



LUFTGÜTEMESSDATEN

Jahresbericht 2020

Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz

BERLIN



Impressum

Herausgeber:

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
Berliner Luftgütemessnetz
Brückenstraße 6
10179 Berlin
Tel.: 030-9025-0

Bearbeitung:

Dr. Paul Herenz, Dr. Katja Grunow, Dr. Heike Kaupp, Sebastian Clemen, Dr. Andreas Kerschbaumer
Unter Mitarbeit von:
Jasper Bertheau, Gregor Bukalis, Dr. Michael Hofmann, Anton Koppetsch, Sylvia Krüger, Marcel Krysiak, Benjamin Neef, Jörg Preuß, Michaela Preuß, Martin Schacht, Nadine Sommerfeld, Ida Steuck, Philipp Tödter, Monika Weiß

Stand:

Oktober 2021

Bezug des Berichts bei:

Dr. Paul Herenz
Tel.: 030-9025-2319 / Fax: 030-9025-2952
E-Mail: paul.herenz@senumvk.berlin.de

Titelbild:

Das Titelbild zeigt den Messwagen (MW088) an seinem letzten Standort in der Leipziger Straße 20. Die Messungen mit dem Messwagen wurden im Dezember 2020 eingestellt. (Quelle: SenUVK, Berliner Luftgütemessnetz)

Zusätzliche Informationen:

Das Berliner Luftgütemessnetz stellt erweiternd zu den Monats- und Jahresberichten eine Vielzahl der erhobenen Messdaten im Onlineportal unter <https://luftdaten.berlin.de/lqi> zur Verfügung. Der zeitliche Verlauf der Luftschadstoffkonzentrationen kann dort in individuell einstellbaren Zeiträumen und Messperioden dargestellt und als CSV-Datei heruntergeladen werden. Für einen schnellen Überblick werden die die Konzentrationen von Stickstoffdioxid, PM₁₀, Ozon und Kohlenmonoxid zu einem Luftqualitätsindex zusammengestellt. Erweitert wird dieses Angebot in Form der App des Berliner Luftgütemessnetzes „Berlin Luft“.

Weitere Informationen zur Luftqualität in Berlin, zum Berliner Luftgütemessnetz und zur Luftreinhaltung in Berlin finden Sie unter <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/luft/>.

Kurzfassung

Nach einer allmählichen Abnahme der Schadstoffkonzentrationen in den vergangenen 20 Jahren wurde nach 2019 auch im Jahr 2020 vor allem für die prominenten Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Partikel-PM₁₀ (Feinstaub) erneut ein außergewöhnlich starker Rückgang beobachtet. Und damit nicht genug: An allen Stationen des Berliner Luftgütemessnetzes wurde 2020 die niedrigste Immissionsbelastung mit NO₂ und PM₁₀ seit Beginn der Messungen festgestellt.

Stickstoffdioxid: erstmals flächendeckende Grenzwerteinhaltung im Jahr 2020

Das schwerwiegendste Problem hatte Berlin in den vergangenen Jahren mit der NO₂-Belastung an Hauptverkehrsstraßen, an welchen der Grenzwert von 40 µg/m³ für das Jahresmittel meist deutlich überschritten wurde. Genau hier wurden im Jahr 2020 die größten Verbesserungen erzielt: Die NO₂-Belastung sank an den Containermessstellen von 2019 auf 2020 im Mittel um 16 % (6 µg/m³) und an Passivsammlermessstellen sogar um 18 % (7 µg/m³). Der höchste Rückgang wurde dabei mit bis zu 15 µg/m³ in der Leipziger Straße festgestellt, weshalb im Jahresbericht 2020 auf die Entwicklung der NO₂-Belastung in der Leipziger Straße in einem Extraabschnitt eingegangen wird. Damit wurde 2020 erstmals auch an allen Verkehrsmessstellen der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel eingehalten – im Vorjahr wurde er noch an 18 Messstellen überschritten.

Diese bemerkenswerte Entwicklung verdeutlicht, dass die Ursachen der Schadstoffbelastungen in Berlin richtig erkannt wurden und im Rahmen der Berliner Luftreinhalteplanung zielgerichtete und wirkungsvolle Maßnahmen umgesetzt wurden. Dabei lag und liegt der Fokus darauf, den motorisierten Verkehr in der Berliner Innenstadt zu verringern und die Stärkung des Umweltverbundes aus öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV), Rad- und Fußverkehr voranzutreiben. Wichtige Maßnahmen in diesem Zusammenhang sind die Modernisierung der BVG-Busflotte – 2030 soll diese zu 100 % aus elektrisch angetriebenen Fahrzeugen bestehen –, Tempo-30-Anordnungen und Durchfahrverbote für Diesel-Pkw bis einschließlich Euro 5/V. Aber auch die generelle Erneuerung der Kfz-Flotten, mit einem steigenden Anteil von Euro VI und 6d-TEMP Fahrzeugen, hat einen Anteil an dieser positiven Entwicklung. Als Konsequenz daraus können 2021 vier der acht derzeit bestehenden Durchfahrverbote wieder entfallen.

Einen weiteren Faktor bei der Einordnung der NO₂-Belastung im Jahr 2020 stellt der Einfluss der Maßnahmen zur Eindämmung der Coronapandemie auf die Luftqualität dar. Der Rückgang der NO₂-Belastung an verkehrsnahen Messstellen auf Grund des Verkehrsrückganges im ersten Lockdown im März und April 2020 wurde auf mindestens 15 % abgeschätzt. Eine Normalisierung der Verkehrszahlen könnte demnach in Zukunft auch wieder zu einer leichten Zunahme der NO₂-Belastung an verkehrsreichen Straßen führen. Da der Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m³ an einigen Stationen nur knapp eingehalten wurde, können erneute Überschreitungen dieses Grenzwertes demnach nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Partikel-PM₁₀: 2020 geltender Zielwert der WHO nur knapp verfehlt

Die Immissionsgrenzwerte für Partikel-PM₁₀ (Feinstaub) werden in Berlin schon seit einigen Jahren flächendeckend eingehalten. Im Jahr 2020 konnte die PM₁₀-Belastung erneut stark reduziert werden. Die Jahresmittelwerte lagen an allen Messstellen auf dem niedrigsten Niveau seit Beginn der PM₁₀-Messungen im Berliner Luftgütemessnetz. Dabei fiel der Rückgang von 2019 auf 2020 mit 3 µg/m³ (14 %) in der Schildhornstraße (MC117) und der Leipziger Straße (MW088) am höchsten aus. In der Schildhornstraße, der Leipziger Straße und der Karl-Marx-Straße (MC220) wurde mit Jahresmittelwerten zwischen 18 µg/m³ und 20 µg/m³ sogar erstmals der bis 2020 von der Weltgesundheitsorganisation empfohlene PM₁₀-Langzeit-Zielwert von 20 µg/m³ eingehalten. An den anderen drei Straßenmessstellen lagen die PM₁₀-Jahresmittelwert nur knapp über diesem Zielwert. Die meisten Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ gab es mit einer Anzahl von 9 in der Silbersteinstraße (MC143) – erlaubt sind 35 Überschreitungen pro Jahr. Auch dies ist die geringste Anzahl, die im Berliner Luftgütemessnetz verzeichnet wurde, seit dieser Grenzwert in Kraft trat. Vorangetrieben wurde diese Entwicklung durch Maßnahmen wie die Einrichtung der Umweltzone (2008/2010) mit der Strategie „kein Diesel ohne Rußfilter“ und Tempo-30-Anordnungen. Durch eine reduzierte Geschwindigkeit werden sowohl die Motorenemissionen als auch die durch Abrieb und Aufwirbelung entstehenden Partikel vermindert. Neben dem Straßenverkehr tragen die Emissionen aus sogenannten Komfort-Öfen, welche als Zusatzheizung mit Holz betrieben werden, erheblich zur Partikelbelastung bei. An kalten Tagen stammen im Mittel 12 % der Partikel aus dieser Quelle. Hier besteht durch technische Lösungen, wie die im Rahmen des Umweltzeichens „Blauer Engel“ vorgeschriebenen Partikelfilter, auch weiterhin noch ein hohes Minderungspotential.

Das Berliner Luftgütemessnetz passt sich an

Das Berliner Luftgütemessnetz wird fortlaufend weiterentwickelt, um die Luftqualität in Berlin optimal zu überwachen. So wurde die Messung von Schwefeldioxid (SO₂) im Juni 2020 eingestellt, weil die Immissionsbelastung schon seit etwa 2010 auf einem nahezu konstanten und sehr niedrigen Niveau liegt.

Auch in 2020 war die Erweiterung des Messnetzes ein Schwerpunkt: So wurde die Zahl der sogenannten Passivsammler zur Bestimmung der NO₂-Belastung um weitere acht erhöht. Außerdem wurde an der stark belasteten Leipziger Straße im März 2020 ein neuer Messcontainer in Betrieb genommen und an der Forschungsmessstelle an der Stadtautobahn A100 die Messung von Stickstoffoxiden wieder aufgenommen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Überwachung der Luftqualität in Berlin	7
	2.1 Das Berliner Luftgütemessnetz.....	7
	2.2 Grenz- und Zielwerte nach 39. BImSchV	12
3	Verfügbarkeit der Messdaten	13
4	Witterung im Jahr 2020 und ihr Einfluss auf die Konzentrationen von Luftschadstoffen	14
	Temperatur	14
	Sonnenscheindauer	15
	Niederschlag	15
	Wind	17
5	Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2020	18
	5.1 Kennwerte und Beurteilung der Belastung von Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO ₂) und Stickstoffoxiden (NO _x).....	18
	Stickstoffdioxid (NO ₂).....	19
	Langzeittrend von Stickstoffdioxid	22
	Die Entwicklung der NO ₂ -Belastung in der Leipziger Straße als Beispiel für erfolgreiche Luftreinhalteplanung	24
	Stickstoffoxide.....	27
	5.2 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für PM ₁₀ und PM _{2,5} sowie für den AEI.....	28
	PM ₁₀	28
	Langzeittrend für PM ₁₀	29
	PM _{2,5}	30
	Average Exposure Indicator (AEI).....	30
	Langzeittrend von PM _{2,5} und AEI	31
	5.3 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Staubinhaltsstoffe.....	33
	Benzo(a)pyren in PM ₁₀	33
	Schwermetalle in PM ₁₀	33
	EC und OC	34
	5.4 Kennwerte und Beurteilung der Belastung von Ozon	37
	Ozon	37
	AOT.....	38
	Langzeittrend von Ozon.....	38
	5.5 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Kohlenstoffmonoxid und Benzol.....	41
	Kohlenstoffmonoxid und Benzol.....	41
	5.6 Langzeittrend von Schwefeldioxid (SO ₂)	42
6	Einfluss des Frühjahr-Lockdowns auf die Luftqualität	43
	6.1 Der Luftschadstoff-Verkehrsbeitrag vor und während des Lockdowns	43
	6.2 Die Witterung vor und während des Lockdowns.....	46
	6.3 Studie von Air Quality Consultants.....	47
	Begriffsbestimmungen und Abkürzungen	49

Abbildungsverzeichnis.....	51
Tabellenverzeichnis	53
Literaturverzeichnis.....	54

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Jahresbericht informiert über die Luftschadstoffbelastung in Berlin im Jahr 2020. Berlin ist, wie alle deutschen Bundesländer, nach § 44 (1) des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) verpflichtet, die Luftverunreinigung kontinuierlich zu überwachen. In der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV), welche der Umsetzung der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG in deutsches Recht dient, sind z.B. Grenz- und Zielwerte für die einzelnen Luftschadstoffe, Art und Umfang der Messungen sowie Vorgaben zu Messverfahren und Messstellenplatzierung festgelegt.

Wie die Überwachung der Luftqualität in Berlin umgesetzt wird und welche Grenz- und Zielwerte gelten, ist in Kapitel 2 „Überwachung der Luftqualität in Berlin“ dargestellt. Das Kapitel 3 enthält eine Übersicht über die Verfügbarkeit der Messdaten. Die meteorologische Situation in Berlin im Jahr 2020 wird in Kapitel 4 „Witterung im Jahr 2020 und ihr Einfluss auf die Konzentrationen von Luftschadstoffen“ anhand von Messdaten der DWD-Station Berlin-Dahlem dargestellt. Anschließend werden die Ergebnisse der Messungen der wichtigsten Luftschadstoffe sowie die langfristige Entwicklung der Konzentrationen im Kapitel 5 „Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2020“ präsentiert und erörtert. Abschließend erfolgt in Kapitel 6 eine Sonderbetrachtung zur Coronakrise und wie die Maßnahmen zur Eindämmung von Covid-19 auf die Luftqualität wirkten.

2 ÜBERWACHUNG DER LUFTQUALITÄT IN BERLIN

2.1 Das Berliner Luftgütemessnetz

Die Überwachung der Luftqualität ist in Deutschland eine Aufgabe der Bundesländer, die Berlin bereits seit Mitte der 1970er Jahre mit seinem Luftgütemessnetz wahrnimmt.

Um die Luftqualität im Hinblick auf die menschliche Gesundheit beurteilen zu können, sind gemäß 39. BImSchV einerseits Daten in Bereichen mit den höchsten Werten zu erheben, denen die Bevölkerung direkt oder indirekt über einen im Vergleich zum jeweiligen Grenzwert relevanten Zeitraum ausgesetzt ist. Zum anderen müssen Daten gewonnen werden für Bereiche, deren Belastung für die Exposition der Bevölkerung allgemein repräsentativ ist.

Konkret heißt dies in Berlin:

- Für viele Luftschadstoffe, allen voran Partikel PM₁₀ und Stickstoffdioxid (NO₂), ist die Belastung an Hauptverkehrsstraßen am höchsten. Für Ozon, das aus sogenannten Vorläufersubstanzen gebildet wird, werden dagegen die höchsten Konzentrationen am Stadtrand beobachtet.
- Für alle Luftschadstoffe werden die für die Belastung der Bevölkerung allgemein relevanten Werte in den Wohngebieten der Innenstadt gemessen.

Um diese „Belastungsregime“ abzudecken, erfüllt jede Messstelle des Berliner Luftgütemessnetzes die Charakteristik einer der drei Kategorien „Verkehr“, „städtischer Hintergrund“ oder „Stadtrand“. Am Stadtrand kann auch festgestellt werden, welcher Anteil der Schadstoffe von außerhalb des Stadtgebietes kommt. Die Kenntnis dieses Beitrages ist wichtig, um eine fundierte Ursachenanalyse durchführen zu können und adäquate Maßnahmen zur Senkung der Schadstoffbelastung für die Berliner Bevölkerung umzusetzen. Im Jahr 2020 betrieb das Berliner Luftgütemessnetz Messstellen an 58 Standorten, darunter 18 Messstationen (17 Container und ein Messwagen) zur Überwachung der

Was hat sich im Jahr 2020 im BLUME geändert?

Das Berliner Luftgütemessnetz wird fortlaufend weiterentwickelt, damit die Luftqualität in Berlin stets optimal überwacht wird. Im Jahr 2020 gab es deshalb die folgenden Änderungen:

- + **MS622-MS627:** Seit Beginn des Jahres wird an sechs neuen Messstellen die NO₂-Belastung mit Passivsammlern bestimmt.
- + **MC014:** Ende Februar 2020 wurde die automatische Messung von Stickstoffoxiden an der Forschungsmessstelle am Lerschpfad 7 wiederaufgenommen.
- + **MC190:** Ende März 2020 wurde in der Leipziger Straße 5 eine neue Straßenmessstelle zur automatischen Messung von Partikeln PM₁₀ und PM_{2,5} sowie von Stickstoffoxiden in Betrieb genommen.
- **MW088:** Im Dezember 2020 wurde der Messwagen, welcher als mobile Messstation für Projekte und zur messtechnischen Begleitung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung eingesetzt wurde, außer Betrieb genommen. Zuletzt befand sich der Messwagen in der Leipziger Straße 20.
- **SO₂:** Auf Grund des starken Rückgangs der SO₂-Belastung in den vergangenen 30 Jahren wurde im Juni 2020 die letzte Messung mit dem Referenzverfahren an der Messstelle in der Frankfurter Allee (MC174) eingestellt.

Luftqualität gemäß der 39. BImSchV (vgl. Abbildung 1 und Tabelle 1), von denen acht verkehrsnah und jeweils fünf in innerstädtischen Wohngebieten und am Stadtrand platziert waren.

Tabelle 1: Standorte der Luftgütemesscontainer und gemessene Komponenten (Stand 06/2020)

Nr.	Standort	Messkomponenten									
		PM ₁₀ bzw. PM _{2,5} Gravimetrie	PM _x Inhaltsstoffe ¹⁾	PM ₁₀ -/PM _{2,5} -Automat	SO ₂	NO/NO ₂ /NO _x ²⁾	CO	O ₃	BTX	BC ³⁾	Met ⁴⁾
Stadtrand											
MC027	Marienfelde					x		x			
MC032	Grunewald			x		x		x			M
MC077	Buch	PM ₁₀ ; PM _{2,5}	PAK	x		x		x		x	
MC085	Friedrichshagen			x		x		x			
MC145	Frohnau					x		x			
Innerstädtischer Hintergrund											
MC010	Wedding	PM _{2,5}		x		x		x		x	
MC018	Schöneberg					x					
MC042	Neukölln	PM ₁₀ ; PM _{2,5}	EC/OC, Al, PAK, SM	x		x		x	x	x	T,F
MC171	Mitte	PM ₁₀ ; PM _{2,5}		x		x					
MC282	Karlshorst					x					
Verkehr											
MC115	Hardenbergplatz			x ⁵⁾		x					
MC117	Schildhornstraße	PM ₁₀	PAK	x		x	x				
MC124	Mariendorfer Damm			x		x					
MC143	Silbersteinstraße			x		x					
MC174	Frankfurter Allee	PM ₁₀ ; PM _{2,5}	EC/OC, Al, PAK, SM	x	x ⁷⁾	x	x	x	x	x	
MC220	Karl-Marx-Str.			x		x					
MC190	Leipziger Str. 5			x ⁶⁾		x ⁶⁾					
MW088	Leipziger Str. 20			x		x	x	x			

1) PM_x-Inhaltsstoffe = Inhaltsstoffe der PM₁₀- bzw. PM_{2,5}-Fraktion, siehe folgende Anmerkungen:

EC/OC = Kohlenstoff-Bestimmung: elementarer und organischer Kohlenstoff wird mit dem EUSAAR2-Protokoll mit der Reflektionsmethode bestimmt (aus PM₁₀- und PM_{2,5}-Filterproben). Zusätzlich werden die Daten der Transmissionskorrektur erhoben.

PAK = Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (aus PM₁₀-Filterproben)

SM = Schwermetalle (aus PM₁₀-Filterproben)

Al = Anorganische Ionen: Ammonium, Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium, Chlorid, Nitrat, Sulfat (aus PM₁₀- und PM_{2,5}-Filterproben)

2) Stickstoffoxide (NO₂ und NO): die Summe der Volumenmischungsverhältnisse von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) ergibt NO_x

3) BC = Black Carbon (Schwarzer Kohlenstoff): wird mittels Aethalometer (AE33) in einem automatischen Verfahren durch Erfassung der Lichtabsorption bei 880 nm in der PM_{2,5}-Fraktion erfasst.

4) Meteorologie

T = Temperatur,

F = rel. Feuchte,

M = verschiedene meteorologische Parameter, zum Teil in 27 Meter Höhe: Temperatur, rel. Feuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Strahlungsbilanz

5) Messungen im Rahmen eines Forschungsprojektes; keine Messungen gemäß 39. BImSchV

6) Der Messbeginn des MC190 war am 26.03.2020, so dass sich für 2020 nach den Datenqualitätszielen der 39. BImSchV keine gültigen Jahresmittelwerte berechnen lassen.

7) Die Schwefeldioxidmessung wurde am 01.06.2020 eingestellt, so dass sich für 2020 kein gültiger Jahresmittelwert berechnen lässt.

An allen Messcontainern wurden Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid (mit dem Chemolumineszenzverfahren), an vierzehn Stationen Partikel PM₁₀ und PM_{2,5} (durch Streulichtmessung), an neun Stationen Ozon (durch Absorption von UV-Strahlung), an drei Stationen Kohlenmonoxid (durch Absorption von Infrarotstrahlung) und an zwei Stationen Benzol (durch Gaschromatographie) gemessen. Neben dem automatischen Messverfahren für PM₁₀ wurden in sechs Messcontainern auch Probenahmegeräte zur Bestimmung von PM₁₀ und/oder PM_{2,5} mit dem gravimetrischen Referenzverfahren gemäß EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG betrieben. In einem Teil dieser Partikelproben wurden Benzo(a)pyren, Blei, Arsen, Cadmium und Nickel analysiert und mit den jeweiligen Grenz- bzw. Zielwerten verglichen. Außerdem erfolgten Kohlenstoff- und Ionenanalysen (siehe Tabelle 1).

Zusätzlich wurde ein Messwagen (MW088) betrieben, der seit Dezember 2017 zur messtechnischen Begleitung des Tempo-30-Verkehrsversuchs in der Leipziger Straße zum Einsatz kam. Der Messwagen wurde am 07.12.2020 außer Betrieb genommen, die Datenqualitätsziele der 39. BImSchV für gültige Jahresmittelwerte wurden bis zum Tag der Einstellung erfüllt. Um Maßnahmen zur Senkung der Luftschadstoffbelastung in der Leipziger Straße weiterhin messtechnisch begleiten zu können, wurde bereits Ende März 2020 eine neue Containermessstelle in der Leipziger Straße (MC190) zur Messung von Stickstoffoxiden und PM₁₀ sowie PM_{2,5} in Betrieb genommen. Der MC190 wurde in der Leipziger Straße 5 installiert, welche laut Modellrechnungen die bis dahin am stärksten belastete Stelle in der Leipziger Straße war. Mit der Wiederaufnahme der seit 2005 stillgelegten Messung von Stickstoffoxiden an der Forschungsmessstelle am Lerschpfad 17 (MC014) wird seit Ende Februar 2020 zudem wieder die NO₂-Belastung in der Nähe der Stadtautobahn A100 abgeschätzt. Der Standort dieser Messstelle erfüllt nicht die Vorgaben der 39. BImSchV, so dass die erhobenen Messwerte nicht zur Beurteilung der Luftqualität gemäß 39. BImSchV herangezogen werden. Das Containermessnetz wird in Berlin bereits seit Mitte der 1990er Jahre durch kleine, an Straßenlaternen befestigte „Ruß- und Benzol-Immissionsammler“ (RUBIS) und Passivsammler ergänzt. Sie sind insbesondere für die Erfassung der Belastung aus dem Straßenverkehr eine wichtige Ergänzung der Datengrundlage, weil Emissionen aus dem Verkehrssektor für die meisten Schadstoffe einen erheblichen Teil zur Immissionsbelastung beitragen, in engeren Straßen der Innenstadt aber schon aus Platzgründen keine großen Messcontainer betrieben werden können. Mit den RUBIS-Probenahmegeräten und den Passivsammlern für Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide wurde im Jahr 2020 an 23 zusätzlichen Stellen im Berliner Stadtgebiet die Belastung mit EC und OC (RUBIS) und an 42 zusätzlichen Stellen (Passivsammler) die Belastung mit Stickstoffoxiden in zweiwöchiger Auflösung ermittelt. Insbesondere für Stickstoffdioxid sind die an diesen Stellen ermittelten Jahresmittelwerte eine wichtige zusätzliche Beurteilungsgrundlage. Nachdem 2019 bereits 13 neue Stickstoffdioxid-Passivsammler in Betrieb genommen wurden, erfolgte im Jahr 2020 eine erneute Erweiterung des Messnetzes um sechs weitere Stickstoffdioxid-Passivsammler. Diese 19 neuen Passivsammlerstandorte wurden so ausgewählt, dass einerseits gerichtlich angeordnete Durchfahrtsverbote und Tempo-30-Strecken an Hauptverkehrsstraßen messtechnisch begleitet und andererseits die mit Modellen errechneten hohen NO₂-Konzentrationen überprüft werden können. Die Messungen werden durch Modellrechnungen für alle Straßenabschnitte ergänzt, um die Belastung im gesamten Berliner Stadtgebiet einzuschätzen.

Für die Aussagekraft und Güte von Messwerten sind neben der Platzierung der Messstellen auch die technische Ausstattung, die verwendeten Messverfahren, die Kompetenz des technischen Betriebs sowie alle Maßnahmen zur Qualitätssicherung und -kontrolle Schlüsselfaktoren. In der 39. BImSchV als derzeit gültige gesetzliche Grundlage sind hierfür detaillierte Kriterien festgelegt, welche nur zum Teil mit denen der Vorgängerverordnung (22. BImSchV) identisch sind. Änderungen grundlegender Kriterien sind für die Luftgütemessnetze stets problematisch, da sie den Konflikt zwischen Anpassungen an neue Vorgaben oder Beibehalten von langen ortsgleichen Messreihen mit sich bringen. Abweichungen zu aktuellen Vorgaben müssen stets begründet sein und umfassend dokumentiert werden.

All diese Maßnahmen führen aber nicht immer dazu, dass die hohe Qualität der Messwerte anerkannt wird und sie im öffentlichen und politischen Raum als Basis für sachbasierte Diskussionen akzeptiert werden. So wurde im Zuge der teilweise sehr emotional geführten Diskussion um Fahrverbote für ältere Dieselfahrzeuge auch der Vorwurf erhoben, die hohen Werte für Stickstoffdioxid kämen durch die falsche Platzierung der Straßenmessstellen der Luftgütemessnetze zu

Forschungsmessstellen im BLUME

Zusätzlich zu den regulären, in Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgelisteten Messstellen, werden im BLUME die folgenden Forschungsmessstellen betrieben:

MC014: Mit den am MC014 im Lerschpfad 17 erhobenen Messungen wird die Belastung mit Stickstoffoxiden in Autobahnnähe abgebildet. Der Messcontainer befindet sich im direkten Einflussbereich der Stadtautobahn (A100). Der Messcontainer befindet sich nicht am Fahrbahnrand, sondern in deutlich erhöhter Position zum Fahrbahnniveau hangaufwärts. Die Standortvorgaben der 39. BImSchV werden damit nicht eingehalten.

MS559: In der Buschkrugallee 8 werden ein RUBIS und ein Passivsammler betrieben. Durch deren Position in direkter Kreuzungsnähe werden die Standortvorgaben der 39. BImSchV nicht eingehalten. Die Nähe zum Kreuzungsbereich ermöglicht jedoch eine Abbildung des Einflusses von Anfahrtprozessen auf die Luftschadstoffbelastung. Besonders der Ausstoß von Stickstoffoxiden ist bei Anfahrtprozessen sehr hoch, was sich auch im NO₂-Jahresmittelwert von 45 µg/m³ widerspiegelt.

Stände. Diese Behauptungen konnten erst aufgelöst werden, als im Juli 2019 für alle sechs Berliner Multikomponenten-Messcontainer an Verkehrsstandorten durch ein Gutachten (TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH, 2019) bestätigt wurde, dass diese in vollem Umfang mit den Vorgaben der 39. BImSchV konform platziert sind. Eine bekannte Abweichung - der Messcontainer an der Silbersteinstraße (MC143) steht zu nah am Rand der nächstgelegenen verkehrsreichen Kreuzung- war ebenfalls vorgabegemäß begründet und dokumentiert.

Für die vielfältigen Messaufgaben sind die Container sehr aufwändig ausgestattet. Die empfindlichen Messgeräte erfordern eine Klimatisierung, und zusätzlich zu den Mess- und Probenahmegeräten werden auch Probenahmesysteme benötigt. Stationsrechner nehmen Messwerte und Statusinformationen der Messgeräte auf und übertragen diese an die Messnetzzentrale, wo die Daten qualitätsgesichert, validiert und weiter verarbeitet werden. Qualitätssicherung und -kontrolle sind sehr umfangreich und umfassen jeden einzelnen Schritt der komplexen Prozeduren in den Messcontainern, im Labor und bei der Datenverarbeitung. Zusätzlich zur internen Qualitätssicherung finden für alle Komponenten auch externe Überprüfungen in Form von regelmäßigen Teilnahmen an Vergleichsmessungen und Ringversuchen statt.

