



Leitfaden

Luftreinhaltepläne in Sachsen

Schriftenreihe, Heft 30/2011



Leitfaden Luftreinhaltepläne in Sachsen

Michael Westphal, Dr. Andrea Hausmann, Dr. Gunter Löschau, Annette Pausch, Uwe Wolf

1	Vorwort	10
2	Luftreinhalteplanung in Sachsen	10
2.1	Gesetzliche Grundlagen	10
2.1.1	Allgemeines	10
2.1.2	Grenzwerte für die Luftqualität	11
2.1.3	Die Fristverlängerung.....	11
2.1.4	Grenzüberschreitender Ferneintrag von Luftschadstoffen	12
2.1.5	Abzug von PM ₁₀ -Überschreitungstagen infolge von Winterdienst oder natürlichen Quellen.....	12
2.1.6	Anforderungen an Luftreinhaltepläne.....	12
2.1.6.1	Inhalt	12
2.1.6.2	Prüfung der Umweltverträglichkeit	13
2.1.6.3	Öffentlichkeitsbeteiligung und Ablauf der Veröffentlichung	13
2.2	Stand der Luftreinhaltepläne in Sachsen	13
2.3	Überwachung der Luftqualität	14
2.3.1	Luftmessnetz.....	14
2.3.2	Messtechnik für Partikel und Stickoxide.....	15
2.4	Entwicklung der Luftqualität bei Partikeln und NO ₂	19
2.5	Modellierung und Prognose der Luftqualität	26
2.6	Hauptverursacher für PM ₁₀ - und NO ₂ -Grenzwertüberschreitungen	27
3	Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität.....	33
3.1	Übersicht über mögliche Maßnahmen	33
3.1.1	Verkehrsbezogene Maßnahmen.....	33
3.1.2	Maßnahmen in Industrie, Gewerbe und Raumheizung.....	36
3.1.3	Raum- und Stadtplanung	37
3.1.4	Sonstige Maßnahmen.....	37
3.1.5	Öffentlichkeitsarbeit	37
3.2	Hintergrundinformationen zu ausgewählten Maßnahmen.....	38
3.2.1	Stadtplanung und -entwicklung.....	38
3.2.2	Umweltzonen	39
3.2.3	Straßenbenutzungsgebühren	40
3.2.4	Geschwindigkeitsbegrenzungen	40
3.2.5	Immissionsabhängige dynamische Verkehrssteuerung.....	41
3.2.6	Adaptive Verkehrssteuerung.....	41
3.2.7	Sperrung der Innenstadt für den LKW-Durchgangsverkehr	41
3.2.8	Sonstige Maßnahmen.....	42
3.2.9	Verbindung zwischen Luftreinhalteplanung und Lärminderung	44
4	Luftreinhalteplanung außerhalb Sachsens.....	44
4.1	Luftreinhalteplanung in Deutschland.....	44
4.2	Luftreinhalteplanung in der Europäischen Union	46
5	Weiterführende Informationen.....	50
5.1	Gesundheitliche Wirkungen von PM ₁₀ und NO ₂	50
5.2	Entwicklung der Emissionen des Straßenverkehrs	51
5.3	Verweilzeit, stoffliche Zusammensetzung, Tages-, Wochen- und Jahresgang von PM ₁₀ und PM _{2,5}	53
5.3.1	Verweilzeit von Partikeln in der Luft.....	53
5.3.2	Stoffliche Zusammensetzung.....	53
5.3.3	Zeitliche Auflösung von PM ₁₀ -Konzentrationen.....	56
5.3.4	Zeitliche Auflösung von PM _{2,5} -Konzentrationen	58
5.3.5	Anteil von PM _{2,5} im PM ₁₀	59
5.4	Tages-, Wochen- und Jahresgang von UFP-Konzentrationen.....	60

