



Umwelt Luftqualität

Luftgütemessdaten

Jahresbericht 2019

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, Klaus-Dieter Gäde, Anton Koppetsch, Marcel Krysiak, Sylvia Krüger, Benjamin Neef, Rainer Nothard, Jörg Preuß, Michaela Preuß, Martin Schacht, Nadine Sommerfeld, Ida Steuck, Maximilian Steinbach, Philipp Tödter, Monika Weiß

Stand:

Oktober 2020

Bezug des Berichts bei:

Dr. Paul Herenz

Tel.: 030-9025-2319 / Fax: 030-9025-2952

E-Mail: paul.herenz@senumvk.berlin.de

Titelbild:

Einlasskopf für die automatische Messung von Partikeln auf dem Dach des MC174
(UBA-Stations-ID: DEBE065, Frankfurter Allee)

Quelle: Berliner Luftgütemessnetz

Kurzfassung

Das Jahr 2019 nimmt in den vielen Jahren der Luftgütemessung in Berlin eine Sonderstellung ein: Während die Schadstoffkonzentrationen in den vergangenen 20 Jahren langsam aber über den langen Zeitraum doch deutlich zurückgingen, wurde in 2019 vor allem für die prominenten Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Partikel-PM₁₀ (Feinstaub) ein außergewöhnlich starker Rückgang beobachtet. Am Stadtrand und im innerstädtischen Hintergrund aber auch an den Hauptverkehrsstraßen wurden 2019 die niedrigsten Immissionsbelastungen mit NO₂ und PM₁₀ seit Beginn der Messungen im Berliner Luftgütemessnetz festgestellt.

Stickstoffdioxid: Die Berliner Luftreinhalteplanung führt voraussichtlich 2020 zu flächendeckender Grenzwerteinhaltung

Das schwerwiegendste Problem hatte Berlin in den vergangenen Jahren mit der NO₂-Belastung an Hauptverkehrsstraßen, an welchen der Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m³ meist deutlich überschritten wurde. Genau an diesen Problemstellen wurden im Jahr 2019 die zahlenmäßig größten Verbesserungen erzielt. So sank beispielsweise an der Leipziger Straße (MS525) die NO₂-Belastung von 2018 auf 2019 um 11 µg/m³, an der Silbersteinstraße (MC143) und am Hardenbergplatz (MC115) um 9 µg/m³ - was einem Rückgang von bis zu 20 % innerhalb eines Jahres entspricht. Damit wurde 2019 erstmalig an fünf der sechs automatisch messenden Verkehrsstationen der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel eingehalten – im Vorjahr war dies erstmalig an einer dieser Stationen der Fall. Besonders erfreulich ist auch die Entwicklung in viel befahrenen und eng bebauten Hauptverkehrsstraßen, in denen die NO₂-Belastung mit Passivsammlern überwacht wird: Bereits an jedem zweiten dieser Messpunkte wurde 2019 der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel eingehalten – im Vorjahr war dies nicht einmal an jeder fünften Station der Fall.

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. Aktuell ist davon auszugehen, dass sich der bemerkenswerte Abwärtstrend der NO₂-Immissionsbelastung weiter fortsetzt und die flächendeckende Einhaltung des Grenzwertes für das Jahresmittel von 40 µg/m³ 2020 erreicht wird.

Partikel-PM₁₀: ambitionierter Zielwert der Weltgesundheitsorganisation scheint erreichbar

Die Immissionsgrenzwerte für Partikel-PM₁₀ (Feinstaub) werden in Berlin schon seit einigen Jahren flächendeckend eingehalten. Im Jahr 2019 konnte auch hier für diesen Schadstoff die Belastung weiter stark reduziert werden. An der Silbersteinstraße (MC143) und an der Karl-Marx-Straße (MC220) fielen die PM₁₀-Jahresmittelwerte von 29 µg/m³ im Jahr 2018 auf 22 µg/m³ im Jahr 2019. Die meisten Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ gab es mit einer Anzahl von 14 an der Frankfurter Allee (MC174) - 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, die eine flächendeckende Einhaltung des von der Weltgesundheitsorganisation empfohlenen PM₁₀-Langzeit-Zielwertes von 20 µg/m³ als erreichbar erscheinen lässt, durch Maßnahmen wie die Einrichtung der Umweltzone (2008/2010) mit der Strategie „kein Diesel ohne Rußfilter“ und Tempo-30-Anordnungen. Durch eine reduzierte Geschwin-

digkeit 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, noch ein ernstzunehmendes Minderungspotential.

Das Berliner Luftgütemessnetz passt sich an

Das Berliner Luftgütemessnetz wird fortlaufend weiterentwickelt, damit die Luftqualität in Berlin stets optimal überwacht wird.

Ein Schwerpunkt in den letzten Jahren war die Erweiterung des Passivsammlermessnetzes: Allein 2019 kamen 13 neue Messstellen zur Bestimmung der NO₂-Belastung an Hotspots hinzu, und 2020 wird die Zahl um weitere acht erhöht.

Weiterhin wurde an der hochbelasteten Leipziger Straße im März 2020 ein neuer Messcontainer in Betrieb genommen. Damit werden nun an dem Punkt im Stadtgebiet, an dem laut Modellrechnungen ohne inzwischen eingeführte Maßnahmen zur Immissionsreduktion die höchste Belastung aufgetreten wäre, kontinuierliche Messungen durchgeführt. Damit wird auch die Wirkung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung, wie Tempo-30-Anordnungen oder Durchfahrverbote für Dieselfahrzeuge, abgebildet.

An der Stadtautobahn A100 wurde im Februar 2020 der Messbetrieb an einem „alten“ Standort wiederaufgenommen. Dieser erfüllt die gesetzlichen Kriterien für die Standortplatzierung nicht und kann daher nicht zur Beurteilung der Luftqualität dienen, ist aber für die Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen hoch interessant.

Auch an die Entwicklungen verschiedener Luftschadstoffe wird das Berliner Luftgütemessnetz angepasst. So wurde das Ozon-Monitoring im Jahr 2019 um die Messstelle in der Frankfurter Alle (MC174) erweitert, weil sich für die mittlere Belastung, besonders in der Innenstadt, ein zunehmender Trend andeutet. Für Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Benzol liegt die Immissionsbelastung schon seit etwa 2010 auf einem nahezu konstanten und sehr niedrigen Niveau. Für SO₂ wurde deshalb 2019 zum letzten Mal mit der automatischen Referenzmesstechnik ein beurteilungsrelevanter Jahresmittelwert gemessen.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6
2 Überwachung der Luftqualität in Berlin	6
2.1 Das Berliner Luftgütemessnetz.....	6
2.2 Grenz- und Zielwerte nach 39. BImSchV.....	10
3 Verfügbarkeit der Messdaten	12
4 Witterung im Jahr 2019 und ihr Einfluss auf die Konzentrationen von Luftschadstoffen	13
Temperatur.....	13
Sonnenscheindauer.....	14
Niederschlag.....	15
Windrichtung.....	16
5 Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2019	18
5.1 Kennwerte und Beurteilung der Belastung von Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO ₂) und Stickoxiden (NO _x).....	18
Stickstoffdioxid (NO ₂).....	19
Langzeittrend von Stickstoffdioxid.....	22
Stickoxide.....	24
5.2 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für PM ₁₀ und PM _{2,5} sowie für den AEI.....	26
PM ₁₀	26
Langzeittrend von PM ₁₀	27
PM _{2,5}	28
Average Exposure Indicator (AEI).....	28
5.3 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Staubinhaltsstoffe.....	30
Benzo(a)pyren in PM ₁₀	30
Schwermetalle in PM ₁₀	30
EC und OC.....	31
5.4 Kennwerte und Beurteilung der Belastung von Ozon.....	34
Ozon.....	35
AOT.....	35
Langzeittrend von Ozon.....	36
5.5 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Schwefeldioxid, Kohlenstoffmonoxid und Benzol.....	38
SO ₂ , CO und Benzol.....	38
5.6 Holzverbrennungsanteil an PM ₁₀ -Überschreitungstagen.....	40
Begriffsbestimmungen und Abkürzungsverzeichnis	42
Abbildungsverzeichnis	44
Tabellenverzeichnis	46
Quellenverzeichnis	47

1 Einleitung

Der vorliegende Jahresbericht informiert über die Luftschadstoffbelastung in Berlin im Jahr 2019. 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 2019 wird in Kapitel 4 „Witterung im Jahr 2019 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 in einem letzten Kapitel „Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2019“ präsentiert und erörtert.

2 Überwachung der Luftqualität in Berlin

2.1 Das Berliner Luftgütemessnetz

Die Überwachung der Berliner 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 lokale Belastungsschwerpunkte zu identifizieren und adäquate Maßnahmen zur Senkung der Schadstoffbelastung für die Berliner Bevölkerung umzusetzen.

Im Jahr 2019 betrieb das Berliner Luftgütemessnetz Messstellen an 52 Standorten, darunter 16 Messcontainer zur Überwachung der Luftqualität gemäß der 39. BImSchV (vgl. Abbildung 1 und Tabelle 1), von denen sechs verkehrsnah und jeweils fünf in innerstädtischen Wohngebieten und am Stadtrand platziert waren. An allen Messcontainern wurden Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid (mit dem Chemolumineszenzverfahren), an elf Stationen Partikel PM₁₀ (durch Streulichtmessung), an acht Stationen Ozon (durch Absorption von UV-Strahlung), an zwei Stationen Kohlenmonoxid (durch Absorption von Infrarotstrahlung), an zwei Stationen Benzol (durch Gaschromatographie) und an einer Station Schwefeldioxid (durch UV-Fluoreszenz) gemessen. Zusätzlich wird ein

Tabelle 1: Standorte der Luftgütemesscontainer und gemessene Komponenten (Stand 04/2019)

Nr.	Standort	Messkomponenten										
		PM ₁₀ bzw. PM _{2,5} Gravi- metrie	PM _x Inhalts- stoffe 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		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	X	X	X	X	X		
MC220	Karl-Marx-Str.				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

Tabelle 2: RUBIS- und Passivsammlerstandorte

Nr.	Standort	Nr.	Standort
Stadtrand – 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	537	Tiergarten, Alt-Moabit 63
504	Tiergarten, Beusselstr. 66	539	Steglitz, Schloßstr. 29
505	Tiergarten, Potsdamer Str. 102	542	Tempelhof, Tempelhofer Damm 148
507	Schöneeweide, Michael-Brückner-Str. 5	545	Neukölln, Sonnenallee 68
514	Friedrichsfelde, Alt Friedrichsfelde 7a	547	Friedrichshain, Landsberger Allee 6-8
519/174	Friedrichshain, Frankfurter Allee 86 b	555	Kreuzberg, Hermannplatz, Laterne 21
521/117	Steglitz, Schildhornstr. 76	559	Britz, Buschkrugallee 8
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
533	Neukölln, Hermannstr. 120		
Verkehr – Passivsammler			
601	Mitte, Brückenstr. 15	608	Kreuzberg, Oranienstr. 159
602	Charlottenburg, Kaiser-Friedrich-Str. 41	609	Treptow, Elsenstr. 102
603	Steglitz, Leonorenstr. 94	610	Neukölln, Erkstr. 10-11
604	Schöneberg, Martin-Luther-Str. 106	611	Mitte, Friedrichstr. 151
605	Moabit, Stromstr. 58/61	612	Mitte, Torstr. 134
606	Moabit, Birkenstr. 54	613	Mitte, Leipziger Str. 4
607	Mitte, Reinhardtstr. 47		

mobiler Messwagen betrieben, der im Jahr 2019 zur messtechnischen Begleitung der Tempo-30-Anordnung in der Leipziger Straße zum Einsatz kam. Neben dem automatischen Messverfahren zur PM₁₀-Messung werden 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 werden Benzo(a)pyren, Blei, Arsen, Cadmium und Nickel analysiert und mit den jeweiligen Grenz- bzw. Zielwerten verglichen. Außerdem erfolgen Kohlenstoff- und Ionenanalysen (siehe Tabelle 1).

Das Containermessnetz wird in Berlin bereits seit Mitte der 1990er Jahre durch kleine, an Straßenlaternen befestigte aktive Probenahmegeräte (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 „Ruß- und Benzol-Immissionssammlern“ (RUBIS) und Passivsammlern für Stickstoffdioxid und Stickoxide wurde im Jahr 2019 an 23 zusätzlichen Stellen im Berliner Stadtgebiet die Belastung mit EC und OC und an

36 zusätzlichen Stellen die Belastung mit Stickoxiden in zweiwöchiger Auflösung ermittelt. Insbesondere für Stickstoffdioxid sind die an diesen Stellen ermittelten Jahresmittelwerte eine wichtige zusätzliche Beurteilungsgrundlage. Die Messungen werden durch Modellrechnungen für alle Straßenabschnitte ergänzt, um die Belastung im gesamten Berliner Stadtgebiet einzuschätzen. 13 der 36 Stickstoffdioxid-Passivsammler wurden Ende 2018 in Betrieb genommen und lieferten 2019 erstmals gültige Jahresmittelwerte. Diese 13 neuen Passivsammlerstandorte wurden so ausgewählt, dass einerseits gerichtlich angeordnet Durchfahrtsverbote und Tempo-30-Zonen messtechnisch begleitet und andererseits die mit Modellen errechneten hohen NO_2 -Konzentrationen überprüft werden können.

