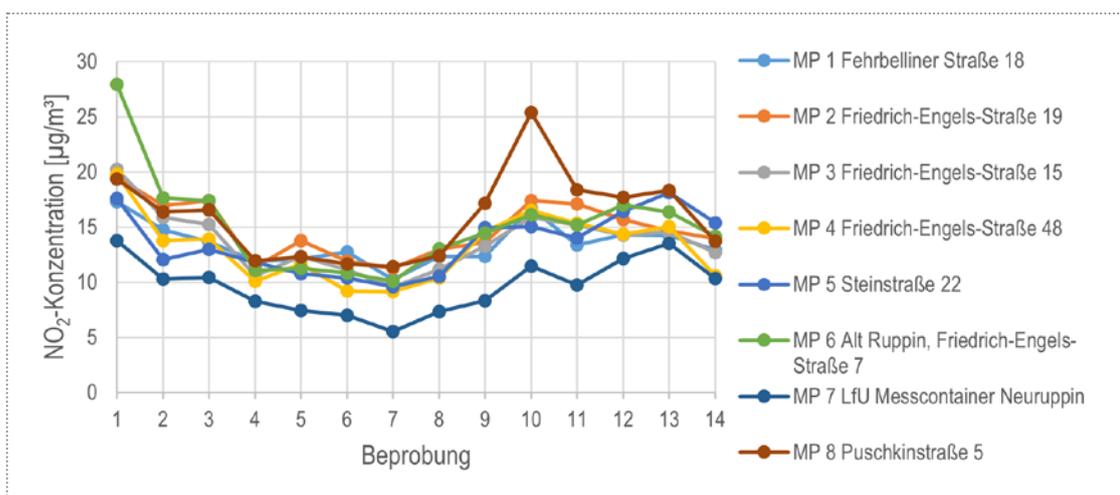
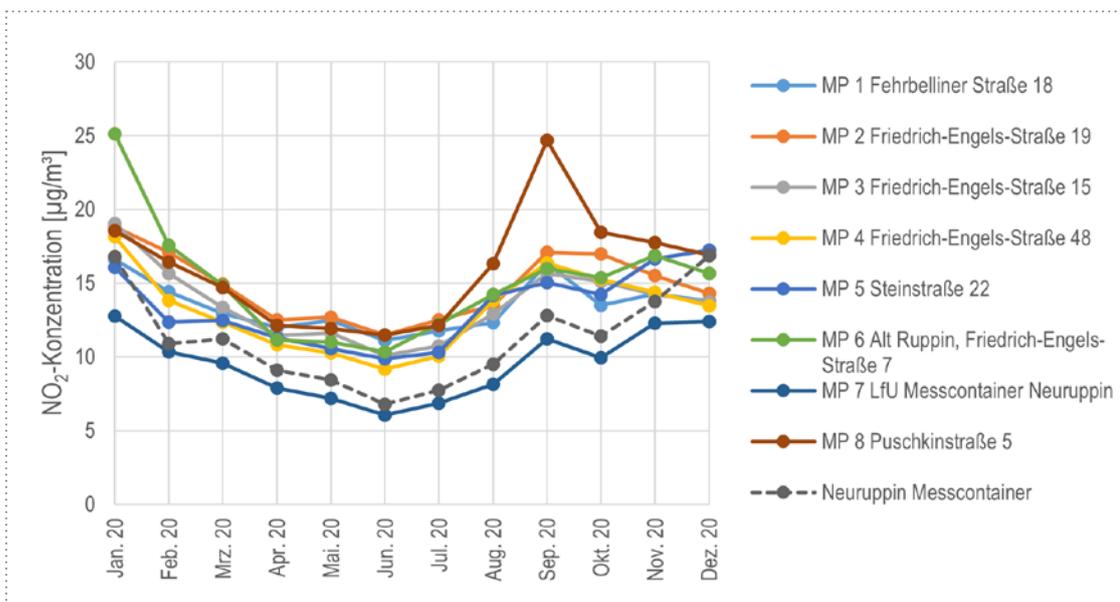


