



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Ländliche
Entwicklung, Umwelt und
Landwirtschaft

Immissionsschutz



Fachbeiträge des LfU
Heft Nr. 155

Profilmessungen mit NO₂ – Passivsammlern in Potsdam

Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt (LfU)

Titelreihe Heft-Nr. 155

Profilmessung mit NO₂-Passivsammlern in Potsdam

Herausgeber:

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg (MLUL)
Henning-von-Tresckow-Str. 2-13
14467 Potsdam

Bearbeitung / Redaktion:

LfU, Abteilung Technischer Umweltschutz 1
Referat T 14 – Luftqualität, Nachhaltigkeit

Titelfoto: © Hannes Brauer

Publikationen des LfU: <http://www.lfu.brandenburg.de/info/lfupublikationen>

Informationen zum Luftgütemessnetz: <http://www.lfu.brandenburg.de/info/luft-online>

Bereitstellung von Luftgütedaten: <https://luftdaten.brandenburg.de>

Bereitstellung:

LfU, Büro des Präsidenten | Presseanfragen | Öffentlichkeitsarbeit

E-Mail: infoline@lfu.brandenburg.de

Tel.: 033201 – 442 171

Fax: 033201 – 436 78

Die Veröffentlichung erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Dritten zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Der Bericht einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Potsdam, im Juli 2018

Inhalt

1	Einführung.....	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Rahmenbedingungen der Luftqualitätsrichtlinie	1
1.3	Ziele der Messkampagne.....	2
2	Messstellenbeschreibung	4
2.1	Zeppelinstraße	6
2.2	Breite Straße	8
2.3	Behlertstraße	9
3	Methodik	10
3.1	Probenahme mit Passivsammlern und anschließende Laboranalyse.....	10
3.2	Datenaufbereitung	11
4	Ergebnisse	13
5	Auswertung.....	15
5.1	Bewertung des Messcontainerstandortes	15
5.2	Modell und Messwerte	15
5.3	Schlussfolgerungen	16
6	Quellen.....	18

1 Einführung

1.1 Hintergrund

Das Landesamt für Umwelt betreibt als zuständige Behörde für den Immissionsschutz in Brandenburg (§1 ImSchZV, [1]) das landesweite Luftgütemessnetz in Umsetzung der Europäischen Richtlinie (RL) über Luftqualität und saubere Luft für Europa (2008/50/EG, [1]) sowie deren Änderung in Richtlinie (EU) 2015/1480 [2]. Die dortigen Vorgaben werden mit der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV, [4]) in deutsches Recht umgesetzt. In der Landeshauptstadt Potsdam sind vier Luftgütemessstellen etabliert: Im vorstädtischen Ortsteil Groß Glienicke wird die lufthygienische Situation außerhalb des dicht bebauten Stadtkörpers bestimmt. Für die städtische Hintergrundbelastung repräsentativ steht die Station „Potsdam-Zentrum“ auf dem Bassinplatz. Hinzu kommen zwei Messpunkte im direkten Einfluss des Straßenverkehrs, der im städtischen Bereich zum Hauptverursacher für hohe Immissionsbelastungen gehört. Dies sind die Messcontainer „Potsdam, Großbeerenstraße“ und „Potsdam, Zeppelinstraße“.

Besonders letztere Messstelle sorgt bei den Stadt- und Verkehrsplanern für einige Aufmerksamkeit, denn auch nach Ablauf der Fristverlängerung zur Einhaltung des NO₂-Grenzwertes (40 µg/m³ im Jahresmittel) zum 31.12.2015 wurde dieser Wert im Jahr 2016 weiter überschritten. Selbstverständlich haben alle Bürger einen Anspruch darauf, dass gesetzliche Grenzwerte zum Schutz ihrer Gesundheit auch eingehalten werden. Nicht zuletzt deshalb wurden in den bisherigen Luftreinhalte- und Aktionsplänen [5], [6] zahlreiche Ansätze zur Verbesserung der Situation erarbeitet und umgesetzt bzw. befinden sich noch in der Umsetzung. Bis dahin blieb der erhoffte Erfolg – eine signifikante Senkung der Luftschadstoffkonzentrationen auf das erlaubte Maß – in Bezug auf NO₂ jedoch aus.

Weitergehende Maßnahmen zur Reduzierung der am Ende ursächlichen hohen Verkehrsbelegung waren nach hiesiger Einschätzung deshalb unerlässlich, jedoch nicht unumstritten. Die Zeppelinstraße ist als Bundesstraße B1 für den Straßenverkehr die wichtigste Verkehrsachse zur Verbindung des südwestlichen Umlands der Stadt mit dem Zentrum und weiter in Richtung Autobahn A115. Auch als Umfahrung des westlichen Teils des Berliner Rings der A10 wird diese Route benutzt. Zugleich wird die Achse von Straßenbahn, Buslinien sowie Fahrradfahrern und Fußgängern genutzt. Im begrenzten Straßenraum besteht also bereits allein bezogen auf die Verkehrsfunktion enorme Nutzungsintensität. Diese wächst unter Einbeziehung von Maßnahmen der Luftreinhaltung – welche im Übrigen als Teil der Daseinsvorsorge genauso erhebliche Relevanz haben wie die Verkehrsfunktion – zu erheblicher Nutzungskonkurrenz mit Zielkonflikten an.

1.2 Rahmenbedingungen der Luftqualitätsrichtlinie

Damit Luftqualitätsdaten unterschiedlicher EU-Mitgliedsstaaten für die Menschen, Behörden, Wissenschaftler und andere Nutzer 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 [1] soll an dieser Stelle deshalb 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 I 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 Probenahmestellen sind in Artikel 7 i.V.m. Anhang III (für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel PM10 und PM2,5, Blei, Benzol und Kohlenmonoxid) bzw. Artikel 10 i.V.m. Anhang VIII (für Ozon) der RL geregelt. Im allgemeinen Teil A werden zunächst solche Orte ausgeschlossen, an denen keine Beurteilung in Bezug auf die Grenzwerte dieser Richtlinie stattfindet. Dies betrifft z.B. Flächen ohne Betroffene, den Fahrbahnbereich inkl. Mittelstreifen oder bestimmte Industriegelände.

Abschnitt B befasst sich mit der großräumigen Ortsbestimmung der Probenahmestellen 1. zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie 2. Zum Schutz der Vegetation und der natürlichen Ökosysteme. 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 m Länge repräsentativ sein. Bei Industriebezug sollen mindestens 250 x 250 m² repräsentiert werden. Messwerte städtischer Hintergrundstationen sollen dementsprechend sogar typisch für mehrere Quadratkilometer sein.

Im darauf folgenden Abschnitt C wird die kleinräumige Ortsbestimmung der Probenahmestellen behandelt. Dies betrifft bspw. die Berücksichtigung bestimmter Geometrien für die Luftanströmung und in Bezug auf die Probenahmehöhe, mglw. benachbarte Hauswände, Balkone, Bäume usw. Außerdem wird auf weitere Faktoren verwiesen, die zunächst trivial erscheinen, bei der Einrichtung einer neuen Messstelle jedoch durchaus erhebliche Relevanz bekommen können (lokale Störquellen, Verfügbarkeit/Umsetzbarkeit von Stromversorgung, Datenübertragung, bebauungsplanerischer Anforderungen, etc.).

Der abschließende Abschnitt D regelt die Dokumentation für die Ortswahl und fordert deren regelmäßige Überprüfung und ggf. erneute Dokumentation, damit die fortwährende Gültigkeit der Ortswahlkriterien sichergestellt ist.

1.3 Ziele der Messkampagne

Die hier vorgestellte Messkampagne wurde in Umsetzung obiger Vorgaben aus der Luftqualitäts-RL durchgeführt. Unter Anwendung einer möglichst einfachen, kostengünstigen aber zugleich verlässlichen und qualitätsgesicherten Methodik sollten die Stickstoffdioxidkonzentrationen an mehreren Punkten im straßennahen, verkehrsbedingt belasteten Raum in Potsdam messtechnisch bestimmt werden. Dabei wurde angestrebt, sowohl durch den Bezugszeitraum als auch mit dem Datenqualitätsniveau eine Gegenüberstellung mit der im Routinebetrieb ermittelten Jahresmittelkonzentration am vorhandenen Messcontainer in der Zeppelinstraße zu ermöglichen. Neben der formalen Überprüfung der Ortswahl für den Messcontainer dieser verkehrsbezogenen NO₂-Messung war es zugleich Ziel der Untersuchung, Synergien für die Bearbeitung weiterer aktueller Fragestellungen der Luftreinhaltung in Potsdam zu nutzen.