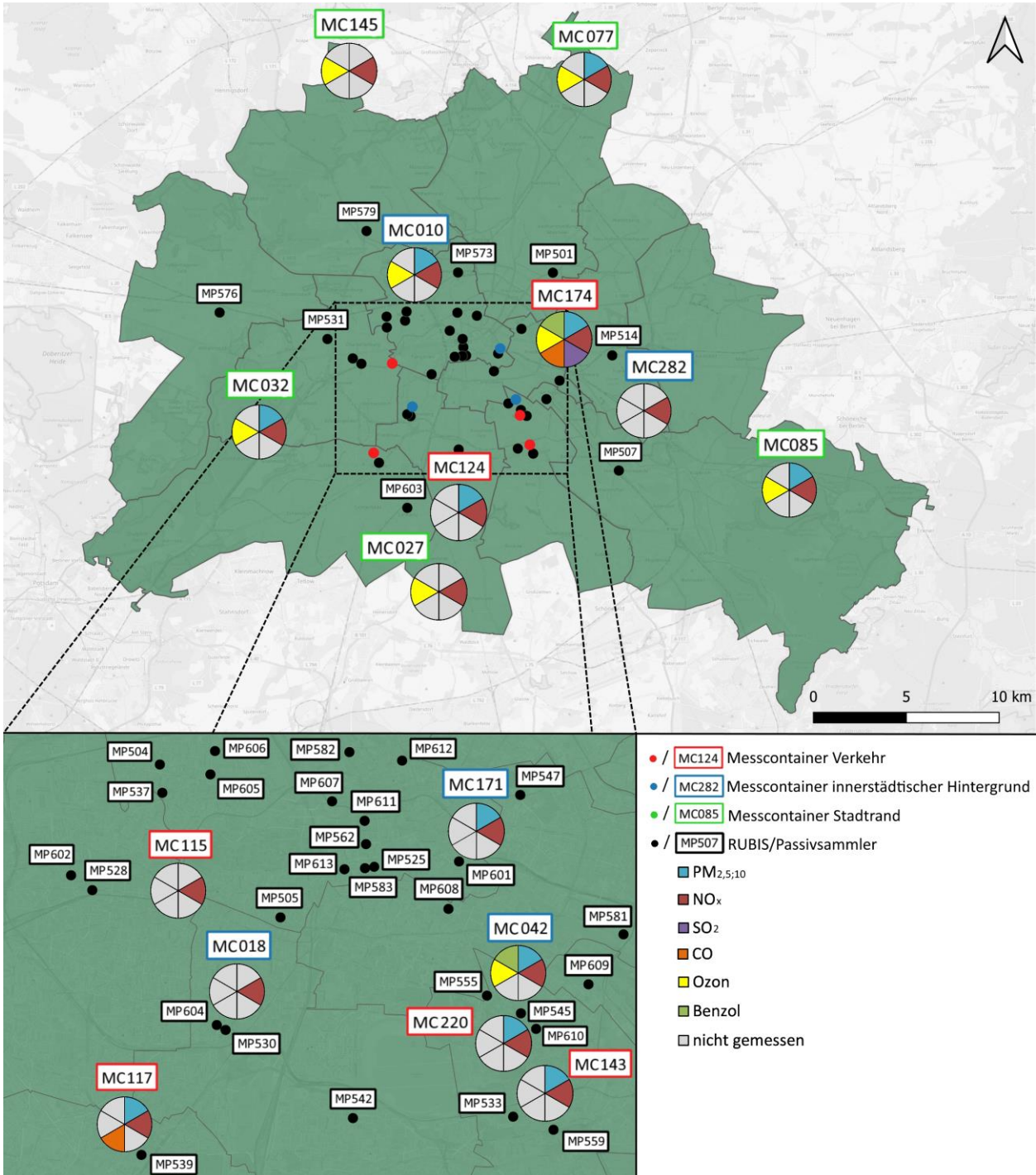


Abbildung 1: Standorte der Luftgütemesscontainer sowie der RUBIS- und Passivsammlermessstellen in Berlin

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 gültiger gesetzlicher Grundlage sind hierfür detaillierte Kriterien festgelegt. Auch die Vorgängerverordnung (22. BImSchV) enthielt bereits entsprechende Vorgaben; diese wurden allerdings im Verlauf des langen Zeitraums ihrer Gültigkeit (1993 – 2010) mehrfach geändert. Änderungen grundlegender Kriterien sind für die Luftgütemessnetze stets problematisch: Um Aussagen über die Entwicklung der Luftgüte zu treffen, die die Grundlage für alle Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität sind, müssen die Messungen möglichst lange in vergleichbarer Art an derselben Stelle stattfinden. Dennoch prüfen die Luftgütemessnetze natürlich immer dann, wenn die Anforderungen an die Standortplatzierung geändert werden, ob ihre Messungen weiterhin konform mit den gesetzlichen Vorgaben sind. Abweichungen 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 Straßensmessstellen der Luftgütemessnetze zu Stande. Diese Behauptungen konnten erst aufgelöst werden, als das Bundesumweltministerium Ende 2018 eine anerkannte Sachverständigenorganisation damit beauftragte, die Standortauswahl von bundesweit 70 Stickstoffdioxid-Messstellen an Straßen zu untersuchen. Für Berlin wurden alle sechs Multikomponenten-Messcontainer an Verkehrsstandorten in diese Untersuchung einbezogen. Das im Juli 2019 offiziell vorgestellte Gutachten (TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH, 2019) bestätigte auch für das Berliner Luftgütemessnetz die in vollem Umfang mit den Vorgaben der 39. BImSchV konforme Platzierung der Messstationen. Eine bekannte Abweichung - der Messcontainer an der Silbersteinstraße (MC143) steht nach aktuellem Maßstab etwas zu nah am Rand der nächstgelegenen verkehrsreichen Kreuzung, erfüllt aber alle anderen Vorgaben uneingeschränkt – 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 Probenahmegegeräten 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. Die Qualitätssicherung und -kontrolle ist 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.

2.2 Grenz- und Zielwerte nach 39. BImSchV

In der 39. BImSchV sind Luftqualitätswerte in Form von Immissionsgrenz-, Ziel- und kritischen Werten, sowie Informations- und Alarmschwellen festgelegt. Immissionsgrenzwerte sind demnach Werte, die mit dem Ziel festgelegt wurden, „schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern“ (§1 39. BImSchV). Immissionsgrenzwerte müssen eingehalten werden. Zielwerte dienen dem selben Zweck wie Immissionsgrenzwerte, müssen jedoch nur nach Möglichkeit eingehalten werden. Kritische Werte dienen hingegen 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 (für Benzo(a)pyren, Schwermetalle und Ozon: Zielwert)	Zulässige Anzahl von Überschrei- tungen pro Jahr	Grenz- oder Zielwert einzuhalten
Schwefeldioxid	1 h	350 µg/m ³	24	seit 01.01.2005
	24 h	125 µg/m ³	3	seit 01.01.2005
Schwefeldioxid	Mittel über Okt.-März (zum Schutz von Ökosystemen)	20 µg/m ³ (kritischer Wert)	--	seit 01.01.2005
Stickstoffdioxid	1 h	200 µg/m ³	18	seit 01.01.2010
	1 Kalenderjahr	40 µg/m ³	--	seit 01.01.2010
Summe der Stickoxide	1 Kalenderjahr	30 µg/m ³ (kritischer Wert) ¹⁾		seit 01.01.2010
Partikel-PM ₁₀	24 h	50 µg/m ³	35	seit 01.01.2005
	1 Kalenderjahr	40 µg/m ³	--	seit 01.01.2005
Partikel-PM _{2,5}	1 Kalenderjahr	25 µg/m ³	--	seit 01.01.2015
Blei	1 Kalenderjahr	0,5 µg/m ³	--	seit 01.01.2005
Benzol	1 Kalenderjahr	5 µg/m ³	--	seit 01.01.2010
Ozon	8 Stunden	z) 120 µg/m ³ höchster 8-Stunden- Mittelwert eines Tages	25 (gemittelt über 3 Jahre)	seit 01.01.2010
	1-Stunden-Mittelwert	180 µg/m ³ Informationsschwelle	--	
	1-Stunden-Mittelwert	240 µg/m ³ Alarmschwelle	--	
Ozon	AOT40 Summe über Mai – Juli	z) 18000 µg/m ³ h gemittelt über 5 Jahre	--	seit 01.01.2010
Kohlenmonoxid	8 Stunden	10 mg/m ³ höchster 8-Stunden- Mittelwert eines Tages	--	seit 01.01.2005
Arsen (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 6 ng/m ³	--	seit 31.12.2012
Kadmium (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 5 ng/m ³	--	seit 31.12.2012
Nickel (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 20 ng/m ³	--	seit 31.12.2012
Benzo(a)pyren (im PM ₁₀)	1 Jahr (Kalenderjahr)	z) 1 ng/m ³	--	seit 31.12.2012

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.

Anmerkung: **Richtgrenzwert PM_{2,5}**: Bis zum Jahresbericht 2018 wurde in dieser Tabelle ein Richtgrenzwert für das PM_{2,5}-Jahresmittel von 20 µg/m³ geführt, welcher ab den 01.01.2020 gelten sollte. Dieser Richtgrenzwert war jedoch nur ein Entwurf und wurde nie in die 39. BImSchV aufgenommen

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, SO₂, 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 wurde im BLUME im Jahr 2019 für alle Komponenten an allen Messstationen eingehalten, wie der Tabelle 4 entnommen werden kann.

Tabelle 4: Datenverfügbarkeit im Jahr 2019

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

Erklärung:

--- Komponente wurde an diesem Standort nicht gemessen

Am MC077 wird PM_{2,5} (per Gravimetrie) nur an jedem zweiten Tag beprobt, was maximal 182 mögliche Proben ergibt.

4 Witterung im Jahr 2019 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 haben einen großen Einfluss auf die Emissionen und auf Umwandlungsprozesse von Luftschadstoffen. 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 2019 werden nachfolgend die Messungen der Station Berlin-Dahlem (FU, DWD Stations_ID 403) für Temperatur, Niederschlag, Sonnenstunden und Windrichtung genutzt. Der Zeitraum zwischen 1961 und 1990, welcher von der Weltorganisation für Meteorologie als internationale Referenzperiode festgelegt wurde, wird im Folgenden als Klimamittel bezeichnet und genutzt, um die Witterungsbedingungen des Jahres 2019 in Berlin einzuordnen.

Temperatur

Deutschlandweit war das Jahr 2019 nach dem Jahr 2018 das zweitwärmste Jahr seit dem Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881 (Deutscher Wetterdienst, 2020). In Berlin war das Jahr 2019 mit einer Jahresmitteltemperatur von 11,2 °C sogar das wärmste seit Beginn der Messungen (Deutscher Wetterdienst, 2020) und überschritt das Klimamittel, die Durchschnittstemperatur von 1961 bis 1990, um 2,3 °C. Der Verlauf der Temperatur über das gesamte Jahr kann der Abbildung 2 entnommen werden. Abbildung 2 zeigt die Tagesmittelwerte als graue Linie, die Monatsmittelwerte als rote Balken und die Abweichung der Monatsmittelwerte vom Klimamittel als graue Balken im unteren Bereich.

Auf eine kurze winterliche Phase mit Minusgraden Ende Januar 2019 folgte zu Beginn des Februars ein verfrühter Frühlingsbeginn, in welchem die Monate März und April wärmer, der Mai jedoch kälter als im langjährigen Mittel waren. Der Sommer 2019 war hauptsächlich durch drei längere Hitzeperioden im gesamten Juni, Ende Juli und Ende August geprägt. Am 25. Juli wurde deutschlandweit in Lingen im Emsland mit 42,6 °C ein neuer Temperaturrekord aufgestellt. In Berlin wurde an diesem Tage eine Temperatur von 32,9 °C gemessen. Die höchste Temperatur in 2019 wurde in Berlin mit 37,6 °C am 30. Juni 2019 gemessen. Im Herbst und zu Beginn des Winters nahm das

Wetter einen wechselhaften Charakter an, lag dabei aber immer auf einem im Vergleich zum Klimamittel erhöhten Temperaturniveau. Mit Ausnahme des Mai wiesen alle Monate und alle Jahreszeiten in 2019 eine positive Temperaturanomalie auf, lagen also über dem Klimamittel. Dabei stach besonders der Monat Juni heraus: Er lag 5,2 °C über dem Klimamittel und war damit der wärmste Junimonat seit Aufzeichnungsbeginn. Hinsichtlich der Temperatur kann das Jahr 2019 demzufolge als überdurchschnittlich warm eingestuft werden. Dies zeigt sich auch an der Anzahl von Sommertagen (Höchsttemperatur über 25 °C) und heißen Tagen (Höchsttemperatur über 30 °C). Im Jahr 2019 gab es in Berlin 64 Sommertage und 24 heiße Tage, was ein Plus an 31 bzw. 18 Tagen im Vergleich zum Klimamittel ergibt. Dieser enorm hohen Anzahl an Sommer- und heißen Tagen steht ein Defizit an Frosttagen gegenüber. Dagegen unterschritt im Jahr 2019 die Temperatur die 0°C-Marke an nur 51 Tagen. Das sind 29 Frosttage weniger als im Klimamittel.

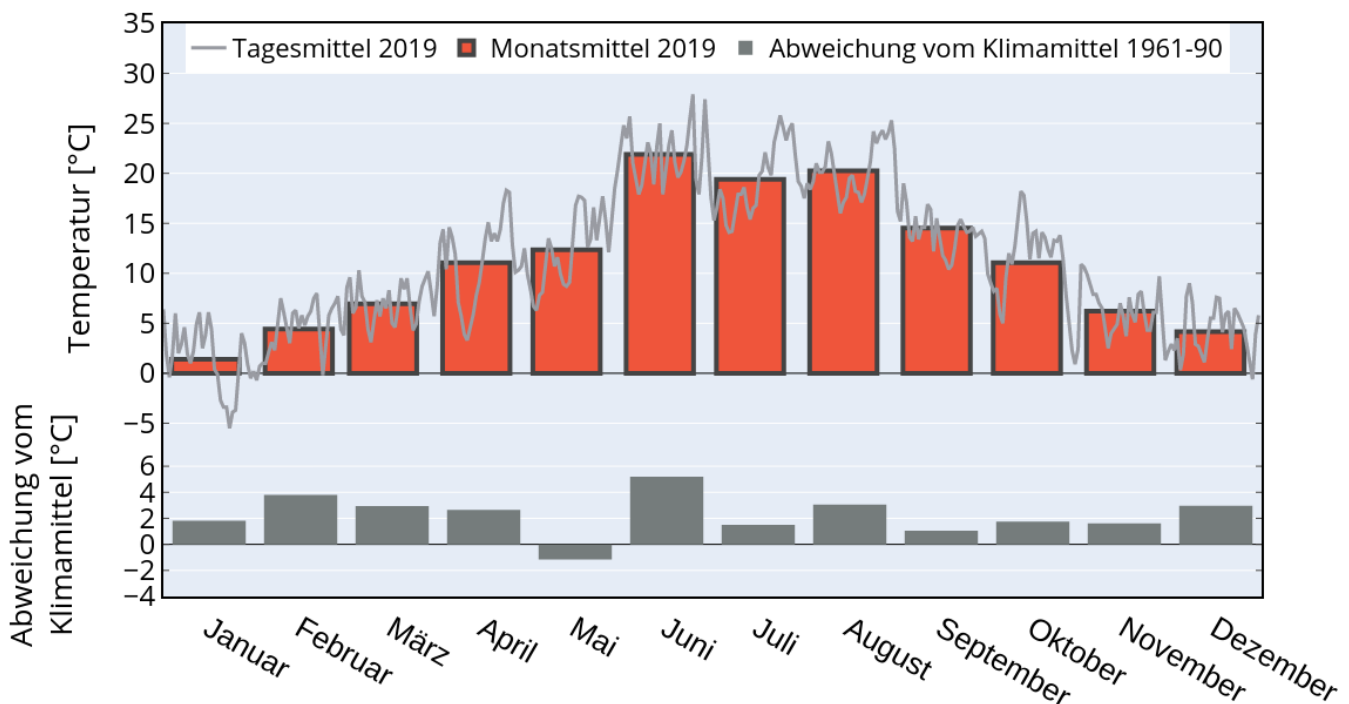


Abbildung 2: Temperaturverlauf der Tages- und Monatsmittelwerte (oben) sowie die Abweichung der Monatsmittelwerte vom Klimamittel (1961-1990, unten) im Jahr 2019 in Berlin-Dahlem

Sonnenscheindauer

Wie die Temperatur war auch die Anzahl an Sonnenstunden im Jahr 2019 deutlich erhöht. Mit 2057 Sonnenstunden wurden im Jahr 2019 in Berlin-Dahlem 127% der im Klimamittel üblichen Sonnenstunden gemessen. Abbildung 3 stellt die monatliche Anzahl der Sonnenstunden des Jahres 2019 (gelbe Balken) und des Klimamittels (grüne Balken) dar und verdeutlicht, dass das absolute Gesamtjahresplus von 437 Sonnenstunden im Vergleich zum Klimamittel zum Großteil durch die Monate April und Juni zu erklären ist. Beide Monate zeichneten sich durch intensiven Hochdruckeinfluss aus. Unter Hochdruckeinfluss wird im Allgemeinen die Bildung von Wolken durch das Absinken von Luftmassen verhindert, wodurch eine hohe Sonnenstundenanzahl erklärbar ist.

