



Luftqualität in Sachsen

Jahresbericht 2009



1	Stationäres Luftmessnetz	9
2	Meteorologische Bedingungen.....	11
3	Beurteilungsgrundlagen für die Immissionsmessungen	13
3.1	Gesetzliche Grundlagen	13
3.2	Datenqualität	15
4	Bewertung der Messergebnisse aus dem stationären Luftmessnetz	16
4.1	Schwefeldioxid (SO ₂)	16
4.2	Ozon (O ₃).....	17
4.3	Stickoxide (NO _x).....	21
4.4	Benzol	24
4.5	Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5}) und PM ₁₀ -Inhaltsstoffe	25
4.5.1	PM ₁₀ und PM _{2,5} -Konzentration	25
4.5.2	PM ₁₀ -Inhaltsstoffe	29
4.6	Staubniederschlag und seine Inhaltsstoffe	34
4.7	Nasse Deposition	35
5	Projekte.....	36
5.1	Ergebnisse einer verkehrsnahen Langzeitmessung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Außenluft.....	36
5.2	Messtechnische Begleitung der Umweltzonen.....	42
5.3	Prüfung von PM _{2,5} -Automaten in Sachsen.....	47
6	Luftqualität 2009 – Zusammenfassung.....	56
7	Literaturverzeichnis.....	57
8	Anhang	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Immissionsmessnetz in Sachsen 2009	9
Abbildung 2:	Monatsmittel der Lufttemperaturen 2009 an der Station Dresden-	11
Abbildung 3:	Monatliche Sonnenscheindauer 2009 an der Station Dresden-	11
Abbildung 4:	Monatliche Niederschlagshöhen 2009 an der Station Dresden-	11
Abbildung 5:	Jahresmittelwerte der O ₃ -Konzentration in Sachsen 2009.....	17
Abbildung 6:	Anzahl der Tage mit Überschreitung des O ₃ -Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit (höchster 8-Stundenwert eines Tages >120 µg/m ³ – Mittelwert 2007 bis 2009)	18
Abbildung 7:	AOT40-Werte der O ₃ -Konzentration (Mittelwert 2005 bis 2009) in Sachsen	19
Abbildung 8:	Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der O ₃ -Konzentration	19
Abbildung 9:	Jahresmittelwerte der O ₃ -Konzentration an der Station Radebeul-Wahnsdorf 1974 bis 2009	20
Abbildung 10:	Anzahl der Tage, an denen der Zielwert von 120 µg/m ³ bzw. der Schwellenwert von 180 µg/m ³ O ₃ an der Station Radebeul-Wahnsdorf überschritten wurde (1974 bis 2009).....	21
Abbildung 11:	Jahresmittel der NO ₂ -Konzentration in Sachsen 2009.....	21
Abbildung 12:	Rangliste der Messstellen bzgl. der NO ₂ -Belastung 2009	22
Abbildung 13:	Rangliste der Messstellen bzgl. der NO-Belastung 2009.....	23
Abbildung 14:	Jahresmittelwerte der NO ₂ -Konzentration an stark belasteten Messstellen von 1995 bis 2009	23
Abbildung 15:	Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der NO ₂ -Konzentration 1995 bis 2009	24
Abbildung 16:	Jahresmittelwerte der Benzol-Konzentration an verkehrsnahen Messstationen seit 1996	24
Abbildung 17:	Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration in Sachsen 2009.....	25
Abbildung 18:	Rangliste der Messstellen bzgl. der PM ₁₀ -Belastung 2009	26
Abbildung 19:	Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration an stark belasteten Messstellen seit 1999.....	27
Abbildung 20:	Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration 1999 bis 2009.....	28
Abbildung 21:	Rangliste der Messstellen bezüglich der PAK-Belastung 2009	29
Abbildung 22:	Entwicklung der BaP-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an stark belasteten Messstellen	31
Abbildung 23:	Entwicklung der Blei-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an ausgewählten Messstellen	31
Abbildung 24:	Entwicklung der Cd-, As-, Cr- und Ni-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an der Messstelle Dresden-Nord	32
Abbildung 25:	Entwicklung der As-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an stark belasteten Messstellen	33
Abbildung 26:	Verlauf der Tagesmittelwerte für die Anzahlkonzentration verschiedener Partikelgrößenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord über neun Jahre.....	37
Abbildung 27:	Summe der Jahresmittelwerte der einzelnen Partikelgrößenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord	37
Abbildung 28:	Zusammenhang zwischen PM _{2,5} und Partikelgrößenklasse von 200 bis 800 nm für Tagesmittelwerte im Zeitraum von 2001 bis 2009. Die Probenahme des PM _{2,5} -Sammlers erfolgte an jedem zweiten Tag	40
Abbildung 29:	Größenverteilung von Dieselpartikel der Partikelgröße, Quelle: [18]	42
Abbildung 30:	Verursacheranalyse für Feinstaub PM ₁₀ an zwei verkehrsnahen Messstationen	43
Abbildung 31:	Verursacheranalyse für Ruß an zwei verkehrsnahen Messstationen	44
Abbildung 32:	Verursacheranalyse für die Anzahl ultrafeiner Partikel an der verkehrsnahen Messstationen.....	44
Abbildung 33:	Luftbild mit Messstation Dresden Winkelmannstraße im rot markierten Kreis	48
Abbildung 34:	Nahaufnahme von der Messstation Dresden Winkelmannstraße mit Aufbauten der PM _{2,5} - Vergleichsmessung	49
Abbildung 35:	Vergleichbarkeit der Ergebnisse der zwei Filtersammler KFG1 und KFG2 (Referenzverfahren) untereinander.....	51
Abbildung 36:	Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die zwei Filtersammler HVS1 und HVS2 untereinander (links) und der Vergleich zum Referenzverfahren Filtersammler KFG (rechts)	51
Abbildung 37:	Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die zwei Automaten FDMS 1 und FDMS2 untereinander (links) und der Vergleich zum Referenzverfahren Filtersammler KFG (rechts)	52

Abbildung 38: Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die zwei Automaten SHARP 1 und SHARP 2 untereinander (links) und der Vergleich zum Referenzverfahren Filtersammler KFG (rechts)	52
Abbildung 39: Vergleichbarkeit der Tagesmittelwerte für verschiedene PM _{2.5} -Messverfahren bei jeweiliger Doppelbestimmung mit zwei baugleichen Messsystemen	54
Abbildung 40: Systematische Abweichung der PM _{2.5} -Einzelmessgeräte für Jahresmittelwerte	54
Abbildung 41: Erweiterte Unsicherheit der Tagesmittelwerte für PM _{2.5} -Einzelmessgeräte	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Immissionsmessnetz in Sachsen 2009	10
Tabelle 2: Witterungscharakteristiken der Monate 2009*)	12
Tabelle 3: Grenz-, Zielwerte und Alarmschwellen der Luftschadstoffe	13
Tabelle 4: Verfügbarkeit der Immissionsdaten 2009	15
Tabelle 5: Vergleich Jahresmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] der PM_{10} -und $\text{PM}_{2,5}$ -Konzentrationen von 2001 bis 2009 an ausgewählten Messstellen	27
Tabelle 6: Vergleich der PAK-Summenwerte im PM_{10} (2001 bis 2009)	30
Tabelle 7: Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentration im PM_{10} seit 2001	34
Tabelle 8: Partikelanzahlniveau über jeweils 3 Jahre an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord	38
Tabelle 9: Änderung des Konzentrationsniveaus von Luftschadstoffen und Partikelgrößenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord gegenüber dem Basiszeitraum von 2001 bis 2003	38
Tabelle 10: Mittelwert für die Anzahl der Kraftfahrzeuge, die hauptsächlich auf der nahegelegenen Kreuzung in 50 m Entfernung von der Messstation Dresden-Nord fahren	39
Tabelle 11: Zusammenhang zwischen zu überwachenden Luftschadstoffen und Partikelgrößenklassen für Tagesmittelwerte über 9 Jahre an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord.....	40
Tabelle 12: Wirkung von Dieselpartikelfiltern (DPF) in EURO-4 Diesel-Pkw nach dem neuen europäischen Fahrzyklus [17].....	43
Tabelle 13: Chancen für verschiedene Indikatoren zum Nachweis der Veränderungen von Auspuffemissionen der Fahrzeuge als Immission an der Messstation	45
Tabelle 14: Relevante Messstationen zur Begleitung der Einführung der Umweltzonen	45
Tabelle 15: Messtechnik in den relevante Messstationen zur Begleitung der Einführung der Umweltzonen.....	46
Tabelle 16: Gerätetechnik und Analysen für die $\text{PM}_{2,5}$ -Vergleichsmessung	48
Tabelle 17: Ergebnisse und Bewertung verschiedener $\text{PM}_{2,5}$ -Messverfahren für die Doppelbestimmung.....	53
Tabelle 18: Ergebnisse und Bewertung der geprüften $\text{PM}_{2,5}$ -Einzelmessgeräten.....	53

Tabellen im Anhang

Tabelle A 1:	Jahresmittelwerte der Luftschadstoffe 2009 im Freistaat Sachsen	58
Tabelle A 2:	SO ₂ -Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	58
Tabelle A 3:	O ₃ -Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	59
Tabelle A 4:	NO-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	60
Tabelle A 5:	NO ₂ -Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	61
Tabelle A 6:	Benzol-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	62
Tabelle A 7:	Toluol-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	62
Tabelle A 8:	Xylol-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	62
Tabelle A 9:	PM ₁₀ -Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	63
Tabelle A 10:	PM _{2,5} -Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	63
Tabelle A 11:	Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Inhaltsstoffe	64
Tabelle A 12:	Maximale Tagesmittel der PM ₁₀ -Inhaltsstoffe	64
Tabelle A 13:	Kenngrößen der PM _{2.5} -Konzentration	64
Tabelle A 14:	Schwermetalle im PM ₁₀ (Jahresvergleich Pb, Cd, As, Cr, Ni)	65
Tabelle A 15:	BaP im PM ₁₀ (Jahresvergleich)	65
Tabelle A 16:	Kenngrößen für Staubbiederschlag [$\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]	66
Tabelle A 17:	Pb und Cd im Staubbiederschlag [$\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{d}$]	66
Tabelle A 18:	Gewichtete Mittelwerte der Konzentrationen im Niederschlagswasser	67
Tabelle A 19:	Nasse Deposition	67
Tabelle A 20:	Überschreitung der O ₃ -Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach der 33. BImSchV	68
Tabelle A 21:	Überschreitung der O ₃ -Zielwerte zum Schutz der Pflanzen nach 33. BImSchV	68
Tabelle A 22:	O ₃ -Beurteilungswert zum Schutz der Wälder nach der 33. BImSchV (Berichtspflicht gegenüber EU)	69
Tabelle A 23:	Überschreitung der Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für SO ₂ , NO ₂ und PM ₁₀ nach 22. BImSchV	69
Tabelle A 24:	Jahresmittelwerte der Benzolkonzentration im Vergleich zum Grenzwert nach der 22. BImSchV	70
Tabelle A 25:	Maximalwerte und Perzentile für SO ₂ , NO ₂ und PM ₁₀ nach der 22. BImSchV	70
Tabelle A 26:	Vergleich der Mittelwerte mit den Grenzwerten zum Schutz von Ökosystemen und zum Schutz der Vegetation für SO ₂ und NO _x	71
Tabelle A 27:	Vergleich der Jahresmittelwerte mit den Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit für NO ₂ und PM ₁₀ nach der 22. BImSchV	71
Tabelle A 28:	Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der O ₃ -Konzentration in Sachsen	72
Tabelle A 29:	Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der NO ₂ -Konzentration in Sachsen	72
Tabelle A 30:	Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration in Sachsen	72
Tabelle A 31:	Anzahl von Ozon-Episodentagen (1994 bis 2009)	72
Tabelle A 32:	Ozon-Episodentage seit 1994 (1999, 2007, 2008 und 2009: keine)	73

Abkürzungsverzeichnis

As	Arsen
BaP	Benzo(a)pyren
BeP	Benzo(e)pyren
BbF	Benzo(b)fluoranthen
BfUL	Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BImSchG	Bundes-Immissionsschutz-Gesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutz-Verordnung
BkF	Benzo(k)fluoranthen
BTX	Benzol-Toluol-Xylol
Ca ⁺	Calcium
CaO	Calciumoxid
Cd	Cadmium
Cl ⁻	Chlorid
CO	Kohlenmonoxid
Cor	Coronen
CPC	Condensation Particle Counter
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
DBahA	Dibenz(ah)anthracen
DWD	Deutscher Wetterdienst
EC	elementarer Kohlenwasserstoff
EU	Europäische Union
FS	Freistaat
H ⁺	Wasserstoff
HVS	High Volume Sampler
IfT	Leibniz-Institut für Troposphärenforschung
InP	Indeno(1,2,3-cd)pyren
K ⁺	Kalium
LF	Leitfähigkeit
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Mg	Magnesium
N	Stickstoff
Na ⁺	Natrium
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
Ni	Nickel
NMVOG	leichtflüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO ₃ ⁻	Nitrat
NO _x	Stickoxide
O ₃	Ozon
OC	organische Kohlenwasserstoffe
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PM _{2,5}	Schwebstaubkonzentration < 2,5 µm
PM ₁₀	Schwebstaubkonzentration < 10 µm
PN	Partikelanzahl
Pb	Blei
R ²	Bestimmtheitsmaß

S	Schwefel
SMPS	Scanning Mobility Particle Sizer Spectrometer
SO ₂	Schwefeldioxid
SO ₄ ²⁻	Sulfat
TA	Technische Anleitung
TDMPS	Twin Differential Mobility Analyzer
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance
TM	Tagesmittelwert
TSI	Trust Science Innovation
TSP	Total Suspended Particulates
UFP	Ultrafeine Partikel
UFPK	Ultrafeine Partikel einer Größenklasse
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VO	Verordnung
VOC	leichtflüchtige organische Verbindungen

Einheiten

%	Prozent
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
µS/cm	Mikrosiemens pro Zentimeter
µg/m ² ·d	Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag
a	Jahr
d	Tag
g/m ² ·d	Gramm pro Quadratmeter und Tag
K	Kelvin
kg/ha·a	Kilogramm pro Hektar und Jahr
kt/a	Kilotonnen pro Jahr
m	Meter
mg/m ² ·d	Milligramm pro Quadratmeter und Tag
mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter
mm	Millimeter
nm	Nanometer
ng/m ³	Nanogramm pro Kubikmeter

1 Stationäres Luftmessnetz

Die Luftqualität im Freistaat Sachsen wird derzeit an 31 stationären Messstationen überwacht (Abbildung 1). An diesen Stationen werden die Konzentrationen der Luftschadstoffe Stickoxide (NO_x), Ozon (O_3), Schwefeldioxid (SO_2), Feinstaub (PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$), sowie Benzol, Toluol und Xylol ermittelt (Tabelle 1). Zusätzlich wird an einigen Messstellen der Feinstaub (PM_{10}) auf seine Inhaltsstoffe, wie Ruß, Schwermetalle und verschiedene polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht. An 14 Messstellen wird der Staubbiederschlag gesammelt und sein Gehalt an Blei (Pb) und Cadmium (Cd) analysiert. Die Bestimmung der Regeninhaltsstoffe (nasse Depositionen) erfolgt an eigenständigen Messstellen. Zur besseren Interpretation der Daten dienen zusätzlich die lokalen meteorologischen Parameter Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck und Globalstrahlung.

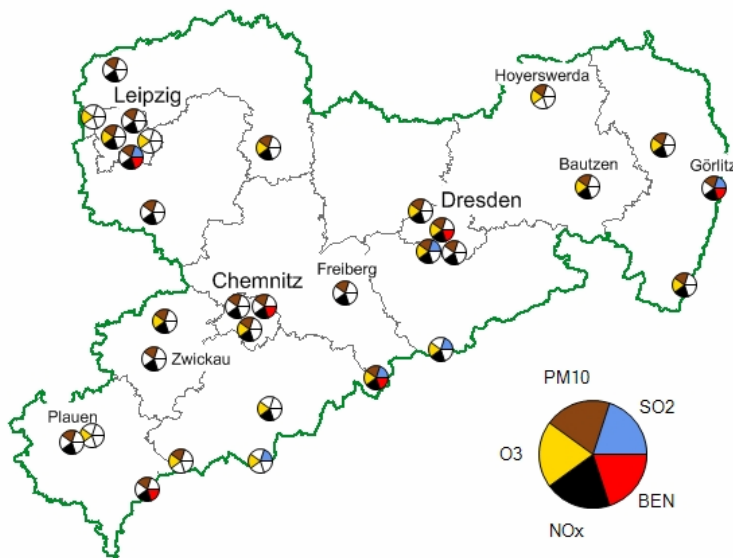


Abbildung 1: Immissionsmessnetz in Sachsen 2009

Die Lage der Messstationen entspricht den gesetzlichen Kriterien. Sie sind in Gebieten mit hohen Luftschadstoffbelastungen (Ballungsräume und größere Städte), aber auch in ländlichen Gebieten, die den so genannten Hintergrundwert (Background) repräsentieren, aufgestellt.

Verantwortlich für den Betrieb dieser Messstellen ist die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL), die die Daten dem Auswerte- und Informationszentrum Luft (AIL) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zur Bewertung der Schadstoffbelastung in Sachsen kontinuierlich zur Verfügung stellt.

Am 26.11.2008 kam es an der Messstation Leipzig-Mitte zu einem Verkehrsunfall, der zur Zerstörung der Station und zum Ausfall aller Messungen führte. Ersatzweise konnte ab 09.12.2008 ein Messwagen aufgestellt werden, der die Messung der meisten Komponenten ermöglichte. Ab 28.08.2009 wurde der reguläre Betrieb wieder aufgenommen.

Aktuelle Informationen zum stationären Luftmessnetz stehen im Internet unter www.luft.sachsen.de zur Verfügung.

Zusätzlich zum regulären Messnetz fand von September 2008 bis August 2009 in Riesa eine Sondermessung statt. Anlass, Messkonzept und Ergebnisse enthält die Broschüre „Luftqualität in Riesa – Ergebnisse der Sondermessung 2008/2009“, die ebenfalls unter der o. g. Adresse abrufbar ist.

Tabelle 1: Immissionsmessnetz in Sachsen 2009

Messstelle	Standort	Höhe ü. NN [m]	Typisierung	Luftschadstoffe												
				SO ₂	NO _x	O ₃	BTX	PM ₁₀ TEOM	PM 10	PM 2,5	RuB	ST-I	ST-NS	Met.		
Annaberg-Buchholz	Talstr./Str. der Einheit	545	städtischer Hintergrund		•	•										•
Bautzen	Stieberstr./Goethestr.	203	städtischer Hintergrund		•	•		•								•
Borna	Sachsenallee 45	145	städtisch/Verkehr		•			•	•		•	•	•	•	•	•
Carlsfeld	Weitersglashütte 2a	896	Höhenstation			•		•								•
Chemnitz Leipziger Str.	Leipziger Str. 109	327	städtisch/Verkehr		•			•	•	•	•					•
Chemnitz-Mitte	Lohstraße	300	städtischer Hintergrund		•	•		•	•					•	•	•
Chemnitz-Nord	Wilhelm-Külz-Pl./ Str. d. Nationen	296	städtisch/Verkehr		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Collmberg	Collm/Gipfelplateau	313	ländlicher Hintergrund		•	•		•	•							•
Delitzsch	Nordstr./Karl-Marx-Str.	100	städtischer Hintergrund		•	•		•								•
Dresden Bergstr.	Bergstr. 78-80	150	städtisch/Verkehr		•			•	•	•	•					•
Dresden-Nord	Schlesischer Platz	112	städtisch/Verkehr		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Dresden Winckelmannstr	Winckelmannstr./ Schnorrstr.	112	städtischer Hintergrund	•	•	•		•		•				•	•	•
Fichtelberg	Gipfelplateau	1214	Höhenstation	•		•										•
Freiberg	Helmertplatz	393	städtischer Hintergrund		•	•		•	•		•	•	•	•	•	•
Glauchau	Güterbahnhofstr. 25	233	städtischer Hintergrund		•	•		•						•	•	•
Görlitz	Zeppelinstr. 10	210	städtisch/Verkehr	•	•		•	•	•		•	•	•	•	•	•
Hoyerswerda	Dietrich-Bonhoeffer-Str.	117	städtischer Hintergrund		•	•		•								•
Klingenthal	Graslitzer Str.	540	städtischer Hintergrund		•	•	•	•								•
Leipzig Lützner Str.	Lützner Str. 36	115	städtisch/Verkehr		•			•	•		•	•				•
Leipzig-Mitte	Willy-Brandt-Platz / Am Hallischen Tor	110	städtisch/Verkehr	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Leipzig-Thekla	Kiebitzstr.	110	vorstädtisches Gebiet			•										•
Leipzig-West	Nikolai-Rumjanzew-Str. 100	115	städtischer Hintergrund		•	•		•						•	•	•
Niesky	Sproitz, An der Aue	148	ländlich			•		•								•
Plauen DWD	Nach den Drei Bergen 2a	385	vorstädtisches Gebiet			•										•
Plauen Süd	Hofer Landstr./ Oelsnitzer Str.	343	städtisch/Verkehr		•			•	•							•
Radebeul-Wahnsdorf	Altwahnsdorf 12	246	ländlich/ stadtnah		•	•		•	•				•	•	•	•
Schkeuditz	Leipziger Str. 59	122	ländlich/ stadtnah			•										•
Schwartenberg	Neuhausen/Am Schwartenberg 10	787	Höhenstation	•	•	•	•	•	•	•			•			•
Zinnwald	Hochmoorweg 7	877	Höhenstation	•	•	•								•	•	•
Zittau-Ost	Brückenstr. 12	230	städtischer Hintergrund		•	•		•	•					•	•	•
Zwickau Werdauer Str.	Werdauer Str./ Crimmitschauer Str.	267	städtisch/Verkehr		•			•	•		•	•	•	•	•	•

PM₁₀ TEOM = Feinstaub Fraktion < 10 µm, kontinuierliches Messverfahren (Messgerät TEOM, osz. Mikrowaage);

PM₁₀ = Feinstaub Fraktion < 10 µm, gravimetrisches Messverfahren (Messgerät Digital DH 80.);

PM_{2,5} = Feinstaub Fraktion < 2,5 µm, gravimetrisches Messverfahren (Messgerät Digital DH 80.);

RuB = Rußmasse in PM₁₀-Fraktion

ST-NS = Staubbiederschlag;

ST-I = Staubinhaltsstoffe im PM₁₀;

Met. = Meteorologie

2 Meteorologische Bedingungen

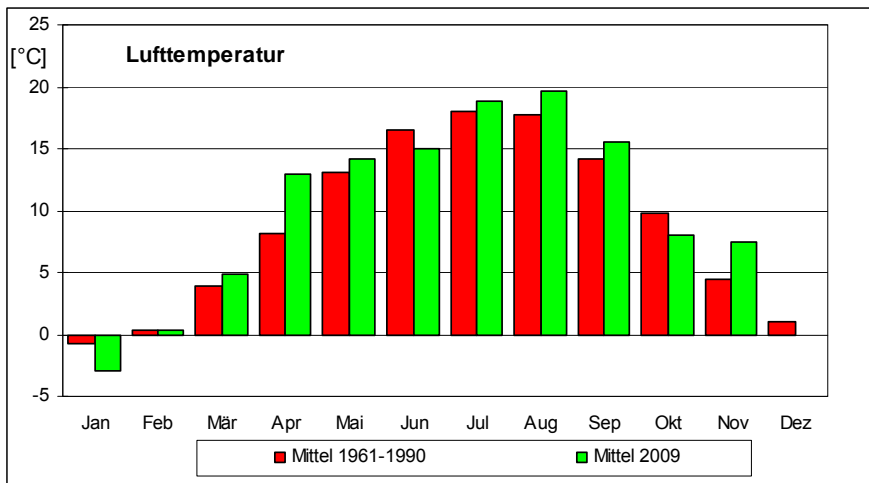


Abbildung 2: Monatsmittel der Lufttemperaturen 2009 an der Station Dresden-Klotzsche im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten (1961-1990)

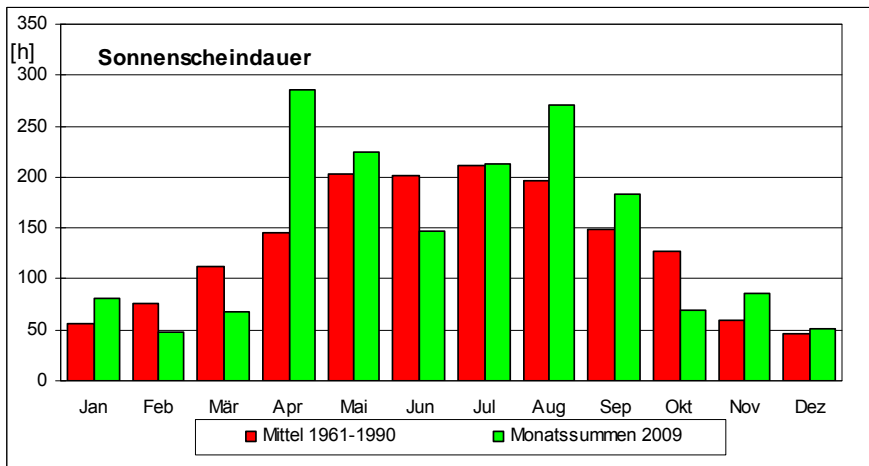


Abbildung 3: Monatliche Sonnenscheindauer 2009 an der Station Dresden-Klotzsche im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten (1961-1990)

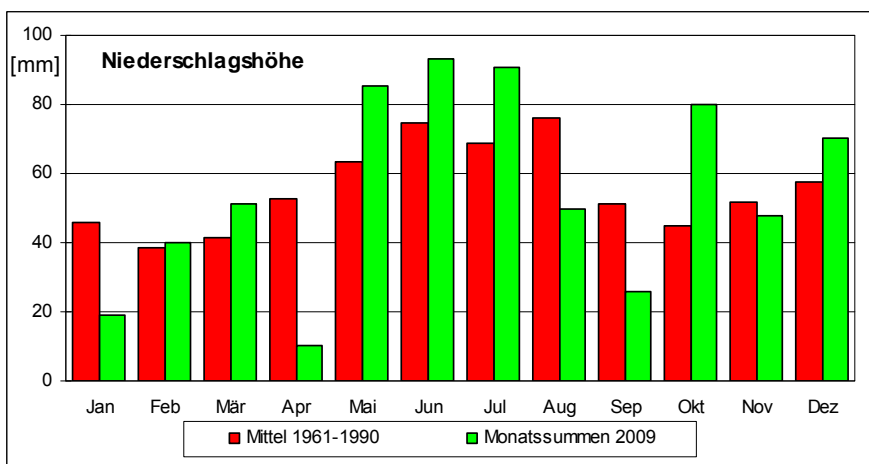


Abbildung 4: Monatliche Niederschlagshöhen 2009 an der Station Dresden-Klotzsche im Vergleich zu langjährigen Mittelwerten (1961-1990)

Die meteorologischen Bedingungen beeinflussen sowohl den Ausstoß von Luftschadstoffen (z. B. durch verstärktes Heizen bei tiefen Temperaturen) als auch deren Ausbreitung in der Atmosphäre.

Im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 war das Jahr 2009 in Sachsen bei überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer geringfügig zu warm. In den westlichen Regionen des Landes fiel mehr Niederschlag. In der Mitte und im Osten Sachsens entsprachen die Niederschlagsmengen denen der Klimareferenzperiode. 2009 war das dreizehnte Jahr in Folge, das im Jahresmittel positive Temperaturabweichungen aufwies. Abbildung 2 bis Abbildung 4 zeigen das am Beispiel Dresden (Datenquelle: DWD).

Die monatlichen Witterungscharakteristiken im Vergleich zur Klimareferenzperiode 1961 bis 1990 sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Im Jahr 2009 ragten bei der Temperaturverteilung besonders die Monate April und November mit positiven Abweichungen von etwa +4 K bis +5 K heraus. Im Januar 2009 war es hingegen deutlich kälter als im langjährigen Mittel (Abbildung 2).

Sachsenweit war es im Januar, September und insbesondere im April zu trocken. Reichlich Niederschläge fielen dagegen im März und Oktober.

Wie in den vergangenen Jahren gab es auch 2009 in Sachsen im Mittel wieder viel Sonnenschein. Überdurchschnittlich viel schien die Sonne vor allem in den Monaten Januar, April, August und November.

Tabelle 2: Witterungscharakteristiken der Monate 2009*)

Monat	Lufttemperatur Abweichung vom Mittelwert [K]	Niederschlag Abweichung vom Mittelwert [%]	Sonnenscheindauer Abweichung vom Mittelwert [%]
Januar	deutlich zu kalt (-1,3 bis -2,2)	zu trocken (-27 bis -58)	überdurchschnittlich (+23 bis +53)
Februar	etwas zu warm (0,0 bis 0,7)	zu nass (+4 bis +24)	unterdurchschnittlich (-37 bis -55)
März	zu warm (0,9 bis 1,4)	deutlich zu nass (+25 bis +98)	unterdurchschnittlich (-21 bis -39)
April	deutlich zu warm (+4,6 bis +4,9)	deutlich zu trocken (-44 bis -94)	überdurchschnittlich (+75 bis +96)
Mai	zu warm (+1,1 bis +1,5)	zu nass (+14 bis +36)	überdurchschnittlich (+6 bis +25)
Juni	zu kalt (-0,9 bis -1,5)	uneinheitlich (-7 bis +24)	unterdurchschnittlich (-11 bis -28)
Juli	zu warm (+0,8 bis +1,3)	zu nass (+18 bis +76)	durchschnittlich (0 bis +5)
August	zu warm (+1,9 bis +2,3)	uneinheitlich (-34 bis +20)	überdurchschnittlich (+34 bis +38)
September	zu warm (+1,4 bis +1,7)	zu trocken (-10 bis -49)	überdurchschnittlich (+20 bis +31)
Oktober	zu kalt (-1,2 bis -1,8)	deutlich zu nass (+54 bis +78)	unterdurchschnittlich (-18 bis -56)
November	deutlich zu warm (+3,1 bis +3,6)	sehr uneinheitlich (-43 bis +103)	überdurchschnittlich (+24 bis +49)
Dezember	etwas zu kalt (-0,7 bis -1,0)	zu nass (+2 bis +70)	überdurchschnittlich (+7 bis +14)
Jahr	geringfügig zu warm (0,6 bis 1,0)	uneinheitlich (-1 bis +21)	überdurchschnittlich (+5 bis +15)

*) DWD-Messstationen Leipzig-Schkeuditz, Dresden-Klotzsche, Görlitz

3 Beurteilungsgrundlagen für die Immissionsmessungen

3.1 Gesetzliche Grundlagen

Zu den wichtigsten gesetzlichen Grundlagen für die Immissionsüberwachung (Tabelle 3) gehören:

- 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 4. Juni 2007 (BGBl. I S. 1006)
- 33. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV) vom 13.07.2004 (BGBl. I S. 1612)
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24.07.2002 (GMBL. S. 511-605)
- Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (ABL. L 152) .

Die Richtlinie 2008/50/EG ist am 21. Mai 2008 in Kraft getreten. Diese fasst die Luftqualitätsrahmenrichtlinie (Richtlinie 96/62/EG) und die ersten drei Tochterrichtlinien (Richtlinie 1999/30/EG, Richtlinie 2000/69/EG und Richtlinie 2002/3/EG sowie die Eol-Richtlinie (Entscheidung 97/101/EG zum Austausch von Daten und Informationen) zusammen. Die bestehenden Grenzwerte wurden für die Luftqualität nicht geändert. Erstmals können aber Fristen, bis zu denen die Grenzwerte eingehalten werden müssen, unter bestimmten Bedingungen verlängert werden. Die Richtlinie 2008/50/EG wird zur Zeit als 39. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt.

