

Luftgütemessdaten

2015



Impressum

Herausgeber

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
- Abteilung Integrativer Umweltschutz -
Brückenstr. 6
10179 Berlin
Tel.: 030-9025-0

Bearbeiter:

Dr. Albrecht v. Stülpnagel, Dr. Heike Kaupp, Rainer Nothard, Jörg Preuß, Michaela Preuß,
Sebastian Clemen, Dr. Katja Grunow

unter Mitarbeit von:

Klaus-Dieter Gäde, Helmut Herzog, Sylvia Krüger, Monika Kühn, Martin Schacht, Beate Stock

Berlin, Juli 2016

Bezug des Berichtes bei:

Dr. Albrecht v. Stülpnagel, Tel.: (030) 9025 – 2319, Fax: (030) 9025 – 2952
E-Mail: albrecht.stuelpnagel@senstadt.berlin.de

Veröffentlichung des Berichts und der Messdaten im Internet unter:

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/messnetz>

Titelbild: Messstation 027 (Marienfelde, Schichauweg)

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Begriffsbestimmungen:	4
Das Berliner Luftgüte-Messnetz	5
Tab. 1: Standorte des Berliner Luftgüte-Messnetzes 2015	6
Tab. 2: Immissionswerte für Luftverunreinigungen nach der 39. BImSchV	7
Tab. 3: Verfügbarkeit der Einstundenmittelwerte im Jahr 2015 (in %)	8
Klimaübersicht für das Jahr 2015	8
Abb. 1: Abweichungen der Monatsmitteltemperaturen im Jahr 2015 in Berlin-Dahlem vom 30-jährigen Mittel (1961-1990) ¹⁾	9
Abb. 2: Prozentuale Abweichung der Sonnenscheindauer und des Niederschlags in Berlin-Dahlem in den Monaten des Jahres 2015 vom 30-jährigen Mittel (1961-1990) ¹⁾	9
Abb. 3: Windrichtungsverteilung in Berlin-Dahlem im Jahr 2015 (alle Windgeschwindigkeiten) ²⁾	10
Abb. 4: Windrichtungsverteilung im Jahr 2015 in Berlin-Dahlem bei Windgeschwindigkeiten < 3 m/s ²⁾	10
Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2015	12
<i>Einordnung im Hinblick auf Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit</i>	12
Tab. 4: Schwefeldioxid (SO ₂)	12
Tab. 5: Kohlenmonoxid (CO)	12
Tab. 6: Benzol:	12
Tab. 7: Ozon	13
Tab. 8: Stickstoffdioxid (NO ₂)	15
Tab. 9: PM10	16
Tab. 10: Benzo(a)pyren	17
Tab. 11: Schwermetalle im PM10	17
Tab. 12: PM2,5	18
<i>Einordnung im Hinblick auf Grenzwerte zum Schutz von Ökosystemen und Vegetation</i>	19
Tab. 13: Summe der Stickoxide	20
<i>Langzeittrends</i>	21
Abb. 5: Verlauf der PM10-Jahresmittelwerte seit 1998 an den automatischen Stationen	21
Abb. 6: Verlauf der PM10-Jahresmittel (JM) und der Anzahl der Überschreitungen (U50) des PM10-Tagesmittels von 50 µg/m ³ an der Station Frankfurter Allee	21
Abb. 7: Kumulative Darstellung der Anzahl von PM10-Tagesmittelwerten oberhalb der angegebenen Konzentrationen in den Jahren 2005 bis 2015 an der Station Frankfurter Allee.	23
Abb. 8: Kumulative Darstellung der Anzahl von PM10-Tagesmittelwerten oberhalb der angegebenen Konzentrationen in den Jahren 2005 bis 2015 an der Station Nansenstraße.	24
Abb. 9: Verlauf der NO ₂ -Jahresmittelwerte seit 1987 an den automatischen Stationen	25
Abb. 10: Quellen der PM10-Immissionsbelastung in Berliner Hauptverkehrsstraßen in den Jahren 2002 und 2009	26
Abb. 11: Verlauf der Benzol-Jahresmittelwerte seit 1996 an den automatischen Stationen	27
Abb. 12: Verlauf der Ozon-Jahresmittel von 1987-2015	28
Tab. 14: Obere und untere Beurteilungsschwellen für Luftverunreinigungen nach der 39. BImSchV 1)	29
Tab. 15: Einordnung der Kennwerte von Luftschadstoffen für die Jahre 2006 bis 2015 im Hinblick auf die Beurteilungsschwellen	30
Ausblick im Hinblick auf Luftreinhaltemaßnahmen	31
Quellenangaben	32

Begriffsbestimmungen:

Chemolumineszenz	Lichtemission bei der Reaktion von Stickstoffmonoxid mit Ozon zu Stickstoffdioxid und Sauerstoff (Verfahren zur Bestimmung von Stickstoffmonoxid und -dioxid)
UV-Fluoreszenz	Verfahren zur Messung von Schwefeldioxid, das auf der Abstrahlung von Ultraviolettstrahlung durch Schwefeldioxid-Moleküle bei Einwirkung von Ultra-violettlicht beruht
Beta-Absorption	Absorption von radioaktiver Strahlung eines Beta-Strahlers durch die Staubbelegung auf einem Filterband (Verfahren zur Bestimmung von Schwebstaub)
Streulichtmessung	Die Probeluft 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 rückgeschlossen werden.
PM10, PM2,5	Partikelfraktion mit aerodynamischen Durchmessern kleiner oder gleich 10 µm bzw. 2,5 µm
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)
AEI	Average Exposure Indicator: gleitender Jahresmittelwert über 3 Jahre, gemittelt über ausgewählte PM2,5-Messstationen im städtischen Hintergrund, für einen EU-Mitgliedstaat
Thermo-optisches Messverfahren	Messverfahren zur Bestimmung von EC (elementarem Kohlenstoff), wobei die Trennung der Kohlenstoffkomponenten durch thermische Behandlung der auf Quarzfaserfiltern abgeschiedenen Staubprobe und eine simultane optische Messung erfolgt. Das Analyseprofil der thermischen Behandlung ist genau definiert. Die optische Messung erfolgt auf Grundlage der Reflexion oder Transmission
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.

Das Berliner Luftgüte-Messnetz

Die Bundesländer sind nach § 44 (1) des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) und der 39. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) verpflichtet, die Luftverunreinigung kontinuierlich zu überwachen. Berlin kommt dieser Verpflichtung mit dem Berliner Luftgüte-Messnetz (BLUME) nach. Dieses bestand im Jahr 2015 aus 16 automatisch registrierenden Messstationen für Luftschadstoffe. Davon waren zur Beschreibung der allgemeinen Immissionsituation fünf Messstationen im innerstädtischen Hintergrund (Wohn- und Gewerbegebiete), fünf im Stadtrand- und Waldbereich und sechs an Verkehrsschwerpunkten eingerichtet. An allen Stationen wurden Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid (mit dem Chemolumineszenzverfahren), an elf Stationen Staub der PM10-Fraktion (durch Absorption von Beta-Strahlung oder durch Messung der Streuung von Licht an Staubpartikeln), an sieben Stationen Ozon (durch Absorption von UV-Strahlung), an zwei Stationen Kohlenmonoxid (durch Absorption von Infrarotstrahlung), an vier Stationen Benzol (durch Gaschromatographie) und an zwei Stationen Schwefeldioxid (durch UV-Fluoreszenz) gemessen. An drei bzw. vier Messstellen wurden in der PM10-Fraktion zusätzlich Schwermetalle und Benzo(a)pyren bestimmt. Die Analysatoren für gasförmige Schadstoffe wurden einer täglichen automatischen Funktionsüberprüfung, alle Geräte einer monatlichen Kalibrierung unterzogen. An drei Stationen im innerstädtischen Hintergrund zur Bestimmung des AEI und zusätzlich an einer Station in einer Hauptverkehrsstraße wurden die Konzentrationen der Partikel PM_{2,5} gemessen.

Da der Straßenverkehr für die meisten Schadstoffe einen erheblichen Teil zur Immissionsbelastung beiträgt, wird das automatische Messnetz vor allem in Bereichen mit hohem Verkehrsaufkommen, in denen aus Platzgründen kein Messcontainer betrieben werden könnte, seit Mitte der 1990er Jahre durch kleine, an Straßenlaternen befestigte Probenahmegeräte (RUBIS) ergänzt. Auf diese Weise wurde im Jahr 2015 zusätzlich an 22 Punkten im Berliner Stadtgebiet die Belastung mit EC und Stickstoffoxiden in zweiwöchiger Auflösung abgeschätzt. Aus den so gewonnenen EC-Daten ist mit hinreichender Qualität eine Abschätzung der PM10-Belastung möglich.

Die Standorte aller Stationen des Berliner Luftgüte-Messnetzes sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die Beurteilung der gemessenen Immissionsbelastung erfolgt durch Vergleich mit den geltenden Grenz- und Zielwerten (vgl. Tabelle 2).

Eine Übersicht über die Verfügbarkeit der Daten des automatischen Messnetzes bezogen auf Einstundenwerte gibt Tabelle 3.

Tab. 1: Standorte des Berliner Luftgüte-Messnetzes 2015

Nr.	Standort	Nr.	Standort
Innerstädtischer Hintergrund		Straßenverkehr	
010	Wedding, Amrumer/Limburger Str.		
018	Schöneberg, Belziger Str. 52	576	Spandau, Klosterstr. 12
042/517	Neukölln, Nansenstr. 10	579	Wittenau, Eichborndamm 23-25
171	Mitte, Brückenstr. 6	581	Friedrichshain, Markgrafendamm 33
282	Karlshorst, Rheingoldstr., geg. 36/37, (Johanna-und-Willy-Brauer-Platz)	124	Mariendorf, Mariendorfer Damm 148
Straßenverkehr			
115	Charlottenburg, Hardenbergplatz		
117/521	Steglitz, Schildhornstr. 76		
143/522	Neukölln, Silbersteinstr. 1		
174/519	Friedrichshain, Frankfurter Allee 86 b	Stadtrand	
220/523	Neukölln, Karl-Marx-Str. 77	027	Marienfelde, Schichauweg 60, WaBoLu
501	Weissensee, Berliner Allee 118	032	Grunewald, Jagen 91
504	Tiergarten, Beusselstr. 66	077/535	Buch, Wiltbergstr. 50, ehemaliges Klinikum
505	Tiergarten, Potsdamer Str. 102		
507	Schöneeweide, Michael Brückner Str. 5	085	Friedrichshagen, Müggelseedamm 307-310
514	Friedrichsfelde, Alt Friedrichsfelde 7 a		
525	Mitte, Leipziger Str. 32	145	Frohnau, Jägerstieg 1
528	Charlottenburg, Kantstr. 117		
530	Schöneberg, Hauptstr. 54	Meteorologie	
531	Westend, Spandauer Damm 103	032	Grunewald, Jagen 91, 3 und 27 m Höhe
533	Neukölln, Hermannstr. 120		
537	Tiergarten, Alt-Moabit 63		
539	Steglitz, Schloßstr. 29		
542	Tempelhof, Tempelhofer Damm 148	Alle Messstellen mit Nummern größer als 500 messen Zweiwochenmittelwerte von NO ₂ (Passivsammler) und Ruß (Aktivsammler). Die anderen (automatischen) Messstellen messen kontinuierlich in 5-minütiger Auflösung im Wesentlichen Stickstoffoxide und PM ₁₀ , teilweise auch Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Ozon und Benzol.	
545	Neukölln, Sonnenallee 68		
547	Friedrichshain, Landsberger Allee 6-8		
555	Kreuzberg, Hermannplatz, Laterne 21		
559	Britz, Buschkrugallee 8		
562	Mitte, Friedrichstr. 172		
573	Wedding, Badstr. 67		

Tab. 2: Immissionswerte für Luftverunreinigungen nach der 39. BImSchV

Komponente	Mittel über	Grenzwert (GW), (für Benzo(a)pyren, Schwermetalle und Ozon: Zielwert)	zulässige Anzahl von Überschreitungen pro Jahr	Grenz- oder Zielwert einzuhalten
Schwefeldioxid	1 h	350 µg/m ³	24	seit 1.1.2005
	24 h	125 µg/m ³	3	seit 1.1.2005
Schwefeldioxid	Mittel über Okt.-März (zum Schutz von Ökosystemen)	20 µg/m ³ (kritischer Wert)	3 ---	seit 1.1.2005
Stickstoffdioxid	1 h	200 µg/m ³	18	seit 1.1.2010
	1 Jahr	40 µg/m ³	---	seit 1.1.2010
Summe der Stickoxide	1 Jahr (zum Schutz von Ökosystemen)	30 µg/m ³ (kritischer Wert)	---	seit 1.1.2010
Partikel-PM10	24 h	50 µg/m ³	35	seit 1.1.2005
	1 Jahr	40 µg/m ³	--	seit 1.1.2005
Partikel-PM2,5	GW Stufe 1, 1 Jahr	25 µg/m ³	---	seit 1.1.2015
	GW Stufe 2, 1 Jahr	20 µg/m ³	---	ab 1.1.2020
Blei	1 Jahr	0,5 µg/m ³	---	seit 1.1.2005
Benzol	1 Jahr	5 µg/m ³	---	seit 1.1.2010
Ozon	8 Stunden	¹⁾ 120 µg/m ³ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	25 (gemittelt über 3 Jahre)	seit 1.1.2010
	1-Stunden-Mittelwert	180 µg/m ³ Informationsschwelle	---	
	1-Stunden-Mittelwert	240 µg/m ³ Alarmschwelle	---	
Ozon	AOT40, Summe über Mai – Juli	¹⁾ 18000 µg/m ³ h, gemittelt über 5 Jahre	---	seit 1.1.2010
Kohlenmonoxid	8 Stunden	10 mg/m ³ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	---	seit 1.1.2005
Arsen (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	¹⁾ 6 ng/m ³	---	seit 31.12.2012
Kadmium (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	¹⁾ 5 ng/m ³	---	seit 31.12.2012
Nickel (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	¹⁾ 20 ng/m ³	---	seit 31.12.2012
Benzo(a)pyren (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	¹⁾ 1 ng/m ³	---	seit 31.12.2012

¹⁾: Zielwerte – Für Quecksilber ist kein Zielwert festgelegt; hier sind nur orientierende Messungen im Hintergrund vorgeschrieben, die vom Umweltbundesamt durchgeführt werden.