Aus grundsätzlichen Erwägungen heraus war auf Erkenntnissen zu folgenden Fragestellungen zu hoffen:

1. Entspricht die Messstelle in der Zeppelinstraße weiterhin den gesetzlichen Kriterien für die Ortswahl, vereinfacht: steht der Messcontainer (noch) an der „richtigen“ Stelle?
2. Ist die Zeppelinstraße hiernach (noch) als der hinsichtlich Grenzwertüberschreitungen entscheidende Hotspot einzustufen oder sind andere Bereiche stärker in den Fokus zu rücken?

3. Wie sind Modellergebnisse der NO₂-Konzentrationen im Potsdamer Stadtgebiet z.B. aus der Fortschreibung des LRP im Lichte von qualitätsgesicherten Messwerten einzuordnen?
4. Wie ist der zusätzliche Erkenntnisgewinn durch die in anderen Ländermessnetzen teils routiniert eingesetzten NO₂-Passivsammler im Land Brandenburg zu bewerten und welche Erfahrungen sollten bei zukünftigen Projekten berücksichtigt werden?

2 Messstellenbeschreibung

Grundlage für die Identifizierung von für die Messkampagne in Frage kommenden Straßenabschnitten waren Screening-Unterlagen aus dem LfU, Modellergebnisse im Zusammenhang mit der Fortschreibung des Luftreinhalteplans Potsdam [6] sowie die jeweiligen Gegebenheiten vor Ort. Grundsätzlich waren hierbei diejenigen Stellen mit den höchsten modellierten Konzentrationen von Interesse, an denen zugleich den Standortkriterien für Luftqualitätsmessungen nach der EU-Richtlinie am besten entsprochen werden könnte. In der engeren Auswahl waren demnach neben dem aktuellen Standort des Messcontainers andere Bereiche in der Zeppelinstraße, in der Breiten Straße und in der Behlertstraße.

Im Spätherbst 2015 wurden die möglichen Standorte bei Ortsbegehungen inspiziert. Für die Installation der Messeinrichtungen waren Straßenlaternen, Verkehrsschilder oder andere geeignete Haltepunkte erforderlich. Zudem sollten alle Messpunkte in vergleichbarem Abstand und identischer Höhe in Bezug auf die Fahrbahn angebracht werden. Die Sensibilität der Messungen auf diese Bedingungen ist in der Luftmesstechnik bekannt und sollte nach Möglichkeit Berücksichtigung finden. In nachfolgender Tab. 1 sind die letztendlichen Messpunktstandorte und deren Lage dokumentiert, zur Veranschaulichung sind die Punkte zudem auf der Karte in Abb. 1 dargestellt.

Tab. 1: Verzeichnis und Verortung der Messpunkte

Messpunkt	Lage	Installation	Messhöhe (m) über Grund	Rechtswert	Hochwert
1	Zeppelinstr. Nordseite, vor Nr. 9a	Straßenlaterne B5/D4	2,90	13.044101	52.397470
2	Zeppelinstr. Nordseite, vor Nr. 14	Straßenlaterne B5/A2	2,25	13.042523	52.396605
3	Zeppelinstr. Nordseite, vor Nr. 30	Straßenlaterne B8/D3	2,70	13.037884	52.394063
4	Zeppelinstr. Nordseite, vor Nr. 30	Luftgütemesscontainer, Gasprobenahme	3,10	13.037851	52.394061
5	Zeppelinstr. Südseite, vor Nr. 151	Straßenlaterne B8/A3	2,50	13.037767	52.393810
6	Zeppelinstr. Nordseite, vor Nr. 49	Straßenlaterne B24/A11	2,80	13.032594	52.391202
7	Breite Str. Südseite, vor Nr. 14	Hinweisschild Hotelroute	2,60	13.051230	52.395538
8	Breite Str. Nordseite, vor Nr. 9-11	Verkehrsz. 283-21 u.a.	2,20	13.051022	52.395826
9	Breite Str. Südseite, vor Fahrradladen, Nr. 2d	Straßenlaterne Z71/D3/S	2,80	13.055742	52.395024
10	Breite Str. Nordseite, vor „Pub à la Pub“	Straßenlaterne Z71/B3	2,80	13.055826	52.395219
11	Behlertstraße West, vor Nr. 41	Straßenlaterne Z8/B8	3,00	13.068809	52.403636
12	Behlertstraße West, vor Nr. 42	Straßenlaterne Z8/B9	2,80	13.069068	52.403348

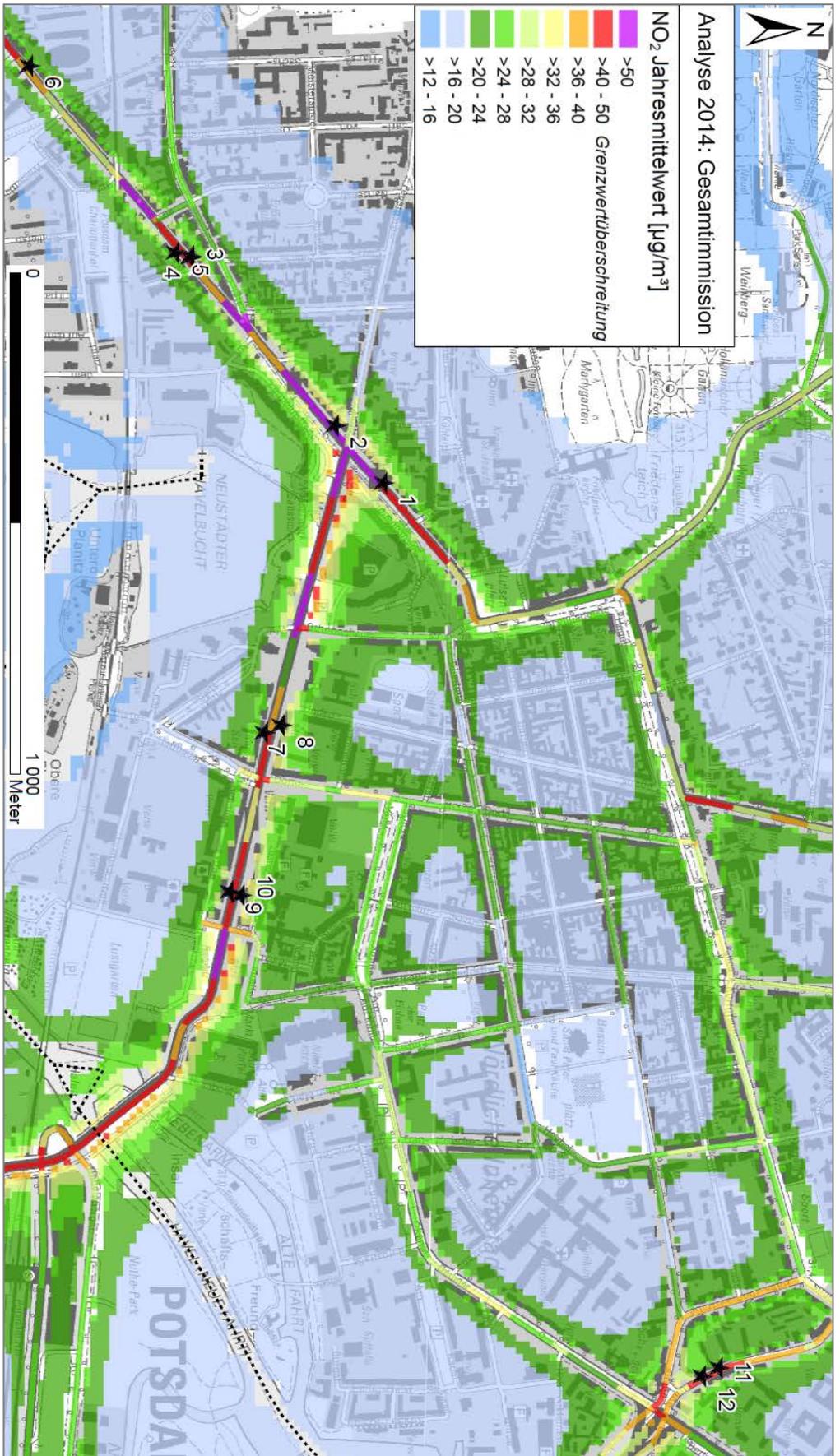


Abb. 1: Standorte der Messstellen der NO₂-Passivsammlern, im Hintergrund das Modellergebnis der räumlichen Verteilung der Konzentrationen im Potsdamer Stadtgebiet
 Quelle: Ing.-Büro Lohmeyer im Zusammenhang mit der Fortschreibung des Luftreinhaltungsplans Potsdam [6], Ausschnitt, modifiziert

