

Luftgütemessdaten 2009



Impressum:

Herausgeber:

Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz

- Presse und Öffentlichkeitsarbeit -

Brückenstr. 6

10179 Berlin

Tel.: 030-9025-0

Bearbeiter:

Dr. Albrecht v. Stülpnagel, Dr. Heike Kaupp, Rainer Nothard, Jörg Preuß, Michaela Preuß

unter Mitarbeit von:

Klaus-Dieter Gäde, Dr. Katja Grunow, Helmut Herzog, Sylvia Krüger,
Wolf-Dieter Pfau, Grit Rosner, Martin Schacht, Beate Stock, Dr. Ernst Ulrich

Berlin, August 2010

Bezug des Berichtes bei:

Dr. Albrecht v. Stülpnagel, Tel.: (030) 9025 – 2319, Fax: (030) 9025 – 2952

E-Mail: albrecht.stuelpnagel@senguv.berlin.de

Veröffentlichung des Berichts und der Messdaten im Internet unter:

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

Veröffentlichung des Luftreinhalteplans: (Luftreinhalte- und Aktionsplan Berlin 2005-2010.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Hrsg., August 2005), im Internet unter:

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

Titelbild: SenGesUmV, Messstation 220 (Neukölln, Karl-Marx-Str. 77)

Begriffsbestimmungen:

- | | |
|--------------------|---|
| Chemolumineszenz | = Ausstrahlung von Licht bei der Reaktion von Stickstoffmonoxid mit Ozon zu Stickstoffdioxid und Sauerstoff (Verfahren zur Bestimmung von Stickstoff monoxid und -dioxid) |
| UV-Fluoreszenz | = Verfahren zur Messung von Schwefeldioxid, das auf der Abstrahlung von Ultraviolettstrahlung durch Schwefeldioxid-Moleküle bei Einwirkung von Ultraviolettlicht beruht |
| Beta-Absorption | = Absorption von radioaktiver Strahlung eines Beta-Strahlers durch die Staubbelegung auf einem Filterband (Verfahren zur Bestimmung von Schwebstaub) |
| Gravimetrie | = Verfahren zur Bestimmung von Schwebstaub durch Auswägung bestaubter Filter |
| PM10 bzw. PM2,5 | = Partikelfraktion mit aerodynamischen Durchmessern kleiner oder gleich 10 µm bzw. kleiner oder gleich 2,5 µm |
| AOT40 | = 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) |
| 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. |

Die Luftqualität in Berlin im Jahr 2009

Die Bundesländer sind nach § 44 (1) des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) und der 22. und 33. BImSchV verpflichtet, die Luftverunreinigung kontinuierlich zu überwachen. Berlin kommt dieser Verpflichtung mit dem Berliner Luftgüte-Messnetz (BLUME) nach. Dieses bestand im Jahr 2009 aus 16 automatisch registrierenden Messstationen für Luftschadstoffe. Davon waren zur Beschreibung der allgemeinen Immissionssituation fünf Messstationen im innerstädtischen Hintergrund (Wohn- und Gewerbegebieten), fünf im Stadtrand- und Waldbereich und sechs an Verkehrsschwerpunkten eingerichtet. An allen Stationen wurden Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid (mit dem Chemolumineszenzverfahren), an 14 Stationen Staub der PM₁₀-Fraktion (durch Absorption von Beta-Strahlung), an 7 Stationen Ozon (durch Absorption von UV-Strahlung), an 2 Stationen Kohlenmonoxid (durch Absorption von Infrarotstrahlung), an 4 Stationen Benzol (durch Gaschromatographie) und an 2 Stationen Schwefeldioxid (durch UV-Fluoreszenz) gemessen. An 3 bzw. 4 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 (siehe unten) und zusätzlich an einer Station in einer Hauptverkehrsstraße wurden gravimetrisch Partikelmessungen in der PM_{2,5}-Fraktion durchgeführt.

Da der Straßenverkehr einen erheblichen Beitrag zur Immissionsbelastung für die meisten Schadstoffe liefert, wurde das automatische Messnetz vor allem in Bereichen mit hohem Verkehrsaufkommen, in denen aus Platzgründen kein Messcontainer betrieben werden könnte, um kleine, an Straßenlaternen zu befestigende Probenahmegeräte (RUBIS) ergänzt. Auf diese Weise wurde im Jahr 2009 zusätzlich an 23 Punkten im Berliner Stadtgebiet die Belastung mit Ruß und Stickstoffoxiden in zweiwöchiger Auflösung ermittelt. Bereits früher wurde gezeigt, dass aus den so gewonnenen Rußdaten mit hinreichender Qualität eine Abschätzung der PM₁₀-Belastung möglich ist. Die Standorte aller Stationen des Berliner Luftgüte-Messnetzes sind Tab. 1 zu entnehmen. Die Beurteilung der gemessenen Immissionsbelastung erfolgt durch Vergleich mit den geltenden Grenz- und Zielwerten (vgl. Tab. 2).

Das Jahr 2009 war gegenüber dem 30-jährigen Mittel 1961-90 in sechs Monaten zu warm und in vier Monaten zu kalt (s. Abb. 1). Hervorzuheben ist ein sehr feuchter Oktober (er erhielt gegenüber dem 30-jährigen Mittel eine Niederschlagsmenge von 227 %) und ein sehr trockener April (er erhielt gegenüber dem 30-jährigen Mittel nur 9 % der monatlichen Niederschlagsmenge) (s. Abb. 2). Die Windrichtungsverteilung bei allen und bei geringen Windgeschwindigkeiten ist Abb. 3 und 4 zu entnehmen. Wie zu erkennen ist, sind gerade die Schwachwind-Wetterlagen zu einem erheblichen Teil mit südöstlichen und südlichen Winden verbunden. Bei diesen Wetterlagen können auch schadstoffvorbelastete Luftmassen aus dem angrenzenden Ausland (Tschechien und Südpolen) in den Berliner Raum gelangen. Die mittlere Windgeschwindigkeit 2009 lag um 0,2 m/s niedriger als 2008. Die Monate Januar, Februar und April 2009 zeichneten sich durch häufige Hochdruckwetterlagen mit südlichen bis östlichen Winden aus. Speziell im kalten Januar traten dazu auch ausgeprägte Inversionen auf. Diese ungünstigen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen, verbunden mit stärkeren, vermutlich auch hausbrandbedingten, Schadstoffemissionen in den kalten Wintermonaten hatten gegenüber 2008 erheblich höhere PM₁₀-Konzentrationen zur Folge.

Die **Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit** wurden für Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Benzol weit unterschritten (vgl. Tab. 3 ,4, 5).

Beim Ozon (s. Tab. 6) wurde im Jahr 2009 der Grenzwert für das Achtstunden-Mittel am Stadtrand zwischen 5- und 16-mal, im innerstädtischen Hintergrund 3- bis 6-mal überschritten. Im Mittel über die letzten 3 Jahre gab es zwischen 11 und 27 Überschreitungen. Mithin wurde der Zielwert für 2010 im Dreijahresmittel nur an einer von fünf Stadtrandstationen (Friedrichshagen) überschritten. Bei isolierter Betrachtung des Jahres 2009 dagegen gab es keine Überschreitung. Das Jahr 2009 war im Hinblick auf die Ozonbelastung als sehr gering belastet einzustufen. Die Informationsschwelle wurde im gesamten Jahr 2009 kein einziges Mal überschritten.

Beim Stickstoffdioxid (s. Tab. 7) wurden am Stadtrand Jahresmittel von 13-16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, im innerstädtischen Hintergrund von 21-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in Straßennähe aber zwischen 44 und 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Die Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge für das Jahr 2009 wurde somit an allen sechs automatischen Straßenmessstellen überschritten, wenn auch an Station 174 (Frankfurter Allee) mit 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nur knapp. Die Messungen mit NO_2 -Passivsammlern geben Hinweise darauf, dass Grenzwertüberschreitungen in vielen Straßenzügen der Innenstadt zu unterstellen sind. Beim Einstunden-Mittelwert wurde die Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge von 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an drei Stationen zwischen zwei- und viermal überschritten, mithin dieser Kurzzeit-Grenzwert eingehalten.