5.5	Tages-, Wochen- und Jahresgang von NO ₂ -Konzentrationen	62
5.6	Erläuterung der Abzugsmöglichkeiten für PM ₁₀ -Überschreitungstage	64
5.6.1	Winterdienst	64
5.6.2	Natürliche Quellen	66
5.7	Kleinf Feuerungsanlagen	66
6	Literaturverzeichnis	68
Anhang	73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Luftmessnetz des Freistaates Sachsen mit gemessenen Komponenten im Jahr 2011	14
Abbildung 2:	Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf (ländlich, stadtnah)	15
Abbildung 3:	Probenahmeköpfe für PM ₁₀	15
Abbildung 4:	PM ₁₀ -HVS-Probenahmekopf, zur Wartung geöffnet	16
Abbildung 5:	TEOM-Messkammer, zur Wartung geöffnet	17
Abbildung 6:	Beladener PM ₁₀ -HVS-Filter von der Messstation Leipzig-Mitte	18
Abbildung 7:	Ausgewählte Probenahmen (PN) der Luftmessstation Dresden-Winckelmannstraße	18
Abbildung 8:	Entwicklung der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte 1999-2010	20
Abbildung 9:	Messstationen mit Überschreitungen des PM ₁₀ -Tagesgrenzwertes	20
Abbildung 10:	PM ₁₀ -Flächenbelastung in Sachsen	21
Abbildung 11:	Zeitliche Verteilung der PM ₁₀ -Tagesgrenzwertüberschreitungen	21
Abbildung 12:	Entwicklung der PM _{2,5} -Jahresmittelwerte 1998-2010	22
Abbildung 13:	Tendenzen der Anzahl ultrafeiner Partikel im Vergleich zu konventionellen Luftschadstoffen an der verkehrsbezogenen Station Dresden-Nord	23
Abbildung 14:	Tagesmittelwerte der Kfz-Zahlen in der Nähe der Messstation Dresden-Nord	23
Abbildung 15:	Trend der Jahresmittelwerte für die Anzahl ultrafeiner Partikel im Vergleich zu Feinstaub PM ₁₀ und PM _{2,5} an der verkehrsbezogenen Messstation Dresden-Nord	24
Abbildung 16:	Entwicklung der NO ₂ -Jahresmittelwerte für verschiedene Stationstypen in Sachsen 1995–2009	24
Abbildung 17:	Jahresmittelwerte der NO ₂ -Konzentration an stark belasteten Messstellen von 1995 bis 2010	25
Abbildung 18:	Vergleich der Entwicklung der NO ₂ -Jahresmittelwerte für verschiedene Stationstypen in Sachsen und Deutschland (UBA-Datensatz)	25
Abbildung 19:	Jahresmittelwerte und Überschreitungstage für PM ₁₀ in Sachsen	27
Abbildung 20:	Quellen für die PM ₁₀ - und die NO _x -Emission in Sachsen 2008	28
Abbildung 21:	Differenzierte Verursacheranteile für die PM ₁₀ -Belastung, Beispiele für eine hoch belastete Straßenschlucht (Leipzig-Lützner Str.) und den städtischen Hintergrund (Leipzig-West) 2004-2008	28
Abbildung 22:	Differenzierte Verursacheranteile für die NO _x -Belastung, Beispiele für eine hoch belastete Straßenschlucht (Leipzig-Lützner Str.) und den städtischen Hintergrund (Leipzig-West) 2004-2008	29
Abbildung 23:	Beispiel für Ferneintrageinfluss auf die PM ₁₀ -Konzentration in Sachsen	30
Abbildung 24:	Beispiel für die Windrichtungsabhängigkeit der PM ₁₀ -Konzentration	30
Abbildung 25:	Beispiel für den geringen Einfluss des Ferneintrags auf die NO ₂ -Konzentration	31
Abbildung 26:	Beispiel für die geringe Windrichtungsabhängigkeit der NO ₂ -Konzentration	32
Abbildung 27:	Umweltzone in Leipzig	34
Abbildung 28:	Temporeduzierung zur Senkung der Schadstoffemissionen in Hannover	34
Abbildung 29:	Lkw-Durchfahrtsverbot	35
Abbildung 30:	Anzeigetafel des Parkleitsystems in Halle/Saale	35
Abbildung 31:	Zufahrt zur zeitlich befristeten verkehrsbeschränkten Zone in Rom	36
Abbildung 32:	Anlage zur Erhebung der Citymaut in Stockholm	36
Abbildung 33:	Plakataktion in Stuttgart	38
Abbildung 34:	Broschüre des LfULG zum Heizen mit Holz in Kaminöfen	38
Abbildung 35:	Erweiterung einer Straßenbahnlinie mit angeschlossenem P+R-Parkplatz in Dresden zur Anbindung eines Wohn- und Gewerbegebietes an das Stadtzentrum	39
Abbildung 36:	Straßenschlucht durch den Neubau von Verkaufseinrichtungen im Zentrum von Dresden	39
Abbildung 37:	Minderung der PM ₁₀ - und der NO _x -Emissionen bei Absenkung von Tempolimits im Großraum Graz	40
Abbildung 38:	Lärmschutzwand mit integriertem Feinstaubfilter in Klagenfurt	42
Abbildung 39:	CMA-Streiffahrzeug beim Versuch in Klagenfurt	43
Abbildung 40:	Geografische Verteilung der PM ₁₀ - und NO ₂ -Belastung in Deutschland 2008	45
Abbildung 41:	Am Neckartor in Stuttgart	45
Abbildung 42:	Luftqualitätsindizes des städtischen Hintergrundes von Padua im Jahr 2009	46
Abbildung 43:	Luftqualitätsindizes verkehrsnaher Bereiche von Padua im Jahr 2009	47