2.1 Zeppelinstraße

Die vorangegangene Screening-Berechnung zur NO₂-Belastung ergab in der Zeppelinstraße die höchsten Jahresmittelwerte entlang des Bereichs der Kreuzung Breite Straße im Nordosten bis hin zur Höhe Schillerplatz südwestlich der Eisenbahnunterführung. Der Abschnitt zwischen dem Abzweig der Geschwister-Scholl-Str. und Nansenstraße ist etwa 250 m lang, in einem ca. 100 m langen Teilstück wurde zum damaligen Zeitpunkt eine Jahresmittelkonzentration von 41 µg/m³ modelliert. Hier befindet sich die Luftgütemessstelle. Es wurden Messpunkte (MP) neben dem Container und direkt an der Probenahme (MP 3 und 4, Abb. 2) sowie auf der gegenüberliegenden Straßenseite (MP 5, Abb. 3) installiert.

Weiter stadtauswärts wurde ein Belastungsschwerpunkt auf Höhe der Straßenbahnhaltestelle „Schillerplatz/Schafgraben“ erkannt. Die höchsten Konzentrationen sind auf der nördlichen Straßenseite auf Höhe der geschlossenen Häuserfront zu erwarten. Hier wurde MP 6 eingerichtet.

Als anspruchsvoll für eine anforderungsgerechte Messung stellte sich der Kreuzungsbereich mit der Breiten Str. heraus. Die Computersimulationen zeigten die höchsten Werte im direkten Kreuzungsumfeld, wo allerdings gemäß EU-RL nicht direkt gemessen werden soll. Erwartungsgemäß bleibt die simulierte Konzentration entlang der jeweiligen Verkehrsrückstaus hoch. Da in der Breiten Straße Richtung Landtag keine Wohnhäuser anschließen, fiel die Entscheidung für weitere MP auf die Zeppelinstraße. MP 1 wurde vor der Häuserzeile in Richtung Lennéstraße mit angemessenem Abstand von der Kreuzung installiert (Abb. 4).

Ebenfalls auf der nordwestlichen Seite der Zeppelinstraße, in Richtung Geschwister-Scholl-Straße, wurde MP 2 installiert (Abb. 5). Der Punkt wurde ausgewählt, wohl wissend, dass Linksabbieger aus der Breiten Straße hier ausgiebig beschleunigen und zudem der Abschnitt nicht lang genug ist, um repräsentativ im Sinne der Gesetzesvorgabe zu sein. Nichtsdestotrotz sollte hier einmal exemplarisch die NO₂-Konzentration im Kreuzungsbereich zum Vergleich mit den anderen Punkten bestimmt werden.



Abb. 2: Position der MP 3, 4 und 5 in der Zeppelinstr. im Bereich des Luftgütemesscontainers, Blick nach SW



Abb. 3: Laterne des MP 6 in der Zeppelinstr. südlich der Bahnbrücke, Blick nach S



Abb. 4: Lichtmast für MP 1 nahe der Kreuzung Zeppelinstr./Breite Str. in Richtung Luisenplatz, Blickrichtung SW

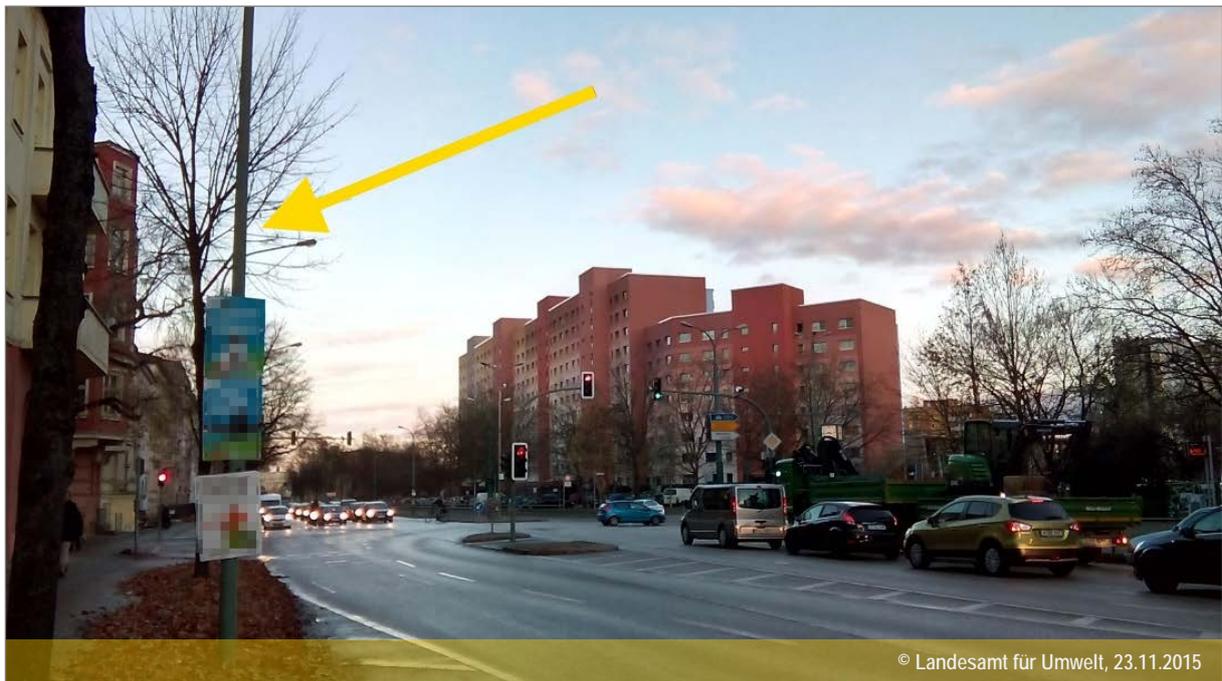


Abb. 5: MP 2 an der Kreuzung Zeppelinstr./Breite Str., Blick in Richtung Luisenplatz

Die Passivsammler in der Zeppelinstraße konnten an Straßenlaternen installiert werden, die allesamt in vergleichbarer Nähe zur Fahrbahn stehen.

2.2 Breite Straße

Im direkten Anschluss an die Zeppelinstraße ist auch die Breite Straße Teil der Untersuchung. Der westliche Teil auf Höhe der Neustädter Havelbucht ist unproblematisch einzustufen. Erst in der Nähe der Kreuzung Dortustraße und weiter in Richtung Landtag wird die Bebauung geschlossen und rückt nah an die Fahrbahnen heran. Hier ergab die Screening-Berechnung NO_2 -Jahresmittelkonzentrationen im Bereich von $43 - 47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Daher wurden vier weitere Messpunkte eingerichtet.

MP 7 und 8 waren ca. 75 m westlich der Dortustraße angebracht. In diesem Bereich werden die Richtungsfahrbahnen durch einen Mittelstreifen separiert, auf dem die Straßenbeleuchtung steht. Am Seitenrand stehen Verkehrs- bzw. Hinweisschilder (Hotelroute u.ä.) für die Installation der Passivsammler zur Verfügung, die jedoch eine weitere Fahrbahntfernung wie andernorts die Laternen aufweisen (Abb. 6). Andererseits kann man hier von einer Messung nahe an den Betroffenen (Fußgängern, Anwohnern) ausgehen. Zwischen Straßenrand und Installationspunkt verläuft ein Radweg.