Tabelle 2: RUBIS- und Passivsammlerstandorte 2020

Nr.	Standort	Nr.	Standort
Stadttrand - RUBIS und Passivsammler			
535/077	Buch, Hobrechtsfelder Chaussee 112		
Innerstädtischer Hintergrund - RUBIS und Passivsammler			
517/042	Neukölln, Nansenstr. 10		
Verkehr - RUBIS und Passivsammler			
501	Weißensee, Berliner Allee 118	533	Neukölln, Hermannstr. 120
504	Tiergarten, Beusselstr. 66	537	Tiergarten, Alt-Moabit 63
505	Tiergarten, Potsdamer Str. 102	539	Steglitz, Schloßstr. 29
507	Schöneweide, Michael-Brückner-Str. 5	542	Tempelhof, Tempelhofer Damm 148
514	Friedrichsfelde, Alt Friedrichsfelde 7a	545	Neukölln, Sonnenallee 68
519/174	Friedrichshain, Frankfurter Allee 86 b	547	Friedrichshain, Landsberger Allee 6-8
521/117	Steglitz, Schildhornstr. 76	555	Neukölln, Hermannplatz, Laterne 21
522/143	Neukölln, Silbersteinstr. 1	562	Mitte, Friedrichstr. 172
523/220	Neukölln, Karl-Marx-Str. 76	573	Wedding, Badstr. 67
525	Mitte, Leipziger Str. 32	576	Spandau, Klosterstr. 12
528	Charlottenburg, Kantstr. 117	579	Wittenau, Eichborndamm 23-25
530	Schöneberg, Hauptstr. 54	581	Friedrichshain, Markgrafendamm 33
531	Westend, Spandauer Damm 103	582	Mitte, Invalidenstraße 30
Verkehr - Passivsammler			
601	Mitte, Brückenstr. 15	611	Mitte, Friedrichstr. 151
602	Charlottenburg, Kaiser-Friedrich-Str. 41	612	Mitte, Torstr. 134
603	Steglitz, Leonorenstr. 94	613	Mitte, Leipziger Str. 4
604	Schöneberg, Martin-Luther-Str. 106	622	Mariendorf, Mariendorfer Damm 58-60
605	Moabit, Stromstr. 58/61	623	Friedenau, Saarstr. 4
606	Moabit, Birkenstr. 54	624	Kreuzberg, Mehringdamm 46-48
607	Mitte, Reinhardtstr. 47	625	Schöneberg, Martin-Luther-Str. 14
608	Kreuzberg, Oranienstr. 159	626	Charlottenburg, Spiegelweg 6
609	Treptow, Elsenstr. 102	627	Prenzlauer Berg, Danziger Str. 4-6
610	Neukölln, Erkstr. 10-11		

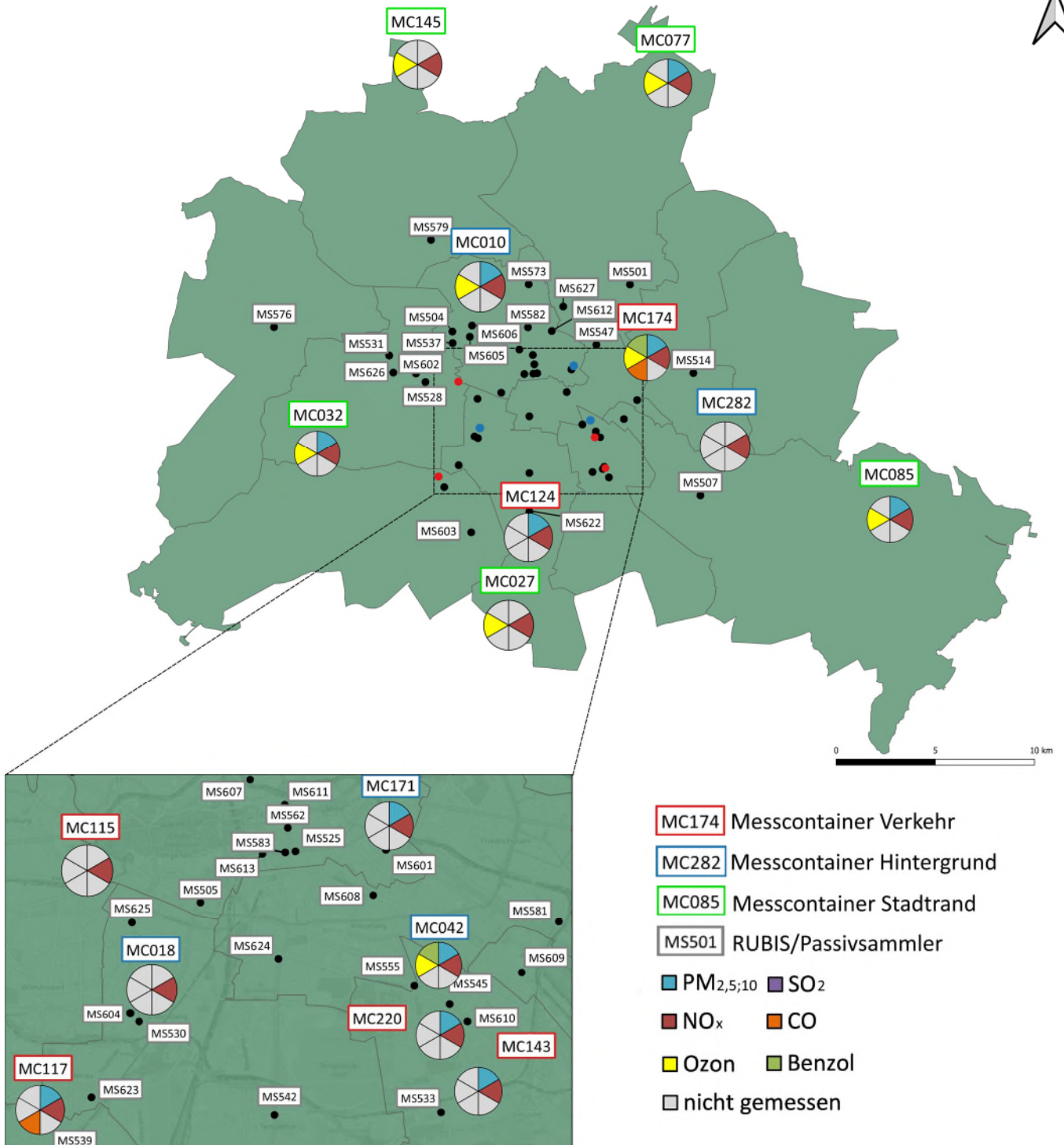


Abbildung 1: Standorte der Luftgütemesscontainer sowie der RUBIS- und Passivsammlermessstellen in Berlin (ohne Messwagen MW088)

2.2 Grenz- und Zielwerte nach 39. BImSchV

In der 39. BImSchV sind Luftqualitätswerte in Form von Grenz-, Ziel- und kritischen Werten sowie Informations- und Alarmschwellen festgelegt. Die verbindlich einzuhaltenden Immissionsgrenzwerte wurden mit dem Ziel festgelegt, „schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern“ (§1 39. BImSchV). Zielwerte dienen demselben Zweck wie Immissionsgrenzwerte, haben aber eine geringere Verbindlichkeit. Kritische Werte dienen dem Schutz der Vegetation und natürlicher Ökosysteme. Die Ozon-Informationsschwelle ist ein Wert, „bei dessen Überschreitung schon bei kurzfristiger Exposition ein Risiko für die Gesundheit besonders empfindlicher Bevölkerungsgruppen besteht“ (§1 39. BImSchV). Im Fall von Alarmschwellen handelt es sich um Werte, deren Überschreitung für die Gesamtbevölkerung ein Gesundheitsrisiko darstellt. Tabelle 3 stellt die in der 39. BImSchV vorgeschriebenen Luftqualitätswerte zusammenfassend dar und gibt an, seit wann diese Werte einzuhalten sind.

Tabelle 3: Immissionswerte für Luftverunreinigungen nach der 39. BImSchV

Komponente	Mittel über	Grenzwert / Zielwert	Zulässige Anzahl von Überschreitungen pro Jahr
Schwefeldioxid	1 h	350 µg/m ³	24
	24 h	125 µg/m ³	3
Schwefeldioxid	Mittel über Okt.-März (zum Schutz von Ökosystemen)	20 µg/m ³ (kritischer Wert)	--
Stickstoffdioxid	1 h	200 µg/m ³	18
	1 Kalenderjahr	40 µg/m ³	--
Summe der Stickstoffoxide	1 Kalenderjahr	30 µg/m ³ (kritischer Wert) ¹⁾	
Partikel-PM ₁₀	24 h	50 µg/m ³	35
	1 Kalenderjahr	40 µg/m ³	--
Partikel-PM _{2,5}	1 Kalenderjahr	25 µg/m ³	--
Blei	1 Kalenderjahr	0,5 µg/m ³	--
Benzol	1 Kalenderjahr	5 µg/m ³	--
Ozon	8 Stunden	z) 120 µg/m ³ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	25 (gemittelt über 3 Jahre)
	1-Stunden-Mittelwert	180 µg/m ³ Informationsschwelle	--
	1-Stunden-Mittelwert	240 µg/m ³ Alarmschwelle	--
Ozon	AOT40 Summe über Mai - Juli	z) 18.000 µg/m ³ h gemittelt über 5 Jahre	--
Kohlenmonoxid	8 Stunden	10 mg/m ³ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	--
Arsen (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 6 ng/m ³	--
Kadmium (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 5 ng/m ³	--
Nickel (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 20 ng/m ³	--
Benzo(a)pyren (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 1 ng/m ³	--

z) Zielwerte

¹⁾ Dieser kritische Wert zum Schutz der Vegetation ist für Berlin nicht relevant, da die Probenahmestelle mehr als 20 Kilometer von Ballungsräumen entfernt sein muss.

3 VERFÜGBARKEIT DER MESSDATEN

Die Datenqualitätsziele für die Beurteilung der Luftqualität sind in der 39. BImSchV (Anlage 1 A) geregelt. Für die in diesem Bericht veröffentlichten Messdaten gilt eine Mindestdatenverfügbarkeit für PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, NO_x, CO und Benzol von jeweils 90 %, bezogen auf das gesamte Jahr. Für Ozon gilt in den Sommermonaten eine Mindestdatenverfügbarkeit von 90 % und in den Wintermonaten von 75 %. Diese Anforderungen wurden im BLUME im Jahr 2020 für alle Komponenten an allen Messstationen eingehalten, wie der Tabelle 4 entnommen werden kann.

Tabelle 4: Datenverfügbarkeit im Jahr 2020

Lage	Station	PM ₁₀ - / PM _{2,5} - Automat	PM _{2,5} Gravimetrie	NO ₂ /NO _x	CO	Ozon	Benzol
Stadttrand	Marienfelde (MC027)	---	---	100	---	100	---
	Grunewald (MC032)	99	---	100	---	100	---
	Buch (MC077)	100	100	100	---	100	---
	Friedrichshagen (MC085)	98	---	98	---	98	---
	Frohnau (MC145)	---	---	99	---	99	---
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	100	100	100	---	100	---
	Schöneberg (MC018)	---	---	100	---	---	---
	Neukölln (MC042)	100	100	100	---	100	98
	Mitte (MC171)	98	100	100	---	---	---
	Karlshorst (MC282)	---	---	100	---	---	---
Straße	Hardenbergplatz (MC115)	97	---	99	---	---	---
	Schildhornstr. 76 (MC117)	100	---	100	100	---	---
	Mariendorfer Damm 148 (MC124)	100	---	100	---	---	---
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	100	---	100	---	---	---
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	99	100	100	100	100	96
	Karl-Marx-Str. 76 (MC220)	100	---	100	---	---	---
	Leipziger Str. 20 (MW088)	91	---	91	91	91	---

4 WITTERUNG IM JAHR 2020 UND IHR EINFLUSS AUF DIE KONZENTRATIONEN VON LUFTSCHADSTOFFEN

Die Witterungsbedingungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Belastung durch Luftschadstoffe, denn die meteorologischen Verhältnisse können den Ausstoß von Schadstoffen, die auf sie in der Atmosphäre wirkenden Prozesse (Verdünnung, Transport, Umwandlung) und ihre Entfernung aus der Atmosphäre beeinflussen.

So hängt zum Beispiel die vertikale und horizontale Schadstoffausbreitung stark von der vertikalen Schichtung der unteren Atmosphäre sowie der Windrichtung und Windgeschwindigkeit ab. Austauscharme Wetterlagen, welche typischerweise Inversionswetterlagen mit hohem Luftdruck und geringen Windgeschwindigkeiten sind, führen regelmäßig dazu, dass sich die Atmosphäre stark mit Luftschadstoffen anreichert.

Die Windrichtung ist entscheidend dafür, welche Luftmassen nach Berlin transportiert werden. Luftmassen mit Ursprung in Ost- bis Südosteuropa sind in der Regel so stark mit Partikeln belastet, dass ihr Einfluss insbesondere in den austauscharmen Wintermonaten im gesamten Berliner Raum zu erhöhten PM₁₀-Werten führt. Die häufiger auftretenden Windrichtungen Südwest bis Nordwest bringen dagegen in der Regel gering belastete Luftmassen in den Berliner Raum. Sie hängen mit Wetterlagen zusammen, die beispielsweise durch Frontdurchgänge für eine gute Durchmischung der Atmosphäre sorgen und den Abtransport und die Verdünnung von Luftschadstoffen begünstigen. Austauscharme Wetterlagen treten häufiger in den Herbst- und Wintermonaten auf, Wetterlagen mit günstigen Austauschbedingungen dagegen häufiger in den Sommermonaten.

Temperatur und Sonnenscheindauer beeinflussen die Emissionen und die Umwandlungsprozesse von Luftschadstoffen sehr stark. Die Außentemperatur hat einen großen Einfluss auf die Heiztätigkeit und somit auch auf die Emissionen von Feuerungsanlagen. Hohe Temperaturen mit viel Sonneneinstrahlung führen an heißen Sommertagen zu einem Anstieg der Ozonwerte in den bodennahen Luftschichten. Niederschlag begünstigt die Auswaschung von Partikeln und trägt so zur Reinigung der Atmosphäre bei.

Zur Einordnung der Witterung in Berlin im Jahr 2020 werden nachfolgend die Messungen der Station Berlin-Dahlem (FU, DWD Stations_ID 403) für Temperatur, Niederschlag, Sonnenstunden und Windrichtung genutzt. Als klimatologische Referenzperiode wird der Zeitraum zwischen 1961 und 1990 zur Einordnung der Witterungsbedingungen des Jahres 2020 in Berlin verwendet und im Folgenden als Klimamittel bezeichnet.

Temperatur

Deutschlandweit war 2020 nach 2018 das zweitwärmste Jahr seit dem Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 (Deutscher Wetterdienst, 2021). In Berlin war das Jahr 2020 mit einer Jahresmitteltemperatur von 11,1 °C zusammen mit 2018 und nach 2019 das zweitwärmste und überschritt die Durchschnittstemperatur im Klimamittel 1961 bis 1900 um 2,2 °C. Der Verlauf der Temperatur über das gesamte Jahr kann der Abbildung 2 entnommen werden. Die Abbildung zeigt die Tagesmittelwerte als graue Linie, die Monatsmittelwerte als rote Balken und die Abweichung der Monatsmittelwerte vom Klimamittel als graue Balken im unteren Bereich. Die Abweichungen vom Klimamittel werden auch als Anomalie bezeichnet.

Auf das kühle Ende eines sonst über dem Klimamittel liegenden Monats Januar folgte der wärmste Berliner Februar seit Beginn der Wetteraufzeichnungen in Berlin-Dahlem. Nach dem die Monate März und April ebenfalls wärmer als das Klimamittel waren, lag nach einer Serie von insgesamt 11 Monaten mit einer positiven Temperaturanomalie durch den überwiegenden Einfluss nordatlantischer kühler Luftmassen die mittlere Temperatur im Monat Mai 1,2 °C unter dem Klimamittel. Nach dem Mai kam es zu einem verhaltenen Start in den Sommer, der erst im August in einer Hitzewelle seinen Höhepunkt fand. Dabei fielen 14 der 17 „heißen Tage“ des Jahres, also Tage an denen die Temperatur auf über 30 °C stieg, in den August. Im Zuge dessen wurde am 09. August mit 35,7 °C auch die höchste Temperatur des Jahres gemessen. Wie der anschließende Spätsommer im September gestaltete sich auch der gesamte Herbst, allen voran der Monat November, als sehr mild und abschließend war auch der mit Minusgraden startende Dezember wärmer als das Klimamittel. Langanhaltende frostige Perioden blieben im Jahr 2020 komplett aus und es gab nicht einen einzigen Eistag (durchgängig Temperaturen unter 0 °C). Mit -4,8 °C wurde am 24. März die tiefste Temperatur des Jahres gemessen.

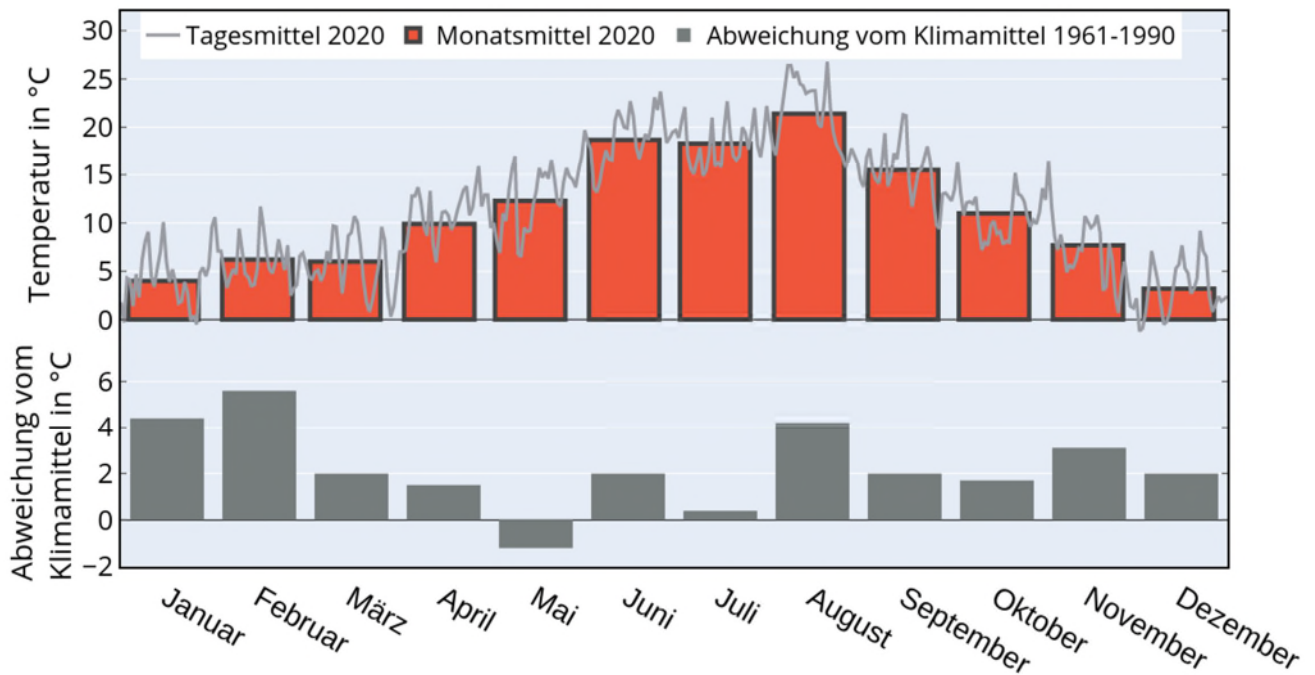


Abbildung 2: Temperaturverlauf der Tages- und Monatsmittelwerte (oben) sowie die Abweichung der Monatsmittelwerte vom Klimamittel (1961-1990, unten) im Jahr 2020 in Berlin-Dahlem.

Sonnenscheindauer

Insgesamt gab es im Jahr 2020 in Berlin 2075 Sonnenstunden. Damit ergibt sich ein Plus von 28 %, bzw. 450 Sonnenstunden, im Vergleich zum Mittel der Referenzperiode. Nach 2018, 2003 und 1959 ist das Jahr 2020 damit das viert sonnenscheinreichste Jahr in Berlin seit Beginn der Aufzeichnung dieser Messreihe im Jahr 1950. Abbildung 3 stellt die monatliche Anzahl der Sonnenstunden des Jahres 2020 (gelbe Balken) und des Klimamittels (grüne Balken) dar und verdeutlicht, dass abgesehen vom Februar und Oktober in allen anderen Monaten die Anzahl an Sonnenstunden über dem Klimamittel des jeweiligen Monats lagen. Dabei sticht besonders der April heraus, in welchem, bedingt durch langanhaltenden Hochdruckeinfluss, die Sonnenscheindauer beinahe das Doppelte vom monatlichen Klimamittel erreichte. Damit war der April 2020 der sonnenscheinreichste April in Berlin seit 1950.

Niederschlag

In Berlin fielen im Jahr 2020 in Summe 477 mm Niederschlag. Das sind 81 % des Klimamittels, welches in Berlin im Referenzzeitraum 1961-1990 bei 589 mm Niederschlag pro Jahr liegt. Dieses Niederschlagsdefizit von 112 mm im Jahr 2020 liegt gerade noch im klimatologisch erwartbaren Bereich, da das 25- bzw. das 75 %-Quantil nicht unter- bzw. überschritten wurde. Seit 1950 fiel jedoch nur in 10 Jahren weniger Niederschlag, so dass das Jahr 2020 nach 2018 und 2019 erneut als sehr trocken eingeordnet werden muss. In Abbildung 4, welche die monatliche Niederschlagsmenge für das Jahr 2020 (blaue Balken) und für das Klimamittel (rote Balken) zeigt, ist erkennbar, dass in 9 Monaten ein Niederschlagsdefizit gemessen wurde. Besonders deutlich fiel das Defizit in den Frühjahrsmonaten und am Jahresende aus. Im Frühjahr fiel nur etwa 60 % des langjährigen Niederschlagsmittels und im November und Dezember sogar nur 37 und 41 %. Dem stehen die Monate Februar und Oktober mit einem deutlichen Niederschlagsplus gegenüber. Im Februar fiel gleichmäßig über den Monat verteilt sogar mehr als das doppelte des Niederschlags als im Mittel im Referenzzeitraum.

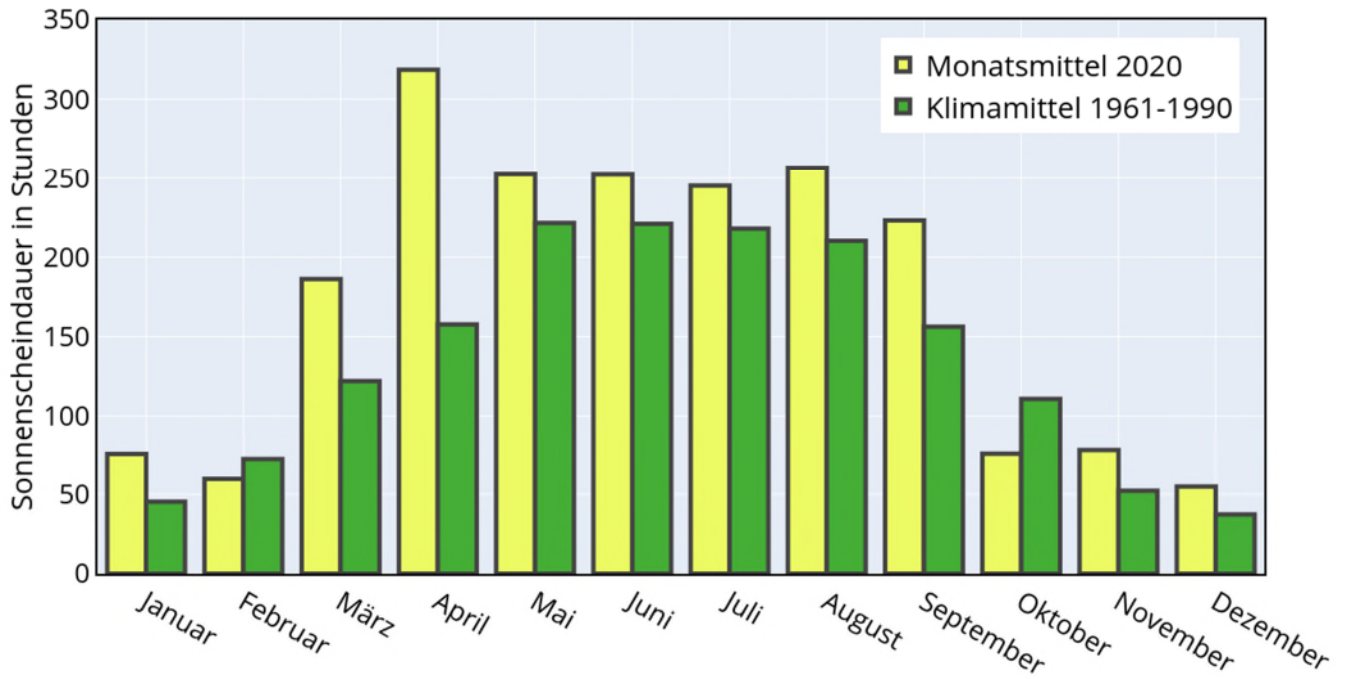


Abbildung 3: Monatliche Sonnenstundenanzahl im Jahr 2020 und im Klimamittel (1961-1990) für Berlin-Dahlem.

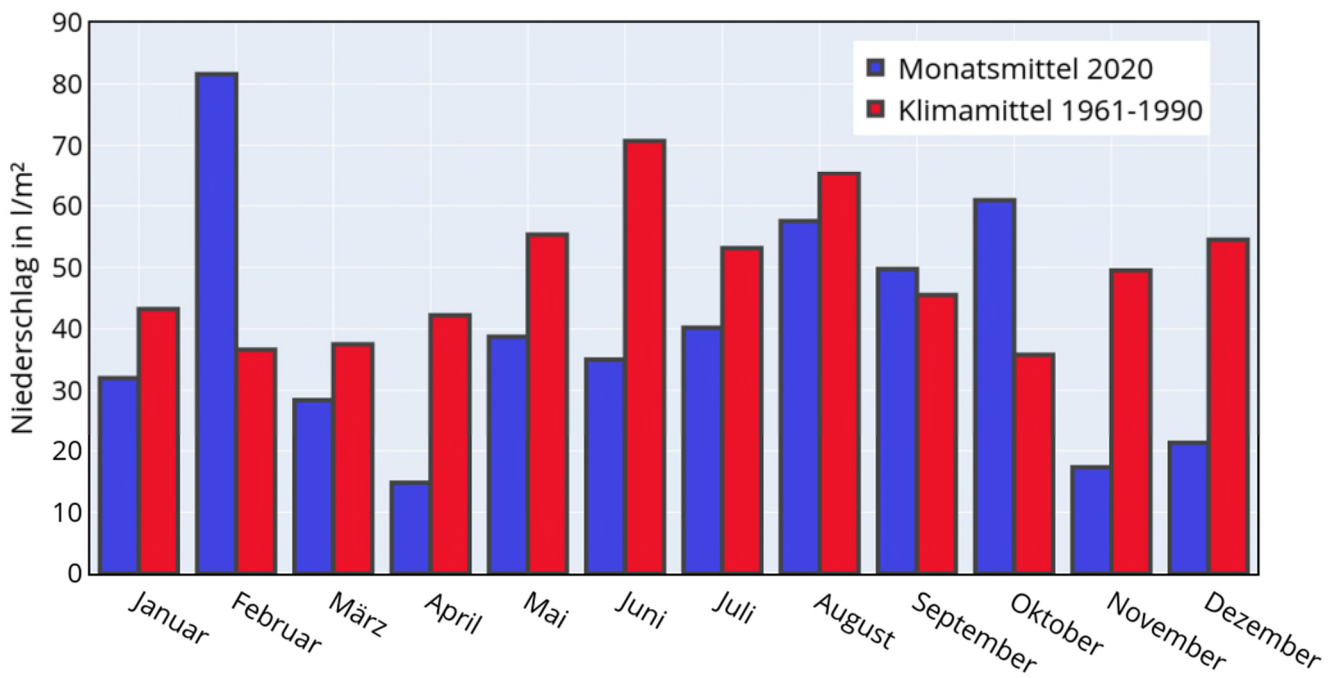


Abbildung 4: Monatlicher Gesamtniederschlag im Jahr 2020 und im Klimamittel (1961-1990) für Berlin-Dahlem.