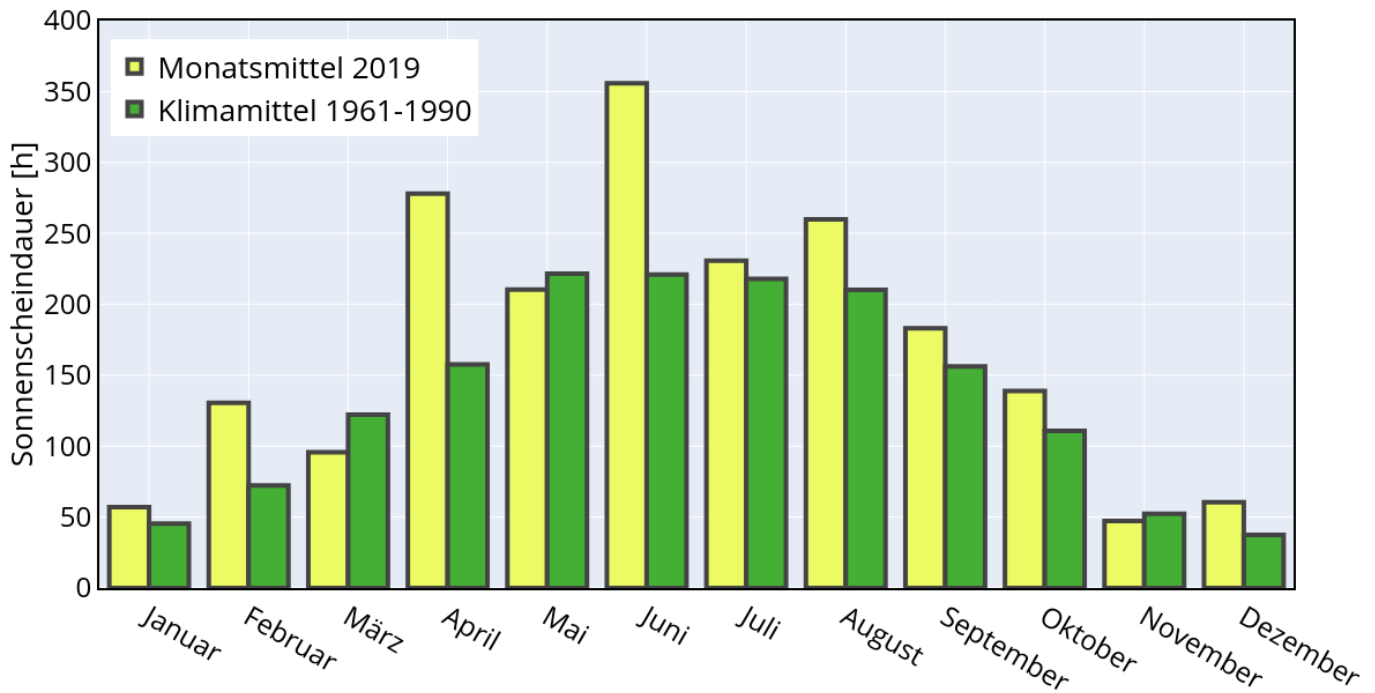


Abbildung 3: Monatliche Sonnenstundenanzahl im Jahr 2019 und im Klimamittel (1961-1990) für Berlin-Dahlem.

Niederschlag

In Berlin fielen im Jahr 2019 in Summe 506 mm Niederschlag. Das sind 86 % des Klimamittels, welches in Berlin bei 590 mm Niederschlag pro Jahr liegt. Dieses Niederschlagsdefizit von 184 mm im Jahr 2019 liegt im klimatologisch erwartbaren Bereich, da das 25- bzw. das 75 %-Quantil nicht unter- bzw. überschritten wurde. Unter Berücksichtigung des enormen Niederschlagsdefizites aus dem Jahr 2018 von 230 mm, stellt jedoch ein weiteres Jahr mit zu wenig Niederschlag eine starke Belastung für die Umwelt, im Besonderen für die Vegetation, dar. Abbildung 4 zeigt die monatliche Niederschlagsmenge für das Jahr 2019 (blaue Balken) und für das Klimamittel (rote Balken). Besonders auffällig sind die Monate April und August, in welchen nur 15 % bzw. 43 % des Niederschlags vom jeweiligen Klimamittel verzeichnet wurde. Obwohl in den Monaten Juni und Juli das Klimamittel leicht überschritten wurde, kann die Zeit von April bis August generell als sehr trocken eingestuft werden. Grund dafür ist, dass der Großteil des im Juni und Juli gefallenen Niederschlags auf wenige intensive Niederschlagsereignisse zurück zu führen ist. Der sogenannte Starkregen ist dahingehend problematisch, da das in kurzer Zeit zur Verfügung stehende Wasser vom Boden und den Pflanzen nur schlecht aufgenommen werden kann und deshalb wenig gegen langanhaltende Trockenheit bewirkt. Beispielhaft dafür ist das Starkniederschlagsereignis am 11. Juni, welches mit knapp 50 mm Niederschlag den Großteil des im Juni gefallenen Niederschlags ausmachte. Im gesamten Jahr 2019 gab es 14 Tage mit Niederschlag von mehr als 10 mm, was leicht über dem Klimamittel von 12 Tagen liegt.

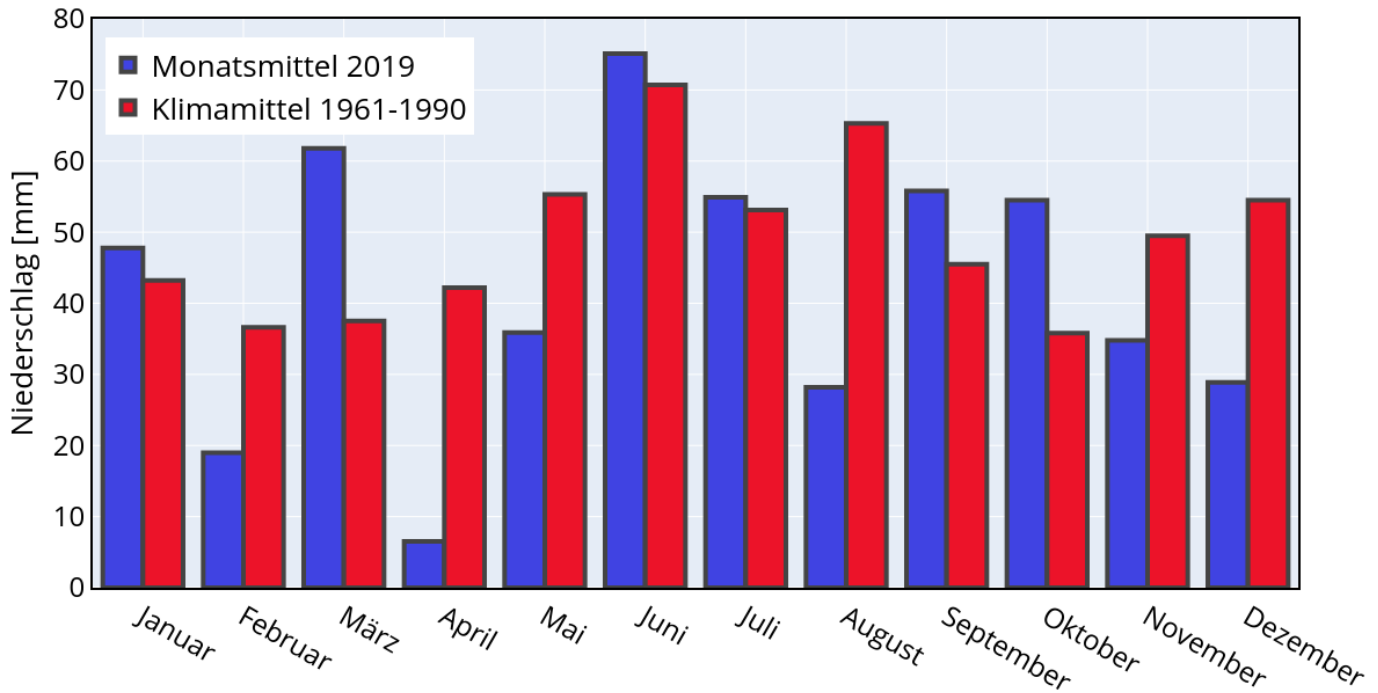


Abbildung 4: Monatlicher Gesamtniederschlag im Jahr 2019 und im Klimamittel (1961-1990) für Berlin-Dahlem

Windrichtung

Die Windverteilung im Jahr 2019 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). Zusätzlich ist in grau die mittlere Verteilung der Windrichtung zwischen 2009 und 2018 dargestellt.

Die Windrichtungsverteilung des gesamten Jahres 2019 stellt sich als sehr durchschnittlich dar und zeigt nur geringfügige Abweichungen von der mittleren Windrichtungsverteilung der Jahre 2009 bis 2018. Auch für die Windrichtungsverteilung der Sommermonate sind nur geringe Abweichungen von der üblichen Verteilung festzustellen. Auffällig ist jedoch die Windrichtungsverteilung der Wintermonate auf Grund eines deutlich höheren Anteils von Winden aus 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 2019 zu erklären ist.

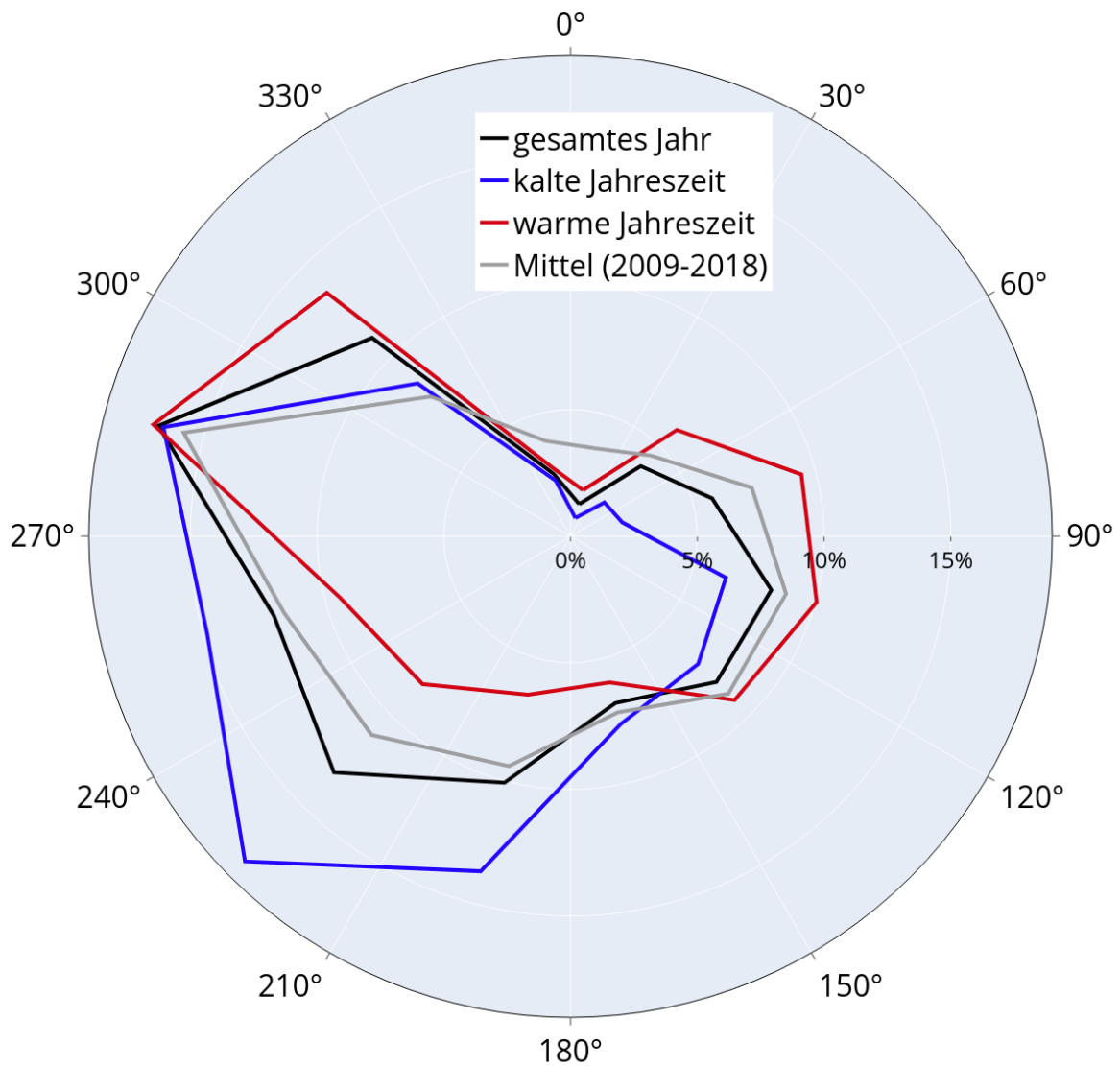


Abbildung 5: Windrichtungsverteilung für die warme Jahreszeit (April bis September), die kalte Jahreszeit (Januar, Februar, März, Oktober, November und Dezember) und das gesamte Jahr 2019 sowie für den Mittelungszeitraum zwischen 2009 und 2018 in Berlin-Dahlem

5 Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2019

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

Tabelle 5: Kennwerte für Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid und Stickoxide

Lage	Station	Messverfahren ¹⁾	NO	NO ₂		NO _x
			JM [µg/m ³] Wert	JM [µg/m ³] Wert	1-h-Mittel > 200 µg/m ³ Anzahl	JM [µg/m ³] Wert
	Mittelungszeitraum					
Stadt- rand	Marienfelde (MC027)	Referenz	1	12	0	14
	Grunewald (MC032)	Referenz	2	13	0	15
	Buch (MC077)	Referenz	3	14	0	18
	Friedrichshagen (MC085)	Referenz	1	11	0	13
	Frohnau (MC145)	Referenz	1	11	0	13
Inner- städtischer Hinter- grund	Wedding (MC010)	Referenz	7	25	0	35
	Schöneberg (MC018)	Referenz	4	21	0	28
	Neukölln (MC042)	Referenz	5	22	0	29
	Mitte (MC171)	Referenz	5	23	0	30
	Karlshorst (MC282)	Referenz	6	15	0	27
Straße	Hardenbergplatz (MC115)	Referenz	20	34	0	64
	Schildhornstr. 76 (MC117)	Referenz	27	39	0	79
	Mariendorfer Damm 148 (MC124)	Referenz	35	39	0	93
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	Referenz	36	40	0	95
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	Referenz	23	35	0	71
	Karl-Marx-Str. 76 (MC220)	Referenz	35	43	0	97
	Berliner Allee 118 (MS501)	Passiv	40	40	-	100
	Beusselstr. 66 (MS504)	Passiv	26	37	-	78
	Potsdamer Str. 102 (MS505)	Passiv	33	44	-	94
	Michael-Brückner-Str. 5 (MS507)	Passiv	48	42	-	112
	Alt Friedrichsfelde 7a (MS514)	Passiv	44	43	-	109
	Leipziger Str. 32 (MS525)	Passiv*	40	48	-	110
	Kantstr. 117 (MS528)	Passiv*	19	34	-	65
	Hauptstr. 54 (MS530)	Passiv*	28	42	-	87
	Spandauer Damm 103 (MS531)	Passiv*	52	48	-	125
	Hermannstr. 120 (MS533)	Passiv*	39	45	-	105
	Alt Moabit 63 (MS537)	Passiv	43	43	-	106
	Schloßstr. 29 (MS539)	Passiv	24	40	-	78
	Tempelhofer Damm 148 (MS542)	Passiv	32	38	-	86
	Sonnenallee 68 (MS545)	Passiv*	40	46	-	107
	Landsberger Allee 6-8 (MS547)	Passiv*	40	41	-	101
	Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)	Passiv*	41	45	-	107
	Buschkrugallee 8 (MS559)	Passiv**	54	53	-	136
	Friedrichstr. 172 (MS562)	Passiv	19	33	-	63
	Badstr. 67 (MS573)	Passiv	32	41	-	91
	Klosterstr. 12, Spandau (MS576)	Passiv	37	40	-	96
	Eichborndamm 23-25 (MS579)	Passiv	22	33	-	68
	Markgrafendamm 6 (MS581)	Passiv	35	39	-	92
	Invalidenstraße 30 (MS528)	Passiv	22	36	-	69