Die MP 9 und 10 lagen auf Höhe des Studierendenwohnheims bzw. des Fahrradgeschäftes (Abb. 7). An letzterem säumen die Laternen abwechselnd mit noch jungen Straßenbäumen den Fahrbahnrand. Vor der Studierendeneinrichtung hingegen ist die Reihe mit Bäumen/Laternen weiter entfernt vom Bordstein angelegt. Dazwischen verläuft auch hier ein Radweg sowie ein breiter Fußweg, sodass der Verkehrsabstand etwa vier Meter beträgt.

Die Installation erfolgte jeweils beidseitig der Fahrbahn, denn aufgrund der Ausrichtung der Straße in nahezu West-Ost-Richtung war schwer abzuschätzen, welche Seite höher belastet und damit für eine Überprüfung prioritär sein würde.



Abb. 6: MP 7 und MP 8 nahe der Kreuzung Breite Str./Dortustr., Blickrichtung Landtag

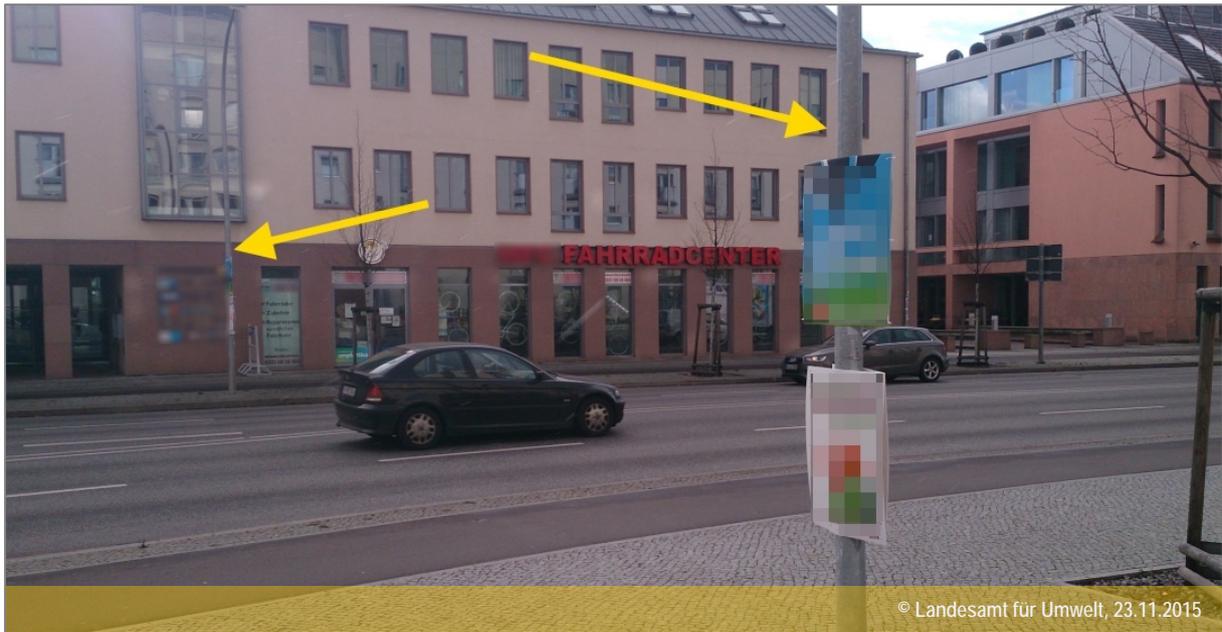


Abb. 7: MP 9 und 10 in der Breiten Str. auf Höhe Fahrradgeschäft

2.3 Behlertstraße

Neben der Verkehrsachse über die Breite Straße und Zeppelinstraße bildet in Nord-Süd-Richtung durch die Stadt auch die Behlertstraße einen Belastungsschwerpunkt. Vor dem Hintergrund der bestehenden Bebauungsstruktur und in Verbindung mit der Verkehrsbelegung wiesen die Modelle auch hier eine vergleichsweise hohe NO_2 -Immissionskonzentration von maximal $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus. Die beiden Messpunkte wurden im prognostiziert höchstbelasteten Bereich auf der westlichen Straßenseite an Laternen installiert. Diese stehen etwa drei Meter rückversetzt von der Straße (Abb. 8).

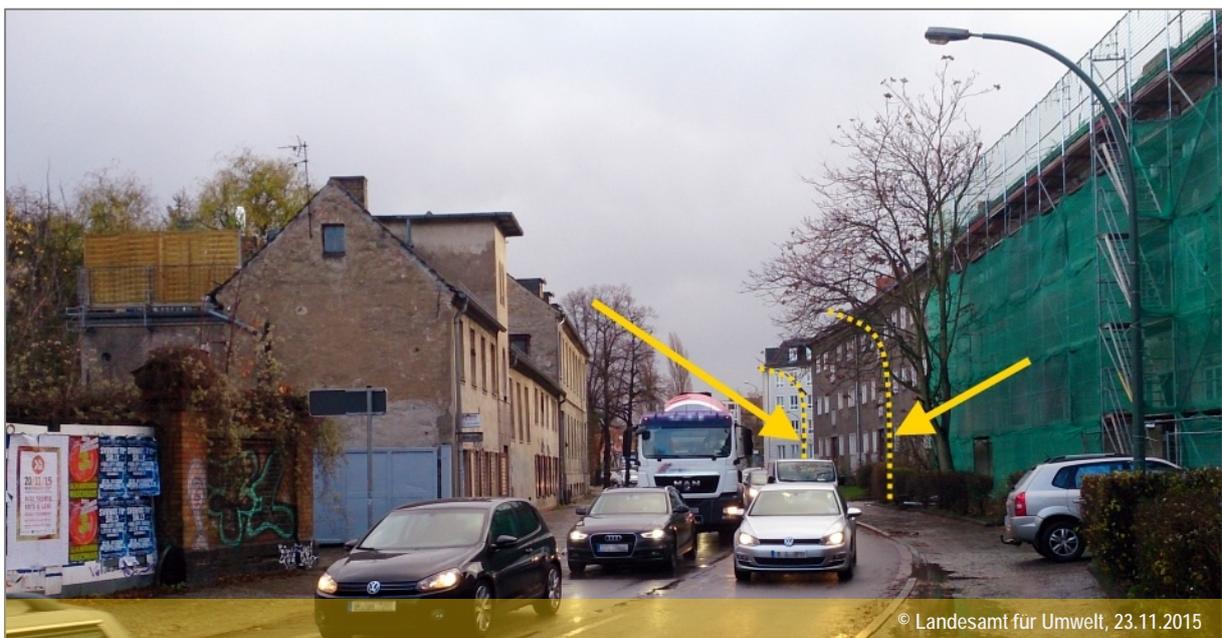


Abb. 8: MP 11 und MP 12 in der Behlertstraße, Blick nach S in Richtung Nuthestr.

3 Methodik

Wie eingangs erwähnt war das Hauptziel der Untersuchung, anhand von Immissionsmessungen die Stickstoffdioxidkonzentrationen an möglichen Belastungsschwerpunkten in der Stadt Potsdam zu bestimmen. Die Ergebnisse sollten einer Gegenüberstellung mit Werten des fest installierten Messcontainers in der Zeppelinstraße standhalten.

3.1 Probenahme mit Passivsammlern und anschließende Laboranalyse

Eine gegenüber dem Aufbau von Messcontainern kostengünstige Variante ist der Einsatz so genannter Passivsammler. Die Wahl fiel dabei auf das Schweizer Labor für Umweltanalytik Passam AG, deren Sammlerröhrchen in der Vergangenheit bereits erfolgreich von anderen Ländermessnetzen eingesetzt wurden. Passam ist nach ISO 17075 akkreditiert, was bedeutet, dass die kompetente Arbeitsweise und die Erzeugung valider Ergebnisse von einer offiziellen Akkreditierungsstelle bestätigt wird [7]. Auch konnten die Kollegen aus dem nordrhein-westfälischen Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz (LANUV), welches neben dem Umweltbundesamt (UBA) als Deutsches Nationales Referenzlabor für die Beurteilung der Luftgüte benannt ist, die Gleichwertigkeit der Analysewerte mit dem Referenzverfahren belegen [8]. Dieser Nachweis umfasst zugleich die Einhaltung der Datenqualitätskriterien, die nach Anhang 1 der LQ-RL vorgeschrieben sind.