Wind

Die Windverteilung im Jahr 2020 ist in Abbildung 5 als Windrose dargestellt und zeigt den prozentualen Anteil der Windrichtungen pro 30 ° Sektoren auf Basis der 10-Minuten Werte, gemessen in Berlin-Dahlem. Dargestellt sind die Verteilungen für das gesamte Jahr in schwarz, für die Monate Januar, Februar und März sowie Oktober, November und Dezember in blau (kalte Jahreszeit) und April bis September in rot (warme Jahreszeit). Die Verteilung für das gesamte Jahr bei Schwachwindwetterlagen mit Windgeschwindigkeiten (WG) unter 3 m/s ist in gelb dargestellt. Zusätzlich ist in grau die mittlere Verteilung der Windrichtung zwischen 2009 und 2019 dargestellt.

Die Windrichtungsverteilung des gesamten Jahres 2020 stellt sich als sehr durchschnittlich dar und zeigt nur geringfügige Abweichungen von der mittleren Windrichtungsverteilung der Jahre 2009 bis 2019. Auch für die Windrichtungsverteilung der Sommermonate sind nur geringe Abweichungen von der üblichen Verteilung festzustellen. Lediglich Winde aus dem Sektor Nordwest waren im Jahr 2020 etwa doppelt so häufig vertreten wie im Mittel, wofür es ein leichtes Defizit im Bereich zwischen Süd und West gab. Auffällig ist jedoch die Windrichtungsverteilung der Wintermonate auf Grund eines deutlich höheren Anteils von Winden aus Süd und Südwest. Üblicherweise kommt es durch Wetterlagen, die Luftmassen aus Südwest-Europa mittels Südwest-Wind nach Deutschland tragen, zu milden Winterphasen, wodurch die hohen positiven Temperaturanomalien der Wintermonate in 2020 zu erklären sind. Die in gelb dargestellte Windrichtungsverteilung der Schwachwindwetterlagen ähnelt der für das gesamte Jahr stark. Schwachwindwetterlagen treten häufig in den Herbst und Wintermonaten auf und führen bedingt durch Hochdruckeinfluss in der Regel zu Windrichtungen aus Süd und Ost. Dies deutet demnach zusätzlich zu der oben beschriebenen Verteilung der kalten Jahreszeit darauf hin, dass es im Jahr 2020 kaum langanhaltende Phasen gab, in denen Hochdruckeinfluss zu schlechten lokalen Luftaustauschbedingungen und Advektion von vorbelasteten Luftmassen aus Süd- und Osteuropa geführt hat.

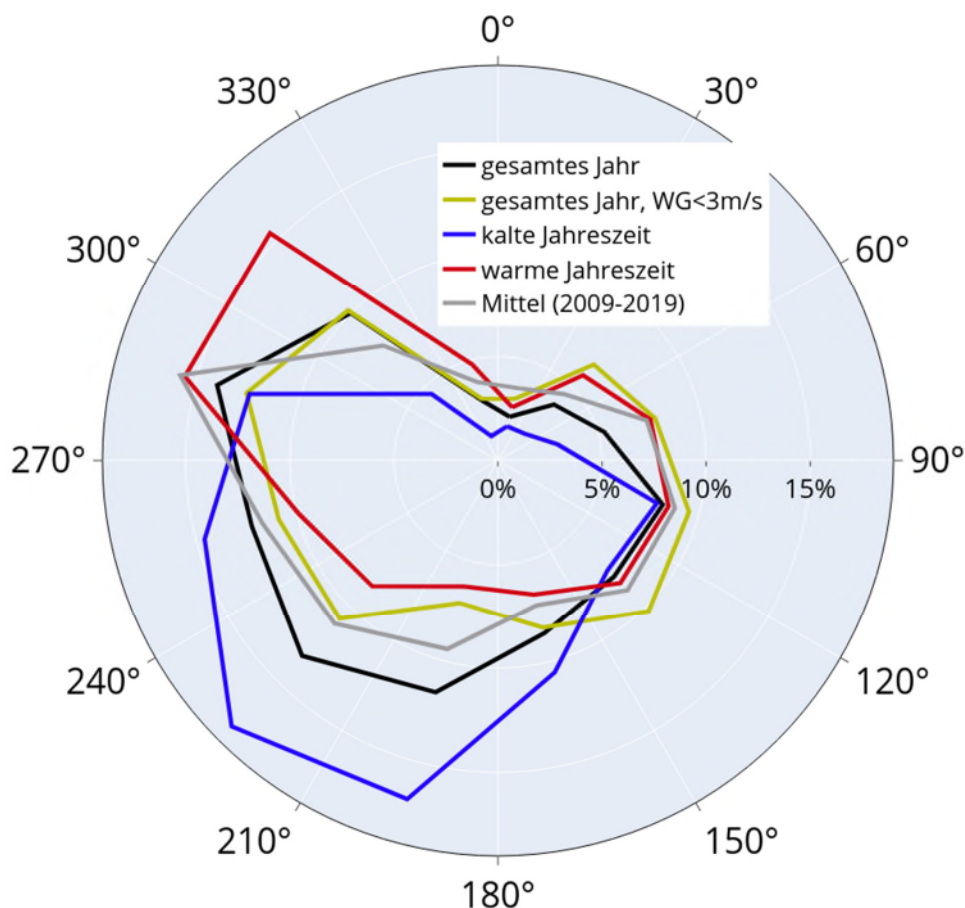


Abbildung 5: Windrichtungsverteilung für die warme Jahreszeit (April bis September), die kalte Jahreszeit (Januar, Februar, März, Oktober, November und Dezember) und das gesamte Jahr 2020 sowie für das gesamte Jahr nur unter Berücksichtigung von Schwachwindwetterlagen mit einer Windgeschwindigkeit (WG) geringer als 3 m/s. Zur Einordnung ist in grau die Windrichtungsverteilung für den Mittelungszeitraum zwischen 2009 und 2019 in Berlin-Dahlem dargestellt.

5 DIE LUFTQUALITÄT IN BERLIN IM JAHR 2020

5.1 Kennwerte und Beurteilung der Belastung von Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂) und Stickstoffoxiden (NO_x)

Tabelle 5: Kennwerte für Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid und Summe der Stickstoffoxide

Lage	Station	Messverfahren ¹⁾	NO in µg/m ³ Wert	NO ₂ JM in µg/m ³ Wert	NO ₂ 1-h-Mittel > 200 µg/m ³ Anzahl	NO _x JM in µg/m ³ Wert
	Mittelungszeitraum					
Stadttrand	Marienfelde (MC027)	Referenz	1	10	0	12
	Grunewald (MC032)	Referenz	1	10	0	12
	Buch (MC077)	Referenz	2	12	0	15
	Friedrichshagen (MC085)	Referenz	1	9	0	11
	Frohnau (MC145)	Referenz	1	9	0	11
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	Referenz	5	22	0	31
	Schöneberg (MC018)	Referenz	3	18	0	23
	Neukölln (MC042)	Referenz	4	20	0	26
	Mitte (MC171)	Referenz	3	18	0	22
	Karlsorst (MC282)	Referenz	3	16	0	20
Straße	Hardenbergplatz (MC115)	Referenz	13	26	0	45
	Schildhornstr. 76 (MC117)	Referenz	20	32	0	63
	Mariendorfer Damm 148 (MC124)	Referenz	30	34	0	80
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	Referenz	33	36	0	82
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	Referenz	16	28	0	53
	Karl-Marx-Str. 76 (MC220)	Referenz	29	36	0	80
	Leipziger Str. 20 (MW088)	Referenz	17	28	0	54
	Berliner Allee 118 (MS501)	Passiv	31	36	-	83
	Beusselstr. 66 (MS504)	Passiv	20	31	-	63
	Potsdamer Str. 102 (MS505)	Passiv	23	37	-	73
	Michael-Brückner-Str. 5 (MS507)	Passiv	35	35	-	87
	Alt Friedrichsfelde 7a (MS514)	Passiv	35	37	-	90
	Leipziger Str. 32 (MS525)	Passiv*	26	33	-	73
	Kantstr. 117 (MS528)	Passiv*	13	26	-	48
	Hauptstr. 54 (MS530)	Passiv*	23	37	-	73
	Spandauer Damm 103 (MS531)	Passiv*	40	40	-	100
	Hermannstr. 120 (MS533)	Passiv*	30	38	-	84
	Alt Moabit 63 (MS537)	Passiv	28	32	-	74
	Schloßstr. 29 (MS539)	Passiv	20	37	-	70
	Tempelhofer Damm 148 (MS542)	Passiv	26	31	-	70
	Sonnenallee 68 (MS545)	Passiv*	29	39	-	84
	Landsberger Allee 6-8 (MS547)	Passiv*	31	35	-	82
	Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)	Passiv*	31	38	-	85
	Friedrichstr. 172 (MS562)	Passiv	9	23	-	38
	Badstr. 67 (MS573)	Passiv	27	35	-	75
	Klosterstr. 12, Spandau (MS576)	Passiv	26	33	-	73
	Eichborndamm 23-25 (MS579)	Passiv	18	29	-	57
	Markgrafendamm 33 (MS581)	Passiv	24	32	-	69
	Invalidenstraße 30 (MS582)	Passiv	17	29	-	56

Lage	Station		NO	NO ₂		NO _x
	Mittelungszeitraum	Messverfahren ¹⁾	JM in µg/m ³ Wert	JM in µg/m ³ Wert	1-h-Mittel > 200 µg/m ³ Anzahl	JM in µg/m ³ Wert
Straße	Brückenstr. 15 (MS601)	Passiv	-	29	-	-
	Kaiser-Friedrich-Str. 41 (MS602)	Passiv	-	28	-	-
	Leonorenstr. 94 (MS603)	Passiv	-	31	-	-
	Martin-Luther-Str. 106 (MS604)	Passiv	-	26	-	-
	Stromstr. 58/61 (MS605)	Passiv	-	20	-	-
	Birkenstr. 54 (MS606)	Passiv	-	20	-	-
	Reinhardtstr. 47 (MS607)	Passiv	-	21	-	-
	Oranienstr. 159 (MS608)	Passiv	-	33	-	-
	Elsenstr. 102 (MS609)	Passiv	-	37	-	-
	Erkstr. 10-11 (MS610)	Passiv	-	35	-	-
	Friedrichstr. 151 (MS611)	Passiv	-	28	-	-
	Torstr. 134 (MS612)	Passiv	-	32	-	-
	Leipziger Str. 4 (MS613)	Passiv	-	32	-	-
	Mariendorfer Damm 58-60 (MS622)	Passiv	-	34	-	-
	Saarstr. 4 (MS623)	Passiv	-	26	-	-
	Mehringdamm 46-48 (MS624)	Passiv	-	40	-	-
	Martin-Luther-Str. 14 (MS625)	Passiv	-	28	-	-
	Spiegelweg 6 (MS626)	Passiv	-	30	-	-
Danziger Str. 4-6 (MS627)	Passiv	-	29	-	-	

Erklärung: Der Grenzwert für das Jahresmittel für NO₂ beträgt seit 01.01.2010 40 µg/m³ (39.BImSchV). Der Kurzzeit-Grenzwert für das 1-Stundenmittel für NO₂ beträgt 200 µg/m³ (39.BImSchV) und darf seit 01.01.2010 im Kalenderjahr nicht mehr als 18-mal überschritten werden. Der kritische Wert für den Vegetationsschutz beträgt für NO_x 30 µg/m³ im Jahresmittel. NO_x wird angegeben als die Summe der Volumenmischungsverhältnisse von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂), daher stimmt die Summe aus NO und NO₂ nicht mit dem NO_x-Wert überein.

¹⁾ Referenz = Referenzverfahren (automatische Station); Passiv = Passivsammler

* Messdaten dieser Passivsammler werden zur Beurteilung der Luftgüte an die EU übermittelt

JM = Jahresmittel

Rot = Grenzwert für Jahresmittel, Kurzzeit-Grenzwert oder kritischer Wert für Vegetationsschutz wurde überschritten.

Stickstoffdioxid (NO₂)

Die im Jahr 2020 vom Berliner Luftgütemessnetz ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte sind der zweiten Datenspalte der Tabelle 5 zu entnehmen. Zusätzlich stellt Abbildung 6 die NO₂-Jahresmittelwerte übersichtlich als Balkendiagramm und nach aufsteigender NO₂-Belastung sortiert dar.

Im Jahr 2020 wurden an den automatischen Messcontainern am Stadtrand NO₂-Jahresmittelwerte von 9-12 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund von 16-22 µg/m³ und an Straßen von 26-36 µg/m³ gemessen. Der seit 2010 einzuhaltende Grenzwert der 39. BImSchV von 40 µg/m³ für das Jahresmittel wurde in diesem Jahr erstmals an allen automatischen Straßenmessstellen eingehalten.

Zusätzlich zur langfristigen Belastung mit NO₂ wird mit dem automatischen Referenzmessverfahren auch die kurzfristige Spitzenbelastung beurteilt. Hierfür gilt ein Immissionsgrenzwert für das Stundenmittel von 200 µg/m³, wobei 18 Überschreitungen pro Kalenderjahr zulässig sind. Der Kurzzeit-Immissionsgrenzwert wurde seit Inkrafttreten der 39. BImSchV stets flächendeckend eingehalten. Im Jahr 2020 gab es bereits das dritte Jahr in Folge keine einzige Überschreitung des Wertes von 200 µg/m³ im Stundenmittel.

Mit den automatischen NO₂-Messungen an den sieben Straßenmessstellen werden im BLUME die Vorgaben zur Mindestanzahl der ortsfesten und beurteilungsrelevanten Probenahmestellen (Anlage 5, 39. BImSchV) erfüllt. Zusätzlich wurden die automatischen Messungen in den Messcontainern bereits seit Mitte der 1990er durch NO₂-Passivsammler ergänzt. Die NO₂-Messung mittels Passivsammler stellt kein Referenzmessverfahren dar, weshalb jährlich die Äquivalenz zu den automatisch erhobenen Messdaten - die automatische NO₂-Messung im BLUME beruht auf dem

Der **Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel** liegt bei 40 µg/m³. Dieser Grenzwert wurde 2020 erstmalig in Berlin an keiner Messstelle überschritten.

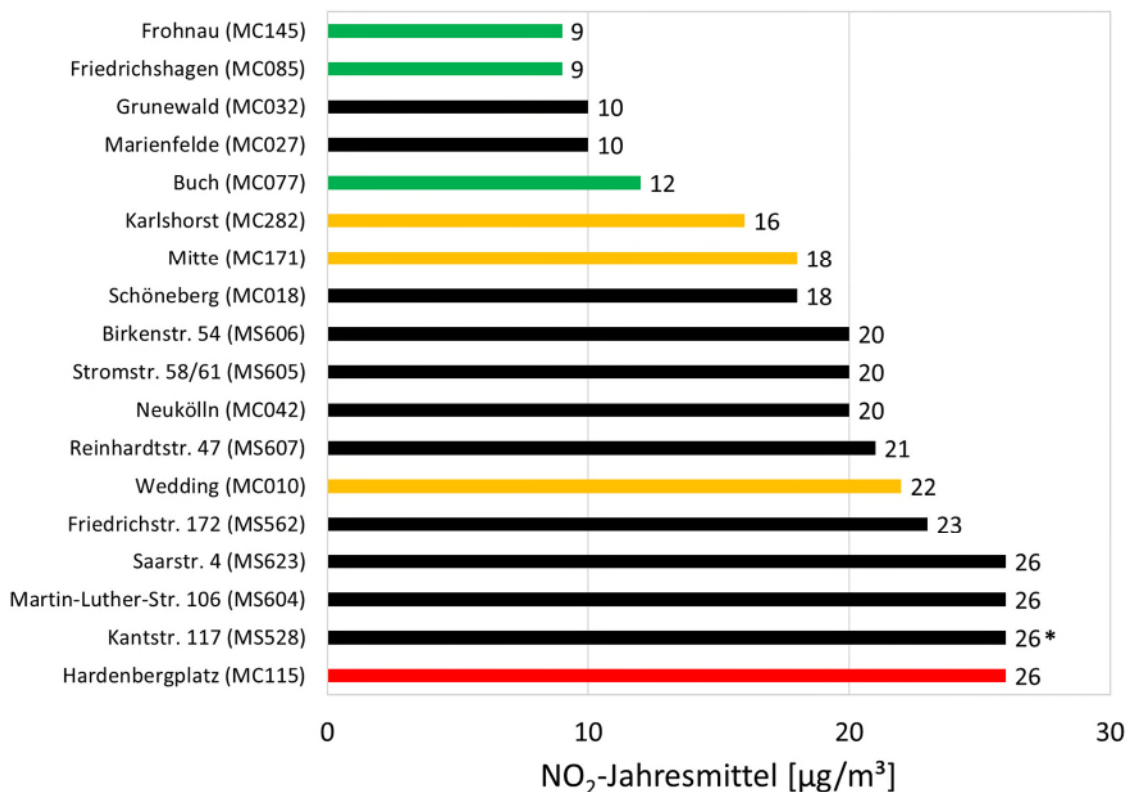
Der **Grenzwert für das NO₂-Stundenmittel** liegt bei 200 µg/m³, welcher 18 Mal im Kalenderjahr überschritten werden darf. Im Jahr 2020 wurde an keiner Station dieser Stundenmittelwert erreicht.

Referenzmessverfahren mittels Chemilumineszenz - nachgewiesen wird. Wenn die Datenqualitätsziele und die Standortvorgaben gemäß 39. BImSchV erfüllt sind, können mit Passivsammlern erhobene Messdaten auch zur Beurteilung der Luftgüte hinsichtlich der Grenzwerteinhaltung gemäß 39. BImSchV genutzt werden. Dabei haben die kleinen Passivsammler gegenüber den automatischen Messgeräten den Vorteil, dass sie auch in engen, stark befahrenen Straßenabschnitten eingesetzt werden können, in denen das Aufstellen eines Messcontainers nicht umsetzbar ist. In eben jenen engen Straßenschluchten können sich die vom motorisierten Verkehr emittierten Stickstoffoxide nur sehr schlecht mit weniger belasteter Luft vermischen, so dass die NO₂-Immissionsbelastung besonders hoch ist. Die zehn höchsten NO₂-Jahresmittelwerte wurden im Jahr 2020 allesamt durch Passivsammler gemessen. Da die 39. BImSchV Messungen an den Standorten mit der höchsten Belastung vorsieht, werden seit 2019 NO₂-Jahresmittelwerte von acht Passivsammlerstandorten für die Beurteilung der Luftqualität an die EU gemeldet (in Tabelle 5 und Abbildung 6 sind diese Stationen mit * gekennzeichnet).

Die für 2020 an den 41 Passivsammler-Standorten ermittelten Jahresmittelwerte lagen zwischen 20 und 40 µg/m³. Die am wenigsten belasteten Standorte waren die Birken- und die Stromstraße, welche mit 20 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel eine niedrigere NO₂-Belastung aufwiesen als die am höchsten belastete Station im innerstädtischen Hintergrund (Wedding; MC010). An allen Passivsammlerstandorten wurde damit der Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m³ eingehalten.

Nachdem 2019 das Passivsammlermessnetz bereits um 13 neue Standorte erweitert wurde (MS601 - MS613) kamen 2020 sechs weitere Standorte (MS622 - MS627) hinzu. Diese wurden gezielt ausgewählt, um gerichtlich angeordnete Maßnahmen zur Luftreinhaltung, wie Fahrverbote für Dieselfahrzeuge (bis einschließlich Euronorm 5/V) oder Tempo-30 Strecken, messtechnisch begleiten zu können oder Straßenabschnitte überprüfen zu können, an denen Modellergebnisse auf hohe NO₂-Belastungen hindeuteten.

Durch die systematischen Unterschiede in den Jahresmittelwerten zwischen den Stationen der verschiedenen Belastungsregime wird deutlich, dass der Straßenverkehr der Hauptverursacher hoher NO₂-Belastungen ist. Dabei war in vergangenen Jahren ungefähr die Hälfte der NO₂-Belastung an Straßenmessstellen mit Grenzwertüberschreitungen auf die Beiträge des lokalen Kfz-Verkehrs zurückzuführen (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019), ein weiteres Viertel geht auf den stadtweiten Verkehr zurück. Hohe NO₂-Konzentrationen sind also ein lokales Verkehrsproblem, zu welchem Einträge von außerhalb des Stadtgebietes sowie Emissionen aus der Industrie und dem Heizungssektor nur einen geringen Beitrag leisten.



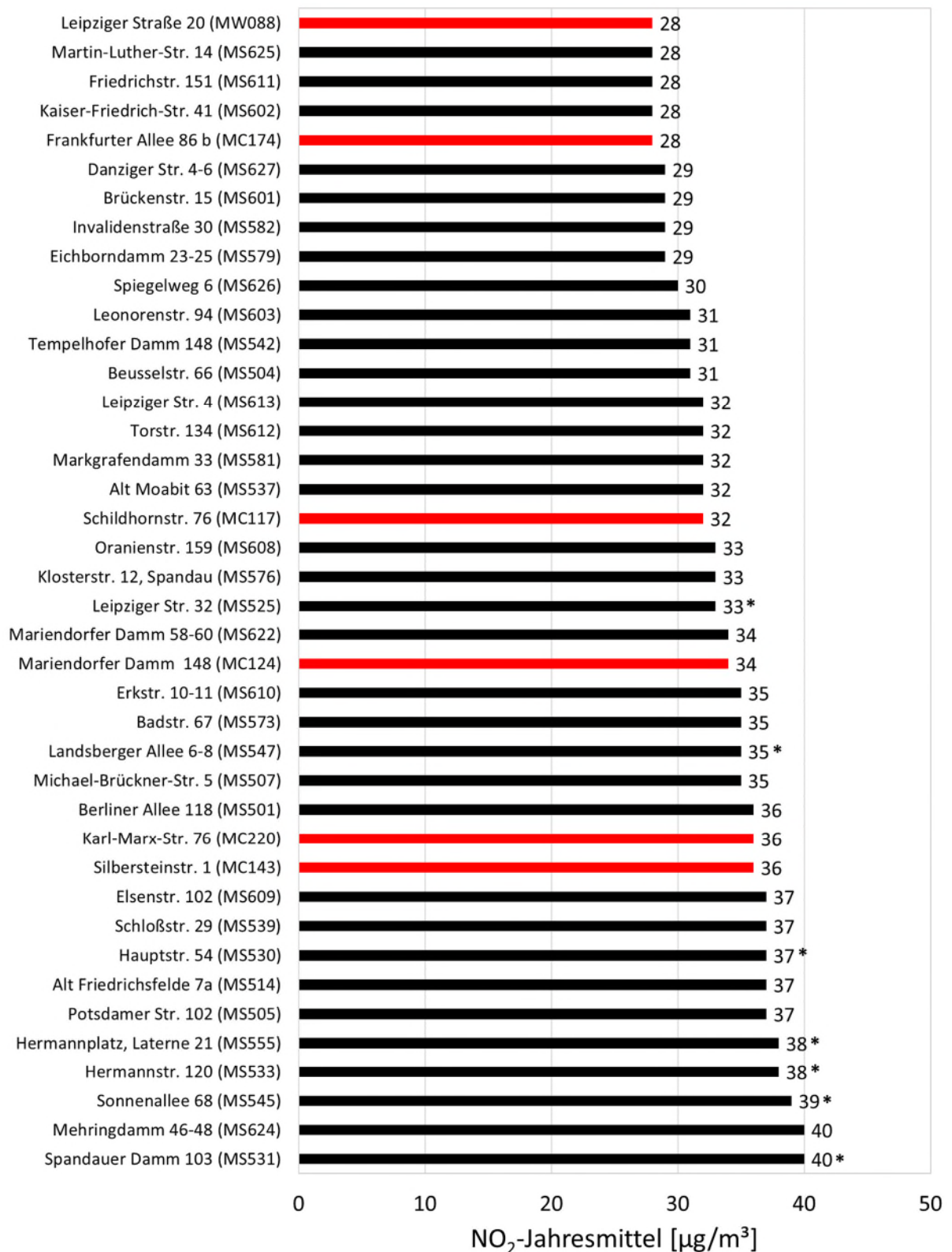


Abbildung 6: NO₂-Jahresmittelwerte aufsteigend sortiert. Die grünen, gelben und roten Balken zeigen die Stationen am Stadtrand, im innerstädtischen Hintergrund und die Verkehrsstationen, schwarze Balken die Passivsammler. An die EU zur Beurteilung der Luftgüte gemeldete Passivsammler sind durch * gekennzeichnet.

Langzeittrend von Stickstoffdioxid

Der NO₂-Langzeittrend in Berlin bis 2020 ist in Abbildung 7 unter Anwendung der Differenzenmethode für die NO₂-Messungen am Stadtrand (grün), im innerstädtischen Hintergrund (gelb), an Straßen (rot) und für die zur Beurteilung der Luftgüte an die EU übermittelten Passivsammler (schwarz) als Linie dargestellt. Die dem Trend-Modell zu Grunde liegenden NO₂-Jahresmittelwerte sind in der entsprechenden Farbe als Punkte dargestellt.

Bis Mitte der neunziger Jahre konnte durch die Ausrüstung der Berliner Kraftwerke mit Entstickungsanlagen und die Einführung des geregelten Katalysators für Ottomotoren ein Rückgang der NO₂-Belastung erreicht werden. Durch eine zunehmende Anzahl an Dieselfahrzeugen wurde dieser Trend jedoch weitestgehend aufgehoben, so dass bis 2014 nur eine sehr langsame Abnahme der NO₂-Belastung verzeichnet wurde. Auffällig sind die erhöhten Jahresmittelwerte von 2006. Vor allem für die Straßenmessstellen zeigen diese hohen Jahresmittelwerte den Einfluss von meteorologischen Bedingungen auf die Konzentration von Luftschadstoffen, denn das Jahr 2006 war geprägt durch eine hohe Anzahl windschwacher Hochdruckwetterlagen und ungünstigen

Differenzenmethode

Der Langzeittrend von Luftschadstoffen wird in diesem Bericht nicht auf Grundlage von arithmetischen Mittelwerten dargestellt, sondern auf Grundlage der Differenzen der Jahresmittelwerte von einem zum darauffolgenden Jahr (Schmidtke & Schmidt, 2018). Der Vorteil dieser, auf Differenzen basierten Methode, liegt darin, dass eine Änderung in der Anzahl der Stationen, an denen ein bestimmter Luftschadstoff gemessen wird, keinen Einfluss auf die Trendbetrachtung hat. Wird beispielsweise eine Station hinzugefügt, die einen höheren Jahresmittelwert liefert als die anderen, führt dies zu einem Anheben des arithmetischen Mittelwertes, so dass die tatsächliche Entwicklung der Luftschadstoffbelastung verfälscht wiedergegeben wird. Werden jedoch nur die Änderungen von einem auf das nächste Jahr in Betracht gezogen, lässt sich trotz einer wechselnden Datenbasis, die Entwicklung der Luftschadstoffbelastung realistischer darstellen.