Tab. 3: Verfügbarkeit der Einstundenmittelwerte im Jahr 2015 (in %)

Station	PM10	NO2/NOx	SO ₂	CO	Ozon	Benzol
MC027	---	99	---	---	99	---
MC032	99	100	---	---	99	---
MC077	97	99	---	---	99	---
MC085	99	100	---	---	100	---
MC145	---	98	---	---	98	---
MC010	100	100	---	---	100	85
MC018	---	99	---	---	---	---
MC042	97	99	---	---	99	97
MC171	99	99	---	---	---	---
MC282	---	100	100	---	---	---
MC115	---	97	---	---	---	---
MC117	100	99	---	100	---	95
MC143	100	100	---	---	---	---
MC174	99	99	100	100	---	97
MC220	100	98	---	---	---	---
MC124	98	100	---	---	---	---

--- Komponente wurde nicht gemessen

Klimaübersicht für das Jahr 2015

Das Jahr 2015 war in Berlin ein insgesamt eher trockenes Jahr mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen und einer verhältnismäßig langen Sonnenscheindauer.

Die Temperaturverhältnisse des Jahres 2015 im Vergleich zum 30-jährigen Mittel 1961-90 zeigt Abbildung 1. Dabei lagen fast alle Monate über dem langjährigen Mittel, der Januar um 3,4 °C, der August um 4,5 °C, der November um 3,1 °C und der Dezember sogar um 5,9 °C. Lediglich die Monate Mai und Juni lagen knapp unter und der Oktober um 1,0 °C unter dem langjährigen Durchschnitt.

Die Sonnenscheindauer und die Niederschlagsmenge im Jahr 2015 sind in Abbildung 2 dargestellt. Bei der Sonnenscheindauer ist der Dezember hervorzuheben, der mehr als Doppelte an Sonnenscheinstunden, bezogen auf das langjährige Mittel, aufwies. Auffällig sind der sehr feuchte Januar und Oktober, in denen über 70 % mehr Niederschlag als im langjährigen Monatsmittel fiel, und die sehr trockenen Monate Februar und Mai, die nur 14 bzw. 29 % des Monatsniederschlags gegenüber dem langjährigen Mittel erhielten.

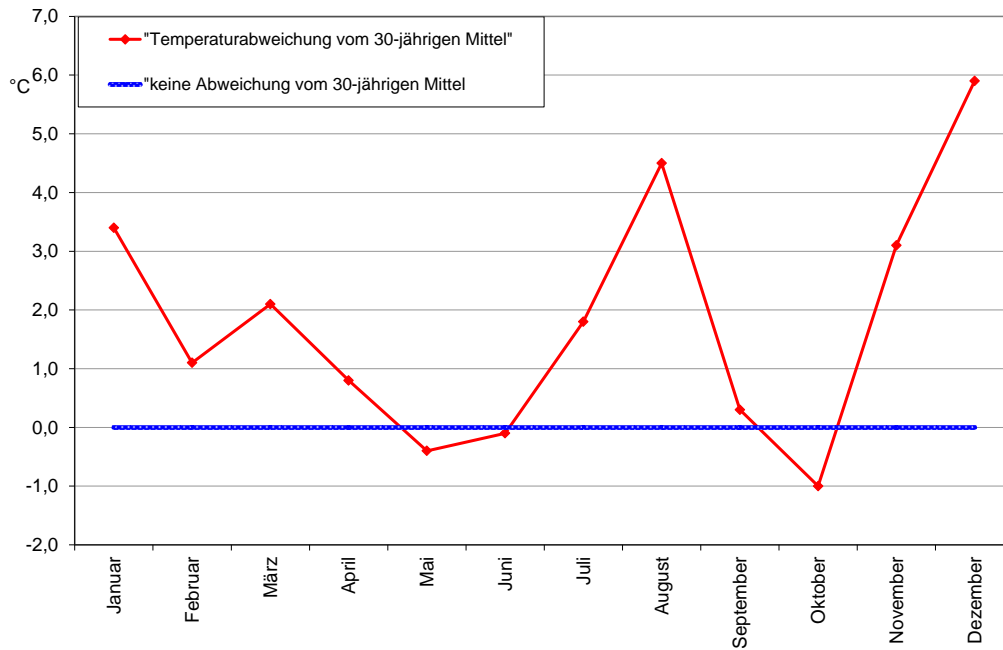


Abb. 1: Abweichungen der Monatsmitteltemperaturen im Jahr 2015 in Berlin-Dahlem vom 30-jährigen Mittel (1961-1990) ¹⁾

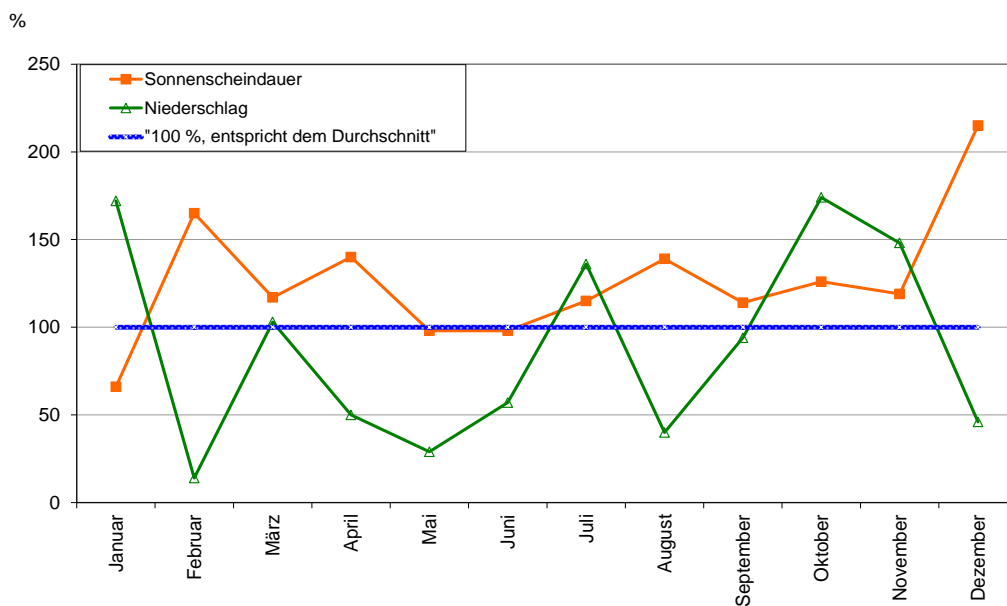


Abb. 2: Prozentuale Abweichung der Sonnenscheindauer und des Niederschlags in Berlin-Dahlem in den Monaten des Jahres 2015 vom 30-jährigen Mittel (1961-1990) ¹⁾

Zu ¹⁾: Klimatologische Daten von der Station Berlin-Dahlem entnommen aus den Beilagen zur Berliner Wetterkarte, herausgegeben vom Meteorologischen Institut der FU Berlin.

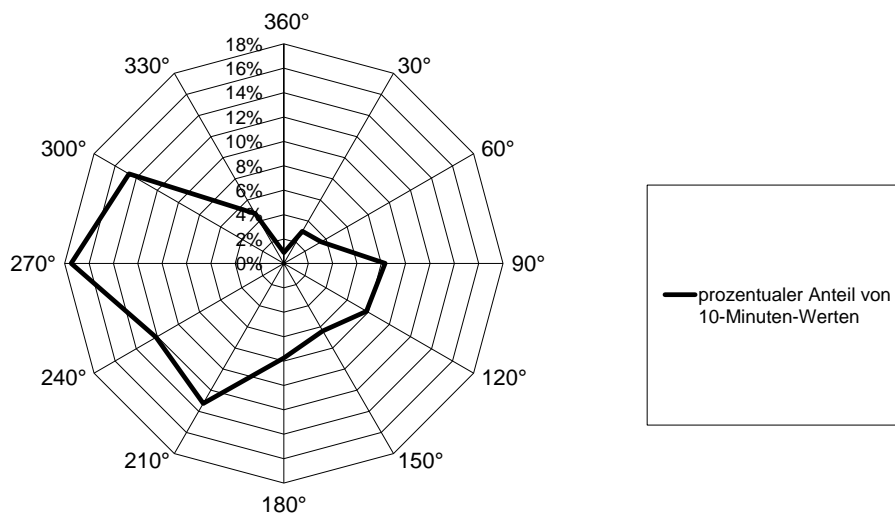


Abb. 3: Windrichtungsverteilung in Berlin-Dahlem im Jahr 2015 (alle Windgeschwindigkeiten) ²⁾

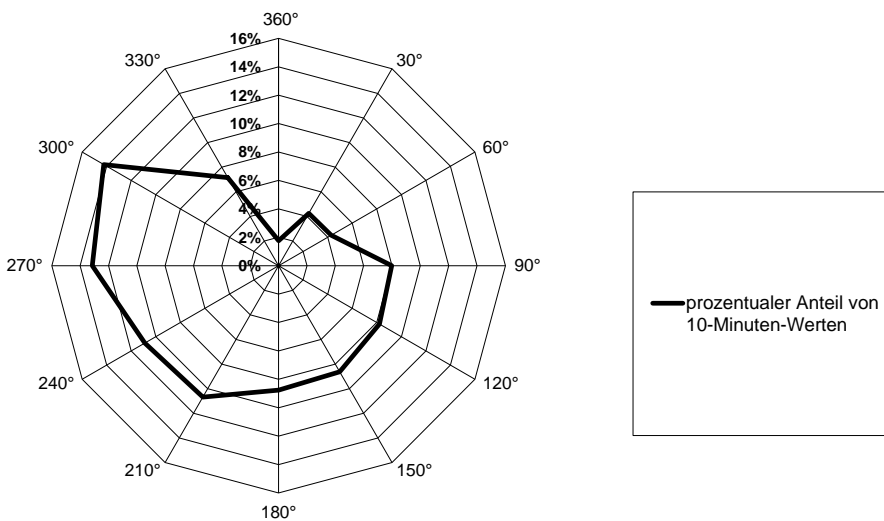


Abb. 4: Windrichtungsverteilung im Jahr 2015 in Berlin-Dahlem bei Windgeschwindigkeiten < 3 m/s ²⁾

Zu ²⁾: Quelle der Winddaten: Meteorologisches Institut der FU Berlin

Die Windrichtungsverteilung bei allen und bei geringen Windgeschwindigkeiten ist den Abbildungen 3 und 4 zu entnehmen. Auffällig ist im Jahr 2015 der deutlich niedrigere Anteil an östlichen und südöstlichen Winden und der deutlich erhöhte Anteil an südwestlichen, westlichen und nordwestlichen Winden, verglichen mit 2014. Bei den Schwachwind-Wetterlagen ist der Anteil an südöstlichen bis südwestlichen Winden im Jahr 2015 deutlich gegenüber 2014 herabgesetzt, während westliche bis nordwestliche Winde 2015 deutlich mehr vertreten sind als 2014. Wenn man die Schwachwind-Wetterlagen der Herbst- und Wintermonate, also Januar bis März und Oktober bis Dezember, der Jahre 2014 und 2015 vergleicht, so fällt auf, dass 2015 etwa 15 % weniger solcher austauscharmer Situationen als 2014 auftreten. Darüber hinaus kommen in den Wintermonaten 2015 etwa 24 % weniger Schwachwind-Wetterlagen mit südlichen bis südöstlichen Winden, aber 53 % mehr solcher Situationen mit westlichen Winden vor als in den Wintermonaten 2014. Gerade in den Spätherbst- und Wintermonaten zeichnen sich die schwachwindigen Hochdruckwetterlagen mit südlichen bis östlichen Winden durch hohe Luftbelastungen durch Partikel aus. Das deutlich seltenere Auftreten dieser Wetterlagen im Zeitraum Januar bis März und Oktober bis Dezember des Jahres 2015 gegenüber 2014 hat nun zur Folge, dass 2015 deutlich weniger Überschreitungen des Grenzwerts für PM10 als 2014 festgestellt wurden. Von den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen her war also 2015 ein ziemlich günstiges Jahr.

Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2015

Einordnung im Hinblick auf Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden für Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Benzol weit unterschritten (vgl. Tabellen 4 ,5 und 6).

Tab. 4: Schwefeldioxid (SO₂)

Lage	Station	Jahres- mittel µg/m ³	Anzahl von Überschreitungen des 1-Stunden- Mittels von 350 µg/m ³	Anzahl von Überschreitungen des 24Stunden-Mittels von 125 µg/m ³
Innen- stadt	Karlshorst (MC282)	1,42	0	0
Straße	Frankfurter Allee (MC174)	2,19	1	0

Alle Grenzwerte wurden eingehalten.

Tab. 5: Kohlenmonoxid (CO)

Lage	Station	Jahres- mittel mg/m ³	MAX_8H mg/m ³
Straße	Schildhornstr. (MC117)	0,4	1,5
	Frankfurter Allee (MC174)	0,4	1,9

Der Grenzwert der 39.BImSchV für den maximalen 8-Stunden-Mittelwert von 10 mg/m³ wurde überall eingehalten.

Tab. 6: Benzol:

Lage	Station	Jahresmittel µg/m ³
innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	1,0
innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	1,0
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	1,4
Straße	Schildhornstr. 76 (MC117)	1,5

Der Grenzwert der 39.BImSchV für das Jahresmittel (5 µg/m³), der seit dem Jahr 2010 einzuhalten ist, wurde deutlich unterschritten

Beim Ozon (s. Tabelle 7) wurde im Jahr 2015 der Grenzwert für das Achtstunden-Mittel am Stadtrand zwischen 21- und 26-mal und im innerstädtischen Hintergrund 24- bis 25-mal überschritten. Im Mittel über die letzten 3 Jahre gab es zwischen 14 und 23 Überschreitungen, das Jahr 2015 wies im Hinblick auf Ozon also eine deutlich erhöhte Belastung auf. Der Zielwert der 39. BImSchV wurde im Dreijahresmittel an allen Stationen eingehalten.

Die Informationsschwelle wurde im gesamten Jahr 2015 an neun Tagen überschritten. Die Überschreitungen traten auf: am 03.07. in Frohnau, am 04.07. an sämtlichen Ozon-Messstationen, am 05.07. in Neukölln, Wedding und Buch, am 03.08. in Frohnau, am 06.08. in Buch, am 07.08. in Marienfelde, Frohnau, Buch, Wedding und Friedrichshagen, am 11.08. in

Marienfelde, Grunewald, Neukölln, Buch und Friedrichshagen, am 14.08. in Friedrichshagen und am 15.08. in Buch. Dabei wurden am 11.08. in Friedrichshagen und Buch Einstunden-Mittel von 235,0 bzw. 235,5 µg/m³ gemessen und blieben damit nur wenig unter der Warnschwelle von 240 µg/m³. An allen genannten Tagen betrug die Temperatur-Tagesmaxima über 30 °C, am 04.07. sogar 36,2 °C und am 07.08. 36,9 °C.

Tab. 7: Ozon

Lage	Station	JM µg/m ³	MAX_8H µg/m ³	U120 Anzahl	U120, Mittel über 3 Jahre Anzahl
Stadttrand	MC027 (Marienfelde)	53	178	26	17
	MC032 (Grunewald)	48	175	21	14
	MC077 (Buch)	51	191	24	17
	MC085 (Friedrichshagen)	56	191	31	23
	MC145 (Frohnau)	49	169	21	14
innerstädtischer Hintergrund	MC010 (Wedding)	47	191	25	15
	MC042 (Neukölln)	45	168	24	15

	Station	U180 Anzahl	U240 Anzahl	AOT-P (2014) µg/m ³ *h	AOT-P (letzte 5 Jahre) µg/m ³ *h	AOT-W (2014) µg/m ³ *h
Stadttrand	MC027 (Marienfelde)	4	0	16099	14379	32189
	MC032 (Grunewald)	2	0	12251	10004	24594
	MC077 (Buch)	6	0	15501	14038	29394
	MC085 (Friedrichshagen)	5	0	18977	16709	37068
	MC145 (Frohnau)	4	0	12387	12092	25046
innerstädtischer Hintergrund	MC010 (Wedding)	3	0	12466	10627	24496
	MC042 (Neukölln)	3	0	11822	11357	23773

JM: Jahresmittel

MAX_8H: maximaler 8-Stunden-Mittelwert

U120: Anzahl der Überschreitungen des maximalen Achtstundenwertes des Tages von 120 µg/m³

U120 (Mittel über 3 Jahre): wie U120, gemittelt über die letzten 3 Kalenderjahre (Zielwert der 39.BImSchV: 25 Tage/Jahr)

U180: Anzahl der Tage mit Überschreitung des 1-Stundenwertes zur Information der Bevölkerung von 180 µg/m³

U240: Anzahl der Tage mit Überschreitung des 1-Stundenwertes zur Warnung der Bevölkerung von 240 µg/m³

AOT-P: AOT40 (Summe über Mai bis Juli)

AOT-P (letzte 5 Jahre): wie AOT-P, gemittelt über die letzten 5 Kalenderjahre (künftiges Langfristziel zum Schutz der Vegetation: 6000 µg/m³*h) (Zielwert ab 2010: 18000 µg/m³*h)

AOT-W: AOT40 (Summe über April bis September), (kritischer Belastungswert zum Schutz von Waldökosystemen: 20000 µg/m³*h)



Grenzwerte bzw. Zielwerte wurden eingehalten.



Grenzwerte bzw. Zielwerte wurden überschritten.

Beim Stickstoffdioxid (s. Tabelle 8) wurden am Stadtrand Jahresmittel von 13-14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, im innerstädtischen Hintergrund von 20-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in Straßennähe aber zwischen 41 und 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Der seit 2010 einzuhaltende Grenzwert der 39. BImSchV wurde an allen sechs automatischen Straßenmessstellen überschritten, wenn auch an Station 174 (Frankfurter Allee) mit 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nur knapp. Die 2-Wochen-Messungen mit NO_2 -Passivsammlern geben Hinweise darauf, dass in vielen Straßenzügen der Innenstadt mit Grenzwertüberschreitungen gerechnet werden muss. Beim Einstunden-Mittelwert wurde der Grenzwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an drei automatischen Stationen (Hardenbergplatz, Silbersteinstraße, Schildhornstraße) je einmal überschritten, mithin die zulässige Überschreitungshäufigkeit für diesen Kurzzeit-Grenzwert eingehalten. Die gegenüber 2014 deutlich niedrigeren Werte am Hardenbergplatz (Busbahnhof) könnten damit zusammenhängen, dass einige Buslinien dort auf Erdgas- oder auch Elektroantrieb umgestellt worden sind.

Tab. 8: Stickstoffdioxid (NO₂)

Lage	Station	Jahresmittel µg/m ³	Anzahl der Überschreitungen des 1h-Mittels von 200 µg/m ³ (GW)
Stadtrand	Marienfelde (MC027)	14	0
	Grunewald (MC032)	13	0
	Buch (MC077)	14	0
	Friedrichshagen (MC085)	13	0
	Frohnau (MC145)	13	0
innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	28	0
	Schöneberg (MC018)	26	0
	Neukölln (MC042)	27	0
	Karlshorst (MC282)	20	0
	Mitte (MC171)	27	0
Straße	* <i>Berliner Allee 118 (MS501)</i>	53	
	* <i>Beusselstr. 66 (MS504)</i>	52	
	* <i>Potsdamer Str. 102 (MS505)</i>	60	
	* <i>Michael Brückner Str. 5 (MS507)</i>	55	
	* <i>Alt Friedrichsfelde 8a (MS514)</i>	55	
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	41	0
	Schildhornstr. 76 (MC117)	48	1
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	52	1
	Karl-Marx-Str. 77 (MC220)	52	0
	* <i>Leipziger Str. 32 (MS525)</i>	73	
	* <i>Kantstr. 117 (MS528)</i>	49	
	* <i>Hauptstr.54 (MS530)</i>	60	
	* <i>Spandauer Damm 103 (MS531)</i>	59	
	* <i>Hermannstr. 120 (MS533)</i>	60	
	* <i>Alt Moabit 63 (MS537)</i>	60	
	* <i>Schloßstr. 29 (MS539)</i>	51	
	* <i>Tempelhofer Damm 148 (MS542)</i>	50	
	* <i>Sonnenallee 68 (MS545)</i>	59	
	* <i>Landsberger Allee 6-8 (MS547)</i>	55	
	* <i>Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)</i>	59	
	* <i>Buschkrugallee 8 (MS559)</i>	65	
	* <i>Friedrichstr. 172 (MS562)</i>	44	
	Hardenbergplatz (MC115)	53	1
	* <i>Badstr. 67 (MS573)</i>	55	
	* <i>Spandau, Klosterstr. 12 (MS576)</i>	54	
	* <i>Eichborndamm 23-25 (MS579)</i>	41	
	* <i>Markgrafendamm 6 (MS581)</i>	44	
	Mariendorfer Damm 148 (MC124)	49	0

Der Grenzwert der 39.BImSchV für das Jahresmittel beträgt seit 01.01. 2010 40 µg/m³.

GW Kurzzeit-Grenzwert der 39.BImSchV für 1-Stundenmittelwerte: 200 µg/m³
(darf seit 01.01. 2010 im Kalenderjahr nicht mehr als 18-mal überschritten werden)



Grenzwert für Jahresmittel oder Kurzzeit-GW wurde nicht überschritten.



Grenzwert für Jahresmittel oder Kurzzeit-GW wurde überschritten.

* (kursiv gedruckt) Passivsammler-Messung (abgeschätzte NO₂-Belastung)

Tab. 9: PM10

Lage	Station	Jahresmittel µg/m ³	Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m ³	
Stadtrand	Grunewald (MC032)	17	4	
	Buch (MC077)	20	5	
	Friedrichshagen (MC085)	20	9	
innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	22	20	
	Neukölln (MC042)	22	10	
	Mitte (MC171)	23	16	
Straße	* <i>Berliner Allee 118 (MS501)</i>	29		
	* <i>Beusselstr. 66 (MS504)</i>	27		
	* <i>Potsdamer Str. 102 (MS505)</i>	28		
	* <i>Michael Brückner Str. 5 (MS507)</i>	32		
	* <i>Alt Friedrichsfelde 8a (MS514)</i>	32		
		Frankfurter Allee 86 b (MC174)	29	36
		Schildhornstr. 76 (MC117)	22	20
		Silbersteinstr. 1 (MC143)	26	29
		Karl-Marx-Str. 77 (MC220)	26	26
	* <i>Leipziger Str. 32 (MS525)</i>	34		
	* <i>Kantstr. 117 (MS528)</i>	27		
	* <i>Hauptstr. 54 (MS530)</i>	30		
	* <i>Spandauer Damm 103 (MS531)</i>	34		
	* <i>Hermannstr. 120 (MS533)</i>	34		
	* <i>Alt Moabit 63 (MS537)</i>	32		
	* <i>Schloßstr. 29 (MS539)</i>	26		
	* <i>Tempelhofer Damm 148 (MS542)</i>	29		
	* <i>Sonnenallee 68 (MS545)</i>	34		
	* <i>Landsberger Allee 6-8 (MS547)</i>	32		
	* <i>Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)</i>	33		
	* <i>Buschkrugallee 8 (MS559)</i>	35		
	* <i>Friedrichstr. 172 (MS562)</i>	25		
	* <i>Badstr. 67 (MS573)</i>	33		
	* <i>Spandau, Klosterstr. 12 (MS576)</i>	29		
	* <i>Eichborndamm 23-25 (MS579)</i>	25		
	* <i>Markgrafendamm 6 (MS581)</i>	29		
		Mariendorfer Damm 148 (MC124)	29	24

- Der Grenzwert der 39. BImSchV für das Jahresmittel beträgt 40 µg/m³.
- Der Tagesmittelwert von 50 µg/m³ darf nach der 39. BImSchV im Jahr nicht häufiger als 35-mal überschritten werden.



Der jeweilige Grenzwert wurde eingehalten.



Der jeweilige Grenzwert wurde überschritten.