Tabelle 3: Grenz-, Zielwerte und Alarmschwellen der Luftschadstoffe

SO ₂ [µg/m ³]	1-h-Wert	24-h-Wert	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 22. BImSchV	500			gleitender Stundenmittelwert	drei aufeinander folgende Stunden	menschliche Gesundheit	A
	350 (24-mal)*			Stundenmittelwert	volle Stunde	menschliche Gesundheit	G seit 2005
		125 (3-mal)*		berechnet aus Stundenmittelwerten	ein Tag	menschliche Gesundheit	G seit 2005
			20	berechnet aus Stundenmittelwerten	01.01.-31.12. und 01.10.-31.03.	Vegetation	K ab 19.7.01

O ₃ [µg/m ³]	1-h-Wert	8-h-Wert	AOT 40	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 33. BImSchV		120 (25-mal)*		höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages, berechnet aus gleitenden 8-Stunden-mittelwerten (Mittelwert über 3 Jahre)	8 Stunden	menschliche Gesundheit	Z ab 2010
			18.000 (µg/m ³) h	AOT40, berechnet aus Stundenmittelwerten (Mittelwertbildung über 5 Jahre)	Mai bis Juli (8 - 20 Uhr)	Pflanzen	Z ab 2010
		120		höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages während eines Kalenderjahres	8 Stunden	menschliche Gesundheit	LFZ ab 2020
			60.000 (µg/m ³) h	berechnet aus Stundenmittelwerten	Mai bis Juli (8 - 20 Uhr)	Pflanzen	LFZ ab 2020
	180			Stundenmittelwert	volle Stunde	Informationsschwelle	S
	240			Stundenmittelwert	volle Stunde	Alarmschwelle	S

NO ₂ [µg/m ³]	1-h-Wert	24-h-Wert	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 22. BImSchV	400			gleitender Stundenmittelwert	drei aufeinanderfolgende Stunden	menschliche Gesundheit	A
	200 (18-mal)*			Stundenmittelwert	volle Stunde	menschliche Gesundheit	G ab 2010
			40	berechnet aus Stundenmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	G ab 2010

NO _x [µg/m ³]	1-h-Wert	24-h-Wert	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 22. BImSchV			30	berechnet aus Stundenmittelwerten	01.01.-31.12.	Vegetation	K ab 19.7.01

CO [mg/m ³]	8-h-Wert	24-h-Wert	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 22. BImSchV	10			gleitender Mittelwert, berechnet aus Stundenmittelwerten	8 Stunden	menschliche Gesundheit	G ab 2005

Benzol [µg/m ³]	1-h-Wert	24-h-Wert	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 22. BImSchV			5	berechnet aus Stundenmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	G ab 2010

Partikel PM ₁₀ [µg/m ³]	1-h-Wert	24-h-Wert	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 22. BImSchV		50 (35-mal)*		berechnet aus Tagesmittelwerten	ein Tag	menschliche Gesundheit	G seit 2005
			40	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	G seit 2005

Partikel PM _{2,5} [µg/m ³]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Ziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50	25	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	Indikator für durchschnittliche Exposition	Z ab 2010
EU-Richtlinie 2008/50 Stufe 1	25	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	Indikator für durchschnittliche Exposition	G ab 2015
EU-Richtlinie 2008/50 Stufe 2 (Prüfvorbehalt)	20	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	Indikator für durchschnittliche Exposition	G ab 2020

Pb als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion [µg/m ³]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2008/50 und 22. BImSchV	0,5	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	G seit 2005

As als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion [ng/m ³]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2004/107/EG und 22. BImSchV	6	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	Z ab 2013

Cd als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion [ng/m ³]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2004/107/EG und 22. BImSchV	5	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	Z ab 2013

Ni als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion [ng/m ³]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2004/107/EG und 22. BImSchV	20	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	Z ab 2013

BaP als Gesamtgehalt in der PM ₁₀ -Fraktion [ng/m ³]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
EU-Richtlinie 2004/107/EG und 22. BImSchV	1	berechnet aus Tagesmittelwerten	01.01.-31.12.	menschliche Gesundheit	Z ab 2013

Staubniederschlag [g/m ² · d]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
TA Luft	0,35	berechnet aus Monatsmittelwerten	ein Jahr	keine erheblichen Belästigungen	G

Pb im Staubniederschlag [µg /m ² · d]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
TA Luft	100	berechnet aus Monatsmittelwerten	ein Jahr	keine schädlichen Umwelteinwirkungen	G

Cd im Staubniederschlag [µg/ m ² · d]	Jahresmittel	Berechnungsvorschrift	Zeitbezug	Schutzziel	Wert
TA Luft	2	berechnet aus Monatsmittelwerten	ein Jahr	keine schädlichen Umwelteinwirkungen	G

* maximal zulässige Überschreitungshäufigkeit im Jahr

G = Grenzwert;

S = Schwellenwert;

A = Alarmwert;

Z = Zielwert;

LFZ = Langfristzielwert (ohne Termin),

K = Kritische Werte für den Schutz der Vegetation

3.2 Datenqualität

Im Auswerte- und Informationszentrum Luft des LfULG stehen für die meisten gemessenen Komponenten Halbstundenmittelwerte zur Verfügung. Alle Messungen der gasförmigen Komponenten beziehen sich auf eine Temperatur von 20°C und einen Druck von 101,3 kPa. Das umfangreiche Qualitätsmanagement sichert eine hohe Qualität der Daten.

Tabelle 4: Verfügbarkeit der Immissionsdaten 2009

Komponentengruppe	Verfügbarkeit der Daten
SO ₂	99,0 %
O ₃	99,0 %
NO _x	98,0 %
Benzol	93,2 %
Feinstaub PM ₁₀ (TEOM)	92,1 %
Feinstaub PM ₁₀ (Gravimetrie)	98,5 %
Feinstaub PM _{2,5} (Gravimetrie)	96,7 %
Ruß	99,5 %
Schwermetalle	99,0 %
PAK	99,1 %

Die Durchführung der Immissionsmessungen im Luftmessnetz mit automatischen Messstationen, die Luftprobenahmen mit Sammelsystemen sowie die PM₁₀- und PM_{2,5}-Massebestimmung aus den Filterproben liegen in der Verantwortung der BfUL.

Die Analysen aus den Sammlungen werden vom TÜV Süddeutschland durchgeführt. Die Bewertung und Interpretation der Daten erfolgen durch das LfULG.

Die Verfügbarkeit der Immissionsdaten im Jahr 2009 (bezogen auf die jeweilige Einsatzzeit) ist in der Tabelle 4 zusammengestellt. Bei diskontinuierlichen Messungen wird die Einsatzzeit durch die Messplanung bestimmt. So werden z. B. die PAK und einige Schwermetalle nur jeden zweiten Tag analysiert (Einsatzzeit 50 %). Die Automaten messen kontinuierlich (Einsatzzeit 100 %). Die EU-Richtlinien fordern eine Datenverfügbarkeit von mindestens 90 %. Diese Verfügbarkeit wird für alle Komponenten sicher eingehalten. In Abstimmung mit dem LfULG wird von der BfUL eine Datenverfügbarkeit von 95 % angestrebt.

Feinstaub PM₁₀ wird mit zwei Messsystemen überwacht. Das eine ist ein PM₁₀-Automat (TEOM) und das andere ist ein PM₁₀-Sammelsystem mit gravimetrischer Filteranalyse im Labor. Die Ergebnisse der PM₁₀-Automaten werden sofort veröffentlicht und dienen der Information der Bevölkerung über die aktuelle Belastungslage (z. B. im Internet). Diese Messungen liefern jedoch nur vorläufige Ergebnisse, die orientierenden Charakter haben. Die Bewertung der PM₁₀-Belastung im gesetzlichen Sinne basiert auf den Ergebnissen der PM₁₀-Sammelsysteme, die eine höhere Datenqualität als die Automaten liefern. Diese Werte sind jedoch aufgrund der Laboranalyse erst einige Wochen später verfügbar.

4 Bewertung der Messergebnisse aus dem stationären Luftmessnetz

4.1 Schwefeldioxid (SO₂)

Messungen von Schwefeldioxid werden in Sachsen an 6 Messstellen durchgeführt (Tabelle 1). Die Auswertung der Messdaten nach den Kriterien der RL 2008/50/EG und der 22. BImSchV ist in Tabelle A 2, Tabelle A 25 und Tabelle A 26 im Anhang aufgeführt.

Der höchste Jahresmittelwert 2009 wurde auf dem Schwartenberg im mittleren Erzgebirge mit 8 µg/m³ ermittelt. In den übrigen Regionen Sachsens lagen die Jahresmittelwerte zwischen 4 µg/m³ und 6 µg/m³. Das Belastungsniveau liegt im Bereich der Vorjahre. Die höhere Belastung im Erzgebirge ist auf einzelne Schadstofftransporte aus Nordböhmen zurückzuführen.

Die kritischen Werte für den Schutz der Vegetation werden in Sachsen an den Messstellen Fichtelberg und Schwartenberg überwacht. Diese Messstellen erfüllen die in der EU-Richtlinie vorgegebenen Kriterien für Messstellen zum Schutz der Vegetation und der natürlichen Ökosysteme.

Zeitliche Entwicklung der SO₂-Konzentration

Durch die konsequente Modernisierung von Großfeuerungsanlagen und durch die Umrüstung auf neue Energieträger (Erdgas und Heizöl) bei Kleinfeuerungsanlagen (Hausbrand) nahm die SO₂-Emission seit 1992 um über eine Zehnerpotenz ab. Die SO₂-Immissionen liegen seit 1999 etwa auf dem gleichen Niveau. Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und die kritischen Werte für den Schutz der Vegetation werden seit Jahren sicher eingehalten.

4.2 Ozon (O₃)

O₃ ist ein unsichtbares Gas und als natürlicher Spurenstoff in der Luft enthalten. Bodennahes O₃ ist ein wesentlicher Bestandteil des so genannten Sommersmogs. Dieser besteht aus Photooxidantien, zu denen neben O₃ auch andere Luftschadstoffe gehören. Hohe O₃-Konzentrationen werden bei länger andauernden Hochdruckwetterlagen mit maximalen Temperaturen über 30 °C und intensiver Sonneneinstrahlung durch chemische Reaktionen aus den Vorläufersubstanzen Stickstoffdioxid und Kohlenwasserstoff gebildet. Dabei findet von Tag zu Tag eine Anreicherung von O₃ in der Atmosphäre statt. Die Ozonkonzentrationen in den bodennahen Luftschichten weisen einen ausgeprägten Jahresgang mit Höchstwerten im Sommerhalbjahr auf.

Die gemessenen Jahresmittelwerte für 2009 zeigt Tabelle A 3. Sie bewegen sich im Bereich zwischen 35 µg/m³ an der verkehrsnahen Messstelle Dresden-Nord und 78 µg/m³ auf dem Fichtelberg.

Abbildung 5 stellt die Jahresmittelwerte der O₃-Konzentrationen sächsischer Messstellen in ihrer räumlichen Verteilung dar. Für die räumliche Differenzierung der O₃-Belastung können folgende Aussagen getroffen werden:

- Am geringsten belastet sind die Kernbereiche größerer Städte aufgrund des O₃-Abbaus durch andere Schadstoffe.
- Größer ist die Belastung in Stadtrandlagen, wobei im Lee (d. h. auf der Wind abgewandten Seite) der Städte die höchsten Werte erreicht werden. Chronisch am stärksten belastet sind jedoch die ländlichen Gebiete und Mittelgebirge aufgrund der Höhenlage und der geringen Abbauraten durch andere Schadstoffe.

Die mittleren Ozonkonzentrationen lagen 2009 meteorologisch bedingt auf dem Niveau von 2007 und 2008. Der höchste Stundenwert wurde am 25. Mai mit 173 µg/m³ auf dem Fichtelberg registriert.

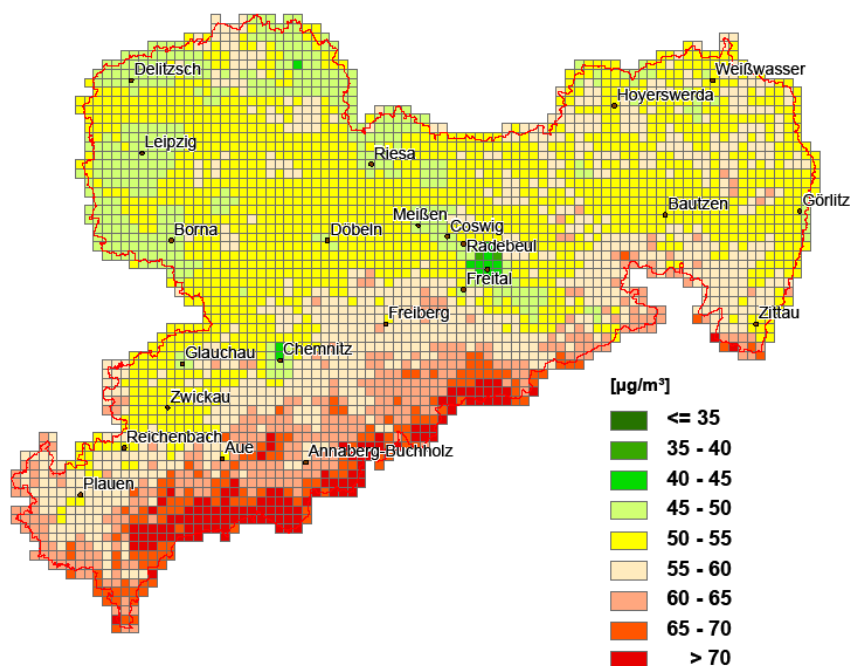


Abbildung 5: Jahresmittelwerte der O₃-Konzentration in Sachsen 2009

An allen sächsischen Messstellen sind im Sommerhalbjahr 2009 die höchsten O₃-Monatsmittel witterungsbedingt schon im April und Mai aufgetreten (Tabelle A 3). Beide Monate waren überdurchschnittlich warm und sonnenscheinreich. Das höchste Monatsmittel wurde für den Fichtelberg im April mit 104 µg/m³ berechnet. Mit 16 µg/m³ wurde im Januar und Dezember in Dresden-Nord der niedrigste Monatsmittelwert in Sachsen registriert.

Überschreitungen von Zielwerten, Informations- und Alarmschwellen

Die Auswertung der Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Vegetation sowie die Überschreitungshäufigkeiten der Informations- und Alarmschwelle nach RL 2008/50/EG und 33. BImSchV ist in Tabelle A 20 bis Tabelle A 22 im Anhang zusammengefasst.

Im Berechnungszeitraum 2007 bis 2009 wurde der **Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit** in Sachsen an vier von 21 Messstellen überschritten (Tabelle A 20, Abbildung 6). In allen Fällen handelt es sich um Stationen auf dem Erzgebirgskamm. Die Anzahl der Tage mit einem 8-Stundenwert größer 120 µg/m³ hat sich gegenüber dem Vorjahr (Überschreitung an acht Stationen) stark reduziert. Grund ist die Mittelwertbildung des Zielwertes über drei Jahre. Für den aktuellen Berechnungszeitraum werden nun die Werte des Jahres 2006 mit einer meteorologisch bedingten sehr hohen Ozonbelastung nicht mehr herangezogen.

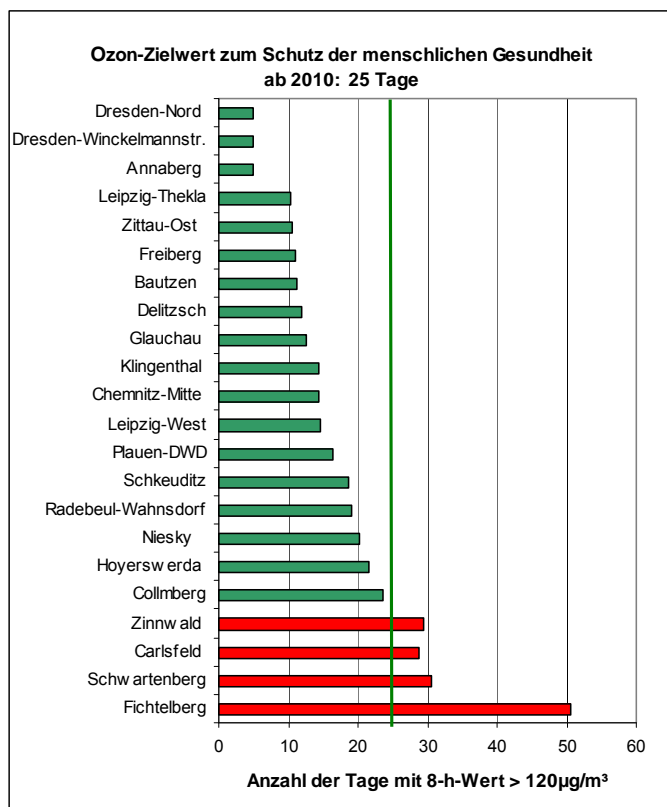


Abbildung 6: Anzahl der Tage mit Überschreitung des O₃-Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit (höchster 8-Stundenwert eines Tages >120 µg/m³ – Mittelwert 2007 bis 2009)

Der Zielwert zum Schutz der Vegetation (AOT40) wurde in Sachsen im Berechnungszeitraum 2005 bis 2009 wie auch in der vorhergehenden Messperiode an 7 von 11 Messstellen überschritten (Abbildung 7). Die höchsten Messwerte traten auf dem Erzgebirgskamm auf (Tabelle A 21).

2009 wurde an keinem Tag der **Schwellenwert zur Information der Bevölkerung** überschritten. (Von 1996 bis 2008 schwankte die Anzahl zwischen 0 und 19 Tagen.)

Ozon-Episoden

Treten sehr hohe Ozonkonzentrationen an zwei oder mehreren aufeinander folgenden Tagen an verschiedenen Messstationen auf, so kann man von einer typischen Ozon- oder Sommersmog-Episode sprechen. In Anlehnung an die Schweizer Definition [26] wird ein Tag als „Episodentag“ definiert, an welchem an vier oder mehr Stationen 1-h-Mittelwerte von mehr als $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auftraten. 2009 ist das 3. Jahr in Folge, in dem keine Sommersmog-Episode und auch kein Episodentag in Sachsen auftraten (Tabelle A 31, Tabelle A 32).

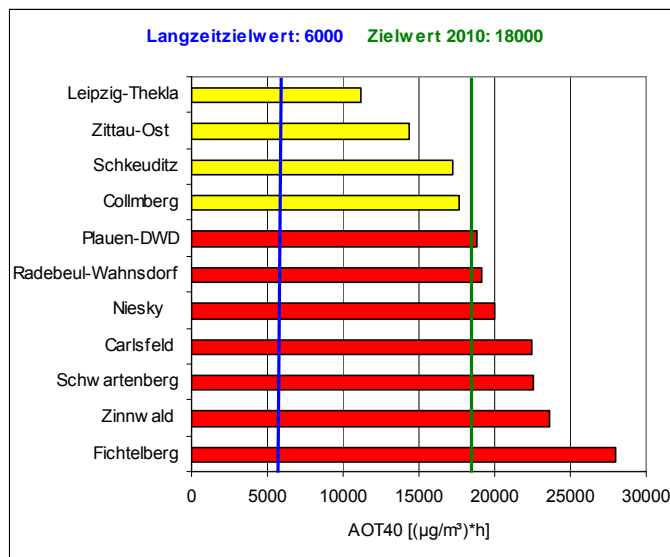


Abbildung 7: AOT40-Werte der O_3 -Konzentration (Mittelwert 2005 bis 2009) in Sachsen

Zeitliche Entwicklung der O_3 -Konzentration

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte der O_3 -Konzentration in Stadtgebieten und in ländlichen Gebieten Sachsens von 1995 bis 2009 ist in Abbildung 8 und Tabelle A 28 dargestellt. Es ist erkennbar, dass sowohl in den städtischen als auch in den ländlichen Gebieten die O_3 -Konzentration bis 1999 zugenommen hat, seitdem jedoch, abgesehen von meteorologisch bedingten Schwankungen, auf dem erreichten Niveau verbleibt.

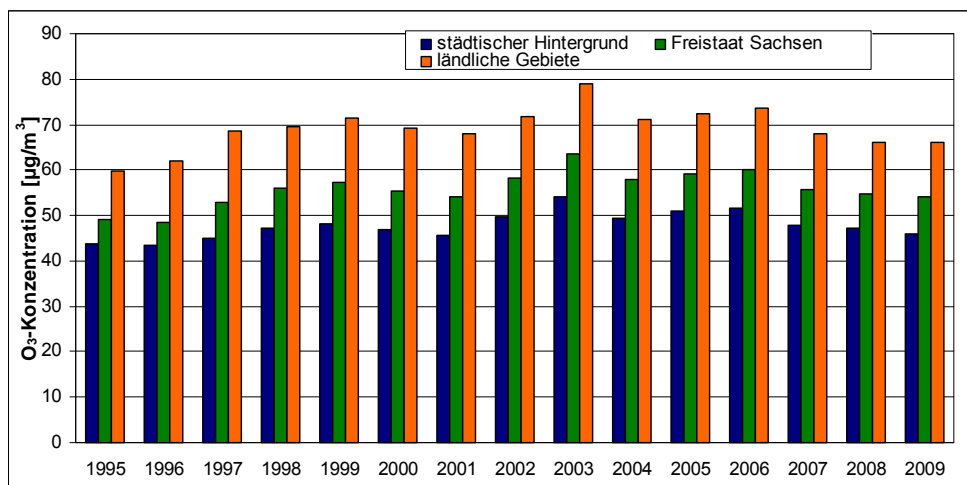


Abbildung 8: Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der O_3 -Konzentration

Für Langzeit-Trenduntersuchungen ist die ländlich, stadtnahe Station Radebeul-Wahnsdorf sehr gut geeignet. Hier liegt eine lückenlose Messreihe seit 1974 vor. Der in Abbildung 9 dargestellte Verlauf der Jahresmittelwerte der O₃-Konzentration zeigt seit 1974 einen Anstieg, der 2003 mit 63 µg/m³ den bisherigen Höchstwert erreichte. Seit 2007 sinken die Jahresmittelwerte der O₃-Konzentration wieder. Ob es sich hierbei um einen Trend handelt, oder lediglich meteorologische Schwankungen die Ursache sind, ist gegenwärtig noch nicht klar.

Neben einem großräumigen (überregionaler Maßstab) Anstieg von Vorläuferstoffen bis in die Mitte der 90er Jahre dürften auch klimatologische Einflüsse zu dem statistisch gesicherten Anstieg der O₃-Belastung von etwa 1,3 µg/m³ O₃ pro Jahr beigetragen haben. Bemerkenswert ist, dass der Rückgang der Gesamtemissionen von NO_x und von organischen Gasen und Dämpfen seit 1990 im Freistaat Sachsen zu keinem Rückgang der O₃-Belastung führte [28]. Das macht aber auch deutlich, dass der langfristige Anstieg nicht vordergründig auf die lokale Produktion von O₃ zurückzuführen ist, sondern auch biogene Emissionen von Kohlenwasserstoffen und Ferneinträge zu berücksichtigen sind. Ein weiterer Anstieg der O₃-Belastung kann nachhaltig nur durch eine langfristige und großräumige Verringerung der Emissionen der Vorläufersubstanzen erreicht werden.

In Abbildung 10 ist für die Station Radebeul-Wahnsdorf die Anzahl der Tage dargestellt, an denen der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 120 µg/m³ bzw. der Schwellenwert zur Information der Bevölkerung von 180 µg/m³ überschritten wurde. Die zeitlichen Verläufe deuten auf witterungsbedingte Schwankungen hin, wobei insgesamt eine Zunahme von Überschreitungen beider Schwellenwerte in den letzten beiden Jahrzehnten gegenüber den 1970er- und 1980er-Jahren zum Ausdruck kommt.

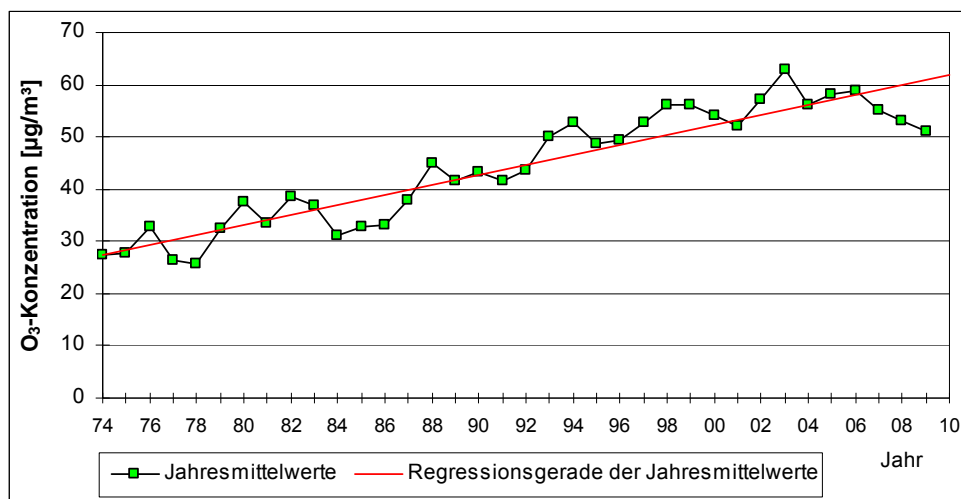


Abbildung 9: Jahresmittelwerte der O₃-Konzentration an der Station Radebeul-Wahnsdorf 1974 bis 2009

Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass auch 2009 die Ozonbelastung auf einem hohen Grundniveau liegt. Sowohl die Zielwerte für den Schutz der menschlichen Gesundheit als auch für den Schutz der Vegetation wurden an vielen Messstellen in ländlichen Gebieten überschritten, auch wenn die Werte seit dem meteorologisch bedingten Ausnahmesommer von 2003 etwas zurückgingen. Rückläufig waren in den letzten Jahren ebenfalls ausgeprägte Ozonepisoden.

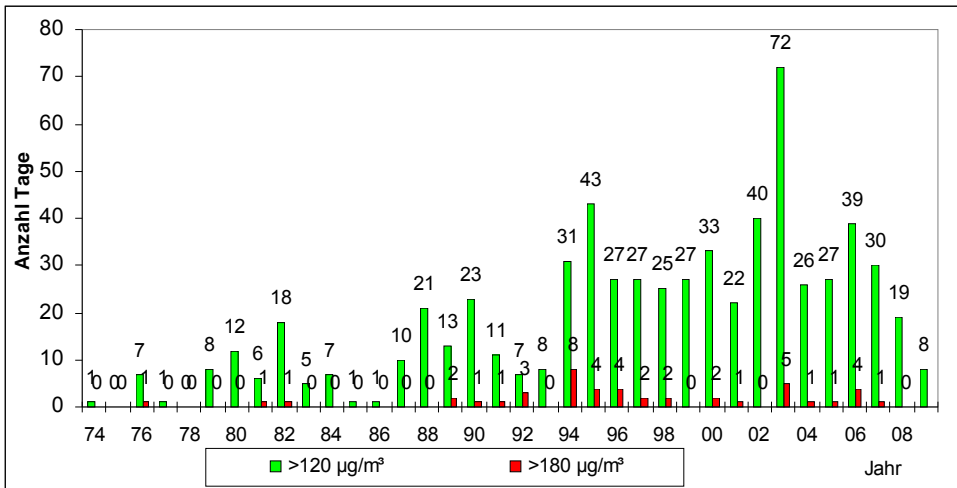


Abbildung 10: Anzahl der Tage, an denen der Zielwert von 120 µg/m³ bzw. der Schwellenwert von 180 µg/m³ O₃ an der Station Radebeul-Wahnsdorf überschritten wurde (1974 bis 2009)

4.3 Stickoxide (NO_x)

Die Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration an den sächsischen Messstellen lagen im letzten Jahr zwischen 11 µg/m³ auf dem Schwarzenberg und in Zinnwald und 54 µg/m³ in Dresden an der Bergstraße. Die NO-Konzentration erreichte Werte zwischen 1 µg/m³ auf dem Schwarzenberg und auf dem Collmburg und 69 µg/m³ in Dresden-Bergstraße. Die Jahresmittelwerte von 2009 haben sich bei beiden Komponenten an den meisten Messstellen gegenüber 2007 und 2008 kaum verändert. Eine Übersicht der räumlichen Verteilung der Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in ganz Sachsen zeigt die Abbildung 11. Danach werden die höchsten Werte an verkehrsreichen Straßen und in den Zentren größerer Städte gemessen. Das veranschaulichen auch die Ranglisten der Messstellen für die NO₂- und NO-Konzentrationen (Abbildung 12 und Abbildung 13).

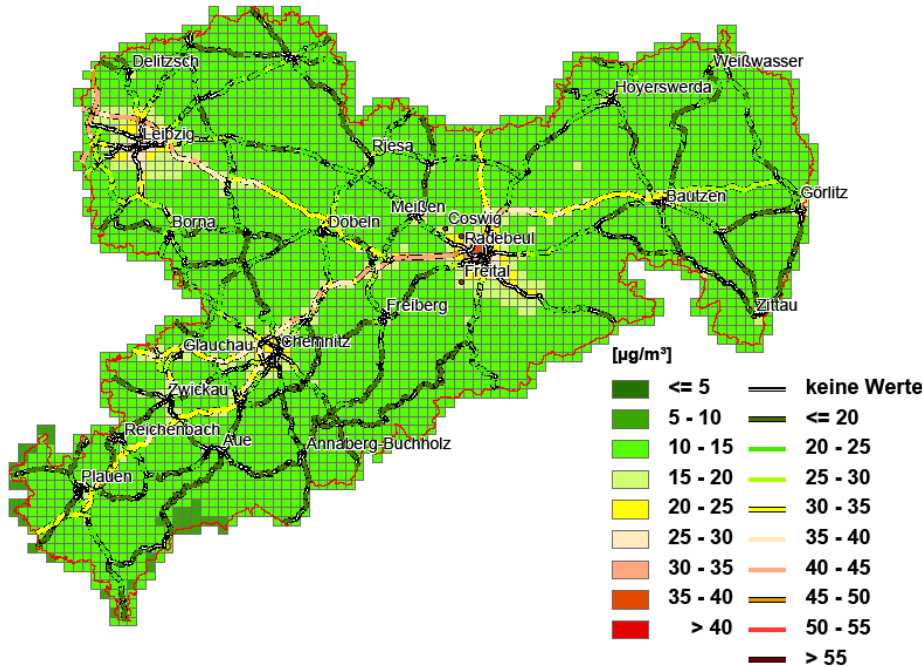


Abbildung 11: Jahresmittel der NO₂-Konzentration in Sachsen 2009

Der ab 2010 geltende Jahres-Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde 2009 wie auch im Vorjahr an den Messstellen Chemnitz Leipziger Str. ($47 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Dresden Bergstr. ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Leipzig-Mitte ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Leipzig Lützner Str. ($46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten (Tabelle A 5). Für das Berichtsjahr ist noch eine Toleranz von 5 Prozent dieses Grenzwertes zulässig. Mit dieser Toleranz ist somit für 2009 ein Beurteilungswert (Grenzwert + Toleranzmarge) von $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zugrunde zu legen, der ebenfalls an den vier genannten Messstellen überschritten wurde.

