

NO₂-PROFILMESSUNG IN FRANKFURT (ODER) IM JAHR 2021

IMMISSION UND KLIMA



Impressum

Herausgeber

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK)
des Landes Brandenburg
Presse- und 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
agrар-umwelt.brandenburg.de

Redaktion

Landesamt für Umwelt (LfU)
Referat Luftqualität, Klima, Nachhaltigkeit
Seeburger Chaussee 2, 14476 Potsdam Ortsteil Groß Glienicke
Telefon: +49 (0) 33201 442-0
E-Mail: infoline@lfu.brandenburg.de
Internet: lfu.brandenburg.de
b9g.de/luftguetemessnetz

Autor

Referat Luftqualität, Klima, Nachhaltigkeit
Luftgütemessnetz Brandenburg

Fotos

Alle Fotos: © Luftgütemessnetz Brandenburg

Titelbild

© Luftgütemessnetz Brandenburg, Hannes Brauer, Landesamt für Umwelt

Satz (Layout)

Satzweiss.com Print Web Software GmbH

Kartenerstellung

Luftgütemessnetz Brandenburg
Die Nutzung der Geobasisdaten erfolgt mit Genehmigung der Landesvermessung und
Geobasisinformation Brandenburg: © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

Diese 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 für Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Unabhängig davon, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Broschüre dem Empfänger zugegangen 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, März 2024

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
1 Einleitung	7
1.1 Hintergrund	7
1.2 Ziele der Messkampagne in Frankfurt (Oder)	7
2 Standortbeschreibung	9
2.1 MP 01 und MP 02 am Messcontainer in der Leipziger Straße	11
2.2 MP 03 und MP 04 am Messcontainer im städtischen Hintergrund	11
2.3 MP 05 Leipziger Straße 181	12
2.4 MP 06 Leipziger Straße 171	12
2.5 MP 07 Leipziger Straße 136	13
2.6 MP 08 Leipziger Straße 71	13
2.7 MP 09 Heilbronner Straße	14
2.8 MP 10 Rosa-Luxemburg-Straße	14
2.9 MP 11 Leipziger Straße 8	15
2.10 MP 12 Leipziger Straße 2	15
3 Methodik	16
3.1 Probenahme mit Passivsammlern und anschließende Laboranalyse	16
3.2 Datenaufbereitung	16
3.3 Repräsentativitätsanalyse	17
4 Ergebnisse	18
4.1 NO ₂ -Konzentrationen	18
4.2 Repräsentativitätsanalyse	20
5 Auswertung	21
5.1 Vergleich von Ergebnissen der Passivsammler und Modellprognosen	21
5.2 Gegenüberstellung der Messergebnisse und der Verkehrsbelegung	22
5.3 Bewertung des Messcontainerstandortes Frankfurt (Oder), Leipziger Straße	22
5.4 Vergleich von Messergebnissen der Passivsammler und der Referenzmethode	23
5.5 Fazit	25
6 Quellen	26

Abkürzungsverzeichnis

°	Grad (geografisch)
'	Minute (geografisch)
"	Sekunde (geografisch)
AG	Aktiengesellschaft
39. BImSchV	39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
ca.	circa
DEBBXX	Stationscode einer Luftgütemessstelle im Land Brandenburg
EU	Europäische Union
h	Stunde
IEC	International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)
ImSchZV	Immissionsschutzzuständigkeitsverordnung
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
Kfz	Kraftfahrzeug
LANUV	Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Lpz. Str.	Leipziger Straße
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
m	Meter
MC	Messcontainer
MLUK	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg
MP	Messpunkt
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
NO ₂	Stickstoffdioxid
R ²	Bestimmtheitsmaß
RL	Richtlinie
UBA	Umweltbundesamt

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Karte der Messstellen der Messkampagne 2021 in Frankfurt (Oder) inklusive modellierter NO ₂ -Belastung (2018) in den Straßenabschnitten	9
Abbildung 2:	Messstellen für MP 01 und MP 02 am verkehrsbezogenen Messcontainer in der Leipziger Straße	11
Abbildung 3:	Messstellen MP 03 und MP 04 am Messcontainer Im Sande	11
Abbildung 4:	Messstelle MP 05 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 181	12
Abbildung 5:	Messstelle MP 06 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 171	12
Abbildung 6:	Messstelle MP 07 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 136	13
Abbildung 7:	Messstelle MP 08 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 71	13
Abbildung 8:	Messstelle MP 09 in der Heilbronner Straße in Höhe der Hausnummer 13	14
Abbildung 9:	Messstelle MP 10 in der Rosa-Luxemburg-Straße in Höhe der Hausnummer 30–32	14
Abbildung 10:	Messstelle MP 11 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 8	15
Abbildung 11:	Messstelle MP 12 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 2	15
Abbildung 12:	Von links nach rechts: Aufnahme eines Proben-Schutzbehälters, eines NO ₂ -Passivsammlers der Firma Passam und Nahaufnahme der zugehörigen Glasfritte.	16
Abbildung 13:	Berechnete Monatsmittelwerte der NO ₂ -Passivsammler der Messkampagne in Frankfurt (Oder) im Jahr 2021 (MC=Messcontainer).	18
Abbildung 14:	Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte der Messkampagne mit Passivsammlern in Frankfurt (Oder) im Jahr 2021	19
Abbildung 15:	Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte mit den ermittelten Jahresmittelwerten der Passivsammler	21
Abbildung 16:	Gegenüberstellung der Verkehrsbelegung und den errechneten Jahresmittelwerten für die Messpunkte in Frankfurt (Oder) 2021	22
Abbildung 17:	Gegenüberstellung der Passivsammler-Daten am Messcontainer Frankfurt (Oder), Leipziger Straße (Messpunkte 01 und 02) mit dem Messgerät im Referenzverfahren	23
Abbildung 18:	Gegenüberstellung der Passivsammler-Daten am Messcontainer Frankfurt (Oder) (Messpunkte 03 und 04) mit dem Messgerät im Referenzverfahren	24
Abbildung 19:	Kombinierter Datensatz bisheriger LfU-Messkampagnen – Vergleichsmessungen von NO ₂ -Passivsammlern versus Referenzmessgerät	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Standortdokumentation der Messkampagne in Frankfurt (Oder)	10
Tabelle 2:	Ergebnisse der Repräsentativitätsanalyse der NO ₂ -Passivsammler-Messstellen in Frankfurt (Oder).	20

1 Einleitung

Die in der Atmosphäre vorkommenden Stickoxide sind sowohl natürlichen Ursprungs als auch durch menschlichen Einfluss verursacht. Der Großteil der anthropogenen Stickoxide stammt aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe, zum Beispiel aus Industrie und Verkehr. Bei dieser Verbrennung entsteht überwiegend Stickstoffmonoxid, welches in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxid (NO₂) umgewandelt wird. Zusammen mit anderen flüchtigen organischen Verbindungen können aber auch andere Stickstoffverbindungen entstehen, wie zum Beispiel Salpetersäure und Ammoniak. Stickstoffdioxid kann die Atmungsorgane reizen oder gar schädigen und hat somit negative Effekte auf die Lungenfunktion. Salpetersäure kann zur Übersäuerung der Böden und Gewässer beitragen und Ammoniak kann empfindliche Ökosysteme stören. Die Immissionsbelastung mit Stickoxiden und Stickstoffdioxid ist daher Bestandteil umweltrechtlicher Regulierung in Europa und somit auch in Deutschland. Die gesetzlich geforderte Beurteilung der Immissionsbelastung erfolgt an ortsfesten Messstationen zur Überwachung der gesetzlichen Grenzwerte. Die Ortswahl der Messungen muss regelmäßig überprüft werden.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Profilmessung mit NO₂-Passivsammlern in Frankfurt (Oder) im Jahr 2021. Derartige Sondermesskampagnen führt das Landesamt für Umwelt (LfU) zur Validierung der bestehenden Messcontainer hinsichtlich der Einhaltung der Standortkriterien regelmäßig durch.

1.1 Hintergrund

Das LfU 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. Ziel der europäischen Vorgaben ist die Verbesserung der Luftqualität und Einhaltung bestimmter Standards zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Ökosysteme.

Im Osten Brandenburgs liegt die Grenzstadt Frankfurt (Oder). Mit etwa 57.000 Einwohnern ist sie die viertgrößte Stadt im Bundesland. In der Stadt werden seit 1994 Luftgütemessstellen zur Überwachung der Luftqualität betrieben. Repräsentativ für die städtische Hintergrundbelastung steht die Station Frankfurt (Oder) am Messort in der Straße Im Sande. Als Messstation im Bereich der höchsten Belastung in Frankfurt (Oder) wird die Messstation Frankfurt (Oder), Leipziger Straße betrieben. An beiden Messstellen werden die Grenzwerte für Stickstoffdioxid seit Jahren sicher eingehalten.

Damit Luftqualitätsdaten unterschiedlicher EU-Mitgliedsstaaten miteinander vergleichbar sind und eine konforme 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, um 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 Bereich 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.

1.2 Ziele der Messkampagne in Frankfurt (Oder)

Die Messkampagne mit NO₂-Passivsammlern in Frankfurt (Oder) wurde in Umsetzung der oben genannten Anforderungen der Luftqualitätsrichtlinie [2] durchgeführt. Dabei sollten Stickstoffdioxidkonzentrationen 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 in Potsdam (2016) [5], Brandenburg an der Havel (2018/2019) [6] sowie Neuruppin [7] und Pritzwalk [8] (beide 2020) erfolgreich eingesetzt wurde. Die Ergebnisse der Passivsammler sollten zudem mit den im Routinebetrieb ermittelten Jahresmittelkonzentrationen an den beiden Messcontainern in Frankfurt (Oder) vergleichbar sein. Teil der Strategie war es daher, durch eine doppelte Messung an den Messnetz-Containerstandorten statistisch verwertbare Vergleichsdaten von Passivsammlern mit den Referenzautomaten zu erheben. Auch wurde von Beginn an die Überdeckung mindestens eines Kalenderjahres mit Messwerten sowie die Erreichung eines adäquaten Datenqualitätsniveaus vorgesehen.

Anhand der Messkampagne in Frankfurt (Oder) wollen wir folgende grundsätzlichen Fragestellungen beantworten:

1. Entspricht die Messstelle in der Leipziger Straße weiterhin den gesetzlichen Kriterien für die Ortswahl, vereinfacht: Steht der Messcontainer (noch) im richtigen Bereich?
2. Wie sind die modellierten NO₂-Konzentrationen in Frankfurt (Oder) entlang der Leipziger Straße unter Berücksichtigung von qualitätsgesicherten Messwerten einzuordnen?
3. Wie ist die Repräsentativität der beiden Luftgütemessstationen in Frankfurt (Oder) bezogen auf Stickstoffdioxid einzuschätzen?