Abb. 11: Berechnete kalendarische Monatsmittelwerte der NO_2 -Passivsammler und Ergebnisse der automatischen Messungen in Neuruppin im Jahr 2020



MP 6 mit 28,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und im Oktober an der Messstelle MP 8 mit 25,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Die Messstelle MP 7 am LfU-Luftgütemesscontainer wird dem vorstädtischen Hintergrund zugeordnet und weist die niedrigsten NO_2 -Konzentrationen von 5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 13,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Weiterhin lässt sich an allen Messstellen der typischer NO_2 -Jahresgang beobachten. Die erhöhten Konzentrationen im Winter lassen sich durch höhere Emissionen und die witterungsbedingt zumeist schlechtere Durchmischung der Luft erklären.

Der Verlauf der kalendarischen Monatsmittelwerte (Abbildung 11) deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen der Doppelbestimmungen. Die Ergebnisse sind leicht geglättet, da die einzelnen Bestimmungszeiträume kürzer als ein kalendarischer Monat sind und demnach nur anteilig in die Monatswerte einfließen.

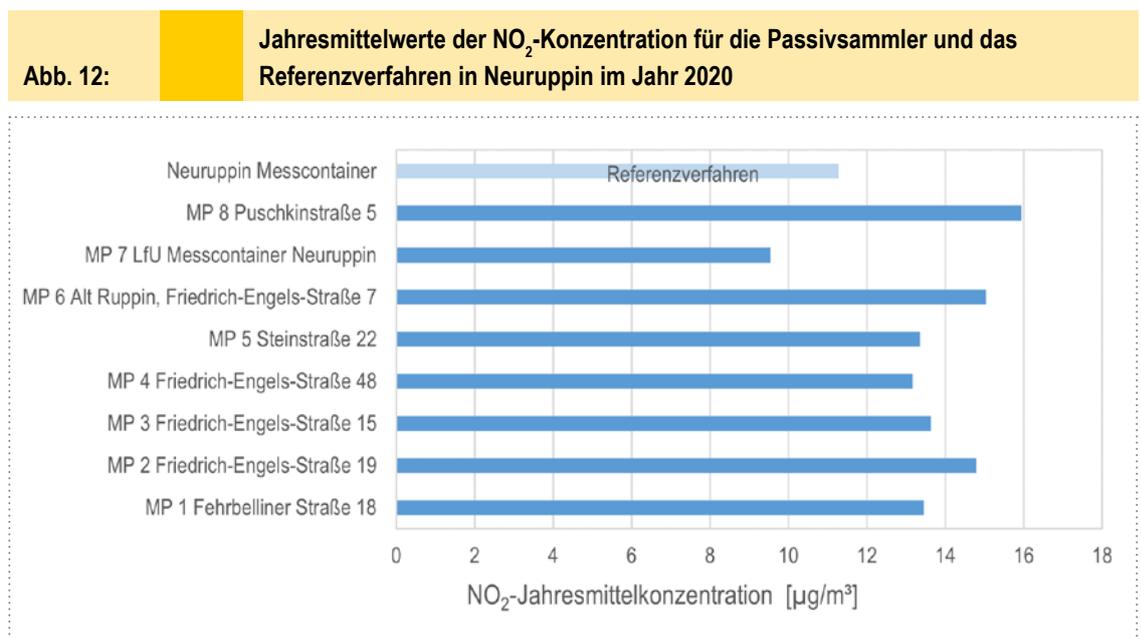
Die Messergebnisse des Referenzverfahrens am Luftgütemesscontainer Neuruppin (DEBB048) wurden zum Vergleich in die

Abbildung hinzugefügt. Die automatische NO_2 -Messung im Container erfolgt mit einem Messgerät der Serie APNA-370 der Firma Horiba. Die Monatsmittelwerte der NO_2 -Passivsammler an der Messstelle MP 7 sind durchgängig etwas niedriger sind als die Monatsmittelwerte des Referenzverfahrens am selben Standort.

Die ermittelten Jahreswerte der NO_2 -Konzentration für das Jahr 2020 an den verschiedenen Messstellen in Neuruppin reichen von 8,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 15,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 12).