Abbildung 44:	Gebiete mit Grenzwertüberschreitung beim PM ₁₀ -Tagesmittelwert 2008	48
Abbildung 45:	Gebiete mit Grenzwertüberschreitung beim NO ₂ -Jahresmittelwert 2008	49
Abbildung 46:	Gemessene NO ₂ -Konzentration in der Atmosphäre über Europa (2003/2004)	49
Abbildung 47:	Vergleich der NO _x -Emissionen der PKW (Durchschnitt innerorts) nach HBEFA 2.1 und HBEFA 3.1	52
Abbildung 48:	Vergleich der NO _x -Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge (Durchschnitt innerorts) nach HBEFA 2.1 und HBEFA 3.1	52
Abbildung 49:	Verweilzeit von Partikeln in der Luft	53
Abbildung 50:	Hauptbestandteile im Feinstaub PM ₁₀ und PM _{2,5} an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord	54
Abbildung 51:	Chemische Zusammensetzung nach Partikelfraktionen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord	54
Abbildung 52:	Chemische Zusammensetzung nach Partikelfraktionen an Werktagen im städtischen Hintergrund (Dresden-Winckelmannstraße)	55
Abbildung 53:	Chemische Zusammensetzung nach Partikelfraktionen an Sonntagen im städtischen Hintergrund (Dresden-Winckelmannstraße)	55
Abbildung 54:	Mittlerer Jahresgang der PM ₁₀ -Konzentrationen (2003–2010)	56
Abbildung 55:	Mittlerer Wochen- und Tagesgang der PM ₁₀ -Konzentrationen (2007–2009)	57
Abbildung 56:	PM ₁₀ -Konzentrationen in Abhängigkeit von der Anzahl der Tage ohne Regen, alle Stationen (2000–2010)	57
Abbildung 57:	Mittlerer Jahresgang der PM _{2,5} -Konzentrationen an länger messenden Stationen	58
Abbildung 58:	Tages- und Wochengang der PM _{2,5} -Konzentrationen mit Vergleich zur PM ₁₀ -Konzentration im städtischen Hintergrund (Vergleichsmessung Dresden-Winckelmannstraße vom 01.08.2008–01.09.2009)	59
Abbildung 59:	Mittlerer Jahresgang des Anteils von PM _{2,5} im PM ₁₀ an länger messenden Stationen	59
Abbildung 60:	Zeitliche Entwicklung des Anteils von PM _{2,5} im PM ₁₀	60
Abbildung 61:	Mittlerer Jahresgang der Anzahlkonzentration verschiedener Partikelgrößenklassen an einer verkehrsnahen Messstation (04/2001-02/2011, Dresden-Nord)	61
Abbildung 62:	Mittlerer Wochengang der Konzentration für drei Partikelanzahlklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord im Jahr 2010	62
Abbildung 63:	Zeitlich hoch aufgelöster mittlerer Wochengang der Konzentration für drei Partikelanzahl-Größenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord im Jahr 2010	62
Abbildung 64:	Mittlerer Jahresgang der NO ₂ -Konzentrationen an unterschiedlichen Messstationen (2000–2010)	63
Abbildung 65:	Mittlerer Jahresgang der NO-Konzentrationen an unterschiedlichen Messstationen (2000–2010)	63
Abbildung 66:	Mittlerer Wochen- und Tagesgang der NO ₂ -Konzentrationen (2007–2009)	64
Abbildung 67:	Anteil PM _{2,5} im PM ₁₀ 2010 in Dresden und auf dem Collm	65
Abbildung 68:	Anteil PM _{2,5} im PM ₁₀ und PM ₁₀ -Tagesmittelwerte in Dresden-Nord 2010	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Grenzwerte der Luftschadstoffe PM ₁₀ , PM _{2,5} und NO ₂	11
Tabelle 2:	Luftreinhalte- und Aktionspläne in Sachsen.....	13
Tabelle 3:	Einteilung für Schwebstaub nach der Partikelgröße	16
Tabelle 4:	Messverfahren für Feinstaub PM ₁₀ im sächsischen Luftgütemessnetz.....	16
Tabelle 5:	Messverfahren für Feinstaub PM _{2,5} im sächsischen Luftgütemessnetz	19
Tabelle 6:	Prozentualer Anteil der PM ₁₀ -Überschreitungstage mit überwiegendem Ferneintrag (Datengrundlage: TEOM-Messwerte)	31
Tabelle 7:	Festgelegte Partikelgrößenklassen für verkehrsnaher Messorte nach BRÜGGEMANN et al. (2008).....	60
Tabelle 8:	Immissionsmessnetz des Freistaates Sachsen im Jahr 2011	73

Abkürzungsverzeichnis

AGImSchG	Ausführungsgesetz zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
AIL	Auswerte- u. Informationszentrum Luft
AP	Aktionsplan
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAG	Bundesamt für Güterverkehr
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BAT	Beste verfügbare Technik (engl. best available technique)
BaP	Benzo(a)pyren
B+R	Bike and Ride (An Haltestellen des ÖPNV werden Fahrradständer oder Fahrradboxen bereitgestellt.)
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMU	Bundesministerium für Umwelt; Naturschutz und Reaktorsicherheit
BTX	Benzol, Toluol, Xylol
BVT	Beste verfügbare Technik
CAFE	Clean Air For Europe (deutsch = saubere Luft für Europa)
CARS 21	Competitive Automotive Regulatory System for the 21st century (Hochrangige Gruppe für Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit der Automobilindustrie; eingesetzt von der EU-Kommission)
CH ₄	Methan
CITEAIR	Common Information to European Air
CMA	Calzium-Magnesium-Acetat
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DLR	Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e. V.
EC	Elementarer Kohlenstoff
EEA	Europäische Umweltagentur (engl. European Environment Agency)
esa	Europäische Weltraumorganisation (engl. European Space Agency)
ETC/ACC	European Topic Centre on Air and Climate Change (bis 31.12.2010)
ETC/ACM	European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ab 01.01.2011)
EU	Europäische Union
GFA	Großfeuerungsanlage
GmbH & Co. KG	Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft
HBEFA	Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
HVS	High Volume Sampler
Kfz	Kraftfahrzeug
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Lkw	Lastkraftwagen
LRP	Luftreinhalteplan
MDR	Mitteldeutscher Rundfunk
MIV	Motorisierter Individualverkehr
nm	Nanometer (10 ⁻⁹ Meter)
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxid/e
OC	Organischer Kohlenstoff

ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P+R	Park and Ride (In der Nähe von Haltestellen wird die Möglichkeit geboten, das Auto zu parken und per ÖPNV weiterzufahren.)
Pkw	Personenkraftwagen
PM ₁₀	Feinstaub (engl. = particulate matter) mit einem aerodynamischer Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer
PM _{2,5}	Feinstaub (engl. = particulate matter) mit einem aerodynamischer Durchmesser kleiner als 2,5 Mikrometer
PM _x	Feinstaub (engl. = particulate matter), übergeordnete Bezeichnung für Feinstaub-Fractionen z. B. als PM ₁₀ oder PM _{2,5}
PN	Partikelanzahl (engl. particle number) oder Probenahme
PM ₁₀ -EC	Elementarer Kohlenstoff im PM ₁₀ , bestimmt mit Coulometrie (VDI 2465 Bl. 1)
PM ₁₀ -BC	Ruß (engl. = black carbon) im PM ₁₀ , bestimmt nach der optischen Methode
SächsImSchZuVO	Sächsische Immissionsschutz-Zuständigkeitsverordnung
SMUL	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
SNfz	schwere Nutzfahrzeuge (Nutzfahrzeuge >3,5 Tonnen Gesamtgewicht)
ST-I	Staubinhaltsstoffe
ST-NS	Staubniederschlag
SUP	Strategische Umweltprüfung
TA	Technische Anleitung (hier TA Luft: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft)
TSP	Gesamtschwebstaub (engl. = total suspended particles)
TU	Technische Universität
UBA	Umweltbundesamt
UFP	Ultrafeine Partikel (<0,1 Mikrometer)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Umweltverträglichkeitsgesetz
WHO	Weltgesundheitsorganisation (engl. = World Health Organization)
zGG	Zulässiges Gesamtgewicht
ZTL	Zone Traffico Limitato – verkehrsbeschränkte Zone in Italien
µm	Mikrometer (10 ⁻⁶ Meter)
µg	Mikrogramm (10 ⁻⁶ Gramm)

1 Vorwort

Der Leitfaden wendet sich vor allem an diejenigen Bürger, Einrichtungen und Verwaltungen, die von der Luftreinhalteplanung betroffen sind, und möchte einen Beitrag zur sachlichen Diskussion leisten. „Umweltzone“ und „Verkehrsbeschränkungen“ sind Begriffe, die in den Medien bei der Umsetzung von Maßnahmen für eine bessere Luftqualität häufig zuerst diskutiert werden. Dabei wird manchmal der Eindruck erweckt, dass Behörden Maßnahmen zur Luftreinhaltung willkürlich festlegen. Tatsache ist aber, dass die Luftqualitätsgrenzwerte dem Schutz der menschlichen Gesundheit dienen und ihre Einhaltung bis zu bestimmten Fristen bereits 1999 in der EU beschlossen wurde.

Der Leitfaden „Luftreinhaltepläne in Sachsen“ stellt die gesetzlichen Grundlagen und die Anforderungen für die Aufstellung von Luftreinhalteplänen dar und zeigt, welche Maßnahmen zur Erreichung einer guten Luftqualität beitragen können. Er erläutert, wie die Luftqualität ausgehend von den Messergebnissen an wenigen Orten flächendeckend für eine ganze Stadt mathematisch modelliert werden kann. Darüber hinaus werden einzelne Maßnahmen näher beschrieben. Die Luftreinhalteplanung in Sachsen wird eingeordnet in den erreichten Stand in Deutschland und der EU. Fakten zu den gesundheitlichen Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid, zur zeitlichen und räumlichen Verteilung von Belastungen durch diese Luftschadstoffe sowie zur Entwicklung während der letzten Jahre in Sachsen sind als weiterführende Informationen gedacht.

Norbert Eichkorn

Präsident des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

2 Luftreinhalteplanung in Sachsen

2.1 Gesetzliche Grundlagen

2.1.1 Allgemeines

Mit der Rahmenrichtlinie Luftqualität (96/62/EG) begann 1996 ein neues Kapitel in der Luftreinhaltepolitik der EU. Grundsätze zur Messung und Beurteilung der Luftqualität mit einheitlichen Methoden und Kriterien sowie gemeinschaftliche Luftqualitätsziele wurden festgelegt. Dieser Rahmenrichtlinie folgten dann vier Tochterrichtlinien.

Um den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und den Erfahrungen der EU-Mitgliedstaaten bei der Erreichung der Luftqualitätsziele Rechnung zu tragen, wurde 2008 die Richtlinie 2008/50/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa verabschiedet und damit die Rahmenrichtlinie sowie die erste bis dritte Tochterrichtlinie ersetzt. Durch die Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) und die Schaffung der 39. BImSchV wurde die o. g. EU-Richtlinie dann in nationales Recht umgesetzt. In die 39. BImSchV wurden auch die vierte Tochterrichtlinie und die Inhalte der bisherigen 33. BImSchV integriert. Sie bildet die rechtliche Grundlage zur Erarbeitung von Luftreinhalteplänen.