Die an den Stationen des automatischen Messnetzes ermittelten PM_{10} -Jahresmittelwerte (s. Abb. 5) lagen am Stadtrand bei 21-23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, im innerstädtischen Hintergrund bei 24-28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und an Schwerpunkten des Straßenverkehrs bei 28-38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (s. Tab. 8). Damit wurde der Grenzwert für das Jahresmittel auch an der höchst belasteten Messstelle nicht überschritten. Auch aus den RUBIS-Messungen ergaben sich im Jahr 2009 keine Hinweise auf Grenzwertüberschreitungen beim PM_{10} in Straßenschluchten. Das wesentlich größere Problem ist die Einhaltung des Grenzwerts für das Tagesmittel. Im gegenüber 2008 deutlich höher belasteten Jahr 2009 lag die Zahl der Überschreitungen an allen Messstellen am Stadtrand mit 7-12 und im innerstädtischen Hintergrund mit 14-20 Überschreitungen deutlich unter den zulässigen 35. An den verkehrsnahen Messstellen wurden an vier Stationen zwischen 22 und 35 Überschreitungen beobachtet. In der Frankfurter Allee (Station 174) wurde der Grenzwert für das PM_{10} -Tagesmittel mit 39 Überschreitungen verletzt, ebenso im Mariendorfer Damm (Station 124) mit 73 Überschreitungen (Tab. 8). An der letztgenannten Station wurden diese hohen PM_{10} -Belastungen zum großen Teil durch eine unmittelbar benachbarte Baustelle verursacht, die vom 09.02.-31.07.09 bestand. Das Jahr 2009 steht beim PM_{10} hinsichtlich des Jahresmittels und der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an achter Stelle der vergangenen zehn Jahre. Weniger Überschreitungen gab es nur in den Jahren 2007 und 2008.

Die Benzo(a)pyren-Jahresmittelwerte 2009 (s. Tab. 9) betragen 0,5-1,0 ng/m^3 . Damit lagen alle Straßen- und innerstädtischen Hintergrund-Messstellen, wenn auch an den Stationen 174 und 042 sehr knapp, unterhalb des Zielwerts für 2012. Die Jahresmittel lagen nur an zwei Messstellen unter der oberen Beurteilungsschwelle (0,6 ng/m^3), während die untere Beurteilungsschwelle (0,4 ng/m^3) nicht unterschritten wurde.

Die Schwermetallkonzentrationen im PM_{10} (s. Tab. 10) lagen deutlich unterhalb der jeweiligen Zielwerte und betragen beim Arsen 0,8-1,2 ng/m^3 , beim Cadmium 0,1 ng/m^3 und beim Nickel 0,2-1,3 ng/m^3 . Beim Blei lagen sie mit 7,7-10,9 ng/m^3 deutlich unter dem Grenzwert. Die Schwermetall-Jahresmittel lagen 2009 in ungefähr gleicher Höhe wie 2008, beim Nickel allerdings deutlich niedriger.

Die $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittel 2009 (s. Tab. 11) lagen mit 17,6-19,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im innerstädtischen Hintergrund und 21,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Straßenmessstelle in der Frankfurter Allee unterhalb des ab 2010 gültigen Zielwertes. Verglichen mit dem Jahr 2008 lagen sie etwas niedriger. In der Luftqualitätsrichtlinie der EU (Richtlinie 2008/50/EG) wird für $\text{PM}_{2,5}$ ein Indikator für die durchschnittliche Exposition (Average Exposure Indicator = AEI) festgelegt. Dieser soll für jeden EU-Mitgliedstaat gesondert ermittelt werden. Dazu wird ein gleitender Jahresmittelwert über drei

Jahre aus den PM_{2,5}-Messstellen im städtischen Hintergrund ermittelt. In Berlin wird an drei Stationen im städtischen Hintergrund, in Neukölln (MC042), Mitte (MC171) und Wedding (MC010) PM_{2,5} gemessen. Der AEI für das Referenzjahr 2010 ist der Mittelwert der Jahre 2008, 2009 und 2010. Der Jahresmittelwert der drei genannten Berliner AEI-Stationen betrug im Jahr 2008 18,4 µg/m³, im Jahr 2009 18,6 µg/m³. Für das Jahr 2010 zeichnet sich eine höhere Belastung ab, so dass der Dreijahres-Mittelwert in Berlin vermutlich bei 19-20 µg/m³ liegen wird. In Mecklenburg-Vorpommern lag der Jahresmittelwert 2009 der dortigen AEI-Stationen bei nur 13 µg/m³, in anderen Bundesländern bei 15-16 µg/m³ (die höheren Werte in Berlin dürften mit der höheren Vorbelastung durch Ferntransport aus den östlichen und südöstlichen Nachbarstaaten zusammenhängen). Der bundesweite AEI für das Referenzjahr 2010 könnte damit bei etwa 18 µg/m³ liegen. Anhand dieses AEI 2010 ist in der Richtlinie 2008/50/EG ein nationales Reduktionsziel bis zum Jahr 2020 (Mittelwert der Jahre 2018, 2019, 2020) festgelegt. Liegt der AEI 2010 beispielsweise bei 13 bis kleiner 18 µg/m³, dann müsste er bis 2020 um 15 % reduziert werden. Beträgt er 18 bis kleiner 22 µg/m³, dann liegt das nationale Reduktionsziel sogar bei 20 %. Auch wenn im Jahr 2009 der PM_{2,5}-Zielwert für 2010 in Berlin gut eingehalten wird, dürfte die Einhaltung des Reduktionsziels bis 2020 schwierig sein und erhebliche Anstrengungen erfordern.

Grenzwerte zum Schutz von Ökosystemen und Vegetation: Der Grenzwert für den Vegetationsschutz für NO_x hat streng genommen keine Geltung für Stadtgebiete. 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. 12) lag am Stadtrand bei 19-22 µg/m³, im innerstädtischen Hintergrund bei 29-43 µg/m³ und an den Straßen-Messstellen bei 93-149 µg/m³. Der entsprechende Grenzwert wäre nur am Stadtrand und an einer innerstädtischen Hintergrundmessstelle nicht überschritten worden.

Beim Ozon blieb der AOT40-Wert, gemittelt über die letzten 5 Jahre, an fast allen Bodenstationen unter dem künftigen Zielwert bis 2010. Er wurde nur in Friedrichshagen knapp überschritten. Der AOT40-Wert zum Schutz von Waldökosystemen (summiert über April bis September) betrug 12000-26000 µg/m³ h. An den Stadtrandstationen Buch und Marienfelde überschritt er knapp, in Friedrichshagen deutlich den kritischen Belastungswert von 20000 µg/m³ h.

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

Exemplarisch sollen nun einige **Langzeittrends** betrachtet werden:

Die PM₁₀ Jahresmittelwerte (Abb. 5) gingen nur bis zum Jahr 2000 zurück, danach schwankten sie von Jahr zu Jahr in Abhängigkeit von der klimatischen Situation. Die 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. Abb. 6 enthält als Säulengrafik die PM₁₀-Jahresmittelwerte und die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ von 1999 bis 2009 an der Station Frankfurter Allee. Es fällt auf, dass die Jahresmittelwerte lediglich um 30 % streuen, die Anzahl der Überschreitungen jedoch um den Faktor 4 variiert. Sehr gut ist die unterschiedliche PM₁₀-Belastung in den letzten Jahren hinsichtlich der Überschreitungstage den Abbildungen 7 und 8 zu entnehmen. Hier ist für die Stationen Frankfurter Allee (Abb. 7) und Neukölln, Nansenstr. (Abb. 8) dargestellt, an wie vielen Tagen in den letzten fünf Jahren welcher PM₁₀-Tagesmittelwert überschritten wurde. Je flacher die Kurve nach rechts abfällt, desto häufiger wurden auch hohe Tagesmittelwerte überschritten, und desto belasteter war das Jahr. Deutlich ist hier zu sehen, dass die PM₁₀-Belastung im Jahr 2006 am höchsten, 2008 am niedrigsten war, während 2009 in den letzten fünf Jahren in der Mitte liegt. Gerade 2006 fiel in den Wintermonaten (Januar bis März) durch niedrige

Temperaturen und häufige Hochdruckwetterlagen mit südöstlichen Winden auf, während 2007 und 2008 solche Wetterlagen viel seltener auftraten und die winterlichen Temperaturen viel milder waren. Die Langzeitbetrachtung zeigt, dass die Belastung mit PM10 zwar sensibel auf Emissionsminderungsmaßnahmen reagiert, aber die Abhängigkeit von den meteorologischen Bedingungen erheblich ist.