Die höchsten Jahresmittelwerte weisen die beiden Messstellen MP 6 in der Friedrich-Engels-Straße 7 in Alt Ruppin mit 15,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und MP 8 in der Puschkinstraße 5 mit 15,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Das Referenzverfahren am Standort des Messcontainers ermittelte einen Jahresmittelwert von 11,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den vorstädtischen Hintergrund. Der Jahresmittelwert der NO_2 -Passivsammler-Messung am Standort des Containers MP 7 fällt mit 9,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ um 1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ geringer aus.



5 Auswertung

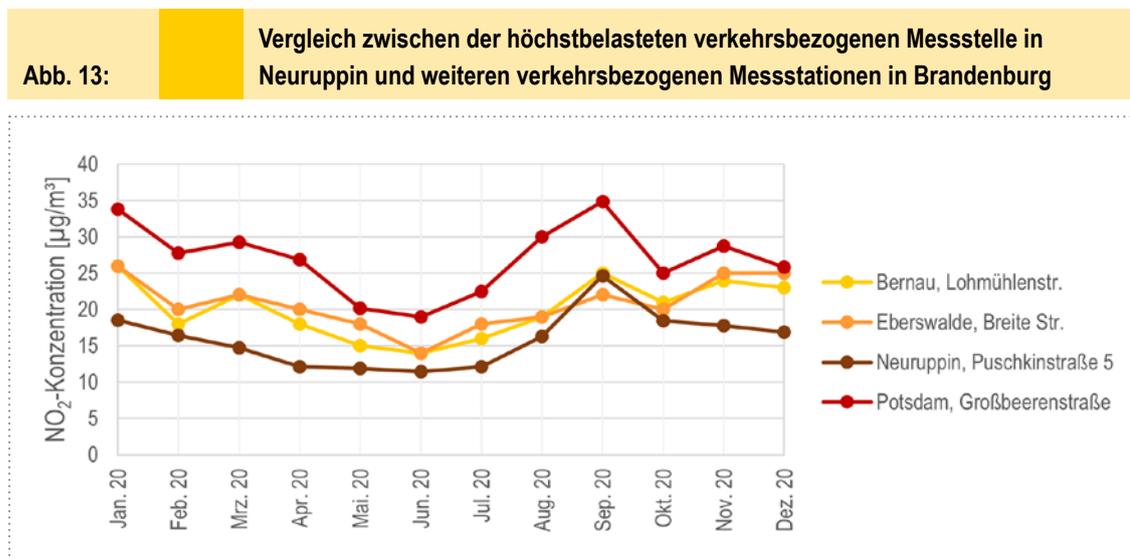
5.1 Bewertung der Messergebnisse in Neuruppin

Die Ergebnisse der NO₂-Passivsammler zeigen auf, dass an den gewählten Standorten in der Stadt Neuruppin keine Grenzwertüberschreitungen des Jahresmittelwertes von 40 µg/m³ für das Jahr 2020 vorliegen. Die im Stadtzentrum liegenden Messstellen rund um die Steinstraße und die Friedrich-Engels-Straße weisen nahezu identische NO₂-Belastungen für das Jahr 2020 auf. Die Messstelle MP 8 in der Puschkinstraße weist den höchsten Jahresmittelwert 2020 aller Stationen in Neuruppin mit einem Wert von 15,9 µg/m³ auf. Dies entspricht etwa 40 Prozent des gesetzlichen Grenzwertes. Auch für den Messpunkt im Ortsteil Alt Ruppin (MP 6) konnte mit 15,0 µg/m³ ein vergleichsweise niedriger NO₂-Jahresmittelwert ermittelt werden. Grenzwertüberschreitungen für Stickstoffdioxid können somit für Neuruppin insgesamt sicher ausgeschlossen werden.