Werden in einem bestimmten Gebiet die durch Rechtsverordnung nach § 48a Abs. 1 BImSchG festgelegten Immissionsgrenzwerte überschritten oder besteht die Gefahr der Überschreitung der festgelegten Grenzwerte, ist gemäß § 47, Abs 1 u. 2 BImSchG ein Luftreinhalteplan zu erstellen, der Maßnahmen enthält, die geeignet sind, die Grenzwerte dauerhaft einzuhalten. Werden Alarmschwellen bei Schwefeldioxid bzw. NO₂ überschritten oder droht die Gefahr der Überschreitung dieser Alarmschwellen, ist ein Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen vorzulegen. Gemäß § 47, Absatz 2 BImSchG muss dieser Plan Maßnahmen enthalten, um die Überschreitung zu verhindern oder den Zeitraum der Überschreitung zu verkürzen. Ein Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen kann dabei auch Teil eines Luftreinhalteplanes sein.

Werden Immissionsgrenzwerte, Alarmschwellen oder Zielwerte auf Grund erheblicher grenzüberschreitender Transporte von Luftschadstoffen oder von Vorläufersubstanzen überschritten, ist gemäß § 29 der 39. BImSchV die Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden des betreffenden EU-Mitgliedstaates zu suchen und es sind gegebenenfalls gemeinsame Maßnahmen zu erarbeiten. Dafür können auch gemeinsame oder koordinierte Luftreinhaltepläne aufgestellt werden. Die Zuständigkeit zur Aufstellung eines Luftreinhalteplanes oder eines Planes für kurzfristige Maßnahmen liegt in Sachsen zurzeit bei den

Landkreisen und Kreisfreien Städten. Bei der Aufstellung des Luftreinhalte- bzw. Aktionsplanes ist das fachliche Einvernehmen mit dem LfULG herzustellen, insbesondere bei Beurteilung der Luftqualität und der Bewertung der Maßnahmen zur Verminderung der Luftverunreinigung. Für die Überwachung der Luftqualität in Sachsen ist das LfULG zuständig.

2.1.2 Grenzwerte für die Luftqualität

Die Grenzwerte für PM₁₀, PM_{2,5} und NO₂ sind in Tabelle 1 mit dem Jahr ihres Inkrafttretens dargestellt. Weiterhin sind die Richtwerte der WHO von 2005 zum Vergleich mit angegeben. Eine ausführliche Auflistung aller zu überwachenden Luftschadstoffe nach EU-Richtlinie 2008/50/EG bzw. 39. BImSchV und TA Luft befindet sich z. B. in den Jahresberichten des LfULG zur Immissionssituation in Sachsen (verfügbar unter www.luft.sachsen.de).

Tabelle 1: Grenzwerte der Luftschadstoffe PM₁₀, PM_{2,5} und NO₂

Mittelungszeitraum	Grenz- bzw. Zielwert gem. 39. BImSchV	Termin des Inkrafttretens	Richtlinie der WHO
PM₁₀			
Tag	50 µg/m ³ mehr als 35-mal pro Kalenderjahr überschritten (Grenzwert)	1. Januar 2005	50 µg/m ³ mehr als 3-mal pro Kalenderjahr überschritten
Kalenderjahr	40 µg/m ³ (Grenzwert)		
NO₂			
Stunde	200 µg/m ³ mehr als 18-mal pro Kalenderjahr überschritten (Grenzwert)	1. Januar 2010	200 µg/m ³
Kalenderjahr	40 µg/m ³ (Grenzwert)		
PM_{2,5}			
Kalenderjahr	25 µg/m ³ (Zielwert)	1. Januar 2010	Keine Festlegung
	25 µg/m ³ (Grenzwert)	1. Januar 2015	
	20 µg/m ³ (Indikator für die durchschnittliche PM _{2,5} -Exposition, d. h. im städtischen Hintergrund)		
	13,6 µg/m ³ (Nationales Ziel für die Reduzierung der durchschnittlichen PM _{2,5} -Exposition, entspricht 15 % Reduzierung zum Ausgangswert 16 µg/m ³ im Jahr 2010)	1. Januar 2020	

2.1.3 Die Fristverlängerung

Mit Artikel 22 der Richtlinie 2008/50/EG kam die Fristverlängerung als ein weiteres Instrument in der Luftreinhaltepolitik hinzu. Es wurde die Möglichkeit geschaffen, bei Erfüllung bestimmter Kriterien eine befristete Ausnahme von der Einhaltung der Grenzwerte zu erhalten. Durch § 21 der 39. BImSchV ist die Fristverlängerung im nationalen Recht verankert. Dabei kann eine Ausnahme von der Verpflichtung zur Einhaltung der Grenzwerte für PM₁₀ höchstens bis 11. Juni 2011 in Anspruch genommen werden. Danach müssen die Grenzwerte eingehalten werden. Für Stickstoffdioxid ist eine Fristverlängerung bis 31.12.2014 möglich.