Beim Stickstoffdioxid (Abb. 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. In Straßen nahmen die Jahresmittelwerte 2005 und 2006 sogar wieder zu. Dies kann einerseits mit der klimatischen Situation (erhöhte Anzahl windschwacher Hochdruckwetterlagen), andererseits mit der in letzter Zeit beobachteten Zunahme der direkten Emission von Stickstoffdioxid durch neuere Dieselfahrzeuge erklärt werden. Die Werte von 2007 waren gegenüber denen von 2006 um etwa 8 % niedriger, was sicher im Zusammenhang mit dem deutlich vermehrten Auftreten austauschreicher Wetterlagen stehen dürfte. Noch etwas niedrigere Werte wurden im Jahr 2008 beobachtet, während sie demgegenüber im Jahr 2009 auf Grund der schlechteren meteorologischen Austauschbedingungen wieder etwas höher waren. Insgesamt aber zeigen die Stickstoffdioxid-Immissionen weniger Reaktion auf die meteorologischen Verhältnisse als z.B. die PM10-Immissionen. Insbesondere lagen sie selbst in den Jahren mit den günstigsten meteorologischen Ausbreitungsbedingungen an allen Straßenstandorten noch über dem ab 01.01.2010 gültigen Grenzwert für das Jahresmittel, der nach dem derzeitigen Stand kaum mehr einzuhalten ist.

Ein besonders guter Indikator für die Abgase aus Verbrennungsprozessen, insbesondere von Kfz-Motoren, ist Ruß. Die Rußmessungen haben sich im Hinblick auf die Wirksamkeit der Umweltzone als außerordentlich wertvoll erwiesen. So gingen an Verkehrsstandorten die Rußwerte von 2007 nach 2008 um 6-10 % zurück. Aber auch die Rußbelastung ist stark von den meteorologischen Austauschbedingungen abhängig. Die Trendgrafiken beim Benzol (Abb. 10) zeigen an den Straßenstandorten bis 2004 eine deutliche Abnahme der Jahresmittel. Seitdem streuen die Benzol-Jahresmittelwerte in Abhängigkeit von den meteorologischen Randbedingungen.

Die Ozon-Jahresmittel (Abb. 11) folgen keinem erkennbaren Trend, sondern sind schon seit Jahren gekennzeichnet von der klimatischen Situation des jeweiligen Sommers (Temperaturen, Bewölkung). Sie lagen von Jahr zu Jahr höher oder niedriger, in der Regel zwischen 38 und 48 µg/m³ im Mittel über alle Stationen. Wie das Jahr 2006 zeigt, kann es bei für die Ozonbildung günstigen meteorologischen Voraussetzungen (hohe Temperaturen, hohe Sonnenscheindauer) trotz erheblicher Minderung der Vorläufersubstanzen weiterhin zu hohen Ozonkonzentrationen kommen.

Die Verfügbarkeit der Daten des automatischen Messnetzes ist Tab. 13 zu entnehmen.

Ausblicke im Hinblick auf Luftreinhaltemaßnahmen

Der Luftreinhalteplan von 2005, der Maßnahmen zur zukünftigen Einhaltung der Grenz- und Zielwerte der 22. und 33. BImSchV vorsah, 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. Tatsächlich ergaben Untersuchungen der Fahrzeugflottenzusammensetzung im Jahr 2009, dass 73 % der PKW und 50 % der Nutzfahrzeuge mit einer grünen Plakette ausgerüstet waren. Aus Hochrechnungen, denen Verkehrsdaten im Jahr 2007 zugrunde lagen, ließ sich abschätzen, dass dann, wenn die Umweltzone nicht eingeführt worden wäre, im Jahr 2009 erst 44 % der PKW und 20 % der Nutzfahrzeuge mit einer grünen Plakette ausgestattet wären. 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.

Die berechneten Schadstoffemissionen dieser im September 2009 in Berlin ermittelten Fahrzeugflotte waren verglichen mit der Fahrzeug-Durchschnittsflotte in Deutschland 2009 bei den Stickoxiden um 17 %, bei den Partikeln um 33 % niedriger.

Dem Jahr 2009 kommt als dem ersten Jahr seit Einführung der Umweltzone mit für die Verdünnung von Schadstoffen vergleichsweise ungünstigeren meteorologischen Bedingungen eine wichtige Bedeutung zu, nachdem das Jahr 2008, in dem die Umweltzone eingeführt wurde, sich durch ähnlich günstige meteorologische Ausbreitungsbedingungen wie 2007 dargestellt hatte. So hat sich die der Einführung der Umweltzone zurechenbare Abnahme bei den NO₂-, PM10- und Rußimmissionen von 2007 nach 2008 im Jahr 2009 aus den oben genannten Gründen nicht fortgesetzt. Vielmehr waren die Luftbelastungen mit diesen Schadstoffen im Jahr 2009 sogar gegenüber 2008 wieder höher. Wie die Ergebnisse des Jahres 2009 zeigen, werden die Einflüsse von Emissionsminderungsmaßnahmen sehr stark von den Einflüssen der jeweiligen klimatischen Situation überlagert. Dies trifft besonders beim PM10 zu.

Tab.1: Standorte des Berliner Luftgüte-Messnetzes 2009

Nr.	Standort	Nr.	Standort
Innerstädtische Hintergrundmessstationen		Verkehrsmessstationen	
010	Wedding, Amrumer/Limburger Str.		
018	Schöneberg, Belziger Str. 52	573	Wedding, Badstr. 67
042/517	Neukölln, Nansenstr. 10	576	Spandau, Klosterstr.
171	Mitte, Brückenstr. 6	578	Treptow, Glienicker Weg 95-115
282	Karlshorst, Rheingoldstr., geg. 36/37	579	Wittenau, Eichborndamm 23-25
Verkehrsmessstationen		580	Westend, Spandauer Damm 54
115	Charlottenbg., Hardenbergplatz	124	Mariendorf, Mariendorfer Damm 148
117/521	Steglitz, Schildhornstr. 76		
143/522	Neukölln, Silbersteinstr. 1		
174/519	Friedrichshain, Frankfurter Allee 86 b		
220/523	Neukölln, Karl-Marx-Str. 77		
501	Weissensee, Berliner Allee 118	Stadtrandmessstationen	
504	Tiergarten, Beusselstr. 66	027	Marienfelde, Schichauweg 60, WaBoLu
505	Tiergarten, Potsdamer Str. 102	032	Grunewald, Jagen 91
507	Schöneweide, Michael Brückner Str. 4	077/535	Buch, Wiltbergstr. 50, Klinikum
513	Schöneweide, Spreestr. 2	085	Friedrichshagen, Müggelseedamm 307-310
514	Friedrichsfelde, Alt Friedrichsfelde 8 a	145	Frohnau, Jägerstieg 1
525	Mitte, Leipziger Str. 32	Meteorologiemessstationen	
528	Charlottenburg, Kantstr. 117	032	Grunewald, Jagen 91, 3 und 27 m Höhe
530	Schöneberg, Hauptstr. 30		
533	Neukölln, Hermannstr. 120		
537	Tiergarten, Alt-Moabit 63		
539	Steglitz, Schloßstr. 29		
542	Tempelhof, Tempelhofer Damm 148		
545	Neukölln, Sonnenallee 68	Alle Messstellen mit Nummern größer als 500 messen Wochenmittelwerte von NO2 (Passivsammler) und Ruß (Aktivsammler). Die anderen (automatischen) Messstellen messen kontinuierlich in 5-minütiger Auflösung im wesentli- chen Stickstoffoxide und PM10, teilweise auch Kohlenmon- oxid, Schwefeldioxid, Ozon und Benzol	
547	Friedrichshain, Landsberger Allee 6-8		
555	Kreuzberg, Hermannplatz, Laterne 21		
559	Britz, Buschkrugallee, Laterne 3		
562	Mitte, Friedrichstr., Laterne 156		