Lage	Station		NO	NO ₂		NO _x
	Mittelungszeitraum	Messverfahren ¹⁾	JM [µg/m ³] Wert	JM [µg/m ³] Wert	1-h-Mittel > 200 µg/m ³ Anzahl	JM [µg/m ³] Wert
Straße	Brückenstr. 15 (MS601)	Passiv	-	38	-	-
	Kaiser-Friedrich-Str. 41 (MS602)	Passiv	-	35	-	-
	Leonorenstr. 94 (MS603)	Passiv	-	34	-	-
	Martin-Luther-Str. 106 (MS604)	Passiv	-	31	-	-
	Stromstr. 58/61 (MS605)	Passiv	-	25	-	-
	Birkenstr. 54 (MS606)	Passiv	-	25	-	-
	Reinhardtstr. 47 (MS607)	Passiv	-	31	-	-
	Oranienstr. 159 (MS608)	Passiv	-	40	-	-
	Elsenstr. 102 (MS609)	Passiv	-	46	-	-
	Erkstr. 10-11 (MS610)	Passiv	-	42	-	-
	Friedrichstr. 151 (MS611)	Passiv	-	37	-	-
	Torstr. 134 (MS612)	Passiv	-	43	-	-
	Leipziger Str. 4 (MS613)	Passiv	-	46	-	-

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

** Sondermessstation – der Standort der Messung entspricht nicht den Vorgaben der 39. BImSchV

JM = Jahresmittel

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

Stickstoffdioxid (NO₂)

Die im Jahr 2019 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 2019 wurden an den automatischen Messcontainern am Stadtrand NO₂-Jahresmittelwerte von 12-14 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund von 15-25 µg/m³ und an Straßen von 34-43 µg/m³ gemessen. Der seit 2010 einzuhaltende Grenzwert der 39. BImSchV von 40 µg/m³ für das Jahresmittel wurde in diesem Jahr nur noch an einer der sechs automatischen Straßenmessstellen überschritten: an der Station MC220 in der Karl-Marx-Straße 76 wurde ein Jahresmittelwert von 43 µg/m³ gemessen.

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 2019 gab es nun zusätzlich bereits das zweite Jahr in Folge auch keine Überschreitungen des Wertes von 200 µg/m³ im Stundenmittel.

Mit den automatischen NO₂-Messungen an den sechs Straßenmessstellen werden im BLUME die Vorgaben zur Mindestanzahl der ortsfesten und beurteilungsrelevanten Probenahmestellen (Anlage 4A, 39. BImSchV) erfüllt. Zusätzlich wurden diese automatischen Messungen in den Messcontainern bereits seit Mitte der 1990er durch NO₂-Passivsammler ergänzt, die an stark befahrenen Straßen hauptsächlich zur Überwachung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung, betrieben

wurden. Über einen jährlichen Vergleich mit dem Referenzverfahren nach 39. BImSchV wird die Qualität dieser Passivsammler-Messungen überprüft, so dass bei eingehaltenen Standortvorgaben auch NO₂-Messungen mittels Passivsammler als beurteilungsrelevant eingestuft werden können. Diese Messungen können damit sowohl Grundlage für die Ableitung und Beurteilung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung gemäß 39. BImSchV sein als auch zur Beurteilung der Luftgüte hinsichtlich der Grenzwerteinhalten gemäß 39. BImSchV dienen. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, wird an vielen Passivsammlerstandorten eine höhere NO₂-Belastung als an den Containerstandorten gemessen. Die Grenzwertüberwachung laut 39. BImSchV sieht jedoch vor, dass an den Standorten mit der höchsten Belastung beurteilungsrelevante Messungen durchgeführt werden, weshalb im Jahr 2019 erstmalig NO₂-Jahresmittelwerte von acht Passivsammlerstandorten für die Beurteilung der Luftqualität an die EU gemeldet wurden. Der Passivsammlerstandort an der Buschkrugallee 8 (MS559) hält die Standortvorgaben der 39. BImSchV nicht ein. Mit einem Abstand zur nächsten verkehrsreichen Kreuzung von 20 Metern wird die Vorgabe von mindestens 25 Metern unterschritten. Diese Station stellt damit eine Sondermessstation dar, welche jedoch unabhängig vom Nichteinhalten der gesetzlichen Standortvorgaben, für die interne Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Luftreinhaltung von großer Bedeutung ist.

Die Jahresmittelwerte, die für das Jahr 2019 an den 36 Passivsammler-Standorten ermittelt wurden, lagen zwischen 25 und 54 µg/m³. Die am wenigsten belasteten Standorte sind die Birken- und die Stromstraße, welche mit 25 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel auf demselben Niveau wie die am höchsten belastete Station im innerstädtischen Hintergrund (MC010) lagen. An 16 weiteren, also an der Hälfte der im Berliner Luftgütemessnetz betriebenen Passivsammlerstandorte, wurden Jahresmittelwerte ermittelt, welche den Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m³ einhielten. An den 18 am höchsten belasteten Passivsammlerstandorten wurde dieser Grenzwert überschritten. Davon ist der Standort an der Buschkrugallee zwar der höchst belastete, kann aber streng genommen nicht mit den anderen verglichen werden, weil die Anforderungen an die Standortplatzierung der 39. BImSchV nicht erfüllt werden. Auffällig ist der starke Rückgang der NO₂-Belastung an der Leipziger Straße um 11 µg/m³ im Vergleich zum Vorjahr. Zurückzuführen ist dieser Rückgang unter anderem auf die Tempo-30-Anordnung in der Leipziger Straße. Durch Tempo 30 werden allgemein durch eine Verstärkung des Verkehrs und der daraus folgenden Verringerung von schadstofflastigen Beschleunigungsvorgängen die NO_x-Emissionen reduziert.

Die mit Passivsammlern bestimmten Jahresmittelwerte geben zusätzlich zu den Ergebnissen der automatischen Messungen Hinweis darauf, dass die Spannweite der NO₂-Belastung in Berliner Straßen sehr groß ist. Die Tatsache, dass an der Hälfte der Passivsammlerstandorte eine Überschreitung des Grenzwertes für das Jahresmittel festgestellt wurde, deutet zudem darauf hin, dass auch in 2019 in einem erheblichen Anteil des Berliner Straßennetzes die NO₂-Immissionsbelastung zu hoch ist. Die Messung von NO₂ mittels Passivsammlern bildet damit sehr belastbar die Entwicklung in engen Straßenschluchten ab.

Seit Beginn 2019 sind weitere 13 Passivsammler (MS601 – MS613) im Einsatz. Die Standorte dieser Passivsammler wurden gezielt ausgewählt, um gerichtlich angeordnete Maßnahmen zur Luftreinhaltung, wie Fahrverbote für Dieselfahrzeuge (bis einschließlich Euronorm 5/V) oder Tempo-30 Zonen, messtechnisch begleiten zu können oder Straßenabschnitte, an denen Modellergebnisse darauf hindeuten, dass hohe NO₂-Belastungen vorliegen, überprüfen zu können. An neun dieser 13 neuen Passivsammlerstandorte wurden im Jahr 2019 der Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m³ eingehalten.

Durch die systematischen Unterschiede in den Jahresmittelwerten zwischen den Stationen der verschiedenen Belastungsregime und die Tatsache, dass Überschreitungen des Jahresmittelwertes von 40 µg/m³ ausschließlich an Straßenstationen auftreten, wird deutlich, dass der Straßenverkehr der Hauptverursacher hoher NO₂-Belastungen ist. Dabei ist 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 Problem, zu welchem Einträge von außerhalb des Stadtgebietes nur einen sehr geringen Beitrag leisten.

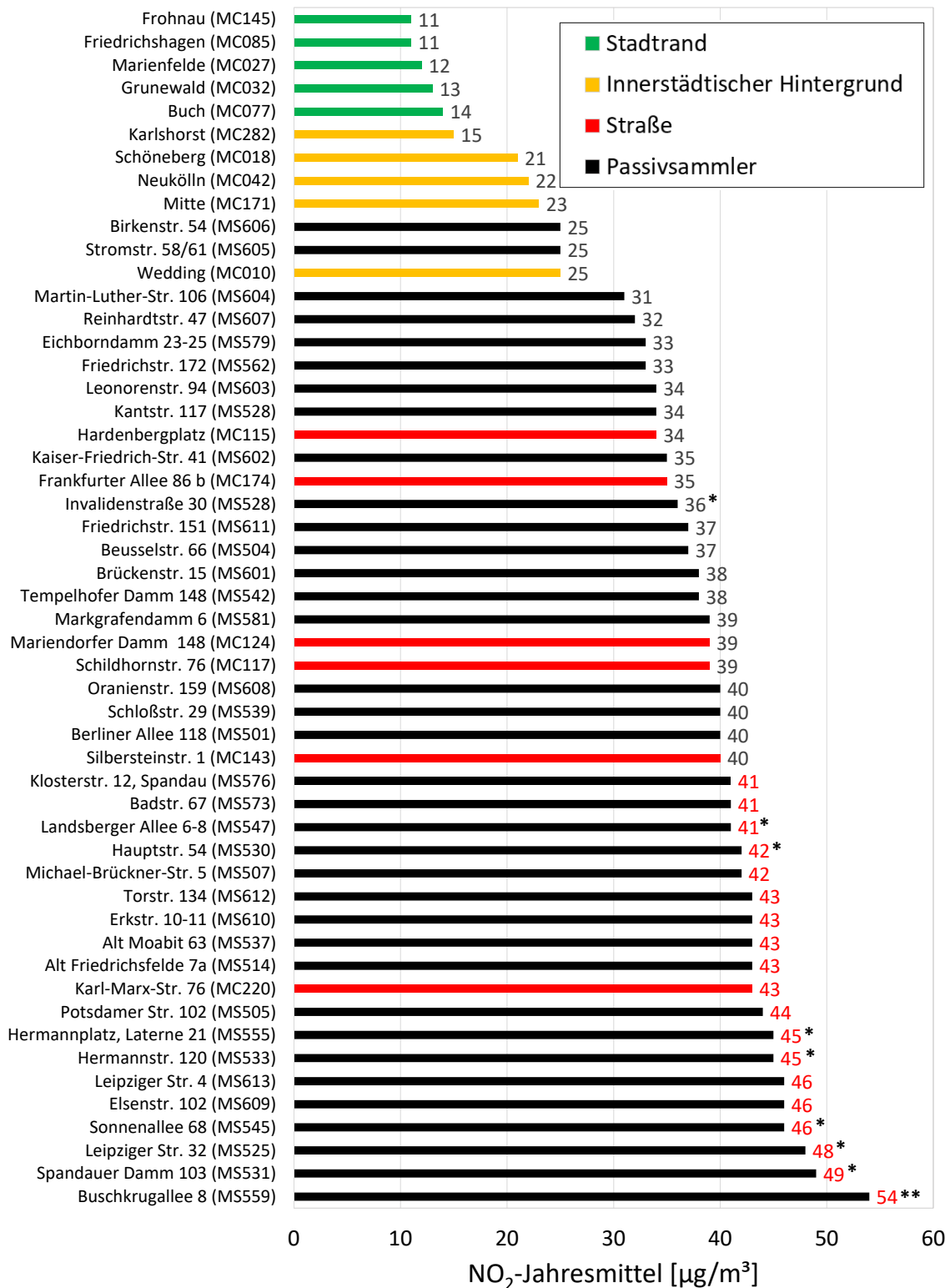


Abbildung 6: NO₂-Jahresmittelwerte aufsteigend sortiert. Die grünen, gelben und roten Balken zeigen die Stationen am Stadtrand, im innerstädtischen Hintergrund und die Verkehrsstationen, schwarze Balken die Passivsammler. Bei Grenzwertüberschreitungen für das Jahresmittel wird der Wert rechts neben dem Balken rot dargestellt. An die EU zur Beurteilung der Luftgüte gemeldete Passivsammler sind durch * gekennzeichnet, Stationen, die nicht den Vorgaben der 39. BImSchV entsprechen sind durch ** gekennzeichnet.

Langzeittrend von Stickstoffdioxid

Zur Darstellung des Langzeittrends wird in diesem Bericht eine zu den vorherigen Jahresberichten des Berliner Luftgütemessnetzes abweichende Methode verwendet. Dabei wird der Langzeittrend nicht auf Grundlage von arithmetischen Mittelwerten dargestellt, sondern auf Grundlage der Differenzen der Jahresmittelwerte von einem zum darauffolgenden Jahr (Jörg Schmidtke, 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.

Der NO₂-Langzeittrend in Berlin bis 2019 ist in Abbildung 7 unter Anwendung der oben erwähnten 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 eindrucksvoll den Einfluss von meteorologischen Bedingungen auf die Konzentration von Luftschadstoffen, denn das Jahr 2006 war geprägt durch eine hohe Anzahl windschwacher Hochdruckwetterlagen und ungünstigen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen. In den Jahren zwischen 2008 und 2015 blieben die NO₂-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 NO₂ aus, als von den Herstellern angegeben wurde bzw. als sich auf dem Prüfstand ergab. Auffällig ist, dass seit 2016 die NO₂-Belastung an Straßenmessstellen stark sank, am Stadtrand und im innerstädtischen Hintergrund aber keine bzw. nur eine sehr geringe Veränderung zu beobachten war. Dies unterstreicht nochmals den starken Einfluss der Verkehrsemissionen auf die an den verkehrsnahen Stationen gemessenen Immissionen. Von 2013 bis 2019 ergab sich für die sechs automatischen Straßenmessstellen ein Rückgang um 24 %, wobei mit einem absoluten Rückgang von 5 µg/m³ die Belastung von 2018 auf 2019 am stärksten gesunken ist. Ähnlich verhält es sich mit den Messergebnissen der Passivsammler, für welche von 2018 auf 2019 ebenfalls ein absoluter Rückgang von etwa 5 µg/m³ ermittelt wurde. Erzielt wurden diese bemerkenswert rückläufige Entwicklung der NO₂-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-Flotten, mit einem steigenden Anteil von Euro VI und 6d-TEMP Fahrzeugen, einen Anteil an dieser positiven Entwicklung. Deshalb lässt sich dieser Trend auch unabhängig von einzelnen Maßnahmen der Berliner Luftreinhaltung in ganz Deutschland beobachten. Modellergebnisse zu Folge sind etwa ein bis zwei µg/m³ des NO₂-Rückgangs 2019 in Deutschland auf Softwareupdates und die Flottenerneuerung zurückzuführen (Umweltbundesamt, Luftqualität 2018, 2019).