2 Standortbeschreibung

Die Messungen haben wir an zehn verschiedenen Standorten durchgeführt. Schwerpunkt der Messkampagne war die Leipziger Straße, die in mehreren Abschnitten mit mehr als 20.000 Kfz/24h die höchste Verkehrsbelegung im Beurteilungsgebiet Frankfurt (Oder) aufweist.

Sie führt von der Kopernikusstraße im Südwesten parallel zur Straßenbahntrasse in Richtung Zentrum. Ab der Kreuzung Heinrich-Hildebrand-Straße verläuft sie als B 87 vierstreifig in einem Bogen nach Norden. Auch dieser topographisch tiefer liegende innerstädtische Bereich ist größtenteils von geschlossener Blockrandbebauung geprägt (südlich der Eisenbahnunterführung). Im nördlich anschließenden Abschnitt bis zur Rosa-Luxemburg-Straße ist die Straße gegenüber der zurückgerückten Bebauung zum Teil zusätzlich eingeschnitten.

Weitere Messpunkte lagen in der Heilbronner Straße nahe des Stadtzentrums sowie in der Rosa-Luxemburg-Straße, die als B 5 in Richtung Oderbrücke die Verkehrsverbindung ins polnische Słubice bildet. Weitere Details zeigen die Karte in Abbildung 1 und Tabelle 1.

Der Darstellung der Straßenabschnitte in der Karte liegt eine landesweite Modellierung für das Jahr 2018 zugrunde [9]. Die Klassierung haben wir hier bewusst derart vorgenommen, dass niedrige, mittelhohe und grenzwertrelevante Modellabschnitte separat gruppiert werden. In der farblichen Umsetzung weisen die grünen Straßenabschnitte einen NO_2 -Jahresmittelwert von bis zu $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Für die gelben Straßenabschnitte wurden über 25 bis $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. In den violetten Abschnitten wurde eine NO_2 -Belastung oberhalb von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel modelltechnisch ermittelt.

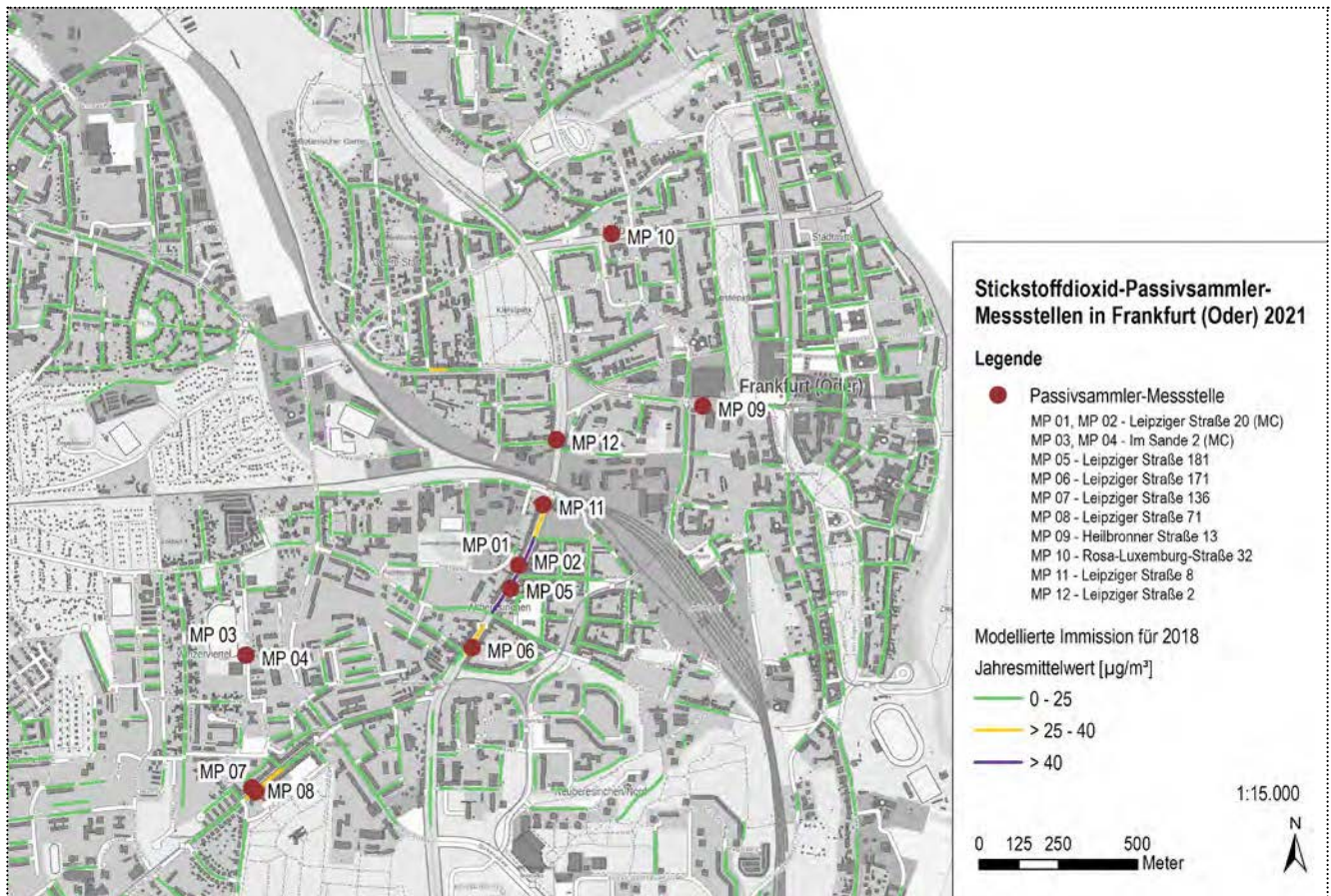


Abbildung 1: Karte der Messstellen der Messkampagne 2021 in Frankfurt (Oder) inklusive modellierter NO_2 -Belastung (2018) in den Straßenabschnitten

Tabelle 1: Standortdokumentation der Messkampagne in Frankfurt (Oder)

Bezeichnung Messpunkt	Lage	Installation	Messhöhe über Grund	Abstand zur Straße	Zeitraum	Geografische Koordinaten		Bemerkung
						Länge in °	Breite in °	
MP 01 MC Verkehr	Leipziger Straße 20	Probenahme des Messcontainers	2,7 m	1,0 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°32'18,78"	52°20'14,22"	verkehrsbezogen
MP 02 MC Verkehr	Leipziger Straße 20	Probenahme des Messcontainers	2,7 m	1,0 m	09.12.2020 – 07.01.2022	14°32'18,78"	52°20'14,22"	verkehrsbezogen, parallele Messung
MP 03 MC Frankfurt (Oder)	Im Sande 2	Geländer des Messcontainers	3,0 m	> 25 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°31'33,39"	52°20'04,84"	städtischer Hintergrund
MP 04 MC Frankfurt (Oder)	Im Sande 2	Geländer des Messcontainers	3,0 m	> 25 m	09.12.2020 – 07.01.2022	14°31'33,39"	52°20'04,84"	städtischer Hintergrund, parallele Messung
MP 05 Leipziger Straße 181	Leipziger Straße 181	Laterne	2,5 m	1,0 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°32'17,49"	52°20'11,85"	verkehrsbezogen
MP 06 Leipziger Straße 171	Leipziger Straße 171	Laterne	2,5 m	1,0 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°32'11,10"	52°20'05,77"	verkehrsbezogen
MP 07 Leipziger Straße 136	Leipziger Straße 136	Laterne	2,5 m	1,0 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°31'35,18"	52°19'50,90"	verkehrsbezogen
MP 08 Leipziger Straße 71	Leipziger Straße 71	Laterne	2,5 m	10,0 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°31'34,50"	52°19'51,32"	verkehrsbezogen
MP 09 Heilbronner Straße	Heilbronner Straße 13	Laterne/Schild	2,3 m	0,6 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°32'49,37"	52°20'30,61"	verkehrsbezogen
MP 10 Rosa-Luxemburg-Straße	Rosa-Luxemburg-Straße 3 – 32	Laterne	2,5 m	0,6 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°32'33,94"	52°20'48,16"	verkehrsbezogen
MP 11 Leipziger Straße 8	Leipziger Straße 8	Laterne	2,5 m	0,6 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°32'22,84"	52°20'20,45"	verkehrsbezogen
MP 12 Leipziger Straße 2	Leipziger Straße 2	Laterne	2,5 m	1,0 m	15.12.2020 – 11.01.2022	14°32'24,94"	52°20'27,09"	verkehrsbezogen

2.1 MP 01 und MP 02 am Messcontainer in der Leipziger Straße

Auf Höhe der Hausnummer 20 in der Leipziger Straße steht die verkehrsbezogene Messstelle DEBB045 des Luftgütemessnetzes Brandenburgs (Abbildung 2). Das Messhäuschen für die Passivsammler wurde am Dachgeländer des Containers befestigt. Zur Erhöhung der Anzahl an Vergleichsdatensätzen (Passivsammler zu Messautomat) haben wir zwei Messreihen mit zweiwöchigem Versatz zueinander betrieben. Mit der Vergleichsmessung wird die Verfahrenvalidierung der Passivsammler im verkehrsnahen Immissionsniveau des Landes Brandenburg fortgeschrieben. Die doppelte Anzahl an Probenröhrchen passt in ein gemeinsames Messhäuschen, wir haben rein aus administrativen Gründen verschiedene Messpunktbezeichnungen zugewiesen. Wie in Tabelle 1 gelistet befanden sie sich in 2,7 m Höhe und ca. 1 m von der Straße entfernt. Die Leipziger Straße ist in dem Bereich des Messcontainers vierstreifig, wobei sie in Richtung Süden bergauf führt. An diesem Standort werden seit 1995 kontinuierlich NO₂-Messdaten mit Referenzverfahren (Automatenmessung) bestimmt.

2.2 MP 03 und MP 04 am Messcontainer im städtischen Hintergrund

Die städtische Hintergrundmessstelle (DEBB092) des Luftgütemessnetzes befindet sich seit 2014 in der Straße Im Sande (Abbildung 3). Seit 1994 wechselte der Standort für den städtischen Hintergrund mehrfach, um den Repräsentativitätsanforderungen bestmöglich zu genügen. Als Vergleichsstandort Passivsammler/Automat diente der Messpunkt ebenfalls der Verfahrenvalidierung der Passivsammler, allerdings im niedrigeren Konzentrationsniveau des städtischen Hintergrunds.

Der Standort liegt topographisch höher als alle verkehrsbezogenen Messpunkte im Profil. Die Umgebung ist durch ein kleinräumiges Auf und Ab gekennzeichnet.

Die Messpunkte MP 03 und MP 04 wurden im gleichen Messhäuschen am Sicherheitsgeländer des Messcontainerdachs bestückt. Installationshöhe war etwa 3 m und der Messpunkt liegt als Hintergrundmessung deutlich mehr als 10 m von einer stark befahrenen Straße entfernt.