Aufgrund der Überschreitung von Grenzwert + Toleranzmarge wurden für die Städte Dresden, Chemnitz und Leipzig entsprechend den Festlegungen in der 22. BImSchV Luftreinhalte- und Aktionspläne erarbeitet, in denen mittel- und langfristige Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffbelastung ausgewiesen sind, die sicherstellen sollen, dass in Zukunft der Grenzwert eingehalten wird. Die Luftreinhalte- und Aktionspläne sind im Internet unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm> veröffentlicht.

Der ebenfalls ab 2010 geltende 1-Stunden-Grenzwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bei 18 zugelassenen Überschreitungen im Jahr, wurde 2009 an den Messstellen Chemnitz-Leipziger Straße und Dresden-Bergstraße vier mal überschritten (Tabelle A 23).

Der Grenzwert zum Schutz der Vegetation wird in Sachsen an den Messstellen Schwartenberg und Collmburg überwacht. Der maßgebende Jahres-Grenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_x$ wurde an diesen beiden Messstellen in den letzten Jahren eingehalten. Mit einer Überschreitung des Grenzwertes ist an diesen Messstellen auch in Zukunft nicht zu rechnen (Tabelle A 26). Die Alarmschwelle von $400 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ (drei aufeinander folgende Stunden) wurde wie schon in den letzten Jahren auch 2009 an keiner Messstelle erreicht.

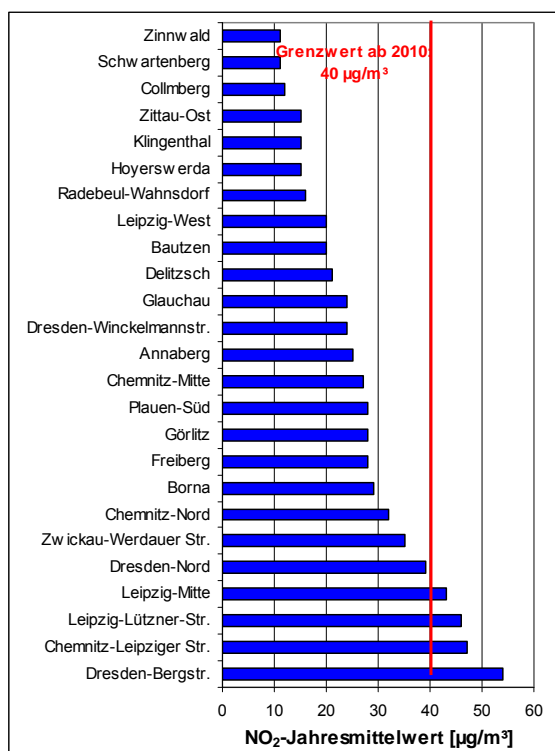


Abbildung 12: Rangliste der Messstellen bzgl. der NO₂-Belastung 2009

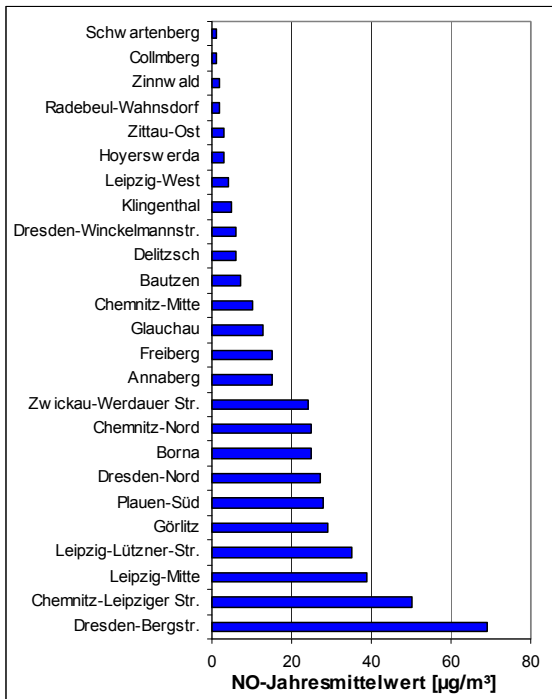


Abbildung 13: Rangliste der Messstellen bzgl. der NO-Belastung 2009

Zeitliche Entwicklung der NO₂-Konzentration

Die NO₂-Jahresmittelwerte einiger verkehrsnaher, stark belasteter Messstellen seit 1995 sind in Abbildung 14 dargestellt. Der zeitliche Verlauf der gebietsbezogenen Jahresmittelwerte von 1995 bis 2009 ist in Abbildung 15 und Tabelle A 29 dargestellt. Im Landesmittel ist in diesem Zeitraum insgesamt eine Abnahme von etwa 30 % zu registrieren. Diese Abnahme verlief bis 2002 kontinuierlich, 2003 war jedoch meteorologisch bedingt eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. In den letzten Jahren liegen die Jahresmittelwerte zwar unter dem Wert von 2003, ein deutlicher Abwärtstrend kann jedoch nicht verzeichnet werden, auch wenn die letzten drei Jahre durch günstige meteorologische Bedingungen auf einem etwas niedrigerem Niveau liegen.

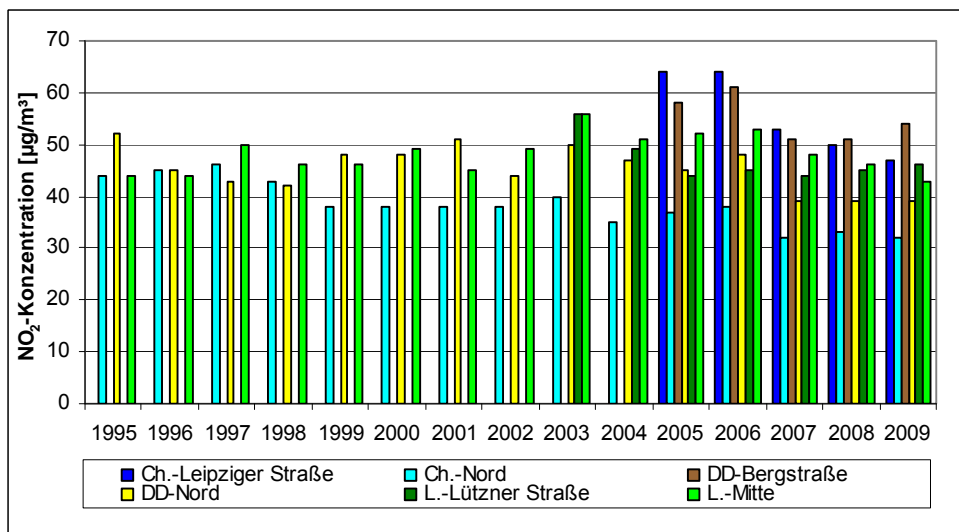


Abbildung 14: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration an stark belasteten Messstellen von 1995 bis 2009

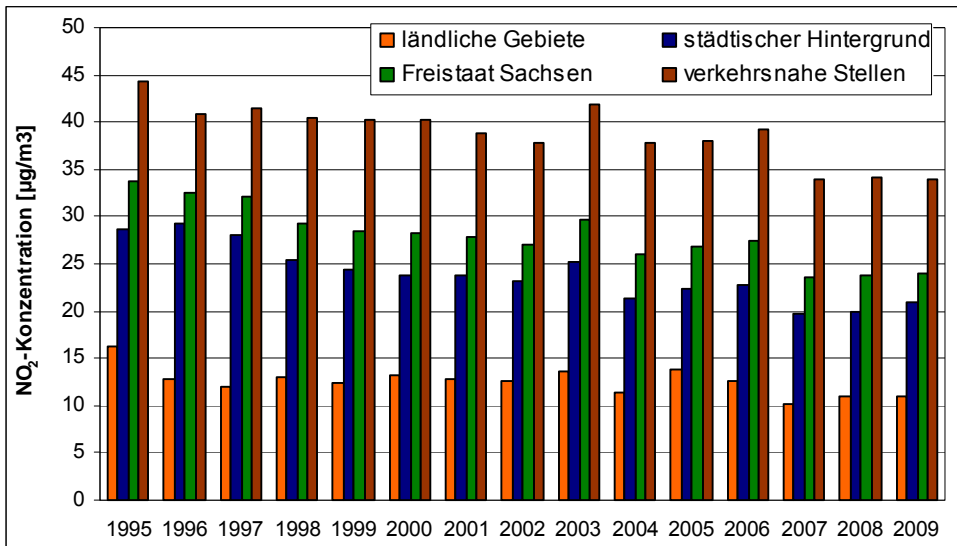


Abbildung 15: Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration 1995 bis 2009

4.4 Benzol

Die Benzolkonzentration im Jahr 2009 ist mit der des Vorjahres vergleichbar. Die Jahresmittelwerte lagen 2009 zwischen 0,9 µg/m³ auf dem Schwarzenberg und 2,1 µg/m³ in Görlitz (Tabelle A 24). Der Jahresgrenzwert von 5,0 µg/m³, der ab dem 01. Januar 2010 eingehalten werden muss, wurde schon seit mehreren Jahren an keiner Messstelle mehr überschritten.

Zeitliche Entwicklung der Benzol-Konzentration

Die zeitliche Entwicklung der Benzol-Konzentrationen von 1996 bis 2009 für verkehrsnahen Messstationen wird in der Abbildung 16 dargestellt. Benzol ist der einzige von den straßenverkehrsgeprägten Luftschadstoffen, der unabhängig von den jeweils vorherrschenden meteorologischen Verhältnissen seit 1996 abgenommen hat. Ursache ist die Verringerung des Benzolgehaltes im Kraftstoff und die bessere Ausstattung der Kraftfahrzeuge mit Katalysatoren. Die letzten drei Jahre verblieb die Benzolkonzentration auf gleichem Niveau.

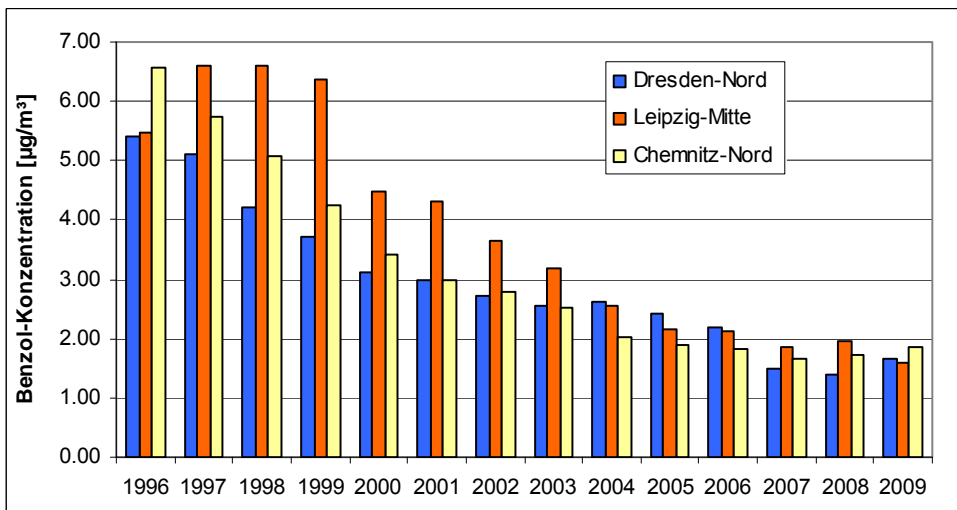


Abbildung 16: Jahresmittelwerte der Benzol-Konzentration an verkehrsnahen Messstationen seit 1996

4.5 Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) und PM₁₀-Inhaltsstoffe

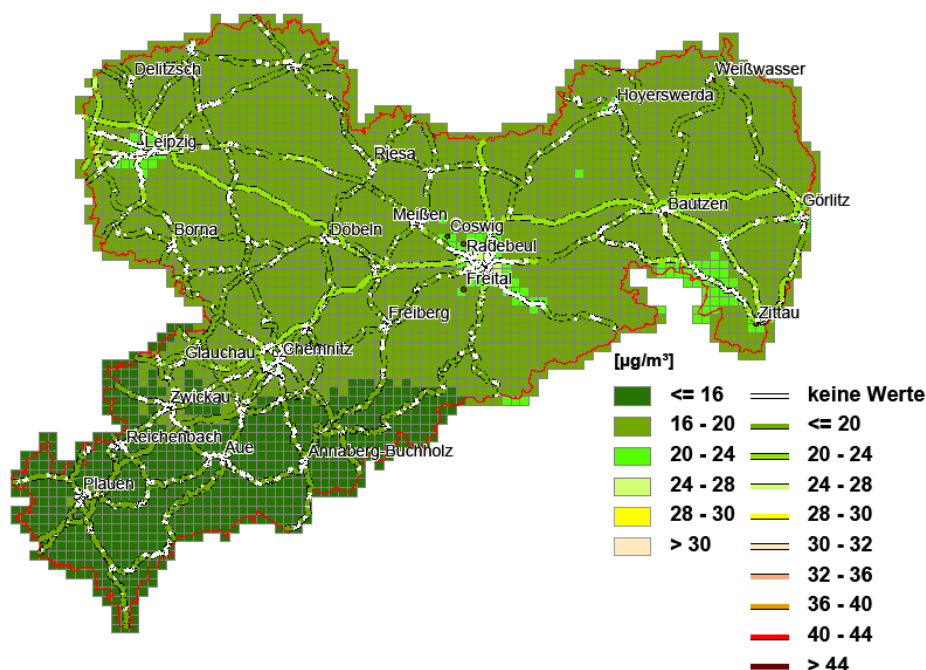


Abbildung 17: Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentration in Sachsen 2009

Je nach Größe der Partikel spricht man von Grobstaub, Feinstaub oder ultrafeinem Staub. Als Grobstaub werden Partikel mit einem Durchmesser größer 10 Mikrometer bezeichnet. PM₁₀ und PM_{2,5} werden unter dem Begriff „Feinstaub“ zusammengefasst. Ultrafeiner Staub ist kleiner als 0,1 Mikrometer.

Fein- und Ultrafeinstaub entstehen hauptsächlich bei thermischen Prozessen (Kraftwerke, Industrie, Gewerbe, Straßenverkehr). Im innerstädtischen Bereich trägt der Straßenverkehr erheblich zur Feinstaubbelastung bei. Hierbei verursachen sowohl die direkten Emissionen aus den Motoren – vorrangig Dieselmotoren - als auch der Reifenabrieb und der aufgewirbelte Straßenstaub die Feinstaubbelastung. Eine weitere Staubquelle ist die Bildung sekundärer Partikel durch chemische Reaktionen gasförmiger Schadstoffe in der Atmosphäre. Quelle dieser sekundären Partikel ist u.a. die Landwirtschaft. Emissionen gasförmiger Vorläufersubstanzen wie Ammoniak werden z. B. durch die Tierhaltung verursacht.

Zur Feinstaubbelastung tragen zum einen lokale Emissionen bei, zum anderen haben auch regionale und überregionale Ferneträge einen großen Einfluss. Einträge durch natürliche Quellen (z. B. Saharastaub, Seesalz) spielen mit Bezug auf den Jahresmittelwert aber eine untergeordnete Rolle.

4.5.1 PM₁₀ und PM_{2,5}-Konzentration

Die Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentration lagen im Jahr 2009 im Bereich von 13 µg/m³ in Carlsfeld bis 33 µg/m³ in Leipzig an der Lützner Straße und damit im Durchschnitt auf einem geringfügig höheren Niveau als im Vorjahr (Tabelle A 27). Der Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ wurde an keiner Messstelle überschritten. Die Ergebnisse der PM₁₀-Messungen sind in Abbildung 17 (räumliche Verteilung) und Abbildung 18 (Rangliste der Stationen) sowie der Tabelle A 9 dargestellt.

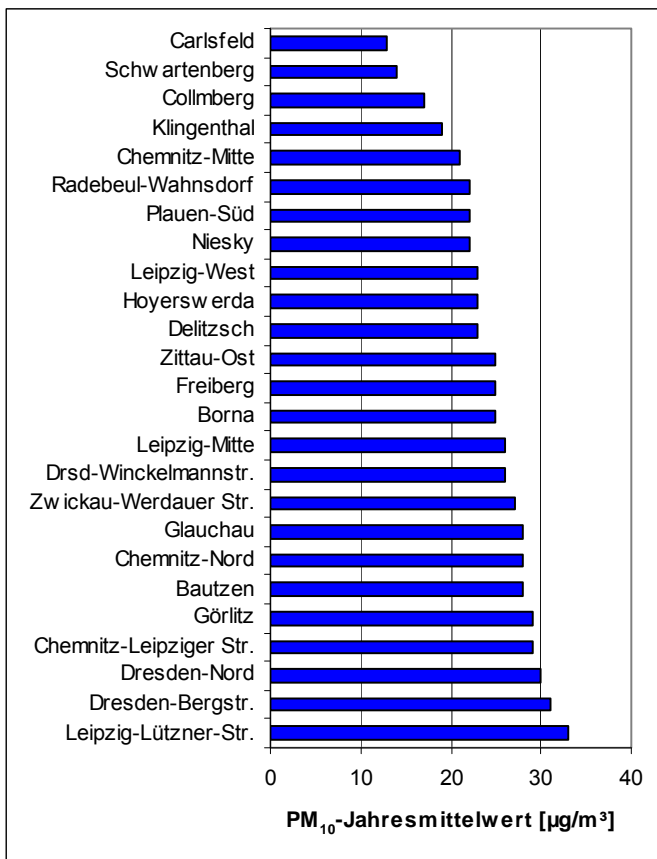


Abbildung 18: Rangliste der Messstellen bzgl. der PM₁₀-Belastung 2009

Die Jahresmittelwerte der PM_{2,5}-Konzentration liegen zwischen 10 µg/m³ auf dem Schwartenberg und 20 µg/m³ in Dresden-Nord (Tabelle A 13) und damit ebenfalls auf einem etwas höheren Belastungsniveau als im Vorjahr. Der Jahreszielwert (2010) bzw. der Jahresgrenzwert (2015) von 25 µg/m³ wurde an keiner Messstelle überschritten.

Zeitliche Entwicklung der PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentration

Die PM₁₀-Jahresmittelwerte einiger verkehrsnaher stark belasteter Messstellen zeigt Abbildung 19.

In der Tabelle 5 sind die Jahresmittelwerte der PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationen von 2001 bis 2009 für ausgewählte Messstellen zusammengestellt. Es kann festgestellt werden, dass die Entwicklung der Feinstaubbelastung in Sachsen in beiden Korngrößenbereichen in den letzten Jahren stagniert. Ein Trend zu geringeren Konzentrationen ist nicht zu erkennen.

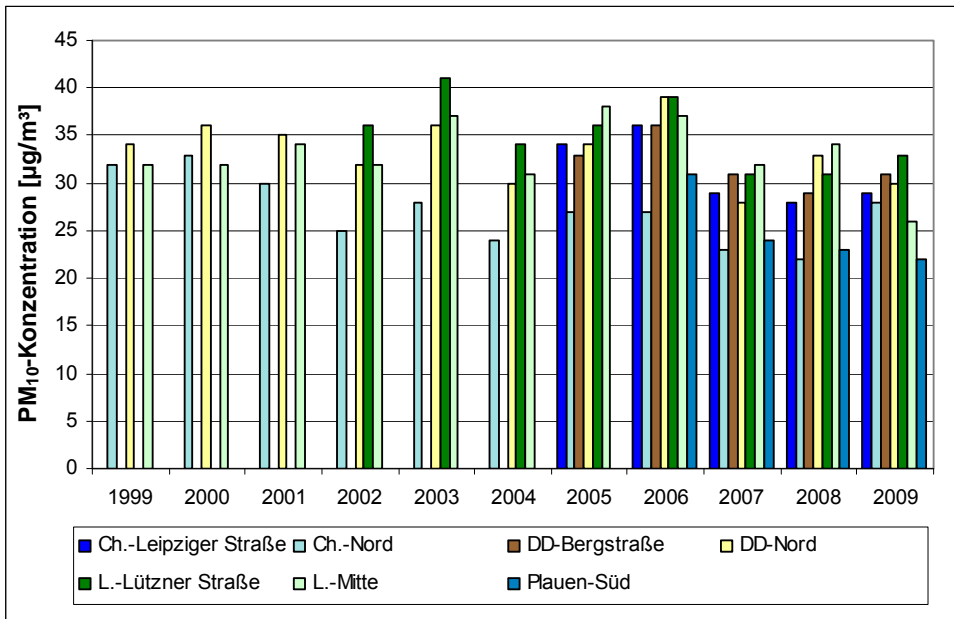


Abbildung 19: Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an stark belasteten Messstellen seit 1999

Tabelle 5: Vergleich Jahresmittelwerte [µg/m³] der PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationen von 2001 bis 2009 an ausgewählten Messstellen

Station		Jahresmittelwert [µg/m³]								
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PM ₁₀	Leipzig-Mitte	34	32	37	31	38	37	32	34	26
	Dresden-Nord	35	32	36	30	34	39	28	33	30
	Chemnitz-Nord	30	25	28	24	27	27	23	22	28
	Schwartenberg	17	14	17	13	17	17	15	14	14
PM _{2,5}	Leipzig-Mitte	19	20	23	20	24	23	19	17	16
	Dresden-Nord	-	21	23	19	23	24	17	17	20
	Chemnitz-Nord	17	16	20	17	19	18	14	13	15
	Schwartenberg	10	11	13	9	12	12	11	10	10

Auch in der Zeitreihe der gebietsbezogenen Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messstellen im Freistaat Sachsen von 1999 bis 2009 (Abbildung 20, Tabelle A 30) ist kein eindeutiger Trend erkennbar. Die Schwankungen in den letzten Jahren sind auf wechselnde meteorologische Ausbreitungsverhältnisse zurückzuführen.

PM10-Episoden

Wird der 24-Stunden-Grenzwert der PM₁₀-Konzentrationen von 50 µg/m³ an drei oder mehr aufeinander folgenden Tagen an mindestens 25 % der Messstationen überschritten, wird der Zeitraum als PM₁₀-Episode eingestuft. Nach diesem Kriterium wurden im Jahr 2009 in Sachsen vier PM₁₀-Episoden beobachtet:

Zeitraum	Anzahl der Tage
09.01. bis 15.01.2009	7
26.01. bis 28.01.2009	3
02.04. bis 07.04.2009	6
22.10. bis 24.10.2009	3

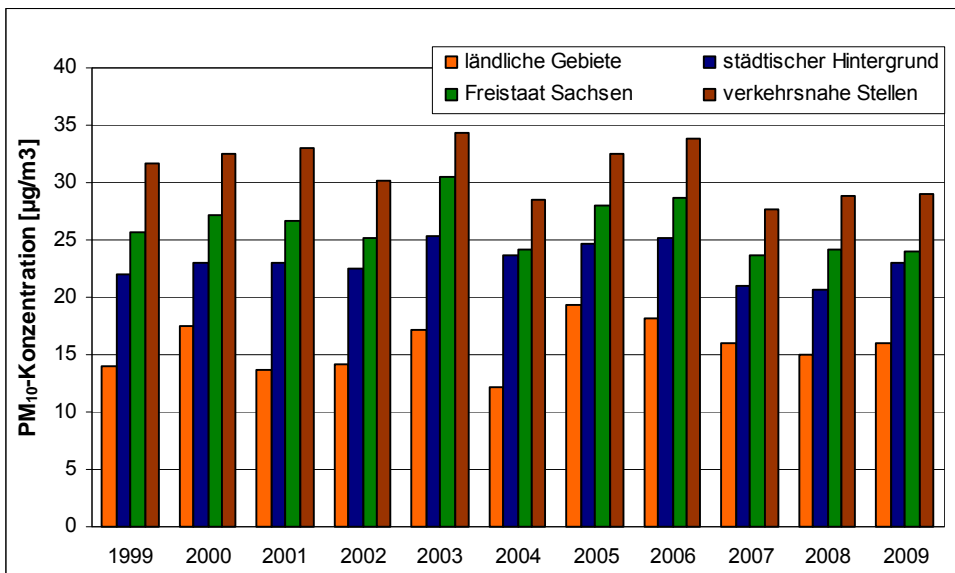


Abbildung 20: Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentration 1999 bis 2009

Während der PM₁₀-Episoden herrschten hauptsächlich austauscharme Hochdruck-Wetterlagen mit schwachen Winden und niedrigen Inversionen vor, bei denen der Austausch der Luftschadstoffe sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung stark eingeschränkt war. Bei länger anhaltenden PM₁₀-Episoden reichert sich der Feinstaub in der Atmosphäre von Tag zu Tag stärker an, so dass die Konzentrationen ständig steigen (Summationseffekt). Außerdem ist bei solchen Wetterlagen ein verstärkter länderübergreifender Ferneintrag von Feinstaub aus größeren Entfernungen (europaweit) zu beobachten. Da meteorologisch bedingt bei Hochdruckwetterlagen über Mitteleuropa vorwiegend Windrichtungen um Südost vorherrschen, werden Luftschadstoffe zu einem großen Teil aus den Industriegebieten der östlich und südöstlich angrenzenden Länder herantransportiert.

Bei der PM₁₀-Episode Mitte Januar herrschten schwache Winde aus Süd bis Südwest. Die sächsischen Messstationen verzeichneten eine Erhöhung der PM₁₀-Konzentration durch Ferneintrag. Zusätzlich führten im Januar die tiefen Temperaturen zu einem erhöhten Schadstoffausstoß durch vermehrte Raumheizung und verlängerte Kaltstarts der Kraftfahrzeuge. Auch in ganz Süddeutschland sowie in Südwestpolen und Nordböhmen wurden sehr hohe PM₁₀-Konzentrationen registriert.

Ende Januar kam es in Sachsen zu einer zweiten kürzeren PM₁₀-Episode bei schwachen Winden aus Ost bis Nordost. Neben Sachsen waren auch Ostbrandenburg, Teile Thüringens und Südwestpolen betroffen.

Extreme Trockenheit verbunden mit schwachen Winden führte im April zu einer erhöhten PM₁₀-Konzentration. Während in der ersten Hälfte der Episode vorwiegend Ballungszentren Mitteldeutschlands betroffen waren, weitete sich ab dem 04. April die Episode flächendeckend in ganz Mitteldeutschland, Sachsen und Nordböhmen aus.

Die PM₁₀-Episode im Oktober bei schwachen Winden aus Ost ist zum Teil auf lokale Emissionen aber auch auf Ferneintrag zurückzuführen. Betroffen waren in Sachsen städtischen Stationen. Regionale Hintergrundmessstellen lagen fast ausschließlich unterhalb der 50 µg/m³-Marke. Außerhalb Sachsens gab es in dieser Periode weiterhin Überschreitungen des PM₁₀-Tagesmittelwertes an städtischen Stationen in Mitteldeutschland.

Anzahl der PM₁₀-Überschreitungstage

In den letzten Jahren variierte die Anzahl der Überschreitungstage der PM₁₀-Konzentration von 50 µg/m³ von Jahr zu Jahr erheblich. Ursache sind wechselnde meteorologische Bedingungen, aber auch im Einzelfall lokale Veränderungen (z. B. Bautätigkeit).

Die deutliche Zunahme der Summe der Überschreitungstage aller Stationen (577 Tage) gegenüber dem Vorjahr (259 Tage) ist insbesondere auf die kalte Witterung im Januar 2009 und die extreme Trockenheit im April zurückzuführen. Insgesamt wurde 2009 die PM₁₀-Konzentration von 50 µg/m³ an 88 Tagen bei mindestens einer sächsischen Messstelle überschritten (Vorjahr: 66 Tage), wobei die Hälfte der Überschreitungstage auf die Monate Januar (23) und April (21) fiel.

Der 24-Stunden-Grenzwert der PM₁₀-Konzentrationen von 50 µg/m³ wurde 2009 an den Messstellen Leipzig Lützner Straße, Dresden Bergstraße, Dresden-Nord und Görlitz mehr als 35 mal überschritten (Tabelle A 23). Es handelt sich hierbei ausschließlich um stark belastete Verkehrsstationen, an denen zusätzlich ein nicht unerheblicher Anteil an Immissionen aus dem Verkehrsbereich dazukommt.

Da Görlitz mit 36 Überschreitungstagen nur einen Tag über der zulässigen Anzahl lag, wurde zusätzlich der Einfluss der Streutätigkeit des Winterdienstes auf die Anzahl der Überschreitungstage untersucht. Es konnte aber kein Überschreitungstag auf Grund der Streutätigkeit nachgewiesen werden. Die polnischen Nachbarstadt von Görlitz - Zgorzelec - überschritt ebenfalls diesen Grenzwert [29].

Aufgrund der Grenzwertüberschreitungen wurden für die Städte Leipzig, Dresden, Chemnitz, Görlitz und Plauen in den Vorjahren Luftreinhalte- bzw. Aktionspläne aufgestellt, in denen mittel- und langfristige Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffbelastung ausgewiesen sind. Die Luftreinhalte- bzw. Aktionspläne sind im Internet unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm> veröffentlicht. Für Leipzig wurde der Luftreinhalteplan zur Verlängerung der Frist zur Einhaltung des o. g. PM₁₀-Grenzwertes von der EU notifiziert. Die Luftreinhaltepläne für die Notifizierung, die für Dresden und Chemnitz noch erforderlich sind, werden zur Zeit erarbeitet.

4.5.2 PM₁₀-Inhaltsstoffe

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

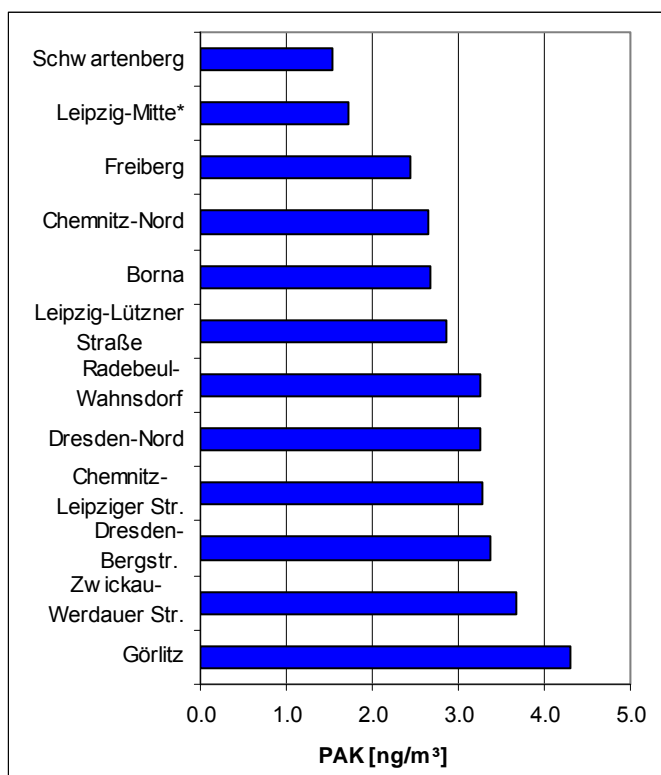


Abbildung 21: Rangliste der Messstellen bezüglich der PAK-Belastung 2009

In Tabelle A 11 und Tabelle A 12 sind die Jahresmittelwerte bzw. maximalen Tagesmittelwerte für die PAK zusammengestellt. Für BaP, BeP, BbF, BkF, Cor, DbahA und InP wird zum Vergleich der Stationen seit mehreren Jahren ein Summenwert errechnet. Diese Summenwerte sind als Rangliste für alle Messstationen in der Abbildung 21 grafisch dargestellt.

Aus der Summe der PAK kann jeweils auf die möglichen Emissionsquellen im Bereich des Standortes geschlossen werden. Die höchsten Summen werden an den Messstellen gefunden, die an stark befahrenen Straßen liegen und gleichzeitig durch den Hausbrand (feste Brennstoffe) beeinflusst werden. Die Messstelle Görlitz weist mit $4,3 \text{ ng/m}^3$ den höchsten und der Schwartenberg mit $1,5 \text{ ng/m}^3$ den geringsten Summenwert auf. Die zuletzt genannte Station wird nur durch Ferneintrag beeinflusst.