* (kursiv gedruckt): RUBIS-Station, PM10 aus Ruß abgeschätzt


Die an den Stationen des automatischen Messnetzes ermittelten PM10-Jahresmittelwerte lagen am Stadtrand bei 17-20 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund bei 22-23 µg/m³ und an Schwerpunkten des Straßenverkehrs bei 22-29 µg/m³ (s. Tabelle 9). Die höchsten Jahresmittelwerte (29 µg/m³) wurden in der Frankfurter Allee und im Mariendorfer Damm gemessen. Der Grenzwert für das Jahresmittel wurde in den letzten neun Jahren auch an der höchst belasteten Messstelle weder überschritten noch erreicht. Nur im Jahr 2003 wurde er in der Frankfurter Allee überschritten und im Jahr 2006 dort gerade erreicht. Auch aus den RUBIS-Messungen ergaben sich im Jahr 2015 keine Hinweise auf Grenzwertüberschreitungen beim PM10 in Straßenschluchten.

Das wesentlich größere Problem ist die Einhaltung des Grenzwerts für das Tagesmittel. Im gegenüber 2014 **deutlich niedriger belasteten Jahr 2015** lag die Zahl der Überschreitungen mit nur 4-9 am Stadtrand und 10-20 im innerstädtischen Hintergrund merklich unterhalb der zulässigen Überschreitungshäufigkeit von 35. Nur an einer verkehrsnahen Messstelle, nämlich in der Frankfurter Allee, wurde eine Überschreitung mehr als die zulässigen 35 festgestellt. An den übrigen verkehrsnahen Messstellen wurden nur an 20 bis 29 Tagen PM10-Tagesmittelwerte über 50 µg/m³ gemessen. Das Jahr 2015 lag beim PM10 hinsichtlich des Jahresmittels und auch hinsichtlich der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ unter dem Durchschnitt der vergangenen zehn Jahre.

An der Station Mariendorfer Damm wurden in den letzten Jahren deutlich weniger Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ festgestellt, als man aufgrund des Jahresmittelwerts erwarten könnte. Der Grund hierfür dürfte sein, dass der Mariendorfer Damm in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet ist, die meisten anderen Hauptverkehrsstraßen, in denen PM10 gemessen wurde, in Ost-West- bis Nordwest-Südost-Richtung ausgerichtet sind. Während in diesen Straßenschluchten aufgrund der sich ausbildenden Windwalze gerade bei südöstlichen bis südwestlichen Windrichtungen an den auf der Südseite der Straße gelegenen Messstationen die höchsten PM10-Werte gemessen werden, werden im Mariendorfer Damm an der am westlichen Straßenrand gelegenen Station bei westlichen Winden und wegen einer nahegelegenen Kreuzung auch bei nördlichen Winden die höchsten Werte gemessen. Die Episoden mit hohen Staubwerten sind aber eher mit östlichen bis südlichen Winden verbunden.

Tab. 10: Benzo(a)pyren

Lage	Station	Jahresmittel (ng/m ³)
Stadtrand	Buch (MC077)	0,33
innerstädt.Hintergrund	Neukölln (MC042)	0,35
Straße	Schildhornstr. (MC117)	0,29
	Frankfurter Allee (MC174)	0,41

 über Zielwert für 2012 (1 ng/m³)

Die Benzo(a)pyren-Jahresmittelwerte 2015 (s. Tabelle 10) betragen 0,29-0,41 ng/m³ und lagen damit noch deutlich unterhalb des Zielwerts von 1 ng/m³. An einer Messstelle (Frankfurter Allee) lag das Jahresmittel zwischen unterer und oberer Beurteilungsschwelle (also zwischen 0,4 und 0,6 ng/m³). Bemerkenswert ist, dass nach den vergleichsweise hohen Messwerten des Jahres 2014 die Benzo(a)pyren Jahresmittel 2015 wieder deutlich niedriger sind und im Niveau etwa wie im Jahr 2013 liegen. Der Grund ist sicher in der 2015 gegenüber 2014 unterschiedlichen Windrichtungsverteilung mit deutlich niedrigerem Anteil an südöstlichen und östlichen Winden und etwas milderem Temperaturen während der Heizperiode zu suchen.

Tab. 11: Schwermetalle im PM10

Lage	Standort	Jahresmittel (ng/m ³)			
		Arsen	Cadmium	Nickel	Blei
innerstädt. Hintergrund	Neukölln (MC042)	0,5	0,2	0,9	5,6
Straße	Frankfurter Allee (MC174)	1,0	0,2	2,8	7,8

Die Jahresmittelwerte der Schwermetallkonzentrationen im PM10 (s. Tabelle 11) lagen weit unterhalb der jeweiligen Zielwerte (Arsen: 6 ng/m³, Cadmium: 5 ng/m³, Nickel: 20 ng/m³) bzw. dem Grenzwert für Blei (500 ng/m³). Die Jahresmittelwerte lagen beim Arsen bei 0,5-1,0 ng/m³, beim Cadmium bei 0,2 ng/m³ und beim Nickel bei 0,9-2,8 ng/m³. Die Blei- Jahresmittelwerte lagen zwischen 5,6 und 7,8 ng/m³. Beim Blei und Arsen waren die Werte im Jahr 2015 erheblich niedriger als 2014. Darüber hinaus lagen die Schwermetallkonzentrationen in den letzten fünf

Jahren weit unter der unteren Beurteilungsschwelle (Arsen: 2,4 ng/m³, Cadmium: 2 ng/m³, Nickel: 10 ng/m³ und Blei: 250 ng/m³).

Tab. 12: PM_{2,5}

		JM	JM	JM	JM
		2012	2013	2014	2015
	Standort	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Stadtrand	Buch (MC077)	16	14	19	14
innerstädtischer Hintergrund	Neukölln (MC042)	18	17	21	17
	Mitte (MC171)	18	17	20	16
	Wedding (MC010)	17	16	19	15
Straße	Frankfurter Allee (MC174)	20	18	22	19

 = AEI-Stationen

Die PM_{2,5}-Jahresmittel der Jahre 2012 bis 2015 sind in Tabelle 12 aufgeführt. Sie lagen durchgehend unterhalb des seit 2015 einzuhaltenden Grenzwertes von 25 µg/m³. Die PM_{2,5}-Jahresmittelwerte weisen von Jahr zu Jahr erkennbare Schwankungen aufgrund der jeweiligen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen auf. Im Jahr 2015 haben sie den bisher niedrigsten Stand erreicht. Die Luftbelastung in Berlin mit PM_{2,5} ist noch in weit höherem Maße als diejenige mit PM₁₀ durch den Eintrag vorbelasteter Luftmassen ins Stadtgebiet aufgrund von Ferntransport geprägt. Wie schon weiter oben angegeben, zeichnete sich das Jahr 2015 gegenüber 2014 durch einen deutlich geringeren Anteil von schwachwindigen Hochdruckwetterlagen mit östlichen bis südlichen Windrichtungen aus.

In der 39. BImSchV ist für PM_{2,5} ein Indikator für die durchschnittliche Exposition der Bevölkerung im städtischen Hintergrund (Average Exposure Indicator = AEI) definiert. Dieser wird für jeden EU-Mitgliedstaat gesondert als gleitender Jahresmittelwert über drei Jahre aus den Werten der entsprechenden PM_{2,5}-Messstellen ermittelt. In Berlin werden diese Messungen seit dem 01.01.2008 an drei Stationen im städtischen Hintergrund, in Neukölln (MC042), Mitte (MC171) und Wedding (MC010) durchgeführt. Der AEI für das Referenzjahr 2010 ist als der Mittelwert der Jahre 2008 bis 2010 definiert; der AEI für das Jahr 2011 ist als Mittelwert der Jahre 2009 bis 2011 definiert; entsprechend ergibt sich der AEI für das Jahr 2015 als Mittel der Jahre 2013 bis 2015. In Berlin betrug der AEI für das Jahr 2010 : 19,2 µg/m³, für das Jahr 2011: 19,9 µg/m³, für das Jahr 2012: 19,6 µg/m³, für das Jahr 2013: 18,2 µg/m³, für das Jahr 2014: 18,0 µg/m³ und für das Jahr 2015 nur noch 17,5 µg/m³.

Im gesamten Bundesgebiet betrug für das Jahr 2010 der AEI 16,4 µg/m³ (LAI-Ausschuss, 2012). Anhand des AEI 2010 ist in der 39. BImSchV ein nationales Reduktionsziel bis zum Jahr 2020 (Mittelwert der Jahre 2018, 2019, 2020) festgelegt. Da der deutsche AEI 2010 mit rund 16 im Bereich 13-18 µg/m³ lag, ist bis 2020 eine 15 %-ige Reduzierung zu realisieren. Der dreijährige Mittelwert der 30 deutschen AEI-Messstellen für die Jahre 2018-2020 darf also nur noch etwa 13,9 µg/m³ betragen. Für das Jahr 2015 wurde vom Umweltbundesamt immerhin ein bundesweiter AEI-Wert von nur noch 14,1 µg/m³ gemeldet. Damit hat der AEI bundesweit von 2010 bis 2015 um 14 % abgenommen, in Berlin für den gleichen Zeitraum um etwa 8 % abgenommen. Trotzdem scheint insgesamt die Einhaltung des bundesweiten Reduktionsziels bis 2020 weiterhin sehr schwierig, so dass hierfür erhebliche Anstrengungen nötig sind.

Einordnung im Hinblick auf Grenzwerte zum Schutz von Ökosystemen und Vegetation

Beim Ozon blieb der AOT40-Wert, gemittelt über die letzten 5 Jahre, an allen Stationen unter dem seit 2010 geltenden Zielwert (vgl. Tabelle 7). Auch in Friedrichshagen, wo in den letzten Jahren der AOT40-Wert meistens über dem Zielwert lag, wurde er in diesem Jahr mit knapp 17000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ eingehalten. Der AOT40-Wert zum Schutz von Waldökosystemen (summiert über April bis September) betrug 24000-27000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$. An sämtlichen Messstationen überschritt er deutlich den kritischen Belastungswert von 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$.

Dass nach den zwei niedrig belasteten Jahren 2012 und 2013 wieder höhere Ozonwerte in den Jahren 2014 und 2015 auftraten, zeigt, dass es auch jetzt noch bei für die Ozonbildung günstigen meteorologischen Bedingungen zu erhöhten Ozonbelastungen kommen kann.

Es sind also weitere Anstrengungen zur Absenkung der Emissionen von Stickstoffoxiden und anderer Ozon-Vorläuferstoffe erforderlich, um Vegetation und Ökosysteme zu schützen.

Der kritische Wert für den Vegetationsschutz für NO_x 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 (s. Tab. 13) lag am Stadtrand bei 17-19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, im innerstädtischen Hintergrund bei 29-42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und an den Straßen-Messstellen bei 86-127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der entsprechende kritische Wert wäre also nur am Stadtrand und an einer innerstädtischen Hintergrundmessstelle eingehalten worden.

Tab. 13: Summe der Stickoxide

Lage	Station	Jahresmittel (µg/m³)
Stadtrand	Marienfelde (MC027)	17
	Grunewald (MC032)	17
	Buch (MC077)	19
	Friedrichshagen (MC085)	16
	Frohnau (MC145)	16
innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	42
	Schöneberg (MC018)	37
	Neukölln (MC042)	38
	Karlshorst (MC282)	29
	Mitte (MC171)	40
Straße	* <i>Berliner Allee 118 (MS501)</i>	125
	* <i>Beusselstr. 66 (MS504)</i>	101
	* <i>Potsdamer Str. 102 (MS505)</i>	126
	* <i>Michael Brückner Str. 5 (MS507)</i>	140
	* <i>Alt Friedrichsfelde 8a (MS514)</i>	122
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	86
	Schildhornstr. 76 (MC117)	103
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	138
	Karl-Marx-Str. 77 (MC220)	127
	* <i>Leipziger Str. 32 (MS525)</i>	175
	* <i>Kantstr. 117 (MS528)</i>	93
	* <i>Hauptstr. 30 (MS530)</i>	127
	* <i>Spandauer Damm 103 (MS531)</i>	137
	* <i>Hermannstr. 120 (MS533)</i>	138
	* <i>Alt Moabit 63 (MS537)</i>	143
	* <i>Schloßstr. 29 (MS539)</i>	94
	* <i>Tempelhofer Damm 148 (MS542)</i>	116
	* <i>Sonnenallee 68 (MS545)</i>	131
	* <i>Landsberger Allee 6-8 (MS547)</i>	130
	* <i>Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)</i>	135
	* <i>Buschkrugallee 8 (MS559)</i>	162
	* <i>Friedrichstr. 172 (MS562)</i>	82
	Hardenbergplatz (MC115)	120
	* <i>Badstr.67 (MS573)</i>	124
	* <i>Spandau, Klosterstr. 12 (MS576)</i>	121
	* <i>Eichborndamm 23-25 (MS579)</i>	78
	* <i>Markgrafendamm 6 (MS581)</i>	88
Mariendorfer Damm (MC124)	112	



Der kritische Wert der 39. BImSchV für den Vegetationsschutz für das Jahresmittel (30 µg/m³) wurde eingehalten.



Der kritische Wert der 39. BImSchV für den Vegetationsschutz für das Jahresmittel (30 µg/m³) wurde überschritten.