Abbildung 2: Messstellen für MP 01 und MP 02 am verkehrsbezogenen Messcontainer in der Leipziger Straße

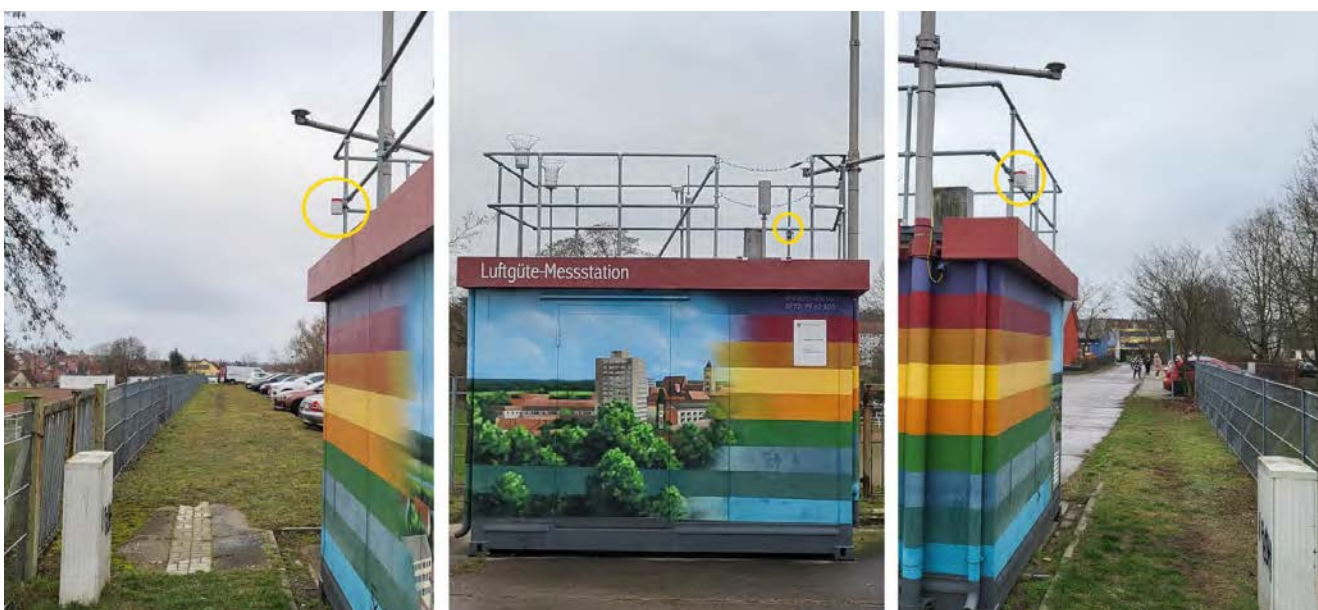


Abbildung 3: Messstellen MP 03 und MP 04 am Messcontainer Im Sande

2.3 MP 05 Leipziger Straße 181

MP 05 befand sich in Höhe der Hausnummer 181 auf der gegenüberliegenden Straßenseite des Messcontainers mit den Messpunkten MP 01 und MP 02 (Abbildung 4). Das Messhaus wurde in einer Höhe von 2,5 m an einer Straßenlaterne befestigt, welche ca. 1 m von der Straße entfernt steht. Dieser Abschnitt der Ostseite der Straße wird von Straßenbäumen gesäumt, die Fahrtrichtungs-spuren zur Bahnunterführung hin verlieren an Höhe.



Abbildung 4: Messstelle MP 05 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 181

2.4 MP 06 Leipziger Straße 171

Eine weitere Messstelle in der Leipziger Straße wurde in Höhe der Hausnummer 171 installiert (Abbildung 5). Ebenfalls wurde das Messhaus an einer Straßenlaterne, in einer Höhe von 2,5 m, befestigt. Der Abstand von der Straße betrug ca. 1 m. Im Bereich der Messstelle ist die Leipziger Straße leicht abfallend. Das Messhaus hing auf der Seite der beiden stadteinwärtigen Spuren.



Abbildung 5: Messstelle MP 06 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 171

2.5 MP 07 Leipziger Straße 136

Die vierte Messstelle in der Leipziger Straße befindet sich in der Höhe der Hausnummer 136 (Abbildung 6). Der Messpunkt MP 07 wurde an einer Straßenlaterne in einer Höhe von 2,5 m befestigt und befindet sich ca. 1 m von der Straße entfernt. Die Straße steigt hier weiterhin leicht nach Südwesten an und besitzt je einen Fahrtrichtungstreifen. Parallel zur Straße verläuft eine Straßenbahntrasse.



Abbildung 6: Messstelle MP 07 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 136

2.6 MP 08 Leipziger Straße 71

Der Messpunkt MP 08 befand sich auf der gegenüberliegenden Straßenseite von MP 07, auf Höhe der Hausnummer 71 (Abbildung 7). Aufgrund der dazwischen verlaufenden Straßenbahntrasse lag der Messpunkt rund 10 m von der Straße entfernt. Auch hier wurde das Messhaus in einer Höhe von 2,5 m an einer Laterne befestigt.



Abbildung 7: Messstelle MP 08 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 71

2.7 MP 09 Heilbronner Straße

Der Messpunkt 09 wurde abseits der Leipziger Straße installiert (Abbildung 8). Er befand sich in der Heilbronner Straße in Bereich der Hausnummer 13. Dieser Messpunkt wurde an einer Straßenlaterne auf Höhe eines Tempo-30-Schildes befestigt. Das Messhaus war etwa 0,6 m von der Straße entfernt und wurde in einer Höhe von 2,3 m installiert. Die Straße in diesem Bereich ist leicht abschüssig nach Osten und vierstreifig befahren. Zusätzlich sind im mittleren Straßenbereich die Straßenbahngleise eingebettet, die Haltestelle Zentrum ist nur wenige Meter entfernt. Zahlreiche Einzelhandels- und Versorgungsmöglichkeiten im Umfeld erhöhen den Individualverkehr.



Abbildung 8: Messstelle MP 09 in der Heilbronner Straße in Höhe der Hausnummer 13

2.8 MP 10 Rosa-Luxemburg-Straße

Der Messpunkt 10 befand sich in der Rosa-Luxemburg-Straße vor den Hausnummern 30/32 (Abbildung 9). Auch hier wurde ein Laternenpfahl für die Befestigung genutzt. Das Messhaus hing in einer Höhe von 2,5 m und ca. 0,6 m von der Straße entfernt. Die Straße ist in diesem Bereich vierstreifig und führt nach Osten herunter Richtung Oderbrücke. Der Bebauungsabstand zur Straße ist heterogen, am Messpunkt selbst stehen die Gebäude direkt am Blockrand. Gegenüber befindet sich, durch eine Grünfläche von der Straße getrennt, das Karl-Liebknecht-Gymnasium.



Abbildung 9: Messstelle MP 10 in der Rosa-Luxemburg-Straße in Höhe der Hausnummer 30–32

2.9 MP 11 Leipziger Straße 8

Der Messpunkt 11 wurde in der Leipziger Straße direkt südlich nach der Bahnunterführung an einer Laterne vor der Hausnummer 8 installiert (Abbildung 10). Die Entfernung zur Straße war ca. 0,6 m, die Messhöhe 2,5 m. Die Straße steigt in diesem Bereich leicht nach Süden an und ist, inklusive einer langen Abbiegespur, fünfstreifig.



Abbildung 10: Messstelle MP 11 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 8

2.10 MP 12 Leipziger Straße 2

Der Messpunkt 12 befand sich ebenfalls in der Leipziger Straße (Abbildung 11). Die Messstelle wurde vor der Hausnummer 2 an einem Laternenpfahl, in der Höhe von 2,5 m und ca. 1 m von der Straße entfernt, befestigt. Die Messstelle befand sich direkt an der Einmündung der Winsestraße und ganz in der Nähe des Kreuzungstriangels Leipziger/Heilbronner/Ernst-Thälmann-Straße. In diesem Abschnitt ist die Leipziger Straße vierstreifig und die Straße ist leicht abschüssig in Richtung Bahnunterführung im Süden.



Abbildung 11: Messstelle MP 12 in der Leipziger Straße in Höhe der Hausnummer 2

3 Methodik

In diesem Abschnitt werden die angewendeten Methoden genauer beschrieben. Hierzu zählen die Systematik der Probenahme und die Laboranalyse der Passivsammler, die Datenaufbereitung und die Repräsentativitätsanalyse.

3.1 Probenahme mit Passivsammlern und anschließende Laboranalyse

Eine gegenüber dem Aufbau von Messcontainern kostengünstige Variante ist der Einsatz sogenannter Passivsammler. Die Wahl fiel dabei auf das Schweizer Labor für Umwelanalytik Passam AG, deren Sammlerröhrchen in der Vergangenheit bereits erfolgreich im Luftgütemessnetz Brandenburg und in anderen Ländermessnetzen eingesetzt wurden. Passam ist nach ISO/IEC 17025 akkreditiert. Das heißt: Eine kompetente Arbeitsweise und die Erzeugung valider Ergebnisse wird von einer offiziellen Akkreditierungsstelle bestätigt [10]. Darüber hinaus konnte auch das nordrhein-westfälische Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz (LANUV), welches wie das Umweltbundesamt (UBA) als Deutsches Nationales Referenzlabor für die Beurteilung der Luftqualität benannt ist, die Gleichwertigkeit der Analysewerte mit dem Referenzverfahren wiederholt belegen [11], [12], [13]. 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 Triethanolamin verwendet. Die nach unten geöffneten Kunststoffröhrchen werden für eine definierte Zeit (hier: etwa 28 Tage) der Umgebungskonzentration exponiert. Die Menge des dabei aufgenommenen Stickstoffdioxids ist direkt proportional zur mittleren Konzentration am Probenahmeort über ebendiesen Zeitraum. Im Labor wird aus jedem Röhrchen die Gesamtmenge NO_2 extrahiert und die entsprechende Konzentration kolorimetrisch bei 540 Nanometern (Saltzmann-Reaktion) bestimmt [14].

Zum Schutz vor Witterungseinflüssen wurden die ausgebrachten Sammler in einer speziellen Aufhängung untergebracht und zur Vermeidung von Vandalismus oberhalb des direkten Zugriffsbereichs von Personen 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. Die Probenahmeorte entsprechen weitgehend den an ortsfeste Messungen gestellten Anforderungen in der Luftqualitätsrichtlinie [3]. Hierzu gehören unter anderem die Daten in Tabelle 1, wie zum Beispiel Abstände zu Straßen, Kreuzungen und Hauswänden sowie die Messhöhe. Ein Messhäuschen nimmt bis zu sechs Passivsammler gleichzeitig zur Beprobung auf. Wir haben im Normalfall zwei Passivsammler pro Probenschutzbehälter ausgebracht (Doppelproben). An Messpunkten mit Vergleichsmessung zum Referenzverfahren (Messautomat im regulären Messcontainer) haben wir hingegen vier Röhrchen eingehängt (zwei Doppelproben), also zwei Messreihen betrieben. Die Reihen wurden dabei um sieben Tage zeitversetzt bestückt und auch deshalb als jeweils separater Messpunkt geführt. Zum Beispiel wurde die Messreihe MP 01 vom 15.12.2020 bis zum 11.01.2022 und die Parallelreihe MP 02 wurde vom 09.12.2020 bis zum 05.01.2022 betrieben.