Eine Fristverlängerung kann nur auf Grund

- standortspezifischer Ausbreitungsbedingungen,
- ungünstiger klimatischer Bedingungen oder
- grenzüberschreitender Einträge (s. a. Kap. 2.1.4)

gewährt werden. Weiterhin muss ein Luftreinhalteplan erstellt werden, der zeigt, dass und wie die Grenzwerte vor Ablauf der neuen Frist eingehalten werden. Insbesondere (Anhang XV Abs. B Nr. 3 RL 2008/50/EG) sind Informationen über die Ausgestaltung folgender Maßnahmen erforderlich:

- Verringerung der Emissionen aus kleinen und mittleren stationären Feuerungsanlagen
- Nachrüstung von Fahrzeugen mit emissionsmindernden Einrichtungen inkl. Förderung
- umweltgerechtes öffentliches Beschaffungswesen (Fahrzeuge, Verkehrsdienste, stationäre Verbrennungsanlagen, schadstoffarme Kraft- und Brennstoffe)
- Begrenzung der verkehrsbedingten Emissionen durch Verkehrsplanung und -management (inkl. Einrichtung von „Gebieten mit geringem Emissionsniveau“)
- Förderung der Umstellung auf umweltfreundlichere Verkehrsträger
- Sicherstellung der Verwendung von schadstoffarmen Kraft- und Brennstoffen
- Nutzung von Genehmigungsverfahren und wirtschaftlichen Instrumenten (z. B. Steuern, Gebühren).

2.1.4 Grenzüberschreitender Ferneintrag von Luftschadstoffen

Wird eine Überschreitung einer Alarmschwelle, eines Grenzwertes, eines Zielwertes oder eines langfristigen Zieles aufgrund erheblicher grenzüberschreitender Einträge von Luftschadstoffen oder ihrer Vorläufersubstanzen aus einem anderen EU-Mitgliedstaat verursacht, sind die dortigen Behörden zu konsultieren und die Zusammenarbeit zu suchen, um das Problem zu lösen (Artikel 25, Richtlinie 2008/50/EG). Dabei sollten gegebenenfalls gemeinsame oder koordinierte Luftreinhaltepläne mit geeigneten Maßnahmen erarbeitet werden. Der Osten von Sachsen kann in den Wintermonaten bei länger anhaltenden Inversionswetterlagen und östlichen sowie südlichen Winden von Schadstoffferneinträgen betroffen sein. Diese können zu Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes beitragen.

2.1.5 Abzug von PM₁₀-Überschreitungstagen infolge von Winterdienst oder natürlichen Quellen

Unter bestimmten Voraussetzungen ist es zulässig, PM₁₀-Überschreitungstage infolge von Winterdienst oder natürlichen Quellen von der Gesamtzahl der Überschreitungstage abzuziehen. Die EU-Kommission hat dazu Arbeitspapiere vorgelegt (EUROPEAN COMMISSION 2011a und b). Nähere Erläuterungen zu dieser für Sachsen bisher kaum relevanten Möglichkeit enthält Kap. 5.6.

2.1.6 Anforderungen an Luftreinhaltepläne

2.1.6.1 Inhalt

Die Inhalte von Luftreinhalteplänen sind in Anlage 13 der 39. BImSchV festgelegt:

- Ort der Überschreitung (Region, Ortschaft mit Karte sowie die Messstation[en] mit Karte und geografischen Koordinaten)
- allgemeine Informationen (Art des Gebietes, Größe des verschmutzten Gebietes, Anzahl betroffener Bürger, Klima, topografische Daten, Schutzziele)
- Zuständige Behörden (Namen und Anschriften, der für die Ausarbeitung und Durchführung der Pläne zuständigen Personen)
- Art und Beurteilung der Verschmutzung (vor Durchführung der Verbesserungsmaßnahmen festgestellte Schadstoffkonzentrationen der vorangegangenen Jahre, seit Beginn der Luftreinhalteplanung ermittelte Konzentrationen, angewandte Beurteilungstechniken)
- Ursprung der Verschmutzung (Liste der wichtigsten Emissionsquellen mit Karte; meist gegliedert nach erklärungspflichtigen Anlagen, Hausbrand/Kleinverbraucher, Verkehr und Landwirtschaft; Gesamtmenge der Emissionen [Tonnen/Jahr] aus diesen Quellen, Verschmutzungen aus anderen Gebieten)
- Analyse der Lage (Faktoren, die zu den Überschreitungen geführt haben, z. B. Straßenverkehr, grenzüberschreitender Eintrag von Luftschadstoffen; mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität)
- Angaben zu vor dem 11. Juni 2008 durchgeführten Maßnahmen (örtliche, regionale und internationale Maßnahmen mit festgestellten Wirkungen)
- Angaben zu nach dem 11. Juni 2008 beschlossenen Maßnahmen
- Angaben zu **geplanten oder langfristig angestrebten Maßnahmen** (müssen die Einhaltung von Grenzwerten fristgerecht sicherstellen, **Kern der Luftreinhalteplanung**); Bericht an die EU erfordert neben der Beschreibung der Maßnahme Angaben zum Zeitplan, zur zuständigen Behörde, zu Kosten und zur Wirksamkeit
- Liste der Veröffentlichungen, Dokumente, Arbeiten, die die o. g. Inhalte ergänzen