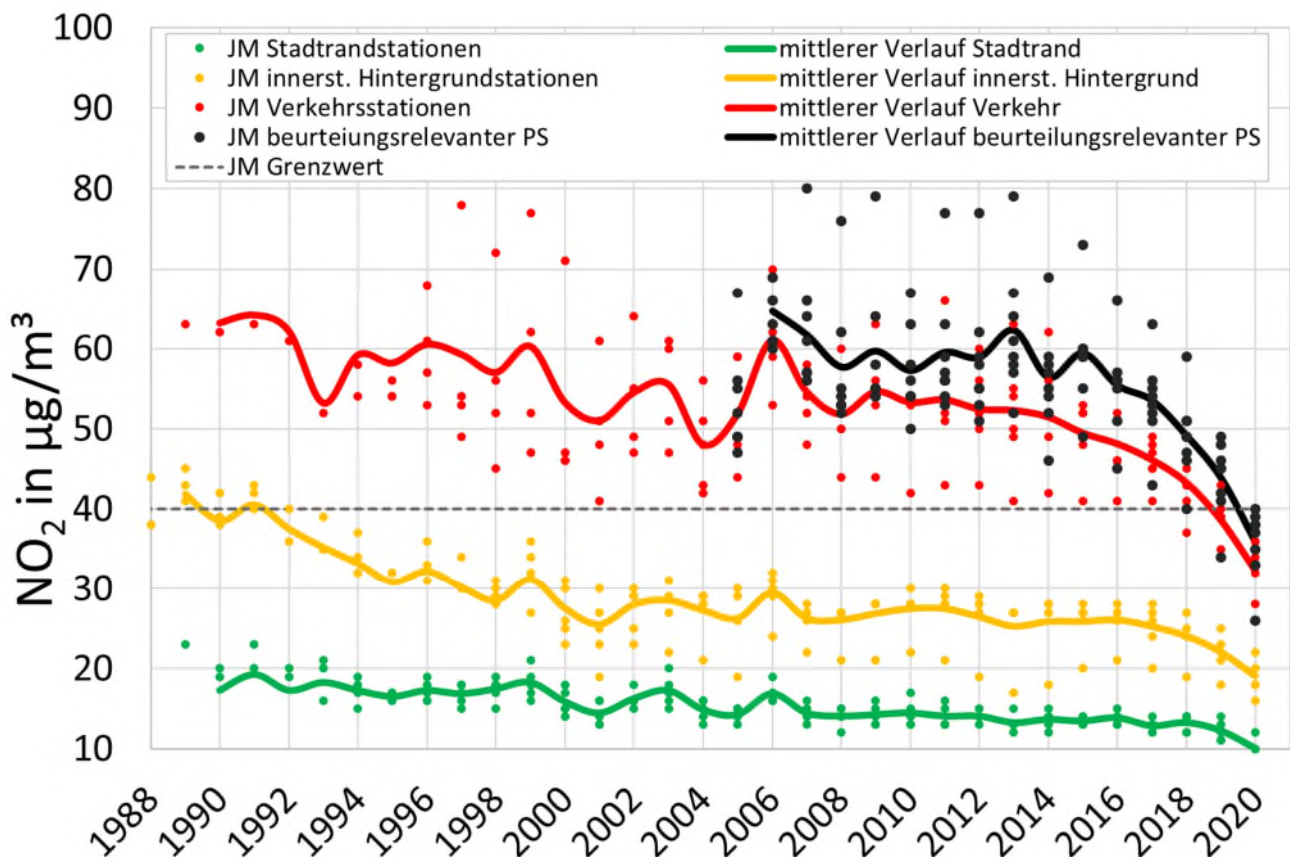


Abbildung 7: Entwicklung der NO₂-Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte (JM) der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte), im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die einzelnen Jahresmittelwerte der acht zur Beurteilung der Luftgüte an die EU übermittelten Passivsammler (PS) sind als schwarze Punkte dargestellt. Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung in den drei Belastungsregimen und der Passivsammlerdaten dar.

meteorologischen Ausbreitungsbedingungen. In den Jahren zwischen 2008 und 2015 blieben die NO_2 -Jahresmittelwerte auf einem annähernd gleichbleibenden Niveau, da Emissionsminderungen nicht in dem gesetzlich vorgeschriebenen Maß erfolgten. Besonders Diesel-Pkw der Schadstoffklasse Euro 5 stießen durch Software-Manipulation im realen Betrieb sehr viel mehr Stickstoffoxide aus, als von den Herstellern angegeben wurde bzw. als sich auf dem Prüfstand ergab. Auffällig ist, dass seit 2016 die NO_2 -Belastung an Straßenmessstellen stark sank, am Stadtrand und im innerstädtischen Hintergrund bis 2019 aber keine bzw. nur eine sehr geringe Veränderung zu beobachten war. Dies unterstreicht den starken Einfluss der Verkehrsemissionen auf die an den verkehrsnahen Stationen gemessenen Immissionen. Von 2016 bis 2020 ergab sich für die sechs automatischen Straßenmessstellen (ohne Messbus) ein Rückgang um fast 30 %, wobei mit einem absoluten Rückgang von über $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die Belastung von 2019 auf 2020 am stärksten gesunken ist. Noch deutlicher wird dies an den Messergebnissen der beurteilungsrelevanten Passivsammler, für welche von 2019 auf 2020 ein absoluter Rückgang von über $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt wurde. Zudem fallen auch die starken Rückgänge im Vergleich zum Vorjahr im innerstädtischen Hintergrund um $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (14 %) und am Stadtrand um $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 %) auf, welche prozentual betrachtet die höchsten Rückgänge im in Abbildung 7 dargestellten Zeitraum sind.

Erzielt wurde diese, besonders im Verkehrsbereich, bemerkenswerte rückläufige Entwicklung der NO_2 -Belastung durch zielgerichtete und wirkungsvolle Maßnahmen der Berliner Luftreinhaltung (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019). Dabei lag und liegt der Fokus darauf, den motorisierten Verkehr in der Berliner Innenstadt zu verringern und die Stärkung des Umweltverbundes aus öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV), Rad- und Fußverkehr voranzutreiben. Neben Maßnahmen wie der Modernisierung der BVG-Busflotte – 2030 soll diese zu 100 % aus elektrisch angetriebenen Fahrzeugen bestehen –, Tempo-30-Anordnungen und Durchfahrverboten für Diesel-Pkw bis einschließlich Euro 5/V hat aber auch die generelle Erneuerung der Kfz-Flotte, mit einem steigenden Anteil von Euro VI und 6d-TEMP Fahrzeugen, einen Anteil an dieser positiven Entwicklung. Dieser Trend lässt sich in ganz Deutschland beobachten. Modellergebnissen zu Folge waren etwa ein bis zwei $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des NO_2 -Rückgangs im Jahr 2019 in Deutschland auf Softwareupdates und die Flottenerneuerung zurückzuführen (Umweltbundesamt, Luftqualität 2018, 2019). Von einem ähnlichen Anteil am Rückgang der NO_2 -Belastung kann auch im Jahr 2020 ausgegangen werden. Ein weiterer Faktor im Jahr 2020 war das Maßnahmenpaket zur Eindämmung des Coronavirus, worauf in Kapitel 6 dezidiert eingegangen wird.

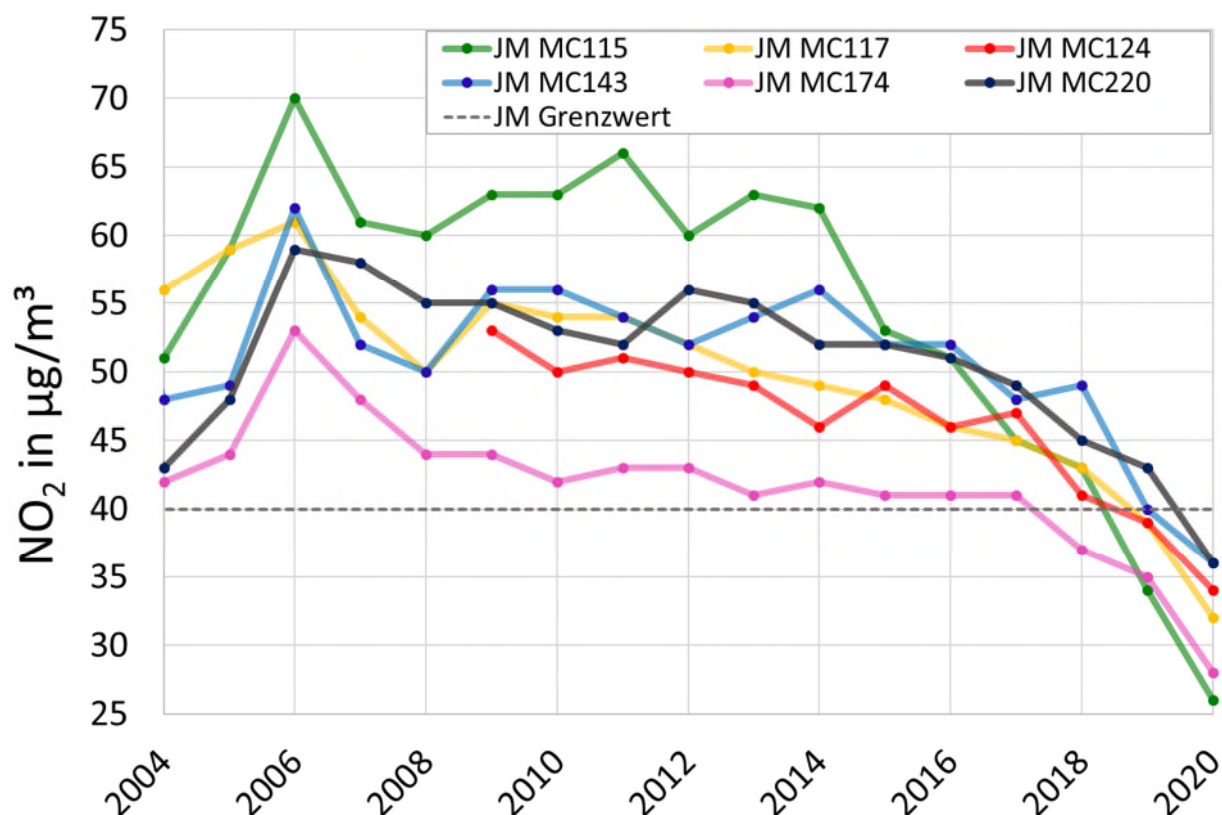


Abbildung 8: NO_2 -Zeitreihen der Jahresmittelwerte (JM) der einzelnen Straßenstationen (ohne MW088)

Abbildung 8 stellt den Verlauf der arithmetischen Jahresmittelwerte an den sechs automatischen Straßenmessstellen dar. Am Hardenbergplatz (MC115) wurden mit $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die höchste Abnahme der NO_2 -Belastung von 2019 auf 2020 verzeichnet. In der Schildhornstraße (MC117), der Frankfurter Allee (MC174) und in der Karl-Marx-Straße (MC220) war

die Abnahme mit $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nur unwesentlich geringer. In der Silbersteinstraße (MC143) und am Mariendorfer Damm lagen die Rückgänge bei 4 und $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Abbildung 8 macht deutlich, dass die Rückgänge in den letzten Jahren nicht gleichermaßen an allen Messstellen zu beobachten sind, sondern individuell von den Bedingungen am Standort abhängig sind. Durch eine Betrachtung auf Basis von Jahresmittelwerten lassen sich kurzfristige Abweichungen zwar effektiv herausfiltern. Baustellen und größere verkehrslenkende Maßnahmen sind jedoch nicht selten über einen längeren und damit relevanten Zeitraum hinweg aktiv. Dadurch kann es zu zeitweiligen Abweichungen vom generellen Trend kommen.

Die Entwicklung der NO_2 -Belastung in der Leipziger Straße als Beispiel für erfolgreiche Luftreinhalteplanung

Die Leipziger Straße ist über weite Strecken eine enge Straßenschlucht und durch ein hohes Verkehrsaufkommen von mehr als 40 000 Fahrzeugen pro Tag auf zwei Fahrspuren pro Richtung gekennzeichnet. In den vergangenen Jahren ergaben Modellrechnungen eine sehr hohe NO_2 -Belastung, die durch Messungen bestätigt wurde. So gehörten die NO_2 -Werte des Passivsammler MS525 jahrelang zu den höchsten in Berlin gemessenen Werten. Deshalb wurden seit 2018 verschiedene Maßnahmen ergriffen, welche in Abbildung 9 aufgeführt sind. Die auf der Leipziger Straße erhobenen Messwerte sind als Jahresmittelwerte in Tabelle 6 und als gleitende 12-Monatsmittelwerte (GL12MM, dicke Linien) in Abbildung 10 dargestellt. Die Punkte in Abbildung 10 zeigen die 14-Tageswerte der Passivsammler und der automatischen Messstationen.



Abbildung 9: Grafische Übersicht der Messstellen und Maßnahmen in der Leipziger Straße zwischen 2018 und 2020. (Quelle: SenUVK, Berliner Luftgütemessnetz, Karte: OpenStreetMap)

Tabelle 6: NO₂-Jahresmittelwerte der Messstationen, an denen zwischen 2017 und 2020 auf der Leipziger Straße Messungen durchgeführt wurden.

Jahr	MS525	MS613	Messwagen
	NO ₂ -Jahresmittelwert in µg/m ³	NO ₂ -Jahresmittelwert in µg/m ³	NO ₂ -Jahresmittelwert in µg/m ³
2017	63	-	-
2018	59	-	48
2019	48	46	40
2020	33	32	28

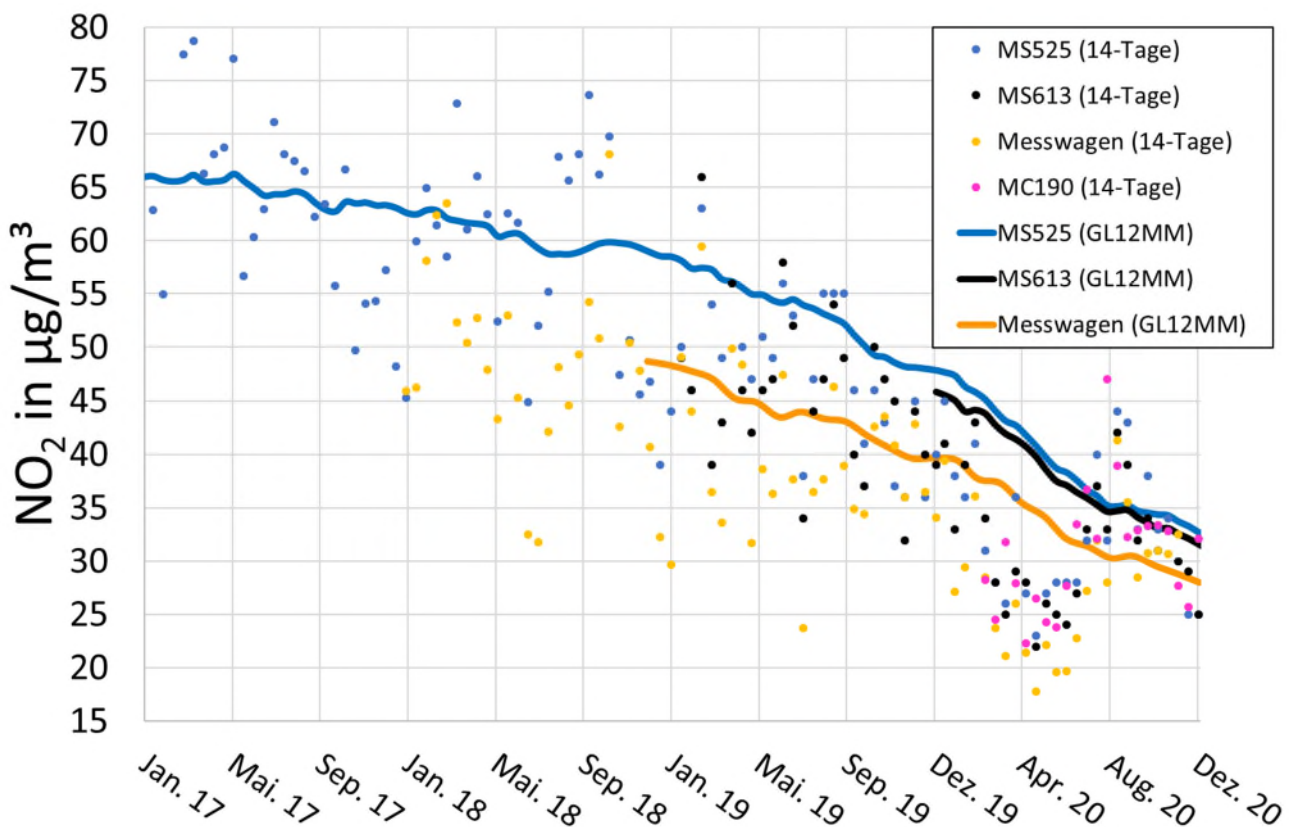


Abbildung 10: Dargestellt sind als Punkte die NO₂-Verläufe der 14-Tages-Werte der Passivsammler MP525 und MP613 sowie des Messwagens MW088 und des Messcontainers MC190. Als dicke Linien sind jeweils die gleitenden 12-Monatsmittel dargestellt.

Die längste NO₂-Messreihe an der Leipziger Straße beruht auf den Passivsammlerdaten der Probenahmestelle MS525, an welcher seit 2007 die NO₂-Belastung erhoben wird. Tabelle 6 und Abbildung 10 kann entnommen werden, dass die NO₂-Belastung 2017 noch deutlich mehr als 60 µg/m³ betrug. Um die zur Senkung dieser hohen NO₂-Belastung ab April 2018 ergriffene Tempo-30-Maßnahme (zwischen Markgrafenstraße und Potsdamer Platz) bewerten zu können, wurde zusätzlich zum Passivsammler MS525 mit dem Messwagen (MW088) seit Dezember 2017 automatisch die NO₂-Belastung erhoben. Im schmalen Bereich der Leipziger Straße auf Höhe der MS525 war für den Messwagen kein Platz, so dass dieser etwa 150 Meter weiter westlich in der Leipziger Straße 20 vor der Bulgarischen Botschaft platziert werden musste. An der Position des Messwagens ist die Leipziger Straße jedoch deutlich breiter als auf Höhe des MS525, wobei die Straße an beiden Standorten beidseitig eine geschlossene Randbebauung aufweist. Die aufgrund der Straßenbreite besseren Austauschbedingungen für Luftschadstoffe machen sich deutlich an den erhobenen Messwerten bemerkbar, die am MW088 auffällig niedriger als am MS525 sind (siehe Tabelle 6 und Abbildung 10). Anfang 2019 wurde weiter westlich die Probenahmestelle MS613 (Leipziger Straße 4) und im März 2020 der MC190 (Leipziger Straße 5) in Betrieb genommen. Die an diesen beiden Standorten seitdem gemessene NO₂-Belastung lag in etwa auf dem Niveau des MS525 (siehe Tabelle 6 und Abbildung 10).

In einem Projekt zur Wirkung der Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h wurde eine deutliche Reduktion der streckenbezogenen Reisegeschwindigkeit in beiden Richtungen um etwa 5 km/h sowie eine Verstärkung des Verkehrsflusses an einzelnen Streckenteilen festgestellt. Dabei kam es zu keinem Verlagerungsverkehr auf Ausweichstrecken. Die NO₂-Belastung auf der Leipziger Straße konnte durch diese Maßnahme ab 2018 um 3,8 % (2,3 µg/m³) verringert werden. Tempo 30 stellt damit eine wirkungsvolle, jedoch nicht ausreichende Maßnahme zur Einhaltung des NO₂-Grenzwertes dar. In Tabelle 6 und Abbildung 10 ist ebenfalls zu erkennen, dass sich die Luftqualität zwischen 2017 und 2020 erheblich verbessert hat. Die NO₂-Belastung hat sich in diesem Zeitraum fast halbiert, was durch weitere Maßnahmen, wie die oben bereits erwähnte stetige Modernisierung der BVG-Busflotte, das Durchfahrverbot für Diesel-Kfz bis einschließlich Euro 5/V aber auch der generellen Flottenerneuerung mit stetig steigendem Euro 6/VI Anteil und sinkendem Anteil von Diesel-Pkw in der Flotte zu erklären ist.

Herausragend ist die Verbesserung bei den Linienbussen. Die in der Leipziger Straße eingesetzte Busflotte besteht derzeit schon zu 80 % aus emissionsfreien Elektrobussen und zu ca. 20 % aus emissionsarmen Euro-6-Bussen. Im Jahr 2018 waren es dagegen zu mehr als 80 % Busse mit dem Abgasstandard Euro IV und Euro V ([Kennzeichenerhebungen - Berlin.de](#)). Die älteren Busse stoßen rund zehnmals mehr Stickstoffoxide aus als moderne Euro-VI-Busse. Bei einem Anteil von ursprünglich gut 8 % an den Stickstoffoxidemissionen des Gesamtverkehrs leistet dies einen erheblichen Beitrag am NO₂-Rückgang.

Schlussendlich ist festzuhalten, dass die verschiedenen, im Bereich der Leipziger Straße eingesetzten Maßnahmen zur Reduzierung der NO₂-Konzentrationen im Gesamten zu einem in Berlin beispiellosen NO₂-Rückgang geführt haben. Die noch vor wenigen Jahren weit entfernte Einhaltung des Grenzwertes von 40 µg/m³ im Jahresmittel wurde damit 2020 erreicht.

Stickstoffoxide

Stickstoffoxide (NO_x) sind die Summe von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid. Für diese Summe gibt es keinen Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit, aber einen so genannten kritischen Wert für den Schutz der Vegetation. Dieser kritische Wert für den Vegetationsschutz von 30 µg/m³ für das NO_x-Jahresmittel ist streng genommen für Stadtgebiete nicht gültig, wird hier aber dennoch herangezogen, um auch der Bedeutung der Vegetation in innerstädtischen Grünanlagen oder auch in Straßenzügen für die Erholungswirkung und das Stadtklima und damit für die menschliche Gesundheit gerecht zu werden. Das Jahresmittel der Summe der Stickstoffoxide (Tabelle 5) lag am Stadtrand bei 11-15 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund bei 20-31 µg/m³ und an den Straßenmessstellen bei 38-100 µg/m³. Somit wurde dieser kritische Wert nur am Stadtrand und an vier der fünf innerstädtischen Hintergrundmessstellen eingehalten. Abbildung 11 stellt die NO_x-Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen und der Passivsammler aufsteigend sortiert dar. An den in den Jahren 2019 und 2020 hinzugekommenen Passivsammlerstandorten werden keine NO_x-Daten erhoben.

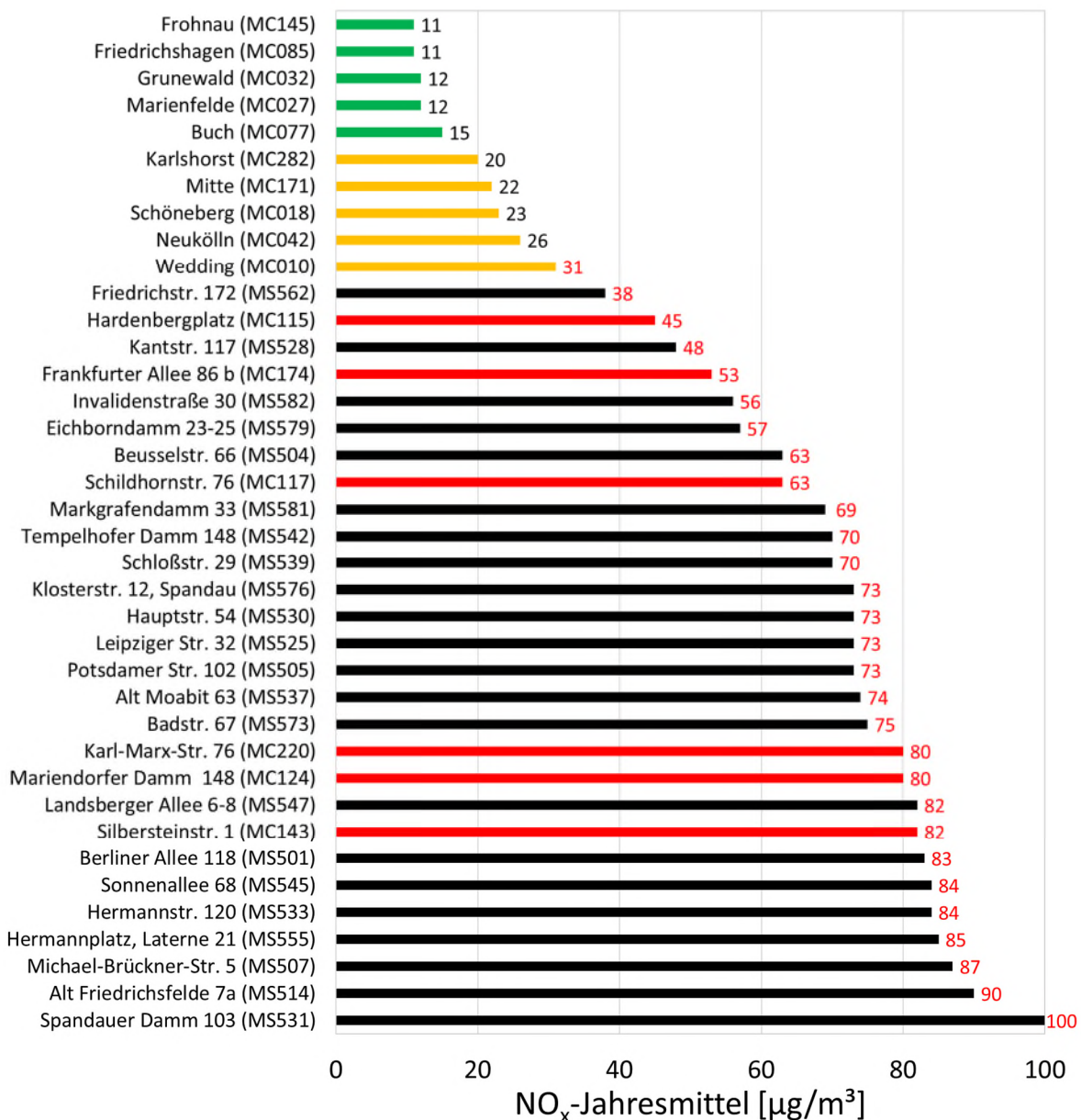


Abbildung 11: NO_x-Jahresmittelwerte aufsteigend sortiert. Die grünen, gelben und roten Balken zeigen die Stationen am Stadtrand, im innerstädtischen Hintergrund und die Verkehrsstationen, schwarze Balken die Passivsammler. Wurde der kritische Wert für den Vegetationsschutz an einer Station überschritten, wird der Wert rechts neben dem Balken rot dargestellt.

5.2 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für PM₁₀ und PM_{2,5} sowie für den AEI

Tabelle 7: Kennwerte für PM₁₀ und PM_{2,5}

Lage	Station	PM ₁₀ Automat		PM _{2,5} Automat	PM _{2,5} Gravimetrie
		Jahresmittel in µg/m ³ Wert	Tagesmittel > 50 µg/m ³ Anzahl	Jahresmittel in µg/m ³ Wert	Jahresmittel in µg/m ³ Wert
	Mittelungszeitraum				
Stadttrand	Grunewald (MC032)	14	0	9	-
	Buch (MC077)	15	1	10	10
	Friedrichshagen (MC085)	14	1	10	-
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	16	1	11	11
	Neukölln (MC042)	18	3	12	13
	Mitte (MC171)	17	0	11	12
Straße	Schildhornstr. 76 (MC117)	18	3	12	-
	Mariendorfer Damm 148 (MC124)	21	4	13	-
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	21	9	13	-
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	22	6	13	14
	Karl-Marx-Str. 76 (MC220)	20	3	13	-
	Leipziger Str. 20 (MW088)	18	2	12	-

Erklärung:

Der Grenzwert der 39. BImSchV beträgt für den PM₁₀-Jahresmittelwert 40 µg/m³ und für den PM_{2,5}-Jahresmittelwert 25 µg/m³. Der PM₁₀-Tagesmittelwert von 50 µg/m³ darf nach der 39. BImSchV im Jahr nicht häufiger als 35-mal überschritten werden.

Bei Messwertausfällen werden diese auf Basis der Erkenntnisse für die anderen Stationen desselben Belastungsregimes ersetzt. Im Einzelfall kann es hierdurch zu Abweichungen von den durch das Umweltbundesamt veröffentlichten Überschreitungshäufigkeiten kommen, da dort fehlende Werte nicht ersetzt werden.

Anmerkung:

Abweichend zu vorangegangenen Jahresberichten, werden für Partikel-PM_{2,5} Jahresmittelwerte auf Basis von gravimetrischen und automatischen Messungen dargestellt. Die gravimetrische Messmethode ist das Referenzverfahren, zu deren Ergebnisse die Äquivalenz der automatisch erhobenen Messwerte nachgewiesen wurden (gilt auch für PM₁₀).

Fett gedruckt = AEI Stationen:

An diesen Stationen werden zur Bestimmung des AEI die Messergebnisse des gravimetrischen Referenzverfahrens genutzt. Der gleitende Dreijahresmittelwert von PM_{2,5} (Average Exposure Indicator = AEI) dient als Indikator für die durchschnittliche Belastung der Bevölkerung im städtischen Hintergrund.

Die Grenzwerte für das Jahresmittel von PM₁₀ und PM_{2,5} sowie der Kurzzeit-Grenzwert für PM₁₀ wurden eingehalten.

PM₁₀

Die an den Stationen des automatischen Messnetzes ermittelten PM₁₀-Jahresmittelwerte lagen 2020 am Stadttrand bei 14-15 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund bei 16-18 µg/m³ und an Schwerpunkten des Straßenverkehrs bei 18-22 µg/m³ (siehe Tabelle 7), wobei die Werte im Jahr 2020 deutlich unter den Werten von 2019 lagen. Der höchste Jahresmittelwert wurde mit 22 µg/m³ in der Frankfurter Allee gemessen. Der Grenzwert von 40 µg/m³ für das PM₁₀-Jahresmittel, der 2003 letztmals überschritten wurde, wurde damit wiederum flächendeckend eingehalten. Die PM₁₀-Messwerte in Berlin lassen eine flächendeckende Einhaltung auch des bis 2020 von der Weltgesundheitsorganisation empfohlenen Langzeit-Zielwertes von 20 µg/m³ als erreichbar erscheinen (World Health Organization, 2006).