Die Sammler selbst wurden mit einer zusätzlichen Glasfrittemembran ausgestattet (Abbildung 12, rechts), die nach Erfahrungen des LANUV effektiv den Windeinfluss, insbesondere bei starken Turbulenzen in Straßenschluchten minimiert. Die Membranen wurden bei jedem Probentausch gewechselt, um vor der nächsten Verwendung im Ultraschallbad gereinigt zu werden.

3.2 Datenaufbereitung

Aus den Laboranalysen lagen für alle Probenahmezeiträume die korrespondierenden NO_2 -Konzentrationen zu jedem Einzelröhrchen vor. Die Werte der Doppelbeprobung wurden zu einem Wert gemittelt. Im Falle eines Ausfalls eines Einzelröhrchens wurde allein der verbleibende Wert der zweiten Probe weiterverarbeitet.

Für den Vergleich mit der kontinuierlichen Messung wurde jedem Halbstundenwert (Ergebnis der Messautomaten) im Projektzeitraum der Konzentrationswert des korrespondierenden Passivröhrchens zugeordnet. Im Ergebnis können die mit den Messcontainern routinemäßig erfassten und die passiv bestimmten Konzentrationen gleichartig ausgewertet werden. Mittelwerte und Datenverfügbarkeiten für beliebige



Abbildung 12: Von links nach rechts: Aufnahme eines Proben-Schutzbehälters, eines NO_2 -Passivsammlers der Firma Passam und Nahaufnahme der zugehörigen Glasfritte

Zeiträume – zum Beispiel Monate, Jahre oder gleitende Jahre – sind so auch bei den Passivsammlern flexibel zu berechnen. Die Datenreihen der sogenannten Parallelmessungen an den Containerstandorten dienen der Erhöhung (Verdopplung) der Datenbasis für den Vergleich und die statistische Auswertung der Passivsammlerdaten gegenüber denen des Referenzmessverfahrens an der Routinemessstelle.

Im Gegensatz zur ersten Brandenburger Auswertung der NO₂-Passivsammler-Messungen in Potsdam im Jahr 2016 wurde in Frankfurt (Oder) – wie bereits in den letzten Berichten – auf eine zusätzliche Kalibrierung auf das Referenzverfahren verzichtet. Analysen des nordrhein-westfälischen Landesamts für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz (LANUV) konnten belegen, dass zwischen den Rohergebnissen der Passivsammler (den originalen Laborergebnissen) und den Messungen des Referenzverfahrens Gleichwertigkeit besteht und bereits diese Ergebnisse die Qualitätsanforderungen für ortsfeste Messungen entsprechend der EU-Luftqualitätsrichtlinie erfüllen [12], [13].

3.3 Repräsentativitätsanalyse

Die Untersuchung der räumlichen Repräsentativität der bestehenden Messcontainer-Messstellen kann objektiv nicht mittels Aufstellung zahlreicher weiterer Container an den identifizierten Untersuchungsstellen realisiert werden. Deshalb ziehen wir hilfsweise die vorliegend vorgestellten Profilmessungen mittels Passivsammlern zu Rate. Die ermittelten Daten werden dann mit statistischen Methoden ausgewertet.

Als Datengrundlage für die Repräsentativitätsanalyse dienen zunächst die real kalendarischen Monatsmittelwerte aus den

passiven Messungen über den gesamten Probenahmezeitraum. Diese Werte wurden auf Basis der (künstlichen, siehe 3.2) Halbstundenmittelwerte berechnet. Es wurden ausschließlich Monatsmittelwerte verwendet, deren Verfügbarkeit mindestens 90 Prozent beträgt.

Der Auswertung selbst liegt folgende Überlegung zugrunde: Wenn zwischen zwei Datenkollektiven kein signifikanter statistischer Unterschied nachgewiesen werden kann, dann liegt den Daten dieselbe Grundgesamtheit, hier im Sinne von identischen Immissionsbedingungen, zugrunde. Wenn das der Fall ist, so wären beide Messpunkte gegenseitig repräsentativ anzusehen. Oder anders ausgedrückt, nach der Untersuchung mehrerer Punkte im Vergleich zu einem Referenzmesspunkt (am Messcontainer): Der Referenzmesspunkt repräsentiert die Immissionsverhältnisse für alle diejenigen Untersuchungspunkte, deren Ergebnisdaten sich mit den verwendeten Methoden nicht signifikant von denen am Referenzpunkt unterscheiden lassen.

Das Untersuchungsergebnis anhand der Passivsammler gilt dann auch für die Messung im bestehenden Messcontainer.

Zur Untersuchung der statistischen Ähnlichkeit bietet sich ein t-Test an. Er erfordert einen vorgelagerten, erfolgreichen F-Test.

Die Durchführung von t-Test und F-Test wurde ausführlich im Fachbericht zu NO₂-Profilmessungen in Brandenburg an der Havel [6] beschrieben. Hier verzichten wir daher auf eine erneute ausführliche Beschreibung und die detaillierte Auflistung der berechneten statistischen Kennwerte.

4 Ergebnisse

Im Verlauf der NO₂-Passivsammler-Messungen in Frankfurt (Oder) wurden an 10 Messpunkten 12 Messreihen erzeugt, wobei insgesamt 336 Passivsammler-Röhrchen eingesetzt und vom Labor analysiert wurden. Die Doppelproben ergaben 168 Vierwochenmittelwerte für die weitere Auswertung.

4.1 NO₂-Konzentrationen

Abbildung 13 zeigt die Konzentrationsverläufe der rechnerischen Monatsmittelwerte über das Jahr 2021 für alle Messpunkte. Auffällig sind zunächst die unterschiedlichen Belastungsniveaus, wenngleich alle Verläufe einem ähnlichen Jahresmuster folgen. Die beiden Messpunkte MP 03 und MP 04 im städtischen Hintergrund erreichten im Laufe des gesamten Zeitraumes Einzelwerte von etwa 5 µg/m³ bis 12 µg/m³. Der niedrigste Monatswert (4,9 µg/m³) aller Messpunkte trat im April hier auf. Die Monatsmittelwerte der verkehrsgeprägten Messpunkte lagen im Bereich von 10 µg/m³ bis 35 µg/m³, wobei die beiden Messreihen am Messcontainer Leipziger Straße deutlich abgesetzt das höchste

Immissionslevel zeigen. Der höchste Monatsmittelwert der Kampagne von 34,6 µg/m³ trat im August an dieser Stelle auf.

An den anderen Messpunkten entlang der Leipziger Straße, MP 05 bis MP 08 sowie MP 11 und MP 12, lag die NO₂-Belastung in einem mittleren Konzentrationsbereich mit Monatsmitteln zwischen 10 und 24 µg/m³. An den zwei Messpunkten in der Heilbronner Straße und der Rosa-Luxemburg-Straße wurden NO₂-Konzentrationen zwischen 12 und 32 µg/m³ ermittelt.

Der genannte typische Jahresgang mit den höchsten Konzentrationen in den Wintermonaten und einem Rückgang bei zunehmender Außentemperatur wird von einzelnen Wertespitzen überprägt: An MP 10 weichen die Monate Juni bis September klar vom üblichen Niveau ab. Hier rangieren die Konzentrationen zeitweise auf dem höchsten Level des Messcontainerstandorts. MP 12 zeigt lediglich in den beiden Monaten Juni und September einen erhöhten Wert.

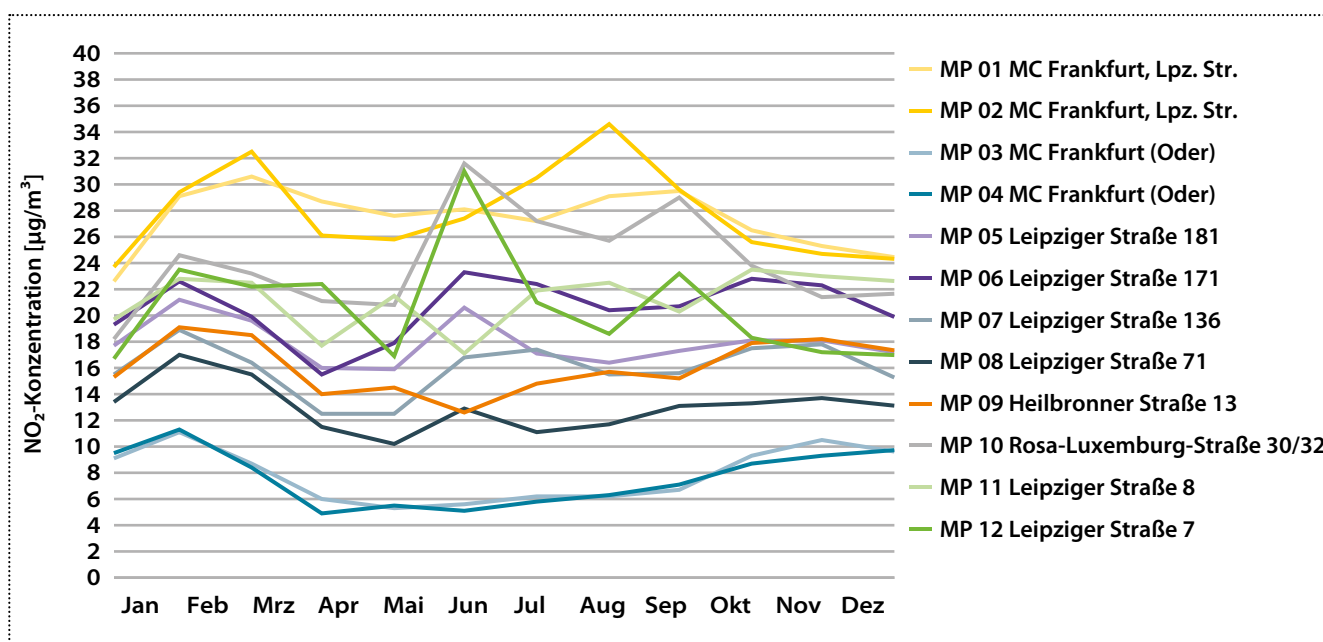


Abbildung 13: Berechnete Monatsmittelwerte der NO₂-Passivsammler der Messkampagne in Frankfurt (Oder) im Jahr 2021 (MC=Messcontainer)

In Abbildung 14 sind die ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte der Messstellen im direkten Vergleich aufgetragen. MP 01 und MP 02 weisen die höchsten Jahresmittelwerte mit 27,4 µg/m³ beziehungsweise 27,8 µg/m³ auf. Die Messstellen MP 03 und MP 04 weisen mit 7,8 µg/m³ und 7,6 µg/m³ die niedrigsten NO₂-Jahresmittelwerte auf. Dies war aufgrund ihres Hintergrundcharakters auch so zu erwarten. Die geringen Differenzbeträge von 0,4 µg/m³ zwischen den Parallelreihen MP 01/MP 02 sowie 0,2 µg/m³ bei MP 03/MP 04 spiegeln die insgesamt niedrige Unsicherheit im

Gesamtverfahren wider. Zur Einordnung: Hier wurden im Prinzip mit einfacher Technik zeitversetzt zwei Jahreswerte gemessen, die beinahe identisch sind.