Kurzfristig wirksame Maßnahmen

Im Fall einer drohenden Überschreitung der **Alarmschwellen** für NO₂ oder Schwefeldioxid sind kurzfristig wirksame Maßnahmen umzusetzen (§ 28 der 39. BImSchV), um eine Überschreitung zu verhindern oder den Zeitraum der Überschreitung möglichst kurz zu halten. In Sachsen wurden allerdings diese Alarmschwellen noch nie überschritten. Pläne für kurzfristig wirksame Maßnahmen sind daher bis heute nicht erforderlich gewesen. Bis zur Umsetzung der RL 2008/50/EG in nationales Recht waren derartige Maßnahmen auch bei einer drohenden PM₁₀- oder NO₂-**Grenzwertüberschreitung/Überschreitung von Grenzwert + Toleranzmarge** in sog. Aktionsplänen festzulegen. Mit zunehmender Erfahrung in der Anwendung von Aktionsplan-Maßnahmen wurde allerdings deutlich, dass diese einen eher geringen Einfluss auf die momentane Schadstoffkonzentration haben. Kurzfristig wirksame Maßnahmen wie z. B. Schüttgutabdeckung, Reifenwäsche und Nass-Straßenreinigung auf Baustellen oder die Abschaltung von Motoren beim Be- und Entladen sind heute als dauerhaft anzuwenden in Luftreinhalteplänen enthalten.

2.1.6.2 Prüfung der Umweltverträglichkeit

Luftreinhaltepläne sind in der Anlage 3 Nr. 2.2 zum Umweltverträglichkeitsgesetz (UVPG) aufgeführt. Nach § 14a Abs. 1 UVPG ist festzustellen, ob die Verpflichtung zur Durchführung einer Strategischen Umweltprüfung besteht. Setzt ein Luftreinhalteplan einen Rahmen für die Zulassung UVP-pflichtiger Vorhaben, ist eine Strategische Umweltprüfung durchzuführen. Nach § 14b Abs. 3 UVPG setzt ein Luftreinhalteplan dann einen Rahmen für die Entscheidung über die Zulässigkeit von Vorhaben, wenn er Festlegungen mit Bedeutung für spätere Zulassungsentscheidungen, insbesondere zum Bedarf, zur Größe, zum Standort, zur Beschaffenheit, zu Betriebsbedingungen oder zur Inanspruchnahme von Ressourcen enthält. Für die sächsischen Luftreinhaltepläne traf das bisher nicht zu.

2.1.6.3 Öffentlichkeitsbeteiligung und Ablauf der Veröffentlichung

Bei der Aufstellung/Änderung eines Luftreinhalteplanes ist nach § 47 Abs. 5 und 5a BImSchG die Öffentlichkeit zu beteiligen:

- Die Aufstellung/Änderung eines Luftreinhalteplanes sowie Informationen über das Beteiligungsverfahren (z. B. Ort, Zeit und Frist für die Einsichtnahme durch die Öffentlichkeit, Internetadresse) sind öffentlich bekannt zu machen.
- Der Planentwurf ist für mindestens einen Monat zur Einsicht auszulegen.
- Bis zwei Wochen nach Ablauf der Auslegungsfrist können gegenüber der zuständigen Behörde Stellungnahmen schriftlich abgegeben werden.
- Fristgerecht eingegangene Stellungnahmen werden bei der Fertigstellung des Plans angemessen berücksichtigt.
- Der aufgestellte Plan ist öffentlich bekannt zu machen. Das überplante Gebiet sowie die wesentlichen Maßnahmen sind darzustellen.
- Eine Ausfertigung des Planes einschließlich einer Darstellung des Ablaufs des Beteiligungsverfahrens sowie der Gründe und Erwägungen, auf denen die getroffenen Entscheidungen beruhen, wird zwei Wochen zur Einsicht ausgelegt.

Das o. g. Verfahren findet statt, wenn keine Strategische Umweltprüfung (SUP) im Rahmen des Luftreinhalteplanes durchzuführen ist (vgl. Kap. 2.1.6.2).

2.2 Stand der Luftreinhaltepläne in Sachsen

Leipzig war 2003 die erste Stadt in Sachsen, für die auf Grund der Überschreitungen der Grenzwerte mit Toleranzmargen für NO₂ und PM₁₀ ein Luftreinhalteplan aufzustellen war. In Tabelle 2 sind die sächsischen Städte aufgeführt, für die Luftreinhalte- bzw. Aktionspläne aufgestellt wurden. Die Schadstoffe, die Anlass für den jeweiligen Luftreinhalte- bzw. Aktionsplan waren, und das Jahr der Veröffentlichung sind mit angegeben. Eine Übersicht über die veröffentlichten sächsischen Luftreinhaltepläne und -planentwürfe sowie weiterführende Informationen sind im Internet unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm> zu finden.