Tab. 2: Immissionswerte für Luftverunreinigungen nach der 22. und 33. BImSchV und der Richtlinie 2008/50/EG

Komponente	Mittel über	Grenzwert (GW), (für Benzo(a)pyren, Schwermetalle u. 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)	30 µg/m ³	3	seit 1.1.2005
Stickstoffdioxid ²⁾	1 h	200 µg/m ³	18	ab 1.1.2010
	1 Jahr (1 Jahr, GW+TM)	40 µg/m ³ 42 µg/m ³	--	ab 1.1.2010 GW+TM im Jahr 2009)
Summe der Stickoxide	1 Jahr (zum Schutz von Ökosystemen)	30 µg/m ³		ab 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	Zielwert, 1 Jahr	25 µg/m ³	--	ab 1.1.2010
	GW Stufe 1, 1 Jahr	25 µg/m ³	--	ab 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	--	ab 1.1.2010
Ozon	8 Stunden	¹⁾ 120 µg/m ³ höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages	25 (gemittelt über 3 Jahre)	ab 1.1.2010
	1-Stunden-Mittelwert	180 µg/m ³ Inform.schwelle		
	1-Stunden-Mittelwert	240 µg/m ³ Alarmschwelle		
Ozon	AOT40, Summe über Mai – Juli	¹⁾ 18000 µg/m ³ h, gemittelt über 5 Jahre		ab 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		ab 31.12.2012
Kadmium (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	¹⁾ 5 ng/m ³		ab 31.12.2012
Nickel (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	¹⁾ 20 ng/m ³		ab 31.12.2012
Benzo(a)pyren (im PM10)	1 Jahr (Kalenderjahr)	¹⁾ 1 ng/m ³		ab 31.12.2012

¹⁾: Zielwerte – Für Quecksilber ist kein Zielwert festgelegt; hier schreibt die Richtlinie nur orientierende Messungen vor.

²⁾: Für das Stickstoffdioxid-Jahresmittel gilt der Grenzwert bis einschließlich 2009 erst dann als überschritten, wenn die Summe aus Grenzwert + Toleranzmarge (GW+TM) überschritten wurde. (Für das Jahr 2009 betrug GW+TM 42 µg/m³).

Klimatische Übersicht für das Jahr 2009

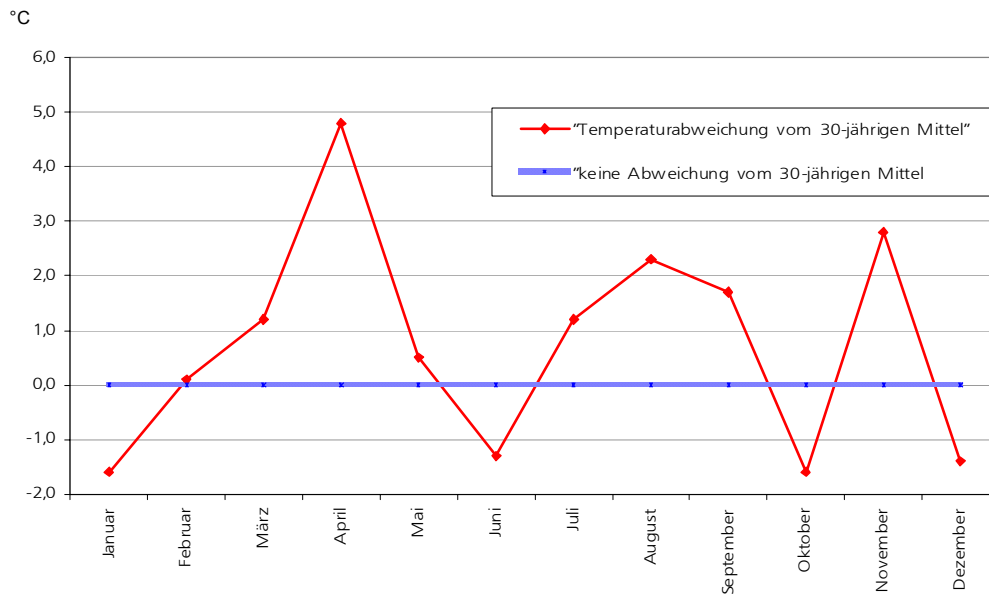


Abb. 1: Abweichungen der Monatsmitteltemperaturen im Jahr 2009 in Berlin-Dahlem vom 30-jährigen Mittel (1961-1990) ¹⁾

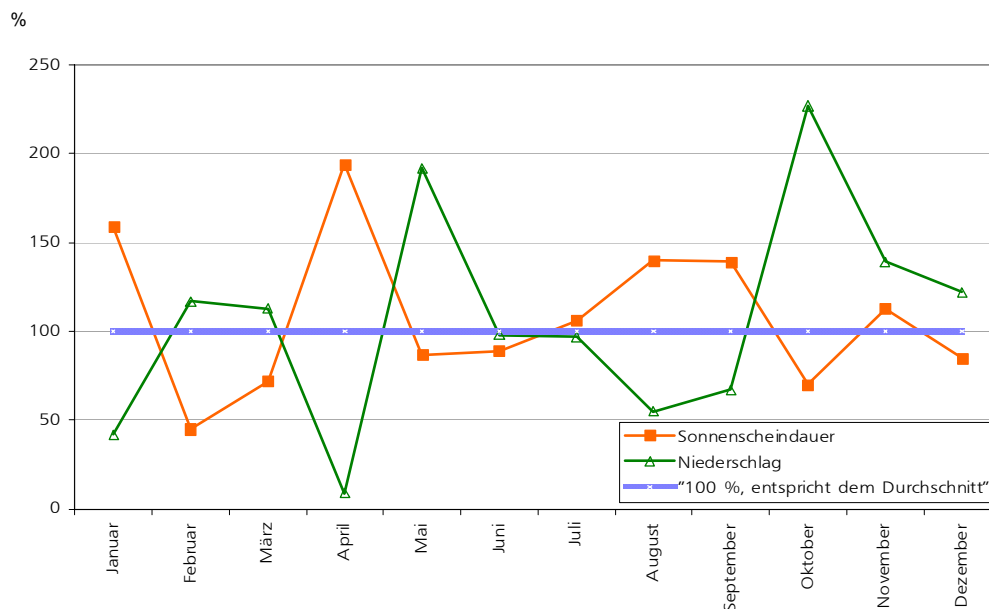


Abb. 2: Prozentuale Abweichung der Sonnenscheindauer und des Niederschlags in Berlin-Dahlem in den Monaten des Jahres 2009 vom 30-jährigen Mittel (1961-1990) ¹⁾

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

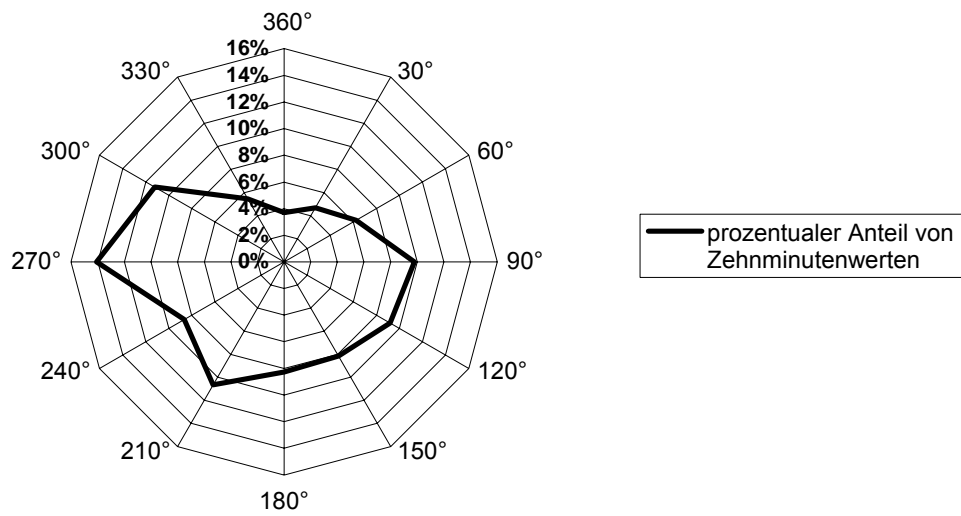


Abb. 3: Windrichtungsverteilung in Berlin-Dahlem im Jahr 2009 (alle Windgeschwindigkeiten) ²⁾