* Station kursiv
gedruckt)

mit Passivsammler abgeschätzte NO_x-Belastung (RUBIS-Station)

Langzeittrends

Exemplarisch sollen nun einige Langzeittrends betrachtet werden:

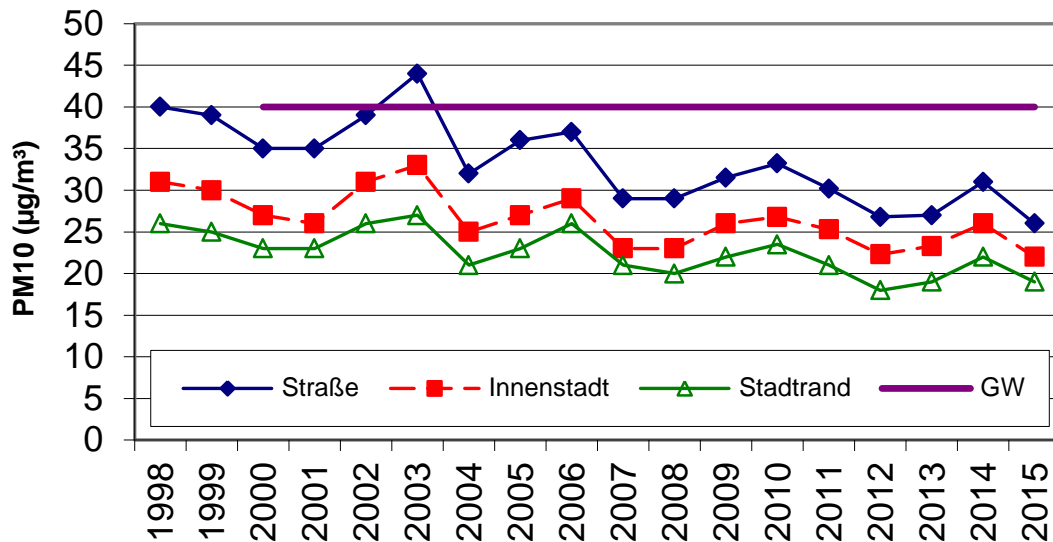


Abb. 5: Verlauf der PM10-Jahresmittelwerte seit 1998 an den automatischen Stationen

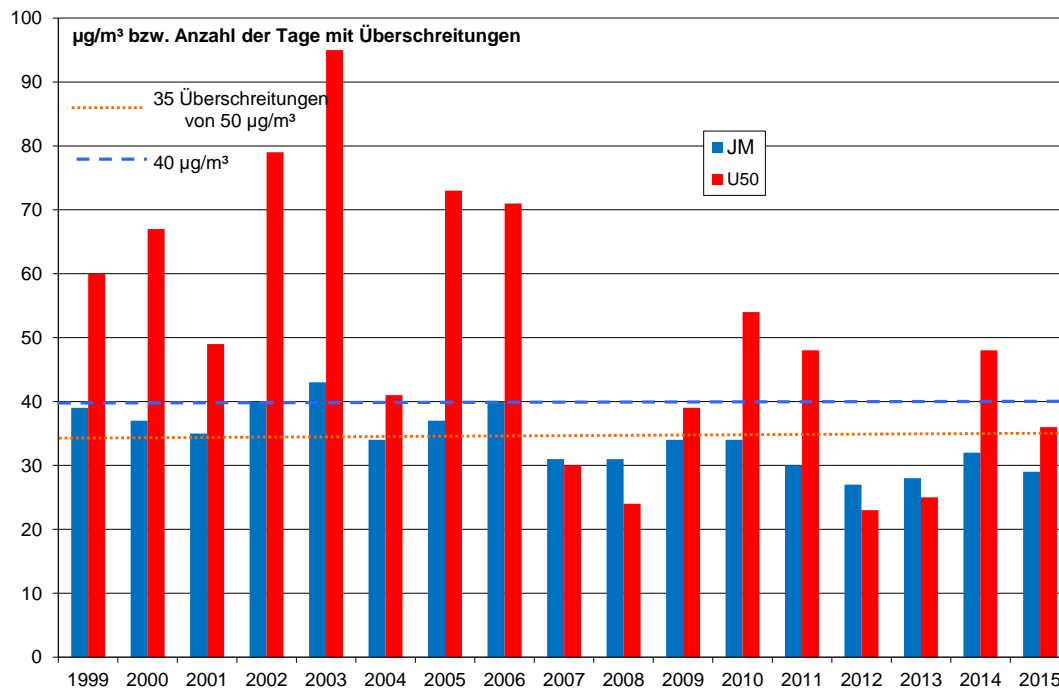


Abb. 6: Verlauf der PM10-Jahresmittel (JM) und der Anzahl der Überschreitungen (U50) des PM10-Tagesmittels von 50 µg/m³ an der Station Frankfurter Allee

Die PM10-Jahresmittelwerte seit 1998 (Abbildung 5) zeigen insgesamt eine Abnahme um rund 27 % am Stadtrand bzw. um rund 35 % an den Straßenstationen. Die einzelnen Jahresmittelwerte, aber mehr noch die Anzahl der Überschreitungen des Grenzwerts für das Tagesmittel hängen sehr stark von den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen und der Häufigkeit von austauscharmen Hochdruckwetterlagen mit südlichen bis östlichen Winden ab.

Abbildung 6 enthält als Säulengrafik die PM10-Jahresmittelwerte und die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ von 1999 bis 2015 an der Station Frankfurter Allee. Es fällt auf, dass die Jahresmittelwerte lediglich um 35 % streuen, die Anzahl der Überschreitungen jedoch um mehr als den Faktor 4 variiert. Im Jahr 2015 war die PM10-Belastung wieder deutlich niedriger als 2014 und entsprach ungefähr den Verhältnissen in den Jahren 2009 (Anzahl der Überschreitungen) oder 2013 (Jahresmittelwert).

Sehr gut ist die Konzentrationsverteilung der PM10 Belastung in den Abbildungen 7 (für die Straßenmessstelle Frankfurter Allee) und 8 (für den städtischen Hintergrund Nansenstraße) zu erkennen. Hier wurden jeweils alle Tage pro Kalenderjahr gezählt (kumulative Anzahl von Tagesmittelwerten), deren PM10 Tagesmittelwert größer als der jeweils auf der x-Achse aufgetragene Konzentrationsbereich ist. So sind beispielsweise alle 365 Tagesmittelwerte größer als $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Bereich größer als $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen keine Messwerte mehr, da der größte Tagesmittelwert weniger als $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt. Generell gilt: Je flacher die Kurve nach rechts abfällt, desto häufiger wurden auch hohe Tagesmittelwerte gemessen, und desto höher belastet war das Jahr.

In den Abbildungen sind jeweils drei Kurven aufgetragen: Die Verteilung im Jahr 2015 und zusätzlich als Vergleich dazu die maximalen und minimalen Summenhäufigkeiten der Tagesmittelwerte der PM10 Konzentrationsbereiche der letzten 10 Jahre (Jahre 2005 bis 2014). Diese wurden ermittelt, indem alle Jahre betrachtet wurden und die jeweils niedrigste und höchste gefundene Anzahl an Tagesmittelwerten bis zur jeweiligen Konzentrationsgrenze (Konzentrationsbereich) aus den Kalenderjahren 2005 bis 2014 als Wert aufgetragen wurde.¹

Man erkennt in dieser Grafik sehr gut, dass an der Straße ein deutlich größerer Unterschied zwischen Maxima und Minima vorgefunden wird als im städtischen Hintergrund. Es ist auch zu erkennen, dass im städtischen Hintergrund nur ein sehr kleiner Bereich mit mehr als 35 Überschreitungen der Tagesmittelwerte größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rosa Hintergrund) vorhanden ist, an der Straße ist dieser Bereich deutlich größer. Der Unterschied zwischen städtischem Hintergrund und Straße ist vor allem durch den Verkehrsbeitrag begründet. Da der städtische Hintergrund in den letzten zehn Jahren bereits geringe Überschreitungshäufigkeiten hatte, sind Minderungen der Anzahl der Tagesmittelwerte größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht allein durch Maßnahmen des Landes Berlin zu erreichen. Vielmehr muss das Eintragspotenzial verringert werden, da es gerade bei herbstlichen und winterlichen Hochdruckwetterlagen und südlichen bis östlichen Winden zu hohen Einträgen von Partikeln aus den östlichen und südöstlichen Nachbarstaaten durch Ferntransport kommt. Dies wurde mit Untersuchungen der Luftmassenherkunft bei hohen PM10-Belastungen über mehrere Jahre, unter anderem mithilfe der Auswertung von Rückwärtstrajektorien nachgewiesen (Birmili und Engler, 2011 sowie Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin).

Die niedrigeren Belastungen (jeweils untere Kurven) treten vor allem bei günstigeren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen auf, die sich dadurch auszeichnen, dass es seltener schwachwindige Hochdruckwetterlagen mit südlichen bis östlichen Winden gibt. Das

¹ Zum besseren Verständnis betrachten wir Beispiele in Abb. 7 Frankfurter Allee:

1. Erstes Beispiel: Ein Tagesmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde im Zeitraum von 2005 bis 2014 im Jahr 2012 an 50 Tagen (geringste Anzahl von 2005-2014) und im Jahr 2006 an 127 Tagen (größte Anzahl von 2005-2014) überschritten.
2. Zweites Beispiel: Ein Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde im Jahr 2011 an 23 Tagen (geringste Anzahl von 2005-2014) und im Jahr 2005 an 73 Tagen (größte Anzahl von 2005-2014) überschritten.

Jahr 2015 nahm einen relativ gering belasteten Platz ein, es gibt genau eine Überschreitung mit 36 Tagesmittelwerten größer als $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Frankfurter Allee.

Die Langzeitbetrachtung zeigt, dass die Belastung mit PM10 zwar sensibel auf Emissionsminderungsmaßnahmen reagiert, aber die Abhängigkeit insbesondere von der Herkunft der Luftmassen immer noch erheblich ist. So geht aus dem Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin auch hervor, dass mittlerweile ein großer Teil der Überschreitungstage des Tagesgrenzwerts auf Ferntransport aus östlichen und südöstlichen Richtungen zurückzuführen ist. Gleichzeitig hat der Anteil an Überschreitungstagen aufgrund von regionalen und lokalen Emissionen abgenommen, offensichtlich auch durch die emissionsmindernden Maßnahmen der vergangenen Jahre.

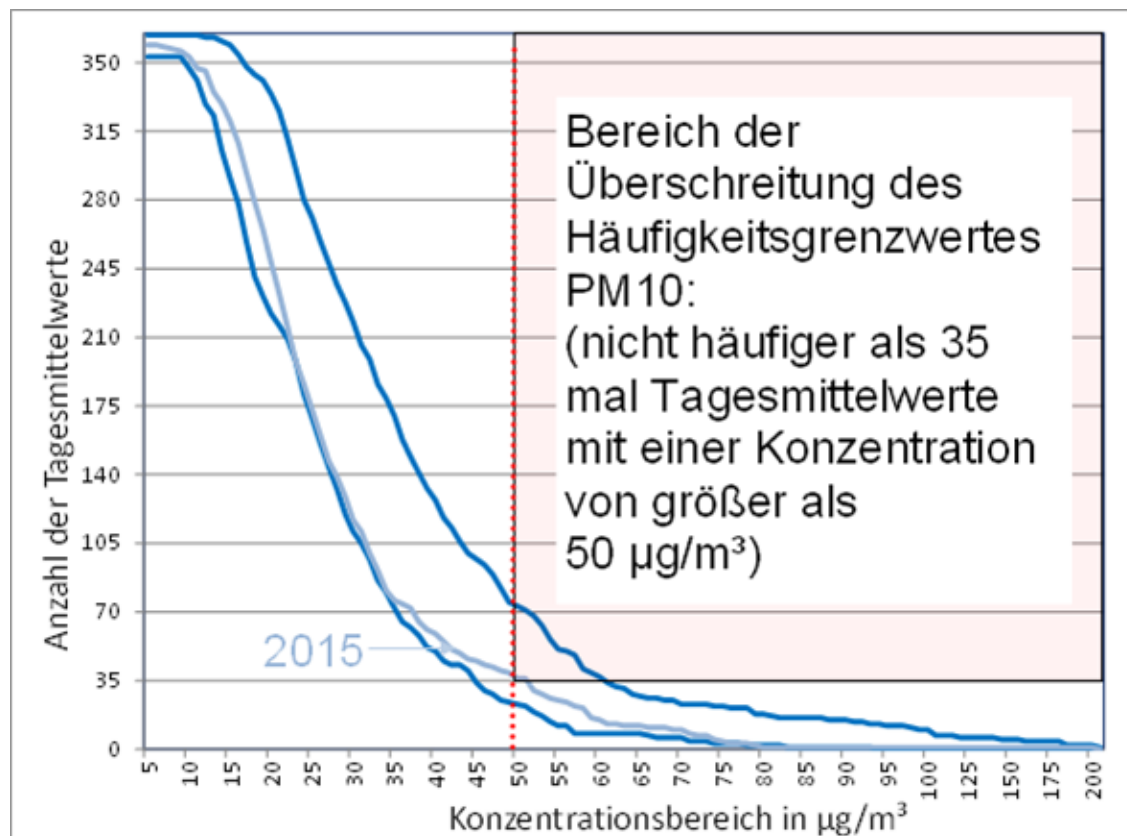


Abb. 7: Kumulative Darstellung der Anzahl von PM10-Tagesmittelwerten oberhalb der angegebenen Konzentrationen in den Jahren 2005 bis 2015 an der Station Frankfurter Allee.