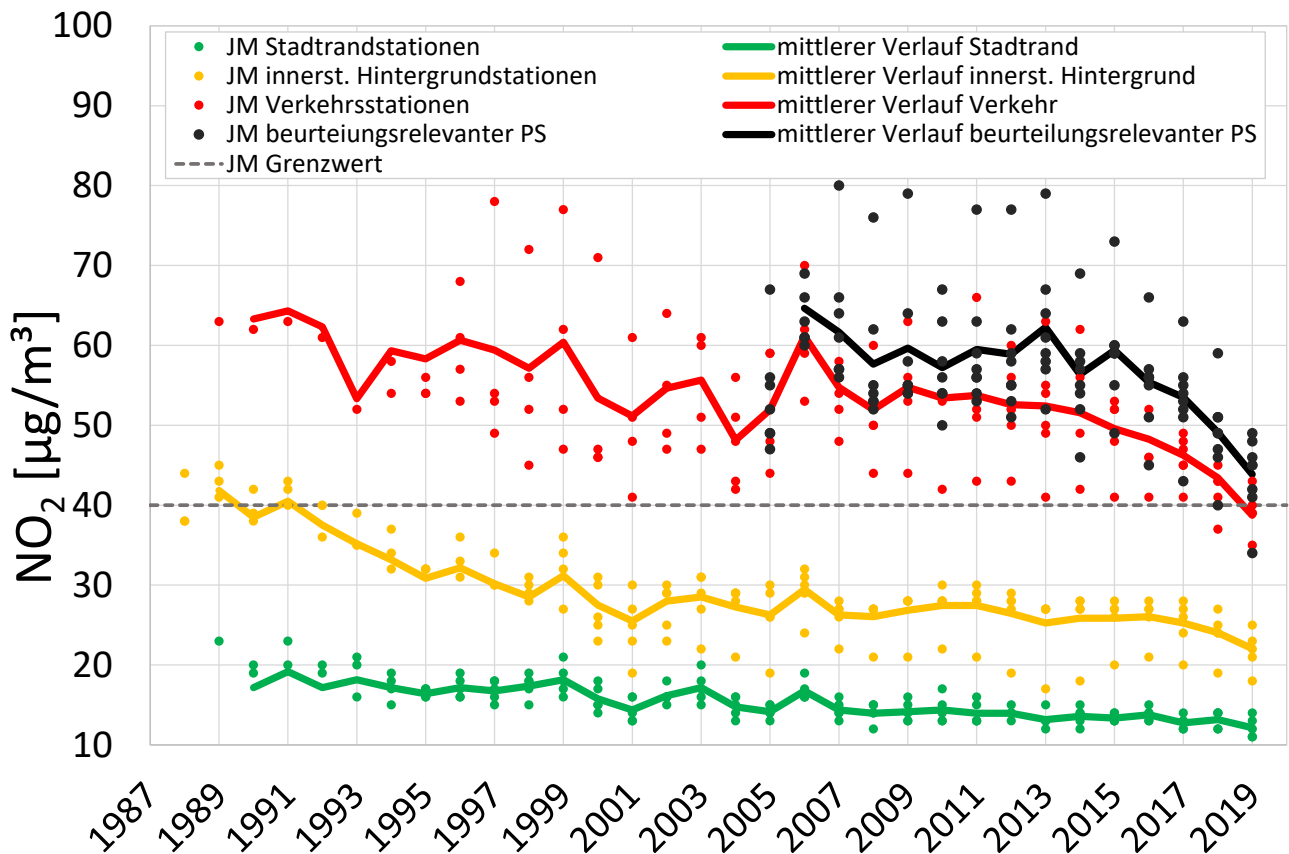


Abbildung 7: Entwicklung der NO_2 -Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte (JM) der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte) im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die einzelnen Jahresmittelwerte der acht zur Beurteilung der Luftgüte 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.

Abbildung 8 stellt den Verlauf der arithmetischen Jahresmittelwerte an den sechs automatischen Straßenmessstellen dar. An der Silbersteinstraße (MC143) und am Hardenbergplatz (MC115) wurden mit $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die höchsten Abnahmen der NO_2 -Belastung von 2018 auf 2019 verzeichnet. In der Schildhornstraße (MC117) betrug die Abnahme $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und am Mariendorfer Damm (MC124), in der Frankfurter Allee (MC174) und in der Karl-Marx-Straße je $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es wird deutlich, dass der Rückgang nicht gleichermaßen an allen Messstellen zu beobachten ist, sondern individuell von den Bedingungen am Standort abhängig sein kann. Baustellen, mit den entsprechenden verkehrlichen Maßnahmen, wie Straßensperrungen oder Umleitungen, aber auch die Witterung können beispielsweise zu kurzfristigen Abweichungen vom generellen Trend führen.

Beispielhaft für den Einfluss der Witterung ist der Verlauf der NO_2 -Jahresmittelwerte an der Silbersteinstraße 1 (MC143) in den letzten beiden Jahren. Wie im Jahresbericht 2018 (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019) dargelegt wurde, kann die Zunahme am MC143 von 2017 auf 2018 durch den erhöhten Anteil von Windrichtungen zwischen Ost und Süd im Jahr 2018 erklärt werden. Da sich die Station MC143 westlich der Kreuzung zwischen der Silbersteinstraße und der Karl-Marx-Straße befindet, werden bei Ostwind die Emissionen des Kreuzungsbereiches zur Messstelle getragen. Die Konstellation einer Messstelle westlich einer stark befahrenen Kreuzung trifft nur auf den MC143 zu, so dass an den anderen Containermessstellen bei Ostwind keine erhöhten NO_2 -Messwerte zu erwarten sind. An den anderen fünf Straßenmessstellen wurde von 2017 auf 2018 eine deutliche Abnahme der NO_2 -Immissionsbelastung festgestellt. Im Jahr 2019 wies die Windrichtungsverteilung wieder einen durchschnittlichen

Anteil von Windrichtungen aus dem Ostsektor auf. Folglich passt sich die Entwicklung der NO_2 -Belastung am MC143 im Jahr 2019 wieder dem generell fallenden Trend der NO_2 -Belastung an Straßen an. Demzufolge fiel der Rückgang der NO_2 -Belastung von 2018 auf 2019 am MC143 mit einer Abnahme um $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sehr hoch aus.

Die Wirkung von emissionsmindernden Maßnahmen auf die NO_2 -Belastung ist an der Messstation MC115 am Hardenbergplatz besonders gut zu sehen: Zwischen 2014 und 2019 sank der NO_2 -Jahresmittelwert am MC115 von $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, also um 45 %. Für diesen Rückgang sind hauptsächlich die Modernisierung der Busflotte sowie die Nachrüstung von BVG-Linienbussen mit Stickoxidminderungssystemen verantwortlich. Auf Grund dieser Erkenntnisse sind auch in der aktuellen Fortschreibung des Luftreinhalteplans (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2019) weitere Nachrüstungen sowie die Neubeschaffung von Euro VI-Bussen und modernen Elektrobussen für die BVG als Maßnahmen vorgesehen. 2030 soll die gesamte Flotte der BVG aus elektrisch angetriebenen Fahrzeugen bestehen.

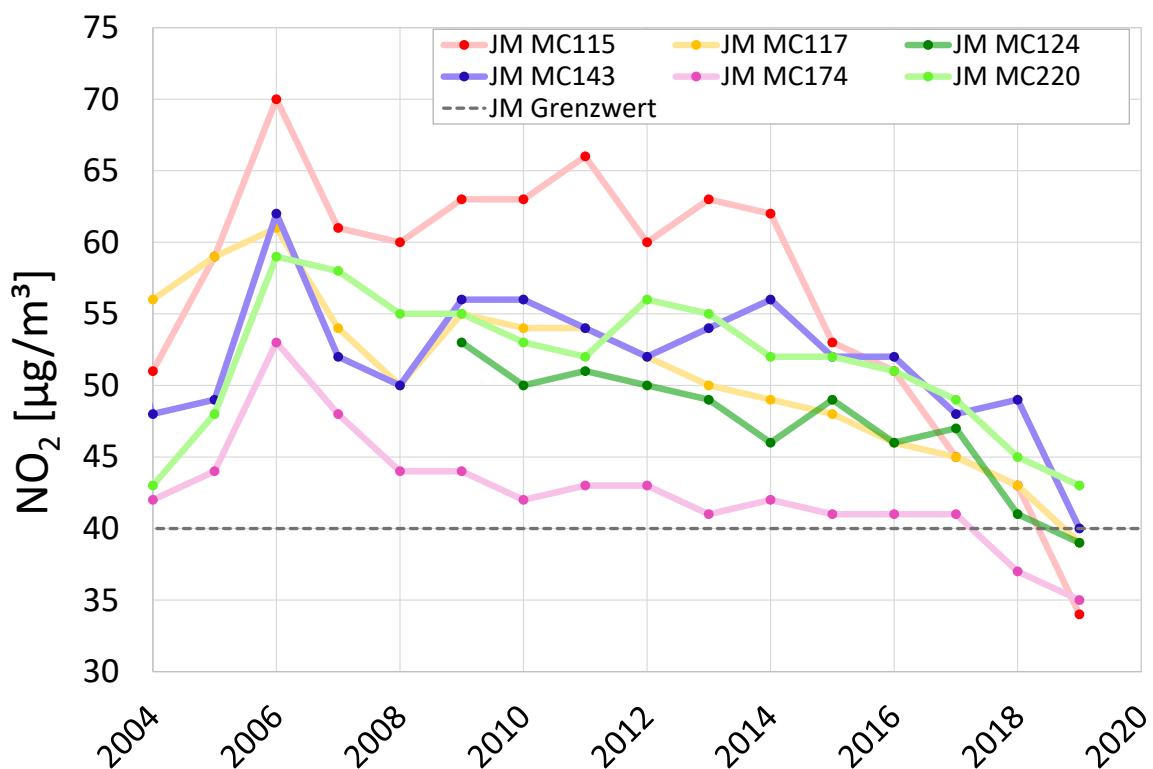


Abbildung 8: NO_2 -Zeitreihen der Jahresmittelwerte (JM) der einzelnen Straßenstationen

Stickoxide

Der kritische Wert für den Vegetationsschutz von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das NO_x -Jahresmittel ist streng genommen für Stadtgebiete nicht gültig. Dennoch wird er hier herangezogen, um auch der Bedeutung der Vegetation in innerstädtischen Grünanlagen oder in Straßenzügen für die Erholungswirkung und damit für die menschliche Gesundheit Rechnung zu tragen. Das Jahresmittel der Summe der Stickoxide (Tabelle 5) lag am Stadtrand bei $14 - 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im innerstädtischen Hintergrund bei $27 - 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und an den Straßenmessstellen bei $62 - 136 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Somit wurde dieser kritische Wert nur am Stadtrand und an vier der fünf innerstädtischen Hintergrundmessstellen eingehalten. Abbildung 9 stellt die NO_x -Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen und der Passivsammler aufsteigend sortiert dar. An den 13 neuen Passivsammlerstandorten, an welchen erst seit 2019 gemessen wird, werden keine NO_x -Daten erhoben.

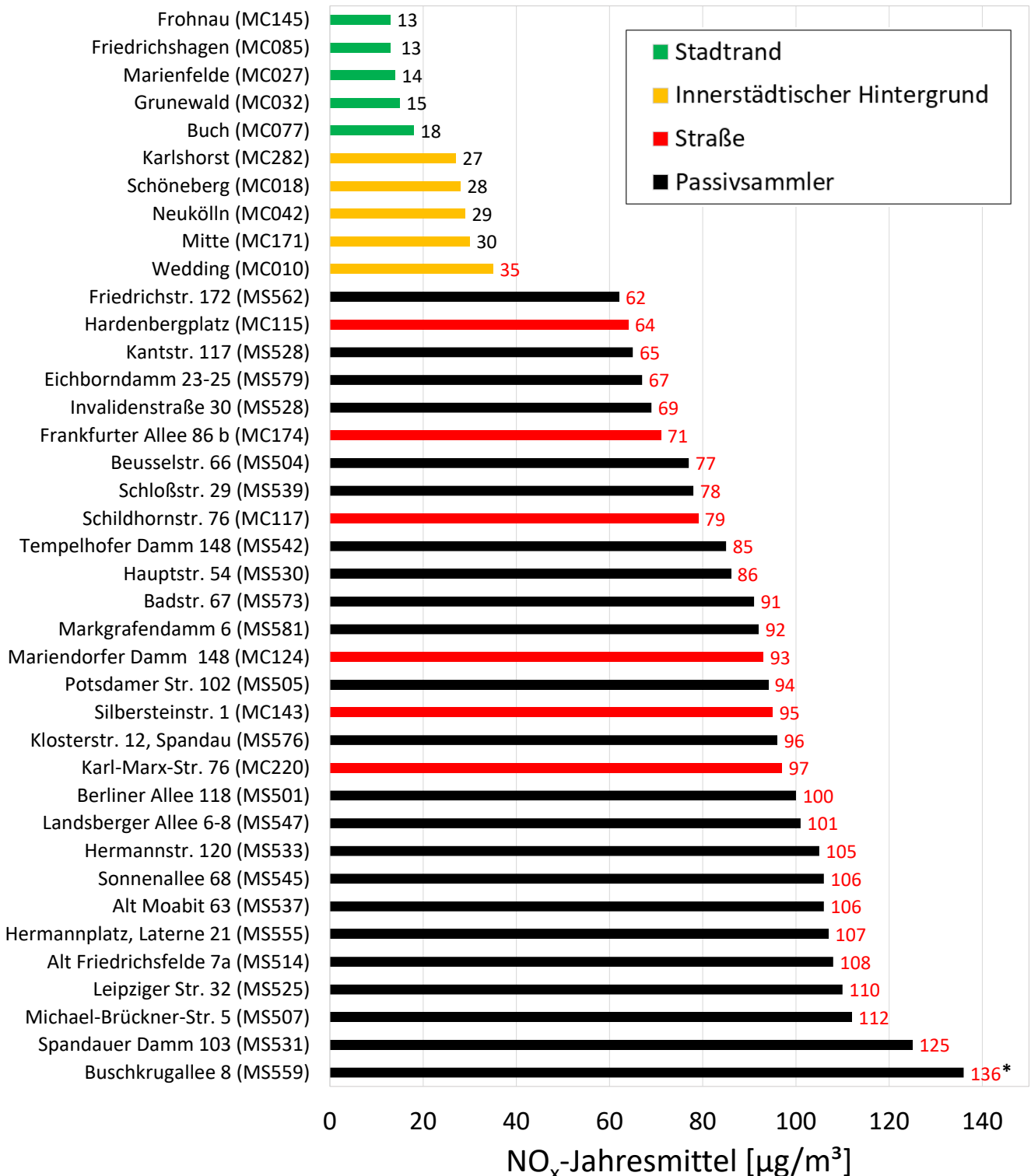


Abbildung 9: NO₂-Jahresmittelwerte aufsteigend sortiert. Die grünen, gelben und roten Balken zeigen die Stationen am Stadtrand, im innerstädtischen Hintergrund und die Verkehrsstationen, schwarze Balken die Passivsammler. Wurde der kritische Wert für den Vegetationsschutz an einer Station überschritten, wird der Wert rechts neben dem Balken rot dargestellt. Stationen, die nicht den Vorgaben der 39. BImSchV entsprechen sind durch * gekennzeichnet.

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

Tabelle 6: Kennwerte für PM₁₀ und PM_{2,5}

Lage	Station	PM ₁₀		PM _{2,5}
		Jahresmittel [µg/m ³] Wert	Tagesmittel > 50 µg/m ³ Anzahl	Jahresmittel [µg/m ³] Wert
	Mittelungszeitraum			
Stadttrand	Grunewald (MC032)	16	1	-
	Buch (MC077)	17	2	11
	Friedrichshagen (MC085)	16	1	-
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	18	2	13
	Neukölln (MC042)	19	2	14
	Mitte (MC171)	19	2	13
Straße	Schildhornstr. 76 (MC117)	21	5	-
	Mariendorfer Damm 148 (MC124)	22	5	-
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	22	11	-
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	24	14	16
	Karl-Marx-Str. 76 (MC220)	22	7	-

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.