An den weiteren Messpunkten der Leipziger Straße wurden NO₂-Jahresmittelwerte zwischen 16,0 und 20,6 µg/m³ ermittelt. In der Heilbronner Straße (MP 09) wurde ein Jahresmittelwert von 16,1 µg/m³ berechnet. In der Rosa-Luxemburg-Straße (MP 10) waren im Jahresschnitt 24,0 µg/m³ zu verzeichnen.

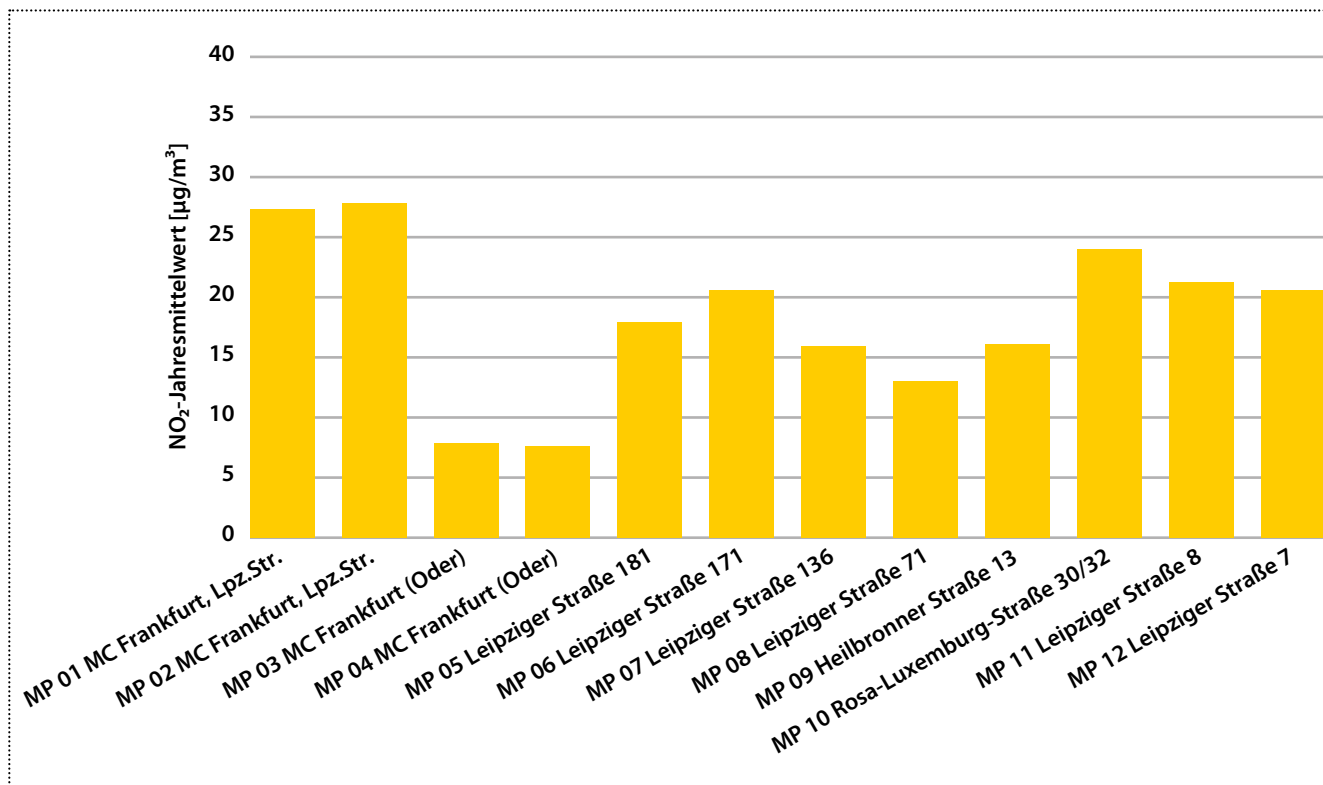


Abbildung 14: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte der Messkampagne mit Passivsammlern in Frankfurt (Oder) im Jahr 2021

4.2 Repräsentativitätsanalyse

Die im Kapitel 3.3 beschriebene Repräsentativitätsanalyse wurde für die Datenkollektive aller Monatsmittelwerte der NO₂-Passivsammler von Januar 2021 bis Dezember 2021 durchgeführt. Die Ergebnisse der F- und t-Tests sind in Tabelle 2 dargestellt. Als verkehrsbezogene Referenzmessstelle dient die Messstelle MP 01.

Die Vorprüfung der Daten von MP 10 und MP 12 mit dem F-Test ist nicht erfolgreich. Eine weitere Analyse im t-Test ist daher nicht zulässig. Alle weiteren Messstationen zeigen keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Varianzen und können im t-Test berücksichtigt werden.

Anhand der Ergebnisse des t-Tests wird deutlich, dass die Messstellen MP 01 und MP 02 keine signifikanten Unterschiede untereinander aufweisen. Die Messstellen MP 03 und MP 04, welche den städtischen Hintergrund repräsentieren, zeigen die deutlichsten Unterschiede zur Bezugsmessstelle MP 01. Der statistische Test stützt die logische Annahme, dass der Messpunkt MP 01 nicht repräsentativ für Orte abseits des Straßenverkehrs (der Leipziger Straße) stehen kann. Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, zeigen alle anderen Stationen signifikante Unterschiede zu den Monatsmittelwerten des Bezugsmesspunkts. Aufgrund dieser Analyse kann gezeigt werden, dass kein weiterer Messpunkt repräsentativ für den bereits vorhandenen Messcontainer in der Leipziger Straße ist.

Tabelle 2: Ergebnisse der Repräsentativitätsanalyse der NO₂-Passivsammler-Messstellen in Frankfurt (Oder)

Name	Lage			F-Test			t-Test				
		Mittelwert	Varianz	Prüfgröße	kritischer F-Wert	kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianzen	Prüfgröße	kritischer t-Wert ($\alpha = 0,05$)	kritischer t-Wert ($\alpha = 0,01$)	kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten	wahrscheinlicher Unterschied zwischen den Mittelwerten
		\bar{x}	s	F	F*		τ	τ_{95}	τ_{99}		
MP 01	MP 01 MC Frankfurt, Lpz. Str.	27,4	5,4	1,000	2,690	Ja	0,000	2,074	2,819	Ja	Nein
MP 02	MP 02 MC Frankfurt, Lpz. Str.	27,8	12,0	2,201	2,690	Ja	0,371	2,074	2,819	Ja	Nein
MP 03	MP 03 MC Frankfurt (Oder)	7,9	4,3	1,268	2,690	Ja	21,694	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 04	MP 04 MC Frankfurt (Oder)	7,6	4,5	1,207	2,690	Ja	21,707	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 05	MP 05 Leipziger Straße 181	17,9	2,9	1,851	2,690	Ja	11,316	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 06	MP 06 Leipziger Straße 171	20,6	5,4	1,010	2,690	Ja	7,167	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 07	MP 07 Leipziger Straße 136	16,0	3,8	1,413	2,690	Ja	12,958	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 08	MP 08 Leipziger Straße 71	13,0	3,5	1,564	2,690	Ja	16,645	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 09	MP 09 Heilbronner Straße 13	16,1	4,2	1,301	2,690	Ja	12,613	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 10	MP 10 Rosa-Luxemburg-Straße 30/32	24,0	14,8	2,712	2,690	Nein					
MP 11	MP 11 Leipziger Straße 8	21,3	4,4	1,225	2,690	Ja	6,743	2,074	2,819	Nein	Nein
MP 12	MP 12 Leipziger Straße 7	20,7	17,4	3,192	2,690	Nein					

5 Auswertung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der NO₂-Profilmessung weitergehend besprochen und eingeordnet.

5.1 Vergleich von Ergebnissen der Passivsammler und Modellprognosen

Wie bereits beschrieben beruht die Standortauswahl auf der Grundlage der 2018 modellierten NO₂-Jahreswerte eines Immissionsmodells (Screening). Mit Hilfe dieser Daten wurden die Standorte mit den potentiell höchsten NO₂-Belastungen ausgewählt. Es gibt stets Bereiche, in denen aus einem Screening technisch bedingt kein Straßenabschnitt hervorgeht, dort also auch keine Immission modelliert wird. Wenn in der vorliegenden Untersuchung an derartigen Stellen ein hohes Verkehrsaufkommen auftritt, waren diese trotzdem von Interesse für uns. Hilfsweise haben wir dann Immissionswerte aus den nächst benachbarten Modellimmissionen abgeleitet. Eine Gegenüberstellung der Jahresmittelwerte aus der Modellierung für das Jahr 2018 mit den Ergebnissen der Passivsammler für das Jahr 2021 erfolgt in Abbildung 15.

Laut den Modelldaten liegt der Ort der höchsten Belastung am Messpunkt 05 mit 45,2 µg/m³. An diesem Messpunkt ergaben die Passivsammler einen NO₂-Jahresmittelwert von 17,9 µg/m³. Die Differenz zwischen modelliertem Jahresmittelwert und Ergebnis der Passivsammler ist dort am höchsten. An den Messpunkten 01 und 02 auf der gegenüberliegenden Straßenseite am verkehrsnahen Messcontainer wurde ein NO₂-Jahresmittelwert von 44,4 µg/m³ modelliert. Der gemessene Jahresmittelwert der Passivsammler betrug hingegen 27,4 µg/m³ beziehungsweise 27,8 µg/m³ in der Parallelmessung. Dies liegt deutlich über dem

Ergebnis an Messpunkt 05. Der Vergleich, Modell versus Passivsammler, zeigt am Container eine Differenz von etwa 17 µg/m³.

Die Messpunkte 06, 07, 08 und 11 wiesen modellierte Werte zwischen 27,2 und 37,9 µg/m³ auf. Auch hier liegen die tatsächlich ermittelten NO₂-Konzentrationen durchweg über 10 µg/m³ unter den modellierten Werten. An den Messpunkten 09, 10 und 12 waren keine modellierten Daten vorhanden. Das aus der näheren Umgebung abgeschätzte Immissionsniveau wurde an diesen Stellen recht treffend von den Passivsammler-Ergebnissen bestätigt (siehe Abbildung 15).