Die Probenahme mit Passivsammlern beruht auf der Diffusion von Molekülen in ein adsorbierendes Medium, d.h. es ist keine Probenansaugung, Pumpen o.ä. erforderlich. Für NO_2 wird hier als Adsorbens Triethanolium verwendet, für andere Gase kommt z.B. Aktivkohle zum Einsatz. Die nach unten geöffneten Kunststoffröhrchen werden für eine definierte Zeit (hier: etwa einen Monat) 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 kolorimetrisch bei 540 nm die entsprechende Konzentration bestimmt [9].

Zum Schutz vor Witterungseinflüssen wurden die als Doppelproben ausgebrachten Sammler in einer speziellen Aufhängung untergebracht und zur Vermeidung von Vandalismus oberhalb des direkten Zugriffsbereichs von Fußgängern aufgehängt. 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.



Abb. 9: Installation von Probenröhrchen im Schutzbehälter an einem Schildmast



Abb. 10: NO₂-Passivsammler und Glasfrittemembran zum Schutz vor Windeinflüssen

Die Probenahmeorte entsprechen weitgehend den an ortsfeste Messungen gestellten Anforderungen in der LQ-RL (z.B. Abstände von der Straße, Kreuzungen, Hauswänden sowie Messhöhe). Ausnahme bildet hierbei der MP 2, welcher im nahen Kreuzungsbereich Zeppleinstr./Breite Str. installiert war und nicht repräsentativ für einen Straßenabschnitt sein kann.

Die Sammler selbst wurden mit einer zusätzlichen Glasfrittemembran ausgestattet (Abb. 10), die nach Erfahrungen des LANUV effektiv den Windeinfluss, insbesondere bei starken Turbulenzen in Straßenschluchten minimieren. Die Membranen wurden bei jedem Probentausch gewechselt, um vor der nächsten Verwendung im Ultraschallbad gereinigt zu werden.

3.2 Datenaufbereitung

Als Ergebnis aus den Laboranalysen lagen für alle Probenahmezeiträume die ermittelte Konzentrationen zu jedem Einzelröhrchen vor. Die Messung begann am 06.01.2016 und endete mit der Entnahme der zuletzt ausgebrachten Sammler am 04.01.2017. In Anlehnung an die strikten Beurteilungsvorgaben aus der Luftqualitätsrichtlinie wird ausschließlich das Kalenderjahr 2016 betrachtet. Es ergibt sich eine zeitliche Überdeckung der Probenahme bzw. mit Daten auf 360 der 366 Tage, was einer Verfügbarkeit von 98,4% entspricht. Da die Probenahmezeiträume über das Jahr zueinander nicht exakt gleich lang ausfielen, war eine Wichtung der Teilergebnisse mit der Expositionsdauer bereits vorgesehen – dabei konnte auch die Überlappung ins Folgejahr herausgerechnet werden.

Die einzelnen Laborergebnisse (~Monatswerte) erhalten ihr Gewicht durch Multiplikation mit der jeweiligen relativen Expositionsdauer (in Tagen) der korrespondierenden Probe. In Summe ergibt sich ein vorläufiger Jahresmittelwert für jeden Probenstandort.

In einem zweiten Schritt wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass die Probenahme an den unterschiedlichen Standorten gezwungenermaßen in nicht exakt der derselben Entfernung vom Straßenrand stattfinden konnte. Die Lichtmasten, Schilder usw. für die Installation der Passivsammler standen teils direkt am Bordstein, teils aber auch einige Meter entfernt hinter dem Fußweg. Durch chemische Umwandlungen in der Atmosphäre findet ein mit zunehmender Entfernung von der Quelle abflachender Abbau von NO₂ statt. Anders ausgedrückt: in relativer Nähe zur Straße wirkt sich ein Unterschied in der Entfernung z.B. zum Autoauspuff am stärksten auf die NO₂-Konzentration aus.

Um dies zumindest annähernd berücksichtigen zu können, wurde am Standort des Messcontainers in der Zeppelinstraße in zwei unterschiedlichen, für die Kampagne relevanten, Entfernungen zur Straße mit Passivsammlern gemessen:

1. an der Straßenlaterne direkt am Bordstein
2. am Probenahmesystem (PNS) des automatischen Messsystems in etwa 1,50 m Entfernung zur Borsteinkante.

Aus dem Unterschied in den Ergebnissen wurde eine Korrektur für diejenigen Messpunkte ermittelt, die ebenfalls sehr nahe an der Straße angebracht werden mussten. Im nächsten Schritt wurden die bis dahin erzeugten Zwischenergebnisse auf das Referenzverfahren kalibriert. Hierfür kam erneut die Parallelmessung am PNS zum Einsatz, denn am identischen Messort sollten beide Verfahren vergleichbare Ergebnissen erzielen. An diesem Vergleichspunkt wurde für alle Passivsammler-Ergebnisse (Einzelzeiträume) der zeitlich exakt korrespondierende Mittelwert aus der automatischen Messung (Referenzverfahren) bestimmt und die Wertepaare einander gegenübergestellt. Die ermittelte Korrekturfunktion wurde auf die o.g. anderen Messpunkte übertragen.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass diese Vorgehensweise nicht optimal ist. Streng genommen gelten die festgestellten statistischen Zusammenhänge nur am Mikrostandort des Vergleichspunkts (Messcontainer) selbst und können nicht ohne Unsicherheit übertragen werden. Im Rahmen dieser wenig umfänglichen Untersuchung ist das Vorgehen nach hiesiger Auffassung aber fachlich vertretbar. Die dargestellten Anpassungen dienen schlussendlich dazu, alle Passivsammler-Jahreswerte mit dem Jahresmittelwert aus dem Referenzverfahren und mit dem Beurteilungswert (Grenzwert für das Jahresmittel) auch direkt vergleichbar zu machen. Die erzeugten Werte bilden das Szenario „Konzentration, wenn an dieser Stelle der Straße ein Referenzmessgerät im Messcontainer betrieben würde“ ab. Ohne Anpassungen wären die Ergebnisse der Passivsammler weniger aussagekräftig, da sie dann lediglich untereinander vergleichbar sind.

Tab. 2: Durchgeführte Modifizierungen der Laborergebnisse

Messpunkt	Standortkorrektur	Kalibrierung auf das Referenzverfahren
1	Ja	Ja
2	Ja	Ja
3	Ja	Ja
4	Nein	Nein
5	Ja	Ja
6	Ja	Ja
7	Ja	Ja
8	Ja	Ja
9	Ja	Ja
10	Nein	Ja
11	Nein	Ja
12	Nein	Ja

```

graph TD
    A[gewichtetes Laborergebnis] --> B{Mikrostandort vergleichbar?}
    B -- ja --> C[Ohne Korrektur]
    B -- nein --> D[Standortkorrektur]
    C --> E{Probe direkt am PNS?}
    D --> E
    E -- ja --> F[Ohne Korrektur]
    E -- nein --> G[Kalibrierung]
    F --> H[Jahreswert]
    G --> H
    
```

4 Ergebnisse

Insgesamt wurden an den zwölf Messpunkten 288 Passivsammler-Röhrchen untersucht. Alle ausgebrachten Röhrchen konnten unversehrt wieder eingeholt und dem Labor übergeben werden, dort waren ebenfalls alle Proben analytisch verwertbar. Die aufbereiteten Messergebnisse in der Form von Jahreswerten 2016 sind auf der nachfolgenden Seite anhand einer Karte präsentiert (Abb. 13).