In Tabelle 6 werden für langjährige Messstationen die Summenwerte der PAK im PM_{10} miteinander verglichen. An hoch belasteten Stationen sind seit 2001 die PAK-Belastung geringfügig gesunken.

Tabelle 6: Vergleich der PAK-Summenwerte im PM_{10} (2001 bis 2009)

Station	Jahresmittelwert in [ng/m^3]								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Borna	3.2	4.1	3.3	3.3	2.9	2.9	2.5	3.0	2.7
Chemnitz-Nord	3.4	3.4	3.4	3.5	3.3	3.0	2.8	3.1	2.7
Dresden-Nord	4.4	5.0	4.5	4.2	4.0	4.1	3.1	3.7	3.3
Freiberg	2.9	3.4	3.3	3.2	3.0	2.9	2.8	3.1	2.4
Görlitz	7.5	7.7	7.0	6.0	7.2	6.1	4.8	6.1	4.3
Leipzig-Mitte	2.7	3.8	3.2	3.0	2.7	2.9	2.5	2.6	1.7
Leipzig-Lützner Str.	3.3	4.8	3.9	4.1	3.2	3.5	2.9	3.7	2.9
Radebeul-Wahnsdorf	3.0	4.0	3.6	3.6	3.5	3.4	3.0	3.8	3.3
Schwartenberg	1.4	1.9	1.7	1.4	1.8	1.5	1.6	1.5	1.5

Nach der 4. Tochtterrichtlinie gilt ab 2013 für Benzo(a)pyren (BaP) ein Jahres-Zielwert von $1,0 \text{ ng/m}^3$. Dieser Wert wurde in den letzten drei Jahren an allen sächsischen Stationen eingehalten (Tabelle A 15). Die Abbildung 22 zeigt die zeitliche Entwicklung der BaP-Jahresmittelwerte an stark belasteten Messstationen seit 1995.

Die Variabilität der BaP-Konzentrationen in der Luft ist nicht nur durch Minderungen der Emissionen erklärbar (Abnahme zwischen 1996 und 1998), sondern auch durch die Veränderung bestimmter meteorologischer Bedingungen, wie z. B. Temperatur, Windrichtung, Häufigkeiten austauscharmer Wetterlagen.

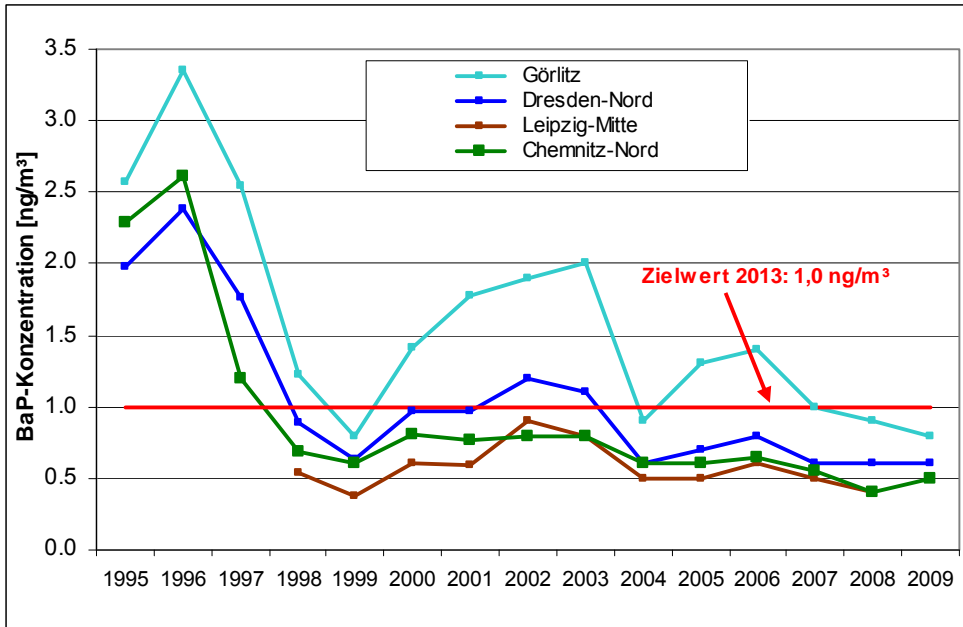


Abbildung 22: Entwicklung der BaP-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an stark belasteten Messstellen

Schwermetalle

In Tabelle A 11 und Tabelle A 12 sind die Jahresmittelwerte und maximalen Tagesmittelwerte für die Schwermetalle im PM₁₀ zusammengefasst. Die Messergebnisse der letzten sechs Jahre werden in der Tabelle A 14 gegenübergestellt.

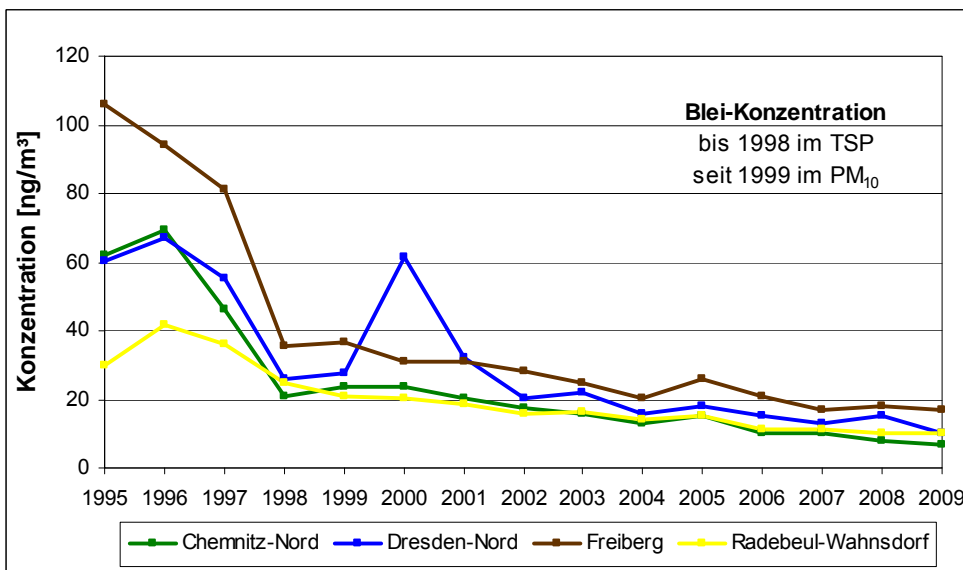


Abbildung 23: Entwicklung der Blei-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an ausgewählten Messstellen

Für Pb lagen die Jahresmittelwerte 2009 zwischen 4 und 17 ng/m³. Der Maximalwert wurde, wie in den letzten Jahren, an der Messstelle Freiberg ermittelt. An allen Messstellen wurden 2009 die geringsten Werte seit Beginn der Untersuchungen gemessen. Der seit 2005 geltende Jahres-Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 0,5 µg/m³ wird schon seit mehreren Jahren an allen Messstellen weit unterschritten.

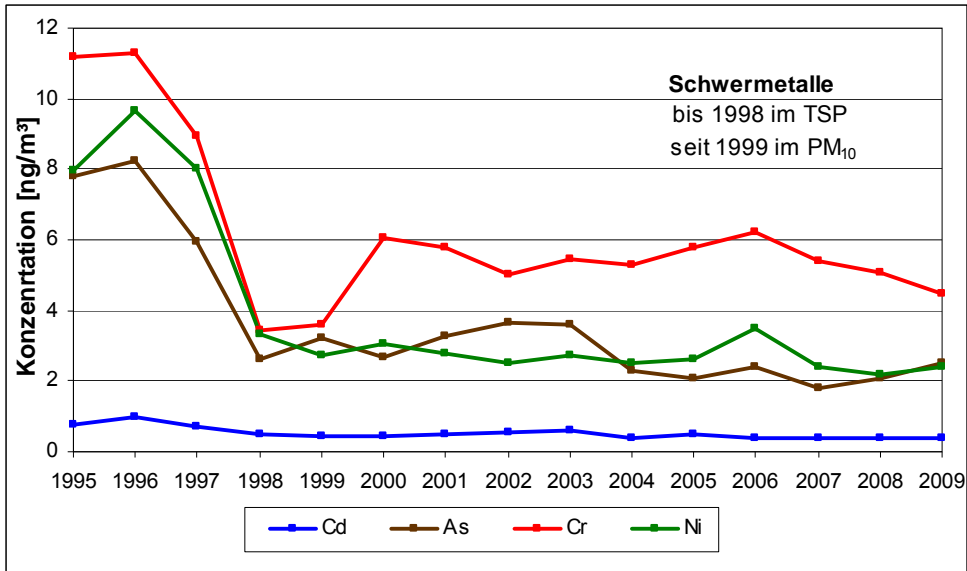


Abbildung 24: Entwicklung der Cd-, As-, Cr- und Ni-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an der Messstelle Dresden-Nord

Der Entwicklung der Pb-Jahresmittelwerte von 1995 bis 2009 ist in Abbildung 23 dargestellt. Sie zeigt bis 1998 aufgrund der Reduzierung des Bleigehaltes im Kfz-Kraftstoff eine deutliche Abnahme der Immissionskonzentration. Danach ändern sich die Jahresmittelwerte nur noch geringfügig.

Die Cd-Werte variieren zwischen $0,1 \text{ ng/m}^3$ auf dem Schwartenberg und $1,2 \text{ ng/m}^3$ in Zwickau-Werdauer Straße. Die Jahresmittelwerte für Arsen (As) liegen im Bereich von $1,0$ in Borna bis $3,8 \text{ ng/m}^3$ an der Station Dresden-Nord (Tabelle A 11). Für Chrom (Cr) liegen die Jahresmittelwerte zwischen $0,8$ und $4,5 \text{ ng/m}^3$ und für Nickel (Ni) zwischen $1,1$ und $2,4 \text{ ng/m}^3$. In den letzten Jahren änderten sich die Mittelwerte der Schwermetalle Cd, As, Cr und Ni an allen Messstellen nur geringfügig entsprechend den meteorologischen Ausbreitungsverhältnissen.

Stellvertretend für alle Messstellen ist in der Abbildung 24 die Entwicklung der Schwermetall-Konzentrationen von Cd, As, Cr und Ni an der verkehrsnahen Messstelle Dresden-Nord für den Zeitraum 1995 bis 2009 dargestellt.

Die Zielwerte der 4. Tochterrichtlinie für die Schwermetalle As, Cd, und Ni, die ab 2013 einzuhalten sind, wurden auch 2009 deutlich unterschritten.

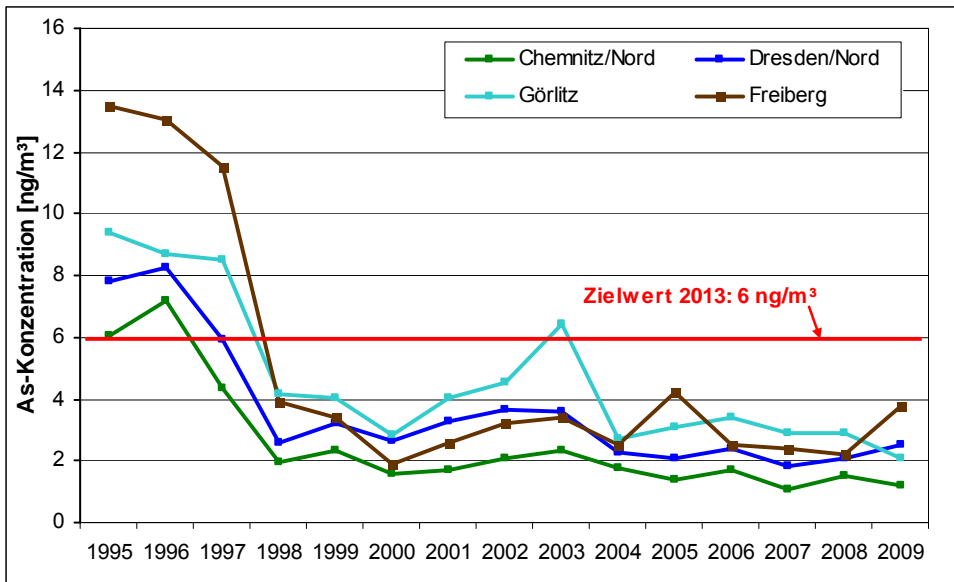


Abbildung 25: Entwicklung der As-Jahresmittelwerte in den Jahren 1995 bis 2009 an stark belasteten Messstellen

In der Abbildung 25 ist die Entwicklung der Arsen-Konzentration in den Jahren 1995 bis 2008 an verschiedenen verkehrsnahen Messstellen in Sachsen aufgeführt. Nach der kontinuierlichen Abnahme der Messwerte von 1995 bis 1998 treten nur noch geringfügige, meteorologisch bedingte Schwankungen in den Messwerten auf. Der ab 2013 geltende Jahres-Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von $6,0 \text{ ng/m}^3$ wurde seit 1998 nur noch einmal im Jahr 2003 in Görlitz überschritten und liegt seitdem auch an dieser Messstelle deutlich darunter.

Ruß

Ruß entsteht bei einer unvollständigen Verbrennung von flüssigen und festen Brennstoffen. Nachdem der Einsatz von festen Brennstoffen in den 1990er-Jahren weiter zurückging, hatten die Rußemissionen aus dem Straßenverkehr (speziell aus der Verbrennung von Dieselmotoren) eine größere Bedeutung bekommen.

Da die Rußteilchen einen aerodynamischen Durchmesser $<10 \mu\text{m}$ besitzen, zählen sie zu den thoraxgängigen Stoffen. Obwohl Ruß selber wahrscheinlich nicht als Luftschadstoff wirksam wird, hat er aufgrund seiner sehr hohen spezifischen Oberfläche die Eigenschaft, Luftschadstoffe in seinen Poren aufzunehmen. Hierbei spielen die Anzahl und chemische Zusammensetzung der Teilchen wahrscheinlich eine größere Rolle als die Rußmasse.

Tabelle 7: Jahresmittelwerte der Ruß-Konzentration im PM₁₀ seit 2001

Station	Jahresmittelwert in [µg/m ³]								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Borna	4.1	4.2	3.8	3.8	3.8	4.1	3.4	2.6	2.9
Chemnitz-Nord	3.8	3.5	3.6	3.1	3.2	3.6	3.0	2.5	2.7
Dresden-Nord	4.9	4.6	4.8	4.6	4.2	4.1	3.4	3.4	3.2
Freiberg	2.7	2.9	2.6	2.4	2.4	2.5	2.4	2.2	2.4
Görlitz	5.0	4.7	5.2	5.2	4.3	4.3	4.1	3.6	3.5
Leipzig-Mitte	5.0	5.3	5.9	5.1	4.8	5.4	4.5	3.9	3.2
Leipzig-Lützner Str.	5.1	5.2	5.7	5.1	3.9	4.8	4.3	4.0	3.9

In der Tabelle 7 sind die Jahresmittelwerte der Rußkonzentrationen der letzten neun Jahre zusammengefasst. In diesem Zeitraum verringerte sich die Rußkonzentration im Mittel um 25 %. Als eine Ursache dieses Trends ist die Emissionsreduzierung durch den Einsatz von Partikelfiltern bei Dieselfahrzeugen zu nennen. Wie sich umgesetzte Maßnahmen aus Luftreinhalteplänen auf die Rußkonzentration auswirken, muss in den nächsten Jahren näher untersucht werden.

4.6 Staubbiederschlag und seine Inhaltsstoffe

Als Staubbiederschlag (Deposition) wird die Ablagerung von Stoffen bezeichnet, die als trockener Staub (trockne Deposition) oder mit dem Niederschlag (nasse Deposition) aus der Luft auf den Boden oder anderen Oberflächen gelangen. Besonders wichtig sind deshalb Staubbiederschlagsmessungen für Aussagen über den Schadstoffeintrag aus der Atmosphäre in den Boden.

Im sächsischen Messnetz wird neben der Staubmasse auch deren Gehalt an Pb und Cd bestimmt. Die Jahresmittelwerte und die maximalen Monatsmittelwerte der Staubbiederschlagsmessungen sind der Tabelle A 16 zu entnehmen. Die Ergebnisse zeigen eine große räumliche Differenziertheit. Auch die Meteorologie hat einen großen Einfluss auf das Ergebnis. Bei trockener Witterung kann es zu Abwehungen und damit zu einer hohen Staubbiedemission kommen. Dagegen können Niederschläge zu einer Verminderung der Immissionen führen.

Die Jahresmittelwerte des **Staubbiederschlages** lagen zwischen 0,05 g/m²-d in Radebeul-Wahnsdorf und Dresden-Winckelmannstraße und 0,19 g/m²-d in Leipzig-Mitte. Der Grenzwert der TA Luft von 0,35 g/m²-d (Tabelle 3) wurde an allen Messstellen eingehalten. Vergleicht man die Jahresmittelwerte des Jahres 2009 mit denen der Vorjahre, so sind keine großen Änderungen festzustellen. Die Änderungen von Jahr zu Jahr sind wie bei den anderen Schadstoffkomponenten meteorologischen Schwankungen unterworfen.

Die Jahresmittelwerte und die maximalen Monatsmittelwerte von **Pb und Cd im Staubbiederschlag** sind in der Tabelle A 17 zusammengestellt.

An der Messstation in Freiberg wurden in der Zeit von Juli bis November extrem hohe Pb-Konzentrationen im Staubbiederschlag registriert, die weit über dem Jahresgrenzwert der TA Luft von 100 µg/m²-d lagen. Zeitgleich fanden Straßenbauarbeiten in unmittelbarer Umgebung der Messstation statt. Ursache für die zwischenzeitlich hohe Pb-Belastung werden die Erdarbeiten im erzeichen Boden gewesen sein. Nach Beendigung der Baumaßnahme sank die Pb-Konzentration im Staubbiederschlag wieder auf das ursprüngliche Niveau. Trotz der hohen Werte von Juli bis November lag der Jahresmittelwert der Bleikonzentrationen auch an dieser Messstelle unterhalb des Grenzwertes der TA Luft. Eine erhöhte Pb-Konzentration in der PM₁₀-Fraktion wurde nicht registriert. An den anderen Messstellen lagen die Jahresmittelwerte der Pb-Konzentration im Staubbiederschlag im Bereich der Vorjahre.

Ähnlich sah es mit den Cd-Konzentrationen aus. Hier wurden wiederum in Freiberg leicht erhöhte Messwerte registriert. Die Belastung durch Pb und Cd im Staubbiederschlag liegt seit Jahren an allen Messstellen unter den Grenzwerten der TA Luft.

4.7 Nasse Deposition

Als nasse Deposition bezeichnet man den Eintrag luftgetragener Schadstoffe in Ökosysteme durch den Niederschlag. Sie ist stark von der atmosphärischen Konzentration des jeweiligen Schadstoffs und von den meteorologischen Prozessen, insbesondere von der Niederschlagsintensität und von der Niederschlagsverteilung am Messort, abhängig.

Die Bestimmung der nassen Deposition erfolgt im Freistaat Sachsen seit 1989 an 10 Messpunkten. Die gesammelten Niederschlagsproben werden im Labor auf ihren pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit und verschiedene Inhaltsstoffe untersucht. Aus den gewichteten Jahresmittelwerten der Schadstoffkonzentrationen (Tabelle A 18) und der Jahressumme des Niederschlages wird die nasse Gesamtdeposition ermittelt (Tabelle A 19).

Ergebnisse

Die Tendenz zu höheren pH-Werten in der Mitte der 1990er-Jahre setzt sich seit ca. 2003 nicht mehr fort. Die 2009 bestimmten **pH-Werte** liegen im Bereich der Werte der letzten Jahre.

Die **Leitfähigkeit** des Niederschlagswassers hängt von der Ionenkonzentration ab und ist somit ein Ausdruck für die Verunreinigung insgesamt. Bis 2002 halbierte sich die elektrische Leitfähigkeit und erreichte Werte zwischen 13 und 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 2009 betrug die elektrische Leitfähigkeit zwischen 13 und 17 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Konzentration der Niederschlagsinhaltsstoffe: Untersucht wurden die Schwefelverbindung SO_4^{2-} , die Stickstoffverbindungen NH_4^+ und NO_3^- , die Konzentrationen der Chlor- (Cl^-), Natrium- (Na^+), Kalium- (K^+), Magnesium- (Mg^+) und Kalzium- (Ca^{2+}) Ionen. Bei allen gemessenen Konzentrationen gab es keine wesentlichen Änderungen in Bezug auf die letzten zwei Jahre.

Deposition der Niederschlagsinhaltsstoffe: Die Menge der im betrachteten Zeitraum deponierten Niederschlagsinhaltsstoffe wird vor allem durch meteorologische Parameter und regionale Emissionscharakteristiken bestimmt. Aufgrund der großen Variabilität der Witterung, insbesondere von Niederschlagshäufigkeit und -menge, sollten interannuelle Schwankungen bzw. Differenzen nicht überbewertet werden.

- Die Mg^+ -, Ca^{2+} -, und Cl^- -Depositionen sind nach einer Abnahme Anfang der 1990er-Jahre seit 1995 etwa auf gleichem Niveau. Die Depositionen von Na^+ - und K^+ -Ionen weisen im gesamten Untersuchungszeitraum keine eindeutige Entwicklung auf.
- Die SO_4^{2-} -Depositionen haben in den Jahren vor 2004 insgesamt abgenommen. Danach ist kein Trend mehr zu beobachten.
- Die Gesamtstickstoff-Depositionen veränderten sich zwischen 1989 und 2009 insgesamt nur wenig und weisen keine eindeutige Tendenz auf.

Die Depositionscharakteristiken haben sich in den letzten 20 Jahren von schwefeldominiert zu stickstoffdominiert verschoben. Die Stickstoffkomponenten tragen entscheidend zur Gesamtsäurebelastung der sächsischen Waldökosysteme bei.

Im Jahr 2008 erfolgte eine umfassende Analyse der nassen Depositionen für Sachsen. Ausführliche Ergebnisse sind im Jahresbericht zur Immissionssituation 2008 [27] zusammengestellt.

5 Projekte

5.1 Ergebnisse einer verkehrsnahen Langzeitmessung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Außenluft

Die Bestimmung der Anzahl ultrafeiner Partikel in Ergänzung zur Messung von PM_{10} oder $PM_{2.5}$ eröffnet neue Möglichkeiten, die Luftqualität zukünftig besser beurteilen zu können. In der Außenluft in Straßennähe verursachen insbesondere die Rußemissionen von Dieselfahrzeugen eine sehr hohe Anzahl an extrem kleinen Partikeln, die eine sehr geringe Masse besitzen. Es gibt signifikante Hinweise auf mögliche negative Auswirkungen ultrafeiner Partikel auf die menschliche Gesundheit. Durch die Modernisierung der Fahrzeugflotte wird eine Verbesserung der Luftqualität in Straßennähe erwartet. Die Partikel zählenden Messverfahren haben den Vorteil, Veränderungen in der Anzahl von ultrafeinen Partikeln sehr empfindlich nachzuweisen. Gleichzeitig sollen Erfahrungen bei der Messung ultrafeiner Partikel in einem Luftmessnetz gewonnen und Datengrundlagen für epidemiologische Studien geschaffen werden.

Die Problematik der Messung von ultrafeinen Partikeln im sächsischen Luftgütemessnetz, das sächsische Luftgütemessnetz und die entwickelten Bausteine zur Kontrolle der Datenqualität der Messung ultrafeiner Partikel wurden bereits beschrieben [1], [27]. Im zweiten Teil werden nun die Messergebnisse über einen Zeitraum von neun Jahren an einer verkehrsnahen Messstation in Dresden vorgestellt und diskutiert.

Der verkehrsnahen Messort

Die Messstation befindet sich in der sächsischen Landeshauptstadt Dresden, in der mehr als eine halbe Million Menschen wohnen. Sie steht auf dem Vorplatz des Neustädter Bahnhofs, dessen Umgebung durch lockere Wohnbebauung geprägt wird. Die Messstation befindet sich etwa 50 m entfernt von einer Kreuzung, über die etwa 40.000 Kraftfahrzeuge pro Tag fahren, und 5 m vom Straßenrand einer weniger befahrenen Fernverkehrsstraße. Durch die schrittweise Inbetriebnahme der Autobahn A17 reduzierten sich die Stadtdurchfahrten der LKW [2]. Auch die mittleren Fahrzeugemissionen veränderten sich durch die Zunahme der Kraftfahrzeuge mit verbesserten Abgasreinigungssystemen und eine Erhöhung des Anteils an Diesel-PKW. Der Anteil der Diesel-PKW ist mit 14 % in Sachsen deutlich niedriger als im Bundesdurchschnitt [3]. Weiterhin verloren nahegelegene Kleinf Feuerungsanlagen mit Festbrennstoffen weiter an Bedeutung. Die lokalen Veränderungen in Verbindung mit den antransportierten Schadstoffen bewirken eine Veränderung der Immissionssituation an dieser verkehrsnahen Messstation.

Die Bestimmung der Partikelanzahlgrößenverteilung erfolgt mit einem TDMPMS (Twin Differential Particle Mobility Sizer) mit einem Probenahmesystem bestehend aus PM_{10} -Vorabscheider und Pufferbehälter ohne Heizung. Die Messung der Konzentration der Partikelanzahl erfolgt im Partikelgrößenbereich von 3 bis 800 nm, die in acht Partikelgrößenklassen als $\frac{1}{2}$ -h-Mittelwerte in der Datenbank des sächsischen Luftgütemessnetzes gespeichert werden [4].

Messergebnisse für die Partikelanzahl

Einen Eindruck über die Variation von Tagesmittelwerten für die Partikelanzahlkonzentration an der verkehrsnahen Messstation vermittelt Abbildung 26. Vier Partikelgrößenklassen sind beispielhaft dargestellt. Der weite Bereich der Anzahlkonzentration über drei Dekaden (Größenordnungen) und auch die große Spanne der schwankenden Tagesmittelwerte wird deutlich. Bei den großen Partikeln (200 – 800 nm) wird ein saisonaler Gang mit höheren Werten im Winter und niedrigeren Werten im Sommer sichtbar, so wie es für Feinstaub PM_{10} oder $PM_{2.5}$ bekannt ist. Langzeittrends sind hier nicht zu erkennen. Im Gegensatz dazu wurden in Kopenhagen bei derartigen Messungen gravierende Minderungen in der Partikelanzahl ab dem Jahr 2005 festgestellt, die mit Schwefelreduzierungen im Diesel und Benzin für die Kraftfahrzeuge in Verbindung gebracht wurden [5].

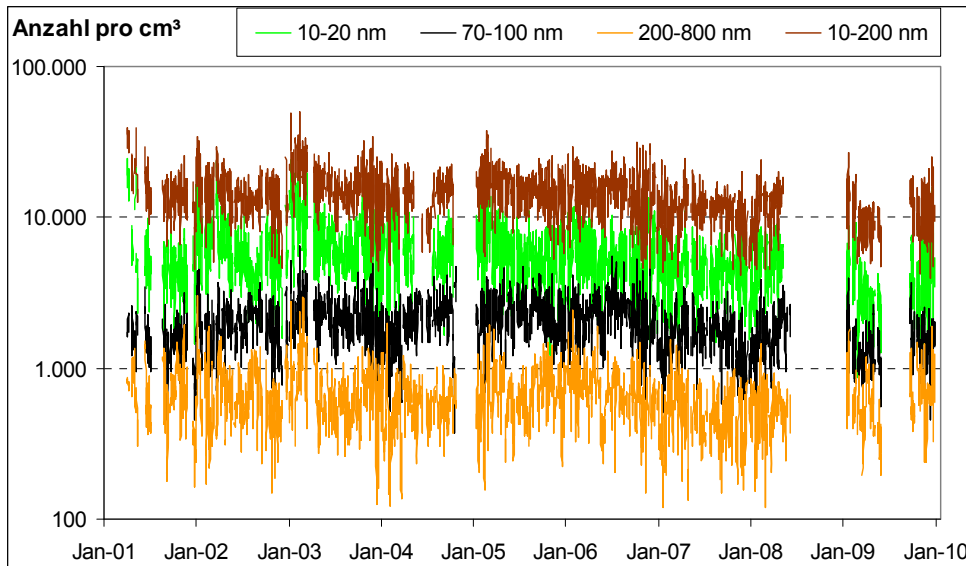


Abbildung 26: Verlauf der Tagesmittelwerte für die Anzahlkonzentration verschiedener Partikelgrößenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord über neun Jahre

Die Datenverfügbarkeit für die Partikelanzahl liegt nicht so hoch wie die für die Überwachung der Luftschadstoffe im Luftgütemessnetz. Im Unterschied zum Luftgütemessnetz stehen keine Austauschgeräte zur Verfügung. Die Messzeit des TDMPs reduzierte sich durch Ausfälle und die jährliche externe Wartung des Messsystems sowie durch Teilnahmen an Vergleichsmessungen zur Qualitätssicherung. Für die Partikelanzahl liegt eine mittlere Datenverfügbarkeit von 70 % über neun Jahre vor, während bei den zu überwachenden Luftschadstoffen im Durchschnitt eine Datenverfügbarkeit von 98 % erreicht wird [6]. Auch ist die Messunsicherheit der Partikelanzahl größer als die der Luftschadstoffe. Für Partikelgrößen von 20 bis 800 nm wird die Unsicherheit auf 10 bis 20 % geschätzt. Für Partikel kleiner 20 nm wächst sie weiter an. Für die Partikelklasse von 3 bis 10 nm liegt sie etwa bei 50 % [7]. Aus Gründen einer möglichen sehr hohen Messunsicherheit und bisher nicht geklärter extrem hoher Partikelkonzentrationen im Dezember 2009 wird von einer Darstellung der Ergebnisse für die Partikelgrößenklasse 3 bis 10 nm abgesehen.

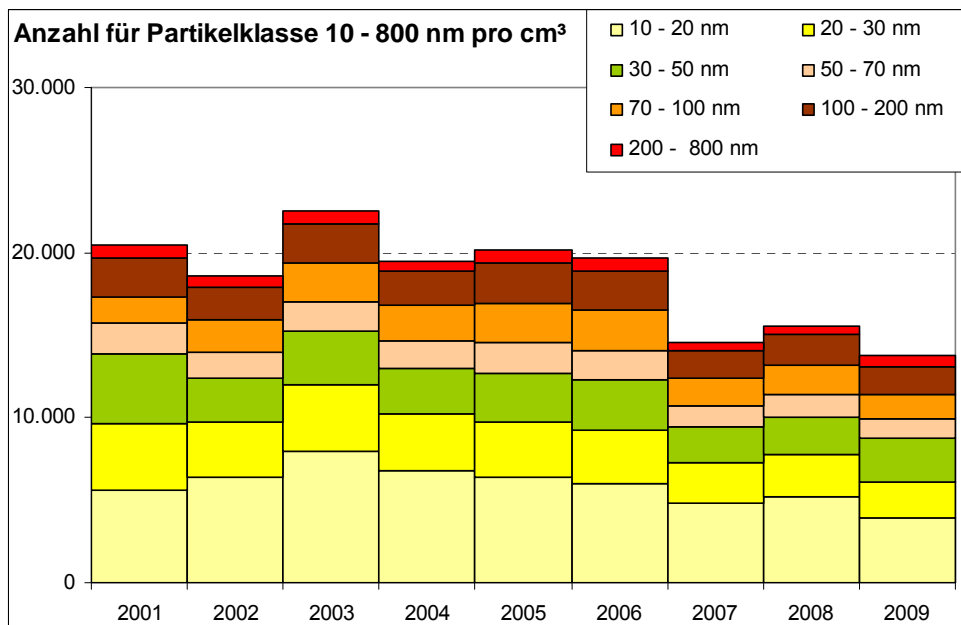


Abbildung 27: Summe der Jahresmittelwerte der einzelnen Partikelgrößenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord

Die Jahresmittelwerte für die Partikelanzahl in Abbildung 27 können nur im Rahmen der angegebenen Datenverfügbarkeit und Messunsicherheit betrachtet werden. In den Jahren 2001 bis 2006 stagnierten die Konzentrationen. Ein Trend in der Anzahl aller Partikel ist bis dahin nicht zu erkennen. Das Niveau der Partikelkonzentration schwankt um 20.000 Partikeln pro cm³. Im meteorologisch gesehenen Extremjahr 2003 mit ausgeprägten und sehr langen Trockenperioden, die zu den bekannten überdurchschnittlich hohen PM₁₀- und PM_{2,5}-Jahresmittelwerten im sächsischen Luftgütemessnetz [6] führten, wurde auch der maximale Jahresmittelwert für die Partikelanzahl gemessen. Ab dem Jahr 2007 fällt das Niveau um ¼ und schwankt nun um 15.000 Partikeln pro cm³.