(Die gesamte Grafik ist unten links verkleinert abgebildet. Die große Grafik ist ein vergrößerter Ausschnitt.)

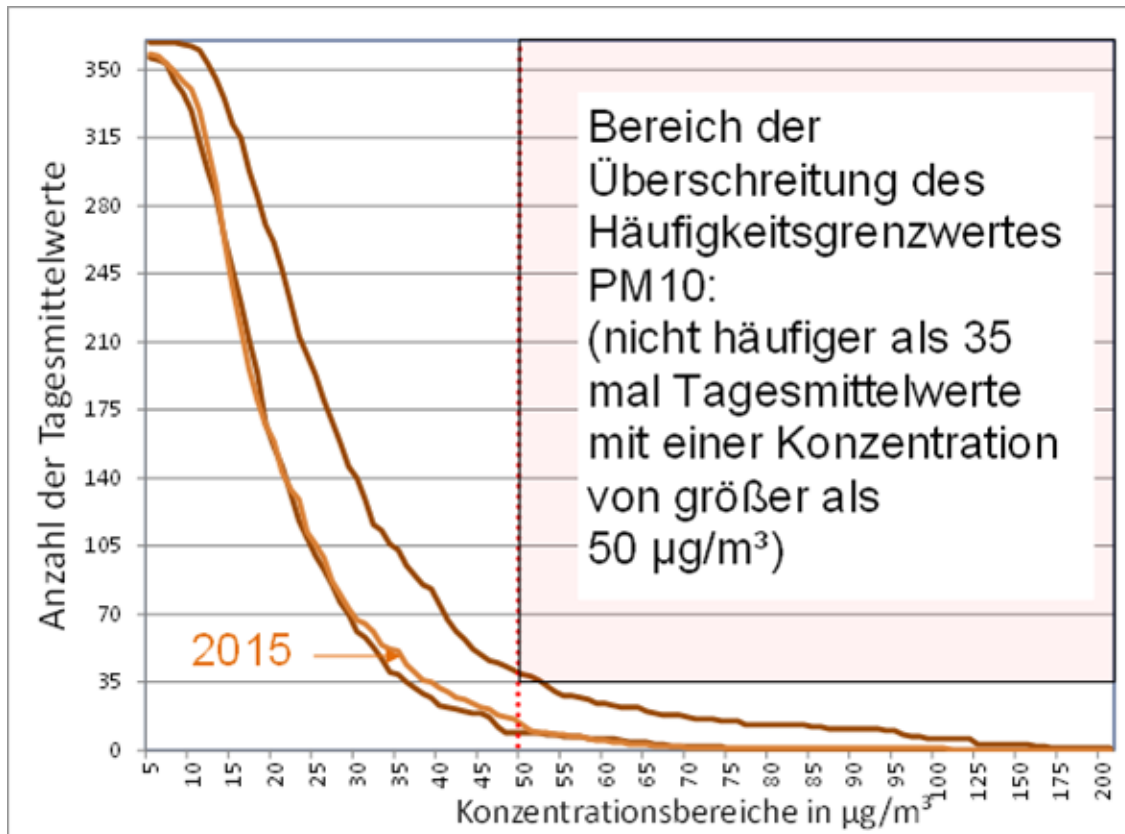


Abb. 8: Kumulative Darstellung der Anzahl von PM10-Tagesmittelwerten oberhalb der angegebenen Konzentrationen in den Jahren 2005 bis 2015 an der Station Nansenstraße.

(Die gesamte Grafik ist unten links verkleinert abgebildet. Die große Grafik ist ein vergrößerter Ausschnitt.)

Beim Stickstoffdioxid (Abbildung 9) war bis 1990 ein deutlicher Rückgang der Jahresmittel zu beobachten, der vor allem auf den vermehrten Einsatz geregelter Dreiwege-Katalysatoren bei den Ottomotoren zurückzuführen war. Bis zum Jahr 2004 wurde diese Emissionsminderung durch eine zunehmende Anzahl von Fahrzeugen aber teilweise wieder aufgehoben, was sich in einer nur noch langsamen Abnahme des Jahresmittelwerts widerspiegelte. Auffällig ist, dass in Straßen die Jahresmittelwerte von 2005 nach 2006 sogar wieder zunahmen. Dies ist hauptsächlich mit der ungünstigen meteorologischen Situation (erhöhte Anzahl windschwacher Hochdruckwetterlagen) zu erklären. Daneben spielt aber die in letzter Zeit beobachtete Zunahme der direkten Emission von Stickstoffdioxid durch neuere Dieselfahrzeuge eine Rolle. Die NO₂-Jahresmittel seit etwa 2007 waren nahezu konstant und wiesen allenfalls einen sehr schwachen abnehmenden Trend auf. Insgesamt zeigen die Stickstoffdioxid-Immissionen deutlich weniger Reaktion auf die meteorologischen Verhältnisse als z.B. die PM₁₀-Immissionen. Es fällt auf, dass bei den Stadtrand- und innerstädtischen Hintergrundmessstellen seit 2007, bei den Straßenmessstellen seit 2009 so gut wie keine Reaktion mehr auf die von Jahr zu Jahr unterschiedlichen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen zu erkennen ist.

Dies legt nahe, dass eine Verbesserung der Immissionsbelastungssituation in den Hauptverkehrsstraßen eine weitere Absenkung der Stickoxid-Verkehrsemissionen erfordert. Die emissionsmindernden Maßnahmen der letzten Jahre waren hinsichtlich des Stickstoffdioxids nicht erfolgreich, weil bei Dieselfahrzeugen mit dem Oxidationskatalysator eine neue Motorengeneration eingeführt wurde, die verglichen mit der Vorgängergeneration einen höheren Anteil an NO₂-Direktemission aufweist. So haben die trotz Umweltzone gestiegenen Emissionen sicherlich dazu beigetragen, dass auch in Jahren mit günstigen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen die Stickstoffdioxid-Jahresmittel noch über dem seit 01.01.2010 gültigen Grenzwert für das Jahresmittel lagen. Selbst an der am geringsten mit Stickstoffdioxid belasteten Straßenmessstelle (Frankfurter Allee) lag auch im Jahr 2015 das Jahresmittel mit 41 µg/m³ immer noch knapp über dem Grenzwert. Immerhin haben seit 2009 im Mittel über die Straßenstandorte die NO₂-Jahresmittelwerte um etwa 9 % abgenommen. Auffällig ist am Hardenbergplatz eine Abnahme des NO₂-Jahresmittels von 2014 (62 µg/m³) nach 2015 (53 µg/m³). Dies könnte damit zusammenhängen, dass bei den BVG-Bussen, die dort einen erheblichen Anteil des Verkehrs ausmachen, nach und nach auf abgasärmere Antriebe (Methanol, Erdgas) umgestellt wird.

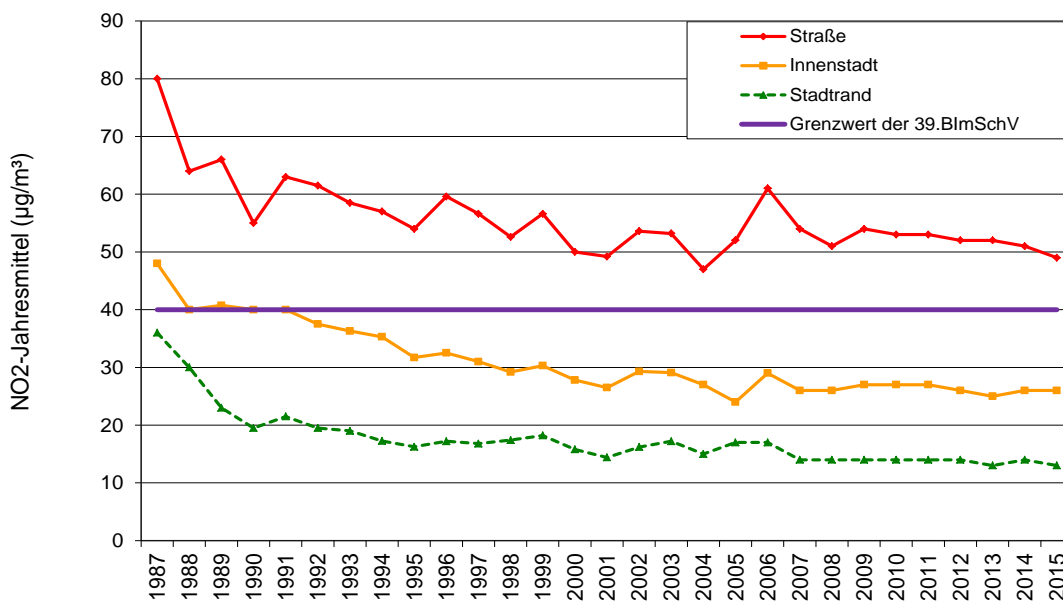


Abb. 9: Verlauf der NO₂-Jahresmittelwerte seit 1987 an den automatischen Stationen

Ein besonders guter Indikator für die Abgase aus Verbrennungsprozessen, insbesondere von Kfz-Motoren, ist Ruß, der über die elementaren Kohlenstoffverbindungen als EC quantifiziert wird. Der Dieselerußausstoß des Kfz-Verkehrs wurde von 2002 bis 2009 um 58 % gemindert (Luftreinhalteplan 2011 bis 2017). Die seit 1998 ununterbrochen durchgeführten Kohlenstoffmessungen bilden diese Entwicklung sehr gut ab und haben sich auch im Hinblick auf Maßnahmen zur Minderung von Verkehrsemissionen als außerordentlich wertvoll erwiesen. So gingen an Verkehrsstandorten die EC-Werte von 2007 nach 2008 vermutlich schon als Folge der Einführung der Umweltzone Anfang 2008 deutlich zurück. Aber auch diese Parameter sind stark von den meteorologischen Austauschbedingungen, ebenso von den Hausbrandemissionen und damit von den Wintertemperaturen abhängig. So gab es beispielsweise an der städtischen Hintergrund-Messstation Nansenstraße von 2008 nach 2009 einen ausgeprägten Anstieg. Dieser hat sicher seine Ursache auch darin, dass im Stadtteil Neukölln, in dem diese Messstation liegt, der Anteil von Kohleheizungen immer noch verhältnismäßig hoch ist. Immerhin ergaben die thermografischen bzw. thermo-optischen Kohlenstoffmessungen² einen deutlichen Rückgang der EC-Differenz zwischen den Jahresmittelwerten an den Verkehrsstationen und im innerstädtischen Hintergrund im Laufe dieser Jahre. Auffällig ist die starke Abnahme der EC-Belastung von 2011 nach 2012, wohingegen sich von 2012 nach 2013 nur eine vergleichsweise abgeschwächte Abnahme ergibt. Von 2013 nach 2014 wiederum war eine leichte Zunahme und von 2014 nach 2015 eine weitere leichte Zunahme der Jahresmittelwerte zu verzeichnen, was vermutlich in den ungünstigeren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen, möglicherweise aber auch wieder angestiegenen Emissionen seine Ursache hat. Untersuchungen an Hauptverkehrsstraßen in Berlin ergaben (siehe Luftreinhalteplan 2005-2010 und Luftreinhalteplan 2011-2017), dass sich in den letzten Jahren der Anteil der Quellen der PM10-Immissionsbelastung merklich verschoben hat (siehe Abbildung 10). Zugrunde gelegt sind hierfür die PM10-Jahresmittelwerte.