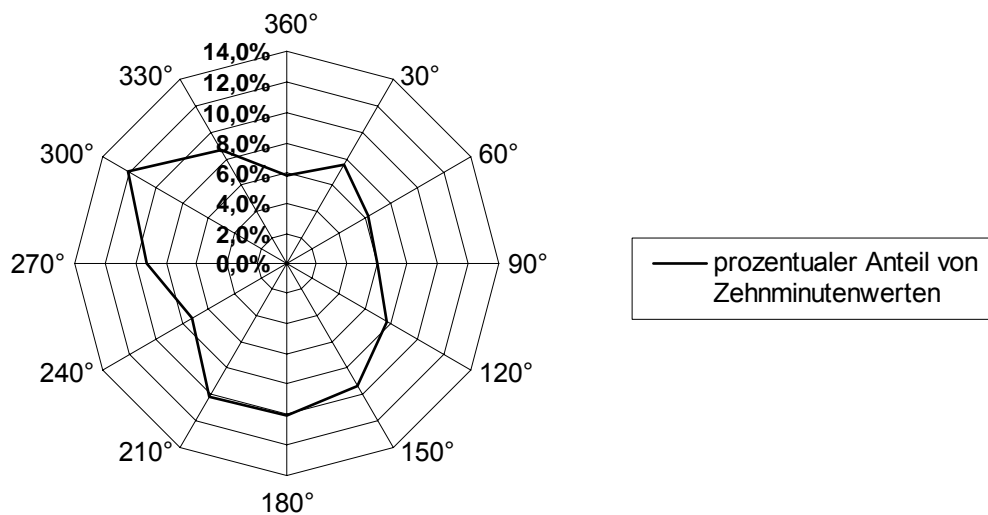


Abb. 4: Windrichtungsverteilung im Jahr 2009 in Berlin-Dahlem bei Windgeschwindigkeiten <= 2 m/s ²⁾

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

Kennwerte 2009

Tab. 3: Schwefeldioxid (SO₂)

Lage	Station	Jahresmittel 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
Innenstadt	Karlshorst (282)	3	0	0
Straße	Frankfurter Allee (174)	3	0	0

Alle Grenzwerte wurden eingehalten

Tab. 4: Kohlenmonoxid (CO)

Lage	Station	Jahresmittel mg/m ³	MAX_8H mg/m ³
Straße	Schildhornstr. (117)	0,6	1,9
	Frankfurter Allee (174)	0,5	1,9

der Grenzwert der 22.BImSchV für den maximalen 8-Stunden-Mittelwert von 10 mg/m³ wurde überall eingehalten

Tab. 5: Benzol:

Lage	Station	Jahresmittel µg/m ³
innerstädt.Hintergrund	Wedding (MC010)	1,2
innerstädt.Hintergrund	Neukölln (MC042)	1,2
Straße	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	2,1
Straße	Schildhornstr. 76 (MC117)	2,3

Grenzwert+Toleranzmarge der 22.BImSchV für das Jahresmittel (6 µg/m³ im Jahr 2008) und auch der im Jahr 2010 einzuhaltende Grenzwert (5 µg/m³) wurden deutlich unterschritten.

Tab. 6: Ozon

Lage	Station	JM	MAX_8H	U120	U120, Mittel über 3 Jahre
		µg/m³	µg/m³	Anzahl	Anzahl
Stadtrand	MC027 (Marienfelde)	46	137	9	20
	MC032 (Grunewald)	41	130	5	11
	MC077 (Buch)	46	140	12	18
	MC085 (Friedrichshagen)	49	139	16	27
	MC145 (Frohnau)	44	140	11	15
innerstädt.	MC010 (Wedding)	39	133	3	11
Hintergrund	MC042 (Neukölln)	41	130	6	12

	Station	U180	U240	AOT-P (2009)	AOT-P (letzte 5 Jahre)	AOT-W (2009)
		Anzahl	Anzahl	µg/m³ *h	µg/m³ *h	µg/m³ *h
Stadtrand	MC027 (Marienfelde)	0	0	9021	17701	21278
	MC032 (Grunewald)	0	0	5417	10653	16097
	MC077 (Buch)	0	0	8771	15514	21569
	MC085 (Friedrichshagen)	0	0	11243	18876	25984
	MC145 (Frohnau)	0	0	7454	12105	18830
innerstädt.	MC010 (Wedding)	0	0	4308	9590	12401
Hintergrund	MC042 (Neukölln)	0	0	5338	11155	15297

- 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 33.BImSchV: 25 Tage/Jahr)
- U180 Anzahl der Tage mit Überschreitung des 1-Stundenwerts zur Information der Bevölkerung von 180 µg/m³
- U240 Anzahl der Tage mit Überschreitung des 1-Stundenwerts 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) (künftiger Zielwert bis 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

Tab. 7: Stickstoffdioxid (NO₂)

Lage	Station	Jahres- mittel µg/m ³	Anzahl der Überschrei- tungen des 1h-Mittels von 200µg/m ³ GW	Anzahl der Überschrei- tungen des 1h-Mittels von 210µg/m ³ GW+TM
Stadtrand	Marienfelde (MC027)	16	0	0
	Grunewald (MC032)	15	0	0
	Buch (MC077)	14	0	0
	Friedrichshagen (MC085)	13	0	0
	Frohnau (MC145)	13	0	0
innerstädti- scher Hintergrund	Wedding (MC010)	28	0	0
	Schöneberg (MC018)	28	0	0
	Neukölln (MC042)	28	0	0
	Karlshorst (MC282)	21	0	0
	Mitte (MC171)	28	0	0
Straße	* <i>Berliner Allee 118 (MS501)</i>	54		
	* <i>Beusselstr. 66 (MS504)</i>	56		
	* <i>Potsdamer Str. 3 (MS505)</i>	65		
	* <i>Michael Brückner Str. 4 (MS507)</i>	58		
	* <i>Spreestr. 2 (MS513)</i>	40		
	* <i>Alt Friedrichsfelde 8a (MS514)</i>	52		
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	44	0	0
	Schildhornstr. 76 (MC117)	55	0	0
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	56	5	3
	Karl-Marx-Str. 77 (MC220)	55	0	0
	* <i>Leipziger Str. 32 (MS525)</i>	79		
	* <i>Kantstr. 117 (MS528)</i>	54		
	* <i>Hauptstr. 30 (MS530)</i>	64		
	* <i>Hermannstr. 120 (MS533)</i>	55		
	* <i>Alt Moabit 63 (MS537)</i>	64		
	* <i>Schloßstr. 29 (MS539)</i>	62		
	* <i>Tempelhofer Damm 148 (MS542)</i>	57		
	* <i>Sonnenallee 68 (MS545)</i>	58		
	* <i>Landsberger Allee 6-8 (MS547)</i>	55		
	* <i>Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)</i>	54		
	* <i>Buschkrugallee, Laterne 3 (MS559)</i>	62		
	* <i>Friedrichstr., Laterne 156 (MS562)</i>	51		
	Hardenbergplatz (MC115)	62	8	4
	* <i>Badstr. (MS573)</i>	49		
	* <i>Spandau, Klosterstr. (MS576)</i>	56		
	* <i>Glienicker Weg (MS578)</i>	38		
	* <i>Eichborndamm 23-25 (MS579)</i>	42		
* <i>Spandauer Damm 54 (MS580)</i>	43			
Mariendorfer Damm 148 (MC124)	53	3	2	

Fortsetzung Stickstoffdioxid:

der Grenzwert der 22.BImSchV für das Jahresmittel beträgt vom Jahr 2010 an 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Grenzwert+Toleranzmarge der 22.BImSchV für das Jahresmittel beträgt im Jahr 2009 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