Um die meteorologischen Einflüsse auf die Immissionen zu dämpfen und der vorhandenen Datenverfügbarkeit Rechnung zu tragen, wurden für weiter führende Auswertungen anstelle der Jahresmittelwerte 3-Jahresmittelwerte genutzt (Tabelle 8). Weiterhin wurden gleiche Kenngrößen für die zu überwachenden Luftschadstoffe an der Messstation gebildet.

Tabelle 8: Partikelanzahlniveau über jeweils 3 Jahre an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord

Zeitraum	Faktor und Einheit	10 - 20 nm	20 - 30 nm	30 - 50 nm	50 - 70 nm	70 - 100 nm	100 - 200 nm	200 - 800 nm
2001-2003	1.000/cm ³	6,9	3,7	3,2	1,7	2,0	2,2	0,73
2004-2006	1.000/cm ³	6,3	3,3	2,9	1,8	2,3	2,3	0,71
2007-2009	1.000/cm ³	4,6	2,4	2,3	1,3	1,6	1,7	0,57

Der 3-Jahreszeitraum von 2001 bis 2003 wurde als Basiszeitraum festgelegt, um die Änderungen in den nachfolgenden 3-Jahreszeiträumen von 2004 bis 2006 (1. Vergleich) und 2007 bis 2009 (2. Vergleich) daran vergleichen und im Zusammenhang mit den Änderungen der Konzentrationen der zu überwachenden Luftschadstoffe diskutieren zu können.

Der Basiszeitraum 2001 bis 2003 enthält das meteorologische Extremjahr 2003 und bildet trotz der Mittlung über drei Jahre damit ein eher zu hohes Bezugsniveau.

Tabelle 9: Änderung des Konzentrationsniveaus von Luftschadstoffen und Partikelgrößenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord gegenüber dem Basiszeitraum von 2001 bis 2003

Zeitraum über 3 Jahre	1. Vergleich 2004 - 2006	2. Vergleich 2007 - 2009
Luftschadstoffe		
PM10 1)	-1 %	-14 %
PM2.5 1)	0 %	-16 %
Ruß-BC 2)	5 %	-10 %
Ruß-EC 3)	-7 %	-30 %
BaP (im PM10)	-34 %	-47 %
NO	-6 %	-33 %
NO ₂	-3 %	-18 %
NO _x	-5 %	-26 %
Benzol	-12 %	-45 %
Partikelgrößenklassen		
10 - 20 nm	-8 %	-33 %
20 - 30 nm	-10 %	-37 %
30 - 50 nm	-9 %	-29 %
50 - 70 nm	3 %	-25 %
70 - 100 nm	13 %	-19 %
100 - 200 nm	4 %	-23 %
200 - 800 nm	-4 %	-22 %

¹⁾ HV-Sammler und Laborgravimetrie

²⁾ Optische Rußmessung mit Aethalometer bzw. mit MAAP mit PM₁₀

³⁾ Rußmessung nach VDI 2465 Blatt 1

Für den 1. Vergleich mit dem Niveau von 2004 bis 2006 bleiben die massebezogenen Luftschadstoffkonzentrationen für PM₁₀, PM_{2,5}, Ruß und Stickoxide im Rahmen der Messunsicherheit unverändert gegenüber dem Basiszeitraum 2001 bis 2003, wie die Werte in der 2. Spalte der Tabelle 9 zeigen. Die Konzentrationen von Benzol und Benzo(a)pyren (BaP) sinken hingegen. Für die Partikelanzahl ergibt sich ein uneinheitliches Bild. Während das Konzentrationsniveau der meisten Größenklassen gleich bleibt oder leicht sinkt, ist für die Partikelklasse 70 bis 100 nm ein Anstieg zu verzeichnen, der auch bei den benachbarten Partikelgrößenklassen noch bemerkt wird. Im Größenbereich von 70 bis 100 nm liegen auch die primären Partikelemissionen der Dieselfahrzeuge. Der Zuwachs könnte durch den sich vergrößernden Anteil an zugelassenen Diesel-PKW, die in diesen Jahren meist noch ohne Partikelfilter ausgeliefert wurden verursacht worden sein [4].

Im 2. Vergleich (2007 bis 2009) werden deutlichere Reduzierungen für alle Schadstoffe gegenüber dem Basiszeitraum von 2001 bis 2003 registriert. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass in diesem Vergleichszeitraum zwei meteorologisch sehr feuchte Jahre enthalten sind, die den Reduzierungssatz sicher zu optimistisch erscheinen lassen. Eine in der Nähe der Messstation eingerichtete Verkehrszählstelle ermöglicht die Angabe der Verkehrszahlen seit 2004 (Tabelle 10). Für den Basiszeitraum sind damit keine Daten vorhanden. Vom 1. Vergleichszeitraum 2004 bis 2006 zum 2. Vergleich 2007 bis 2009 verringert sich die mittlere Anzahl der PKW um 6 Prozent und die der LKW um 10 Prozent. Die Reduzierung im Niveau der Luftschadstoffe und der Partikelanzahl im 2. Vergleich können Ausdruck der gesunkenen Anzahl an vorbeifahrenden Fahrzeugen und der weiteren Verringerung der nahegelegenen Festbrennstoff-Heizungen sein.

Es bleibt abzuwarten, wie sich in den nächsten Jahren die Veränderung der Emission der Fahrzeuge auf die Konzentration der zu überwachenden Luftschadstoffe und die Partikelanzahl der verschiedenen Partikelgrößenklassen auswirken wird, während Fördermaßnahmen zum Einbau von Partikelfiltern und der Luftreinhalteplan Dresden diesen Prozess begleiten.

Tabelle 10: Mittelwert für die Anzahl der Kraftfahrzeuge, die hauptsächlich auf der nahegelegenen Kreuzung in 50 m Entfernung von der Messstation Dresden-Nord fahren

	PKW pro Tag	LKW pro Tag	Schwerverkehrsanteil
2001-2003	-	-	-
2004-2006	38.439	1.563	4,1%
2007-2009	36.048	1.401	3,9%

Partikelanzahl und Luftschadstoffe

Die Überwachung der Luftschadstoffe und die innovative Messung der Partikelanzahlverteilung in Dresden-Nord ermöglicht es, die gemessenen Parameter für die Luftqualität zu vergleichen, um ggf. Messverfahren wechselseitig zu kontrollieren oder zukünftig zu ersetzen, um Messaufwand zu reduzieren.

Es ist bekannt, dass Konzentrationen von einzelnen Partikelgrößenklassen mit bestimmten Luftschadstoffkonzentrationen (PM_{2,5}, NO_x) über relative kurze Zeiträume (z. B. ein Jahr) mäßig bis gut korrelieren [8]. An der Messstation Dresden-Nord wurden nun die Messergebnisse über neun Jahre untersucht und für jede Partikelgrößenklasse das höchste Bestimmtheitsmaß mit einem zu überwachenden Luftschadstoff in Tabelle 11 angegeben. Dabei wurde eine lineare Regressionsanalyse für Tagesmittelwerte durchgeführt. Das höchste Bestimmtheitsmaß R² wurde für die Luftschadstoffe NO_x, PM_{2,5} und Ruß gefunden. Im Bereich von 10 bis 70 nm wird eine sehr mäßige Korrelation mit NO_x mit einem R² um 0,4 gefunden. Größere Partikel von 70 bis 200 nm korrelieren mit der optischen Rußmessung mit einem R² von 0,4 bis 0,5 mäßig. Die größte Partikelklasse 200 - 800 nm korreliert mit den Ergebnissen der PM_{2,5}-Messung mit einem R² von 0,8 über 9 Jahre hingegen gut (Abbildung 28). Hier wird eine Redundanz von Partikelanzahl und Partikelmasse erzielt, die zu einer wechselseitigen Qualitätskontrolle der Daten im Luftgütemessnetz genutzt werden kann.

Tabelle 11: Zusammenhang zwischen zu überwachenden Luftschadstoffen und Partikelgrößenklassen für Tagesmittelwerte über 9 Jahre an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord

Luftschadstoff	NO _x in ppb				Ruß in µg/m ³		PM _{2,5} in µg/m ³
	10 - 20 nm	20 - 30 nm	30 - 50 nm	50 - 70 nm	70 - 100 nm	100 - 200 nm	200 - 800 nm
m	93,8	50,8	38,6	18,0	419	488	23,3
b	1261	601	896	698	671	566	191
R ²	0,37	0,42	0,40	0,34	0,41	0,50	0,80

Die Daten in Tabelle 11 eröffnen aufgrund der langen Messreihe gleichzeitig die Möglichkeit die mittlere Konzentration von Partikelanzahl-Größenklassen für andere innerstädtische verkehrsnaher Luftgütemessorte nach Gleichung 1 zu schätzen.

$$y_{PGK} = m \cdot x_L + b \quad (1)$$

Dabei wird der Konzentrationswert y der jeweiligen Partikelgrößenklasse (PGK) über die Parametern m und b der zugehörigen Partikelgrößenklasse und den am Messort ermittelten Schadstoffkonzentrationsniveaus x_L von NO_x, Ruß oder PM_{2,5} entsprechend Tabelle 11 ermittelt. Über diese Methode können für die Partikelgrößenklassen von 10 bis 800 nm keine Einzelwerte, wohl aber z. B. Jahresmittelwerte geschätzt werden.

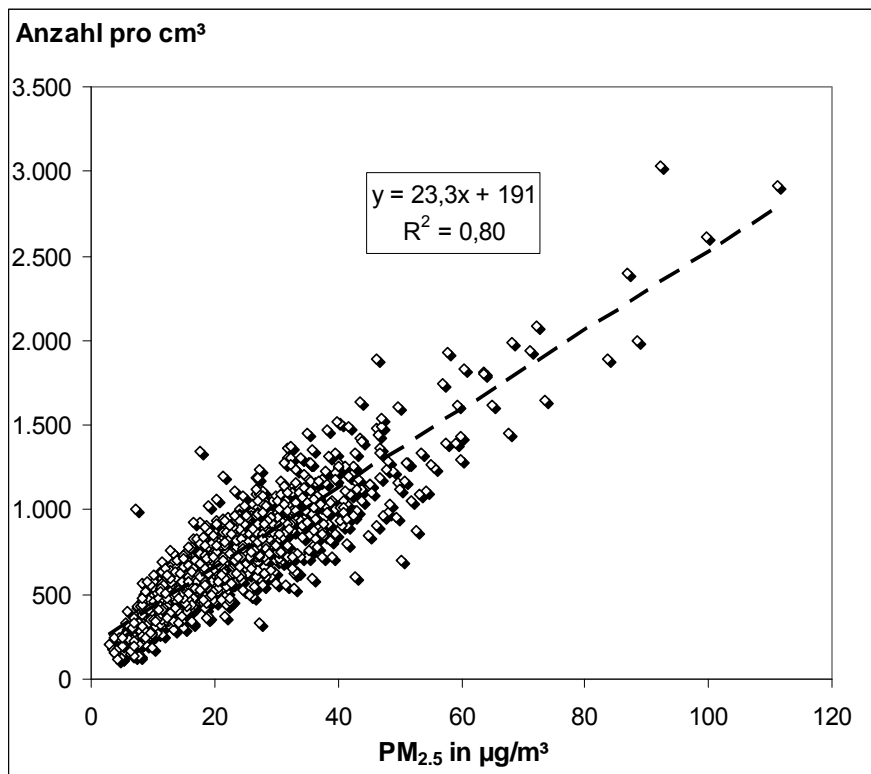


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen PM_{2,5} und Partikelgrößenklasse von 200 bis 800 nm für Tagesmittelwerte im Zeitraum von 2001 bis 2009. Die Probenahme des PM_{2,5}-Sammlers erfolgte an jedem zweiten Tag

Zusammenfassung

Mit einem Mobilitätsspektrometer vom Typ TDMPs wurde die Außenluft an einer verkehrsnahen Messstation in Dresden über neun Jahre analysiert. Es wurden acht Partikelgrößenklassen von 3 bis 800 nm registriert. Diese Daten ergänzen die der Überwachung der Luftschadstoffe im sächsischen Luftgütemessnetz beispielhaft an einem Messort. Die Partikelanzahlkonzentration liegt im Partikelgrößenbereich von 10 bis 800 nm bei etwa 18.000 Partikeln pro cm^3 mit leicht abnehmender Tendenz. Große Partikel von 200 bis 800 nm korrelieren gut mit den $\text{PM}_{2.5}$ -Werten und können deshalb zur wechselseitigen Plausibilitätsprüfung der verschiedenen Messverfahren genutzt werden. Parameter zur Abschätzung von mittleren Partikelanzahlkonzentrationen bei gemessenen NO_x , Ruß und $\text{PM}_{2.5}$ -Konzentrationen werden angegeben.

Mit der verkehrsnahen Luftgütemessstation Dresden-Nord wird eine inzwischen langjährige Datenreihe zur Partikelanzahlgrößenverteilung in Verbindung mit gesetzlich zu überwachenden Luftschadstoffen bereitgestellt, die eine Vielzahl an Auswertungen ermöglicht. Damit wird u. a. ein Beitrag zur Forderung der Europäischen Union an die Mitgliedstaaten geleistet, breite Datengrundlagen für mögliche epidemiologische Studien zu schaffen [9]. Die Messstation wurde in das 2008 in Betrieb genommene Deutsche Beobachtungsnetz für ultrafeine Aerosolpartikel (GUAN – German Ultrafine Aerosol Network) aufgenommen [10]. Die Bestimmung der Anzahl ultrafeiner Partikel in Ergänzung zu PM_{10} oder $\text{PM}_{2.5}$ eröffnet neue Möglichkeiten, die Luftqualität besser einschätzen zu können. Es wird erwartet, dass Änderungen der Abgasemissionen der sich erneuernden Fahrzeugflotte durch die Immissionsmessung ultrafeiner Partikel sehr empfindlich nachgewiesen werden kann. In einem dritten Teil (2010) wird auf Hauptverursacher für die Partikel in der städtischen Außenluft eingegangen werden.

Danksagung

Der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) in Radebeul wird für die durchgeführten Messungen in der Messstation Dresden-Nord des Luftgütemessnetzes Sachsens und den Mitarbeitern des Leibniz-Institutes für Troposphärenforschung in Leipzig unter Leitung von Prof. Alfred Wiedensohler für die wissenschaftliche Unterstützung und die Qualitätssicherung der Messungen gedankt.

Literatur

- [1] LÖSCHAU, G., GERWIG, H.: Messung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Außenluft in einem Luftgütemessnetz – Teil 1: Maßnahmen zur Qualitätskontrolle bei Partikelanzahlverteilungen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 69 (2009) Nr. 10/11 S. 475-480.
- [2] LUFTREINHALTE- UND AKTIONSPLAN FÜR DIE STADT DRESDEN. Hrsg.: Regierungspräsidium Dresden. Dresden 2008
- [3] DIEGMANN, V., STEVEN H., ET AL.: Tendenzen und Verursacher für die NO_2 -Belastung in Sachsen. IVU Umwelt GmbH und TÜV Nord GmbH & CO. KG im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Internet. http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/NO2__Zwischenbericht__2.pdf
- [4] LÖSCHAU, G.: Partikelanzahl in verkehrsnaher Außenluft – Teil 1: Belastungsniveaus und Tendenz. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 66 (2006) Nr. 10, S. 431-435.
- [5] WAHLIN, P.: Measured reduction of kerbside ultrafine particles number concentrations. *Atmospheric Environment* 43, 3645-3647
- [6] JAHRESBERICHT ZUR IMMISSIONSSITUATION 2008. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden 2009.
- [7] HELSPER, C., HORN, H-G., SCHNEIDER, F., WEHNER, B., WIEDENSOHLER, A.: Intercomparison of five mobility size spectrometers for measuring atmospheric submicrometer aerosol particles. *Gefahrstoffe Reinhalt. Luft* 68 (2008) Nr. 9, S. 475-481.
- [8] LÖSCHAU, G.: Überwachung der Anzahlkonzentration feiner und ultrafeiner Partikel in Straßennähe - Umsetzung in einem Luftgütemessnetz und Messergebnisse. KRdL-Experten-Forum zu Staub und Staubinhaltsstoffen. Bd. 33, S. 187-195. Düsseldorf: VDI 2004.
- [9] ZUBE, A.: EU strategies on mitigating air pollution. EFCA International Symposium. Ultrafine Particles - Sources, Effects, Risks, and Mitigation Strategies. Brussels, 19.-20. Mai 2009.
- [10] BIRMLI, W. ET AL.: Atmospheric aerosol measurements in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN): Part 1 – soot and particles number size distributions. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 69(2009) Nr. 4, S. 137-145.

5.2 Messtechnische Begleitung der Umweltzonen

Motivation

Die Wirkung einer Umweltzone wird in der Öffentlichkeit in Sachsen kontrovers diskutiert.

Umweltzonen in Luftreinhalteplänen zielen auf eine Reduzierung der Auspuffemissionen (PM_{10} , NO_x) der Fahrzeuge im Ballungsraum ab. Im Feinstaub PM_{10} bilden die Auspuffemissionen einen toxikologisch erheblich relevanteren Bestandteil als die meisten anderen Quellen [11],[12],[13]. Ruß und die Anzahl der ultrafeinen Partikel sind besonders relevant für die Gesundheit.

Zu einer besseren Beschreibung der Luftqualität ist es deshalb sinnvoll, ergänzend zur gesetzlich vorgeschriebenen Partikelmassenbestimmung eine freiwillige Messung von Partikelanzahlgrößenverteilung und Ruß punktuell durchzuführen. Sonder-Messtechnik wurde deshalb an charakteristische Messorte gezielt umverteilt oder nachgerüstet, um die Belastungssituation mit ultrafeinen Partikeln und deren Herkunft mit ausreichender Empfindlichkeit und praktikabel in Luftgütemessstationen zu dokumentieren. Dadurch sollen an wenigen Orten beispielhaft empfindliche Indikatoren für die allmähliche Verbesserung der straßennahen Luftqualität zur Verfügung gestellt werden.

Auspuffemission der Diesel-Fahrzeuge

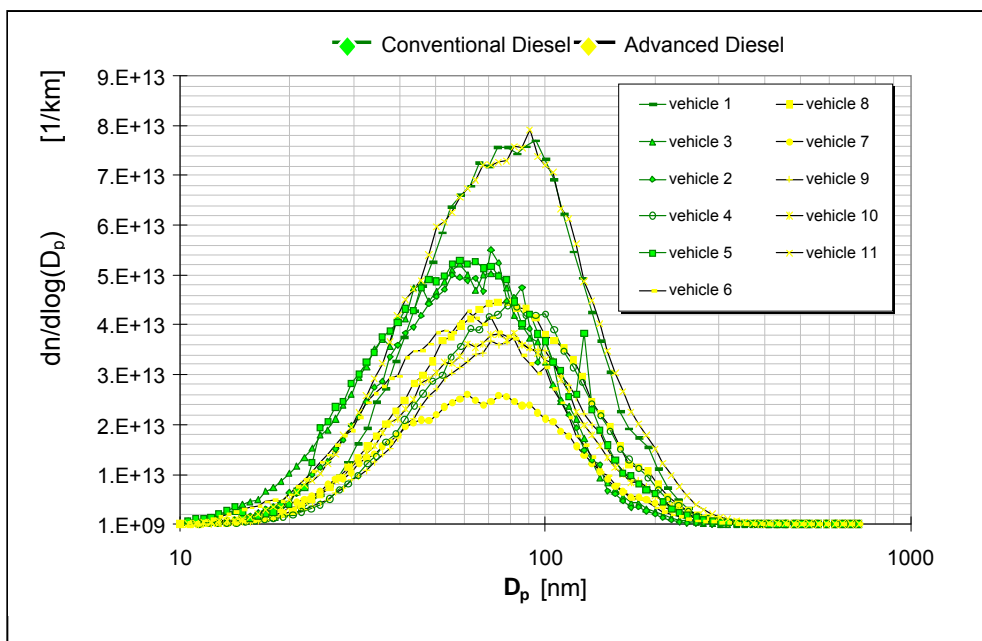


Abbildung 29: Größenverteilung von Dieselpartikel der Partikelgröße, Quelle: [18]

Dieselfahrzeuge emittieren extrem kleine Partikel, wie Prüfstandsmessungen verschiedener Dieselmotoren in Abbildung 29 zeigen. Das Maximum der Anzahlkonzentration liegt im Partikelgrößenbereich von 60 bis 90 nm. Der größte Teil der Partikel wird im Bereich von 20 bis 200 nm emittiert. Es sind vor allem Rußpartikel, die bei unvollständiger Verbrennung entstehen. Am Straßenrand treten weiterhin eine große Anzahl an Nukleationspartikeln im Zuge der Abkühlung der Abgase auf. In der Abgasfahne von LKW bilden sich durch erhöhte Ölverbrennung organische Nukleationspartikeln und organisches Material kondensiert auf den Rußpartikeln [17].

Dieselpartikelfilter in modernen Fahrzeugen reduzieren die Partikelmasse etwa um den Faktor 20 und die Partikelanzahl etwa um den Faktor 300 (Tabelle 12). Der Emissions-Grenzwert für die Partikelanzahl in der EURO-5/6 Gesetzgebung von 6×10^{11} Partikeln pro km entspricht ca. 0,3 mg/km und ist damit 15 x strenger als der Massegrenzwert [17]. Durch die kontinuierliche Modernisierung der Fahrzeugflotte sowie durch den verstärkten Druck der Umweltzonen in stark verschmutzten Ballungsräumen wird es in den nächsten Jahren zu einer gravierenden Reduzierung der Auspuffemissionen der Fahrzeuge kommen.

Tabelle 12: Wirkung von Dieselpartikelfiltern (DPF) in EURO-4 Diesel-Pkw nach dem neuen europäischen Fahrzyklus [17]

Größe	Partikelmasse	Partikelanzahl
Partikelemission ohne DPF	28 mg/km	$2,8 \cdot 10^{13}$ /km
Partikelemission mit DPF	1,1 mg/km	$9,9 \cdot 10^{10}$ /km
Reduktionsfaktor	~20	~300
Effizienz	99,6 %	96 %

Immissionsanteil durch Auspuffemission der Diesel-Fahrzeuge an der Messstation

Im Focus stehen zwei verkehrsbezogenen Messstationen an denen der PM₁₀-Grenzwert in den letzten Jahren mehrfach überschritten wurde. Es wurde versucht, den Anteil an der Immission abzuschätzen, der durch die Auspuffemissionen der unmittelbar vorbeifahrenden Fahrzeuge verursacht wurde. Die Ermittlung wurde für die Indikatoren Feinstaub PM₁₀, Ruß und Anzahl ultrafeiner Partikel durchgeführt. Die Datengrundlage bilden in der Regel Jahresmessreihen in Verbindung mit Modellierungsergebnissen. Für die Partikelanzahl wurde eine Halbjahresmessung genutzt. Ergebnisse an typischen Messorten wurden bilanziert, um Verursacheranteile zu ermitteln. Die Ergebnisse sind in Abbildung 30 bis Abbildung 33 dargestellt.

Die Farbe grün in den Säulen gibt jeweils die Hintergrundbelastung an. Für Feinstaub PM₁₀ ist sie anteilig am größten und sinkt über Ruß zur Anzahl ultrafeiner Partikel hin.

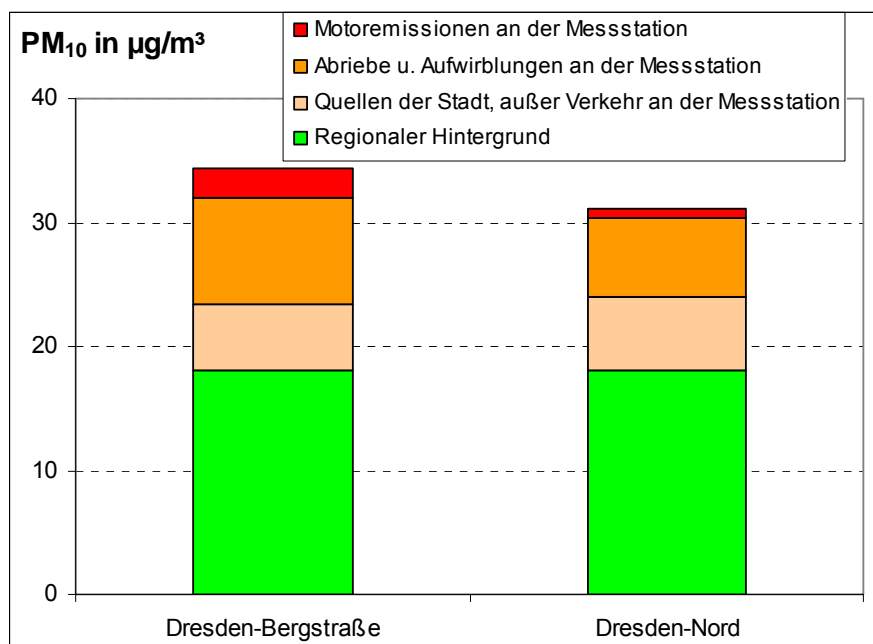


Abbildung 30: Verursacheranalyse für Feinstaub PM₁₀ an zwei verkehrsnahen Messstationen

Der rote Teil der Säule zeigt den ermittelten Immissionsbetrag durch die Auspuffemissionen der Fahrzeuge, die unmittelbar an der Messstation vorbei fahren. Sie sind für PM₁₀ am kleinsten, für Ruß größer und für die Partikelanzahl am größten. Generell gilt: Je kleiner die Partikel, desto größer der Immissionsanteil aus den Auspuffemissionen.

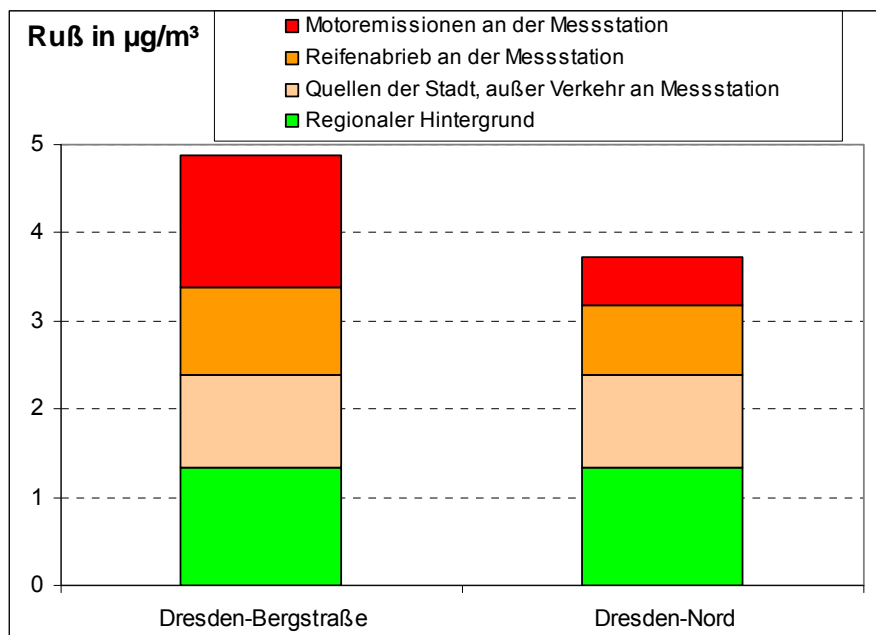


Abbildung 31: Verursacheranalyse für Ruß an zwei verkehrsnahen Messstationen

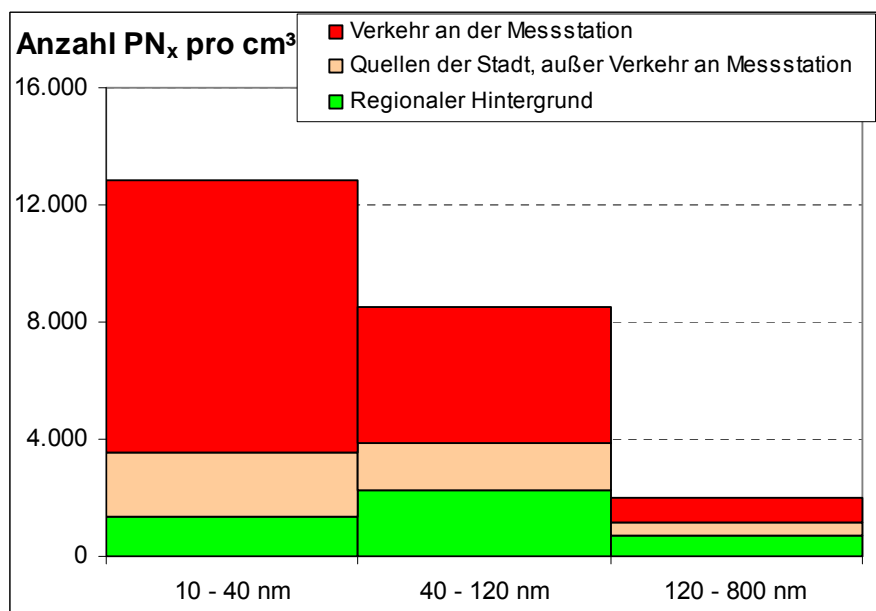


Abbildung 32: Verursacheranalyse für die Anzahl ultrafeiner Partikel an der verkehrsnahen Messstationen Dresden-Nord

Ein erheblicher Immissionsanteil stammt von dem aufgewirbelten Bodenstaub sowie von Abrieben (Reifen, Straßenbelag und Bremsen) (Abbildung 31).

Mindestanforderung an das Messverfahren zum Nachweis der Auspuffemissionen im Immissionsanteil an der verkehrs-bezogenen Messstation

Es wird angesetzt, dass das Immissionsmessverfahren mindestens die Hälfte des Anteils der Auspuffemissionen an der Messstation sicher messen muss. Sind die absoluten Immissionsanteile durch Auspuffemissionen bekannt (Tabelle 13, Zeile 2) kann die Mindestanforderung an die Messung ermittelt werden. Die Messunsicherheit liegt danach für PM₁₀ bei etwa 1 - 3 %, für Ruß bei 7 - 15 % und für die Partikelanzahl je nach Partikelgrößenklasse bei 27 % (40 - 120 nm) und 36 % (10 - 40 nm). Die Messunsicherheit gilt nicht für Einzelwerte sondern für das Konzentrationsniveau, wie z. B. Jahresmittelwerte. Die Empfindlichkeit der Messverfahren kann nun untereinander verglichen werden. Wenn die Empfindlichkeit für PM₁₀ auf 1 bezogen wird, ergibt sich für Ruß eine etwa 5 x höhere und für die Partikelanzahl etwa 15 x höhere Empfindlichkeit bei der Immissionsmessung in Bezug auf den Anteil durch Auspuffemissionen (Tabelle 13).