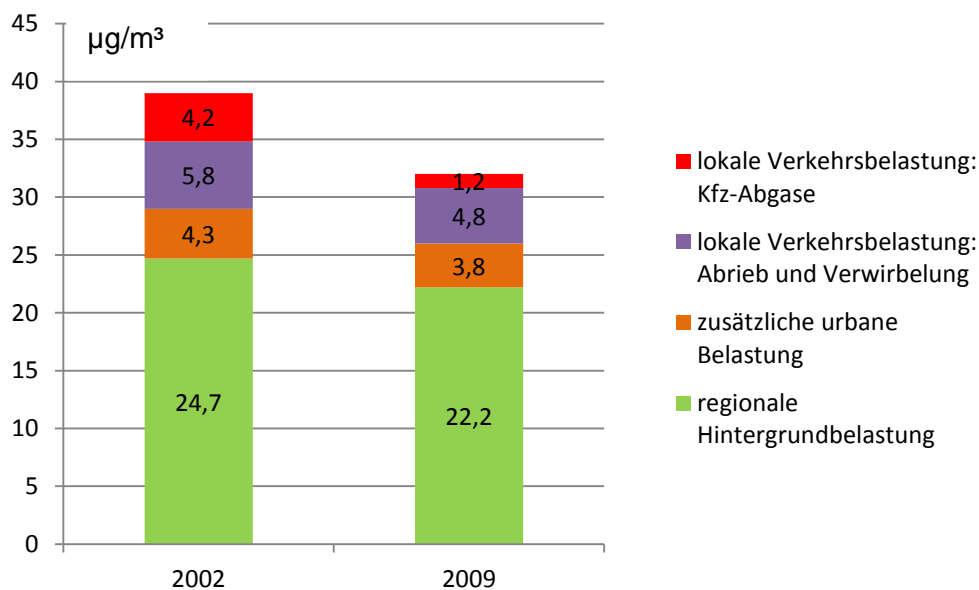


Abb. 10: Quellen der PM10-Immissionsbelastung in Berliner Hauptverkehrsstraßen in den Jahren 2002 und 2009

²Informativ: Die Kohlenstoffmessungen erfolgten von 2008 bis einschließlich 2012 im thermografischen Verfahren. Das Analyseverfahren wurde im Jahr 2013 auf das thermisch-optische Verfahren umgestellt, wobei zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit die Anbindung der Messreihen über Vergleichsmessungen sichergestellt wurde.

Wie zu erkennen ist, nahm von 2002 bis 2009 der prozentuale Anteil der PM10-Belastung, der aus Kfz-Abgasen stammt (der toxikologisch relevante Anteil), von 11 % nach 4 % ab, während der prozentuale Anteil, der Abrieb und Verwirbelung entstammt, mit rund 15 % etwa gleich blieb. Der gesamte Anteil der Verkehrsbelastung nahm also deutlich ab.

Die Abnahme des lokalen Verkehrsanteils bei der PM10-Belastung bildet sich tendenziell auch bei der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ ab. Dies wird jedoch überlagert durch die unterschiedlich guten meteorologischen Ausbreitungsbedingungen in den verschiedenen Jahren.

Die Trendgrafiken beim Benzol (Abbildung 11) zeigen an den Straßenstandorten bis 2004 eine deutliche Abnahme der Jahresmittel. Seitdem fallen die Benzol-Jahresmittelwerte nicht mehr erkennbar, sondern streuen in Abhängigkeit von den meteorologischen Randbedingungen.

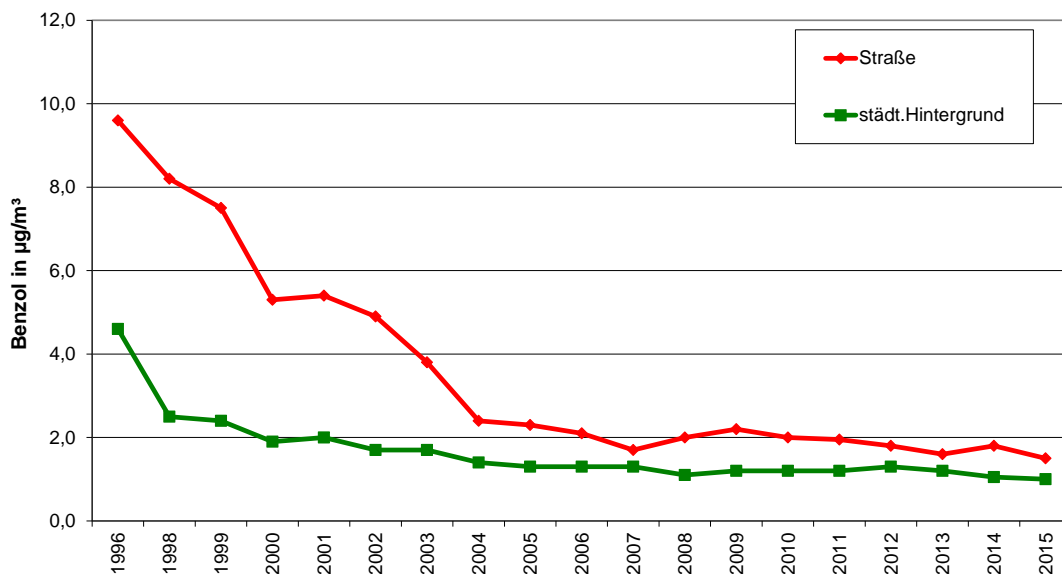


Abb. 11: Verlauf der Benzol-Jahresmittelwerte seit 1996 an den automatischen Stationen

Die Ozon-Jahresmittel (Abbildung 12) nahmen in den letzten 25 Jahren leicht zu. Auch deutschlandweit wurde im Gegensatz zur Abnahme der Ozon-Spitzenkonzentrationen seit 1990 eine Zunahme der Jahresmittelwerte beobachtet (Umweltbundesamt, 2015). Dieser Zunahme überlagert sind Schwankungen infolge der klimatischen Situation des jeweiligen Sommers (Temperaturen, Bewölkung). Die Ozon-Jahresmittel liegen in der Regel zwischen 38 und 50 µg/m³ im Mittel über alle Stationen. Wie die Jahre 2006, 2010, 2013 und auch 2015 zeigen, kann es bei für die Ozonbildung günstigen meteorologischen Voraussetzungen (hohe Temperaturen, hohe Sonnenscheindauer) trotz erheblicher Minderung der Vorläufersubstanzen weiterhin zu hohen Ozonkonzentrationen kommen.

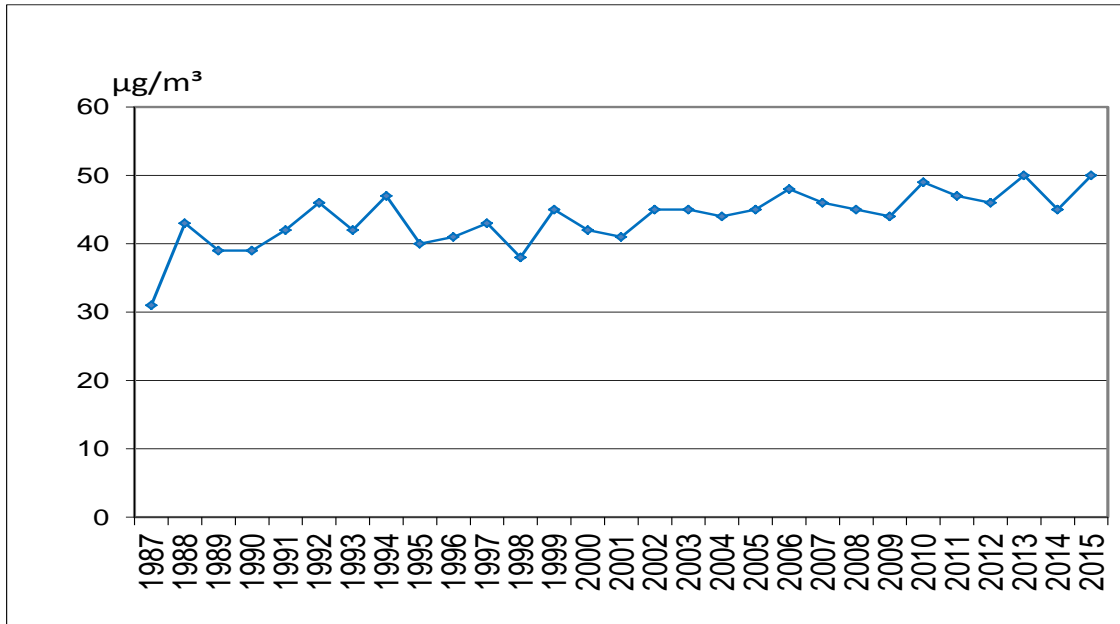


Abb. 12: Verlauf der Ozon-Jahresmittel von 1987-2015

Im Folgenden sollen zur weiteren Einstufung der Luftschadstoffe im Verlauf der letzten Jahre die Kennwerte daraufhin ausgewertet werden, ob die oberen oder unteren Beurteilungsschwellen über- oder unterschritten wurden. Die Beurteilungsschwellen nach der 39. BImSchV sind in Tabelle 14 aufgeführt. Dabei gilt nach der Richtlinie 2008/50/EG eine Beurteilungsschwelle dann als überschritten, wenn sie in den vorangegangenen fünf Jahren in mindestens drei einzelnen Jahren überschritten worden ist.

Die obere Beurteilungsschwelle (oBs) ist ein Wert, unterhalb dessen eine Kombination von ortsfesten Messungen und Modellrechnungen oder orientierende Messungen angewandt werden können, um die Luftqualität zu beurteilen. Die untere Beurteilungsschwelle (uBs) ist ein Wert, unterhalb dessen keine Messverpflichtung mehr besteht, sondern die Beurteilung der Luftqualität mit Modellrechnungen oder Schätzverfahren durchgeführt werden darf. Im Einzelfall können sich allerdings niedrigschwellig angelegte Messungen als die wirtschaftlichere Alternative erweisen.

Tab. 14: Obere und untere Beurteilungsschwellen für Luftverunreinigungen nach der 39. BImSchV 1)

Komponente	Mittel über	obere Beurteilungsschwelle (oBs)	untere Beurteilungsschwelle (uBs)	zulässige Anzahl von Überschreitungen pro Jahr
Schwefeldioxid	24 h	75 µg/m ³	50 µg/m ³	3
Stickstoffdioxid	1 h	140 µg/m ³	100 µg/m ³	18
	1 Jahr	32 µg/m ³	26 µg/m ³	---
Partikel-PM10	24 h	35 µg/m ³	25 µg/m ³	35
	1 Jahr	28 µg/m ³	20 µg/m ³	---
Partikel-PM2,5	1 Jahr	17 µg/m ³	12 µg/m ³	---
Blei	1 Jahr	350 ng/m ³	250 ng/m ³	---
Kohlenmonoxid	8 Stunden	7 mg/m ³ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	5 mg/m ³ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	---
Arsen (As) (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	3,6 ng/m ³	2,4 ng/m ³	---
Kadmium (Cd) (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	3 ng/m ³	2 ng/m ³	---
Nickel (Ni) (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	14 ng/m ³	10 ng/m ³	---
Benzo(a)pyren (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	0,6 ng/m ³	0,4 ng/m ³	---
Benzol	1 Jahr	3,5 µg/m ³	2,0 µg/m ³	---

¹⁾ Für Ozon sind keine Beurteilungsschwellen definiert, unabhängig von der ermittelten Belastung ist eine bestimmte Anzahl von Messstellen zu betreiben.

Tabelle 15 enthält den Verlauf der Jahreskennwerte und ihr Verhältnis zu den jeweiligen Grenz- oder Zielwerten und den oberen und unteren Beurteilungsschwellen seit 2006. Dargestellt ist immer die Station mit den höchsten, also ungünstigsten Werten. Die Maßeinheiten in Tabelle 15 sind aus Platzgründen weggelassen, sind aber die gleichen wie in Tabelle 14. Wie zu erkennen ist, gab es beim NO₂ im Jahr 2006 noch 49 Ein-Stunden-Werte über 200 µg/m³ und 355 Ein-Stunden-Werte über der oBs von 140 µg/m³. In den folgenden Jahren lagen an der meistbelasteten Station nur noch zwischen null und acht Ein-Stunden-Werte über 200 µg/m³ und zwischen 60 und 245 Ein-Stunden-Werte über 140 µg/m³.

Tab. 15: Einordnung der Kennwerte von Luftschadstoffen für die Jahre 2006 bis 2015 im Hinblick auf die Beurteilungsschwellen

Schwellenwert, Komponente und Art	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SO ₂ (24h)	< oBs	< uBs	< oBs	< oBs	< oBs	< uBs	< uBs	< uBs	< oBs	< uBs
NO ₂ (1h) (Ü von 200 µg/m ³)	49	6	0	8	6	4	5	8	3	1
NO ₂ (1h) (Ü von 140 µg/m ³)	355	113	63	148	151	245	135	150	93	60
NO ₂ (JM)	69	60	59	62	63	66	66	63	61	53
PM10 (24h)	71 Ü	30 Ü	24 Ü	73 Ü	56 Ü	54 Ü	31 Ü	28 Ü	48 Ü	36 Ü
PM10 (JM)	40	31	31	38	38	33	29	29	32	29
PM2,5 (JM)	---	---	22,1	21,6	23,5	22,9	20,1	18,5	22,0	19,0
CO (8h)	4,7	2,4	2,8	1,9	2,0	1,9	3,0	2,6	1,8	1,9
Pb (JM)	24,2	10,4	10,3	10,9	14,2	11,9	11,3	7,3	10,9	7,8
Cd (JM)	0,4	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
Ni (JM)	2,3	2,5	2,3	1,3	1,3	1,7	3,2	1,4	2,0	2,8
As (JM)	1,5	0,9	1,1	1,2	0,7	1,4	1,8	0,7	1,4	1,0
B(a)P (JM)	1,32	0,70	0,76	0,97	1,32	0,73	0,51	0,40	0,54	0,41
Benzol (JM)	3,0	2,0	2,2	2,3	2,0	2,0	1,9	1,7	1,8	0,5

Zeichenerklärung:

oberhalb Grenzwert/Schwellenwert
> = oBs
< oBs und > = uBs
< uBs

JM = Jahresmittelwert

Kennwerte von SO₂, NO₂, PM10, PM2,5, Benzol in µg/m³, von CO in mg/m³, von Pb, Cd, Ni, As und B(a)P in ng/m³

Ü = Anzahl von Überschreitungen

Die NO₂-Jahresmittelwerte lagen an der jeweils ungünstigsten Messstation im Jahr 2006 bei 69 µg/m³; in den Jahren danach zwischen 66 und 53 µg/m³, also stets über dem Grenzwert. Beim PM10 wurden Jahresmittel zwischen 40 und 29 µg/m³ mit leicht abnehmendem Trend gemessen, die jedoch immer noch über der oBs liegen. Bei den PM10-Tagesmittelwerten wurde der Grenzwert von 50 µg/m³ im Jahr 2006 deutlich mehr als 35mal, nämlich 71mal überschritten; 2007 gab es nur 30 Überschreitungen, so dass der Grenzwert eingehalten wurde.