Wie bereits erwähnt wurden die Passivsammler an den Messpunkten 03 und 04 zur Verfahrenvalidierung installiert. Mit einem Jahresmittelwert von 7,8 µg/m³ und 7,6 µg/m³ verzeichnen diese beiden Messpunkte die niedrigste NO₂-Konzentration. Auch die Modellimmission aus dem Raster für den urbanen Hintergrund ist mit 12,4 µg/m³ die niedrigste dieser Untersuchung.

Insgesamt wird deutlich, dass die Unterschiede der Screening-Immissionen zu den ermittelten Werten aus den Passivsammlern sehr hoch sind. Diese Abweichung hat mehrere Ursachen und ist weder unerwartet noch ungewöhnlich. Zum einen gehen in die Modellierung zahlreiche Eingangsdaten, wie Verkehrsbelegung, Bebauung und Meteorologie, ein. Diese Faktoren sind nicht statisch, das heißt von der Modellrechnung bis zur aktuellen Messkampagne sind bereits Änderungen eingetreten. Zusätzlich können sie durch die Corona-Pandemie stärker als üblich beeinflusst worden sein. Die Lockdowns im Frühjahr und Herbst 2020 hatten laut zahlreicher Studien zu einer Reduzierung der Verkehrsbewegungen und damit verbunden zu Immissionsrückgängen

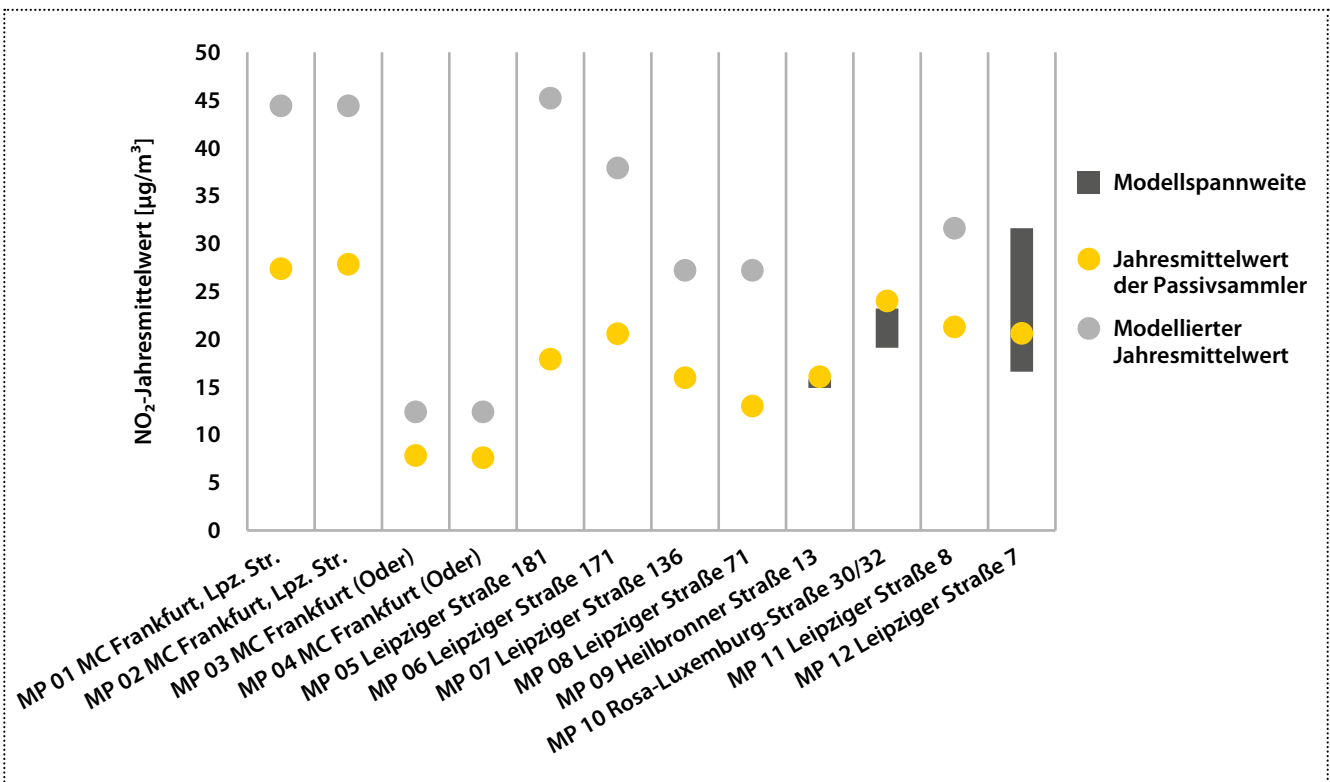


Abbildung 15: Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte mit den ermittelten Jahresmittelwerten der Passivsammler

geführt [15]. Die Pandemie veränderte Verkehrsflüsse auch in der Folgezeit, beispielsweise da die Arbeit im Homeoffice nun häufiger genutzt wird. Des Weiteren konnte der ADAC zeigen, dass das Fahrrad nun häufiger genutzt wird [16].

Zum anderen sind Screening-Modelle für die Prognose des potentiell ungünstigsten Falls (*worst case*, hier: die höchst mögliche Immissionsbelastung) konzipiert. Ob diese in der Realität mit all ihren lokalen Abweichungen von der Modellwelt tatsächlich auftritt, überprüfen wir durch unsere Messungen. Entscheidend für uns ist demnach eine richtige Prognose der höher und niedriger belasteten Areale, nicht der konkrete Immissionswert. Die Modellierungen sind für die Überprüfung der Containerstandorte somit unabdingbar, da sie uns erst die notwendigen Anhaltspunkte für die neuralgischen Bereiche in einer Stadt geben.

5.2 Gegenüberstellung der Messergebnisse und der Verkehrsbelegung

Für unsere Analyse haben wir von der Stadt Frankfurt (Oder) Daten zur Verkehrsbelegung in den von uns messtechnisch untersuchten Straßen erbeten. Der umfangreiche Datensatz wurde für eine Gegenüberstellung der mittleren Verkehrsbelegung mit den Passivsammlerergebnissen auf Jahresbasis aufbereitet (Abbildung 16). Diese zeigt anschaulich, dass NO_2 -Konzentrationen und Verkehrsstärken mehr oder weniger stark korrelieren. Die höchsten Immissionen wurden am Messcontainer in der Leipziger Straße festgestellt. Dieser Straßenabschnitt weist tatsächlich die höchste mittlere Verkehrsbelegung für den Messzeitraum auf. Der Messpunkt MP 05 liegt im gleichen Straßenabschnitt wie der Messcontainer, jedoch auf der gegenüberliegenden östlichen Straßenseite. Er weist einen deutlich niedrigeren Jahresmittelwert auf, obwohl ganz offensichtlich die gleiche Verkehrsbelegung vorliegt. Die Erkenntnis ist keineswegs neu, gilt aber ebenso in Frankfurt (Oder): Individuelle Vor-Ort- NO_2 -Belastungen entstehen im Zusammenspiel aus zahlreichen Einflüssen. Zu nennen sind hierbei neben den Fahrzeugemissionen eben auch die Geometrie der Bebauung, Abstand zum Fahrbahnrand, Anströmung und andere meteorologische Einflüsse.

5.3 Bewertung des Messcontainerstandortes Frankfurt (Oder), Leipziger Straße

Die Ergebnisse der NO_2 -Passivsammler bestätigen, dass der Messcontainer in der Leipziger Straße im Bereich der höchsten Belastung in Frankfurt (Oder) steht. Bei der Überprüfung des Messstandortes wurden weitere Straßenabschnitte mit potentiell hohen Belastungen sowohl entlang der Leipziger Straße, als auch in anderen verkehrsbelasteten Bereichen der Stadt untersucht. An allen Passivsammlermessstellen entlang der Leipziger Straße wurden niedrigere NO_2 -Jahresmittelwerte ermittelt als am Standort des Messcontainers. Die beiden Messpunkte abseits der Leipziger Straße zeigten ebenfalls geringere Belastungen.

Die statistische Analyse der Daten Containerstandorte versus Untersuchungsstandorte stützt den optischen Eindruck in der Grafik von signifikant abweichenden (höheren beziehungsweise niedrigeren) Immissionsniveaus an den anderen verkehrsbezogenen Passiv-Messpunkten. Bei zwei Messpunkten war wegen ihres zu stark von der Bezugsmessstelle abweichenden Immissionsmusters keine weitergehende Analyse erlaubt. Das heißt, die bestehende Messstelle repräsentiert zunächst diese beiden Bereiche nicht.

Alle anderen Datensätze wurden dem t-Test unterzogen, welcher die Mittelwerte von Vergleichsdaten und Referenz auf signifikante Unterscheidung hin prüft. Alle Untersuchungsstandorte wiesen signifikant vom Containerstandort unterschiedliche Mittelwerte auf. Nur die Daten von MP 02 waren statistisch nicht von MP 01 unterscheidbar – was nicht verwunderlich ist, handelt es sich doch um die Parallelmessung an ein und demselben Standort. Anders ausgedrückt: Es gibt keinen hochbelasteten Bereich mit vergleichbarem Immissionsmuster wie am Messcontainer in der Leipziger Straße.

Der Standort des Messcontainers in der Leipziger Straße Höhe Hausnummer 20 ist weiterhin als der entscheidende Hotspot in