Tabelle 13: Chancen für verschiedene Indikatoren zum Nachweis der Veränderungen von Auspuffemissionen der Fahrzeuge als Immission an der Messstation

Indikator	Feinstaub PM ₁₀	Ruß	Anzahl von ultrafeinen Partikeln
Immissionsanteil der Auspuffemissionen	0,8 – 2,2 µg/m ³	0,7 – 1,3 µg/m ³	4.700 /cm ³ (40-120 nm) 9.300 /cm ³ (10-40 nm)
Mindestanforderung an Messunsicherheit des Jahresmittelwertes	1 – 3 %	7 – 15 %	27 Prozent (40-120nm) 36 Prozent (10-40nm)
Relative Empfindlichkeit des Messverfahrens	1	~5	~15
Faktor für Minderung durch Dieselpartikelfilter	~20	nicht bekannt	~300
Erfolgsaussichten des Messverfahrens	niedrig	mittel	hoch

Erfolgschancen für den Nachweis der reduzierten Auspuffemissionen

Eine Messunsicherheit für den Jahresmittelwert von 1 - 3 % ist für PM₁₀-Automaten nicht erreichbar. Selbst für Messungen mit Sammler und gravimetrischer Filterauswertung ist dies kaum machbar. Mehr Erfolgsaussichten als für PM₁₀ werden für die Rußmessung gesehen. Am größten sind die Nachweischancen für die Anzahl ultrafeiner Partikel (Tabelle 13).

Konzept der messtechnischen Begleitung der Umweltzonen in Sachsen

Tabelle 14: Relevante Messstationen zur Begleitung der Einführung der Umweltzonen

Umweltzone (UZ)	Messstation	Messortcharakter
Leipzig UZ ab 1.1.2011	L-Mitte	verkehrsnahe, Zentrum, lockere Bebauung
	L-Lützner	verkehrsnahe, Straßenschlucht
	L-West	städtischer Hintergrund
Dresden UZ in Diskussion	DD-Nord	verkehrsnahe, lockere Bebauung
	DD-Berg	verkehrsnahe, Steigung 6 %, Autobahnzubringer
	DD-Winck	städtischer Hintergrund, Zentrum im Elbtal
	RadeW	städtischer Hintergrund, Stadtrandlage über Elbtal
Referenz	Collm	ländlicher Hintergrund, Berg 313 m

Eine Umweltzone benötigt mindestens drei typische Messstationen zur Verursacheranalyse. Eine Messstation sollte verkehrsnah, eine im städtischen Hintergrund und eine im ländlichen Hintergrund gelegen sein. Für die Umweltzonen in Leipzig und Dresden sind die relevanten Messstationen in Tabelle 14 aufgelistet. Die messtechnische Ausstattung ist in Tabelle 15 zu finden. Neben der Routine-Messtechnik wurde gezielt Sondermesstechnik genutzt. Für Ruß wurden die vorhandenen chemischen EC-Analysen aus den Kleinstädten auf die Ballungsräume Leipzig und Dresden umgesetzt. Zusätzlich werden dort auch OC-Bestimmungen durchgeführt. Alle relevanten PM₁₀-Messstationen werden seit 1.1.2010 mit HV-Sammlern und gravimetrischer Filterbestimmung betrieben, um Werte mit der geringsten erzielbaren Messunsicherheit bereitzustellen. In Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (IfT) werden jeweils zusätzliche Sondermesstechniken für Ruß und Partikelanzahl in Leipzig ab Mitte 2010 installiert. Anfallende Daten der IfT-Hintergrund-Messstation Melpitz werden ebenfalls herangezogen.

Das gesamte Konzept zielt auf eine kostengünstige Datenbereitstellung für die Umweltzonen ab.

Tabelle 15: Messtechnik in den relevante Messstationen zur Begleitung der Einführung der Umweltzonen

	Messstation	NOx	PM ₁₀ TEO	PM ₁₀ HVS	Ruß ¹⁾ EC,OC	PM _{2,5} HVS	Ruß BC ²⁾	PN nm	PN µm
Leipzig	L-Mitte	X	X	X	X	X	3)	3)	3)
	L-Lützner Str.	X	X	X	X				
	L-West	X	X	X	X	X	3)	3)	3)
Dresden	DD-Nord	X	X	X	X	X	X	X	
	DD-Berg	X	X	X	X	X			
	DD-Winckelmann	X	X	X	X	X	4)	5)	
	Radebeul- Wahnsdorf	X	X	X	X		4)	5)	
Referenz	Collm	X	X	X	X	X	6)	6)	6)

X Messung seit mindestens 1.1.2010 in Betrieb

PN=Partikelanzahl, nm = Partikelgrößenbereich 3 – 800nm, µm = Partikelgrößenbereich 0,5 – 10 µm

1) Diskontinuierliche Tagesmessung mit Filtersammler (HVS) aller 6 Tage mit PM10-Einlass und chemischer Analyse nach VDI 2465 Bl. 1 (Coulometrie)

2) Kontinuierliche Messung mit MAAP und PM1-Einlass

3) Messung in Kooperation mit IfT: Einbau der IfT-Messtechnik ab Juni 2010

4) Messgeräte MAAP wünschenswert, aber z.Zt. keine finanziellen Mittel

5) UFP-Monitore UFP330 und TSI3031 für Partikelgrößenbereich 20 – 200 nm ab Juli 2010 im Testbetrieb

6) Nutzung der Daten der Messstation Melpitz vom IfT

Zusammenfassung

Umweltzonen werden den gesundheitsrelevanten Anteil im Feinstaub PM₁₀ reduzieren. Durch ergänzende Messungen von Ruß, organischem Kohlenstoffanteil und der Anzahl ultrafeiner Partikel soll die Verbesserung der Luftqualität in den Ballungsräumen nachgewiesen werden. Dazu wurden Anfang 2010 Messplätze innerhalb des sächsischen Luftgüte-Messnetzes umgesetzt, ergänzende chemische Analysen des organischen Kohlenstoffanteils beauftragt und zusätzliche Sondermessungen in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Troposphärenforschung in Leipzig vereinbart.

Literatur

- [11] WICHMANN, H.-E.: Umweltmed Forschung Prax 13 (1) 7 – 10 (2008)
- [12] UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES. How Ultrafine Particles In Air Pollution May Cause Heart Disease. *ScienceDaily* (Jan. 22, 2008)
- [13] CYRYS, J., PETERS, A., WICHMANN, H.-E.: Umweltzone München – eine erste Bilanz. Umweltmed Forsch Prax 14(3) S.127-132 (2009)
- [14] LUFTREINHALTEPLAN FÜR DIE STADT LEIPZIG. Hrsg.: Stadt Leipzig (2009), <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/17550.htm>
- [15] LUFTREINHALTE- UND AKTIONSPLAN FÜR DIE STADT DRESDEN. Hrsg.: Regierungspräsidium Dresden. Dresden 2008
- [16] JAHRESBERICHT ZUR IMMISSIONSSITUATION 2008. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden 2009.
- [17] U. KIRCHNER: Eigenschaften von Partikeln im Abgas moderner PKWs. 1. Expertenforum „Feine und ultrafeine Partikel in der Außenluft“, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. BMU, Bonn, 24.03.2010
- [18] ACEA PM PROGRAMM 1999

5.3 Prüfung von PM_{2.5}-Automaten in Sachsen

Motivation

Mit dem Erscheinen der EU-Richtlinie 2008/50/EG [19] im Mai 2008 werden die Mitgliedsstaaten erstmals verpflichtet PM_{2.5}-Messungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit durchzuführen.

Im sächsischen Luftmessnetz werden seit 1999 orientierende PM_{2.5}-Messungen durchgeführt (Vgl. Kapitel 4.5). Es kamen bisher ausschließlich Filtersammler vom Typ Digital DHA80 zum Einsatz. Die Probenahme erfolgten bis Ende 2009 jeden 2. Tag auf Glasfaserfilter mit anschließender gravimetrischer Bestimmung im Labor. Seit 2010 wird nun eine tägliche Probenahme realisiert, die den bisherigen Aufwand hinsichtlich Filteranzahl, Filterlagerung und Wägung verdoppelt. Um den Aufwand zu reduzieren, wurde der mögliche Einsatz von PM_{2.5}-Automaten in Erwägung gezogen. Die PM_{2.5}-Automaten haben weiterhin den Vorteil, dass kontinuierlich gemessen wird und sofort PM_{2.5}-Messwerte zur Information der Bevölkerung z. B. im Internet angeboten werden können. Demgegenüber liegt das Messergebnis bei Filtersammlern bedingt durch Sammlung der Filtersätze sowie Lagerung und Analyse im Labor erst nach einigen Wochen vor.



© Landesvermessungsamt Sachsen 2008

Abbildung 33: Luftbild mit Messstation Dresden Winkelmannstraße im rot markierten Kreis

Doch vor dem Einsatz von $PM_{2.5}$ -Automaten ist nachzuweisen, dass die Messergebnisse der Automaten denen der Filtersammler gleichwertig sind. Deshalb wurde durch eine Vergleichsmessung die Unsicherheit der $PM_{2.5}$ -Automatenmessung an einem Messort im städtischen Hintergrund erstmalig beispielhaft für Sachsen ermittelt und nachfolgend beschrieben.

Durchführung der Vergleichsmessung

Die Vergleichsmessung wurde über einen Zeitraum von 13 Monaten im städtischen Hintergrund an der Messstelle Dresden-Winkelmannstraße durchgeführt. Diese Messstation liegt mehr als 50 m von einer verkehrsreichen Straße entfernt und etwa 0,5 km vom Hauptbahnhof in der Mitte Dresdens (Abbildung 33), dabei befindet sich zwischen Straße und Messstation eine fünfstöckige Bebauung.

Die Aufbauten und Probenahmen auf dem Dach des Messcontainers für die $PM_{2.5}$ -Vergleichsmessung sind in Abbildung 34 gut erkennbar. Die Gerätetechnik ist in Tabelle 16 aufgelistet. Insgesamt wurden 8 Geräte zur $PM_{2.5}$ -Vergleichsmessung installiert und über einen Zeitraum vom 1. Juli 2008 bis 31. August 2009 betrieben.

Tabelle 16: Gerätetechnik und Analysen für die $PM_{2.5}$ -Vergleichsmessung

Kürzel	Gerätetechnik	Gerätetyp und Analyse	Anzahl der Geräte
KFG	$PM_{2.5}$ -Low Volume Sampler, Kleinfiltergerät	Filtersammler LVS 3 der Firma Leckel, $PM_{2.5}$ -Probenahmekopf der Firma Digital, Durchsatz 2,3 m ³ /h, Filter im Probenahmekopf, Filterdurchmesser: 47 mm (PALLFLEX Membrane Filters Type EMFAB TX40H120-WW), manueller Einzelfilterwechsel am Tag nach der Probenahme, Filteranalyse im Labor nach EN14907	2
HVS	$PM_{2.5}$ -High Volume Sampler	Filtersammler DHA 80 der Firma Digital in Verbindung mit einem $PM_{2.5}$ -Probenahmekopf, Durchsatz 30 m ³ /h, Filter im Gerät im Filtermagazin, Filterdurchmesser: 150 mm (MN85/90BF von Fa. Macherey-Nagel), automatischer Filterwechsel, Filterabholung aller 2 Wochen, Filteranalyse im Labor nach EN14907	2
FDMS	$PM_{2.5}$ -TEOM FDMS	Automat TEOM 1400ab in Verbindung mit einer Erweiterung vom Typ FDMS 8500 der Firma Thermo Fisher Scientific	2
SHARP	$PM_{2.5}$ -SHARP	Automat Model 5030 der Firma Thermo Fisher Scientific	2



Abbildung 34: Nahaufnahme von der Messstation Dresden Winkelmannstraße mit Aufbauten der PM_{2,5} - Vergleichsmessung

Auswertemethodik und Datenqualitätskriterien

Den Referenzwert für jeden Tagesmittelwert lieferten die zwei KleinfILTERGERÄTE mit manuellem Filterwechsel und Laborgravimetrie nach der Europäischen Norm EN14907 [20] per Konvention. Im gesamten Untersuchungszeitraum liegen 122 Wertepaare vor. Es wurden keine Werte als Ausreißer gestrichen, nur bei offensichtlich technischen Problemen wurden Werte verworfen. Ein Ausreißertest erfolgte nicht.

Die Auswertungen erfolgten in Anlehnung an EN12341 [21] nach der linearen Regression und in Anlehnung an den empfohlenen EU-Aquivalenznachweis [22] mittels Equivalence-Sheet [23] nach der orthogonalen Regression. Dabei wurde der PM_{2,5}-Grenzwert von 20 µg/m³ als Bezugswert verwendet.

Bei der Auswertung über die lineare Regression müssen die Testgeräte für die Eignung drei Kriterien erfüllen:

- Anstieg der Regressionsgeraden im Bereich 0,9 und 1,1
- Ordinatenabschnitt¹ im Bereich -2,0 µg/m³ bis +2,0 µg/m³
- Bestimmtheitsmaß R² gleich/größer 0,95

Bei der Auswertung der orthogonalen Regression muss für die Eignung ein Kriterium erfüllt werden:

- Erweiterte Unsicherheit² gleich/kleiner 25 %

¹ Gleich max. 10 % vom Grenzwert in Anlehnung an VDI 4202 Blatt 1

² Erweiterte Unsicherheit des Tagesmittelwertes (Einzelwert) mit einem Vertrauensbereich von 95 % ist gleich der 2-fachen der relativen Unsicherheit aus dem Equivalence-Sheet.

Messergebnisse der Messverfahren

Die Messergebnisse werden den Kriterien für die Datenqualitätsziele in Tabelle 17 gegenübergestellt und bewertet.

a) Datenqualität des Referenzmessverfahrens mittels PM_{2,5}-KleinfILTERGERÄTE KGF

Die Ergebnisse der beiden KleinfILTERGERÄTE KGF1 und KGF2 stimmen ausgezeichnet überein (Abbildung 35). Der Ordinatenabschnitt mit +0,1 µg/m³ ist zu vernachlässigen. Die Steigung m der Regressionsgeraden von 0,98 ist mit einer Abweichung von 2 % nahe am Idealwert 1,00 und das Bestimmtheitsmaß R^2 erreicht gerundet den Idealwert 1,00. Die Unsicherheit der Referenzwerte nach dem Equivalence-Sheet [23] beträgt 0,37 µg/m³ bzw. 3,4 %.

Die ausgezeichnete Qualität der Referenzwerte ist Grundlage für die nachfolgenden Auswertungen.

b) Datenqualität des PM_{2,5}-Messverfahrens mittels Filtersammler HVS

Die Messergebnisse beider Filtersammler HVS stimmen untereinander gut überein (Abbildung 36 links). Der Anstieg von 0,98 bedeutet, dass beide HVS nur einen systematischen Unterschied von 2 % aufweisen. Der Ordinatenabschnitt gegeneinander hat den Idealwert 0,0 µg/m³ und auch das Bestimmtheitsmaß von 0,99 ist ausgezeichnet.

Die Vergleichbarkeit der Messmethode HVS mit der Referenzmethode KFG wird in Abbildung 36 rechts gezeigt. Die Messergebnisse stimmen gut überein. Der Anstieg von 0,93 zeigt einen Minderbefund von etwa 7 % für die Methode HVS. Dieser systematische Minderbefund kann ggf. korrigiert werden. Der Ordinatenabschnitt von 0,8 µg/m³ ist klein genug und das Bestimmtheitsmaß von 0,98 ist sehr gut.

Die erweiterte Unsicherheit der Messmethode HVS beträgt 14 % (Tabelle 18).

c) Datenqualität des PM_{2,5}-Messverfahrens mittels Automat FDMS

Die Messergebnisse beider Testgeräte FDMS untereinander zeigen Differenzen (Abbildung 37). Der systematische Unterschied der zwei FDMS mit einem Anstieg von 1,10 liegt bei 10 % und ist damit 5 mal größer als der der zwei HVS. Es liegt also eine deutlich höhere gerätespezifische Streuung für das Messverfahren FDMS vor. Der Ordinatenabschnitt ist mit 0,9 µg/m³ genügend klein und das Bestimmtheitsmaß von 0,99 ist sehr gut.

Die Vergleichbarkeit der Messmethode FDMS mit der Referenzmethode KFG ist gut. Der Anstieg liegt bei 0,95. Das entspricht einem Minderbefund von 5 % für das FDMS. Der Ordinatenabschnitt ist mit 2,1 µg/m³ auffällig groß. Das Bestimmtheitsmaß von 0,98 ist sehr gut.

Die erweiterte Unsicherheit ohne Korrektur der zwei Testgeräte FDMS beträgt 21 %. Dabei werden ein Anstieg mit 0,96 und ein auffälliger Ordinatenabschnitt mit 2,2 µg/m³ ausgewiesen.

d) Datenqualität des PM_{2,5}-Messverfahrens über Automat SHARP

Die Vergleichbarkeit beider Testgeräte SHARP untereinander ist gut (Abbildung 38 links). Der systematische Unterschied beider SHARP ist mit einem Anstieg von 0,94 bei 6 %. Der Ordinatenabschnitt beträgt 0,5 µg/m³. Das Bestimmtheitsmaß von 0,99 ist sehr gut.

Die Messergebnisse der SHARP stimmen mit dem Referenzverfahren nur mäßig überein (Abbildung 38 rechts). Der Anstieg von 0,92 ist im Toleranzbereich. Der Ordinatenabschnitt ist jedoch mit $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ schon größer als 10 % vom Bezugswert $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Das Bestimmtheitsmaß von 0,95 erreicht gerade so die Forderung von gleich/größer 0,95.

Die erweiterte Unsicherheit der zwei Testgeräte SHARP beträgt 25 % und schöpft damit das Unsicherheitsziel von 25 % voll aus (Abbildung 38 links). Eine Korrektur von Ordinatenabschnitt und Anstieg würde die Unsicherheit unbedeutend reduzieren.

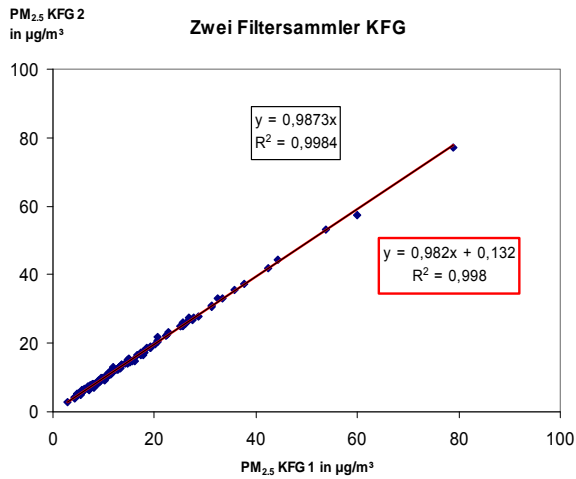


Abbildung 35: Vergleichbarkeit der Ergebnisse der zwei Filtersammler KFG1 und KFG2 (Referenzverfahren) untereinander.

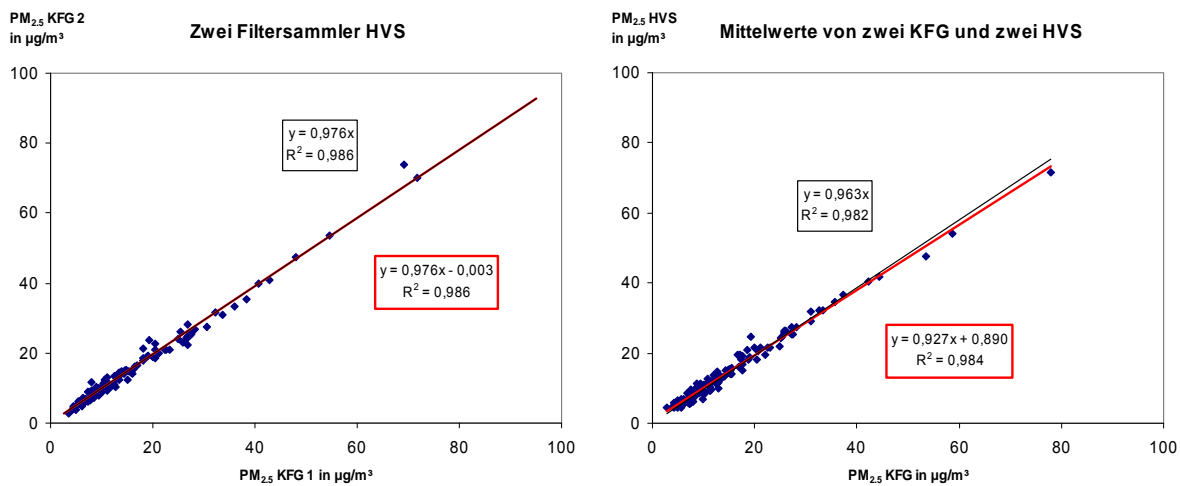


Abbildung 36: Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die zwei Filtersammler HVS1 und HVS2 untereinander (links) und der Vergleich zum Referenzverfahren Filtersammler KFG (rechts)

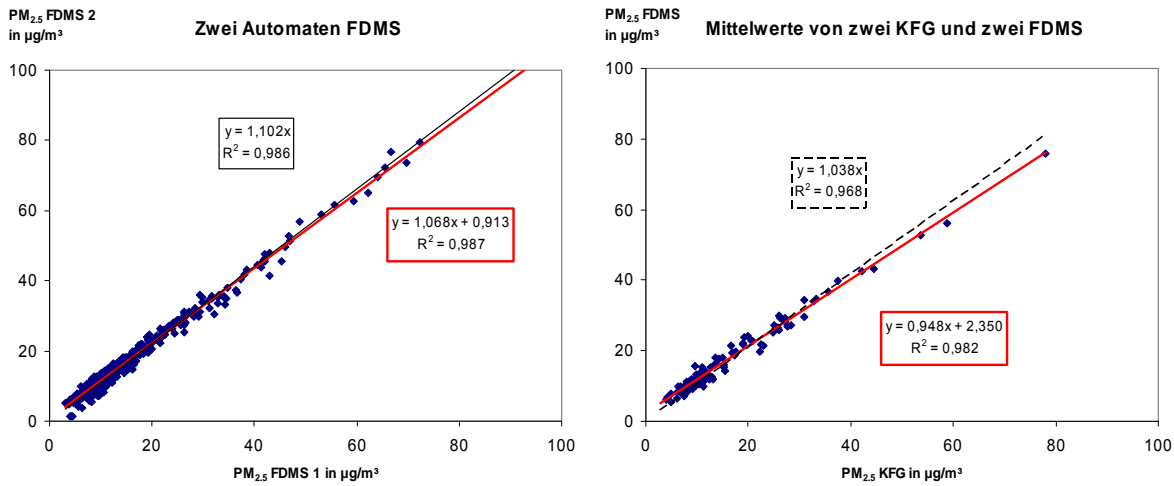


Abbildung 37: Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die zwei Automaten FDMS 1 und FDMS2 untereinander (links) und der Vergleich zum Referenzverfahren Filtersammler KFG (rechts)

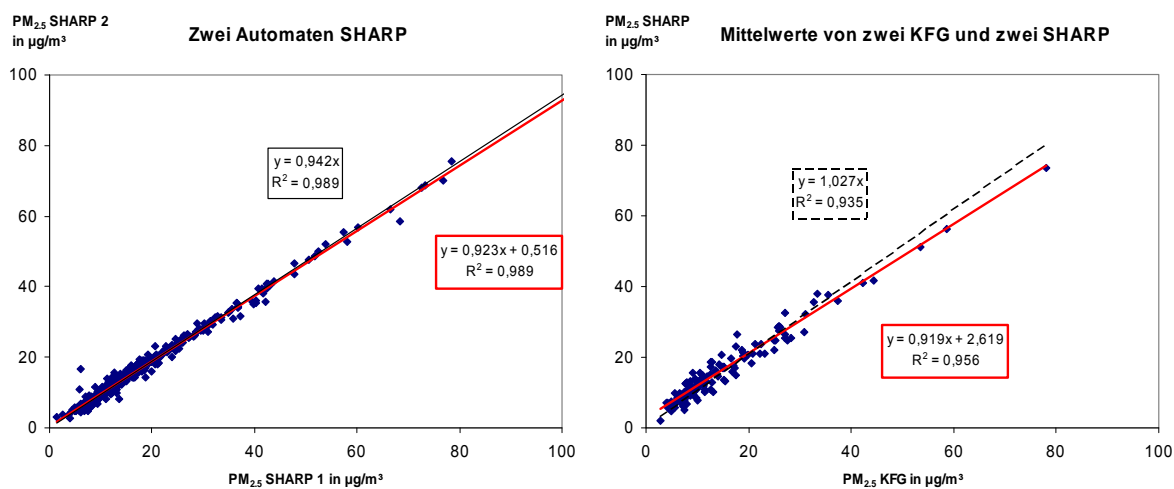


Abbildung 38: Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die zwei Automaten SHARP 1 und SHARP 2 untereinander (links) und der Vergleich zum Referenzverfahren Filtersammler KFG (rechts)

Bewertung der Messverfahren und Messgeräte

Die Ergebnisse aus der Berechnung in Anlehnung an EN12341 und in Anlehnung an den EU-Äquivalenztest sind in Tabelle 17 für den Messgerätetyp aus der Doppelbestimmung und in Tabelle 18 für Einzelmessgeräte aufgelistet und mit den Qualitätskriterien bewertet. Ein grün unterlegtes Feld bedeutet, dass das Kriterium erfüllt wurde. Ein rot unterlegtes Feld bedeutet, dass das Qualitätskriterium nicht erfüllt wurde.

Mit den **Filtersammlern HVS** wurden alle Datenkriterien erreicht, wie die grün unterlegten Felder zeigen.

Die **Automaten FDMS** erfüllen nicht alle Kriterien, wie durch drei rot unterlegte Felder angezeigt wird. Der Ordinatenabschnitt wurde nicht für die Doppelbestimmung eingehalten. Das Einzelgerät FDMS 2 verfehlte mit einem erhöhten Ordinatenabschnitt und einer erweiterten Messunsicherheit von 31 % die jeweiligen Kriterien.

Die **Automaten SHARP** erfüllen ebenfalls nicht alle Kriterien und die Anzahl der roten Felder steigt auf fünf. Bei der Doppelbestimmung werden Ordinatenabschnitt und erweiterte Messunsicherheit nicht eingehalten. Beim Einzelgerät SHARP 2 liegt auch der Anstieg außerhalb des zulässigen Toleranzbereiches.

Tabelle 17: Ergebnisse und Bewertung verschiedener PM_{2.5}-Messverfahren für die Doppelbestimmung

Prüfparameter (PP)	Prüfkriterium	2 KFG	2 HVS	2 FDMS	2 SHARP
Anstieg m	0,90 bis 1,10	0,98	0,93	0,95	0,92
Ordinatenabschnitt b	-2,0 bis 2,0 µg/m ³	0,1	0,9	2,3	2,6
Bestimmtheitsmaß R ²	gleich/größer 0,95	1,00	0,98	0,98	0,96
Erw. Messunsicherheit u	gleich/kleiner 25 %	3,4	14,3	20,7	25,1

Tabelle 18: Ergebnisse und Bewertung der geprüften PM_{2.5}-Einzelmessgeräten

PP	Prüfkriterium	HVS 1	HVS 2	FDMS1	FDMS 2	SHARP 1	SHARP 2
m	0,90 bis 1,10	0,92	0,93	0,91	0,99	0,95	0,89
b	-2,0 bis 2,0 µg/m ³	0,8	1,0	1,9	2,8	2,5	2,9
R ²	gleich/größer 0,95	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,95
u	gleich/kleiner 25 %	16,9	15,5	17,2	31,3	29,4	23,6

Vergleich der Ergebnisse der PM_{2.5}-Messverfahren und PM_{2.5}-Einzelgeräte

In Abbildung 39 werden die Ergebnisse zur Vergleichbarkeit von jeweils zwei baugleichen Messgeräten gezeigt. Bei dieser Betrachtungsweise spielen die Referenzwerte keine Rolle. Es wird nur angezeigt wie groß die Abweichung der zwei einzelnen Geräte untereinander vom gleichen Messgerätetyp ist. Die zwei Referenzgeräte streuen erwartungsgemäß am geringsten. Die Streuung der Filtersammler HVS untereinander liegt bei 1 µg/m³ PM_{2.5}. Die Exemplarstreuung der FDMS ist mit 2 µg/m³ doppelt so groß wie bei HVS. Die Streuung der zwei SHARP untereinander ist am größten.

Abbildung 40 zeigt die systematische Abweichung (bias) der einzelnen Messgeräte. Sie treten als Messfehler auf wenn z. B. Jahresmittelwerte mit den einzelnen Messgeräten ermittelt würden. Der Fehler der zwei Referenzgeräte ist dabei kleiner 1 %. Die Filtersammler HVS haben einen Minderbefund von -2 % und -4 %. Die Automaten unterliegen einer sehr großen Schwankungsbreite. Der Mehrbefund reicht von +1 % bis +13 %. Diese Schwankungsbereite von Automaten zu Automaten stellt das eigentliche Problem dar. Systematische Abweichungen können nach dem GUM [24] korrigiert werden und verbessern dadurch die Datenqualität. Hier jedoch werden durch zwei mal zwei Messgeräte gezeigt, dass kein einheitlicher Korrekturfaktor gefunden werden kann.

Abschließend wird in Abbildung 41 gezeigt, dass die erweiterte Messunsicherheit von einzelnen Tagesmittelwerten für die Filtersammler HVS im Bereich von 16 bis 17 % und für die Automaten im Bereich von 17 bis 31 % lag.

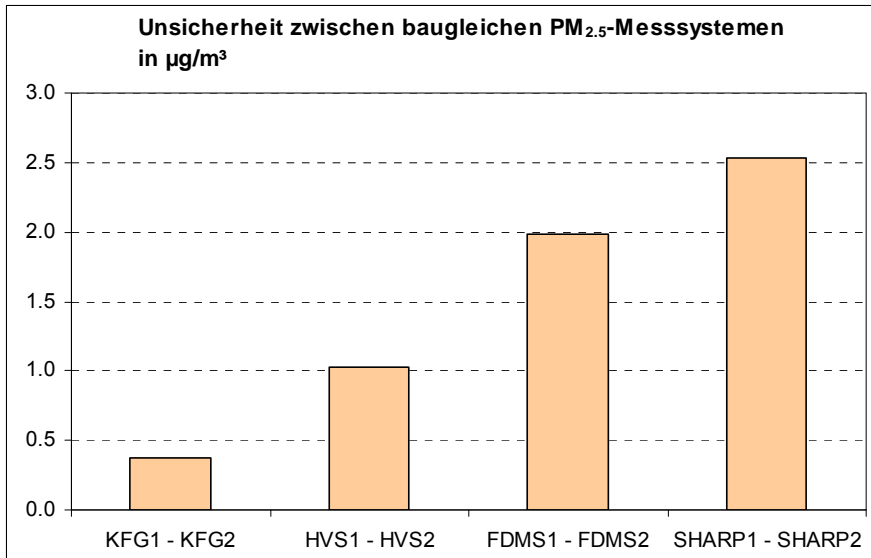


Abbildung 39: Vergleichbarkeit der Tagesmittelwerte für verschiedene PM_{2.5}-Messverfahren bei jeweiliger Doppelbestimmung mit zwei baugleichen Messsystemen

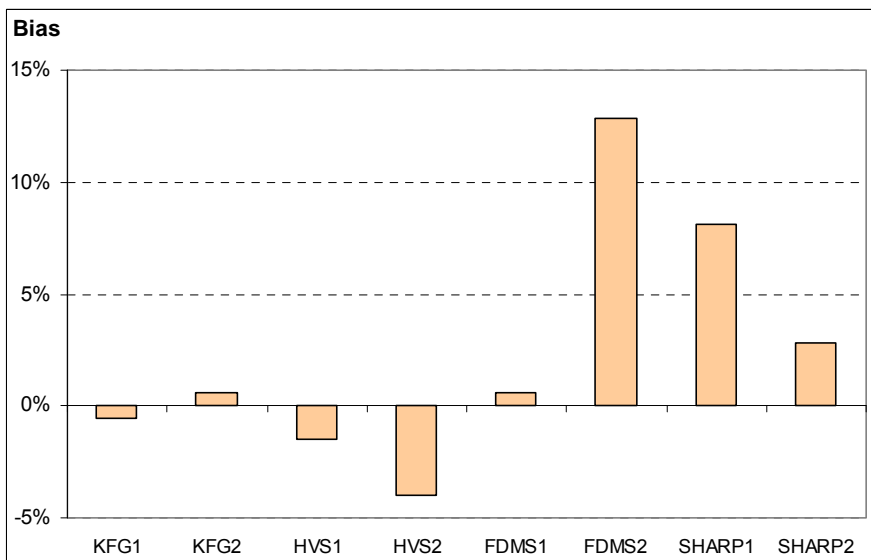


Abbildung 40: Systematische Abweichung der PM_{2.5}-Einzelmessgeräte für Jahresmittelwerte.