GW Kurzzeit-Grenzwert der 22.BImSchV für 1-Stundenmittelwerte: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(darf vom Jahr 2010 an im Kalenderjahr 18-mal überschritten werden)

GW+TM Kurzzeit-Grenzwert+Toleranzmarge (für 2009) der 22.BImSchV
für 1-Stundenmittelwerte: 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(darf im Kalenderjahr 18-mal überschritten werden)



Grenzwert+Toleranzmarge für Jahresmittel oder Kurzzeit-GW+TM wurden nicht überschritten



Grenzwert+Toleranzmarge für Jahresmittel oder Kurzzeit-GW+TM wurden überschritten

* (kursiv gedruckt) Passivsammler-
messung

Tab. 8: PM10

Lage	Station	Jahresmittel µg/m ³	Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m ³
Stadtrand	Marienfelde (MC027)	23	12
	Grunewald (MC032)	21	11
	Buch (MC077)	22	9
	Friedrichshagen (MC085)	22	7
	Frohnau (MC145)		
innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	24	14
	Schöneberg (MC018)	25	16
	Neukölln (MC042)	27	20
	Karlshorst (MC282) Mitte (MC171)	28	19
Straße	* <i>Berliner Allee 118 (MS501)</i>	33	
	* <i>Beusselstr. 66 (MS504)</i>	30	
	* <i>Potsdamer Str. 3 (MS505)</i>	32	
	* <i>Michael Brückner Str. 4 (MS507)</i>	35	
	* <i>Spreestr. 2 (MS513)</i>	30	
	* <i>Alt Friedrichsfelde 8a (MS514)</i>	32	
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	34	39
	Schildhornstr. 76 (MC117)	29	28
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	33	35
	Karl-Marx-Str. 77 (MC220)	30	23
	* <i>Leipziger Str. 32 (MS525)</i>	34	
	* <i>Kantstr. 117 (MS528)</i>	29	
	* <i>Hauptstr. 30 (MS530)</i>	32	
	* <i>Hermannstr. 120 (MS533)</i>	32	
	* <i>Alt Moabit 63 (MS537)</i>	33	
	* <i>Schloßstr. 29 (MS539)</i>	29	
	* <i>Tempelhofer Damm 148 (MS542)</i>	32	
	* <i>Sonnenallee 68 (MS545)</i>	34	
	* <i>Landsberger Allee 6-8 (MS547)</i>	35	
	* <i>Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)</i>	34	
	* <i>Buschkrugallee, Laterne 3 (MS559)</i>	35	
	* <i>Friedrichstr., Laterne 156 (MS562)</i>	30	
	Hardenbergplatz (MC115)	28	22
	* <i>Badstr. (MS573)</i>	31	
	* <i>Spandau, Klosterstr. (MS576)</i>	31	
	* <i>Glienicker Weg (MS578)</i>	29	
	* <i>Eichborndamm 23-25</i>	29	
* Mariendorfer Damm 148 (MC124)	38	73	

- der Grenzwert der 22.BImSchV für das Jahresmittel beträgt 40 µg/m³
- der Tagesmittelwert von 50 µg/m³ darf nach der 22.BImSchV im Jahr nicht häufiger als 35-mal überschritten werden

der jeweilige Grenzwert wurde eingehalten
 der jeweilige Grenzwert wurde überschritten

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

Tab. 9: Benzo(a)pyren

Lage	Station	Jahresmittel (ng/m ³)
Stadtrand	MC077 (Buch)	0,57
innerstädt.Hintergrund	MC042 (Neukölln)	0,96
Straße	MC115 (Hardenbergplatz)	0,50
	MC117 (Schildhornstr.)	0,97
	MC174 (Frankfurter Allee)	0,85

über Zielwert
 unter Zielwert
 für 2012
 (1 ng/m³)

Tab. 10: Schwermetalle im PM10

	Jahresmittel -----> Standort	Arsen ng/m ³	Cadmium ng/m ³	Nickel ng/m ³	Blei ng/m ³
innerstädt. Hintergrund	Neukölln (MC042)	0,9	0,1	1,0	10,3
Straße	Frankfurter Allee (MC174)	1,2	0,1	1,3	10,9
	Hardenbergplatz (MC115)	0,8	0,1	0,2	7,7

alle Jahresmittelwerte lagen deutlich unter den Zielwerten für 2012 (Arsen: 6 ng/m³, Cadmium: 5 ng/m³, Nickel: 20 ng/m³) bzw. dem Grenzwert für Blei für 2005: 500 ng/m³

Tab. 11: PM2,5

	Standort	Jahresmittel µg/m ³
innerstädt. Hintergrund	Neukölln (MC042)	19,2
	Mitte (MC171)	18,3
	Wedding (MC010)	17,6
Straße	Frankfurter Allee (MC174)	21,6

die Jahresmittelwerte lagen unter dem Zielwert für 2010 (25 µg/m³),

Tab. 12: Summe der Stickoxide

Lage	Station	Jahresmittel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Stadttrand	Marienfelde (MC027)	22
	Grunewald (MC032)	19
	Buch (MC077)	19
	Friedrichshagen (MC085)	16
	Frohnau (MC145)	19
innerstädtischer Hintergrund	Wedding (MC010)	43
	Schöneberg (MC018)	41
	Neukölln (MC042)	39
	Karlshorst (MC282)	29
	Mitte (MC171)	39
Straße *	* <i>Berliner Allee 118 (MS501)</i>	141
	* <i>Beusselstr. 66 (MS504)</i>	114
	* <i>Potsdamer Str. 3 (MS505)</i>	145
	* <i>Michael Brückner Str. 4 (MS507)</i>	188
	* <i>Spreestr. 2 (MS513)</i>	94
	* <i>Alt Friedrichsfelde 8a (MS514)</i>	125
	Frankfurter Allee 86 b (MC174)	93
	Schildhornstr. 76 (MC117)	116
	Silbersteinstr. 1 (MC143)	149
	Karl-Marx-Str. 77 (MC220)	134
	* <i>Leipziger Str. 32 (MS525)</i>	191
	<i>Kantstr. 117 (MS528)</i>	109
	* <i>Hauptstr. 30 (MS530)</i>	148
	* <i>Hermannstr. 120 (MS533)</i>	138
	* <i>Alt Moabit 63 (MS537)</i>	155
	* <i>Schloßstr. 29 (MS539)</i>	116
	* <i>Tempelhofer Damm 148 (MS542)</i>	147
	* <i>Sonnenallee 68 (MS545)</i>	143
	* <i>Landsberger Allee 6-8 (MS547)</i>	152
	* <i>Hermannplatz, Laterne 21 (MS555)</i>	143
	* <i>Buschkrugallee, Laterne 3 (MS559)</i>	170
	* <i>Friedrichstr., Laterne 156 (MS562)</i>	108
	Hardenbergplatz (MC115)	136
	* <i>Badstr. (MS573)</i>	113
	* <i>Spandau, Klosterstr. (MS576)</i>	144
	* <i>Glienicker Weg (MS578)</i>	100
	* <i>Eichborndamm 23-25 (MS579)</i>	87
	* <i>Spandauer Damm 54 (MS580)</i>	91
	Mariendorfer Damm (MC124)	129



der Grenzwert der 22. BImSchV für den Vegetationsschutz für das Jahresmittel ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde eingehalten



der Grenzwert der 22. BImSchV für den Vegetationsschutz für das Jahresmittel ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde überschritten

* Station kursiv gedruckt) Passivsammlermessung (RUBIS-Station)

Verfügbarkeit der Daten an den automatischen Messstellen im Jahr 2009

Tab. 13: Verfügbarkeit der Daten im Jahr 2009 (in %)

Station	PM10	NOx	SO ₂	CO	Ozon	Benzol
MC027	96	98	---	---	97	---
MC032	99	100	---	---	98	---
MC077	97	100	---	---	98	---
MC085	99	100	---	---	98	---
MC145	---	98	---	---	97	---
MC010	97	98	---	---	99	94
MC018	98	100	---	---	---	---
MC042	98	99	---	---	97	90
MC171	96	100	---	---	---	---
MC282	---	100	100	---	---	---
MC115	98	100	---	---	---	---
MC117	99	99	---	100	---	92
MC143	98	99	---	---	---	---
MC174	99	100	98	100	---	90
MC220	99	100	---	---	---	---
MC124	98	99	---	---	---	---