Der **Grenzwert für das PM₁₀-Jahresmittel** liegt bei 40 µg/m³ und wurde in Berlin 2003 letztmalig überschritten.

Der **Grenzwert für das PM₁₀-Tagesmittel** liegt bei 50 µg/m³, welcher 35 Mal im Kalenderjahr überschritten werden darf. Erst ab der 36. Überschreitung des Tagesmittels von 50 µg/m³ gilt dieser Grenzwert für das Kalenderjahr als überschritten. Dieser Grenzwert wurde seit 5 Jahren nicht mehr überschritten.

Wie bei Stickstoffdioxid werden auch für PM_{10} kurzfristige Spitzenbelastungen überwacht. Hierfür gilt ein Immissionsgrenzwert für das Tagesmittel von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei 35 Überschreitungen pro Kalenderjahr zulässig sind. Bis vor einigen Jahren war diese Kurzzeitbelastung bezüglich PM_{10} ein erhebliches Problem. Seit 2016 lagen die Überschreitungshäufigkeiten jedoch an den Berliner Messstellen stets unterhalb der erlaubten Anzahl von 35. Im Jahr 2020 wurde dieser Wert weit unterschritten und lag bei maximal neun Überschreitungen der Messstation in der Silbersteinstraße.

Langzeittrend für PM_{10}

Der PM_{10} -Langzeittrend in Berlin ist in Abbildung 12 unter Anwendung der bereits erläuterten Differenzenmethode (siehe Kasten auf Seite 22) für die PM_{10} -Messungen am Stadtrand (grün), im innerstädtischen Hintergrund (gelb) und an Straßen (rot) als Linie dargestellt. Die dem Modell zu Grunde liegenden PM_{10} -Jahresmittelwerte sind in der entsprechenden Farbe als Punkte dargestellt. Zusätzlich stellt Abbildung 12 die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der am höchsten belasteten Station von 2000 bis 2020 als Balken dar.

Die PM_{10} -Belastung zeigt über den dargestellten Zeitraum eine deutliche Abnahme um rund 35 % im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand sowie eine Abnahme um etwa 45 % an Straßenmessstellen. Seit 2003 wird in Berlin der für das Jahresmittel gültige Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durchgängig und an allen Stationen eingehalten. Auch die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist im dargestellten Zeitraum rückläufig. Im Jahr 2015 wurden letztmals mehr als die zulässigen 35 Überschreitungen des Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beobachtet (Station MC174, 36 Überschreitungen).

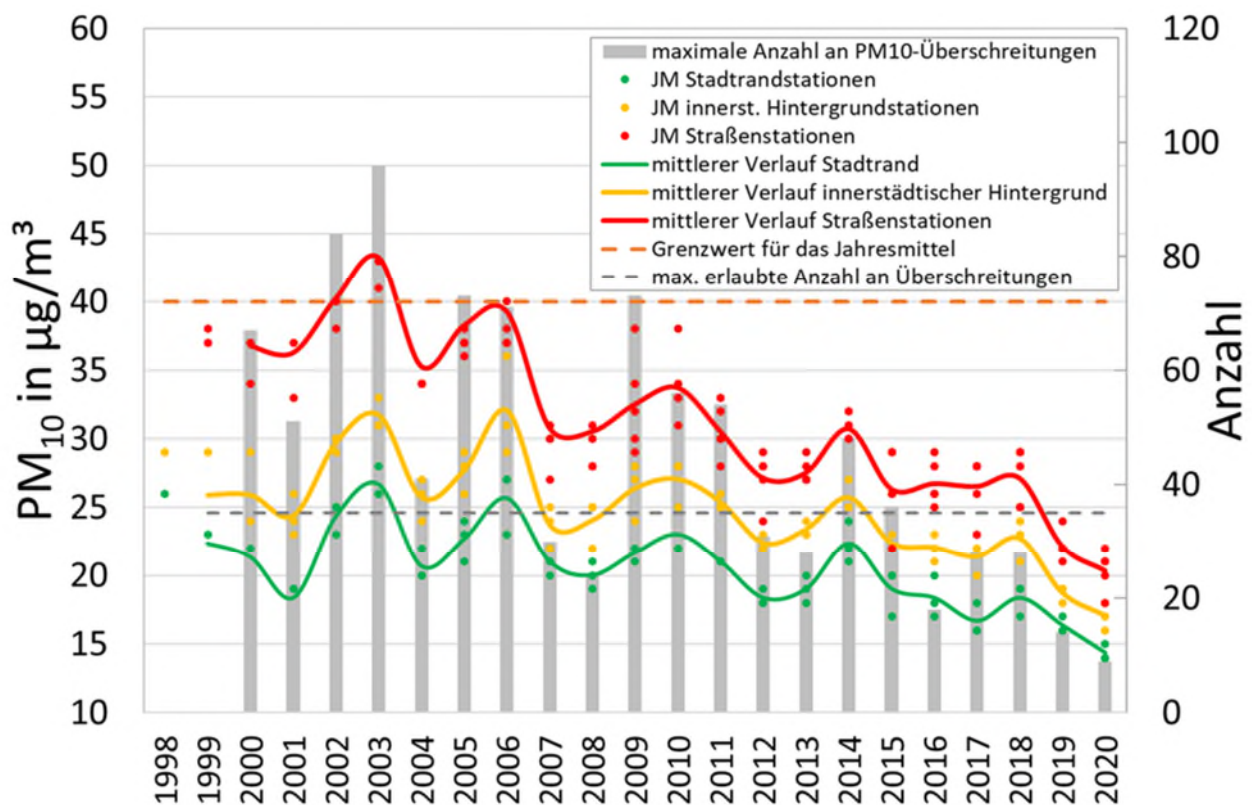


Abbildung 12: Entwicklung der PM_{10} -Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte), im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung in den drei Belastungsregimen dar. Zusätzlich ist jeweils die maximale Anzahl an jährlichen Überschreitungen des PM_{10} -Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als grauer Balken dargestellt.

Die PM_{10} -Belastung in Berlin und ihre langjährige Entwicklung wird maßgeblich durch die meteorologischen Bedingungen und emissionsmindernde Maßnahmen geprägt. Die jährlichen Schwankungen der PM_{10} -Jahresmittelwerte von bis zu 20 % und insbesondere die Variabilität der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ von bis zu einem Faktor zwei spiegeln die Abhängigkeit der PM_{10} -Belastung von den Witterungsbedingungen wider, auf welche im Abschnitt 4 eingegangen wird. Besonders der Ferntransport von Partikeln bei südlichen bis östlichen

Anströmungen, vermehrtes Heizen bei tiefen Temperaturen und die Häufigkeit von austauscharmen, in der Regel durch Hochdruck geprägten, Wetterlagen, beeinflussen die PM₁₀-Belastung stark. Ein großer Teil der Überschreitungstage des Tagesgrenzwerts wird auf Ferntransport aus östlichen und südöstlichen Richtungen zurückgeführt. In Jahren mit vergleichsweise geringer PM₁₀-Belastung, beispielsweise 2007, 2008, 2012, 2013 und 2017, herrschten stets günstige meteorologische Bedingungen. Auch im Jahr 2020 trugen die Witterungsbedingungen maßgeblich zu einer geringen PM₁₀-Belastung bei. So führten einerseits die hohen Temperaturen (siehe Abbildung 2) der Wintermonate im Jahr 2020 zu einem geringen Heizbedarf, was niedrige lokale Partikelemissionen mit sich bringt. Weiterhin ist das geringe Auftreten von Ost- und Südwinden in den 2020er Wintermonaten (siehe Abbildung 5) ein Indiz für wenig Hochdruckeinfluss und den damit zusammenhängenden geringen Ferntransport von vorbelasteten Luftmassen aus Süd-Osteuropa. Der langjährige Rückgang der PM₁₀-Belastung ist hingegen auf lokale und grenzübergreifende emissionsmindernde Maßnahmen zurückzuführen. Eine wichtige Maßnahme in Berlin zur Minderung der PM₁₀-Belastung war die Einführung der Umweltzone in zwei Stufen zum 01.01.2008 und 01.01.2010. Nach einer Untersuchung zur Wirkung der Stufe 2 der Umweltzone von 2011 (Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, 2011), verhinderte die Einführung der Umweltzone eine um etwa 7 % höhere PM₁₀-Belastung und 10 Überschreitungstage mit Tagesmitteln über 50 µg/m³. Zur vereinfachten Ermittlung des lokalen Verkehrsbeitrages kann die Differenz der PM₁₀-Konzentration an Straßen und im innerstädtischen Hintergrund herangezogen werden. Die Annäherung der roten Linie an die gelbe Linie in Abbildung 12 verdeutlicht, dass der lokale Verkehrsbeitrag durch den Straßenverkehr im dargestellten Zeitraum deutlich abgenommen hat. Der mit dieser Methode ermittelte Verkehrsbeitrag konnte über den in Abbildung 12 dargestellten Zeitraum, um etwa 70 % reduziert werden, ist jedoch von 2019 auf 2020 nahezu gleich geblieben.

PM_{2,5}

Seit mehreren Jahren wird im BLUME bereits PM_{2,5} automatisch mit dem Streulichtverfahren gemessen, jedoch nicht veröffentlicht. Nun wurde dieser Datensatz für den Zeitraum ab 2017 aufgearbeitet und die Äquivalenz zur Referenzverfahren nachgewiesen. Damit kann nun die PM_{2,5}-Belastung statt an nur 5 Stationen (Gravimetrie) an insgesamt 11 Stationen beurteilt werden (Tabelle 7).

Die PM_{2,5}-Jahresmittelwerte lagen am Stadtrand bei 9-10 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund bei 11-12 µg/m³ und an Schwerpunkten des Straßenverkehrs bei 12-13 µg/m³ und damit durchgehend unterhalb des seit 2015 einzuhaltenden Grenzwertes von 25 µg/m³. Um den von der Weltgesundheitsorganisation bis 2020 empfohlenen Zielwert für das PM_{2,5}-Jahresmittel von 10 µg/m³ (World Health Organization, 2006) in Berlin zu unterschreiten, sind weitere lokale, aber auch überregionale und internationale Bemühungen und Maßnahmen notwendig.

Der **Grenzwert für das PM_{2,5}-Jahresmittel** liegt bei 25 µg/m³. Dieser Grenzwert wurde seit Inkrafttreten im Jahr 2015 in Berlin noch nie überschritten.

Average Exposure Indicator (AEI)

In der 39. BImSchV ist der gleitende Dreijahresmittelwert von PM_{2,5} (Average Exposure Indicator = AEI) als ein Indikator für die durchschnittliche Belastung der Bevölkerung im städtischen Hintergrund definiert. Dieser AEI wird für jeden EU-Mitgliedstaat gesondert aus den Werten der entsprechenden PM_{2,5}-Messstellen ermittelt und daraus ein nationales Minderungsziel abgeleitet. In Deutschland gibt es 30 AEI-Messstellen. In Berlin werden diese

Messungen, entsprechend seinem Anteil an der bundesdeutschen Bevölkerung, die in Großstädten lebt, seit dem 01.01.2008 an drei Stationen mittels gravimetrischen Referenzmessverfahren durchgeführt: Neukölln (MC042), Mitte (MC171) und Wedding (MC010). Der AEI für das Referenzjahr 2010 ist als der Mittelwert der Jahre 2008 bis 2010 definiert, der AEI für das Jahr 2011 als Mittelwert der Jahre 2009 bis 2011 etc. Entsprechend ergibt sich der AEI für das Jahr 2020 als Mittel der Jahre 2018 bis 2020. Wie der Rückgang der Jahresmittelwerte der Berliner AEI-Stationen seit 2010 von 19,2 µg/m³ auf 13,7 µg/m³ im Jahr 2020 (siehe Tabelle 8) zeigt, waren die emissionsmindernden Maßnahmen, sowohl in den osteuropäischen Mitgliedstaaten der EU als auch in Berlin selbst (Luftreinhalteplan 2011-2017, (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, 2013)) erfolgreich.

Im gesamten Bundesgebiet betrug der AEI für das Jahr 2010 16,4 µg/m³ (Umweltbundesamt, Luftqualität 2020 - Vorläufige Auswertung, 2021). Entsprechend den Regelungen in der 39. BImSchV ergibt sich ein nationales Reduktionsziel bis zum Jahr 2020 (Mittelwert der Jahre 2018, 2019, 2020) von 15 %, so dass der dreijährige Mittelwert der 30 deutschen AEI-Messstellen für die Jahre 2018-2020 nur noch 13,9 µg/m³ betragen darf. Dieser Wert wurde bereits 2016 erstmals unterschritten. Für das Jahr 2020 wird der bundesweite AEI voraussichtlich 11,0 µg/m³ betragen (Umweltbundesamt, Luftqualität 2020 - Vorläufige Auswertung, 2021) und liegt damit zum vierten Mal in Folge unter dem Wert, der ab 2020 einzuhalten ist.

Durch das **naationale Reduktionsziel von 15 %**, basierend auf dem AEI von 2010, darf auf Bundesebene der AEI im Jahr 2020 13,9 µg/m³ nicht überschreiten, was bereits 2016 erreicht wurde.

Tabelle 8: Mittelwert über alle AEI-Stationen in Deutschland (national) (Umweltbundesamt, Luftqualität 2020 - Vorläufige Auswertung, 2021) und Mittelwerte der Berliner AEI-Stationen (ab 2010)

Jahr	AEI (national)	Mittelwerte der Berliner AEI-Stationen
Mittelungszeitraum	3-Jahresmittel in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3-Jahresmittel in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2010	16,4	19,2
2011	17,0	19,9
2012	16,2	19,6
2013	15,3	18,2
2014	14,6	18,0
2015	14,1	17,5
2016	13,4	17,2
2017	12,6	15,7
2018	12,6	15,6
2019	12,1	14,8
2020	11,0	13,7

Langzeitrend von $\text{PM}_{2,5}$ und AEI

Der $\text{PM}_{2,5}$ -Langzeitrend in Berlin ist in Abbildung 13 unter Anwendung der bereits erwähnten Differenzenmethode für die automatischen $\text{PM}_{2,5}$ -Messungen am Stadtrand (grün), im innerstädtischen Hintergrund (gelb) und an Straßen (rot) als Linie dargestellt. Die dem Modell zu Grunde liegenden $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwerte sind in der entsprechenden Farbe als Punkte dargestellt. Die Verläufe der auf gravimetrischen Messwerten basierenden Jahresmittelwerte der Frankfurter Allee (MC174) und der gleitenden 3-Jahres-Mittelwerte der Berliner-AEI-Stationen (MC010, MC042 und MC171) sind als dunkelrote gestrichelte und als blaue Linie dargestellt.

Wie die PM_{10} -Belastung weist auch die $\text{PM}_{2,5}$ -Belastung von Jahr zu Jahr Schwankungen aufgrund der jeweiligen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und der Emissionssituation auf, wobei insgesamt ein abnehmender Trend sichtbar ist. Dabei ist die Belastung bezüglich $\text{PM}_{2,5}$ in weit höherem Maße als die PM_{10} -Belastung durch den Eintrag vorbelasteter Luftmassen ins Stadtgebiet aufgrund von Ferntransport geprägt. Dies ist auf die langen atmosphärischen Verweilzeiten der Partikelfraktion mit aerodynamischen Durchmessern von ca. 0,2-2 μm zurückzuführen, die den größten Teil der Masse von $\text{PM}_{2,5}$ ausmachen. Die erhöhten $\text{PM}_{2,5}$ -Belastungen in 2006, 2010 und 2014 sind maßgeblich auf die Witterungsbedingungen in diesen Jahren zurückzuführen. Häufige Hochdruckwetterlagen haben einerseits zu einem vermehrten Transport von vorbelasteten Luftmassen aus dem Bereich Südosteuropas geführt. Andererseits kann die hohe Belastung in diesen Jahren aufgrund schlechter lokaler Ausbreitungsbedingungen auf den lokalen Schadstoffausstoß, beispielsweise aus dem Verkehrssektor und aus Heizungen mit Holzfeuerung zurückgeführt werden. In einem Projekt zur Holzfeuerung wurden gerade in den Herbst- und Wintermonaten bei Inversionswetterlagen erhöhte Beiträge dieser Partikel zur $\text{PM}_{2,5}$ -Belastung festgestellt.

Die $\text{PM}_{2,5}$ -Belastung ist stark rückläufig; der seit 2015 einzuhaltende Grenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde bereits seit 2007 stets unterschritten. Der abnehmende Trend hat seine Ursache einerseits in den Fortschritten der emissionsmindernden Maßnahmen in den osteuropäischen Mitgliedstaaten der EU. So sind im Jahr 2017 die letzten Übergangsfristen für die Sanierung von Großfeuerungsanlagen abgelaufen (Europäische Kommission, 2004). Andererseits zeigt sich auch daran die Wirkung der Umweltzone, durch welche gezielt der Ausstoß der sehr feinen Dieselrußpartikel reduziert wurde. Dadurch hat sich die Belastung an Straßen der niedrigeren Belastung im städtischen Hintergrund angenähert. In den letzten beiden Jahren hat sich die $\text{PM}_{2,5}$ -Belastung in allen Belastungsregimen nochmals stark vermindert. Von 2018 auf 2020 ergab sich ein Rückgang um etwa 25 %.

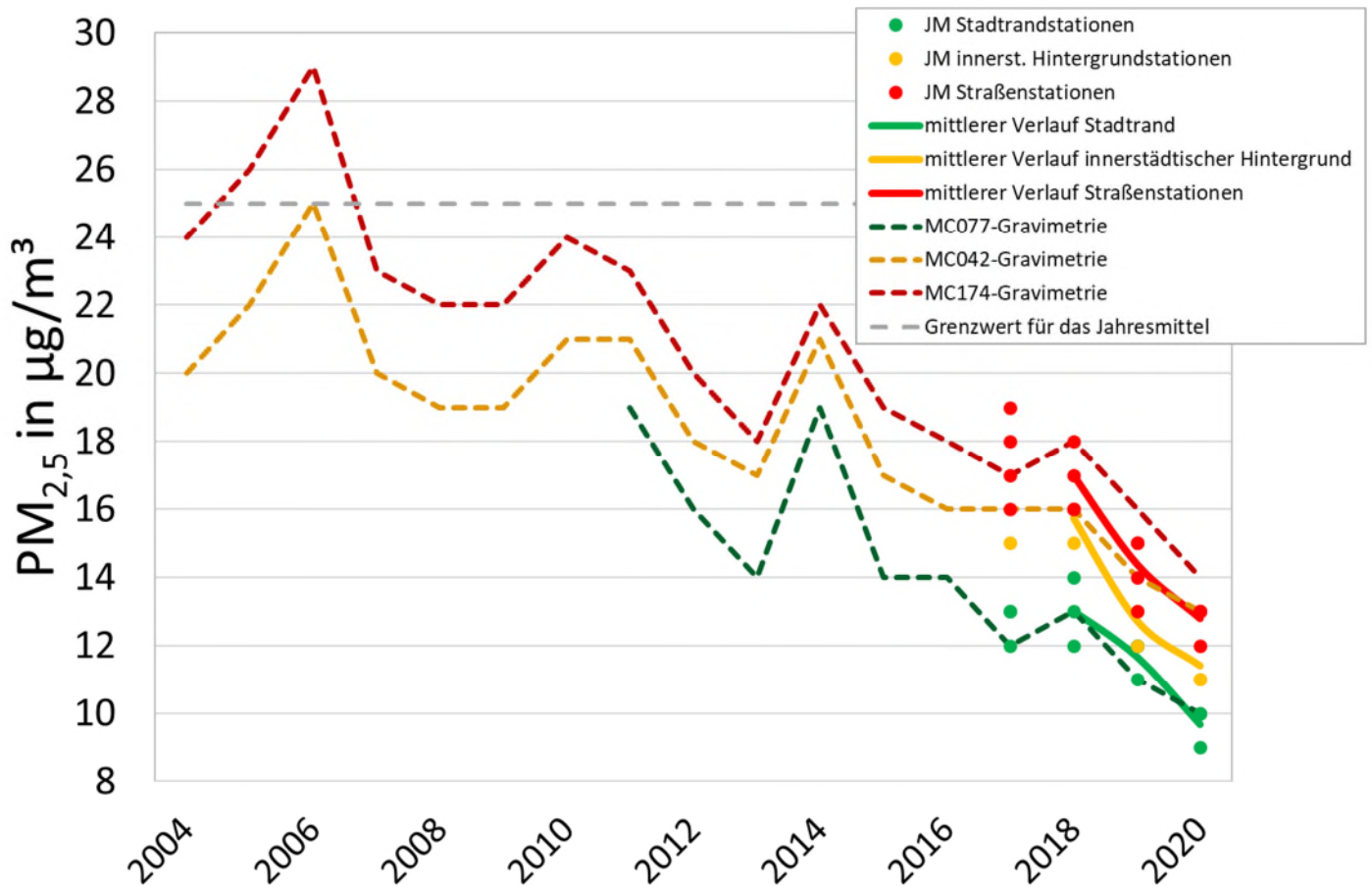


Abbildung 13: Entwicklung der PM_{2,5}-Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte), im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung in den drei Belastungsregimen dar. Die Verläufe der gravimetrischen Messungen am MC174, MC042 und MC077 sind als dunkelrote, orange und dunkelgrüne gestrichelte Linie dargestellt.

5.3 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Staubinhaltsstoffe

Tabelle 9: Kennwerte für Benzo(a)pyren (BaP) in PM₁₀

Lage	Station	Jahresmittel in ng/m ³
Stadtrand	Buch (MC077)	0,23
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	0,23
Straße	Schildhornstr. 76 (MC117)	0,21
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	0,28

Erklärung:

Der Zielwert für das Jahresmittel von Benzo(a)pyren liegt bei 1,0 ng/m³.

Der Zielwert für das Jahresmittel wurde eingehalten.

Tabelle 10: Kennwerte für die Schwermetalle Arsen, Cadmium, Nickel und Blei in PM₁₀

Lage	Station	Arsen	Cadmium	Nickel	Blei
	Mittelungszeitraum	Jahresmittel in ng/m ³			
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	1,0	0,2	1,0	8,1
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	1,3	0,2	2,1	10,1

Erklärung:

Die Zielwerte für das Jahresmittel von Arsen, Cadmium und Nickel liegen bei 6 ng/m³, 5 ng/m³ und 20 ng/m³. Der Grenzwert für das Jahresmittel von Blei liegt bei 500 ng/m³.

Ziel- und Grenzwerte für das Jahresmittel wurden eingehalten.

Benzo(a)pyren in PM₁₀

Die Benzo(a)pyren-Jahresmittelwerte 2020 (siehe Tabelle 9) betragen zwischen 0,21 und 0,28 ng/m³. Die Belastung sank damit im zweiten Jahr in Folge stark, nachdem die Konzentration im Jahr 2018 leicht erhöht war. 2020 wurden die niedrigsten Werte seit dem Beginn der Analysen im Jahr 2006 gemessen. Der Zielwert von 1 ng/m³ wurde deutlich unterschritten.

Schwermetalle in PM₁₀

Die Jahresmittelwerte der zu überwachenden Schwermetalle in PM₁₀ (siehe Tabelle 10) lagen für Arsen bei 1,0 ng/m³ und 1,3 ng/m³, für Cadmium bei 0,2 ng/m³, für Nickel bei 1,0 ng/m³ und 2,1 ng/m³ und für Blei bei 8,1 ng/m³ und 10,1 ng/m³, also in allen Fällen weit unterhalb des jeweiligen Ziel- bzw. Grenzwertes. Im Vergleich zum Vorjahr fällt besonders die geringe Nickelbelastung auf, welche um fast die Hälfte niedriger ist. Im Fall von Cadmium konnte die geringe Belastung aus dem Vorjahr bestätigt werden. Auch die Arsen- und Bleibelastung ist im Vergleich zum Vorjahr leicht gefallen. Unabhängig davon lagen die Schwermetallkonzentrationen seit Beginn der Messungen im Jahr 2004 stets weit unter der unteren Beurteilungsschwelle (Arsen: 2,4 ng/m³, Cadmium: 2 ng/m³, Nickel: 10 ng/m³ und Blei: 250 ng/m³). Dennoch wird im Fall der Schwermetalle Messungen, die in vergleichsweise geringem Umfang durchgeführt werden, auch weiterhin der Vorzug vor den gesetzlich ebenfalls erlaubten objektiven Schätzungen gegeben.

EC und OC

Tabelle 11: Kennwerte für EC und OC

Lage	Station	EC	OC
	Mittelungszeitraum	Jahresmittel in µg/m ³	Jahresmittel in µg/m ³
Stadttrand	Buch (MS535)	0,7	3,0
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MS517)	0,8	4,3
Straße	Berliner Allee 118 (MS501)	1,4	4,6
	Beusselstr. 66 (MS504)	1,1	4,5
	Potsdamer Str. 102 (MS505)	1,0	4,0
	Michael-Brückner-Str. 5 (MS507)	1,6	4,7
	Alt Friedrichsfelde 7a (MS514)	1,4	4,2
	Leipziger Str. 32 (MS525)	1,1	4,3
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	1,1	4,4
	Schildhornstr. 76 (MC117)	0,8	4,0
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	1,3	4,5
	Karl-Marx-Str. 76 (MC220)	1,2	4,7
	Kantstr. 117 (MS528)	0,9	4,5
	Hauptstr. 54 (MS530)	1,1	4,2
	Spandauer Damm 103 (MS531)	1,5	3,9
	Hermannstr. 120 (MS533)	1,4	5,0
	Alt Moabit 63 (MS537)	1,2	4,0
	Schloßstr. 29 (MS539)	0,9	4,0
	Tempelhofer Damm 148 (MS542)	1,1	4,0
	Sonnenallee 68 (MS545)	1,4	5,9
	Landsberger Allee 6-8 (MS547)	1,6	4,5
	Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)	1,4	4,8
	Friedrichstr. 172 (MS562)	0,8	3,9
	Badstr. 67 (MS573)	1,4	4,8
	Klosterstr. 12, Spandau (MS576)	1,1	4,0
Eichborndamm 23-25 (MS579)	1,0	4,0	
Markgrafendamm 33 (MS581)	1,5	4,7	
Invalidenstraße 30 (MS582)	1,1	4,1	

Elementare und organische Kohlenstoffverbindungen (EC, OC) bilden eine Teilmenge der atmosphärischen Partikel. Elementarer Kohlenstoff, der so genannte „Ruß“, ist ein guter Indikator für Verbrennungsprozesse und bildet an Straßenmessstellen sehr gut den Kfz-Verkehr ab. An der EC-Belastung haben jedoch alle unvollständigen Verbrennungsprozesse einen Anteil, so auch das Verbrennen von Holzkohle, Holz und Biomasse. Der Anteil von elementarem Kohlenstoff an der Partikelmassenkonzentration ist zwar gering, wird aber auch von der Weltgesundheitsorganisation als toxikologisch besonders relevant eingestuft (World Health Organisation, 2012). Zur Ermittlung der EC- und OC-Werte wird ein thermisch-optisches Verfahren nach dem Temperaturprofil EUSAAR2 und einer optischen Pyrolysekorrektur per Reflexion angewendet (DIN EN 16909:2017-06, 2017).