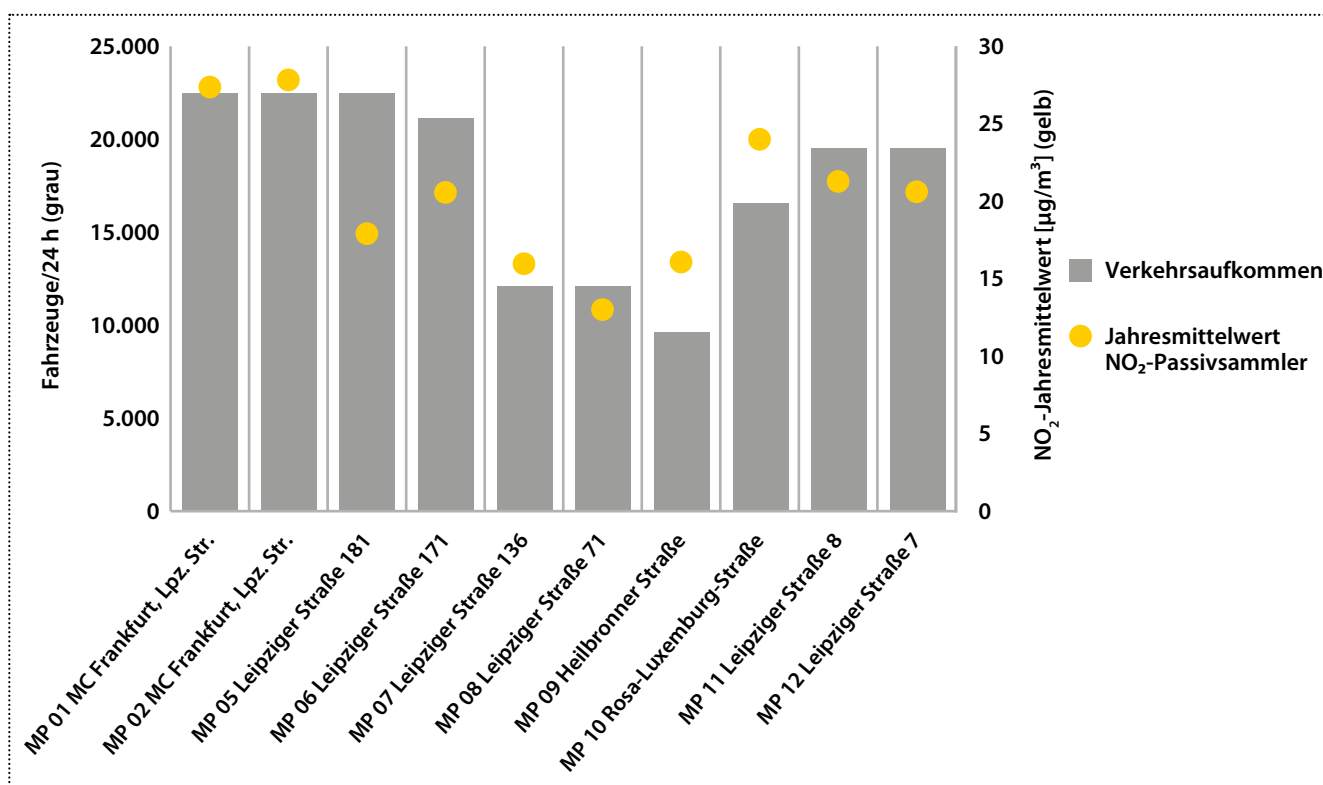


Abbildung 16: Gegenüberstellung der Verkehrsbelegung und den errechneten Jahresmittelwerten für die Messpunkte in Frankfurt (Oder) 2021

Frankfurt (Oder) einzustufen und entspricht weiterhin den Standortkriterien der EU-Luftqualitätsrichtlinie, Anhang III Abschnitt B zur großräumigen Ortsbestimmung der Probenahmestellen.

Der vorliegende Bericht liefert damit sowohl die für die EU-Luftqualitätsrichtlinie unter Abschnitt D des Anhangs III geforderte Dokumentation als auch die Überprüfung der Ortswahl des Messstandortes „Frankfurt (Oder), Leipziger Straße“.

5.4 Vergleich von Messergebnissen der Passivsammler und der Referenzmethode

Durch die direkte Messung an den Containern (Messreihen von MP 01 bis MP 04) konnte ein direkter Vergleich zwischen den Ergebnissen der NO₂-Passivsammler und den Messungen mit dem Referenzverfahren durchgeführt werden.

Für die Korrelation liegen dank Parallelreihen bei den Passivsammlern 2 × 14 Messzeiträume pro Standort vor, für die zunächst die zeitlich exakt korrespondierenden Mittelwerte aus der

automatischen Messung (Referenzverfahren) am Container berechnet wurden. Diese ermittelten Mittelwerte wurden den unveränderten Ergebnissen der Passivsammler gegenübergestellt.

Aus Abbildung 17 kann man die Korrelation der Ergebnisse beider Messverfahren an den Messpunkten 01 und 02 (Messcontainer Frankfurt (Oder), Leipziger Str.) entnehmen. Das Bestimmtheitsmaß R² von 0,6 deutet auf einen guten Zusammenhang zwischen den beiden Datensätzen hin.

In der Abbildung 18 wurden die Daten der Messpunkte 03 und 04 denen des Referenzmessgeräts in der Messstation Frankfurt (Oder) gegenübergestellt. Hier liegt das Bestimmtheitsmaß bei 0,9. Damit ist ein engerer Zusammenhang als in Verkehrsnähe zu verzeichnen.

Abbildung 19 vereint alle bisher im Land Brandenburg erhobenen NO₂-Vergleichsmessungen aus verschiedenen Messkampagnen. Erst in dieser Gesamtschau über einen weiteren Konzentrationsbereich wird deutlich, wie gut der lineare Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der NO₂-Passivsammler-Messungen und denen der Referenzmethode ist.

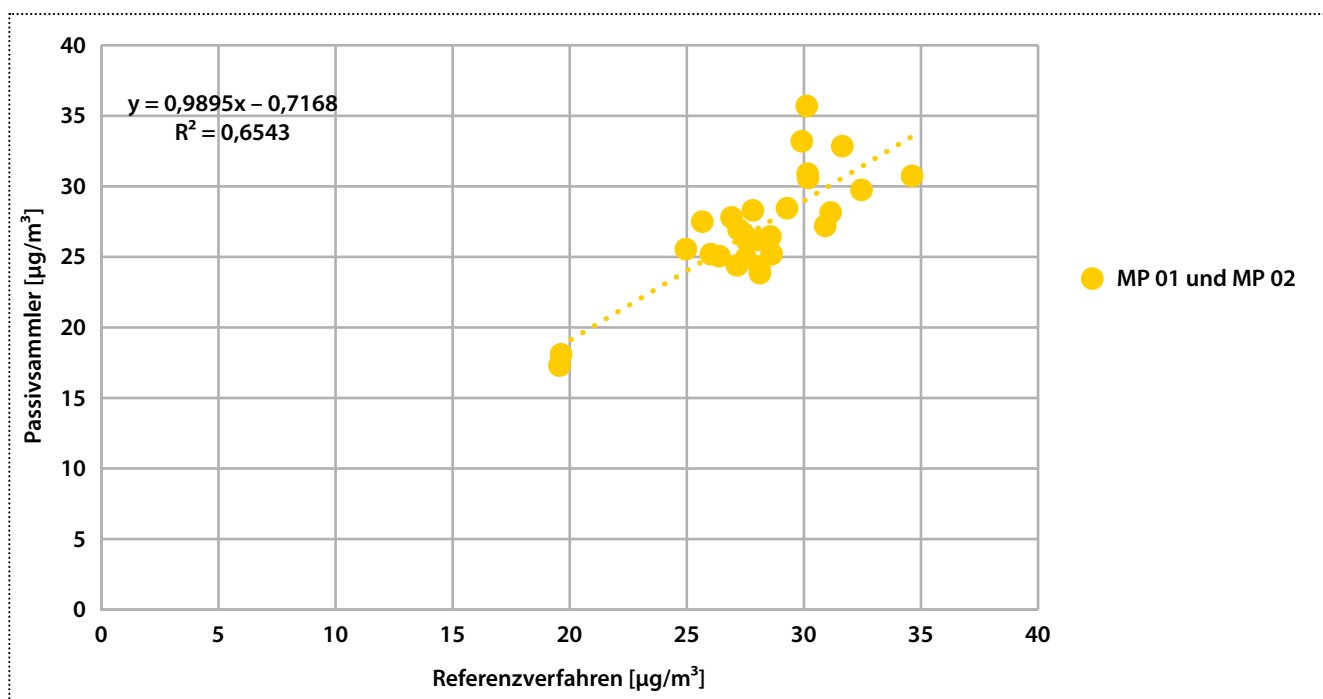


Abbildung 17: Gegenüberstellung der Passivsammler-Daten am Messcontainer Frankfurt (Oder), Leipziger Straße (Messpunkte 01 und 02) mit dem Messgerät im Referenzverfahren

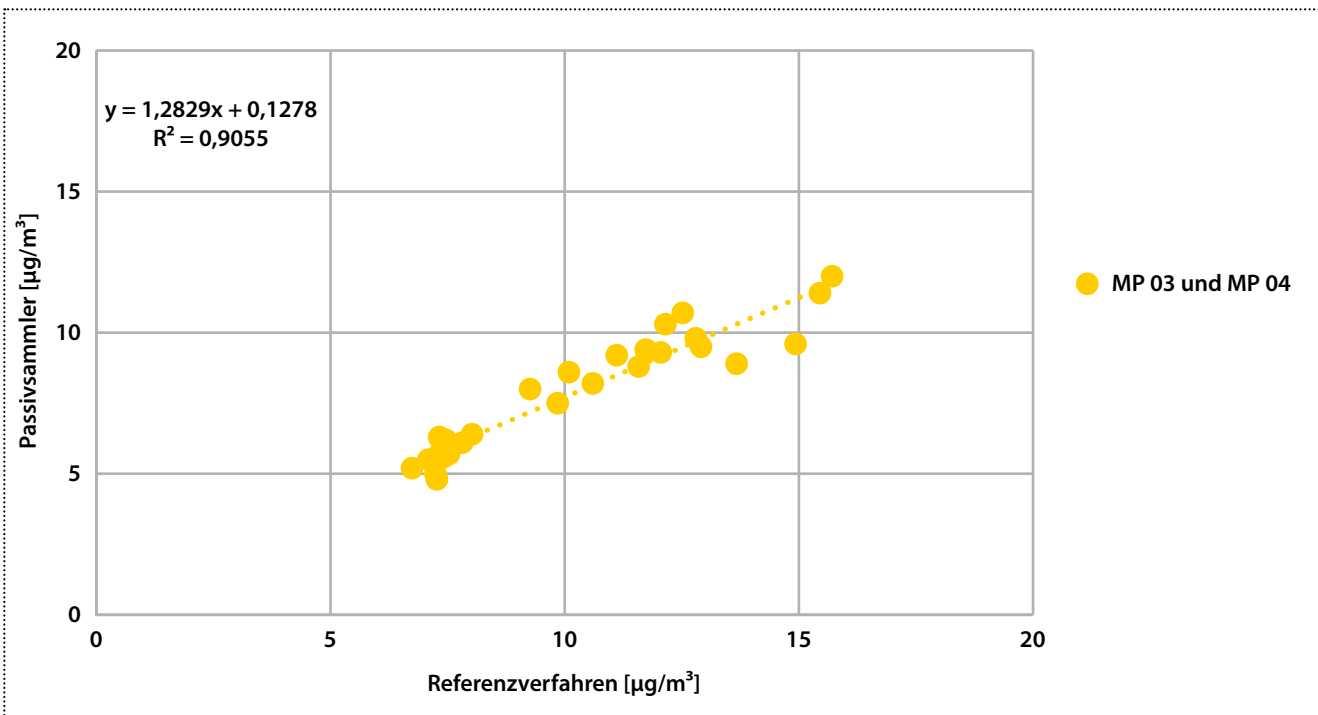


Abbildung 18: Gegenüberstellung der Passivsammler-Daten am Messcontainer Frankfurt (Oder) (Messpunkte 03 und 04) mit dem Messgerät im Referenzverfahren