--- Komponente wurde nicht gemessen

Trendgrafiken

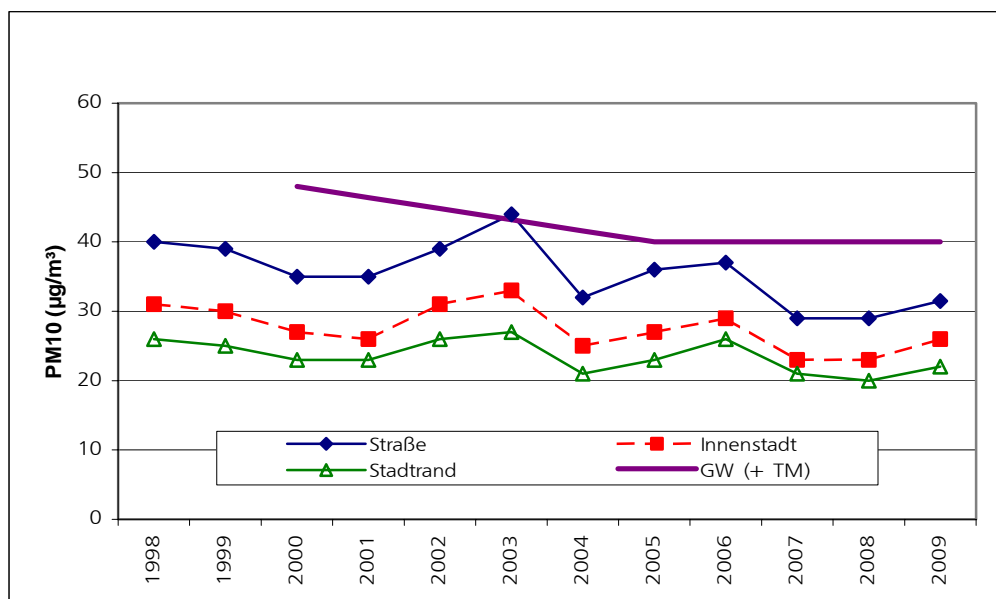


Abb. 5: Verlauf der PM10_Jahresmittelwerte seit 1998 an den automatischen Stationen seit 1998

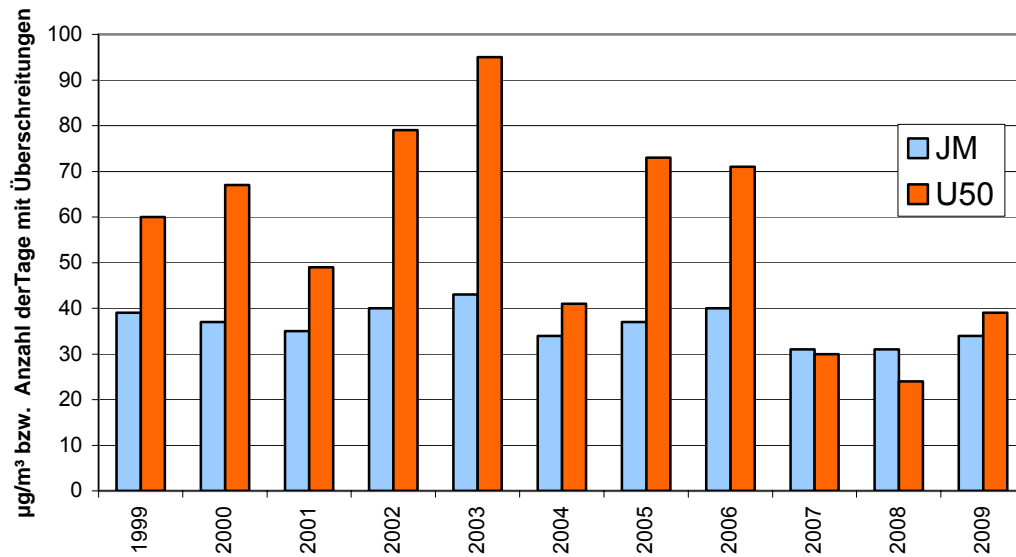


Abb.6: Verlauf der PM10-Jahresmittel (JM) und der Anzahl der Überschreitungen (U50)des PM10-Tagesmittels von 50 µg/m³ an der Station Frankfurter Allee

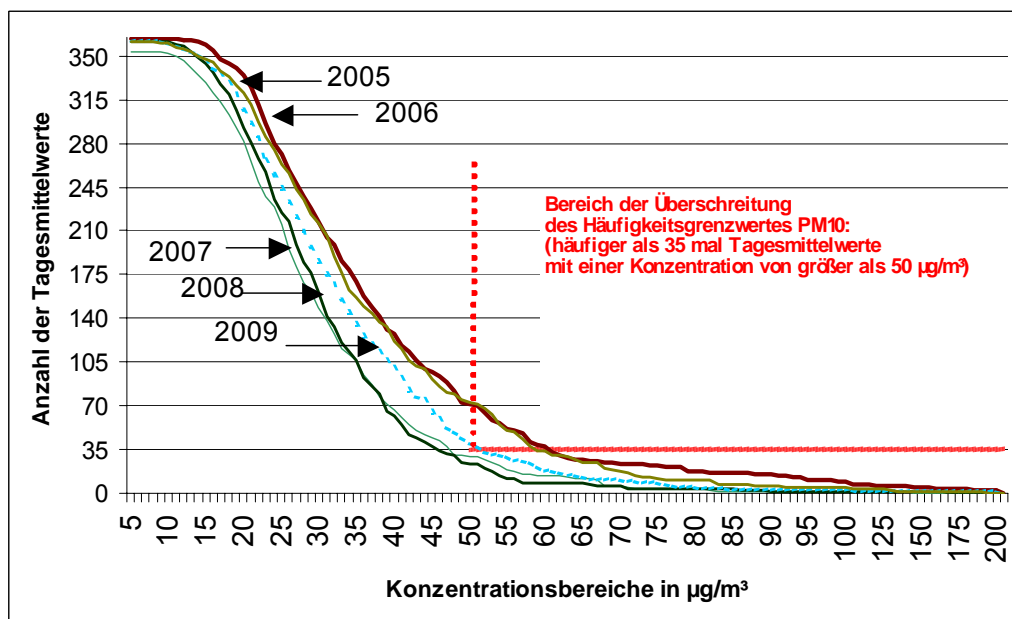


Abb. 7: Kumulative Darstellung der Anzahl von PM10-Tagesmittelwerten oberhalb der angegebenen Konzentrationen in den Jahren 2005 bis 2009 an der Station Frankfurter Allee.

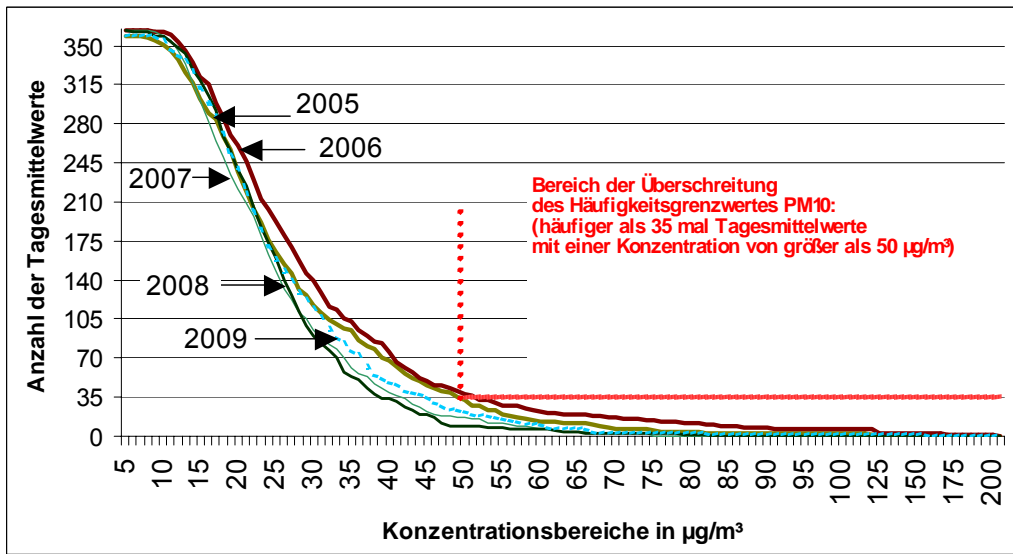


Abb. 8: Kumulative Darstellung der Anzahl von PM10-Tagesmittelwerten oberhalb der angegebenen Konzentrationen in den Jahren 2005 bis 2009 an der Station Neukölln.