5.2 Vergleich der Messergebnisse in Neuruppin mit anderen Messstationen im Land Brandenburg

In Bernau bei Berlin (40.908 Einwohner) und in Eberswalde (42.702 Einwohner) – zwei zu Neuruppin (32.462 Einwohner) vergleichbaren Städten in Bezug auf die Einwohnerzahl – betreibt das Luftgütemessnetz Brandenburg verkehrsbezogene Messstationen. Die am stärksten belastete Messstation im Land Brandenburg war 2020 die Station in der Großbeerenstraße in Potsdam (182.000 Einwohner), hier ist der Unterschied zur NO₂-Belastung in Neuruppin besonders deutlich. Abbildung 13 soll eine Einordnung der höchstbelasteten Messstelle MP 8 in der Puschkinstraße zu diesen drei verkehrsbezogenen Messstationen ermöglichen.

Der Monatsmittelwert der NO₂-Konzentration in der Puschkinstraße in Neuruppin liegt in elf



von zwölf Monaten unterhalb der verkehrsbezogenen Messstationen in Bernau und Eberswalde. Nur im September ist der Monatsmittelwert auf dem gleichen Niveau mit der Lohmühlenstraße in Bernau und etwas höher als der Monatsmittelwert in der Breiten Straße in Eberswalde.

Bei der Betrachtung der grenzwertrelevanten Jahresmittelwerte wird ebenfalls deutlich, dass die ermittelte NO₂-Konzentration in der Puschkinstraße niedriger als an den vergleichbaren verkehrsbezogenen Messstationen ist. Weist die Puschkinstraße einen Jahresmittelwert von 15,9 µg/m³ für das Jahr 2020 auf, so liegt der Jahresmittelwert der Lohmühlenstraße in Bernau bei 20,1 µg/m³. In der Breite Straße in Eberswalde werden 20,8 µg/m³ und in der Großbeerenstraße in Potsdam 27,0 µg/m³ ermittelt.

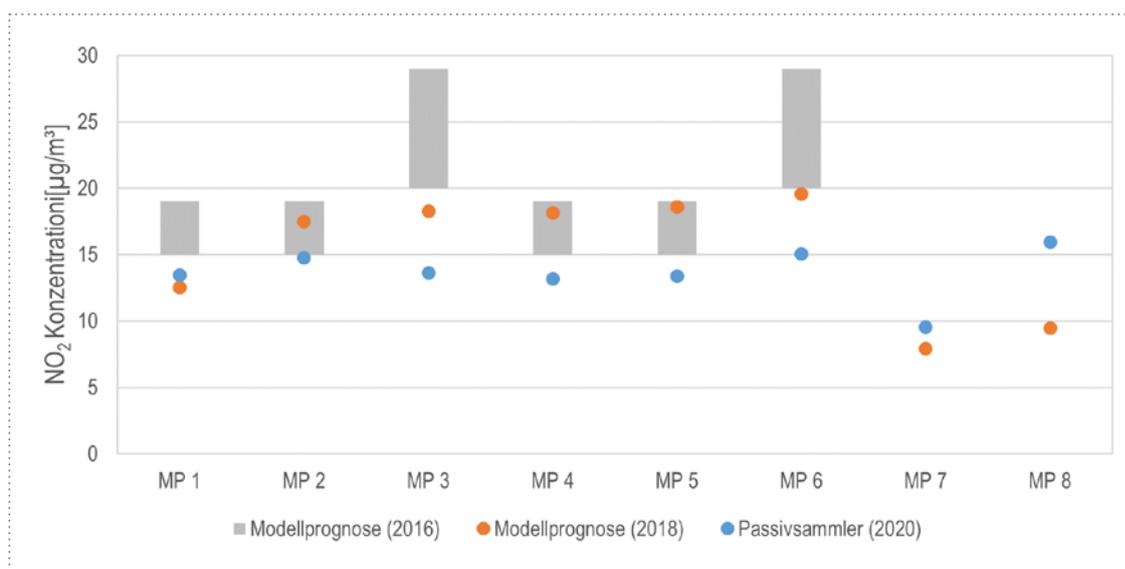
5.3 Vergleich der Messergebnisse in Neuruppin mit den Modellierungsergebnissen

Eine Gegenüberstellung der Jahresmittelwerte aus den Modellierungen für die Jahre 2016 und 2018 mit den Ergebnissen der Passivsammler für das Jahr 2020 erfolgt in Abbildung 14.