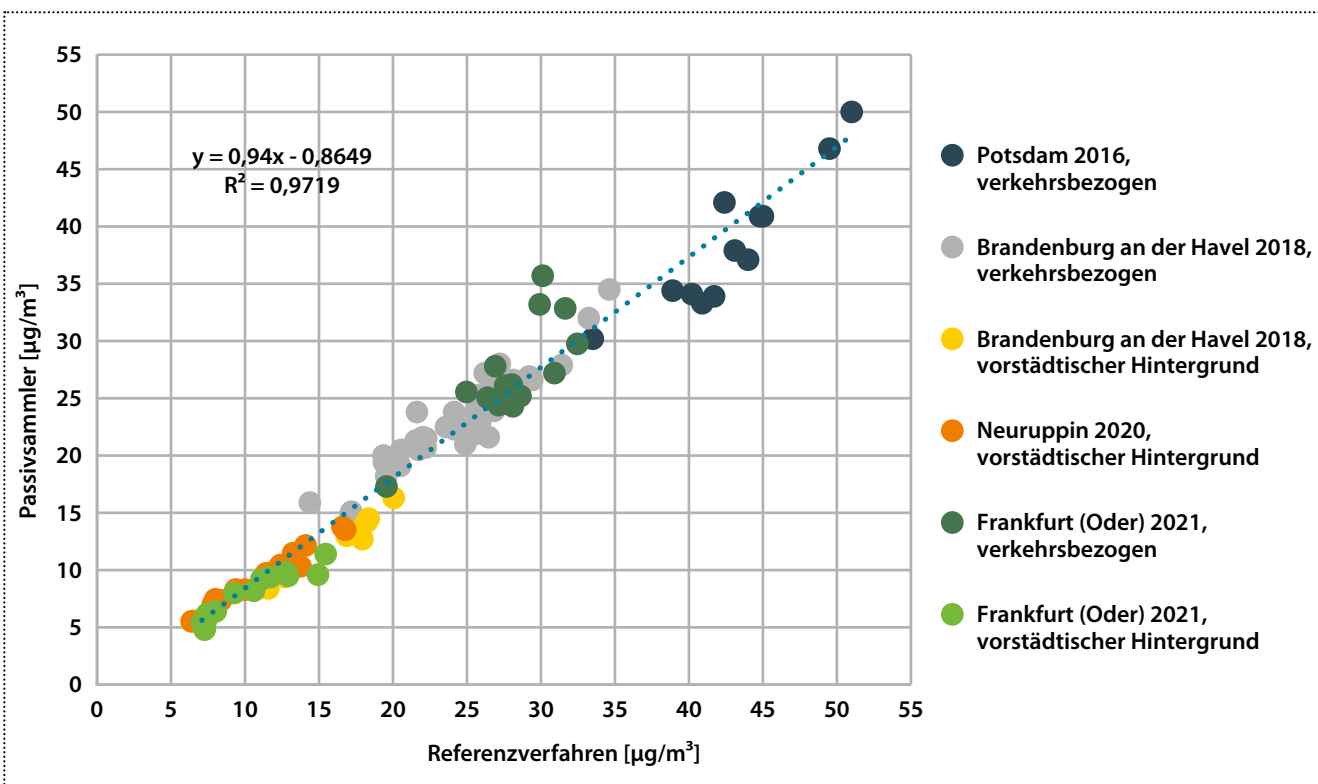


Abbildung 19: Kombiniertes Datensatz bisheriger LFU-Messkampagnen – Vergleichsmessungen von NO_2 -Passivsammlern versus Referenzmessgerät

5.5 Fazit

Die Messkampagne Frankfurt (Oder) bestätigt erneut die positiven Erkenntnisse vorangegangener Messkampagnen mit Passivsammlern: Die Messung ist kostengünstig, die Passivsammler können einfach installiert werden und bieten die Möglichkeit, die Erhebung eines räumlichen NO₂-Konzentrationsprofils praktikabel in den Routinebetrieb des landesweiten Messnetzes zu integrieren. Die Analyseergebnisse des externen Labors sind qualitativ gesichert und erfüllen bereits die Qualitätsanforderungen für ortsfeste Messungen entsprechend der EU-Luftqualitätsrichtlinie beziehungsweise der 39. BImSchV.

Aufgrund der positiven Erfahrungen wird die Methode mit den NO₂-Passivsammlern auch weiterhin im Land Brandenburg genutzt werden, um zum Beispiel die Ortswahl weiterer Messstandorte zu überprüfen.

Als einschränkend ist lediglich die zeitliche Verzögerung von der Messung zum Analyseergebnis sowie die methodenbedingt auf die Länge des Probenahmezeitraums begrenzte zeitliche Auflösung der Werte zu sehen. Die Auswertung hinsichtlich des Kurzzeitgrenzwerts (Einstundenmittelwert von 200 µg/m³, darf nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr überschritten werden) ist dementsprechend nicht möglich. Letzteres ist in der Praxis nicht von Relevanz. Erstens sind die Profilmessungen mit Passivsammlern nicht Bestandteil der formalen Beurteilungsstrategie im Land Brandenburg. Zweitens traten Überschreitungen des NO₂-Kurzzeitgrenzwertes seit vielen Jahren sogar an den höchstbelasteten verkehrsnahen Messstellen nicht mehr auf.

Herausfordernd ist es regelmäßig, die Passivsammler vor „ungeplanten Störgrößen“ zu schützen. Zurückliegend beeinflusste beispielsweise die Überdeckung von Messhäuschen durch Wahlplakate die Ergebnisse, andernorts wurden regelmäßig Messhausdeckel oder gar die gesamte Apparatur entwendet. Derartiger Vandalismus führte bei der Messkampagne in Brandenburg an der Havel dazu, dass wir die Messung an einem Punkt vorzeitig einstellen mussten, da die erforderliche Datenverfügbarkeit für das gesamte Jahr nicht mehr erreicht werden konnte. In Frankfurt (Oder) trat kein Vandalismus auf, der die Messung beeinträchtigte.

Die dargestellte Methode zur Überprüfung der Repräsentativität eines Messstandortes stellt eine einfache Möglichkeit dar, diese Fragestellung grundsätzlich angehen zu können. In Frankfurt (Oder) zeigen wir, dass die Messstandorte in der Leipziger Straße und im Sande einerseits das verkehrsnah höchste, andernfalls auch das niedrigere Konzentrationsniveau im städtischen Hintergrund abdecken.

Mit der Fortschreibung der Datengegenüberstellung von Passiv- und Referenzverfahren sichern wir die Datenbasis für diesbezügliche Gleichwertigkeitsbetrachtungen. Je breiter der Zusammenhang beider Methoden regional und auch temporal (über Jahre mit unterschiedlicher Witterung) mit echten Messdaten abgebildet wird, umso besser können wir Passivsammler-Ergebnisse auch an möglichen Messorten ohne Vergleichsmessung zur Referenz einschätzen.

6 Quellen

- [1] Verordnung zur Regelung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Immissionsschutzes (Immissionsschutzzuständigkeitsverordnung – ImSchZV) vom 31. März 2008 (GVBl.II/08, [Nr. 08], S. 122), verfügbar unter: https://bravors.brandenburg.de/br2/sixcms/media.php/76/GVBl_II_08_2008.pdf (letzter Zugriff: 24.02.2021).
- [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: 24.02.2021).
- [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: 15.09.2023).
- [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/bimschv_39/39_BImSchV.pdf (letzter Zugriff: 24.02.2021).
- [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://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/fb_155.pdf (letzter Zugriff: 24.02.2021).
- [6] MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.), 2022: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt. Profilmessungen mit NO₂-Passivsammlern in Brandenburg an der Havel (2018–2019), verfügbar unter <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/ueber-uns/veroeffentlichungen/detail/~28-06-2022-profilmessungen-mit-no2-passivsammlern-in-brandenburg-an-der-havel-2018-2019>. (letzter Zugriff: 20.07.2022)
- [7] MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.), 2022: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt. Profilmessungen mit NO₂-Passivsammlern in Neuruppin, verfügbar unter <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/ueber-uns/veroeffentlichungen/detail/~28-06-2022-profilmessungen-mit-no2-passivsammlern-in-neuruppin> (letzter Zugriff: 20.07.2022)
- [8] MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.), 2022: Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt. Profilmessungen mit NO₂-Passivsammlern in Pritzwalk, verfügbar unter <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/ueber-uns/veroeffentlichungen/detail/~28-06-2022-profilmessungen-mit-no2-passivsammlern-in-pritzwalk> (letzter Zugriff: 20.07.2022)
- [9] MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.), 2021: Modellierungen von Luftschadstoff-Belastungsniveaus in Brandenburg nach Stationsklassifikation der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG und der 39. BImSchV
- [10] Schweizerische Akkreditierungsstelle: STS-Verzeichnis, Akkreditierungsnummer: STS 0149, verfügbar unter https://www.sas.admin.ch/sas/de/home/akkreditiertestellen/akkstellensuchesas/jcr_content/par/externalcontent.bitexternalcontent.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9zYXNkYi5jbGllbnRzLmXpaXAuY2gvbWVkaWEvcG/RmL1NUUy0wMTQ5LWRlLnBkZg==.pdf (letzter Zugriff: 15.09.2023).
- [11] PFEFFER, U., ZANG, T.; RUMPF, E.-M., S. ZANG: 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: 24.02.2021).
- [12] T. ZANG & U. PFEFFER, 2015: Messung von Stickstoffdioxid in der Außenluft mit Passivsammlern in NRW – Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren der Europäischen Richtlinie 2008/50/EG und der 39. BImSchV. LANUV-Fachbericht 59, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen 2015, verfügbar unter https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/30059.pdf (letzter Zugriff: 08.07.2022).
- [13] ZANG, T., 2021: Messen von Stickstoffdioxid in der Außenluft – Nachweis der Gleichwertigkeit von Passivsammlern. LANUV-Fachbericht 108, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Recklinghausen 2021, verfügbar unter: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/Fachbericht_108_Stickstoffdioxid_Aussenluft.pdf (letzter Zugriff: 08.07.2022).

- [14] Passam AG (2023): Diffusion tube for Nitrogen dioxide, verfügbar unter https://www.passam.ch/wp-content/uploads/2023/02/SP01_NO2_Product-Sheet_2023_EN.pdf (letzter Zugriff: 15.09.2023).
- [15] MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.), 2020: Luftqualität in Brandenburg Jahresbericht 2020, verfügbar unter <https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Luftqualitaet-2020.pdf> (letzter Zugriff: 15.09.2023).
- [16] ADAC (2021): Corona und Mobilität: Mehr Homeoffice, neue Freizeit- und Urlaubsziele, verfügbar unter: <https://www.adac.de/verkehr/standpunkte-studien/mobilitaets-trends/corona-mobilitaet/> (letzter Zugriff: 15.09.2023).

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

Referat Öffentlichkeitsarbeit

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

Telefon: +49 (0) 331 866-7237

E-Mail: bestellung@mluk.brandenburg.de



mluk.brandenburg.de
vimeo.com/mlukbrandenburg
twitter.com/MLUKBrandenburg