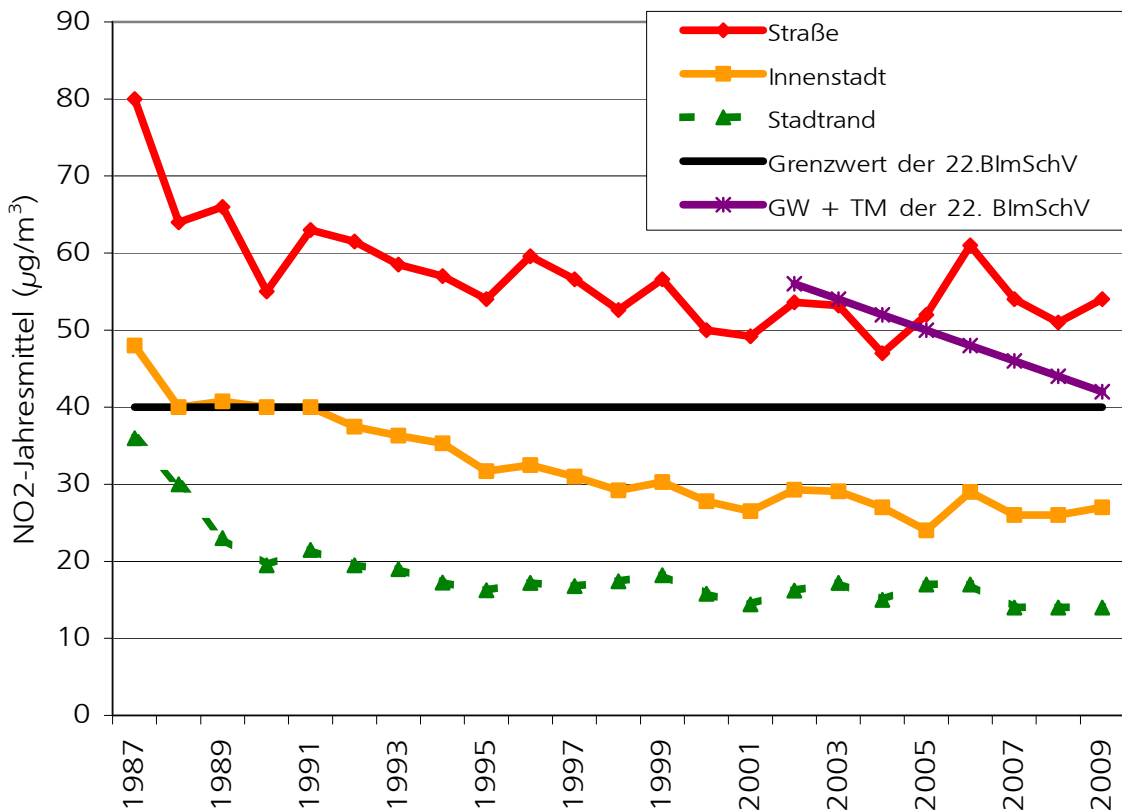


Abb. 9: Verlauf der NO₂-Jahresmittelwerte seit 1987 an den automatischen Stationen

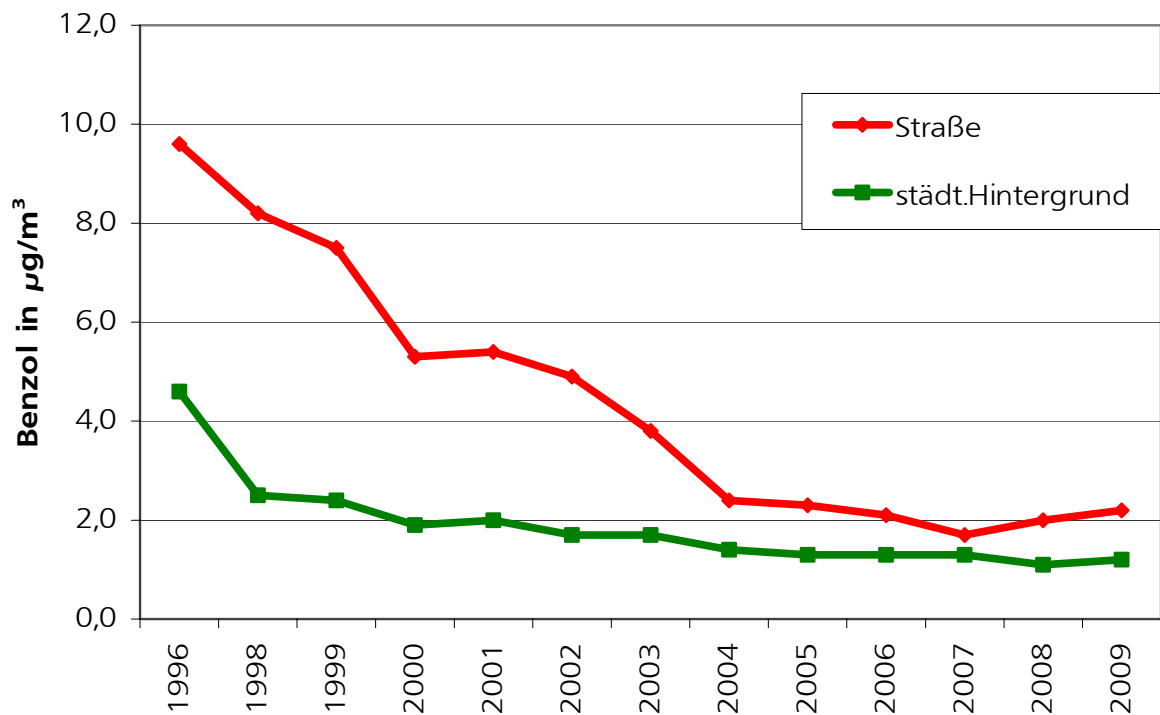


Abb. 10: Verlauf der Benzol-Jahresmittelwerte seit 1996 an den automatischen Stationen

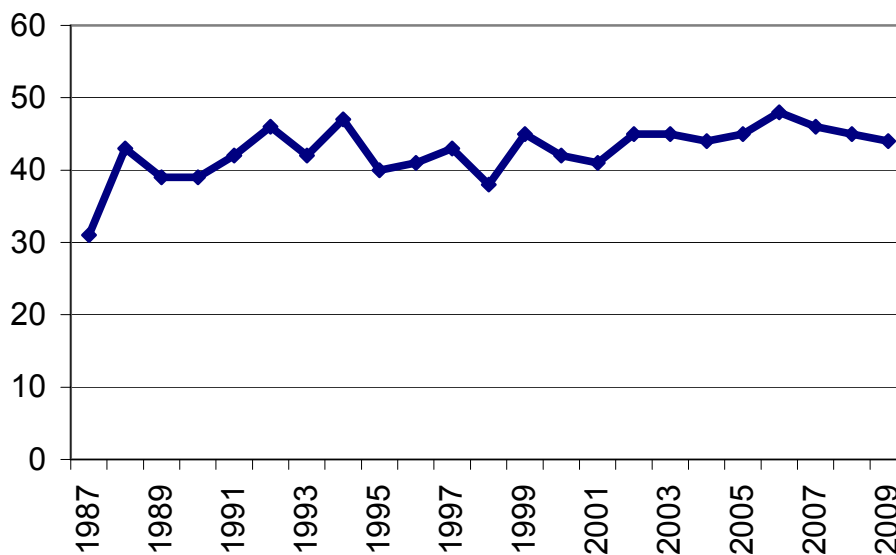


Abb. 11: Verlauf der Ozon-Jahresmittel von 1987 – 2009