Die Jahresmittelwerte der NO₂-Passivsammlerbeprobung für das Jahr 2020 weichen etwa 3 µg/m³ bis 10 µg/m³ von den Modellierungsergebnissen der vorherigen Jahre ab. Für die Messpunkte MP 1 in der Fehrbelliner Straße und MP 7 am Luftgütemesscontainer im vorstädtischen Hintergrund stimmen Messergebnis und Modellierung gut überein. Der Jahresmittelwert der NO₂-Passivsammler-Messungen MP 8 in der Puschkinstraße liegt etwa 9 µg/m³ oberhalb der Modellierung

Abb. 14:

Vergleich zwischen NO₂-Passivsammler-Jahresmittelwerten für 2020 und NO₂-Jahresmittelwerten aus Modellrechnungen für 2016 und 2018



für 2018. Für die weiteren verkehrsbezogenen Messstellen MP 2 bis MP 6 überschätzt das Modell die gemessenen Immissionen zum Teil sehr deutlich. Grundsätzlich gilt zu beachten, dass die Ergebnisse die Jahre 2016, 2018 und 2020 widerspiegeln und somit nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind. Innerhalb dieser Zeitspanne kann es unter anderem aufgrund der fortlaufenden Modernisierung der Fahrzeugflotte dazu kommen, dass eine Reduzierung der vor Ort herrschenden NO_2 -Konzentration eintritt und somit die festgestellten NO_2 -Konzentrationen niedriger ausfallen als zunächst erwartet. Die großen Unterschiede zwischen Messung und Modellierung lassen sich jedoch nicht allein durch diesen zeitlichen Versatz erklären. Vielmehr führt der höchst konservative Ansatz aller Immissionsmodellierungen im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes zu Überschätzungen im Modell. Dieser kommt im Screeningverfahren und in der Detailmodellierung am stärksten zum Tragen.

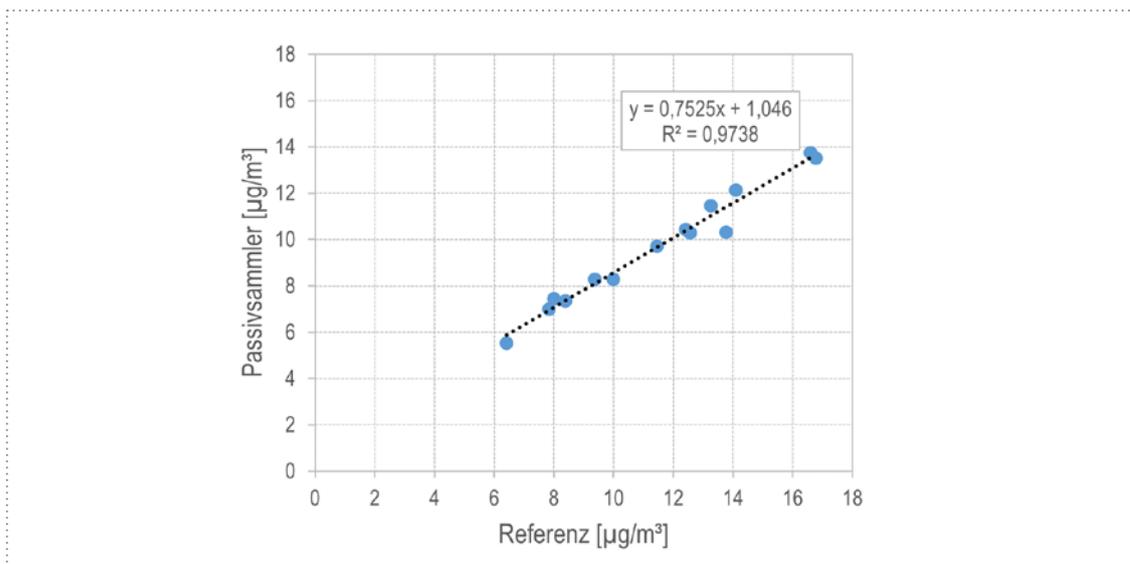
Die betrachteten Prognosemodelle werden von hochspezialisierten Ingenieurbüros betrieben und befinden sich ständig in Weiterentwicklung. Sie bilden somit immer den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik ab. Besseres fundiertes Wissen gibt es nicht. Hinzu kommt der grundsätzlich vorhandene Aspekt der anwachsenden Ergebnisunsicherheit, je niedriger die vorhandenen Konzentrationen sind. Dies gilt für Messverfahren genauso, wie für Modellierungsmethoden.