Der Wertebereich der Rohdaten (Ergebnisse *aller* Einzelröhrchen) reichte von 23,5 – 59,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Spannweite in den Messzeiträumen ist in Abb. 11 dargestellt, sie ist in wärmeren Monaten größer als in kälteren. Monatseinzelergebnisse weisen Unsicherheiten von 0 – 12 % auf, für die Jahreswerte ergeben sich daraus 2,8 % ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) – 5,3 % ($2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Fehlertoleranz. Die absolut höchsten Konzentrationen wurden in der Zeppelinstraße festgestellt. Im Bereich des Messcontainers sind im Jahresmittel $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu verzeichnen. Wie erwartet übertraf MP 2 die am Container erfasste Konzentration um wenige $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Messpunkt repräsentiert einzig den lokalen Standort im Kreuzungsbereich Zeppelinstr./Breite Str. und ist im Sinne der rechtlichen Vorgaben für Luftqualitätsüberwachung [1], [4] nicht repräsentativ.

An zweiter Stelle im Belastungsniveau liegt die Breite Straße. Hier ergaben die Messungen eine klare Differenz zwischen beiden Straßenseiten. Auf der Südseite wurde eine NO_2 -Konzentration von $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt, auf der nördlichen Seite waren es lediglich $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die niedrigsten Belastungen dieser vergleichenden Untersuchung wurden im Bereich Behlertstraße festgestellt. Der südlich gelegene Messpunkt (MP 12) wies mit rund $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine etwas höhere Konzentration auf, als der nach Norden etwas weiter von der Kreuzung Nuthestr./Berliner Str. entfernte Punkt.

Im Jahresgang wird ein fast deckungsgleicher Verlauf der Belastungen der Straßenzüge sowie das vergleichbare Niveau deutlich (Abb. 12). Der kreuzungsnahen MP 2 zeigt fast durchweg die höchsten Absolutwerte, während die Zeppelinstraße (MP 3) sich ansonsten nur im Sommer etwas von Breiter Str. (MP 9) und Behlertstr. (MP 12) abhebt – womit im Jahresmittel dann die stärkste Belastung zustande kommt.

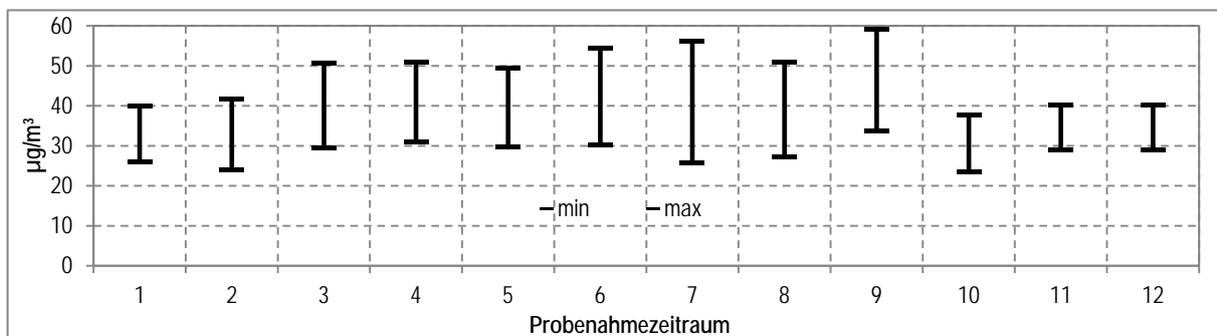


Abb. 11: Spannweite der Rohergebnisse aller Proben je Messzeitraum

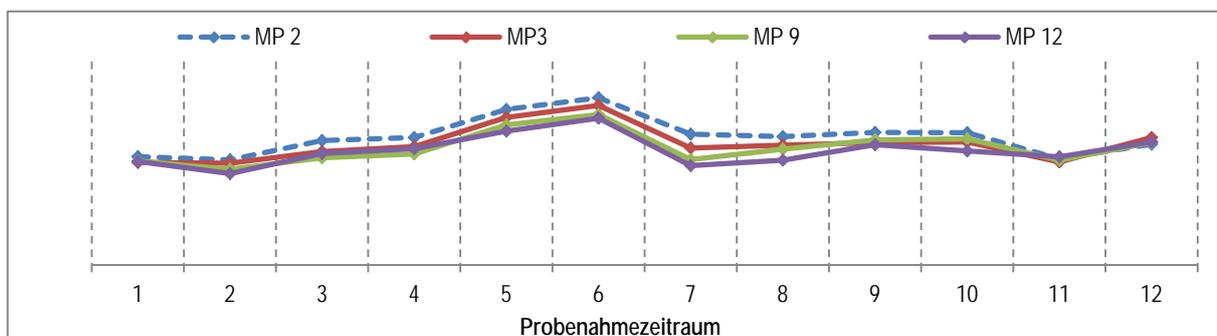


Abb. 12: Jahresgänge der jeweils höchstbelasteten Messpunkte der untersuchten Straßenzüge; MP 2 nicht repräsentativ (modifizierte Werte; alle ohne Skalierung, eine quantitative Betrachtung ist methodenbedingt erst für Jahresmittelwerte angezeigt)

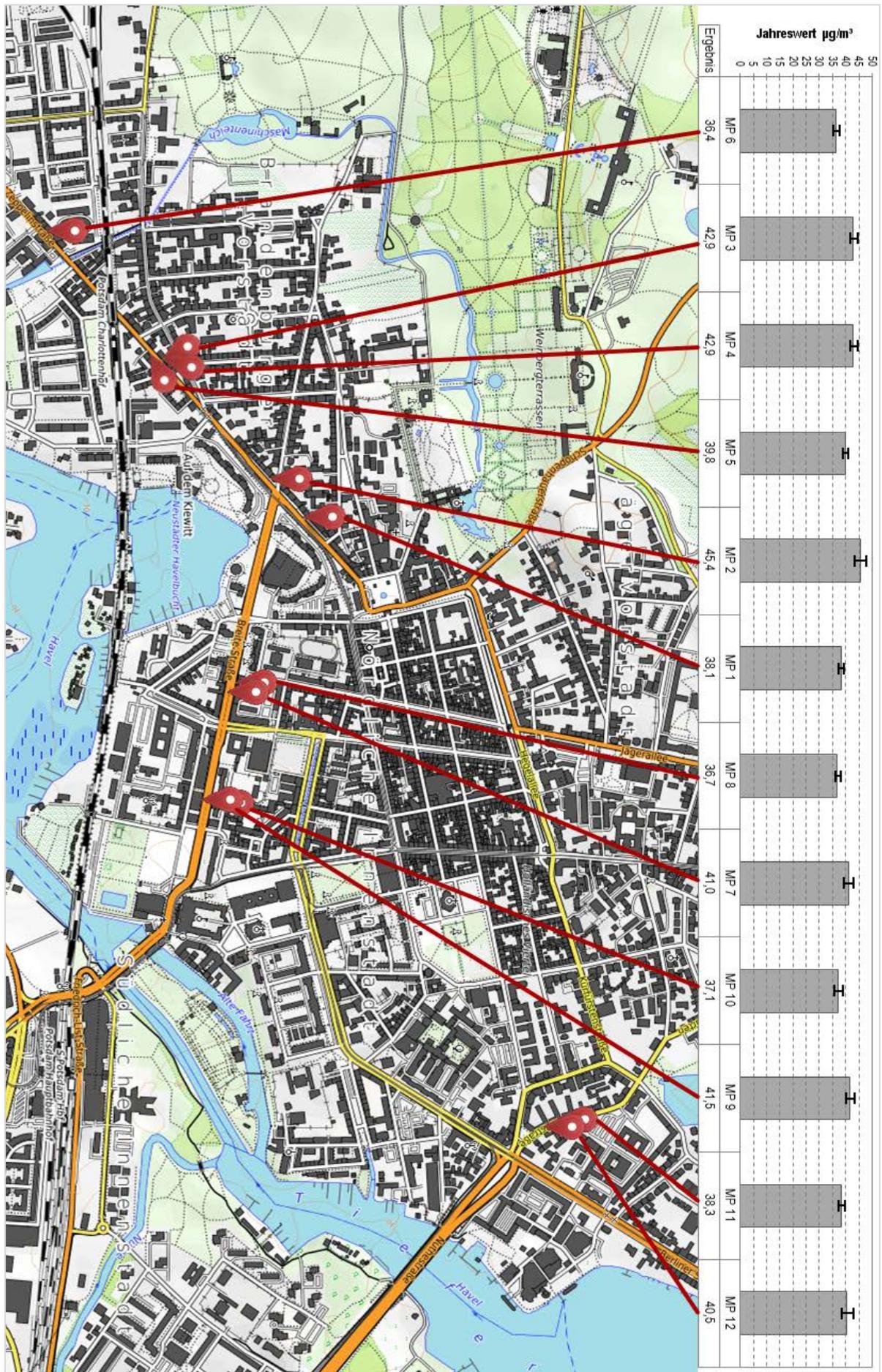


Abb. 13: Ergebnisse der Passivsammler-Messkampagne in Potsdam – NO₂-Jahreswerte 2016 (kalibriert) zu allen Untersuchungspunkten, Fehlerbalken: relative Standardabweichung als Mittel der Einzelproben jedes Standorts, Kartendaten: © [OpenStreetMap](#)-Mitwirkende, [SRITM](#) | Kartendarstellung: © [OpenTopoMap](#) (CC-BY-SA)