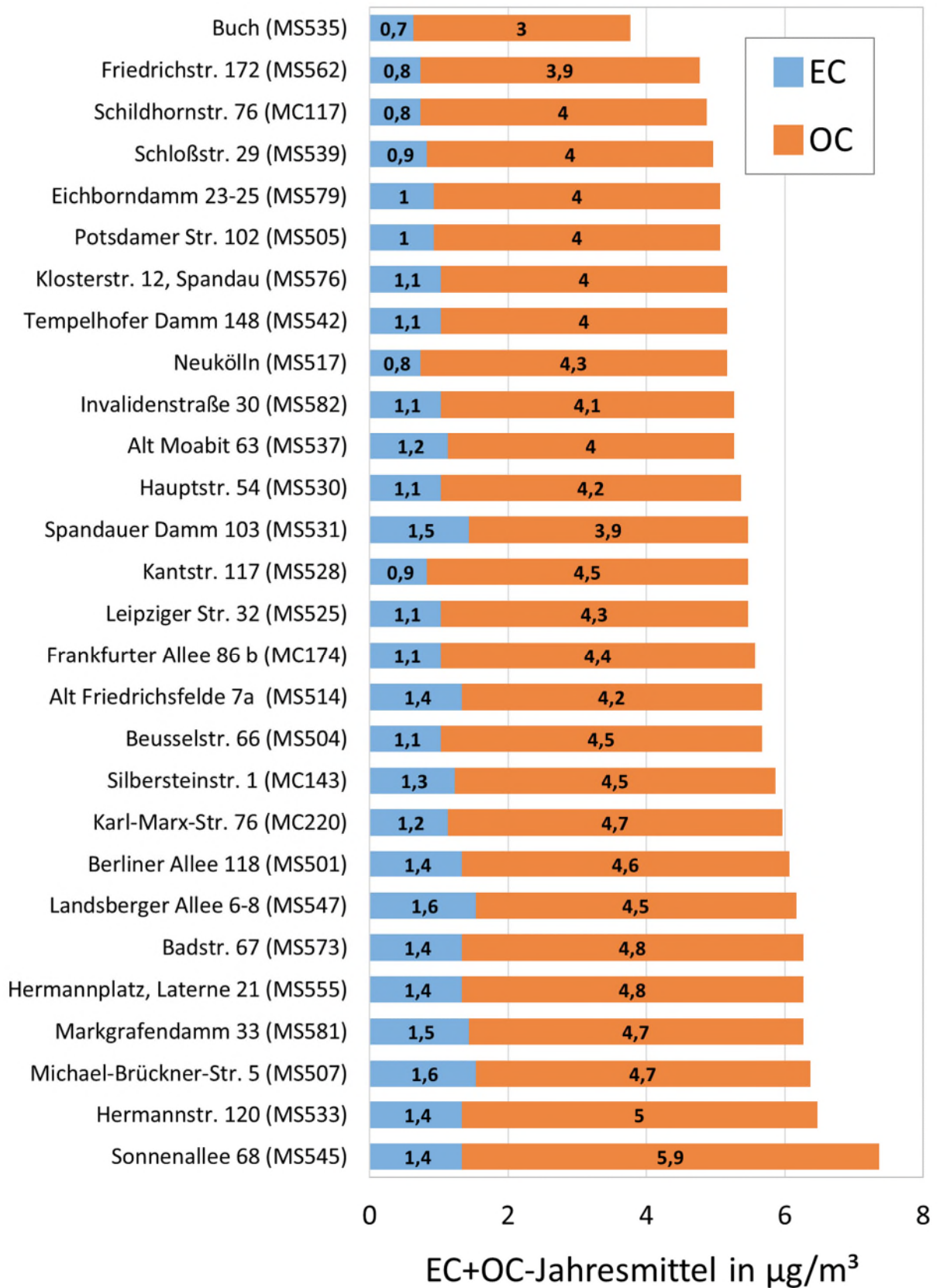


Abbildung 14: EC- und OC-Jahresmittelwerte aufsteigend nach ihrer Summe sortiert

Die Jahresmittelwerte der EC- und OC-Massenkonzentrationen sind in Tabelle 11 aufgeführt. Die EC-Werte lagen am Stadtrand in Buch bei $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und im innerstädtischen Hintergrund in Neukölln bei $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An den Messpunkten an Hauptverkehrsstraßen ergaben sich Jahresmittel zwischen $0,7$ und $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Für OC werden stets höhere Werte als für EC ermittelt. Am Stadtrand in Buch bzw. im innerstädtischen Hintergrund in Neukölln wurden Jahresmittelwerte von $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An den Hauptverkehrsstraßen lagen die Jahresmittelwerte zwischen $3,0$ und $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Schwankungen in den Jahresmittelwerten der einzelnen Stationen sind Ausdruck der verschiedenen natürlichen und anthropogenen Quellen organischer Kohlenstoffverbindungen.

Im Vergleich zum Vorjahr ist die EC- und die OC-Belastung an Hauptverkehrsstraßen im Mittel um 17% und um 11% zurückgegangen.

5.4 Kennwerte und Beurteilung der Belastung von Ozon

Tabelle 12: Kennwerte für Ozon

Lage	Station	JM	MAX_8H	N120_8h	N120_3J	N180	N240
		in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Stadttrand	Marienfelde (MC027)	53	157	20	31	0	0
	Grunewald (MC032)	47	158	16	26	0	0
	Buch (MC077)	45	149	10	15	0	0
	Friedrichshagen (MC085)	54	146	20	30	0	0
	Frohnau (MC145)	49	163	17	24	1	0
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	47	165	12	19	0	0
	Neukölln (MC042)	48	159	12	23	0	0
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	43	136	3	-	0	0
	Leipziger Str. 20 (MW088)	47	145	5	-	0	0

Erklärung:

JM	Jahresmittel
MAX_8H	Maximaler 8-Stunden-Mittelwert
N120_8h	Anzahl an Tagen, an denen MAX_8H den Zielwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten hat.
N120_3J	Mittelwert von N120_8h über die letzten 3 Kalenderjahre (Zielwert der 39. BImSchV sind 25 Tage/Jahr).
N180	Anzahl der 1-Stunden-Mittel, in denen die Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde.
N240	Anzahl der 1-Stunden-Mittel, in denen die Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde.

Rot: Der Zielwert wurde überschritten.

Tabelle 13: Kennwerte für AOT

Lage	Station	AOT-P	AOT-P_5
		in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$	in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$
Stadttrand	Marienfelde (MC027)	8.971	16.068
	Grunewald (MC032)	5.989	13.025
	Buch (MC077)	4.907	11.247
	Friedrichshagen (MC085)	9.955	16.066
	Frohnau (MC145)	7.719	12.888
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	6.531	11.295
	Neukölln (MC042)	6.553	12.814
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	3.745	-
	Leipziger Str. 20 (MW088)	3.272	-

Erklärung:

AOT-P	AOT40 (Summe der Ozon-Werte, die über $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb) liegen, addiert über die Monate Mai bis Juli zwischen 8:00 Uhr und 20:00 Uhr)
AOT-P_5	AOT-P gemittelt über die letzten 5 Kalenderjahre (künftiges Langfristziel zum Schutz der Vegetation: $6.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, Zielwert ab 2010: $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$)

Der Zielwert wurde eingehalten.

Ozon

Die Bildung von bodennahem Ozon geschieht über chemische Reaktionen sogenannter Vorläuferstoffe unter dem Einfluss von UV-Strahlung. Der wichtigste Vorläuferstoff für die Bildung von Ozon ist NO_2 . Aber auch flüchtige organische Verbindungen (VOC, volatile organic compounds) sind für die Ozonbildung von Bedeutung, da diese mit NO zum Ozonvorläuferstoff NO_2 reagieren können. Abgebaut wird Ozon wiederum durch NO. Die Bildung von bodennahem Ozon ist damit eine reversible photochemische Reaktion und stark von der Jahreszeit abhängig. Da zur Bildung

UV-Strahlung benötigt wird und bei höheren Temperaturen mehr VOCs von der Vegetation freigesetzt werden, die als Vorläuferstoffe fungieren, sind die Ozon-Konzentrationen im Sommer und besonders während sonnigen Schönwetterperioden am höchsten.

In Tabelle 12 sind die Ozon-Kennwerte für 2020 dargestellt. Die Jahresmittelwerte am Stadtrand lagen zwischen 45 und 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die im innerstädtischen Hintergrund bei 47 und 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Jahresmittelwerte an den Straßenmessstellen lagen bei 43 und 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die höchsten Ozon-Konzentrationen werden im Allgemeinen in den Stadtrandgebieten gemessen, da dort der Abbau von Ozon durch geringe NO-Konzentrationen eingeschränkt ist. In Bereichen des innerstädtischen Hintergrunds und besonders an

Straßen, ist verkehrsbedingt mehr NO zum Abbau von Ozon vorhanden. Deshalb sind die Konzentrationen in diesen Belastungsregimen entsprechend geringer als am Stadtrand. Hinzu kommt, dass besonders in den im Lee (der vom Wind abgewandten Seite) einer Stadt liegenden Gebiete, hohe Ozonkonzentrationen vorherrschen, da im Stadtgebiet gebildetes Ozon in diese Richtungen abtransportiert wird, dort zum Abbau dann jedoch das NO fehlt, welches vordergründig im Bereich der Innenstadt und besonders in verkehrsreichen Gebieten durch Verbrennungsprozesse gebildet wird. Wie in der Abbildung 5 dargestellt ist, waren in Berlin im Sommer 2020 Windrichtungen von West bis Nordwest sehr stark vertreten, so dass die Stationen in Friedrichshagen (MC085) und teils auch in Marienfelde (MC027), wie auch in den meisten anderen Jahren, im Mittel die höchste Ozon-Belastung aufwiesen.

Die maximalen 8-Stunden-Mittelwerte der einzelnen Stationen sind im Gegensatz zum Jahresmittelwert auf einzelne Ereignisse mit besonderen meteorologischen Bedingungen, meist die Tage mit den höchsten Temperaturen im Jahr, zurückzuführen. So wurden, außer an der Station in Friedrichshagen (MC085), die maximalen 8-Stunden-Mittelwerte am 08. August (zweitwärmster Tag im Jahr 2020 nach dem 09. August) aufgezeichnet. Da an diesen beiden Tagen der Wind aus Richtung Südost kam, war die O₃-Belastung in Friedrichshagen (MC085) und damit auch der maximale 8-Stunden-Mittelwert an diesen beiden Tagen und damit auch im Jahr 2020 nicht so hoch wie an den anderen Stationen. Unüblicherweise wurde der höchste maximale 8-Stunden-Mittelwert mit 165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Innerstädtischen Hintergrund im Wedding (MC010) gemessen, was dadurch erklärt werden kann, dass der 08. August ein Samstag war und somit auf Grund des geringen Verkehrs am Wochenende das zum Ozonabbau nötige NO gefehlt hat.

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für das maximale 8-Stunden-Mittel von Ozon eines Tages liegt bei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei 25 Überschreitungen im Jahr zugelassen sind. Um den starken Einfluss der Witterung auf die Ozon-Konzentration zu berücksichtigen, wird dabei der Mittelwert über die letzten drei Jahre herangezogen, welcher für die Berliner Stationen zwischen 15 und 31 lag (siehe Tabelle 12, Datenspalte 4). An den Stationen in Friedrichshagen (MC085), Marienfelde (MC027) und im Grunewald (MC032) wurde der Zielwert nicht eingehalten. Die deutliche Überschreitung dieses Zielwertes ist die Konsequenz aus drei aufeinanderfolgenden sehr warmen und sonnenscheinreichen Jahren (besonders 2018 und 2019), in welchen die meteorologischen Bedingungen erheblich zum Ansteigen der Ozon-Belastung beigetragen haben.

Die Informationsschwelle von 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde nur einmal in Frohnau (MC145) überschritten. Der Überschreitungstag war, analog zu den maximalen 8-Stundenwerten, der 08. August. Die Alarmschwelle von 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde im Jahr 2020 nicht überschritten.

Der **Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit** für das maximale 8-Stunden-Mittel von Ozon eines Tages liegt bei 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei 25 Überschreitungen im Mittel über drei Jahre zugelassen sind. Dieser Zielwert wurde in Marienfelde (MC027), im Grunewald (MC032) und in Friedrichshagen (MC085) überschritten.

Die **Informationsschwelle** für Ozon liegt bei 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stundenmittel) und wurde im Jahr 2020 nur einmal in Frohnau (MC145) überschritten.

Die **Alarmschwelle** für Ozon liegt bei 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stundenmittel). Dieser Wert wurde im Jahr 1994 letztmalig überschritten.

AOT

Der „Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 ppb“ (AOT40) ist ein Maß, um die ökotoxikologische Wirkung von Ozon auf die Vegetation abschätzen zu können. Der AOT40 wird aus der kumulierten Differenz zwischen 1-Stundenwerten über 40 ppb und 40 ppb (ca. 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Bodennähe ermittelt. Dabei wird nur der Zeitraum zwischen 8 und 20 Uhr (MEZ) berücksichtigt. Der über die letzten fünf Jahre gemittelte AOT40-Wert für Ozon (summiert über die Monate Mai bis Juli - AOT-P_5) lag zwischen etwa 11.300 und 16.100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h und blieb damit auch an der höchst belasteten Messstation in Marienfelde (MC027) unter dem seit 2010 geltenden Zielwert zum Schutz der Vegetation von 18.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h.

Langzeittrend von Ozon

Der O₃-Langzeittrend in Berlin ist in Abbildung 15 unter Anwendung der in Abschnitt 5.1 erwähnten Differenzenmethode für die O₃-Messungen am Stadtrand (grün) und im innerstädtischen Hintergrund (gelb) als Linie dargestellt. Die dem Modell zu Grunde liegenden O₃-Jahresmittelwerte sind in der entsprechenden Farbe als Punkte dargestellt. An Straßen

existieren nicht genug Messungen, um das Differenzenmodell anzuwenden. Die O₃-Jahresmittelwerte vom MC174 sind als rote Punkte dargestellt.

In Abbildung 15 sind für die O₃-Belastung im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand unterschiedliche langjährige Entwicklungen zu erkennen. Im innerstädtischen Hintergrund stieg die Belastung seit Ende der 80er Jahre nahezu stetig an; eine Regressionsanalyse ergibt eine Zunahme von etwa 0,4 µg/m³ pro Jahr. Am Stadtrand kam es dagegen zu Beginn der 90er Jahre zu einer Abnahme und seitdem zu einer sehr geringen Zunahme von etwa 0,15 µg/m³ pro Jahr. Diesen langzeitlichen Entwicklungen sind Schwankungen infolge der Witterungssituation des jeweiligen Sommers (Temperaturen, Bewölkung) überlagert, so dass Sprünge in den Jahresmittelwerten von bis zu 7 µg/m³ von einem auf das nächste Jahr nicht unüblich sind. Auf Grund der meteorologischen Bedingungen im Jahr 2018 und 2019 mit hohen Temperaturen und einer sehr hohen Sonneneinstrahlung war die mittlere Ozonbelastung im Vergleich zu den Vorjahren 2016 und 2017 erhöht. Auch 2020 lag in Hinblick auf die Jahreswerte für Temperatur und Sonnenscheindauer auf einem vergleichbaren Niveau zu 2018 und 2019, was sich jedoch nicht so wie in den beiden Vorjahren an den Ozon-Jahresmittelwerten widerspiegelt. Diese waren trotzdem, passend zum oben erwähnten ansteigenden Trend, im Jahr 2020 auf einem hohen Niveau.

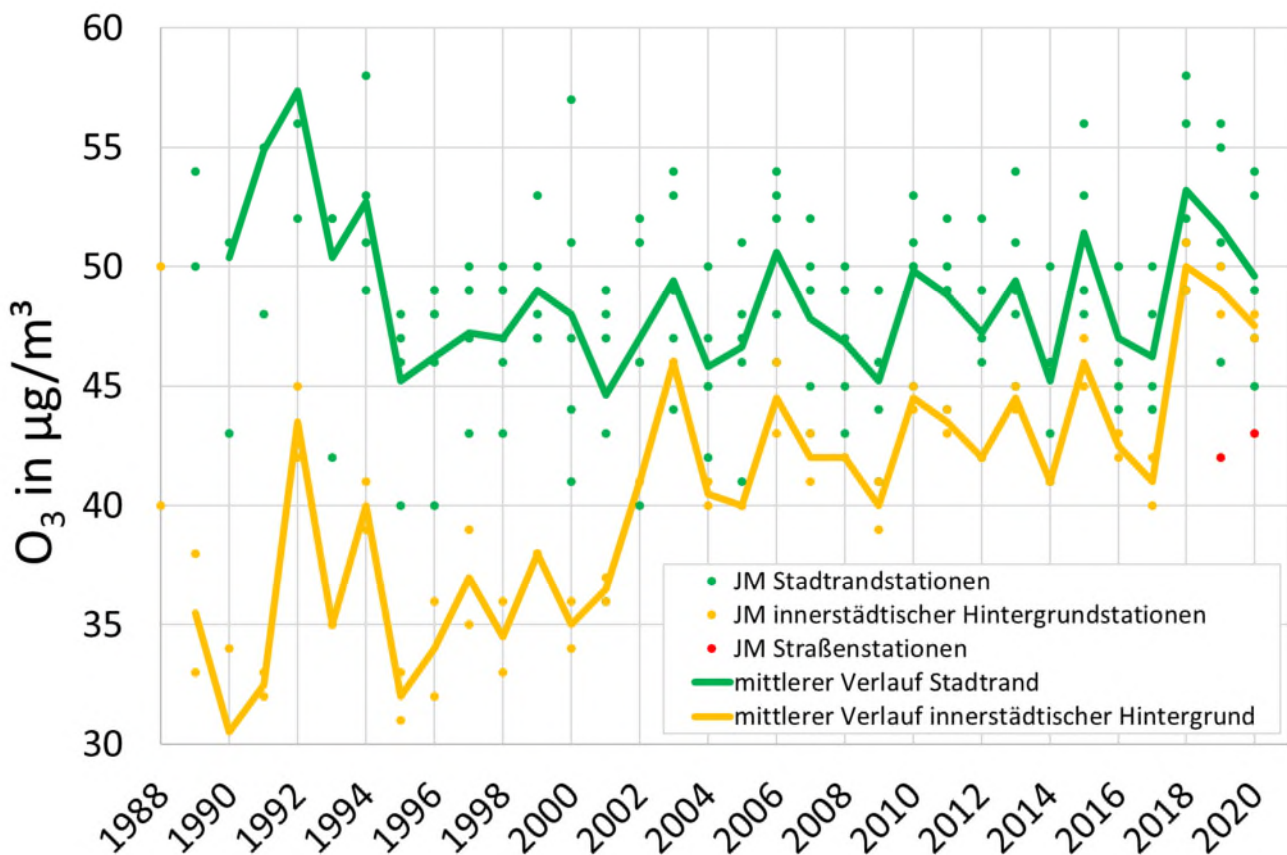


Abbildung 15: Entwicklung der O₃-Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte) im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand dar.

Kurzzeitige O₃-Belastungsspitzen sind gesundheitlich besonders relevant, da erhöhte Ozon-Konzentrationen zu Reizerscheinungen der Augen und Schleimhäute sowie Lungenschäden führen können. Deshalb wurden zum Zweck des Gesundheitsschutzes der Zielwert für das 8h-Mittel von 120 µg/m³ sowie für das 1h-Mittel die Informationsschwelle von 180 µg/m³ und die Alarmschwelle von 240 µg/m³ festgelegt. Die Entwicklung dieser drei Kennwerte ist in Abbildung 16 zusammen mit der Entwicklung der Anzahl an Tagen mit einem Temperaturmaximum von über 30 °C (Hitzetag) dargestellt. Abbildung 16 lässt eine witterungsabhängige Variabilität der Anzahl der Überschreitungen der drei dargestellten Kenngrößen erkennen – in Jahren mit vielen Hitzetagen kam es auch zu hohen Überschreitungszahlen. Es ist jedoch auch zu erkennen, dass trotz des deutlichen Anstiegs an Hitzetagen in den vergangenen 30 Jahren die Anzahl der Überschreitung der Informations- und der Alarmschwelle abgenommen hat. So wurde beispielsweise in den Jahren 2018 und 2019 trotz der sehr hohen Anzahl an Hitzetagen die Informationsschwelle für Ozon im Vergleich zu den 1990er-Jahren nur sehr selten und die Alarmschwelle seit Mitte der 1990er-Jahre gar nicht mehr überschritten. Im Fall

des Ozon-Zielwertes N120_8h zeigt sich ebenfalls, dass in Jahren mit vielen Hitzetagen die maximale Überschreitungsanzahl nicht mehr so hoch ist wie zu Beginn der 2000er-Jahre, das Niveau auf Grund der gestiegenen Anzahl an Hitzetagen jedoch weiterhin sehr hoch ist.

Als Grund für diese Entwicklung kann der in Abschnitt 5.1 dargelegte abnehmende Trend der NO₂-Belastung herangezogen werden, so dass hohe Ozon-Spitzenkonzentrationen durch ein Fehlen von Vorläuferstoffen verhindert wurden. Zusätzlich kann auch die extreme Trockenheit in den Sommermonaten in 2018, 2019 und 2020 ein Grund für diese Beobachtung sein. Es wird diskutiert, dass die Emission von VOC durch die Vegetation auf Grund der Trockenheit und Dürrestress geringer gewesen sein könnte als üblich (Umweltbundesamt, Luftqualität 2018, 2019), wodurch die Spitzenbelastung von Ozon geringer als annehmbar waren.

Auch deutschlandweit wurde eine Abnahme der Ozon-Spitzenkonzentrationen durch Minderungsmaßnahmen für Ozonvorläuferstoffe seit 1990 sowie eine schwache Zunahme der Jahresmittelwerte an städtischen Stationen beobachtet (Umweltbundesamt, Ozon-Belastung, 2018). Im ländlichen Hintergrund wurden bis Ende der 1990er-Jahre eine deutschlandweite Zunahme und eine darauffolgende Stagnation der Ozon-Jahresmittelwerte registriert (Umweltbundesamt, Ozon-Belastung, 2018). Da auch die Berliner Stadtrandstationen im Fall von Ozon maßgeblich von städtischen Emissionen beeinflusst sind, hier besonders die im Lee der Stadt liegenden Stationen MC027 und MC085, passt der in Berlin im Mittel über alle Stationen festgestellte Anstieg, zum deutschlandweiten Trend.

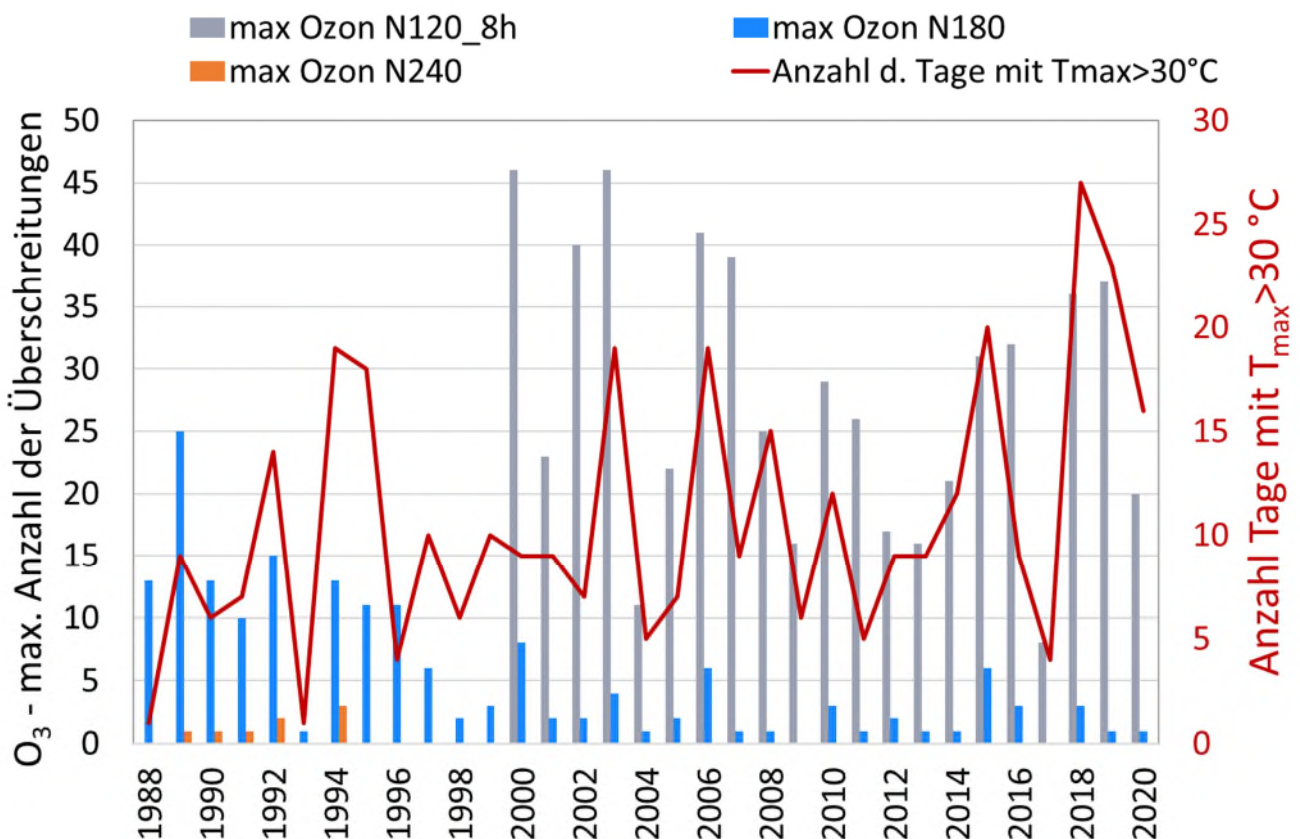


Abbildung 16: Dargestellt sind die maximale Anzahl der Überschreitungen des Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit (N120_8h), der Informationsschwelle (N180) und der Alarmschwelle (N240) eines Kalenderjahres als graue, blaue und orange Balken. Zusätzlich zeigt die Abbildung den Verlauf der Anzahl von Tagen eines Kalenderjahres mit einem Temperaturmaximum von über 30 °C als rote Linie.

5.5 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Kohlenstoffmonoxid und Benzol

Tabelle 14: Kennwerte für Kohlenstoffmonoxid

Lage	Station	Jahresmittel	Maximaler 8-Stundenwert
		in mg/m ³	in mg/m ³
Straße	Schildhornstr. 76 (MC117)	0,3	0,9
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	0,3	0,9
	Leipziger Str. 20 (MW088)	0,3	0,7

Erklärung:

Der Grenzwert für den höchsten 8-Stundenmittelwert pro Tag beträgt 10 mg/m³.
 Kurzzeit-Grenzwert wurde eingehalten.

Tabelle 15: Kennwerte für Benzol

Lage	Station	Jahresmittel
		in µg/m ³
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	0,8
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	0,9

Erklärung:

Der Grenzwert für das Jahresmittel für Benzol beträgt 5 µg/m³ (39.BImSchV).
 Grenzwert für Jahresmittel und Kurzzeit-Grenzwert wurden eingehalten.

Kohlenstoffmonoxid und Benzol

Die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden für Kohlenmonoxid und Benzol im Jahr 2020 weit unterschritten (siehe Tabelle 14 und Tabelle 15). Es kommt jedoch weiterhin vor, dass verhaltensbedingte Emissionen, wie beispielsweise Grillen, zu kurzzeitig lokal erhöhten CO-Belastungen führen. Die Benzol-Emissionen konnten erfolgreich durch die „Gaspendingungen“ an Tankstellen reduziert werden. Dabei wird bei der Verteilung von Ottokraftstoffen zurückströmendes Gas (Pendelgas) gereinigt und der Austritt von flüchtigen organischen Verbindungen reduziert.

5.6 Langzeittrend von Schwefeldioxid (SO₂)

Die Entwicklung der SO₂-Belastung in Berlin ist in Abbildung 17 für den Zeitraum von 1976 bis 2019 dargestellt. Die blau gestrichelte Linie beruht auf Daten, welche bis 2000 im Jahresbericht des BLUME (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2001) als SO₂-Gebietsmittel veröffentlicht wurden, jedoch nicht in digitaler Form vorliegen. Seit 1989 liegen die als graue Punkte dargestellten Jahresmittelwerte der einzelnen Messstationen in digitaler Form in der Datenbank des BLUME vor. Auf Grundlage dieser Daten wurde unter Anwendung der Differenzenmethode der mittlere Verlauf der SO₂-Entwicklung aller Messstationen (rote Linie) und der Messstationen des städtischen Raums (innerstädtischer Hintergrund und Verkehr, gelbe Linie) berechnet.