5.4 Vergleich zwischen Messergebnissen der Passivsammler und der Referenzmethode

Durch die direkte Messung am Luftgütemesscontainer an der Messstelle MP 7 kann ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der NO_2 -Passivsammler-Messungen und der Messungen mit dem Referenzverfahren durchgeführt werden.

Abb. 15:

Gegenüberstellung der Ergebnisse der NO_2 -Passivsammler-Messungen und der Messung mit Referenzverfahren an der Messstelle MP 7 für das Jahr 2020



Für die Korrelation liegen 14 Messzeiträume vor, für die zunächst die zeitlich exakt korrespondierenden Mittelwerte aus der automatischen Messung (Referenzverfahren) am Container berechnet wurden. Diese Mittelwerte wurden den unveränderten Ergebnissen der Passivsammler gegenübergestellt (Abbildung 15).

Die Korrelation der Ergebnisse beider Messverfahren zeigt, dass mit einem Bestimmtheitsmaß R^2 von 0,97 ein starker linearer Zusammenhang zwischen den beiden Datensätzen vorliegt.

Abbildung 16 vereint alle bisher im Land Brandenburg erhobenen NO_2 -Vergleichsmessungen aus verschiedenen Messkampagnen. Auch hier bestätigt sich der gute Zusammenhang zwischen den NO_2 -Passivsammler-Messungen und den Messungen mit der Referenzmethode. Die Resultate aus Neuruppin ordnen sich gut in die Ergebnisse des vorstädtischen Hintergrunds in Brandenburg an der Havel ein.

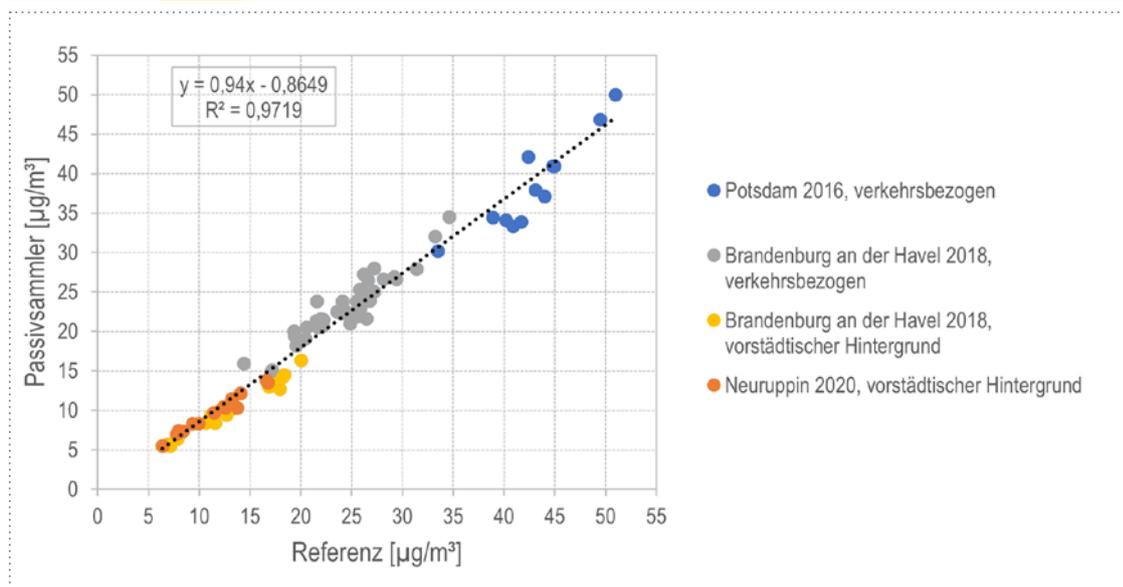
5.5 Abschätzung der Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Messergebnisse

Die Messungen mit NO_2 -Passivsammlern in Neuruppin erfolgte im Jahr 2020 – einem Jahr, das zum Teil von verschärften Maßnahmen zur Eindämmung der Corona-Pandemie geprägt war.