Fett gedruckt = AEI Stationen

Grenzwert für Jahresmittel und Kurzzeit-Grenzwert wurden eingehalten.

PM₁₀

Die an den Stationen des automatischen Messnetzes ermittelten PM₁₀-Jahresmittelwerte lagen 2019 am Stadttrand bei 16-17 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund bei 18-19 µg/m³ und an Schwerpunkten des Straßenverkehrs bei 21-24 µg/m³ (siehe Tabelle 6), wobei die Werte im Jahr 2019 deutlich unter den Werten von 2018 lagen. Der höchste Jahresmittelwert wurde mit 24 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 des von der Weltgesundheitsorganisation empfohlenen Langzeit-Zielwertes von 20 µg/m³ als erreichbar erscheinen.

Wie bei Stickstoffdioxid werden auch für PM₁₀ kurzfristige Spitzenbelastungen überwacht. Hierfür gilt ein Immissionsgrenzwert für das Tagesmittel von 50 µg/m³, wobei 35 Überschreitungen pro Kalenderjahr zulässig sind. Bis vor einigen Jahren war diese Kurzzeitbelastung bezüglich PM₁₀ ein erhebliches Problem, aber seit 2016 lagen die Überschreitungshäufigkeiten an den Berliner Messstellen stets unterhalb der erlaubten Anzahl von 35. Im Jahr 2019 wurde dieser Wert weit unterschritten und lag bei maximal 14 Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittels von 50 µg/m³ an der Messstation Frankfurter Allee.

Langzeittrend von PM₁₀

Der PM₁₀-Langzeittrend in Berlin ist in Abbildung 10 unter Anwendung der bereits erwähnten Differenzenmethode für die PM₁₀-Messungen am Stadtrand (grün), im innerstädtischen Hintergrund (gelb) und an Straßen (rot) als Linie dargestellt. Die dem Modell zu Grunde liegenden PM₁₀-Jahresmittelwerte sind in der entsprechenden Farbe als Punkte dargestellt. Zusätzlich stellt Abbildung 10 die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ der am höchsten belasteten Station von 2000 bis 2019 als Balken dar.

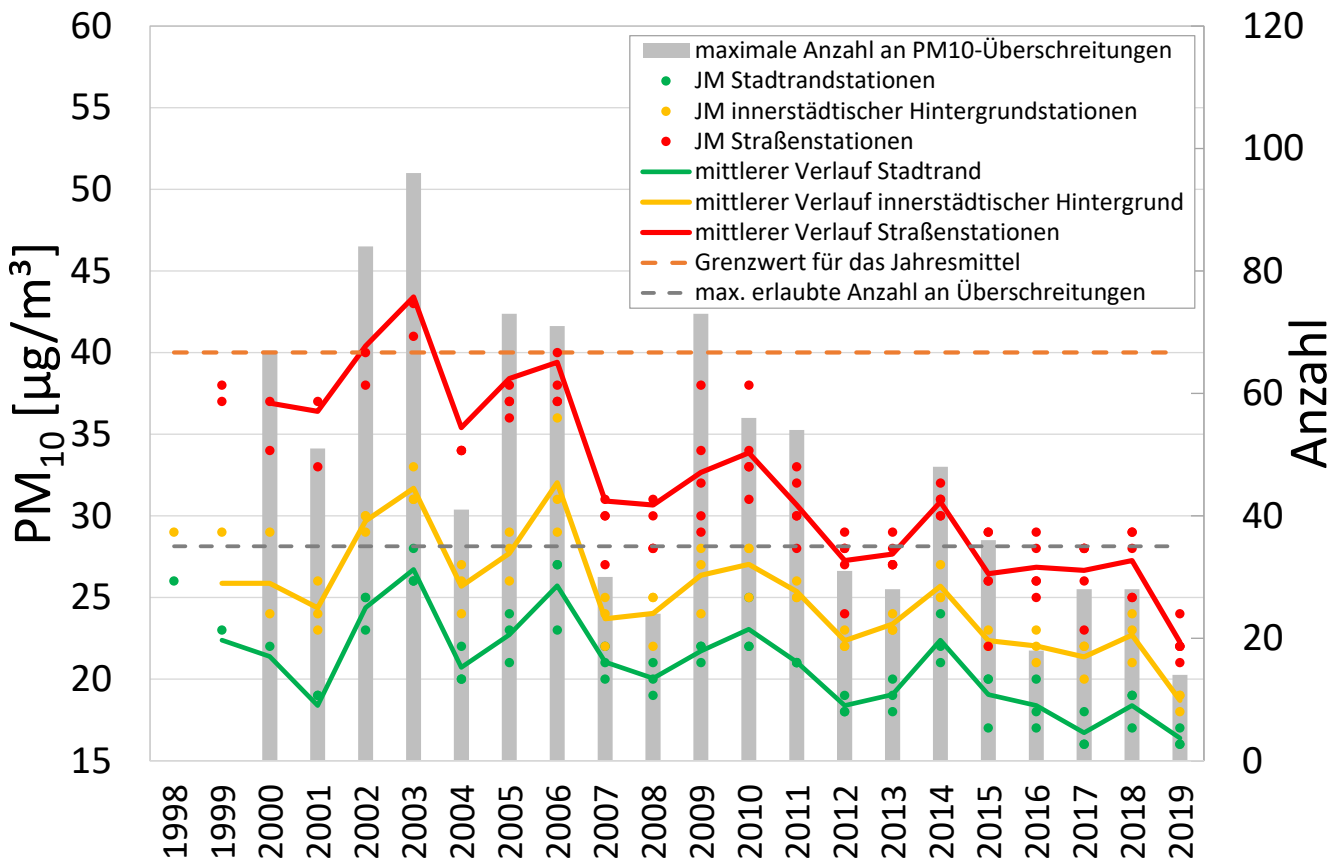


Abbildung 10: Entwicklung der PM₁₀-Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte) im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien, stellen den mittleren Verlauf der Belastung in den drei Belastungsregimen dar. Zusätzlich sind die maximale Anzahl an jährlichen Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittels von 50 µg/m³ als graue Balken dargestellt.

Die PM₁₀-Belastung zeigt über den dargestellten Zeitraum eine deutliche Abnahme um rund 30 % im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand sowie eine Abnahme um etwa 40% an Straßenmessstellen. Seit 2003 wird in Berlin der für das Jahresmittel gültige Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ durchgängig und an allen Stationen eingehalten. Auch die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ ist im dargestellten Zeitraum rückläufig. Im Jahr 2015 wurden letztmals mehr als die zulässigen 35 Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ beobachtet (Station MC174, 36 Überschreitungen).

Die PM₁₀-Belastung in Berlin und ihre langjährige Entwicklung wird maßgeblich durch meteorologische Bedingungen und emissionsmindernde Maßnahmen geprägt. Die jährlichen Schwankungen der PM₁₀-Jahresmittelwerte von bis zu 20 % und insbesondere die Variabilität der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ von bis zu einem Faktor zwei spiegeln die Abhängig-

keit der PM₁₀-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 2019 trugen die Witterungsbedingungen maßgeblich zu einer geringen PM₁₀-Belastung bei. So führten einerseits die hohen Temperaturen (siehe Abbildung 2) der Wintermonate im Jahr 2019 zu einem geringen Heizbedarf, was niedrige lokale Partikelemissionen mit sich bringt. Weiterhin ist das geringe Auftreten von Ost- und Südwinden in den 2019er 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 emissionsmindernde Maßnahmen zurückzuführen. Eine sehr wichtige Maßnahme 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 hergezogen werden. Die Annäherung der roten Linie an die gelbe Linie in Abbildung 10 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 10 dargestellten Zeitraum, um etwa 70 % reduziert werden.

PM_{2,5}

Die PM_{2,5}-Jahresmittelwerte (Tabelle 6) lagen zwischen 11 und 16 µg/m³ und damit durchgehend unterhalb des seit 2015 einzuhaltenden Grenzwertes von 25 µg/m³. Ebenso wie für die PM₁₀-Belastung weisen sie von Jahr zu Jahr erkennbare Schwankungen aufgrund der jeweiligen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und der Emissionssituation auf, wobei insgesamt ein abnehmender Trend sichtbar ist. Dabei ist die Belastung bezüglich PM_{2,5} in weit höherem Maße als die PM₁₀-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 PM_{2,5} ausmachen. Die Werte des Jahres 2019 liegen auf Grund der oben erwähnten meteorologischen Bedingungen im Jahr 2019 im Schnitt ca. 2 µg/m³ unter den Werten von 2016, 2017 und 2018. Im Jahr 2008 und 2009 betrug das PM_{2,5}-Jahresmittel im innerstädtischen Hintergrund noch bis zu 19,2 µg/m³. Die seit 2011 beobachtete Abnahme der PM_{2,5}-Belastung könnte ihre Ursache in den Fortschritten der emissionsmindernden Maßnahmen in den osteuropäischen Mitgliedstaaten der EU haben. So sind im Jahr 2017 die letzten Übergangsfristen für die Sanierung von Großfeuerungsanlagen abgelaufen (Europäische Kommission, 2004). Um den von der Weltgesundheitsorganisation empfohlenen Zielwert für das PM_{2,5}-Jahresmittel von 10 µg/m³ in Berlin zu unterschreiten, sind weitere lokale, aber auch überregionale und internationale Bemühungen und Maßnahmen notwendig.

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 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 2019 als Mittel der Jahre 2017 bis 2019. Wie der stetige Rückgang der Jahresmittelwerte der Berliner AEI-Stationen seit 2011 von 19,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf 14,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2019 (siehe Tabelle 7) 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Umweltbundesamt, Luftqualität 2018, 2019). 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 etwa 13,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen darf. Dieser Wert wurde bereits seit 2016 unterschritten. Für das Jahr 2019 wird der bundesweite AEI voraussichtlich 12,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen (Umweltbundesamt, Luftqualität 2019 - Vorläufige Auswertung, 2020) und liegt damit zum vierten Mal in Folge unter dem Wert, der ab 2020 einzuhalten ist.

Tabelle 7: Mittelwert über alle AEI-Stationen in Deutschland (national) (Umweltbundesamt, Luftqualität 2018, 2019) und Mittelwerte der Berliner AEI-Stationen (ab 2010)

Jahr	AEI (national)	Mittelwerte der Berliner AEI-Stationen
Mittelungszeit- raum	3-Jahresmittel $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3-Jahresmittel $\mu\text{g}/\text{m}^3$
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

5.3 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Staubinhaltsstoffe

Tabelle 8: Kennwerte für Benzo(a)pyren (BaP) in PM₁₀

Lage	Station	Jahresmittel
		[ng/m ³]
Stadttrand	Buch (MC077)	0,25
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	0,28
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	0,36
	Schildhornstr. 76 (MC117)	0,25

Erklärung:

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

Tabelle 9: Kennwerte für die Schwermetalle Arsen, Cadmium, Nickel und Blei in PM₁₀

Lage	Station	Arsen	Cadmium	Nickel	Blei
		Jahresmittel [ng/m ³]			
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	1,4	0,2	2,0	10,5
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	1,3	0,2	3,4	10,4

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 2019 (siehe Tabelle 8) betragen zwischen 0,25 und 0,36 ng/m³. Die Belastung lag damit wieder auf dem Niveau von 2017 und war deutlich niedriger als 2018. Der Zielwert von 1 ng/m³ wurde deutlich unterschritten.

Schwermetalle in PM₁₀

Die Jahresmittelwerte der zu überwachenden Schwermetalle in PM₁₀ (siehe Tabelle 9) lagen für Arsen bei 1,3-1,4 ng/m³, für Cadmium bei etwa 0,2 ng/m³, für Nickel bei 2,0-3,4 ng/m³ und für Blei bei 10,4-10,5 ng/m³, also in allen Fällen weit unterhalb des jeweiligen Ziel- bzw. Grenzwertes. Im Vergleich zum Vorjahr fällt besonders die geringe Cadmiumbelastung auf, welche einen Rückgang um mehr als die Hälfte der Konzentration von 2018 aufweist. Auch die Belastung mit Nickel ist im Vergleich zum Vorjahr geringer. Die Arsen- und Bleibelastung ist hingegen von 2018 auf 2019 leicht angestiegen. Unabhängig davon lagen die Schwermetallkonzentrationen seit Beginn der Messungen im Jahr 2004 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 Messungen, die in vergleichsweise geringem Umfang durchgeführt werden, auch weiterhin der Vorzug vor den gesetzlich ebenfalls erlaubten objektiven Schätzungen gegeben.

EC und OC**Tabelle 10: Kennwerte für EC und OC**

Lage	Station	EC	OC
	Mittelungszeitraum	Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Stadttrand	Buch (MS535)	0,6	3,2
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MS517)	0,8	4,6
Straße	Berliner Allee 118 (MS501)	1,6	5,5
	Beusselstr. 66 (MS504)	1,2	4,9
	Potsdamer Str. 102 (MS505)	1,1	4,4
	Michael-Brückner-Str. 5 (MS507)	1,9	5,0
	Alt Friedrichsfelde 8a (MS514)	1,9	4,7
	Leipziger Str. 32 (MS525)	1,4	4,6
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	1,3	5,0
	Schildhornstr. 76 (MC117)	0,9	4,2
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	1,6	5,0
	Karl-Marx-Str. 77 (MC220)	1,4	5,4
	Kantstr. 117 (MS528)	1,1	5,0
	Hauptstr. 54 (MS530)	1,3	5,1
	Spandauer Damm 103 (MS531)	2,0	4,9
	Hermannstr. 120 (MS533)	1,8	6,2
	Alt Moabit 63 (MS537)	1,6	4,7
	Schloßstr. 29 (MS539)	0,9	4,4
	Tempelhofer Damm 148 (MS542)	1,3	4,7
	Sonnenallee 68 (MS545)	1,8	6,8
	Landsberger Allee 6-8 (MS547)	1,9	5,0
	Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)	1,7	5,7
	Buschkrugallee 8 (MS559)	2,0	4,5
	Friedrichstr. 172 (MS562)	0,9	4,3
	Badstr. 67 (MS573)	1,7	5,1
Klosterstr. 12, Spandau (MS576)	1,5	4,5	
Eichborndamm 23-25 (MS579)	1,1	3,8	
Markgrafendamm 6 (MS581)	1,6	5,0	
Invalidenstraße 30 (MS582)	1,2	4,6	

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 EU-SAAR2 und einer optischen Pyrolysekorrektur per Reflexion angewendet (DIN EN 16909:2017-06, 2017).