Zusammenfassung

Eine PM_{2.5}-Vergleichsmessung im städtischen Hintergrund im Luftmessnetz Sachsen wurde mit erheblichem Aufwand durch die BfUL absolviert. Messwerte über den Zeitraum von 13 Monaten wurden gewonnen.

Grundlage für den Vergleich sind jeweils zwei baugleiche Messsysteme (Doppelbestimmung). Die relativen Angaben beziehen sich auf einen Wert von 20 µg/m³ PM_{2.5}.

Das Referenzmessverfahren (KFG) stellte Referenzwerte mit sehr hoher Qualität für den Vergleich zur Verfügung. Die erweiterte Unsicherheit der Referenztagesmittelwerte betrug 0,74 µg/m³ bzw. 3,4 %.

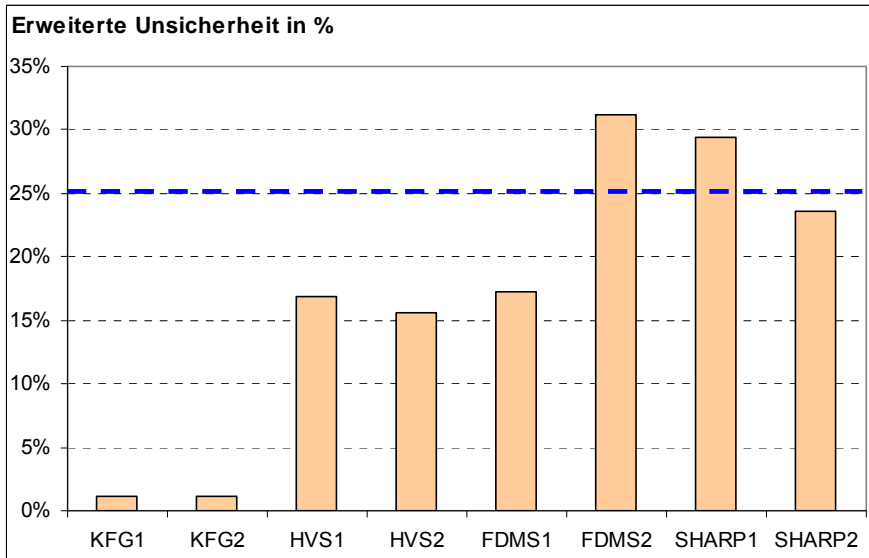


Abbildung 41: Erweiterte Unsicherheit der Tagesmittelwerte für PM_{2.5}-Einzelmessgeräte. Das Datenqualitätsziel der EU-Richtlinie 2008/50/EG (blaue Linie) wird von drei der vier Automaten (FDMS, SHARP) nicht eingehalten.

Das im sächsischen Messnetz bisher eingesetzte PM_{2.5}-Messverfahren mittels Filtersammler (HVS) vom Typ DHA80 mit Glasfaserfiltern und Laborgravimetrie erreichte eine erweiterte Unsicherheit von 17 % und besser. Ein leichter systematischer Minderbefund von -2 bis -4 % wurde festgestellt.

Die Unsicherheit der getesteten PM_{2.5}-Automaten ist deutlich schlechter als die der Filtersammler HVS. Die erweiterte Unsicherheit der Tagesmittelwerte der FDMS lag im Bereich von 17 bis 31 % und die der SHARP von 24 bis 29 %. Weiterhin ist der festgestellte Ordinatenabschnitt der Automaten auffällig groß.

Schlussfolgerungen

Das LfULG hat mit dem Messnetzbetreiber BfUL für das sächsische Luftgütemessnetz folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Die Streubreite der PM_{2.5}-Automaten erfordern eine ständige Qualitätskontrolle der Daten. Eine Möglichkeit wäre dies durch parallele PM_{2.5}-Filtersammler HVS z. B. aller 3 Tage zu realisieren. Der zusätzliche Aufwand (wie z. B. Filtersammler und der anfallenden Arbeiten im Labor) ist jedoch zu hoch.
- Da ein Austausch der PM_{2.5}-Automaten gegen die Filtersammlern HVS zu einer deutlichen Verschlechterung der PM_{2.5}-Datenqualität führen würde, wird von einem Einsatz von PM_{2.5}-Automaten im Rahmen der gesetzlichen Überwachung abgesehen.
- Die ergänzende Messung mit PM_{2.5}-Automaten für wissenschaftliche Untersuchungen (z. B. Tagesgang) mit zeitlich höher aufgelösten Daten als bei den Filtersammlern ist fachlich wünschenswert, würde jedoch als zusätzliche Aufgabe die Kosten erhöhen und ist unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen nicht möglich.
- Die Ergebnisse der Filtersammler HVS in Sachsen und die Ergebnisse des STIMES-PM_{2.5}-Vergleiches in Wiesbaden [25] sind zu vergleichen.

Literatur

- [19] RICHTLINIE 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa, Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, L 152/1 bis L 152/44
- [20] DIN EN 14907 (2005): Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM_{2,5}-Massenfraktion des Schwebstaubes
- [21] DIN EN 12341: Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM₁₀-Fraktion vom Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode; Deutsche Fassung EN12341: 1998
- [22] GUIDE TO THE DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR MONITORING METHODS. Report by an EC working group for demonstration of equivalence. Januar 2010.
<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf>
- [23] TEST THE EQUIVALENCE. Excel-sheet: http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/test_equivalencev31004.xls
- [24] ISO/BIPM-LEITFADEN: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). Vornorm DIN V ENV 13005 (1999-06): Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen.
- [25] U. PFEFFER et al.: PM_{2,5}-Vergleichsmessungen der deutschen Bundesländer im Rahmen der STIMES-Arbeitsgruppe. Entwurf März 2010.

6 Luftqualität 2009 – Zusammenfassung

Das Jahr 2009 war im langjährigen Vergleich bei überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer geringfügig zu warm. In den westlichen Regionen des Landes fiel häufiger Niederschlag. In der Mitte und im Osten Sachsens waren die Niederschläge im Jahresdurchschnitt ausgeglichen.

Die **SO₂-Immissionsbelastung** ist auch 2009 auf ihrem sehr niedrigen Niveau verblieben. Grenzwerte wurden an allen Messstellen Sachsens weit unterschritten.

Die **Ozonkonzentration** ist vor allem an Messstellen in ländlichen Gebieten weiterhin auf einem hohen Niveau. Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurde in Sachsen an vier und der Zielwert zum Schutz der Vegetation an sieben Messstellen überschritten. Dagegen gab es 2009 keine Überschreitungen des Schwellenwertes zur Information der Bevölkerung.

Bei der **NO₂-Konzentration** ist in den letzten Jahren kein abnehmender Trend zu beobachten. Der ab 2010 geltende Jahres-Grenzwert von 40 µg/m³ wurde 2009, wie auch schon in den letzten Jahren, an den verkehrsnahen Messstellen Chemnitz-Leipziger Str., Dresden-Bergstr., Leipzig-Mitte und Leipzig-Lützner Str. nicht eingehalten.

Die **Benzol-Konzentration** ist seit 1996 um circa 70 Prozent gesunken. Der ab 2010 geltende Jahres-Grenzwert von 5 µg/m³ wird an allen Messstellen weit unterschritten.

Die **Partikel-Konzentration (PM₁₀)** liegt etwa auf dem Niveau des Vorjahres. Der seit 2005 geltende Jahres-Grenzwert von 40 µg/m³ wurde an keiner Messstelle überschritten. Der ebenfalls seit 2005 geltende 24-Stunden-Grenzwert wurde 2009 an den Messstellen Leipzig Lützner Straße, Dresden Bergstraße, Dresden-Nord und Görlitz mehr als die zulässigen 35 mal überschritten. Für die Städte Leipzig, Chemnitz, Dresden, Görlitz und Plauen wurden Luftreinhalte- bzw. Aktionspläne aufgestellt.

Die Konzentrationen von **Blei, Cadmium, Arsen und Nickel** im Feinstaub liegen 2009 weit unter den relevanten Grenz- und Zielwerten. Der Grenzwert für partikelgebundenes **Benzo(a)pyren** wurde im Berichtszeitraum an keiner Messstelle überschritten.

Die Grenzwerte der TA-Luft für **Staubniederschlag** und seine Inhaltsstoffe Blei und Cadmium wurden 2009 an allen Messstelle eingehalten.

Die nassen Depositionen änderten sich seit zehn Jahren nur geringfügig. Insgesamt haben sich die Depositionscharakteristiken aber in den letzten 20 Jahren von schwefeldominiert zu stickstoffdominiert verschoben.

7 Literaturverzeichnis

Hinweis: Die in Kapitel 5 zitierte Literatur wird unmittelbar am Ende der einzelnen Projekte aufgeführt.

- [26] BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDWIRTSCHAFT (BUWAL) (1989): Ozon in der Schweiz, Schriftenreihe Umwelt Nr. 101, Bern.
- [27] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2009): Jahresbericht zur Immissionssituation 2008, Dresden.
- [28] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE: (2008) Emissionssituation in Sachsen, Ausgabe 2004/2005, Dresden.
- [29] WOJEWODSCHAFTSINSPEKTORAT FÜR UMWELTSCHUTZ http://www.wroclaw.pios.gov.pl/monit.pow.wyniki/a_pm10.htm (abgerufen am 05.05.2010)

8 Anhang

Tabelle A 1: Jahresmittelwerte der Luftschadstoffe 2009 im Freistaat Sachsen

Luftschadstoff [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	SO ₂	O ₃	NO ₂	NO	Benzol	Toluol	Xylol	PM ₁₀	PM _{2.5}
Station									
Annaberg	- -	43 (45)	25 (24)	15 (16)	- -	- -	- -	- -	- -
Bautzen	- -	49 (49)	20 (20)	7 (7)	- -	- -	- -	28 (21)	- -
Borna	- -	- -	29 (27)	25 (23)	- -	- -	- -	25 (24)	- -
Carlsfeld	- -	69 (67)	- -	- -	- -	- -	- -	13 (12)	- -
Chemnitz-Leipziger Str.	- -	- -	47 (50)	50 (53)	- -	- -	- -	29 (28)	17 (17)
Chemnitz-Mitte	- -	43 (46)	27 (26)	10 (8)	- -	- -	- -	21 (19)	- -
Chemnitz-Nord	- -	- -	32 (33)	25 (24)	1.8 (1.7)	3.1 (3.1)	1.6 (1.9)	28 (22)	15 (13)
Collnberg	- -	57 (58)	12 (11)	1 (1)	- -	- -	- -	17 (16)	- -
Delitzsch	- -	44 (46)	21 (21)	6 (6)	- -	- -	- -	23 (20)	- -
Dresden-Bergstr.	- -	- -	54 (51)	69 (71)	- -	- -	- -	31 (29)	19 (18)
Dresden-Nord	- -	35 (35)	39 (39)	27 (28)	1.7 (1.4)	3.0 (2.8)	2.6 (2.8)	30 (33)	20 (17)
Dresden-Winckelmannstr.	4 -	42 -	24 -	6 -	- -	- -	- -	26 -	17 -
Fichtelberg	4 (4)	78 (79)	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Freiberg	- -	48 (49)	28 (26)	15 (13)	- -	- -	- -	25 (22)	- -
Glauchau	- -	40 (43)	24 (23)	13 (13)	- -	- -	- -	28 (22)	- -
Görlitz	5 (5)	- -	28 (27)	29 (28)	2.1 (1.7)	3.3 (3.1)	3.8 (5.2)	29 (29)	- -
Hoyerswerda	- -	50 (50)	15 (16)	3 (2)	- -	- -	- -	23 (21)	- -
Klingenthal	- -	42 (43)	15 (13)	5 (4)	1.4 (1.1)	1.5 (1.4)	0.6 (0.5)	19 (16)	- -
Leipzig-Lützner Str.	- -	- -	46 (45)	35 (34)	- -	- -	- -	33 (31)	- -
Leipzig-Mitte	3* (2)	- -	43 (46)	39 (43)	1.6* (2.0)	2.9* (3.8)	2.5* (3.2)	26 (34)	16* (17)
Leipzig-Thekla	- -	39 (40)	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Leipzig-West	- -	45 (46)	20 (19)	4 (4)	- -	- -	- -	23 (19)	- -
Niesky	- -	53 (55)	- -	- -	- -	- -	- -	22 (19)	- -
Plauen-DWD	- -	48 (46)	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Plauen-Süd	- -	- -	28 (31)	28 (33)	- -	- -	- -	22 (23)	- -
Radebeul-Wahnsdorf	- -	51 (53)	16 (16)	2 (2)	- -	- -	- -	22 (21)	- -
Schkeuditz	- -	45 (46)	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Schwartenberg	8 (6)	66 (66)	11 (11)	1 (1)	0.9 (0.8)	0.4 (0.5)	0.1 (0.2)	14 (14)	10 (10)
Zinnwald	6 (6)	67 (67)	11 (11)	2 (2)	- -	- -	- -	- -	- -
Zittau-Ost	- -	47 (48)	15 (15)	3 (3)	- -	- -	- -	25 (22)	- -
Zwickau-Werdauer Str.	- -	- -	35 (32)	24 (22)	- -	- -	- -	27 (23)	- -

() = Vorjahreswerte; - = keine Messung

* infolge Verkehrsunfall Messung erst ab März

Tabelle A 2: SO₂-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Dresden-Winckelmannstr.	13	5	2	3	2	2	2	3	3	2	6	6	4
Fichtelberg	4	2	2	11	3	2	3	3	6	2	2	4	4
Görlitz	9	6	3	3	3	2	3	5	4	3	12	8	5
Leipzig-Mitte	-	-	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3
Schwartenberg	17	8	3	16	9	3	5	7	8	7	8	11	8
Zinnwald	12	6	3	6	5	2	5	5	5	5	12	11	6

- = Messung ausgefallen

Tabelle A 3: O₃-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Annaberg	31	40	52	60	59	53	50	52	38	29	31	28	43
Bautzen	29	37	55	68	72	64	62	65	46	28	32	26	49
Carlsfeld	58	56	70	96	85	77	77	85	68	49	48	50	69
Chemnitz-Mitte	22	33	50	62	65	57	56	58	39	27	28	24	43
Collnberg	36	38	60	82	81	69	73	78	62	33	37	33	57
Delitzsch	21	29	50	66	66	59	57	63	44	26	25	23	44
Dresden-Nord	16	26	39	55	54	46	47	51	35	19	17	16	35
Dresden-Winckelmannstr.	17	33	50	61	64	57	55	58	41	26	24	19	42
Fichtelberg	70	63	77	104	96	87	90	96	79	59	62	58	78
Freiberg	26	35	54	71	69	63	59	61	43	30	32	26	48
Glauchau	20	31	46	54	60	54	54	52	34	24	28	22	40
Hoyerswerda	29	38	56	78	72	62	62	66	49	29	29	27	50
Klingenthal	23	38	48	62	59	57	46	49	38	31	25	26	42
Leipzig-Thekla	18	26	44	56	59	57	52	52	38	23	24	21	39
Leipzig-West	22	30	51	65	65	59	60	64	46	26	28	23	45
Niesky	34	43	59	79	73	63	65	70	54	32	33	29	53
Plauen-DWD	27	36	50	66	68	66	63	63	44	33	35	30	48
Radebeul-Wahnsdorf	24	39	58	76	76	66	65	70	52	33	30	26	51
Schkeuditz	23	29	50	63	66	61	60	61	47	27	31	25	45
Schwarzenberg	47	48	69	97	87	77	81	86	70	45	44	40	66
Zinnwald	48	49	69	98	88	79	82	87	73	46	40	39	67
Zittau-Ost	30	46	57	64	64	60	55	58	43	28	31	28	47

Tabelle A 4: NO-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Annaberg	22	15	12	14	10	9	10	10	15	18	25	22	15
Bautzen	12	6	5	8	4	4	3	5	8	10	7	10	7
Borna	45	28	21	19	16	12	18	17	23	33	39	30	25
Chemnitz-Leipziger Str.	79	55	42	37	33	41	39	42	50	58	65	52	50
Chemnitz-Mitte	34	12	6	6	3	3	4	5	8	11	20	13	10
Chemnitz-Nord	59	27	16	17	14	11	16	18	24	32	43	29	25
Collmburg	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Delitzsch	13	10	6	5	3	4	3	4	5	8	6	8	6
Dresden-Bergstr.	101	57	58	63	55	55	61	61	79	82	82	77	69
Dresden-Nord	40	34	26	17	20	21	20	18	23	34	39	30	27
Dresden-Winckelmannstr.	21	5	3	4	2	2	2	2	5	7	10	9	6
Freiberg	24	14	10	9	7	8	15	15	20	19	22	20	15
Glauchau	42	16	10	9	5	5	4	6	10	16	18	21	13
Görlitz	30	33	26	15	24	27	30	27	31	38	37	23	29
Hoyerswerda	6	3	2	2	1	1	1	2	3	3	3	3	3
Klingenthal	16	5	4	3	2	2	2	2	4	4	7	7	5
Leipzig-Lützner Str.	56	39	30	34	25	25	21	25	37	46	31	50	35
Leipzig-Mitte	36	31	38	30	29	33	29	32	48	54	51	60	39
Leipzig-West	11	6	3	2	1	1	2	2	3	5	5	5	4
Plauen-Süd	40		27	33	21	22	16	22	32	37	26	37	28
Radebeul-Wahnsdorf	5	2	1	2	2	1	2	1	2	3	5	3	2
Schwartenberg	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
Zinnwald	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Zittau-Ost	6	3	1	3	2	1	2	2	3	3	3	3	3
Zwickau-Werdauer Str.	46	27	18	15	11	15	13	15	24	32	32	40	24

Tabelle A 5: NO₂-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Annaberg	36	28	23	31	22	19	19	23	25	23	26	29	25
Bautzen	28	21	17	21	17	14	13	17	22	20	21	23	20
Borna	43	32	27	30	25	20	24	27	28	28	34	32	29
Chemnitz-Leipziger Str.	59	40	39	50	44	47	45	50	50	46	52	47	47
Chemnitz-Mitte	45	31	24	27	20	19	20	22	25	25	31	31	27
Chemnitz-Nord	53	35	29	37	27	23	27	31	31	29	34	33	32
Collnberg	21	18	9	10	7	6	7	8	10	13	15	18	12
Delitzsch	37	29	21	20	16	14	15	17	20	20	24	25	21
DD-Berg	65	47	47	56	52	48	51	56	60	52	56	54	54
DD-Nord	49	45	41	36	38	35	36	36	38	37	42	39	39
DD-Winck	41	28	21	23	19	16	16	20	24	23	29	30	24
Freiberg	39	29	25	26	21	19	26	27	28	31	32	33	28
Glauchau	41	27	24	26	19	17	16	20	23	22	24	28	24
Görlitz	34	31	25	23	27	25	28	29	26	25	28	31	28
Hoyerswerda	26	21	14	14	12	9	10	11	15	15	19	20	15
Klingenthal	32	21	16	14	10	9	7	9	11	12	15	21	15
Leipzig-Lützner Str.	55	45	44	58	43	38	37	46	49	43	37	51	46
Leipzig-Mitte	47	40	42	45	38	37	38	46	51	43	43	48	43
Leipzig-West	36	26	18	19	14	13	13	16	19	20	21	26	20
Plauen-Süd	36		28	32	25	24	21	29	31	24	23	30	28
Radebeul-Wahnsdorf	32	20	13	15	11	8	10	10	14	16	23	22	16
Schwartenberg	20	16	9	12	9	6	6	8	10	12	15	17	11
Zinnwald	18	15	8	11	8	5	6	7	9	11	15	17	11
Zittau-Ost	24	17	13	15	13	10	11	11	12	14	17	18	15
Zwickau-Werdauer Str.	48	35	36	43	31	28	26	33	38	32	34	40	35

Tabelle A 6: Benzol-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Chemnitz-Nord	3.7	2.6	1.9	1.9	1.3	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0	1.8
Dresden-Nord	3.1	2.1	1.6	1.5	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.7	2.0	2.1	1.7
Görlitz	3.3	2.8	1.7	1.5	1.4	1.6	1.3	1.5	1.8	2.5	2.6	3.1	2.1
Klingenthal	4.6	1.9	1.3	1.1	0.6	0.5	0.4	0.6	0.8	1.1	1.7	2.2	1.4
Leipzig-Mitte	--	--	1.6	1.6	1.3	1.2	1.1	1.4	1.8	1.9	1.9	2.2	1.6
Schwartenberg	1.7	1.7	0.9	0.8	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	0.8	1.4	1.5	0.9

Tabelle A 7: Toluol-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Chemnitz-Nord	5.4	2.9	2.3	3.0	2.3	2.1	2.5	3.0	3.3	3.5	4.1	2.9	3.1
Dresden-Nord	4.0	2.8	2.7	2.9	2.7	2.6	2.9	2.9	3.4	3.3	3.5	2.9	3.0
Görlitz	3.9	3.8	2.8	2.4	2.9	2.7	3.1	3.4	3.5	4.1	3.7	3.5	3.3
Klingenthal	3.6	1.6	1.4	1.2	0.8	0.9	0.9	1.1	1.3	1.3	1.8	2.0	1.5
Leipzig-Mitte	--	--	2.4	2.4	2.6	2.4	2.3	3.0	3.9	3.5	3.2	3.1	2.9
Schwartenberg	0.7	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.6	0.4

Tabelle A 8: Xylol-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Chemnitz-Nord	3.2	1.1	0.8	1.1	0.7	0.7	0.9	1.2	1.4	2.4	3.6	2.2	1.6
Dresden-Nord	3.4	2.3	2.4	2.9	2.5	2.3	2.5	2.7	2.8	2.5	2.7	1.8	2.6
Görlitz	3.7	4.8	4.9	2.9	3.1	3.6	3.5	4.5	4.5	4.6	2.8	2.7	3.8
Klingenthal	2.4	0.6	0.6	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.6	0.5	0.8	0.8	0.6
Leipzig-Mitte	--	--	1.7	1.7	1.8	1.7	1.6	2.2	3.6	3.7	3.5	3.3	2.5
Schwartenberg	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1

-- = Messung ausgefallen

Tabelle A 9: PM₁₀-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Bautzen**	42	--	23	48	24	20	18	25	29	26	26	32	28
Borna*	45	26	22	43	19	17	17	21	26	24	21	23	25
Carlsfeld**	16	10	10	23	15	10	11	14	14	10	10	11	13
Chemnitz-Leipziger Str.*	50	27	25	45	25	20	20	24	30	26	24	28	29
Chemnitz-Mitte***	38	19	17	39	20	13	13	16	21	17	15	19	21
Chemnitz-Nord***	51	28	29	50	28	16	17	20	26	22	24	23	28
Collberg***	28	18	14	35	16	10	11	14	17	15	12	16	17
Delitzsch**	33	23	19	38	20	17	19	23	23	21	18	22	23
Dresden-Bergstr.*	55	29	25	46	26	22	21	25	31	28	29	34	31
Dresden-Nord*	54	31	26	44	25	23	21	24	31	26	29	31	30
Dresden-Winckelmannstr.**	48	22	22	44	21	19	17	21	24	20	22	-	26
Freiberg*	36	21	20	41	22	17	18	24	32	23	23	23	25
Glauchau***	49	27	25	51	26	23	-	19	25	21	19	25	28
Görlitz*	46	33	26	42	22	18	18	23	31	27	27	35	29
Hoyerswerda**	37	25	18	35	20	17	17	21	25	21	21	26	23
Klingenthal**	42	18	14	27	16	13	13	16	19	16	15	21	19
Leipzig-Lützner Str.*	54	35	30	54	28	24	22	28	33	30	23	32	33
Leipzig-Mitte***	41	27	26	45	21	18	17	22	27	23	21	27	26
Leipzig-West**	38	22	19	37	18	17	19	23	24	21	18	23	23
Niesky***	-	24	16	36	18	15	15	18	22	18	20	26	22
Plauen-Süd*	42	22	19	36	17	15	13	17	24	22	17	22	22
Radebeul-Wahnsdorf***	41	21	20	37	17	13	13	16	21	17	19	22	22
Schwartenberg*	18	8	10	28	14	10	10	14	17	10	10	13	14
Zittau-Ost**	49	23	20	45	22	13	14	18	22	20	21	30	25
Zwickau-Werdauer Str.***	46	24	23	51	27	18	16	21	28	23	20	26	27

* = High-Volume-Sampler-Werte

** = kontinuierliche Messung (TEOM)

*** = gemischte Werte aus kontinuierlichen und gravimetrischen Daten

- = Messung ausgefallen

Tabelle A 10: PM_{2,5}-Monatsmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Station	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Chemnitz-Leipziger Str.	33	18	14	30	13	10	11	14	17	15	14	18	17
Chemnitz-Nord	27	15	12	28	10	9	9	11	14	13	12	15	15
Dresden-Bergstr.	45	21	14	29	13	12	11	14	17	16	18	24	19
Dresden-Nord	41	23	15	27	12	10	10	13	15	15	18	22	20
Dresden-Winckelmannstr.	40	20	13	26	12	8	7	11	14	13	16	22	17
Leipzig-Mitte	-	-	18	32	12	10	10	13	15	15	12	21	16
Schwartenberg	15	7	6	21	7	5	6	8	11	7	7	11	10

- = Messung ausgefallen

Tabelle A 11: Jahresmittelwerte der PM₁₀-Inhaltsstoffe

Station	[µg/m ³]	[ng/m ³]														
	Ruß	Pb	As	Cd	Ni	Cr	BaP	BaA	BeP	BbF	BjF	BkF	Cor	Flu	DBahA	InP
Borna	2.9	-	1.0	0.2	1.9	3.3	0.5	0.5	0.7	0.6	0.4	0.3	0.10	0.7	0.07	0.4
Chemnitz-Leipziger Str.	3.8	-	-	-	-	-	0.6	0.6	0.8	0.8	0.5	0.4	0.10	1.0	0.07	0.5
Chemnitz-Nord	2.7	7	1.2	0.2	1.8	3.3	0.5	0.5	0.6	0.7	0.4	0.3	0.09	0.7	0.06	0.4
Dresden-Bergstr.	4.2	-	-	-	-	-	0.6	0.6	0.9	0.8	0.5	0.4	0.11	1.1	0.06	0.5
Dresden-Nord	3.2	10	2.5	0.4	2.4	4.5	0.6	0.5	0.8	0.8	0.5	0.4	0.10	0.9	0.06	0.5
Freiberg	2.4	17	3.8	0.6	1.7	2.2	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.3	0.09	0.7	0.05	0.4
Görlitz	3.5	13	2.1	0.4	1.9	3.0	0.8	0.8	1.1	1.1	0.7	0.5	0.12	1.2	0.08	0.6
Leipzig-Lützner Straße	3.9	-	1.1	0.3	2.2	5.1	0.6	0.5	0.7	0.7	0.5	0.3	0.09	0.9	0.06	0.4
Leipzig-Mitte*	3.2	7	0.9	0.2	2.1	3.9	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.10	0.5	0.03	0.2
Radebeul-Wahnsdorf	-	10	1.5	0.3	1.3	1.1	0.6	0.5	0.8	0.8	0.5	0.4	0.09	0.7	0.06	0.5
Schwartenberg	-	4	1.1	0.1	1.1	0.8	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.10	0.5	0.04	0.2
Zwickau-Werdauer Str.	2.9	-	1.1	1.2	2.2	3.2	0.7	0.6	1.0	0.9	0.6	0.4	0.10	0.9	0.08	0.5

Tabelle A 12: Maximale Tagesmittel der PM₁₀-Inhaltsstoffe

Station	[µg/m ³]	[ng/m ³]														
	Ruß	Pb	As	Cd	Ni	Cr	BaP	BaA	BeP	BbF	BjF	BkF	Cor	Flu	DBahA	InP
Borna	8.5	-	2.9	1.0	4.8	9.0	3.9	5.0	6.9	4.9	3.4	2.3	0.51	7.0	1.07	3.1
Chemnitz-Leipziger Str.	8.7	-	-	-	-	-	4.2	5.4	6.1	4.7	3.2	1.9	0.37	8.1	1.11	3.3
Chemnitz-Nord	6.1	36	9.0	1.3	3.9	8.0	3.9	4.8	4.9	5.0	3.4	2.3	0.40	5.1	0.74	2.9
Dresden-Bergstr.	10.9	-	-	-	-	-	2.8	3.6	5.5	3.9	2.6	1.6	2.34	7.4	0.81	2.4
Dresden-Nord	6.3	66	147.1	1.8	8.9	12.6	5.6	4.5	7.2	8.2	3.5	2.3	0.79	6.1	1.56	3.5
Freiberg	6.3	68	39.0	8.9	8.1	9.1	2.3	2.4	4.0	3.4	2.2	1.3	0.29	5.0	0.44	1.8
Görlitz	9.7	97	22.7	1.5	4.9	8.0	6.1	5.3	6.9	8.4	4.4	3.8	1.14	7.8	1.40	3.0
Leipzig-Lützner Straße	9	-	4.4	0.7	5.5	12.4	3.5	4.1	5.9	4.1	2.8	1.7	0.33	6.5	0.62	2.2
Leipzig-Mitte*	6.6	22	4.7	1.3	4.6	8.4	1.8	2.3	3.1	2.3	1.3	0.9	1.64	4.4	0.04	1.4
Radebeul-Wahnsdorf	-	72	11.9	1.4	3.0	4.4	4.7	3.8	6.0	4.8	3.1	2.0	0.27	5.5	0.44	2.5
Schwartenberg	-	30	10.0	0.6	3.0	4.9	1.6	2.0	2.4	2.5	1.5	1.0	1.14	5.0	0.24	1.5
Zwickau-Werdauer Str.	8.9	-	6.9	46.7	4.0	7.9	5.9	9.3	8.9	8.6	6.0	3.7	0.81	16.8	1.43	4.8