5 Auswertung

5.1 Bewertung des Messcontainerstandortes

Die Ergebnisse der Messkampagne zeigen klar die adäquate Positionierung der Luftgütemessstelle Potsdam, Zeppelinstr. für die repräsentative Beurteilung der NO₂-Immissionskonzentration am Ort der höchsten Belastung entsprechend der gesetzlichen Maßgabe. Abgesehen vom Messpunkt 2, dessen Repräsentativität nicht den Anforderungen aus der EU-Luftqualitätsrichtlinie bzw. 39. BImSchV entspricht, wurde am bestehenden Messcontainer der höchste Jahresmittelwert aus dem Profil aller Passivsammler bestimmt.

Bereits auf der gegenüberliegenden Straßenseite (MP 5) liegt die Belastung deutlich niedriger, gar unterhalb des Grenzwerts. Ebenso weiter stadtauswärts (MP 6) sowie Richtung Luisenplatz (MP 1). Die nächsthöher belasteten Straßenabschnitte wurden hingegen in der Breiten Str. und der Behlertstr. festgestellt und nicht – wie möglicherweise zu erwarten wäre – in anderen Bereichen der Zeppelinstr. selbst. Die dortigen Messpunkte mit den jeweils höchsten Ergebnissen überschreiten den Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel von 40 µg/m³. Jedoch fallen diese Überschreitungen geringer aus als in der Zeppelinstraße. Wenn Maßnahmen der Luftreinhaltung die NO₂-Konzentration im Straßenabschnitt am Messcontainer auf das erlaubte Niveau zu senken vermögen, sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auch vergleichbaren Effekte an den eng korrelierten Untersuchungsbereichen der anderen Straßen zu erwarten. Es wird deutlich, warum eine Messverpflichtung für alle potenziell überschrittenen Straßenabschnitte gleichzeitig nicht gesetzlich vorgesehen ist.

Der derzeitige Standort des Messcontainers ist in der Gesamtschau der in Frage kommenden, verehrbelasteten Hotspots in Potsdam aktuell (2016) als nahezu optimal im Sinne der gesetzlichen Beurteilung der Luftqualität zu bewerten.

Die Messkampagne des LfU wurde zu einer durchaus günstigen Zeit durchgeführt: Die Vorbereitungen für einen später Beispiel gebenden Feldversuch der Stadtverwaltung [10] waren in vollem Gange. Durch eine Reduzierung der Fahrspuren und Umgestaltung der Verkehrsführung sowie mit weiteren flankierenden Maßnahmen sollte (endlich) die Einhaltung der Luftqualitätsgrenzwerte in der Zeppelinstraße erreicht werden. Da die konkrete Umsetzung in 2016 jedoch noch nicht stattfand, entsprechen die Untersuchungsmessergebnisse dem letztmöglichen „Vorher“-Zustand.

Die Änderung der Verkehrsführung erfolgte erst nach der Passivsammler-Kampagne. Als Auswirkung dessen ist eine Verschiebung des Belastungsschwerpunktes durch Ausweichverkehre nicht auszuschließen – womit erneut die Verlagerung des Messstandortes erforderlich werden könnte. Es wäre zudem zu vermeiden, dass Maßnahmen nur am Ort der bisherigen Erfassung eine Verbesserung vortäuschen, vielmehr sollten weiträumig positive Effekte für die Luftqualität erzeugt werden.

Gegebenenfalls wird eine identische oder erweiterte Messkampagne in Begleitung bzw. als nachsorgende Wirkungsuntersuchung der von der Stadt Potsdam umgesetzten Luftreinhaltmaßnahmen diskutiert werden müssen. Dies könnte z.B. nach Abschluss des Modellversuchs [11] bzw. bei Beibehaltung der geänderten Verkehrskonzeption der Fall sein.

5.2 Modell und Messwerte

In Vorbereitung der vorliegenden Profilvermessung mit Passivsammlern wurden modellierte Konzentrationsnetze bzw. -karten zur Identifizierung potenzieller Belastungshotspots verwendet. Daher besteht auch ein Interesse daran, in wieweit dieses Vorgehen dafür geeignet ist. Der Modellkarte (vgl. Abb. 1) liegt eine PROKAS-Modellierung zugrunde (weitere Informationen siehe [12]). Straßenabschnitte mit vergleichbarer Bebauung sowie die Verkehrsmenge und Zusammensetzung (Flotte) des Jahres 2014 bilden das Gerüst dieser Methodik.

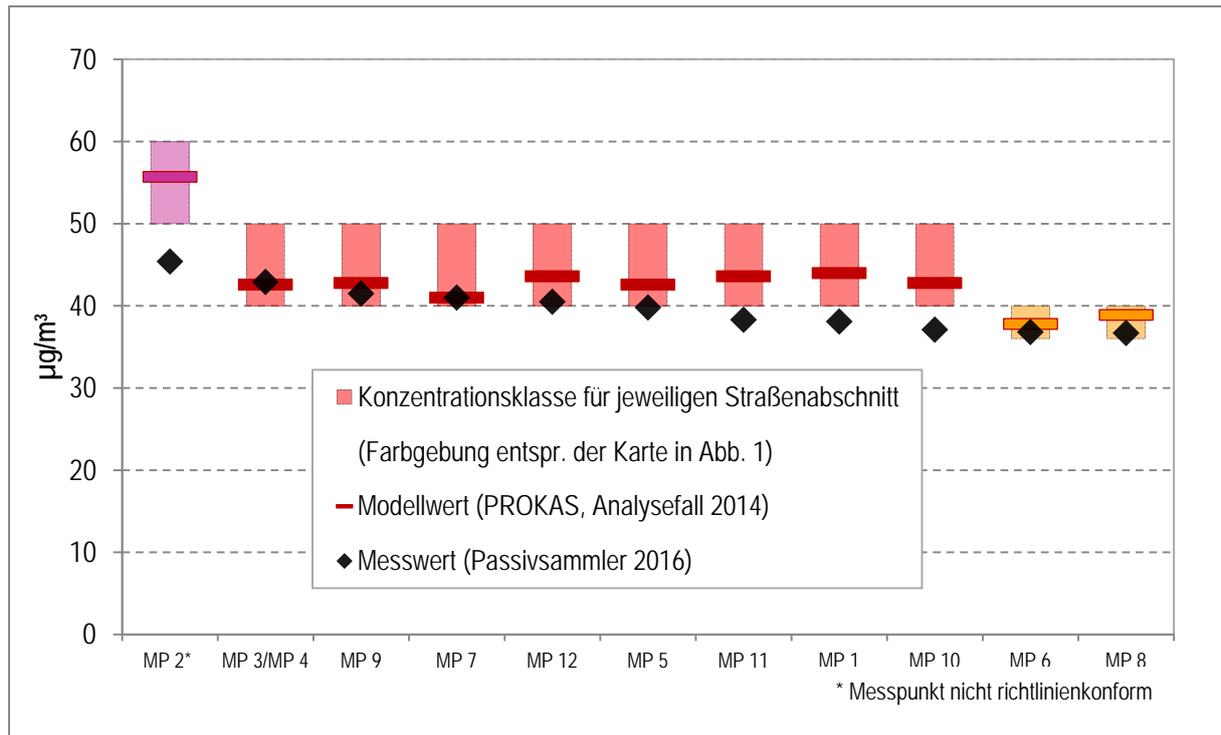


Abb. 14: Gegenüberstellung der Ergebnisse aus der Modellierung (Prokas) inkl. der in Abb. 1 dargestellten Belastungsklasse und den Messergebnissen der Passivsammler (2016)

In PROKAS werden Schadstoffkonzentrationen für den Bereich nahe der Gebäudefluchtlinie und in einer Atemhöhe von 1,50 m berechnet. Der innerhalb jedes typisierten, ca. 100 m langen Straßenabschnitts höchste berechnete Wert wird diesem Straßenabschnitt zugewiesen. Gewissermaßen wird also der ungünstigste Belastungsfall simuliert, dem beispielsweise ein Anwohner ausgesetzt wäre.