In den nächsten Jahren lag die Anzahl der Überschreitungen zwischen 73 und 24, wobei kein eindeutig abnehmender Trend zu erkennen ist. Aber auch wenn dieser Grenzwert eingehalten wurde, gab es immer mehr als 35 Überschreitungen des Tagesmittels von 35 µg/m³, so dass die oBs immer überschritten wurde. Beim CO und bei den Schwermetallen lagen die Jahresmittel immer unterhalb der uBs. Beim Benzo(a)pyren wurden anfangs noch Jahresmittel über der oBs und teilweise sogar über dem Grenzwert, in den letzten drei Jahren unter der oBs, festgestellt. Die Benzol-Jahresmittelwerte lagen zunächst unter der oBs, seit drei Jahren sogar unter der uBs. Auch wenn hiernach für CO, Schwermetalle und Benzol streng genommen keine Messverpflichtung mehr besteht, sollten diese Messungen bis auf weiteres noch fortgesetzt werden, da für diese Komponenten eine Fortführung der Messungen als wirtschaftlicher gegenüber einer Durchführung von Modellrechnungen angesehen wird.

Ausblick im Hinblick auf Luftreinhaltemaßnahmen

Der Luftreinhalteplan von 2005 setzte vor allem bei der Emissionsminderung im Straßenverkehr an. So ist seit 1.1.2008 die Umweltzone in der Innenstadt eingeführt worden. Hierdurch sollte insbesondere der Einsatz modernster Abgasfilter- und Antriebsmotorentechnik durchgesetzt werden. Seit Anfang 2010 ist die Stufe 2 der Umweltzone in Kraft, aufgrund derer nur noch Fahrzeuge mit einer grünen Plakette die Umweltzone befahren dürfen. Tatsächlich ergaben Untersuchungen der Fahrzeugflottenzusammensetzung im Jahr 2010 (siehe SenStadtUm, 2013, Luftreinhalteplan 2011-2017), dass 97 % aller PKW, 91 % der Diesel-PKW, 65 % der kleinen LKW bis 7,7 t und 73-75 % der leichten Nutzfahrzeuge und LKW über 7,5 t inzwischen mit einer grünen Plakette ausgerüstet sind. Die Anzahl der Fahrzeuge mit grüner Plakette lag um 1,5 - 3-mal höher, als es bei der Trendentwicklung ohne Umweltzone zu erwarten gewesen wäre. Die Anzahl hoch emittierender Fahrzeuge ohne Plakette lag 2010 gegenüber der abgeschätzten Trendentwicklung ohne Umweltzone um 70 – 85 % niedriger, der Anteil von Fahrzeugen mit roter Plakette um 50 – 70 % niedriger. Dabei ergaben sich bei den untersuchten Straßenabschnitten keine signifikanten Unterschiede zwischen solchen, die innerhalb und außerhalb der Umweltzone lagen. So kann angenommen werden, dass sich der durch die Umweltzone erzeugte Modernisierungseffekt auch im übrigen Stadtgebiet auswirkt (siehe auch SenGesUmV, 2011). Zu der Abnahme der hoch emittierenden Fahrzeuge und der Fahrzeuge mit roter Plakette hat aber auch die staatliche subventionierte Erneuerung der Fahrzeugflotte in den Jahren 2009/2010 mittels der im Rahmen des Konjunkturpakets II eingeführten „Abwrackprämie“ zu einem erheblichen Teil beigetragen.

Die Jahre 2008, in dem die Umweltzone eingeführt wurde, und 2007 als Vergleichsjahr für die Situation davor wiesen auf Grund günstiger Ausbreitungsbedingungen eine vergleichsweise niedrige Belastung auf. In den Jahren 2010 und 2011 herrschten dagegen wesentlich ungünstigere meteorologische Bedingungen. Dies erschwerte die Bewertung der zweiten Stufe der Umweltzone erheblich und entfachte eine erneute Diskussion über die Sinnhaftigkeit dieser Maßnahme.

So war die der Einführung der Umweltzone zurechenbare Abnahme bei den NO₂-, PM₁₀- und Rußimmissionen von 2007 nach 2008 in den Jahren 2009, 2010 und 2011 nicht zweifelsfrei ermittelbar. Vielmehr kam es zu einer Überlagerung mit dem weit stärkeren Einfluss, den die schlechteren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen von Schadstoffen haben. Deshalb waren die Luftbelastungen mit diesen Schadstoffen in den Jahren 2009 bis 2011 gegenüber 2008 wieder deutlich höher. Wie die Ergebnisse der Jahre 2009 und 2010 zeigen, werden die Einflüsse von Emissionsminderungsmaßnahmen sehr stark von den Einflüssen der jeweiligen klimatischen Situation überlagert. Dies ist besonders stark für PM₁₀ ausgeprägt. Immerhin kann man, mit einiger Vorsicht, der Umweltzone zuschreiben, dass an der Verkehrsmessstelle in der Frankfurter Allee (MC174) im Jahr 2010 von den 54 Tagen, an denen das PM₁₀-Tagesmittel von 50 µg/m³ überschritten wurde, dies nur noch an 29 Tagen (54 %) auf lokale Verkehrsemissionen (also „hausgemacht“) zurückzuführen war (SenStadtUm, Luftreinhalteplan 2011-2017). Im Jahr 2011 waren es schätzungsweise 19 von 48 Überschreitungstagen (40 %). Hingegen ergaben sich für 2006, vor Einführung der Umweltzone, noch 52 von 71 Überschreitungstagen (73 %), die ihre Ursache in lokalen Verkehrsemissionen hatten. Die Anzahl von Tagen, an denen lokale Verkehrsemissionen die Hauptursache der hohen PM₁₀-Belastung waren, ist absolut von 29 (2010) über 19 (2011) auf etwa 13 (in den Jahren 2012 und 2013) zurückgegangen. Wie aber das Jahr 2014 mit den schlechteren Austauschbedingungen zeigt, kann dieser Rückgang in manchen Jahren auch unterbrochen sein. So waren im Jahr 2014 von insgesamt 48 Überschreitungstagen die PM₁₀-Belastungen an 33 Tagen (69 %) überwiegend „hausgemacht“, oder Berlin lag infolge mehrmaliger Winddrehung ohne durchgreifenden Luftmassenwechsel in seiner eigenen Abluftfahne (dies war an 6 Tagen der Fall). An etwa 14 Tagen (29 %) dürfte dagegen eher Ferntransport die Ursache gewesen sein. Im Jahr 2015 wiederum waren von insgesamt 44 Überschreitungen die PM₁₀-Belastungen an 23 Tagen (52 %) überwiegend „hausgemacht“, während an etwa 17 Tagen (39 %) die Belastungen eher von außen in das

Stadtgebiet hineingetragen wurden. Die letztgenannten Überschreitungen werden im Wesentlichen dem Ferntransport zugerechnet, der nicht durch die Umweltzone beeinflussbar war, sondern durch die meteorologischen Verhältnisse und die Emissionen der östlichen und südöstlichen Nachbarstaaten verursacht wurde.

Untersuchungen zur Höhe der Überschreitungen zeigten, dass in den Jahren mit günstigen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen wie 2007 und 2008 die meisten Überschreitungstage Tagesmittel von nur etwas mehr als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufwiesen. Im mäßig belasteten Jahr 2009 lagen an der höchstbelasteten Verkehrsstation in der Frankfurter Allee an 10 Tagen die PM10-Tagesmittel zwischen 50 und $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aber an nur 29 Tagen über $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hier hätte also eine Reduzierung der Feinstaubbelastung um nur $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ schon ausgereicht, um eine Überschreitung der erlaubten Zahl von 35 Überschreitungstagen zu vermeiden (Luftreinhalteplan 2011-2017). In den Jahren mit sehr ungünstigen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen wie 2005, 2006, 2010 oder 2011 dagegen lagen an einigen Verkehrsstationen schon an mindestens 20 Tagen die PM10-Tagesmittel über $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, so dass hier eine Reduzierung der Feinstaubbelastung um mehr als $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erforderlich gewesen wäre, um die Zahl von 35 Überschreitungen einzuhalten. Im Jahr 2015 gab es in der Frankfurter Allee insgesamt 36 Überschreitungstage. Die 36. Überschreitung geschah erst am 31.12.15. Ein Verzicht auf das Silvester-/Neujahrsfeuerwerk, der natürlich leider unrealistisch ist, hätte bewirkt, dass im Jahr 2015 der Kurzzeit-Grenzwert für PM10 eingehalten worden wäre.

Ziel der Umweltzone ist die Reduzierung der Luftbelastung durch PM10 und NO₂ im Vergleich zum Zustand ohne Umweltzone. Wenn nun infolge schlechter meteorologischer Ausbreitungsbedingungen in manchen Jahren die Luftbelastung ansteigt, dann kann es auch schon als Erfolg verbucht werden, wenn dieser Anstieg weniger stark ausfällt, als er ohne Umweltzone ausfallen würde. Die Beurteilung der Wirkung der Berliner Umweltzone auf die Luftqualität beruht auf Untersuchungen zur Veränderung der Verursacheranteile an der PM_{2,5}-Belastung aus dem Jahr 2007, also dem Jahr vor Einführung der Umweltzone sowie auf Auswertung von Luftqualitätsdaten für PM10, NO₂ sowie kohlenstoffhaltigen Partikeln als charakteristischer Bestandteil von Dieselabgasen. Diese Auswertungen ergaben für Feinstaub PM10, dass ohne Umweltzone der Jahresmittelwert 2010 um etwa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder ca. 7 % höher gewesen wäre. Damit konnten etwa 10 Tage mit Überschreitungen des 24h-Grenzwertes an Straßen vermieden werden. Die Stickstoffdioxid-Belastung an Straßen sank durch die Umweltzone um etwa 5 %. Dennoch beträgt die Zusatzbelastung durch den lokalen Verkehr in ausgewählten Abschnitten von Hauptverkehrsstraßen noch zwischen 48 und 62 % der gesamten NO₂-Konzentration in diesen Straßen.

Gerade bei der Schadstoffkomponente Stickstoffdioxid besteht noch großer Handlungsbedarf, um eine Einhaltung der Grenzwerte zu erreichen. Wahrscheinlich wird sich hier ein durchgreifender Erfolg erst nach Umstellung der Fahrzeugflotte auf abgasärmere (Erdgas) oder abgasfreie (Elektromotoren) Antriebe einstellen. Insbesondere scheint es dringend erforderlich, konsequent die Elektromobilität zu fördern.

Quellenangaben

Birmili, W., Engler, C.: Studie zur Charakterisierung und Quantifizierung der räumlichen Herkunft der PM10-Belastung an hoch belasteten Orten. Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V., Hrsg.: Umweltbundesamt. Dessau. 2011.

LAI-Ausschuss, Beschlussvorschlag für die 102. Sitzung vom 24.-25. Januar 2012 in St. Wendel

Meteorologisches Institut der FU Berlin: Winddaten von Berlin-Dahlem 2015, unveröffentlichte Halbstundenmittelwerte.

Meteorologisches Institut der FU Berlin, Hrsg.: Beilagen KBD zur Berliner Wetterkarte. 2015.

Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, (SenGesUmV), Hrsg.: Ein Jahr Umweltzone Stufe 2 in Berlin. Juni 2011.

http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone_1jahr_stufe2_bericht.pdf

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Hrsg.: Luftreinhalte- und Aktionsplan Berlin 2005-2010. Berlin. August 2005.

<http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/index.shtml>

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Hrsg.: Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 in Berlin. (2013)

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/Luftreinhalteplan_Berlin_2011_korrigiert.pdf

Umweltbundesamt: Angaben zur Ozon-Belastung im Internet. 2015.

<http://www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/ozon-belastung>