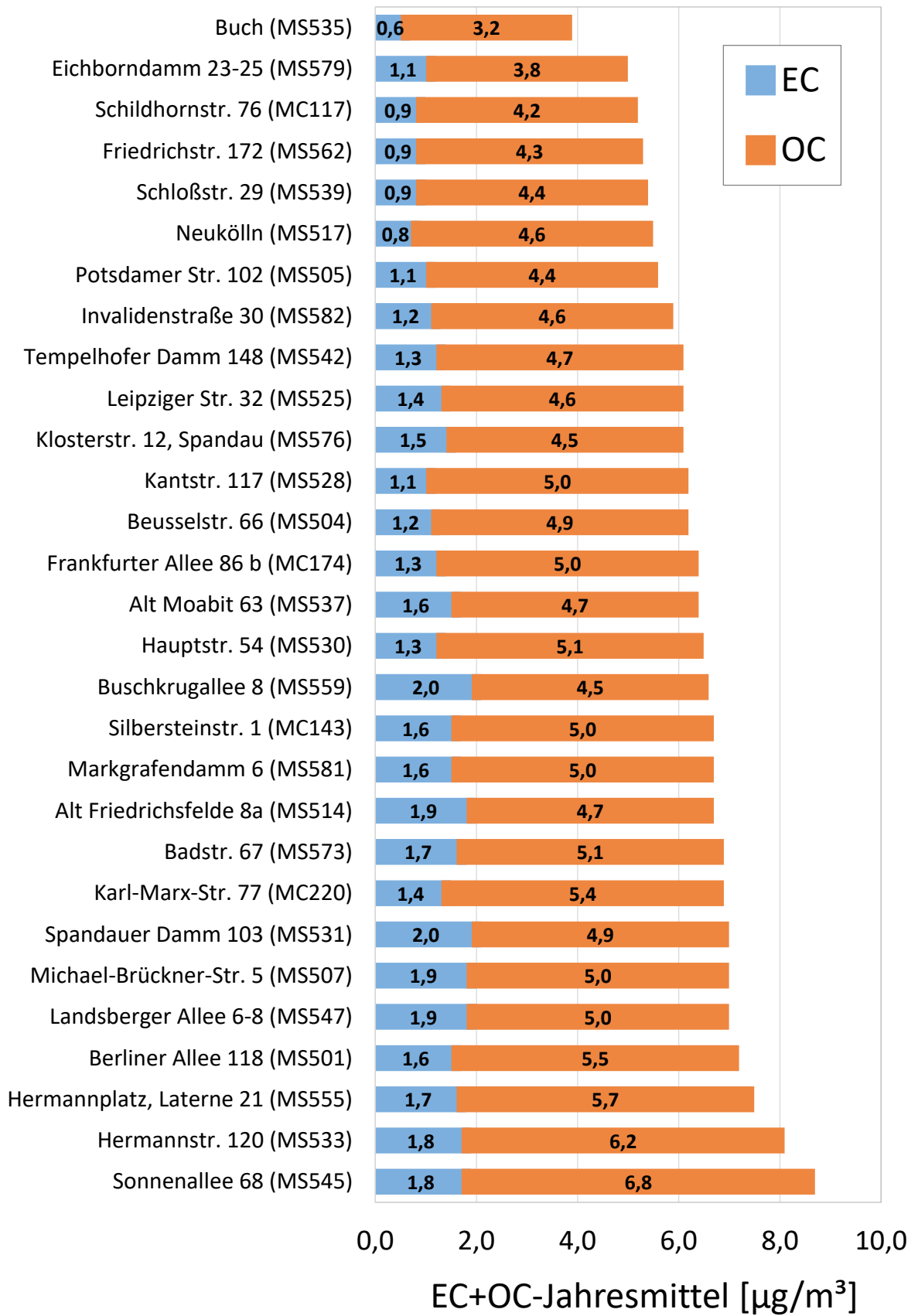


Abbildung 11: EC- und OC-Jahresmittelwerte aufsteigend nach ihrer Summe sortiert

Die Jahresmittelwerte der EC- und OC-Massenkonzentrationen sind in Tabelle 10 aufgeführt. Die EC-Werte lagen am Stadtrand in Buch bei $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und im innerstädtischen Hintergrund in Neukölln bei $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An den Messpunkten an Hauptverkehrsstraßen ergaben sich Jahresmittel zwischen $0,9$ und $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Für OC werden stets höhere Werte als für EC ermittelt. Am Stadtrand in Buch bzw. im innerstädtischen Hintergrund in Neukölln wurden Jahresmittelwerte von $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An den Hauptverkehrsstraßen lagen die Jahresmittelwerte zwischen $3,8$ und $6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Schwankungen in den Jahresmittelwerten der einzelnen Stationen sind Ausdruck der verschiedenen natürlichen und anthropogenen Quellen organischer Kohlenstoffverbindungen.

5.4 Kennwerte und Beurteilung der Belastung von Ozon

Tabelle 11: Kennwerte für Ozon

Lage	Station	JM	MAX_8H	U120	U120_3	U180	U240
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
Stadtrand	Marienfelde (MC027)	55	183	37	26	1	0
	Grunewald (MC032)	50	179	33	23	1	0
	Buch (MC077)	46	169	14	14	0	0
	Friedrichshagen (MC085)	56	178	33	26	1	0
	Frohnau (MC145)	51	175	30	20	1	0
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	48	164	22	15	0	0
	Neukölln (MC042)	50	169	28	20	0	0
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	42	143	5	-	0	0

Erklärung:

JM Jahresmittel

MAX_8H Maximaler 8-Stunden-Mittelwert

U120 Anzahl an Tagen, an denen MAX_8H den Zielwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten hat.

U120_3 Mittelwert von U120 über die letzten 3 Kalenderjahre (Zielwert der 39. BImSchV sind 25 Tage/Jahr)

U180 Anzahl der 1-Stunden-Mittel in denen die Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde.U240 Anzahl der 1-Stunden-Mittel in denen die Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde.**Zielwert wurden überschritten.**

Tabelle 12: Kennwerte für AOT

Lage	Station	AOT-P	AOT-P_5	AOT-W
		[$\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$]
Stadtrand	Marienfelde (MC027)	19818	17494	36219
	Grunewald (MC032)	16903	14278	31149
	Buch (MC077)	9375	13366	19314
	Friedrichshagen (MC085)	17599	17870	33363
	Frohnau (MC145)	15950	13822	30089
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	13729	12482	24590
	Neukölln (MC042)	15549	13868	27598
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	6723	-	12031

Erklärung:

AOT-P AOT40 (Summe über Mai bis Juli)

AOT-P_5 AOT-P gemittelt über die letzten 5 Kalenderjahre (künftiges Langfristziel zum Schutz der Vegetation: $6000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$, Zielwert ab 2010: $18000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)AOT-W AOT40 (Summe über April bis September), kritischer Belastungswert zum Schutz von Waldökosystemen: $20000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ **Zielwert oder kritischer Belastungswert wurde überschritten.**

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 Vorläuferstoff fungieren, sind die Ozon-Konzentrationen im Sommer und besonders während sonnigen Schönwetterperioden am höchsten.

In Tabelle 11 sind die Ozon-Kennwerte für 2019 dargestellt. Die Jahresmittelwerte am Stadtrand lagen zwischen 46 und $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die im innerstädtischen Hintergrund bei 48 und $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Ende 2018 neu aufgenommenen Messungen an einer Straßenmessstelle (Frankfurter Allee) zeigen erwartungsgemäß mit $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen niedrigeren Jahresmittelwert. 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.

Wie in der Abbildung 5 dargestellt ist, waren in Berlin im Sommer 2019 Windrichtungen von West bis Nordwest sehr stark vertreten, so dass die Stationen in Friedrichshagen (MC085) und in Marienfelde (MC027), wie auch in den meisten anderen Jahren, die höchste Ozon-Belastung aufwiesen. Konsequenterweise wurde in Marienfelde mit $183 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auch der höchste maximale 8-Stunden-Mittelwert gemessen. Dieser, wie auch die höchsten maximalen 8-Stundenwerte der anderen Stationen, wurden allesamt am 26.06.2019 im Zuge der in Abschnitt 4 angesprochenen Hitzeperiode ermittelt.

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für das maximale O_3 -8h-Mittel 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 14 und 26 lag (siehe Tabelle 11, Datenspalte 4). An den Stationen in Friedrichshagen (MC085) und in Marienfelde (MC027) wurde der Zielwert nicht eingehalten, da er häufiger als zulässig überschritten wurde.

Die Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in Marienfelde (MC027), im Grunewald (MC032), in Friedrichshagen (MC085) und in Frohnau (MC145) jeweils einmal überschritten. Der Überschreitungstag war, analog zu den maximalen 8-Stundenwerten, der 26.06.2019. Die Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde im Jahr 2019 nicht 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 etwa zwischen 12500 und $17900 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ und blieb damit auch an der höchst belasteten Messstation in Friedrichshagen knapp unter dem seit 2010 geltenden Zielwert zum Schutz der Vegetation. Der AOT40-Wert zum Schutz von Waldökosystemen (summiert über April bis September) ergab für 2019 Werte zwischen etwa $12000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ an der Verkehrsmessstelle in der Frankfurter Allee und $36200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ an der Stadtrandstation in Marienfelde. Damit wurde der

für die Vegetation kritische Belastungswert von 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ an allen Messstellen außer in Buch und in der Frankfurter Allee überschritten.

Langzeittrend von Ozon

Der O_3 -Langzeittrend in Berlin ist in Abbildung 12 unter Anwendung der in Abschnitt 5.1 erwähnten Differenzenmethode für die O_3 -Messungen am Stadtrand (grün) und im innerstädtischen Hintergrund (gelb) als Linie dargestellt. Die dem Modell zu Grunde liegenden O_3 -Jahresmittelwerte sind in der entsprechenden Farbe als Punkte dargestellt. An Straßen existieren noch nicht genug Messungen um das Differenzenmodell anzuwenden. Der O_3 -Jahresmittelwert vom MC174 ist als roter Punkt dargestellt.

In Abbildung 12 sind für die O_3 -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 $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr. Am Stadtrand kam es dagegen zu Beginn der 90er Jahre zu einer Abnahme und seitdem zu einer sehr geringen Zunahme von etwa $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

Kurzzeitige O_3 -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 die Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und die Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgelegt. Diese Belastungsspitzen sind jedoch im Gegensatz zur mittleren O_3 -Belastung seit Jahren rückläufig. Bemerkenswerterweise, war dies auch in den letzten beiden Jahren der Fall, obwohl die Witterungsbedingungen sehr günstig für die Bildung von Ozon waren. Grund dafür können die besonders in den Sommermonaten niedrigen NO_2 -Konzentrationen sein, so dass hohe Ozon-Spitzenkonzentrationen durch ein Fehlen von Vorläuferstoffen verhindert wurden. Zusätzlich kann auch die extreme Trockenheit in den Sommermonaten in 2018 und 2019 ein Grund für diese Beobachtung sein. Es wird diskutiert, dass die Emission von VOC durch die Vegetation auf Grund der Trockenheit und Dürrestress geringer war als üblich (Umweltbundesamt, Luftqualität 2018, 2019), so dass auch aus diesem Grund die Spitzenbelastung von Ozon nicht auffällig hoch war.

Deutschlandweit wurde im Gegensatz zur Abnahme der Ozon-Spitzenkonzentrationen durch Minderungsmaßnahmen für Ozonvorläuferstoffe seit 1990 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.

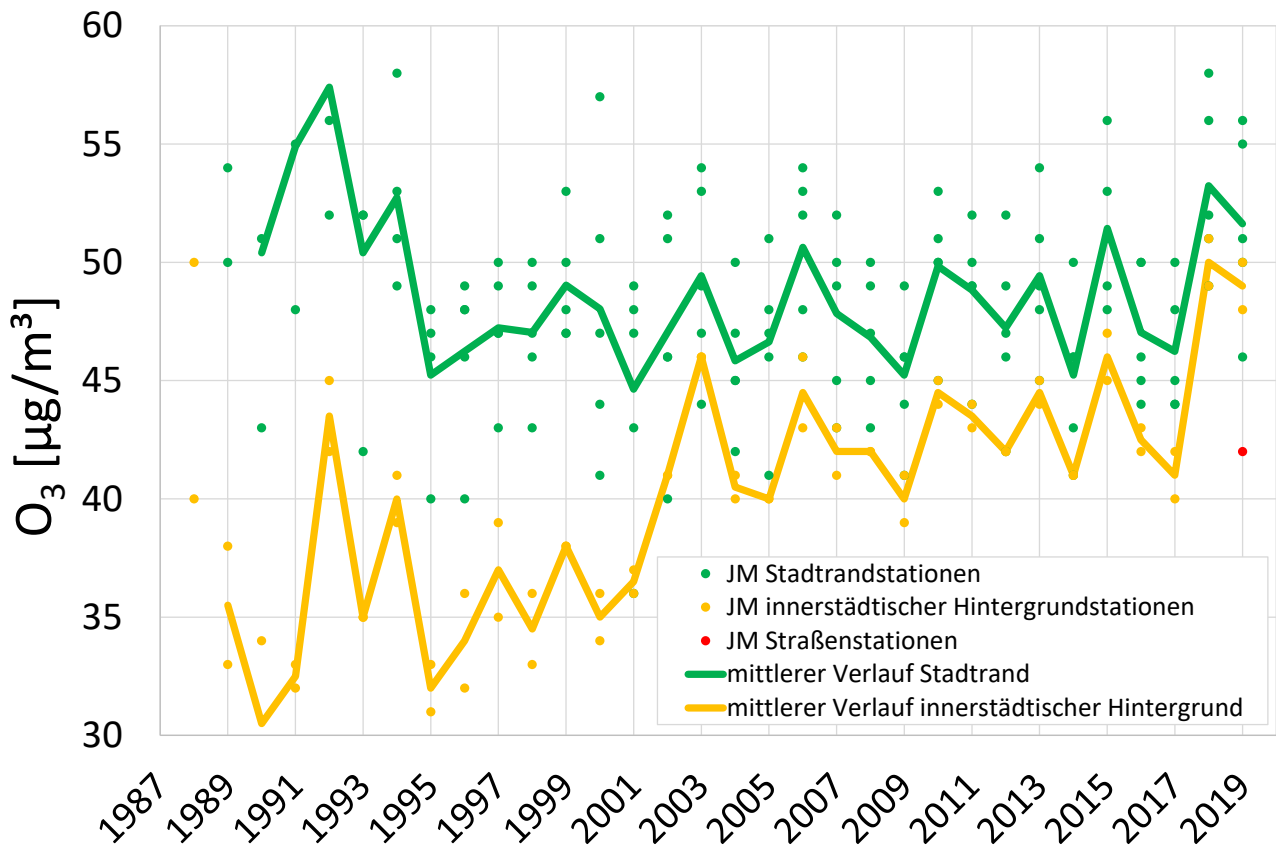


Abbildung 12: Entwicklung der O₃-Belastung in Berlin auf Grundlage der Jahresmittelwerte der automatischen Messstationen am Stadtrand (grüne Punkte) im innerstädtischen Hintergrund (gelbe Punkte) und an Straßen (rote Punkte). Die auf Grundlage der jährlichen Differenzen gebildeten Linien stellen den mittleren Verlauf der Belastung im innerstädtischen Hintergrund und am Stadtrand dar.

5.5 Kennwerte und Beurteilung der Belastung für Schwefeldioxid, Kohlenstoffmonoxid und Benzol

Tabelle 13: Kennwerte für SO₂

Lage	Station	JM	Überschreitung des 1-Stunden-Grenzwerts von 350 µg/m ³	Überschreitung des 24-Stunden-Grenzwerts von 125 µg/m ³
		[µg/m ³]	Anzahl	Anzahl
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	1	0	0

Erklärung:

JM = Jahresmittel

Der 1-Stunden-Grenzwert beträgt 350 µg/m³ bei 24 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr.Der Grenzwert für das Tagesmittel beträgt 125 µg/m³.

Kurzzeit-Grenzwerte wurden eingehalten.

Tabelle 14: Kennwerte für CO

Lage	Station	Jahresmittel	Maximaler 8-Stundenwert
		[mg/m ³]	[mg/m ³]
Straße	Schildhornstr. 76 (MC117)	0,4	1,1
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	0,3	1,3

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
		[µg/m ³]
Innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	0,9
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	1,1

Erklärung:Der Grenzwert für das Jahresmittel für Benzol beträgt 5 µg/m³ (39.BImSchV).