Die Lockdowns im Frühjahr und im Herbst des Jahres 2020 führten nachweislich zu einer Reduzierung der Verkehrsbewegungen im gesamten Bundesgebiet. Eine Untersuchung der Auswirkungen der Corona-Lockdowns auf die Verkehrsbelegung und so auch NO_2 -Konzentration in der Zeppelinstraße in Potsdam durch das Luftgütemessnetz Brandenburg zeigte, dass die NO_2 -Jahresmittelkonzentration ohne Lockdowns wahrscheinlich um 11 % höher gewesen wäre [10]. Die Zeppelinstraße in Potsdam ist eine der am stärksten belasteten Straßen in Brandenburg.

Abb. 16:

Zusammenfassung aller bisherigen Vergleiche zwischen den Messergebnissen der Referenzmethode und der NO_2 -Passivsammler



Unter der stark vereinfachten Annahme, dass in den höchstbelasteten Neuruppiner Straßenabschnitten identische Minderungseffekte wie in der Potsdamer Zeppelinstraße auftraten, hätte dies die Jahresmittelwerte um rund 1,1 bis 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gedämpft.

Addiert man diese unterstellte Lockdownbedingte Minderbelastung zu den tatsächlich ermittelten Jahresmittelwerten, erhält man zum Beispiel für die Messstelle MP 5 in der Steinstraße einen Jahresmittelwert von 14,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. An der Messstelle MP 6 in der Friedrich-Engels-Straße in Alt Ruppín ergäbe sich ein Wert von 16,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und an der Messstelle MP 8 in der Puschkinstraße ein Wert von 17,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Daraus folgt: An allen Messpunkten würden die NO_2 -Werte auch ohne Lockdown-Effekt deutlich unterhalb des Grenzwertes von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen.

5.6 Erkenntnisse der Messkampagne in Neuruppín

Die Messungen von NO_2 mittels Passivsammlern in Neuruppín wurden durchgeführt, um mit qualitätsgesicherten Messergebnissen ein Profil der NO_2 -Belastung in der Stadt zu erhalten. Anlass war eine Anfrage des Landkreises Ostprignitz-Ruppín. Die Ergebnisse der Messkampagne zeigen, dass die für das Jahr 2020 ermittelten Jahresmittelwerte von maximal 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in verkehrsnahen Bereichen im gesamten Stadtgebiet deutlich unterhalb des Grenzwertes von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Grenzwertüberschreitungen für Stickstoffdioxid können damit in Neurup-

pin sicher ausgeschlossen werden. Auch ein möglicher Corona-Effekt, der zu minimal geringeren Konzentrationen als üblich geführt haben könnte, ändert daran nichts.

Der Höchstwert von 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in der Puschkinstraße gemessen, die vom Landkreis als womöglich hochbelastet für eine Messung vorgeschlagen wurde. Im Vergleich zu anderen verkehrsbezogenen Messstationen im Luftgütemessnetz Brandenburg ist dieser Wert hingegen niedrig. Das festgestellte Konzentrationsniveau im vorstädtischen Hintergrund Neuruppíns gehört zu den niedrigsten der bisher derartigen Passivsammler-Messkampagnen des LfU. Ein Anlass für weitere Untersuchungen in Neuruppín besteht hieraus nicht.

Der Vergleich zwischen den Passivsammler-Ergebnissen und den Modellierungsergebnissen an den verkehrsbezogenen Messstellen in Neuruppín zeigt zum Teil die bekannte und erwartbare Überschätzung der Modelle im Sinne eines Ungünstigster-Fall-Szenarios.