Die Luftbelastung durch die meisten direkt emittierten Schadstoffe ist in den letzten 20 Jahren stark gesunken. Beim Schwefeldioxid, das hauptsächlich aus Kraftwerken, Industrie und Kohleöfen stammte, ist dieser Rückgang am deutlichsten. Die Emissionen sind durch die Sanierung oder Stilllegung von Industrieanlagen und die Installation von Rauchgasentschwefelungsanlagen in Kraftwerken Ende der 1980er Jahre in West-Berlin und nach 1990 auch in den neuen Bundesländern und osteuropäischen Nachbarländern stark gesunken. Auch der fast vollständige Ersatz von Kohleheizungen durch Gasheizungen oder Fernwärme und der Einsatz von schwefelarmen Kraftstoff haben zur Verbesserung der Luftqualität beigetragen. Seit 2004 hat sich die Schwefeldioxidimmission im gesamten Stadtgebiet, sowohl in der Innenstadt als auch in den Außenbezirken auf Jahresmittelwerte zwischen 1-4 µg/m³ eingependelt. Damit ist die Konzentration von Schwefeldioxid im Vergleich zu 1989 um 96 % zurückgegangen.

Da die SO₂-Belastung in den letzten 30 Jahren stark gesunken ist und die gemessenen Konzentrationen größtenteils unter der Nachweisgrenze lagen, wurde auch die letzte Messung von SO₂ an der Frankfurter Allee (MC174) im Juni 2020 eingestellt. Dieser Schritt ist laut 39. BImSchV zulässig, da die SO₂-Konzentrationen schon seit Jahren unter der unteren Beurteilungsschwelle lagen. Die SO₂-Belastung wird deshalb ab 2020 nicht mehr durch Messungen bestimmt, sondern mit Modellrechnungen oder Methoden der objektiven Schätzung.

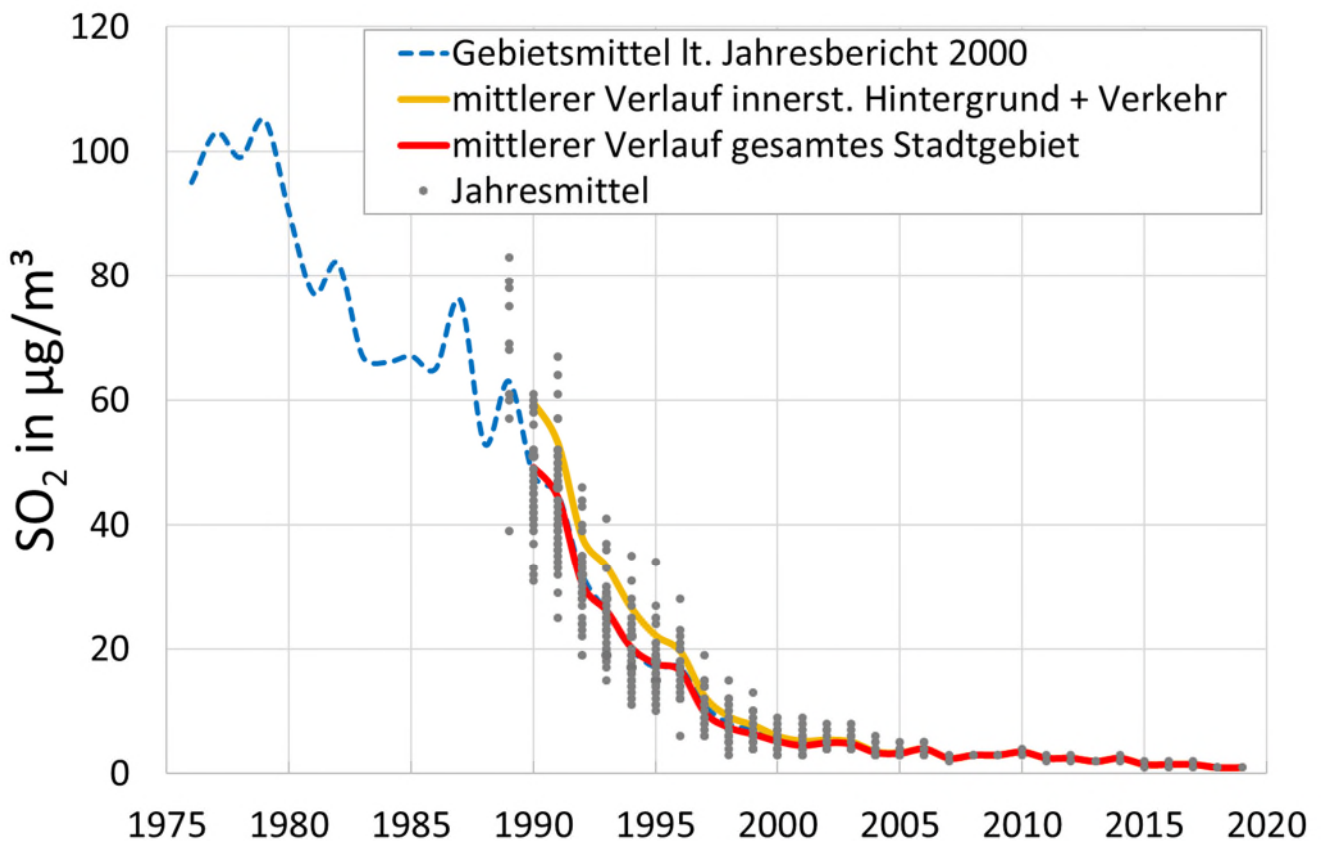


Abbildung 17: Entwicklung der SO₂-Belastung in Berlin zwischen 1976 und 2019. Dargestellt sind das dem Jahresbericht 2000 entnommene Gebietsmittel als blau gestrichelte Linie und die Jahresmittelwerte der einzelnen automatischen Stationen als graue Punkte. Auf Grundlage dieser Jahresmittelwerte wurden mit dem Differenzenmodell der mittlere Verlauf der SO₂-Belastung des gesamten Stadtgebietes und des innerstädtischen Gebietes (innerstädtischer Hintergrund und Verkehr) berechnet.

6 EINFLUSS DES FRÜHJAHR-LOCKDOWNS AUF DIE LUFTQUALITÄT

Ab Mitte März 2020 hat die Coronakrise dazu geführt, dass sich durch die Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie bisherige menschliche Verhaltens- und Mobilitätsmuster stark geändert haben. Da die Verunreinigung der Luft stark vom menschlichen Verhalten abhängt und in urbanen Gebieten besonders durch den Verkehr beeinflusst wird, hatten die Maßnahmen einen starken Einfluss auf die Luftqualität in Berlin. Zeitgleich wird dieser Verkehrseinfluss aber auch durch den Einfluss der Witterungsbedingungen überlagert. Die tatsächliche Wirkung des Lockdowns auf die Berliner Luftqualität ist deshalb nicht einfach zu ermitteln. In verschiedenen Medien wurde daher fälschlicherweise die These geäußert, dass sich der Rückgang des Verkehrs während des Lockdowns nicht in den NO₂-Messdaten widerspiegelte. Im Folgenden werden die beiden Einflussfaktoren Verkehr und Witterung vor und während des Lockdowns betrachtet und zwei Analysen vorgestellt, in welchen der Rückgang des lokalen NO₂-Verkehrsbeitrages ohne und mit Berücksichtigung der Witterung ermittelt wurde.

6.1 Der Luftschadstoff-Verkehrsbeitrag vor und während des Lockdowns

Durch Kontaktbeschränkungen, Schließung von Schulen, Kindertagesstätten und Freizeiteinrichtung sowie dem vermehrten Arbeiten im Homeoffice änderte sich das Mobilitätsverhalten in Berlin ab der Woche vom 16. bis zum 22. März 2020 stark. Die Verkehrszahlen von Pkw und kleinen Lkw auf den Berliner Hauptverkehrsstraßen brachen im Frühjahrs-Lockdown um 20 % bis 30 % ein. Beispielhaft zeigt Abbildung 18 die Entwicklung der täglichen Verkehrsstärke in der Leipziger Straße im Vergleich zur mittleren Verkehrsstärke der Werktage der ersten Märzwoche.

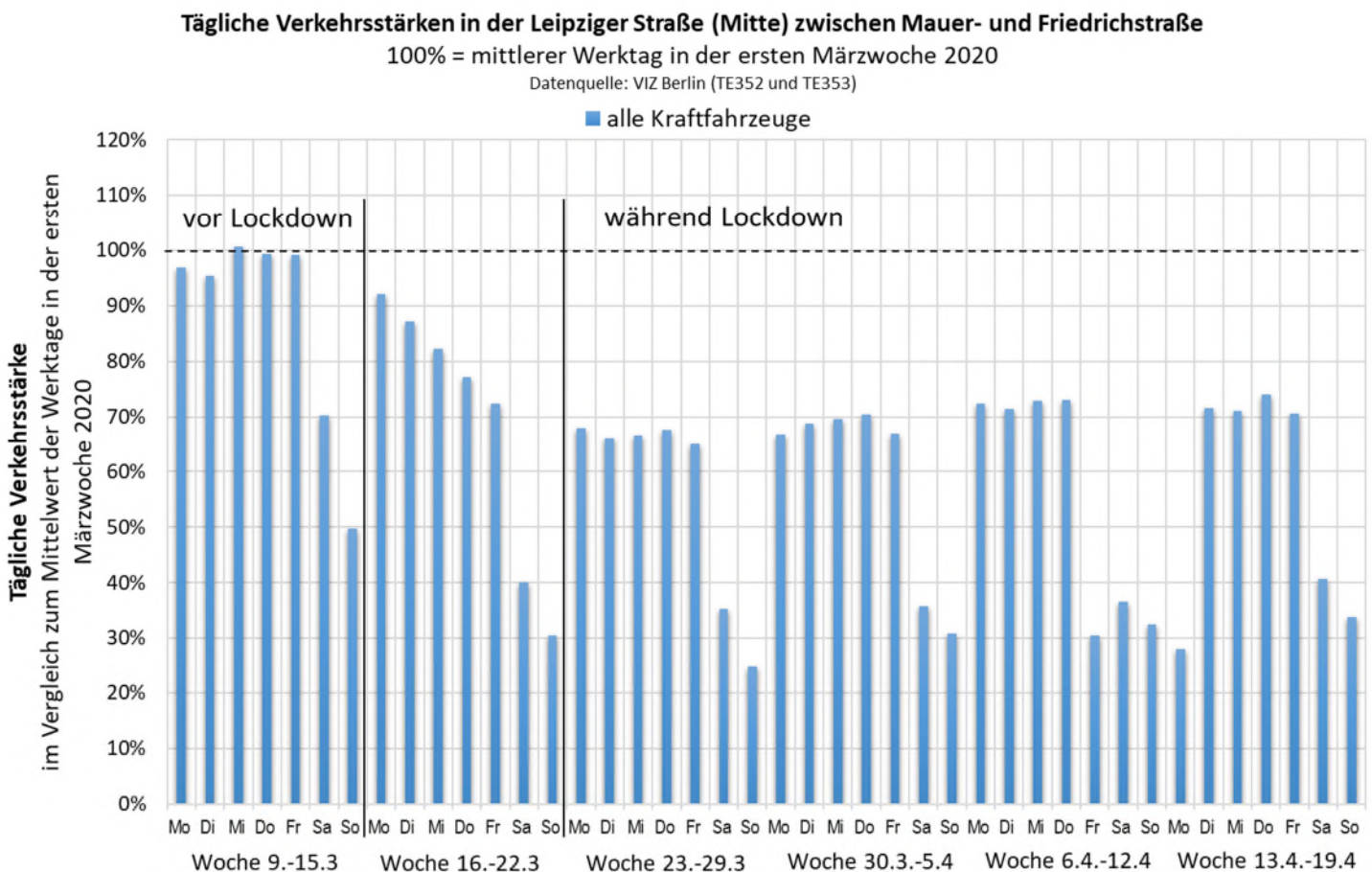


Abbildung 18: Tägliche Verkehrsstärken in der Leipziger Straße (Quelle: VIZ Berlin)

Die Folge des Verkehrsrückgangs war ein abgeschätzter Rückgang der Stickstoffoxidemissionen durch Pkw und kleine Lkw um etwa 15-20 %, welcher sich auch direkt in den durch das BLUME gemessenen NO₂-Konzentrationen widerspiegelte. Erkennbar ist das in Abbildung 19, welche die mittlere NO₂-Belastung an Hauptverkehrsstraßen, im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand für den Zeitraum vor dem Lockdown (9. Januar bis 15. März 2020) und

während des Lockdowns (23. März bis 25. April 2020) zeigt und einen Rückgang der NO₂-Belastung in allen drei Belastungsregimen verdeutlicht. An den Verkehrsstationen betrug der Rückgang etwa 10 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund etwa 6 µg/m³ und am Stadtrand etwa 2 µg/m³, was in allen drei Fällen ca. 25 % entspricht. Der Beitrag des Verkehrs an der NO₂-Belastung kann näherungsweise aus der Differenz der Belastung an Straßen und im innerstädtischen Hintergrund bestimmt werden. Um die Entwicklung des lokalen NO₂-Verkehrsbeitrages während des Lockdowns zu untersuchen, wurde der lokale NO₂-Verkehrsbeitrag vom 09. März 2020 bis zum 26. April 2020 wochenweise ermittelt und mit dem eines Referenzzeitraumes von Januar und Februar 2020 (ohne Ferien) verglichen (siehe Abbildung 20). Es ergaben sich wochenweise Rückgänge von 7 % bis 33 %, so dass im Mittel über den Zeitraum des Lockdowns von einem Rückgang des lokalen Verkehrsbeitrages an Verkehrsmessstellen um etwa 15 % ausgegangen werden kann.

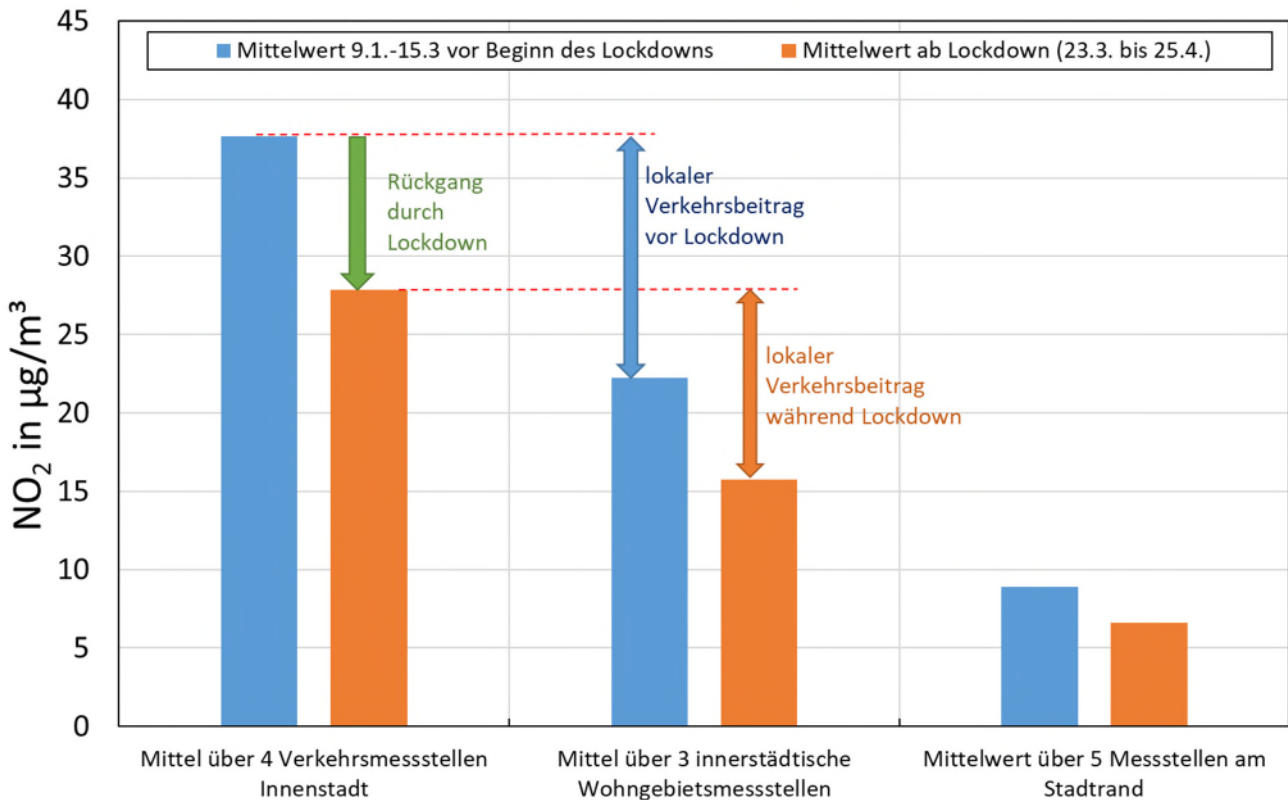


Abbildung 19: NO₂-Konzentration vor und während des Frühjahr-Lockdowns, gemessen an Straßen, im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand.

Der Zusammenhang des Verkehrsrückgangs und des Rückgangs der NO₂-Belastung belegt zudem zweifelsfrei die bisherigen Erkenntnisse über die Ursachen der NO₂-Belastung in Berlin: etwa die Hälfte der NO₂-Belastung ist auf den Kfz-Verkehr in den Hauptverkehrsstraßen zurückzuführen und ein Viertel auf den Kfz-Verkehr in den restlichen Stadtgebieten (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019).

Für PM₁₀ ergab eine äquivalent durchgeführte Auswertung ein erwartungsgemäß differenziertes Ergebnis, da PM₁₀ in der Innenstadt nur zu etwa einem Viertel aus dem Kfz-Verkehr stammt und zu über 60 % auf externe Quellen zurückzuführen ist (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019). Abbildung 21 verdeutlicht eine in allen drei Belastungsregimen gestiegene PM₁₀-Belastung während des Lockdowns im Vergleich zum vorangegangenen Zeitraum. Der lokale PM₁₀-Verkehrsbeitrag ist dabei nahezu konstant geblieben. Die hohen PM₁₀-Konzentrationen während des Lockdowns sind nur durch die Witterungsbedingungen zu erklären, worauf im Folgenden eingegangen wird.

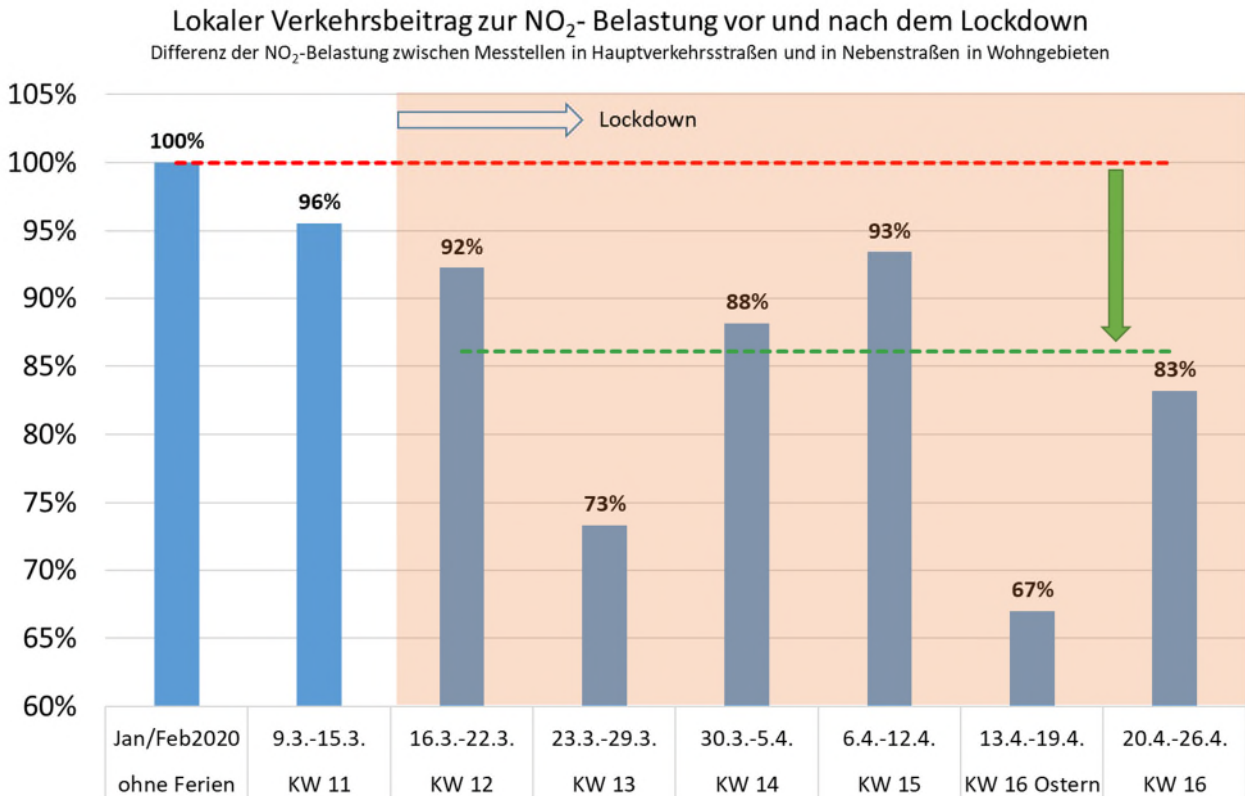


Abbildung 20: Entwicklung des lokalen NO₂-Verkehrsbeitrages während des Frühjahr-Lockdowns im Vergleich zum Zeitraum Januar/Februar 2020.

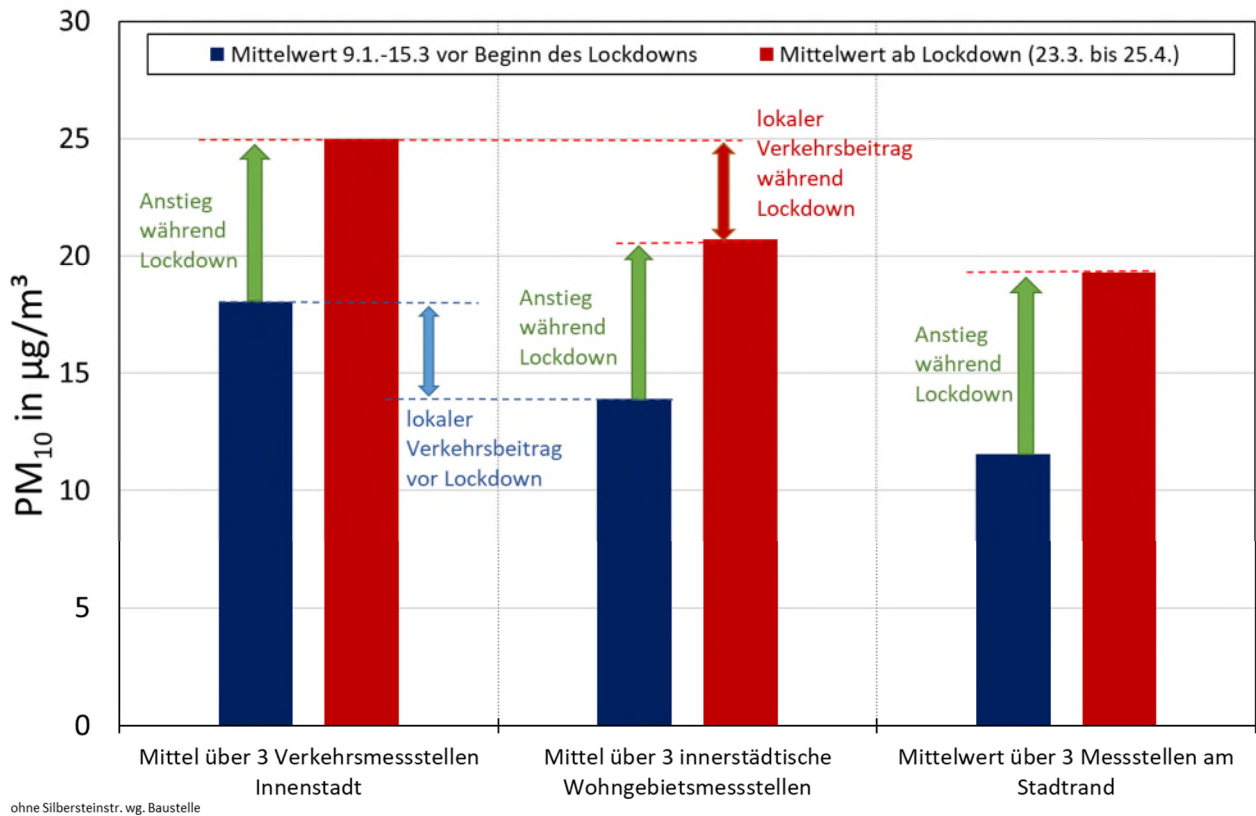


Abbildung 21: PM₁₀-Konzentration vor und während des Frühjahr-Lockdowns, gemessen an Straßen (ohne MC143 wegen einer Baustelle), im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand.

6.2 Die Witterung vor und während des Lockdowns

Im Kapitel 4 wurden die Zusammenhänge zwischen der Luftschadstoffbelastung und den meteorologischen Bedingungen bereits kurz angerissen. In der oben beschriebenen Auswertung konnte der Einfluss der Wetterschwankungen nur bedingt berücksichtigt werden, da die betrachteten Mittelungszeiträume, welche zum Vergleich genutzt werden konnten, nur sehr kurz waren. Um die oben dargelegten Ergebnisse auch in Hinblick auf die Witterungsbedingungen einordnen zu können, wird im Folgenden auf meteorologische Parameter eingegangen, mit denen die Wetterlagen vor und während des Frühjahr-Lockdowns gut beschrieben werden können. Dafür sind in Abbildung 22 die Zeitreihen des atmosphärischen Luftdrucks (p), der Windgeschwindigkeit (WG), der Windrichtung (WR) und des Niederschlags (N) dargestellt.

Der Zeitraum vor dem Lockdown (Februar und erste Märzhälfte) ist durch tiefen Druck (teils unter 1000 hPa), erhöhte Windgeschwindigkeiten von deutlich über 4 m/s und westlichen Windrichtungen (etwa zwischen 225 ° und 315 °) geprägt, was allesamt Merkmale für eine typische West-Wetterlage sind. Üblich für diese Wetterlage sind häufiges Durchziehen von Tiefdruckgebieten mit den dazugehörigen Fronten, was zu guten Austauschbedingungen für Luftschadstoffe und zu viel Niederschlag führt. Im Februar und in der ersten Märzhälfte sind in Summe 110 l/m² Niederschlag gefallen, was etwa 20% des Jahresniederschlags ausmacht. Bedingt durch diese Wetterlage war die Belastung mit Luftschadstoffen vor dem Lockdown auf einem generell niedrigen Niveau. Im Gegensatz zu gasförmigen Luftschadstoffen werden Partikel (z.B. PM₁₀) zudem stark vom Niederschlag beeinflusst, da Niederschlag Partikel aus der Atmosphäre auswaschen kann. Die vielen Niederschlagsereignisse vor dem Lockdown führten daher zu einer sehr niedrigen PM₁₀-Belastung.