Grenzwert für Jahresmittel und Kurzzeit-Grenzwert wurden eingehalten.

SO₂, CO und Benzol

Die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden für Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Benzol im Jahr 2019 weit unterschritten (siehe Tabelle 13, Tabelle 14 und Tabelle 15). Es kommt jedoch weiterhin vor, dass verhaltensbedingte Emissionen, wie beispielsweise durch Grillen oder Feuerwerke, zu kurzzeitig lokal erhöhten Immissionsbelastungen der drei Schadstoffe führen. In den vergangenen Jahren kam es auf Grund des Silvesterfeuerwerks an der Station in der Frankfurter Allee (MC174) zu Neujahr oftmals zu einer Überschreitung des über eine volle

Stunde gemittelten Immissionsgrenzwertes für Schwefeldioxid von $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Jahr 2019 wurde mit $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der ersten Stunde des Jahres der höchste 1-Stundenwert gemessen.

Da die SO_2 -Belastung in den letzten 30 Jahren stark gesunken ist und die gemessenen Konzentrationen größtenteils unter der Nachweisgrenze lagen, wurde auch die letzte Messung von SO_2 an der Frankfurter Allee (MC174) im Jahr 2020 eingestellt. Dieser Schritt ist laut 39. BImSchV zulässig, da die SO_2 -Konzentrationen schon seit Jahren unter der unteren Beurteilungsschwelle lagen. Die SO_2 -Belastung wird deshalb ab 2020 nicht mehr mittels Referenzmesstechnik bestimmt. Zukünftig ist es ausreichend zur Beurteilung der SO_2 -Belastung auf Modellrechnungen oder Methoden der objektiven Schätzung zurückzugreifen.

5.6 Holzverbrennungsanteil an PM₁₀-Überschreitungstagen

Im Jahr 2019 wurde, aufbauend auf den Untersuchungen aus den Jahren 2017 und 2018, der Holzverbrennungsbeitrag zu PM₁₀-Konzentrationen an vier Berliner Luftgütemessstationen untersucht. Die Messstationen wurden hierzu mit einem automatischen Messgerät zur Erfassung der quellspezifischen Lichtabsorption (Aethalometer® Typ AE33) ausgestattet, wobei die Absorptionsmessungen hierzu bei verschiedenen Wellenlängen (370 nm und 880 nm) erfolgten. Der Ansatz und die Vorgehensweise für die Abschätzung des Beitrags der Holzverbrennung kann der Publikation Clemen, et al., 2018 entnommen werden.

Das Berliner Luftgütemessnetz betreibt standardmäßig Aethalometer-Messungen in Neukölln (MC042) und an der Frankfurter Allee (MC174). Im Rahmen eines Projektes wurden im Jahr 2019 zusätzlich auch Messgeräte an der innerstädtischen Hintergrundstation in Wedding (MC010) und der Stadtrandstation in Buch (MC077) betrieben.

Die PM₁₀-Überschreitungstage (PM₁₀ > 50 µg/m³) und die abgeschätzten Beiträge der Holzverbrennung sind in der nachfolgenden Abbildung 13 für die Messstation MC174 und die Auswertungen für alle Messstationen in Tabelle 16 vergleichend dargestellt.

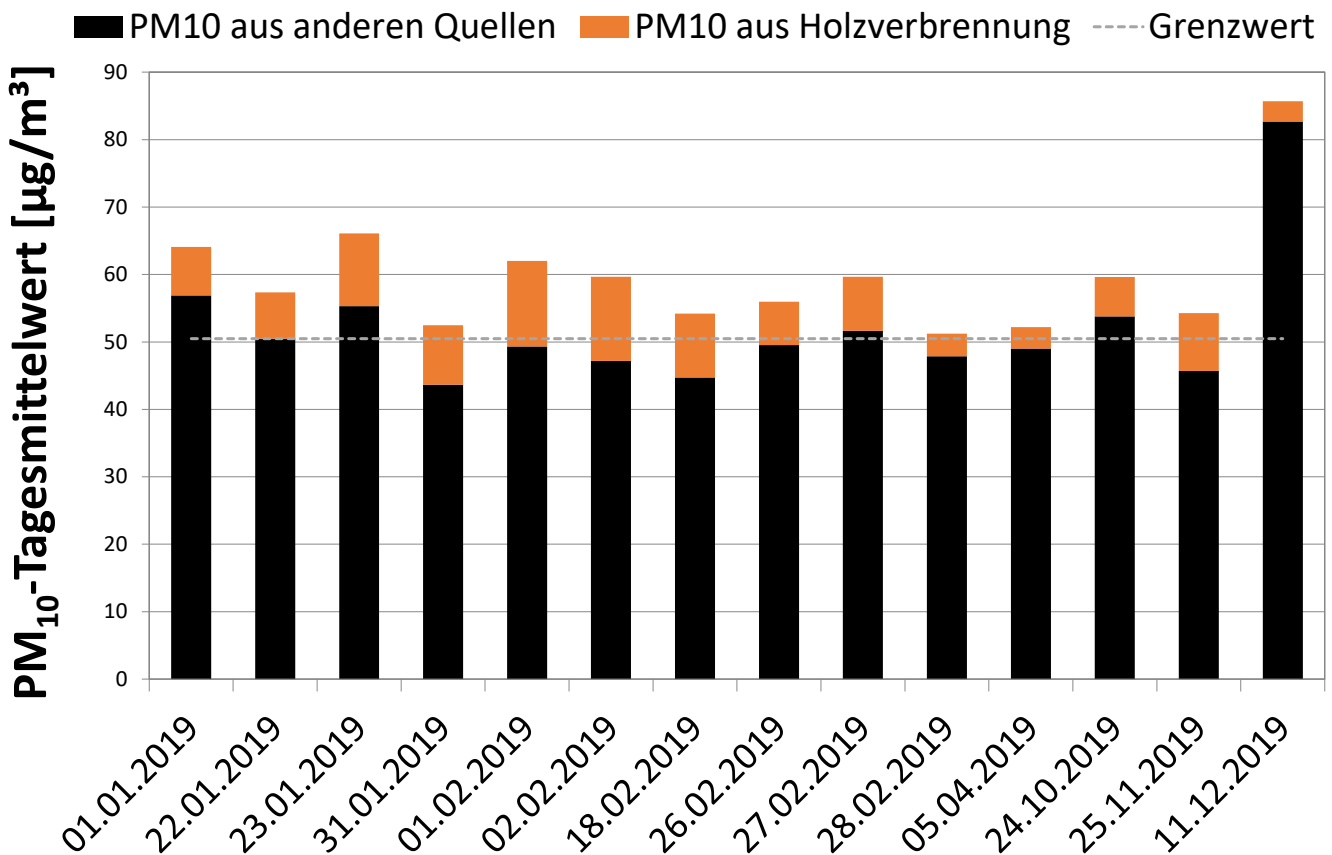


Abbildung 13: PM₁₀-Überschreitungstage mit Holzverbrennungsbeitrag (PM_{bb}) am MC174

Tabelle 16: Übersicht zum Beitrag der Holzverbrennung (PM_{bb}) an PM₁₀-Überschreitungstagen

Lage	Station	PM ₁₀ > 50 µg/m ³	PM ₁₀ > 50 µg/m ³ ohne PM _{bb}
		Anzahl	Anzahl
Stadttrand	Buch (MC077)	2	1
Innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	2	0
	Neukölln (MC042)	2	0
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	14	5

Die Auswertungen zeigen, dass an den Stationen im innerstädtischen Hintergrund (MC042 und MC010) sowie der Station am Stadttrand (MC077) nur eine geringe Anzahl von jeweils zwei PM₁₀-Überschreitungstagen auftrat, die weit unter dem Grenzwert von 35 zulässigen PM₁₀-Überschreitungstagen liegen. Würde der Beitrag der Holzverbrennung komplett entfallen, wäre im Jahr 2019 lediglich an der Messstation in Buch (MC077) ein Überschreitungstag am 24.10.2019 verblieben. Auch an der verkehrsgeprägten Messstation in der Frankfurter Allee (MC174) liefert Holzverbrennung einen Beitrag zu den 14 Tagen mit PM₁₀-Überschreitungen, die auch hier deutlich unter dem Grenzwert von 35 zulässigen PM₁₀-Überschreitungstagen liegen. Ohne Holzverbrennung hätte es hier nur fünf Überschreitungstage gegeben. Eine Interpretation der prozentualen Anteile der Holzverbrennung gestaltet sich aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von PM₁₀-Überschreitungstagen schwierig (MC174: 14 PM₁₀-Überschreitungstage, andere Messstationen: 2 PM₁₀-Überschreitungstage). Nur am 23.01.2019 wiesen alle vier Messstationen einen PM₁₀-Überschreitungstag auf, wobei die prozentualen Anteile der Holzverbrennung 16 % am MC174, 21 % am MC042, 20 % am MC010 und 21 % am MC077 betragen. Holzverbrennung hat demnach, auch wenn deren Anteil an PM₁₀-Überschreitungstagen im Bereich von Hauptverkehrsstraßen geringfügiger als am Stadttrand und im innerstädtischen Hintergrund ausfällt, einen stadtweiten Einfluss und kann eine entscheidende Quelle in Hinblick auf die PM₁₀-Überschreitungshäufigkeit darstellen. Trotz deutlich sinkender PM₁₀-Konzentrationen hat die Quelle Holzverbrennung einen weiterhin relevanten und zudem im Vergleich zu den Vorjahren gleichbleibenden Anteil an PM₁₀-Überschreitungstagen, weshalb diese im Rahmen der Luftqualitätsüberwachung und Luftreinhalteplanung weiterhin adressiert werden sollte. Soll der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) vorgeschlagene Wert von drei Tagen pro Jahr, an denen PM₁₀-Tagesmittel höher als 50 µg/m³ auftreten dürfen, auch in Berlin eingehalten werden, bedarf es einer weiteren Reduzierung der PM₁₀-Quellen. Im Holzverbrennungssektor bestehen noch Reduzierungspotentiale, die jedoch über das Stadtgebiet hinaus auch überregional erfolgen müssen. Beispielsweise haben technische Lösungen, wie die im Rahmen des Umweltzeichens „Blauer Engel“ vorgeschriebenen Partikelfilter für sogenannte Komfort-Öfen - Zusatzheizungen, die mit Holz betrieben werden - noch ein relevantes Minderungspotential. Unter Berücksichtigung solcher Minderungspotentiale erscheint eine Einhaltung des von der WHO vorgeschlagenen Jahreszielwertes für PM_{2,5} von 10 µg/m³ erreichbar.

Begriffsbestimmungen und Abkürzungsverzeichnis

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)
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BLUME	Berliner Luftgütemessnetz
Chemolumineszenz	Verfahren zur Messung von Stickoxiden, 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
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
Stickoxide	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 Verbrennungstempe-

	<p>raturen 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.</p>
Streulichtmessung	<p>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.</p>
RUBIS	Ruß- und Benzol-Immissionssammler
T	Temperatur
Thermo-optisches Messverfahren	<p>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 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	9
Abbildung 2:	Temperaturverlauf der Tages- und Monatsmittelwerte (oben) sowie die Abweichung der Monatsmittelwerte vom Klimamittel (1961-1990, unten) im Jahr 2019 in Berlin-Dahlem	14
Abbildung 3:	Monatliche Sonnenstundenanzahl im Jahr 2019 und im Klimamittel (1961-1990) für Berlin-Dahlem.	15
Abbildung 4:	Monatlicher Gesamtniederschlag im Jahr 2019 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 2019 sowie für den Mittelungszeitraum zwischen 2009 und 2018 in Berlin-Dahlem	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. Bei Grenzwertüberschreitungen für das Jahresmittel wird der Wert rechts neben dem Balken rot dargestellt. An die EU zur Beurteilung der Luftgüte gemeldete Passivsammler sind durch * gekennzeichnet, Stationen, die nicht den Vorgaben der 39. BImSchV entsprechen 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.	23
Abbildung 8:	NO ₂ -Zeitreihen der Jahresmittelwerte (JM) der einzelnen Straßenstationen.....	24
Abbildung 9:	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. Wurde der kritische Wert für den Vegetationsschutz an einer Station überschritten, wird der Wert rechts neben dem Balken rot dargestellt. Stationen, die nicht den Vorgaben der 39. BImSchV entsprechen sind durch * gekennzeichnet.	25
Abbildung 10:	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 sind die	

maximale Anzahl an jährlichen Überschreitungen des PM ₁₀ -Tagesmittels von 50 µg/m ³ als graue Balken dargestellt.....	27
Abbildung 11: EC- und OC-Jahresmittelwerte aufsteigend nach ihrer Summe sortiert.....	32
Abbildung 13: Entwicklung der O ₃ -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.	37
Abbildung 14: PM ₁₀ -Überschreitungstage mit Holzverbrennungsbeitrag (PM _{bb}) am MC174	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Standorte der Luftgütemesscontainer und gemessene Komponenten (Stand 04/2019)	7
Tabelle 2:	RUBIS- und Passivsammlerstandorte	8
Tabelle 3:	Immissionswerte für Luftverunreinigungen nach der 39. BImSchV	11
Tabelle 4:	Datenverfügbarkeit im Jahr 2019	12
Tabelle 5:	Kennwerte für Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid und Stickoxide.....	18
Tabelle 6:	Kennwerte für PM ₁₀ und PM _{2,5}	26
Tabelle 7:	Mittelwert über alle AEI-Stationen in Deutschland (national) (Umweltbundesamt, Luftqualität 2018, 2019) und Mittelwerte der Berliner AEI-Stationen (ab 2010).....	29
Tabelle 8:	Kennwerte für Benzo(a)pyren (BaP) in PM ₁₀	30
Tabelle 9:	Kennwerte für die Schwermetalle Arsen, Cadmium, Nickel und Blei in PM ₁₀	30
Tabelle 10:	Kennwerte für EC und OC.....	31
Tabelle 11:	Kennwerte für Ozon	34
Tabelle 12:	Kennwerte für AOT	34
Tabelle 13:	Kennwerte für SO ₂	38
Tabelle 14:	Kennwerte für CO	38
Tabelle 15:	Kennwerte für Benzol.....	38
Tabelle 16:	Übersicht zum Beitrag der Holzverbrennung (PM _{bb}) an PM ₁₀ -Überschreitungstagen	41

Quellenverzeichnis

- 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. (2020). *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*. Abgerufen am 15. 10 2020 von https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/MEMO_04_86
- Jörg Schmidtke, K. S. (2018). *Ableitung sicherer Trendaussagen zur Entwicklung der Luftqualität in Deutschland - Abschlussbericht*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Lenschow, P., Abraham, H. J., Kutzner, K., Lutz, M., Preuß, J. D., & Reichenbächer, W. (Januar 2001). Some ideas about the sources of PM10. *Atmos. Environ.*
- 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 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.
- 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-konzentratio/>
- 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. (01 2020). *Luftqualität 2019 - Vorläufige Auswertung*. Abgerufen am 28. 08 2020 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/hgp_luftqualitaet2019_bf.pdf
- Umweltbundesamt. (2020). *Luftqualität 2019: NO2-Rückgang setzt sich fort*. Abgerufen am 07. 10 2020 von <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2019-no2-rueckgang-setzt-sich-fort>
- 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

Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz



Kommunikation

Am Köllnischen Park 3

10179 Berlin