Für das Luftgütemessnetz Brandenburg hat sich die Messung mit NO_2 -Passivsammlern erneut bewährt. Sie stellt eine kostengünstige und vergleichsweise einfach anzuwendende Methode zur Erhebung qualitätsgesicherter NO_2 -Konzentrationen für ein räumliches Profil dar. Auch in den nächsten Jahren ist daher geplant, in weiteren Städten Brandenburgs Profilmessungen mittels NO_2 -Passivsammlern durchzuführen.

- [1] Verordnung zur Regelung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Immissionsschutzes (Immissionsschutzzuständigkeitsverordnung – ImSchZV) vom 31. März 2008 (GVBI II/08, [Nr. 08], S. 122), verfügbar unter: https://bravors.brandenburg.de/br2/sixcms/media.php/76/GVBI_II_08_2008.pdf (letzter Zugriff: 14.09.2021).
- [2] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=de> (letzter Zugriff: 14.09.2021).
- [3] Richtlinie (EU) 2015/1480 der Kommission vom 28. August 2015 zur Änderung bestimmter Anhänge der Richtlinien 2004/107/EG und 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates betreffend Referenzmethoden, Datenvalidierung und Standorte für Probenahmestellen zur Bestimmung der Luftqualität, verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015L1480-&from=DE> (letzter Zugriff: 14.09.2021).
- [4] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist, verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_39/39._BlmSchV.pdf (letzter Zugriff: 14.09.2021).
- [5] MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.), 2018: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt. Titelreihe Heft-Nr. 155. Profilmessung mit NO₂-Passivsammlern in Potsdam, verfügbar unter https://ifu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/fb_155.pdf (letzter Zugriff: 14.09.2021).
- [6] DIEGMANN, V., MAHLAU, A., PFÄFFLIN, F., NEUNHÄUSER, L. (IVU UMWELT GMBH), 2021: Endbericht Modellierungen von Luftschadstoff-Belastungsniveaus in Brandenburg nach Stationsklassifikation der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG und der 39. BImSchV.
- [7] SCHWEIZERISCHE AKKREDITIERUNGSSTELLE: STS-Verzeichnis, Akkreditierungsnummer: STS0149, verfügbar unter https://www.sas.admin.ch/sas/de/home/akkreditiertestellen/akkrstellensuchesas.exturl.html/aHR0cHM6Ly9zYXNkYi5jbGllbnRzLmtpaXAuY2gvc2VhcmNoLm/h0bWw=.html?csrfmiddlewaretoken=EmFLiZWk5mBs1UjTODw2e6pYp-ZOFTJWahAzsDdzXpvyCEIOMI91ZFBQ7caHOCrCi&lang=de&search_term=Passam&accreditation_type=&submit=Suche+starten (letzter Zugriff: 14.09.2021).
- [8] PFEFFER, U., ZANG, T.; RUMPF, E.-M., ZANG, S.: Calibration of diffusive samplers for nitrogen dioxide using the reference method – Evaluation of measurement uncertainty. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 70 (2010) Nr. 11/12, verfügbar unter https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/immission-en/ber_trend/Pfeffer_et_al_NO2-diffusive_2010-corr.pdf (letzter Zugriff: 14.09.2021).

- 
-
- [9] PASSAMAG (2012): Kenndaten Passivsammler für Stickstoffdioxid, verfügbar unter https://www.passam.ch/wp-content/uploads/2020/01/de_NO2lt.pdf (letzter Zugriff: 14.09.2021).
- [10] MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND KLIMASCHUTZ DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.), 2022: Luftqualität in Brandenburg – Jahresbericht 2020, verfügbar unter <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/ueber-uns/veroeffentlichungen/detail/~01-06-2018-luftqualitaet-in-brandenburg-jahresberichte#>.



**Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Klimaschutz
des Landes Brandenburg**

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Henning-von-Tresckow-Straße 2 – 13, Haus S,
14467 Potsdam

Telefon: +49 (0)331 866-7237

E-Mail: bestellung@mluk.brandenburg.de

Internet: mluk.brandenburg.de

agrар-umwelt.brandenburg.de