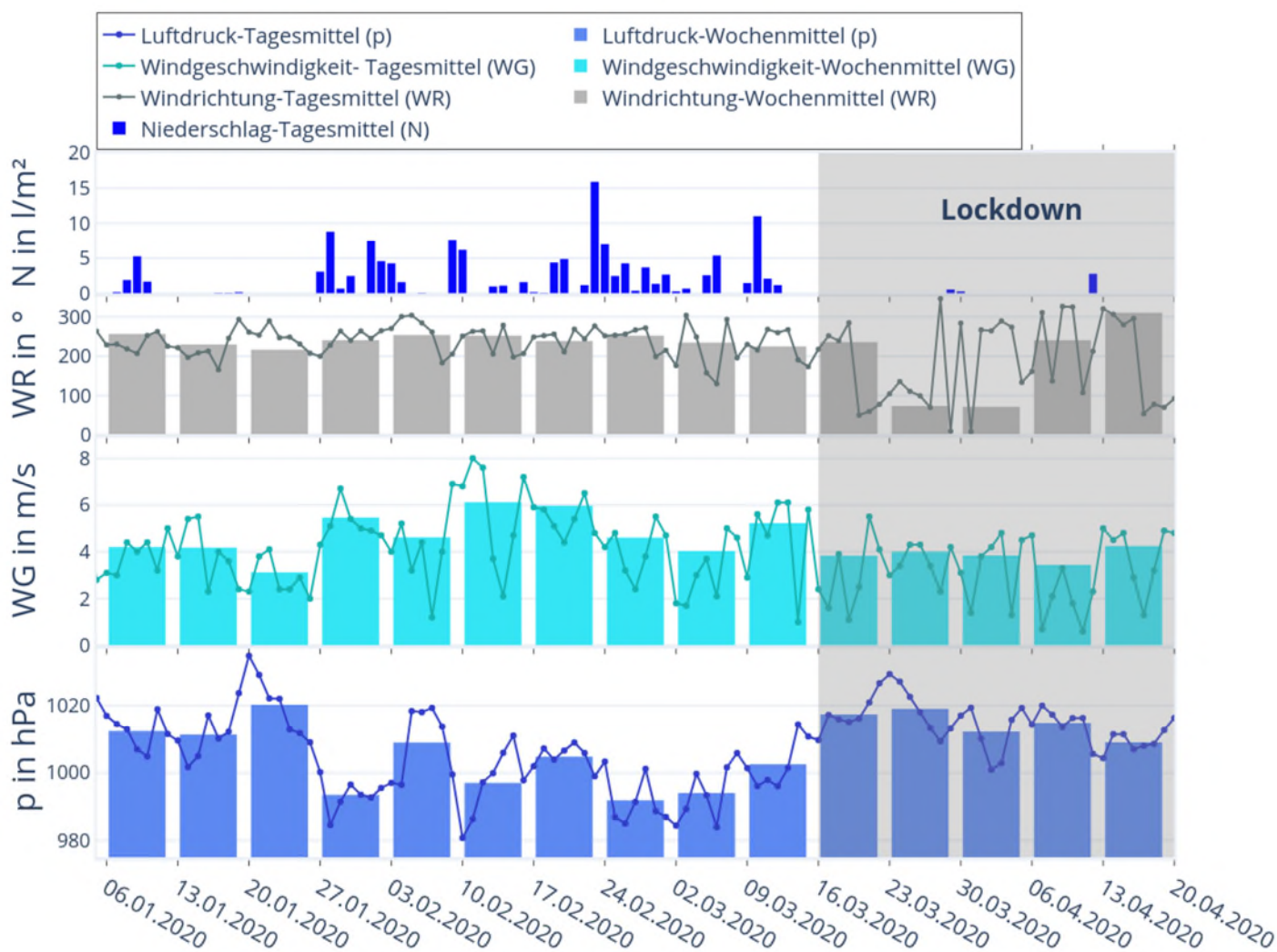


Abbildung 22: Zeitreihen der Tages- bzw. Wochenwerte des atmosphärischen Luftdrucks (p), der Windgeschwindigkeit (WG), der Windrichtung (WR) und des Niederschlags (N) zwischen dem 06. Januar und dem 20. April 2020. Der Lockdown ist grau hinterlegt. Erhoben wurden die Daten an der Station Berlin-Dahlem (FU, DWD Stations_ID 403).

Zeitgleich mit Beginn des Lockdowns setzte in der zweiten Märzwoche ein Wetterumschwung mit hohem Luftdruck (teils über 1020 hPa), östlichen und teils nördlichen Windrichtungen sowie moderaten, teilweise auch sehr niedrigen, Windgeschwindigkeiten von teils weniger als 2 m/s ein. Mitteleuropa lag in diesem Zeitraum im Einflussbereich von Hochdruckgebieten, welche überwiegend dazu führten, dass von Westen durchziehende Tiefdruckgebiete abgeblockt wurden. Dies zeigt sich auch deutlich im ausbleibenden Niederschlag, der in Summe über den Zeitraum des Lockdowns bei nur knapp 4 l/m³ lag. Der durchschnittliche Niederschlag pro Tag lag damit lediglich bei 0,1 l/m², während er im betrachteten Zeitraum vor dem Lockdown pro Tag 2 l/m² betrug. Auf Grund der Wetterlage waren die Austauschbedingungen für Luftschadstoffe ungünstig und für Partikel (PM₁₀) durch das Niederschlagsdefizit sogar sehr ungünstig. Deshalb ging die Luftschadstoffbelastung trotz des deutlichen Verkehrsrückgangs während des Lockdowns, weniger zurück als es bei konstanten Witterungsbedingungen der Fall gewesen wäre oder stieg im Fall von PM₁₀ sogar an.

6.3 Studie von Air Quality Consultants

Der Einfluss der meteorologischen Bedingungen auf die Schadstoffkonzentration kann unter Anwendung von statistischen Methoden herausgerechnet werden. Dies wurde für den Zeitraum des Frühjahr-Lockdowns in einer Studie britischer Forscher von Air Quality Consultants (<https://www.aqconsultants.co.uk/>) u.a. für Berliner Daten umgesetzt (Air Quality Consultants, 2021). In dieser Studie wurden die NO₂-Immissionswerte durch die Berechnung von „boosted regression trees“ (BRT; Deutsch: verstärkte Regressionsbäume), eine statistische Methode, die maschinelles Lernen verwendet, von Wetterschwankungen bereinigt. Dabei wurden neben der Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur und relativer Feuchte auch der Tages-, Wochen- und Jahresgang der Daten und die O₃-Hintergrundkonzentration (wichtig für die sekundäre Bildung von NO₂ aus Vorläuferstoffen) berücksichtigt. Der Einfachheit halber werden im Folgenden die Ergebnisse der BRT-Modellierung als „witterungsbereinigte“ Daten bezeichnet. Das BRT-Funktionsprinzip kann in einer Veröffentlichung zum „Einfluss von Wetterlagen und Witterung auf die Stickstoffdioxid-Konzentration“ des Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen nachgelesen werden (Pinxteren, Düsing, Wiedensohler, & Herrmann, 2020).

In der Studie von Air Quality Consultants wurden die witterungsbereinigten NO₂-Tagesmittelwerte, ähnlich wie in der unter 6.1 durchgeführten Auswertung, in Straßenstationen (Road) und in Stadtrandstationen und Stationen im innerstädtischen Hintergrund (zusammen Urban, im Folgenden als Hintergrundstationen bezeichnet) eingeteilt. Die von dieser Studie übernommene Abbildung 23 zeigt die gemittelten unbereinigten NO₂-Tageswerte (Raw daily mean) für die Straßenstationen als rote Fläche und für die Hintergrundstationen als blaue Fläche sowie die gemittelten witterungsbereinigten NO₂-Tageswerte (BRT-adjusted daily mean) für die Straßenstationen als rote Linie und für die Hintergrundstationen als blaue Linie. Erwartungsgemäß zeigen die witterungsbereinigten Daten im Gegensatz zu den Ausgangsdaten keine kurzzeitigen Schwankungen, sondern enthalten einen stufenweisen Rückgang der NO₂-Belastung ab Mitte März. Diese Stufen sind nach Anwendung der BRT-Modellierung nicht mehr auf den Witterungseinfluss zurückzuführen, sondern auf Einflussparameter, die bei der BRT-Modellierung nicht berücksichtigt wurde. Folglich ist es naheliegend, dass der in Abbildung 23 dargestellte Rückgang ab Mitte März auf die Maßnahmen zur Eindämmung des Coronavirus zurückging. Äquivalent zu der unter 6.1 durchgeführten Auswertung wurde die Hintergrundbelastung von der Belastung an Straßen abgezogen und die Zeiträume vor und während des Lockdowns verglichen. Der dadurch ermittelte Rückgang der verkehrsinduzierten NO₂-Belastung lag im Mittel über alle Straßenstationen, die alle innerhalb des S-Bahnringes liegen, bei knapp 40 % und ist damit deutlich höher als in der unter 6.1 durchgeführten Auswertung, in welcher die Witterungseinflüsse nicht herausgerechnet wurden.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Corona-Effekt der Reduzierung der Verkehrsbelastung im Stadtzentrum deutlich höher ausfiel als außerhalb des inneren S-Bahnringes. Außerhalb des Stadtzentrums ist daher ein geringerer Rückgang der verkehrsinduzierten NO₂-Belastung anzunehmen als die ermittelten knapp 40 %.

Ab Juni 2020 hatte sich das Aufkommen des motorisierten Individualverkehrs wieder annähernd an das Niveau vor Corona genähert, sodass die verzeichneten Rückgänge sich im Wesentlichen auf drei Monate beschränkten. Gemittelt über das gesamte Jahr 2020 können letztendlich ca. 2 µg/m³ NO₂-Reduktion auf die Corona-Maßnahmen zurückgeführt werden.

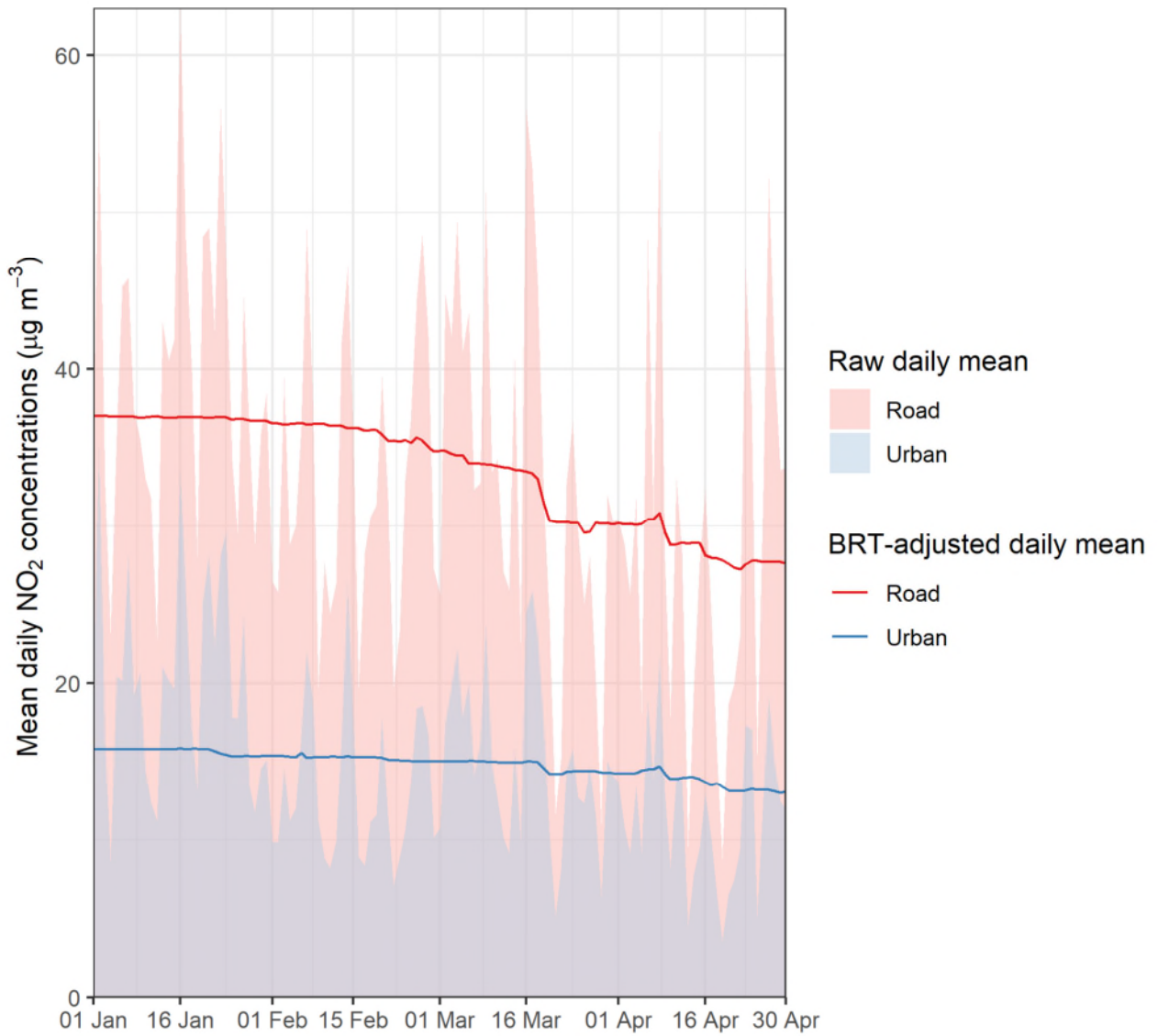


Abbildung 23: Tägliche NO₂-Belastung gemittelt über alle Straßenstationen (rot, „Road“) und Hintergrundstationen (blau, „Urban“) für die Ausgangsdaten (Fläche) und die witterungsbereinigten Daten (Linie). Die Grafik wurde von Air Quality Consultants übernommen (Air Quality Consultants, 2021).

BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND ABKÜRZUNGEN

AEI	„Average Exposure Indicator“; gleitender Jahresmittelwert über 3 Jahre, gemittelt über ausgewählte PM _{2,5} -Messstationen im städtischen Hintergrund, für einen EU-Mitgliedstaat
AOT40	„Accumulated Ozone Exposure over a threshold of 40 ppb“; die Summe der Differenz zwischen Ozon-Konzentrationen über 80 µg/m ³ (=40 ppb) als 1-Stunden-Mittelwert und 80 µg/m ³ während einer gegebenen Zeitspanne unter ausschließlicher Verwendung der 1-Stunden-Mittelwerte zwischen 8 und 20 Uhr (MEZ) an jedem Tag (ausgedrückt in (µg/m ³)*Stunden)
BlmSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BlmSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BLUME	Berliner Luftgütemessnetz
Chemolumineszenz	Verfahren zur Messung von Stickstoffoxiden, das auf der Lichtemission bei der Reaktion von Stickstoffmonoxid mit Ozon zu Stickstoffdioxid und Sauerstoff beruht
EC	elementarer Kohlenstoff (elemental carbon)
F	Relative Feuchte
Gaschromatographie	Verteilungschromatographie, die als Analysenmethode zum Auftrennen von Gemischen in einzelne chemische Verbindungen weite Verwendung findet. Im vorliegenden Fall wird die Gaschromatographie zur Bestimmung von Benzol, Toluol und Xylol benutzt.
JM	Jahresmittelwert
MC	Messcontainer
MS	Messstelle
OC	organischer Kohlenstoff (organic carbon)
oBs	„obere Beurteilungsschwelle“: ein Wert für einen Luftschadstoff, unterhalb dessen eine Kombination von ortsfesten Messungen und Modellrechnungen oder orientierende Messungen angewandt werden können, um die Luftqualität zu beurteilen. Die oBs beträgt je nach Komponente 60-80 % des Grenzwertes.
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Als Leitkomponente wird Benzo(a)Pyren verwendet.
PM ₁₀ , PM _{2,5}	Massenkonzentration von Partikeln der Fraktion mit aerodynamischen Durchmessern kleiner oder gleich 10 bzw. 2,5 µm. (PM = particulate matter)
PS	Passivsammler
SM	Schwermetalle
Stickstoffoxide	Stickstoffoxide (NO _x) sind die Summe der Volumenmischungsverhältnisse von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO ₂), ausgedrückt in der Einheit der Massenkonzentration von Stickstoffdioxid in Mikrogramm pro Kubikmeter. Stickstoffdioxid ist schädlich für die menschliche Gesundheit. Stickstoffoxide entstehen durch Oxidation des in der Luft enthaltenen Stickstoffs bei hohen Verbrennungstemperaturen entstehen. Sie werden insbesondere von Verbrennungsmotoren der Kfz (vor allem Dieselmotoren), aber auch durch Industrie und Kraftwerke emittiert. Sie werden mit Hilfe von Chemolumineszenz in den automatischen Messgeräten, aber auch mit Passivsammlern gemessen.
Streulichtmessung	Verfahren zur Bestimmung der Anzahl und Größe von Partikeln: Die beprobte Luft wird über ein Edelstahlrohr in eine Messkammer geleitet. Dort wird kontinuierlich jeweils ein sehr kleines Volumen (statistisch meist nur ein Partikel) mittels Laser ausgeleuchtet. Die dabei entstehende Lichtstreuung ist ein Maß für die Partikelanzahl und -größe. Die Größen werden klassifiziert. Aus der Anzahl der Partikel pro Größenklasse und dem Volumenstrom kann dann auf die Konzentration pro Fraktion im betrachteten Luftvolumen rückgeschlossen werden.
RUBIS	Ruß- und Benzol-Immissionssammler
T	Temperatur
Thermo-optisches Messverfahren	Messverfahren zur Bestimmung von EC (elementarem Kohlenstoff, Ruß) und OC, wobei die Trennung der Kohlenstoffkomponenten durch thermische Behandlung und simultane optische Messung der auf Quarzfaserfiltern

	<p>abgeschiedenen Aliquoten von Partikelproben erfolgt. Das Analyseprofil der thermischen Behandlung ist genau definiert (EUSAAR2). Die optische Messung erfolgt auf Grundlage der Reflexion (alternativ: Transmission).</p>
uBs	<p>„untere Beurteilungsschwelle“: ein Wert für einen Luftschadstoff, unterhalb dessen keine Messverpflichtung mehr besteht, sondern die Beurteilung der Luftqualität mit Modellrechnungen oder Schätzverfahren durchgeführt werden darf. Die uBs beträgt je nach Komponente 40-60 % des Grenzwertes.</p>
UV-Fluoreszenz	<p>Verfahren zur Messung von Schwefeldioxid, das auf der Abstrahlung von Ultraviolettstrahlung durch Schwefeldioxid-Moleküle bei Einwirkung von Ultraviolettlicht beruht.</p>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Standorte der Luftgütemesscontainer sowie der RUBIS- und Passivsammlermessstellen in Berlin (ohne Messwagen MW088)	11
Abbildung 2:	Temperaturverlauf der Tages- und Monatsmittelwerte (oben) sowie die Abweichung der Monatsmittelwerte vom Klimamittel (1961-1990, unten) im Jahr 2020 in Berlin-Dahlem	15
Abbildung 3:	Monatliche Sonnenstundenanzahl im Jahr 2020 und im Klimamittel (1961-1990) für Berlin-Dahlem.	16
Abbildung 4:	Monatlicher Gesamtniederschlag im Jahr 2020 und im Klimamittel (1961-1990) für Berlin-Dahlem	16
Abbildung 5:	Windrichtungsverteilung für die warme Jahreszeit (April bis September), die kalte Jahreszeit (Januar, Februar, März, Oktober, November und Dezember) und das gesamte Jahr 2020 sowie für das gesamte Jahr nur unter Berücksichtigung von Schwachwindwetterlagen mit einer Windgeschwindigkeit (WG) geringer als 3 m/s. Zur Einordnung ist in grau die Windrichtungsverteilung für den Mittelungszeitraum zwischen 2009 und 2019 in Berlin-Dahlem dargestellt.....	17
Abbildung 6:	NO ₂ -Jahresmittelwerte aufsteigend sortiert. Die grünen, gelben und roten Balken zeigen die Stationen am Stadtrand, im innerstädtischen Hintergrund und die Verkehrsstationen, schwarze Balken die Passivsammler. An die EU zur Beurteilung der Luftgüte gemeldete Passivsammler sind durch * gekennzeichnet.	21
Abbildung 7:	Entwicklung der NO ₂ -Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte (JM) der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte), im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die einzelnen Jahresmittelwerte der acht zur Beurteilung der Luftgüte an die EU übermittelten Passivsammler (PS) sind als schwarze Punkte dargestellt. Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung in den drei Belastungsregimen und der Passivsammlerdaten dar.	22
Abbildung 8:	NO ₂ -Zeitreihen der Jahresmittelwerte (JM) der einzelnen Straßenstationen (ohne MW088).....	23
Abbildung 9:	Grafische Übersicht der Messstellen und Maßnahmen in der Leipziger Straße zwischen 2018 und 2020.	24
Abbildung 10:	Dargestellt sind als Punkte die NO ₂ -Verläufe der 14-Tages-Werte der Passivsammler MP525 und MP613 sowie des Messwagens MW088 und des Messcontainers MC190. Als dicke Linien sind jeweils die gleitenden 12-Monatsmittel dargestellt.	25
Abbildung 11:	NO _x -Jahresmittelwerte aufsteigend sortiert. Die grünen, gelben und roten Balken zeigen die Stationen am Stadtrand, im innerstädtischen Hintergrund und die Verkehrsstationen, schwarze Balken die Passivsammler. Wurde der kritische Wert für den Vegetationsschutz an einer Station überschritten, wird der Wert rechts neben dem Balken rot dargestellt.	27
Abbildung 12:	Entwicklung der PM ₁₀ -Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte), im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung in den drei Belastungsregimen dar. Zusätzlich ist jeweils die maximale Anzahl an jährlichen Überschreitungen des PM ₁₀ -Tagesmittels von 50 µg/m ³ als grauer Balken dargestellt.	29

Abbildung 13: Entwicklung der PM_{2,5}-Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte), im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung in den drei Belastungsregimen dar. Die Verläufe der gravimetrischen Messungen am MC174, MC042 und MC077 sind als dunkelrote, orange und dunkelgrüne gestrichelte Linie dargestellt.....32

Abbildung 14: EC- und OC-Jahresmittelwerte aufsteigend nach ihrer Summe sortiert.....35

Abbildung 15: Entwicklung der O₃-Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte) im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand dar.39

Abbildung 16: Dargestellt sind die maximale Anzahl der Überschreitungen des Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit (N120_8h), der Informationsschwelle (N180) und der Alarmschwelle (N240) eines Kalenderjahres als graue, blaue und orange Balken. Zusätzlich zeigt die Abbildung den Verlauf der Anzahl von Tagen eines Kalenderjahres mit einem Temperaturmaximum von über 30 °C als rote Linie.....40

Abbildung 17: Entwicklung der SO₂-Belastung in Berlin zwischen 1976 und 2019. Dargestellt sind das dem Jahresbericht 2000 entnommene Gebietsmittel als blau gestrichelte Linie und die Jahresmittelwerte der einzelnen automatischen Stationen als graue Punkte. Auf Grundlage dieser Jahresmittelwerte wurden mit dem Differenzenmodell der mittlere Verlauf der SO₂-Belastung des gesamten Stadtgebietes und des innerstädtischen Gebietes (innerstädtischer Hintergrund und Verkehr) berechnet.....42

Abbildung 18: Tägliche Verkehrsstärken in der Leipziger Straße (Quelle: VIZ Berlin)43

Abbildung 19: NO₂-Konzentration vor und während des Frühjahr-Lockdowns, gemessen an Straßen, im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand.44

Abbildung 20: Entwicklung des lokalen NO₂-Verkehrsbeitrages während des Frühjahr-Lockdowns im Vergleich zum Zeitraum Januar/Februar 2020.....45

Abbildung 21: PM₁₀-Konzentration vor und während des Frühjahr-Lockdowns, gemessen an Straßen (ohne MC143 wegen einer Baustelle), im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand.45

Abbildung 22: Zeitreihen der Tages- bzw. Wochenwerte des atmosphärischen Luftdrucks (p), der Windgeschwindigkeit (WG), der Windrichtung (WR) und des Niederschlags (N) zwischen dem 06. Januar und dem 20. April 2020. Der Lockdown ist grau hinterlegt. Erhoben wurden die Daten an der Station Berlin-Dahlem (FU, DWD Stations_ID 403).46

Abbildung 23: Tägliche NO₂-Belastung gemittelt über alle Straßenstationen (rot, „Road“) und Hintergrundstationen (blau, „Urban“) für die Ausgangsdaten (Fläche) und die witterungsbereinigten Daten (Linie). Die Grafik wurde von Air Quality Consultants übernommen (Air Quality Consultants, 2021).48

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Standorte der Luftgütemesscontainer und gemessene Komponenten (Stand 06/2020)	8
Tabelle 2:	RUBIS- und Passivsammlerstandorte 2020	10
Tabelle 3:	Immissionswerte für Luftverunreinigungen nach der 39. BImSchV	12
Tabelle 4:	Datenverfügbarkeit im Jahr 2020	13
Tabelle 5:	Kennwerte für Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid und Summe der Stickstoffoxide	18
Tabelle 6:	NO ₂ -Jahresmittelwerte der Messstationen, an denen zwischen 2017 und 2020 auf der Leipziger Straße Messungen durchgeführt wurden	25
Tabelle 7:	Kennwerte für PM ₁₀ und PM _{2,5}	28
Tabelle 8:	Mittelwert über alle AEI-Stationen in Deutschland (national) (Umweltbundesamt, Luftqualität 2020 - Vorläufige Auswertung, 2021) und Mittelwerte der Berliner AEI-Stationen (ab 2010)	31
Tabelle 9:	Kennwerte für Benzo(a)pyren (BaP) in PM ₁₀	33
Tabelle 10:	Kennwerte für die Schwermetalle Arsen, Cadmium, Nickel und Blei in PM ₁₀	33
Tabelle 11:	Kennwerte für EC und OC	34
Tabelle 12:	Kennwerte für Ozon	37
Tabelle 13:	Kennwerte für AOT	37
Tabelle 14:	Kennwerte für Kohlenstoffmonoxid	41
Tabelle 15:	Kennwerte für Benzol	41

LITERATURVERZEICHNIS

- Air Quality Consultants. (2021). *Covid-19, Air Quality and Mobility Policies: Six European Cities*. UK: Transport and Environment.
- Clemen, S., Tang, C.-L., Kerschbaumer, A., Rauterberg-Wulff, A., Grunow, K., & Kaupp, H. (2018). *Quantifizierung des Holzverbrennungsbeitrages zu PM10 in Berlin mit einem automatischen Messverfahren*. Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft.
- Deutscher Wetterdienst. (2021). *www.dwd.de*. Abgerufen am 25. Juli 2020 von https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimakartendeutschland/klimakartendeutschland_monatsbericht.html
- DIN EN 16909:2017-06. (2017). *Außenluft - Messung von auf Filtern gesammeltem elementarem Kohlenstoff (EC) und organisch gebundenem Kohlenstoff (OC)*. Berlin: Beuth-Verlag.
- Europäische Kommission. (2004). *MEMO/04/86: Erweiterung und Umwelt - Fragen und Antworten*. Retrieved 10 15, 2020, from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_04_86
- Europe, W. H. (2006). *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Regional Office for Europe: World Health Organization. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>
- Lenschow, P., Abraham, H. J., Kutzner, K., Lutz, M., Preuß, J. D., & Reichenbacher, W. (2001, Januar). Some ideas about the sources of PM10. *Atmos. Environ.*
- Pinxteren, D. v., Düsing, S., Wiedensohler, A., & Herrmann, H. (2020). *Meteorologische Einflüsse auf Stickstoffdioxid*. Sachsen: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Schmidtke, J., & Schmidt, K. (2018). *Ableitung sicherer Trendergebnisse zur Entwicklung der Luftqualität in Deutschland - Abschlussbericht*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz. (2011). *Umweltzone Berlin Untersuchungen zur Wirkung der Stufe 2*. Abgerufen am 20. 08 2020 von https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/umweltzone/download/umweltzone_wirkungsanalyse_stufe2.pdf
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. (2001). *Luftgütemessdaten 2000*. Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. (2013). *Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin*. Berlin.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. (2019). *Luftgütemessdaten Jahresbericht 2018*. Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. (2019). *Luftreinhalteplan für Berlin 2. Fortschreibung*. Berlin.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. (2020). *Luftverunreinigungen in Berlin, Monatsbericht Juni 2020*. Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. Von <https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/de/messnetz/download/juni20.pdf> abgerufen
- TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH. (27. 06 2019). *TÜV-Begutachtung der Positionierung verkehrsnaher Probenahmestellen zur Messung der NO2-Konzentrationen an ausgewählten Standorten*. Abgerufen am 02. 08 2019 von <https://www.bmu.de/download/tuev-begutachtung-der-positionierung-verkehrsnaher-probenahmestellen-zur-messung-der-no2-konzentration/>
- Umweltbundesamt. (2018). *Ozon-Belastung*. Abgerufen am 28. 08 2020 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/ozon-belastung#textpart-3>
- Umweltbundesamt. (2019). *umweltbundesamt.de*. Abgerufen am 01. 08 2019 von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2018>
- Umweltbundesamt. (2019). *umweltbundesamt.de*. Abgerufen am 02. 08 2019 von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/ozon-belastung#textpart-3>
- Umweltbundesamt. (2020, 01). *Luftqualität 2019 - Vorläufige Auswertung*. Retrieved 08 28, 2020, from https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/hgp_luftqualitaet2019_bf.pdf
- Umweltbundesamt. (2021, 02). *Luftqualität 2020 - Vorläufige Auswertung*. Retrieved from <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-2020>
- World Health Organisation. (2012). *euro.who*. Abgerufen am 06. 08 2019 von http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/162535/e96541.pdf
- World Health Organization. (2006). *Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Regional Office for Europe: World Health Organization. Von <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823> abgerufen



Öffentlichkeitsarbeit
Am Kölnischen Park 3
10179 Berlin

www.berlin.de/sen/uvk
twitter.com/senuvkberlin
instagram.com/senuvkberlin

Berlin, 10/2021