- = keine Messung

* infolge Verkehrsunfall Messung ab ca. März 2009

Tabelle A 13: Kenngrößen der PM_{2,5}-Konzentration

Station	[µg/m ³]	
	Jahresmittelwert	Max.Tagesmittel
Chemnitz-Leipziger Str.	17	83
Chemnitz-Nord	15	76
Dresden-Bergstr.	19	76
Dresden-Nord	20	93
Dresden-Winckelmannstr.	17	95
Leipzig-Mitte*	16	72
Schwartenberg	10	52

Tabelle A 14: Schwermetalle im PM₁₀ (Jahresvergleich Pb, Cd, As, Cr, Ni)

Station	Jahresmittelwert [ng/m ³]																	
	Pb						Cd						As					
	Grenzwert: 500 ng/m ³						Zielwert: 5 ng/m ³						Zielwert: 6 ng/m ³					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Borna	-	-	-	-	-	-	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	1.5	1.4	1.5	1.2	1.9	1.0
Chemnitz-Nord	13	15	10	10	8	7	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	1.7	1.5	1.7	1.1	1.5	1.2
Dresden-Nord	16	18	15	13	15	10	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	2.3	2.1	2.4	1.8	2.1	2.5
Freiberg	20	26	21	17	18	17	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	0.6	2.5	4.2	2.5	2.4	2.2	3.8
Görlitz	-	-	-	-	-	13	0.6	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	2.7	3.1	3.4	2.9	2.9	2.1
Leipzig-Lützner Straße	-	-	-	-	-	-	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	1.7	1.5	1.8	1.4	1.9	1.1
Leipzig-Mitte	16	18	13	10	11	7	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	1.7	1.5	1.7	1.4	1.7	0.9
Radebeul-Wahnsdorf	14	15	11	11	10	10	0.4	0.5	0.3	0.5	0.4	0.3	1.9	1.9	1.7	1.4	1.9	1.5
Schwartenberg	5	7	5	5	5	4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	1.4	1.3	1.3	1.0	1.3	1.1
Zwickau Werdauer Str.*	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.5	0.4	-	1.2	1.7	1.4	1.6	1.1	-	1.1

Station	Jahresmittelwert [ng/m ³]											
	Cr						Ni					
							Zielwert: 20 ng/m ³					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Borna	3.5	3.5	3.1	3.3	2.9	3.3	1.5	1.6	2.1	1.3	1.4	1.9
Chemnitz-Nord	3.8	3.9	4.5	3.7	3.3	3.3	1.6	1.6	2.1	1.4	1.3	1.8
Dresden-Nord	5.3	5.8	6.2	5.4	5.1	4.5	2.5	2.6	3.5	2.4	2.2	2.4
Freiberg	2.8	3.2	3.1	2.5	2.4	2.2	1.4	1.5	1.9	1.3	1.3	1.7
Görlitz	3.9	4.2	4.3	3.6	3.2	3.0	1.8	2.0	2.2	1.5	1.5	1.9
Leipzig-Lützner Straße	7.8	5.1	6.3	5.9	5.3	5.1	3.0	2.7	3.0	2.0	1.9	2.2
Leipzig-Mitte	5.8	6.0	6.2	5.4	4.8	3.9	2.5	2.8	2.8	2.0	1.7	2.1
Radebeul-Wahnsdorf	2.2	2.2	2.3	1.8	1.6	1.1	1.5	1.4	1.7	1.3	1.3	1.3
Schwartenberg	1.3	1.5	1.3	0.9	1.0	0.8	0.9	1.0	1.7	1.0	0.8	1.1
Zwickau Werdauer Str.*	2.8	3.1	3.4	2.5	-	3.2	2.1	2.3	2.4	1.7	-	2.2

- = keine Messung

*bis 2007 Messtation Zwickau

Tabelle A 15: BaP im PM₁₀ (Jahresvergleich)

Station	Jahresmittelwert [ng/m ³]					
	BaP (Zielwert: 1 ng/m ³)					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Borna	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5
Chemnitz-Leipziger Str.	-	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6
Chemnitz-Nord	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5
Dresden-Bergstr.	-	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6
Dresden-Nord	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6
Freiberg	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.4
Görlitz	1.0	1.3	1.4	1.0	0.9	0.8
Leipzig-Lützner Straße	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6
Leipzig-Mitte	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	0.3
Radebeul-Wahnsdorf	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6
Schwartenberg	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
Zwickau Werdauer Str.*	0.6	0.7	0.9	0.7	-	0.7

- = keine Messung

*bis 2007 Messtation Zwickau

Tabelle A 16: Kenngrößen für Staubbiederschlag [g/m²-d]

Station	2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		
	MW- Jahr	Max- Monat	MW- Jahr	Max- Monat	MW- Jahr	Max- Monat	MW- Jahr	Max- Monat	MW- Jahr	Max- Monat	MW- Jahr	Max- Monat	MW- Jahr	Max- Monat	MW- Jahr	Max- Monat	
Borna	0.16	0.20	0.17	0.25	0.16	0.23	0.18	0.32	0.15	0.25	0.14	0.22	0.14	0.24	0.15	0.32	
Chemnitz-Mitte	0.13	0.20	0.12	0.21	0.12	0.20	0.10	0.21	0.08	0.14	0.07	0.17	0.08	0.19	0.11	0.36	
Chemnitz-Nord	0.11	0.18	0.11	0.17	0.11	0.19	0.10	0.14	0.09	0.15	0.08	0.12	0.10	0.23	0.10	0.16	
Dresden-Nord	0.09	0.12	0.11	0.17	0.10	0.13	0.09	0.13	0.14	0.27	0.08	0.14	0.08	0.10	0.08	0.11	
Dresden-Winckelmannstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.12	
Freiberg	0.09	0.13	0.09	0.13	0.10	0.17	0.09	0.16	0.10	0.17	0.09	0.14	0.08	0.10	0.11	0.18	
Glauchau	0.10	0.15	0.07	0.13	0.08	0.14	0.06	0.09	0.07	0.13	0.06	0.10	0.08	0.38	0.06	0.11	
Görlitz	0.08	0.12	0.09	0.16	0.09	0.21	0.08	0.22	0.08	0.10	0.11	0.22	0.07	0.13	0.08	0.13	
Leipzig-Mitte	0.12	0.17	0.12	0.16	0.12	0.16	0.18	0.28	0.13	0.21	0.18	0.61	0.15	0.40	0.19	0.33	
Leipzig-West	0.07	0.12	0.06	0.10	0.06	0.11	0.06	0.08	-	0.11	0.10	0.40	0.08	0.34	0.07	0.18	
Radebeul-Wahnsdorf	0.04	0.06	0.04	0.08	0.03	0.07	0.04	0.13	0.03	0.06	0.03	0.07	0.04	0.08	0.05	0.16	
Zinnwald	0.04	0.07	0.05	0.09	0.05	0.08	0.04	0.07	0.05	0.17	0.04	0.07	0.04	0.08	0.06	0.20	
Zittau-Ost	0.05	0.10	0.06	0.14	0.08	0.20	0.06	0.28	0.05	0.08	0.05	0.11	0.05	0.16	0.06	0.16	
Zwickau-Werdauer Str.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	0.37	0.10	0.23

- = keine Messung

Tabelle A 17: Pb und Cd im Staubbiederschlag [µg/m²-d]

Station	2006				2007				2008				2009			
	Jahres- mittelwert		Max. Monats- mittelwert		Jahres- mittelwert		Max. Monats- mittelwert		Jahres- mittelwert		Max. Monats- mittelwert		Jahres- mittelwert		Max. Monats- mittelwert	
	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
Borna	11	0.20	17	0.38	10	0.25	19	0.59	12	0.19	29	0.42	10	0.17	14	0.28
Chemnitz-Mitte	8	0.40	16	0.89	6	0.27	10	0.51	8	0.31	19	1.75	10	0.36	15	1.08
Chemnitz-Nord	11	0.26	17	0.57	10	0.20	18	0.41	9	0.16	17	0.41	11	0.17	18	0.37
Dresden-Nord	21	0.46	55	2.71	14	0.27	33	0.55	24	0.20	110	0.28	14	0.22	48	0.56
Dresden-Winckelmann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0.14	9	0.2
Freiberg	37	0.72	63	1.40	42	1.50	86	7.31	36	0.88	61	1.95	96	1.09	263	2.24
Glauchau	8	0.17	15	0.28	7	0.17	10	0.28	6	0.13	10	0.20	6	0.15	8	0.28
Görlitz	10	0.21	13	0.38	12	0.42	30	2.94	10	0.25	19	0.97	8	0.17	11	0.38
Leipzig-Mitte	15	0.22	18	0.57	17	0.51	33	3.49	14	0.18	20	0.28	16	0.48	32	1.95
Leipzig-West	-	-	9	0.23	5	0.10	8	0.28	7	0.11	12	0.22	6	0.11	11	0.26
Radebeul-Wahnsdorf	6	0.19	10	0.47	7	0.24	11	0.93	6	0.17	14	0.30	6	0.19	9	0.58
Zinnwald	9	0.73	24	4.26	10	0.24	16	0.49	7	0.28	12	1.18	9	0.28	20	0.52
Zittau-Ost	5	0.20	8	0.42	5	0.13	9	0.22	6	0.16	10	0.23	5	0.12	7	0.17
Zwickau-Werdauer Str.	-	-	-	-	-	-	-	-	9	0.30	13	0.58	8	0.38	14	1.83

- = keine Messung

Tabelle A 18: Gewichtete Mittelwerte der Konzentrationen im Niederschlagswasser

Station	[mm]	[µS/cm]	pH-Wert	[mg/l]										
	Regenmenge*	elektr. Leitfähigkeit		Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁺ -N	SO ₄ ⁺ -S
Carlsfeld	1153	13.75	4.9	0.20	0.08	0.03	0.16	0.26	0.66	2.01	1.08	0.51	0.46	0.36
Chemnitz	843	14.81	5.0	0.26	0.08	0.04	0.19	0.39	1.05	2.29	1.34	0.82	0.52	0.45
Görlitz	678	16.84	4.9	0.36	0.11	0.06	0.28	0.50	0.92	2.33	1.71	0.71	0.53	0.57
Leipzig	614	17.07	5.2	0.34	0.13	0.06	0.69	0.67	0.98	2.15	1.61	0.76	0.49	0.54
Marienberg	881	15.06	4.9	0.17	0.05	0.03	0.19	0.27	0.90	2.26	1.38	0.70	0.51	0.46
Mittelndorf	752	16.85	4.8	0.24	0.07	0.03	0.23	0.36	0.82	2.31	1.43	0.63	0.52	0.48
Oschatz	562	17.19	5.2	0.43	0.17	0.07	0.69	0.64	0.96	2.41	2.06	0.74	0.54	0.69
Plauen	618	12.92	5.1	0.30	0.10	0.03	0.19	0.32	0.87	2.07	1.14	0.68	0.47	0.38
Radebeul	735	16.31	4.9	0.21	0.10	0.03	0.21	0.32	0.91	2.45	1.46	0.71	0.55	0.49
Zinnwald	1083	16.47	4.9	0.28	0.08	0.04	0.31	0.39	0.84	2.20	1.62	0.65	0.50	0.54

* = Regenmenge zur Bestimmung der Konzentration

Tabelle A 19: Nasse Deposition

Station	[mm]	[kg/ha*a]											
	Regenmenge*	Na	K	Mg	Ca	Cl	NH ₄	NO ₃	SO ₄	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N-Ges	S-Ges
Carlsfeld	1166	2.3	1.0	0.4	1.8	3.1	7.7	23.5	12.6	6.0	5.3	11.3	4.2
Chemnitz	849	2.2	0.7	0.3	1.6	3.3	9.0	19.4	11.4	6.9	4.4	11.3	3.8
Görlitz	711	2.5	0.8	0.4	2.0	3.5	6.5	16.6	12.2	5.1	3.7	8.8	4.1
Leipzig	635	2.2	0.8	0.4	4.4	4.3	6.2	13.7	10.2	4.8	3.1	7.9	3.4
Marienberg	888	1.5	0.5	0.3	1.7	2.4	8.0	20.0	12.3	6.2	4.5	10.7	4.1
Mittelndorf	778	1.9	0.5	0.3	1.8	2.8	6.4	18.0	11.2	4.9	4.1	9.0	3.7
Oschatz	587	2.5	1.0	0.4	4.0	3.8	5.6	14.1	12.1	4.4	3.2	7.6	4.0
Plauen	632	1.9	0.6	0.2	1.2	2.0	5.5	13.1	7.2	4.3	3.0	7.2	2.4
Radebeul	767	1.6	0.8	0.3	1.6	2.5	7.0	18.8	11.2	5.4	4.2	9.7	3.7
Zinnwald	1113	3.1	0.9	0.4	3.5	4.3	9.3	24.5	18.0	7.2	5.5	12.8	6.0

* = Gesamtjahresregenmenge

Tabelle A 20: Überschreitung der O₃-Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach der 33. BImSchV

Station	Anzahl der Tage 8h>120 µg/m ³								Mittel					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	02-04	03-05	04-06	05-07	06-08	07-09
Annaberg	6	30	9	13	16	7	-	3	15	17	13	12	12	5
Bautzen	38	60	12	22	32	17	9	8	37	31	22	24	20	12
Carlsfeld	51	97	37	41	38	32	27	27	62	58	39	37	32	29
Chemnitz-Mitte	30	59	18	21	28	19	16	8	36	33	22	23	21	14
Collmburg	43	75	25	28	41	-	27	20	48	43	31	35	34	24
Delitzsch	19	46	11	17	26	15	16	5	25	25	18	19	19	12
Dresden-Nord	2	8	2	5	9	8	4	3	4	5	5	7	7	5
Dresden-Winckelmannstr.	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	5
Fichtelberg	86	118	52	64	60	50	53	49	85	78	59	58	54	51
Freiberg	26	55	11	22	26	15	11	7	31	29	20	21	17	11
Glauchau	10	54	17	18	25	19	13	6	27	30	20	21	19	13
Hoyerswerda	52	66		38	42	31	21	13	59	52	40	37	31	22
Klingenthal	26	58	19	26	30	18	16	9	34	34	25	25	21	14
Leipzig-Thekla	-	-	7	14	-	19	12	0	7	11	11	17	16	10
Leipzig-West	30	-	17	21	28	21	16	7	24	19	22	23	22	15
Niesky	-	-	20	35	36	29	23	9	20	28	30	33	29	20
Plauen-DWD		-	25	24	38	-	15	18	25	25	29	31	27	17
Radebeul-Wahnsdorf	39	77	24	27	39	30	19	8	47	43	30	32	29	19
Schkeuditz	-		18	22	29	27	18	11	18	20	23	26	25	19
Schwartenberg	61	104	39	-	43	42	25	25	68	74	41	43	37	31
Zinnwald	67	94	29	38	48	38	28	22	63	54	38	41	38	29
Zittau-Ost	37	65	12	39	-	16	8	8	38	39	26	28	12	11

- = keine Messung bzw. Verfügbarkeit der Messdaten zu gering

Tabelle A 21: Überschreitung der O₃-Zielwerte zum Schutz der Pflanzen nach 33. BImSchV

Messstelle	AOT40 [(µg/m ³)h] Mai bis Juli								Mittel			
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2002-2006	2003-2007	2004-2008	2005-2009
Carlsfeld	22.473	34.903	16.478	23.978	32.415	19.859	22.736	13.326	26.049	25.527	23.093	22.463
Collmburg	16.572	25.687	9.117	15.227	28.784	14.923	19.528	9.703	19.077	18.748	17.516	17.633
Fichtelberg	28.874	36.492	21.208	28.830	37.938	24.686	31.705	16.723	30.668	29.831	28.873	27.976
Leipzig-Thekla	-	-	6.789	10.686	-	12.600	14.868	6.354	-	10.025	11.236	11.127
Niesky	-	31.221	13.888	19.716	31.087	18.675	20.731	9.703	23.978	22.917	20.819	19.982
Plauen-DWD	-	-	14.102	19.703	33.142	12.054	16.774	12.649	22.316	19.750	19.155	18.864
Radebeul-Wahnsdorf	19.691	29.428	13.016	20.012	30.211	17.752	17.701	10.089	22.472	22.084	19.738	19.153
Schkeuditz	-	-	8.094	15.486	27.962	15.744	18.445	8.692	17.181	16.822	17.146	17.266
Schwartenberg	23.805	37.657	19.108	23.650	34.343	22.188	21.251	11.535	27.713	27.389	24.108	22.593
Zinnwald	24.603	34.254	16.856	24.120	38.441	21.233	22.173	12.099	27.655	26.981	24.565	23.613
Zittau-Ost	19.779	26.498	11.358	21.375	-	13.608	14.116	8.358	19.753	18.210	15.114	14.364

- = keine Messung bzw. Verfügbarkeit der Messdaten zu gering

Tabelle A 22: O₃-Beurteilungswert zum Schutz der Wälder nach der 33. BImSchV (Berichtspflicht gegenüber EU)

Messstelle	AOT40 [(µg/m ³)h] April bis September							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Carlsfeld	40.717	69.459	36.202	38.651	42.155	32.986	29.393	33.870
Collmburg	33.635	52.779	22.835	27.336	36.576	24.370	25.702	23.065
Fichtelberg	54.420	73.015	44.201	48.262	52.324	41.099	42.987	39.698
Leipzig-Thekla	-	-	14.683	17.503	33.945	18.975	17.445	13.666
Niesky	-	-	28.976	34.731	39.445	30.068	27.464	24.014
Plauen-DWD	-	-	28.046	29.121	41.231	19.696	20.976	26.619
Radebeul-Wahnsdorf	35.325	54.756	27.453	32.009	37.574	27.491	23.335	22.424
Schkeuditz	-	-	19.657	26.028	34.077	23.201	22.965	18.315
Schwartenberg	46.410	72.827	38.059	39.644	45.521	35.837	28.031	29.947
Zinnwald	47.566	66.836	33.885	38.939	49.750	34.291	30.005	29.617
Zittau-Ost	34.067	50.298	24.116	33.667	32.916	22.549	19.692	20.074

- = keine Messung

Tabelle A 23: Überschreitung der Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für SO₂, NO₂ und PM₁₀ nach 22. BImSchV

Station	SO ₂ Anzahl der Stunden 1-h-Mittel > 350 µg/m ³				SO ₂ Anzahl der Tage 24-h-Mittel > 125 µg/m ³				NO ₂ Anzahl der Stunden 1-h-Mittel > 200 µg/m ³				PM ₁₀ Anzahl der Tage 24-h-Mittel > 50 µg/m ³			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
	Annaberg	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-
Bautzen	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	22	16	5	35
Borna	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	32	13	10	26
Carlsfeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	0	1
Chemnitz-Leipziger Str.	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	4	65	27	19	32
Chemnitz-Mitte	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	22	10	2	13
Chemnitz-Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	27	12	6	32
Collmburg	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	9	5	3	6
Delitzsch	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	26	9	5	8
Dresden-Bergstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	4	49	27	21	42
Dresden-Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	67	17	35	37
Dresden-Winckelmannstr.	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0				21
Fichtelberg	0	1	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Freiberg	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	23	15	5	21
Glauchau	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	32	16	4	30
Görlitz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	26	21	36
Hoyerswerda		-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	26	18	6	19
Klingenthal	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	13	6	2	10
Leipzig-Lützner Str.	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	76	40	32	51
Leipzig-Mitte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	39	39	25
Leipzig-West	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	19	6	5	17
Niesky	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	15	7	14
Plauen-Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	44	18	6	20
Radebeul-Wahnsdorf	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	20	10	4	17
Schwartenberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	4
Zinnwald	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Zittau-Ost	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	25	12	11	30
Zwickau-Werdauer Str.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	10	30

- = keine Messung

Tabelle A 24: Jahresmittelwerte der Benzolkonzentration im Vergleich zum Grenzwert nach der 22. BImSchV

Station	Jahresmittelwerte Benzol [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	Grenzwert: $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$				
	2005	2006	2007	2008	2009
Borna	1,9	1,9	-	-	-
Chemnitz-Nord	1,9	1,8	1,7	1,7	1,8
Dresden-Nord	2,4	2,2	1,5	1,4	1,7
Freiberg	1,5	1,6	-	-	-
Görlitz	2,2	2,2	1,9	1,7	2,1
Klingenthal	1,4	1,6	1,2	1,1	1,4
Leipzig-Mitte	2,2	2,1	1,9	2,0	1,6*
Radebeul-Wahnsdorf	0,8	-	-	-	-
Schwartenberg	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9

- = keine Messung

* infolge Verkehrsunfall an der Station Leipzig-Mitte Messung ab ca. März 2009

Tabelle A 25: Maximalwerte und Perzentile für SO_2 , NO_2 und PM_{10} nach der 22. BImSchV

Station	SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	99,18-Perzentil ¹	max. Tagesmittelwert	99,73-Perzentil ²	max-1h-Wert	max. Tagesmittelwert	99,79-Perzentil ³	max-1h-Wert	90,41-Perzentil ⁴	max. Tagesmittelwert
Annaberg	-	-	-	-	71	99	138	-	-
Bautzen	-	-	-	-	64	71	90	52	97
Borna	-	-	-	-	80	91	122	44	115
Carlsfeld	-	-	-	-	-	-	-	24	51
Chemnitz-Leipziger Str.	-	-	-	-	123	154	214	49	179
Chemnitz-Mitte	-	-	-	-	96	114	154	39	121
Chemnitz-Nord	-	-	-	-	105	138	192	49	169
Collmburg	-	-	-	-	48	57	72	33	76
Delitzsch	-	-	-	-	70	76	87	37	89
Dresden-Bergstr.	-	-	-	-	124	169	221	52	136
Dresden-Nord	-	-	-	-	91	106	142	51	132
Dresden-Winkelmannstr.	31	44	51	74	83	88	129	45	127
Fichtelberg	28	41	68	364	-	-	-	-	-
Freiberg	-	-	-	-	65	88	116	40	96
Glauchau	-	-	-	-	87	99	131	46	160
Görlitz	31	-	86	167	62	78	97	51	90
Hoyerswerda	-	-	-	-	52	65	85	39	75
Klingenthal	-	-	-	-	52	67	81	33	128
Leipzig-Lützner Str.	-	-	-	-	88	122	168	59	142
Leipzig-Mitte	*)	10	*)	39	79	120	151	45	132
Leipzig-West	-	-	-	-	67	75	89	39	94
Niesky	-	-	-	-	-	-	-	37	89
Plauen-Süd	-	-	-	-	61	80	97	40	79
Radebeul-Wahnsdorf	-	-	-	-	54	65	78	40	83
Schwartenberg	57	73	121	276	43	59	80	25	80
Zinnwald	39	67	86	211	44	56	84	-	-
Zittau-Ost	-	-	-	-	52	57	63	46	117
Zwickau-Werdauer Str.	-	-	-	-	82	104	138	49	168

¹ Das 99,18 Perzentil entspricht dem 4. größten Tagesmittelwert

² Das 99,73 Perzentil entspricht dem 25. größten Stundenmittelwert

³ Das 99,79 Perzentil entspricht dem 19. größten Stundenmittelwert

⁴ Das 90,41 Perzentil entspricht dem 36. größten Tagesmittelwert

- = keine Messung

*) infolge Verkehrsunfall Verfügbarkeit der Messwerte zu gering

Tabelle A 26: Vergleich der Mittelwerte mit den Grenzwerten zum Schutz von Ökosystemen und zum Schutz der Vegetation für SO₂ und NO_x

Station	SO ₂ [µg/m ³]								NO _x [µg/m ³]			
	(Grenzwert: 20 µg/m ³)								(Grenzwert: 30 µg/m ³)			
	Jahr	Jahr	Jahr	Jahr	Halbjahr	Halbjahr	Halbjahr	Halbjahr	Jahr	Jahr	Jahr	Jahr
	2006	2007	2008	2009	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2006	2007	2008	2009
Fichtelberg	4	4	4	4	5	4	3	3	-	-	-	-
Schwartenberg	11	8	6	8	14	10	8	9	15	12	12	14
Collmberg	-	-	-	-	-	-	-	-	15	14	13	14

- = keine Messung

Tabelle A 27: Vergleich der Jahresmittelwerte mit den Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit für NO₂ und PM₁₀ nach der 22. BImSchV

Station	NO ₂ [µg/m ³]										PM ₁₀ [µg/m ³]									
	(Grenzwert: 40 µg/m ³)										(Grenzwert: 40 µg/m ³)									
	2000	01	02	03	04	05	06	07	08	09	2000	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Annaberg-Buchholz	28	30	27	29	26	28	28	25	24	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bautzen	26	25	26	27	23	24	24	22	20	20	-	-	-	29	23	26	27	23	21	28
Borna	39	35	34	37	33	35	36	28	27	29	27	28	26	30	24	29	29	24	24	25
Carlsfeld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	13	15	14	13	12	13
Chemnitz-Leipziger-Str.	-	-	-	-	-	64	64	53	50	47	-	-	-	-	-	34	36	29	28	29
Chemnitz-Mitte	31	30	34	34	27	29	30	26	26	27	-	26	24	32	25	24	25	20	19	21
Chemnitz-Nord	38	38	38	40	35	37	38	32	33	32	33	30	25	28	24	27	27	23	22	28
Collmberg	13	14	14	14	12	13	13	11	11	12	16	-	-	23	18	22	20	17	16	17
Delitzsch	25	24	23	25	21	23	24	20	21	21	-	-	-	33	24	24	26	21	20	23
Dresden-Bergstraße	-	-	-	-	-	58	61	51	51	54	-	-	-	-	-	33	36	31	29	31
Dresden-Nord	48	51	44	50	47	45	48	39	39	39	36	35	32	36	30	34	39	28	33	30
Dresden-Winckelmannstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
Freiberg	31	30	29	31	27	28	28	25	26	28	25	23	22	26	22	27	26	23	22	25
Glauchau	27	33	32	28	26	27	25	23	23	24	-	-	33	32	27	28	29	23	22	28
Görlitz	33	30	30	33	29	29	31	28	27	28	34	31	29	34	27	32	32	28	29	29
Hoyerswerda	18	17	18	19	17	17	18	15	16	15	-	-	-	30	23	24	26	22	21	23
Klingenthal	18	18	19	21	17	17	17	14	13	15	-	-	-	27	21	22	21	18	16	19
Leipzig-Lützner Straße	-	-	-	56	49	44	45	44	45	46	-	40	36	41	34	36	39	31	31	33
Leipzig-Mitte	49	45	49	56	51	52	53	48	46	43	32	34	32	37	31	38	37	32	34	26
Leipzig-West	22	22	21	24	20	21	22	18	19	20	23	22	22	27	22	23	25	20	19	23
Niesky	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	21	19	22
Plauen-Süd	32	38	31	37	31	32	33	30	31	28	-	-	28	31	26	28	31	24	23	22
Radebeul-Wahnsdorf	20	19	18	19	18	17	19	15	16	16	21	20	21	24	19	23	24	20	21	22
Schwartenberg	13	12	13	14	11	13	12	10	11	11	19	14	14	17	13	17	17	15	14	14
Zinnwald	13	13	13	13	12	14	13	10	11	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zittau-Ost	16	16	16	17	14	14	15	14	15	15	-	-	-	32	23	27	27	22	22	25
Zwickau-Werdauer Str.*	34	34	32	37	31	32	31	27	32	35	28	27	25	28	21	25	27	22	23	27

- = keine Messung

* bis 2007 Zwickau (Dr.-Friedrichs-Ring)

Tabelle A 28: Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der O₃-Konzentration in Sachsen

Gebiet	O ₃ [µg/m ³]															Relation 2009/2008	Relation 2009/1995	Anzahl Messstellen 2009
	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	[%]	[%]	
Stadtgebiete	43	43	44	47	48	46	45	49	53	49	51	52	48	47	46	97	106	8
ländliche Gebiete	60	62	69	70	71	69	68	72	79	71	72	74	68	66	66	100	110	5
Freistaat Sachsen	48	48	52	55	56	54	53	57	63	57	58	60	56	55	54	99	112	13

Tabelle A 29: Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in Sachsen

Gebiet	NO ₂ [µg/m ³]															Relation 2009/2008	Relation 2009/1995	Anzahl Messstellen 2009
	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	[%]	[%]	
verkehrsnahe Stellen	44	41	42	40	40	40	39	38	42	38	38	39	34	34	34	100	77	9
Stadtgebiete	29	29	28	26	25	25	25	24	26	22	23	23	20	20	21	106	72	6
ländliche Gebiete	16	13	12	13	12	13	13	13	13	12	14	13	10	11	11	100	68	3
Freistaat Sachsen	34	32	32	29	29	29	28	27	30	26	27	27	24	24	24	100	71	18

Tabelle A 30: Gebietsbezogene Jahresmittelwerte der PM₁₀-Konzentration in Sachsen

Gebiet	PM ₁₀ [µg/m ³]											Relation 2009/2008	Relation 2009/1999	Anzahl Messstellen 2009
	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	[%]	[%]	
verkehrsnahe Stellen	32	33	33	30	34	28	33	34	28	29	29	100	92	6
Stadtgebiete	24	25	24	23	26	23	25	26	21	21	23	111	96	4
ländliche Gebiete	14	18	14	14	17	12	19	18	16	15	15	100	107	2
Freistaat Sachsen	26	27	27	25	30	24	28	28	24	24	24	100	93	11

Tabelle A 31: Anzahl von Ozon-Episodentagen (1994 bis 2009)

Jahr	Anzahl Episodentage	Anzahl Ozonepisoden	maximaler Stunden- mittelwert [µg/m ³]
1994	1	0	222
1995	2	0	217
1996	3	1	220
1997	1	0	214
1998	3	1	226
1999	0	0	179
2000	1	0	233
2001	3	0	202
2002	1	0	196
2003	9	3	240
2004	1	0	212
2005	2	0	217
2006	6	2	230
2007	0	0	282
2008	0	0	199
2009	0	0	173

Episodentag: 1-h-Mittelwerte von mehr als 180 µg/m³ an vier oder mehr Ozonmessstellen
 Ozonepisode: mindestens zwei aufeinanderfolgenden Episodentage

Tabelle A 32: Ozon-Episodentage seit 1994 (1999, 2007, 2008 und 2009: keine)

Datum	Anzahl der Messstellen >180 µg/m³	Anzahl der Messstellen >200 µg/m³	maximaler Stundenmittelwert [µg/m³]
1994-07-29	4	3	222
1995-05-06	16	5	206
1995-08-13	6	3	217
1996-04-21	4	0	184
1996-04-22	4	0	195
1996-06-18	4	0	193
1997-08-14	11	3	214
1998-08-11	16	5	223
1998-08-12	10	3	226
1998-08-18	5	0	196
2000-06-21	12	3	233
2001-06-27	4	0	192
2001-08-16	4	0	189
2001-08-25	6	0	189
2002-07-10	4	0	196
2003-07-21	4	0	195
2003-08-03	4	0	199
2003-08-04	4		188
2003-08-12	6	2	205
2003-08-13	19	17	240
2003-08-22	5	0	194
2003-09-19	10	1	201
2003-09-20	13	5	218
2003-09-21	7	1	201
2004-08-12	5	1	212
2005-07-15	7	0	195
2005-07-29	8	2	217
2006-05-06	12	0	194
2006-07-19	11	8	230
2006-07-20	17	7	217
2006-07-21	6	0	193
2006-07-27	8	1	204
2006-07-28	7	2	212

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Dr. Gunter Löschau, Annette Pausch
Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen
Referat Luftqualität
Telefon: + 49 351 2612-5103
Telefax: + 49 351 2612-5199
E-Mail: Annette.Pausch@smul.sachsen.de

Redaktion:

siehe Autoren

Titel:

Messstelle in Annaberg-Buchholz (Frank Berger)

Redaktionsschluss:

30.06.2010

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung. Die PDF-Datei ist im Internet unter www.smul.sachsen.de/lfulg/publikationen verfügbar.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.