In Abb. 14 sind die Modellwerte des Berechnungsfalls 2014 den Jahresmittelwerten (passiv) des Jahres 2016 direkt gegenübergestellt. Mit Kenntnis obiger Erläuterung ist nachvollziehbar, warum der resultierende Konzentrationsbereich (Streifen) tendenziell über den gemessenen Werten liegt: die Messpunkte fallen nicht unbedingt mit dem für das Modell höchstbelasteten Punkt zusammen. Vielmehr waren bei der messtechnischen Erfassung durch das LfU – wie beschrieben – auch die Standortkriterien (z.B. Kreuzungs-/Straßen-/Hausabstand) und die vorhandenen Installationsmöglichkeiten entscheidend zu berücksichtigen. Außerdem spielt der Unsicherheitsbereich sowohl von Modell als auch der Messergebnisse eine Rolle, genauso wie die Emissionen der Fahrzeugflotte im Messjahr (2016) sicherlich geringer sind als die der Berechnung für das Bezugsjahr 2014 zu Grunde gelegten.

5.3 Schlussfolgerungen

Die Messkampagne hat für das Landesamt für Umwelt bestätigt, dass die vergleichsweise einfachen und kostengünstigen Messungen mit Passivsammlern auch beim Stickstoffdioxid eine qualitativ adäquate Methode sind und zugleich praktikabel im Routinebetrieb für flächenbezogene Vergleichsmessungen integrierbar sein können. Die erhaltenen Rohergebnisse erfüllen die Qualitätsanforderungen für ortsfeste Messungen entsprechend LQ-RL bzw. 39. BImSchV.

Sollen die ermittelten Konzentrationswerte direkt mit denen eines Referenzmessgerätes aus einem Messcontainer verglichen werden, sind Installationspunkte in vergleichbarer Messhöhe und Entfernung von der

Fahrbahn notwendig. In der Praxis ist dies allerdings selten umsetzbar, weshalb entsprechende Vergleichsmessungen an einem (besser: mehreren) Containerstandorten empfehlenswert sind. Die Sinnhaftigkeit der Anwendung von daraus abgeleiteten Korrekturfunktionen sollte individuell für jeden Passivsammler-Standort hinterfragt werden. Der Vergleich von derart modifizierten Ergebnissen mit den Prognosewerten eines etablierten Immissionsmodells fällt unter Beachtung o.g. Erläuterungen insgesamt schlüssig aus. Aus Modellergebnissen hervorgegangene Karten/Profile etc. eignen sich im Umkehrschluss durchaus als eines der Planungsinstrumente für Profilmessungen und Sondermesskampagnen.

Nachteil der Passivmethode ist und bleibt die zeitliche Verzögerung von der Messung zum Analyseergebnis, die bei extern vergebener Laborleistung naturgemäß am größten ist. Ebenso ist die zeitliche Auflösung der Werte methodenbedingt auf die Länge des Probenahmezeitraums eingeschränkt, weshalb eine Beurteilung hinsichtlich Kurzzeitgrenzwerten (1h-Grenzwert für NO₂: 200 µg/m³, nicht öfter als 18-mal im Kalenderjahr) nicht möglich ist. Im Land Brandenburg ist dies unproblematisch, denn die kontinuierlichen Messungen zeigen seit vielen Jahren keine derartigen Überschreitungen mehr auf.

Deutlich wurde zudem, dass eine umfangreiche Kenntnis der Messorte und deren Dokumentation auch für Passivsammler angebracht ist, um deren Ergebnisse richtig einordnen und ggf. korrigieren zu können. Die Verwendung von Werten weniger oder gar einzelner Probendurchläufe für die Beurteilung von bzw. Prognose für ein komplettes Messjahr ist aus hiesiger Sicht absolut unangebracht. Für mögliche spätere Kampagnen des LfU wird im Gegenteil sogar Wert auf eine zeitlich sowie probenmäßig umfanglicher angelegte Messung sowie Dokumentation gelegt werden.

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: 12.03.2018).
- [2] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa, verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUri-Serv.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:de:PDF> (letzter Zugriff: 12.03.2018).
- [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: 03.07.2018).
- [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 1 der Verordnung vom 10. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2244) geändert worden ist, verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/39_BlmSchV.pdf (letzter Zugriff: 13.03.2018).
- [5] VMZ BERLIN BETREIBERGESELLSCHAFT mbH, 2007: Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Landeshauptstadt Potsdam nach § 47 BImSchG. Stadt- und verkehrsplanerische Lösungen, immissionsschutzseitige Beurteilung und Vorbereitung von Maßnahmen. MLEV (Hrsg.), verfügbar unter http://www.lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lrp_pdm.pdf (letzter Zugriff: 20.06.2018)
- [6] GIEHLER, R; DIEGMANN, V; & E. HEINRICHS, 2012: Luftreinhalte- und Qualitätsplan für die Landeshauptstadt Potsdam. Fortschreibung 2010-2015. MUGV (Hrsg.), verfügbar unter http://www.lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lrp_pdm_sb.pdf (letzter Zugriff: 12.03.2018).
- [7] SCHWEIZERISCHE AKKREDITIERUNGSSTELLE: STS-Verzeichnis, Akkreditierungsnummer: STS 0149, verfügbar unter <https://www.sas.admin.ch/dam/sas/de/dokumente/Wie%20wird%20meine%20Stelle%20akkreditiert/Pr%C3-%BCflaboratorien%20STS/302.pdf.download.pdf/302d.pdf> (letzter Zugriff: 27.03.2018).
- [8] 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: 27.03.2018).
- [9] PASSAM AG (2012): Kenndaten Passivsammler für Stickstoffdioxid, verfügbar unter www.passam.ch/wp/wp-content/uploads/2017/01/de_NO2lt_2012.pdf (letzter Zugriff: 27.03.2018).
- [10] LANDESHAUPTSTADT POTSDAM (Hrsg.), 2017: Sauberer sicherer leiser. Modellversuch in der Zeppelinstraße. Informationsflyer verfügbar unter <https://www.potsdam.de/sites/default/files/documents/fl-zeppelinstr-2017-www.pdf> (letzter Zugriff: 14.06.2018)
- [11] LANDESHAUPTSTADT POTSDAM (Hrsg.): Pressemitteilung Nr. 122 vom 27.02.2018. Besser mobil. Besser leben: Positives Ergebnis des Modellversuchs Zeppelinstraße, verfügbar unter <https://www.potsdam.de/node/330684> (letzter Zugriff: 12.06.2018).
- [12] INGENIEURBÜRO LOHMEYER GmbH & Co. KG: Arbeitsmethodenbeschreibung PROKAS, verfügbar unter <http://www.lohmeyer.de/de/content/ueber-uns/arbeitsmethoden/numerische-modelle/prokas> (letzter Zugriff: 20.06.2018)

**Ministerium für Ländliche Entwicklung,
Umwelt und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg**

Landesamt für Umwelt

Büro des Präsidenten | Presseanfragen | Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2

14176 Potsdam OT Groß Glienicke

Tel: 033201 442-127

Fax: 033201 43678

E-Mail: infoline@lfu.brandenburg.de

www.lfu.brandenburg.de