Tabelle 2: Luftreinhalte- und Aktionspläne in Sachsen

Ballungsraum/Stadt	Plan	Schadstoff	Überschreitung von Grenzwert bzw. Grenzwert + Toleranzmarge
Leipzig	LRP 2005, AP 2006	PM ₁₀ NO ₂	Tagesmittel Jahresmittel
Leipzig	LRP 2009 (1. Fortschreibung);	PM ₁₀ NO ₂	Tagesmittel; Notifizierung liegt vor Jahresmittel, Notifizierungsantrag 2011 gestellt
Dresden	LRP u. AP 2008	PM ₁₀ NO ₂	Tagesmittel Jahresmittel
Dresden	LRP 2011 (1. Fortschreibung)	PM ₁₀ NO ₂	Tagesmittel Jahresmittel, Notifizierungsantrag 2011 gestellt
Chemnitz	AP 2006, LRP 2008	PM ₁₀ NO ₂	Tagesmittel Jahresmittel
Chemnitz	LRP 2011 (1. Fortschreibung)	NO ₂	Jahresmittel, Notifizierungsantrag 2011 gestellt
Görlitz	LRP 2008	PM ₁₀	Tagesmittel
Plauen	LRP 2009	PM ₁₀	Tagesmittel

2.3 Überwachung der Luftqualität

2.3.1 Luftmessnetz

Die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) betreibt das automatische Luftmessnetz in Sachsen. Es besteht zurzeit aus 29 Messstationen (Abbildung 1).. Die Daten werden dem Auswerte- und Informationszentrum Luft (AIL) des LfULG zur Überwachung und Bewertung der Luftqualität kontinuierlich zur Verfügung gestellt.

Um die Luftqualität in ganz Sachsen beurteilen zu können, werden Luftmessstationen (Abbildung 2) an unterschiedlichen Orten betrieben - z. B. im ländlichen/städtischen Hintergrund und an stark befahrenen Straßen - und Modellierungen (Kap. 2.5) durchgeführt.

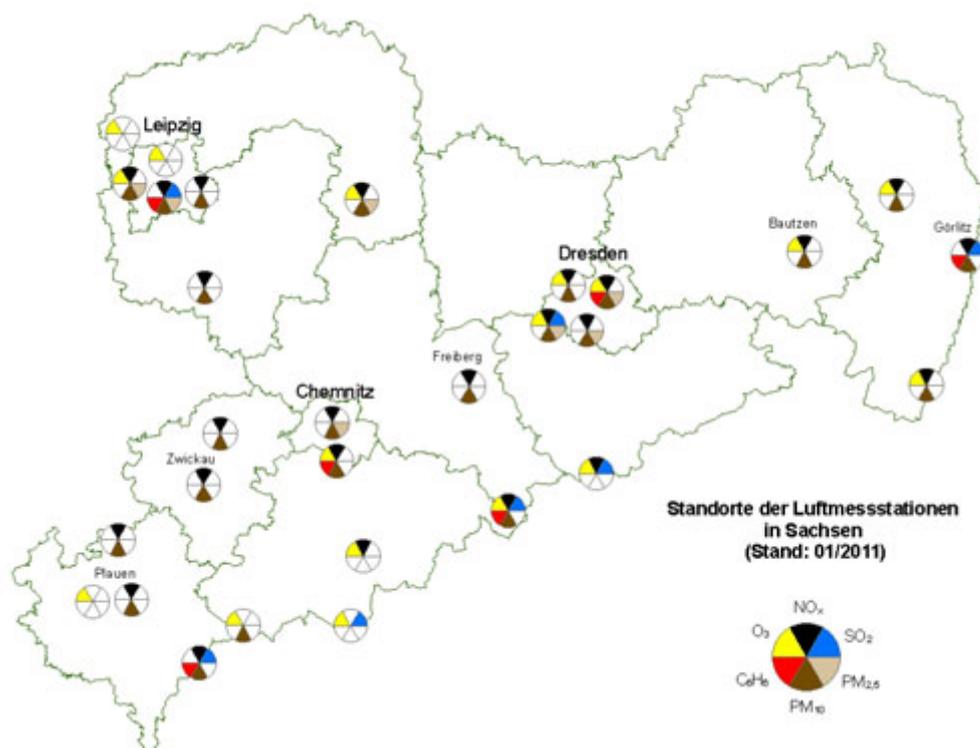


Abbildung 1: Luftmessnetz des Freistaates Sachsen mit gemessenen Komponenten im Jahr 2011

An den Messstationen werden auch lokale meteorologische Parameter wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur ermittelt. Anhang

Tabelle 8 im Anhang gibt einen Überblick zu den Messstationen des sächsischen Luftmessnetzes im Jahr 2011 mit den jeweiligen zu messenden Komponenten und den Standorten und mit Typisierung.

Aktuelle Messwerte und Datenrecherchen stehen im Internet unter www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft zur Verfügung.



Abbildung 2: Luftmessstation Radebeul-Wahnsdorf (ländlich, stadtnah)

Quelle: Müller (BfUL)

2.3.2 Messtechnik für Partikel und Stickoxide

Partikel in der Luft werden nach der Größe unterschieden in Grobstaub, Feinstaub PM_{10} , Feinstaub $PM_{2.5}$ und Ultrafeinstaub (Tabelle 3). Auf der Grundlage der 39. BImSchV werden Feinstaub PM_{10} und $PM_{2.5}$ in der Außenluft bestimmt. Die Probenahmeköpfe verfügen über einen größenselektierenden Lufteinlass, der für den gewünschten aerodynamischen Durchmesser (10 bzw. $2,5 \mu m$) einen Abscheidegrad von 50 % aufweist (Abbildung 3, Abbildung 4).

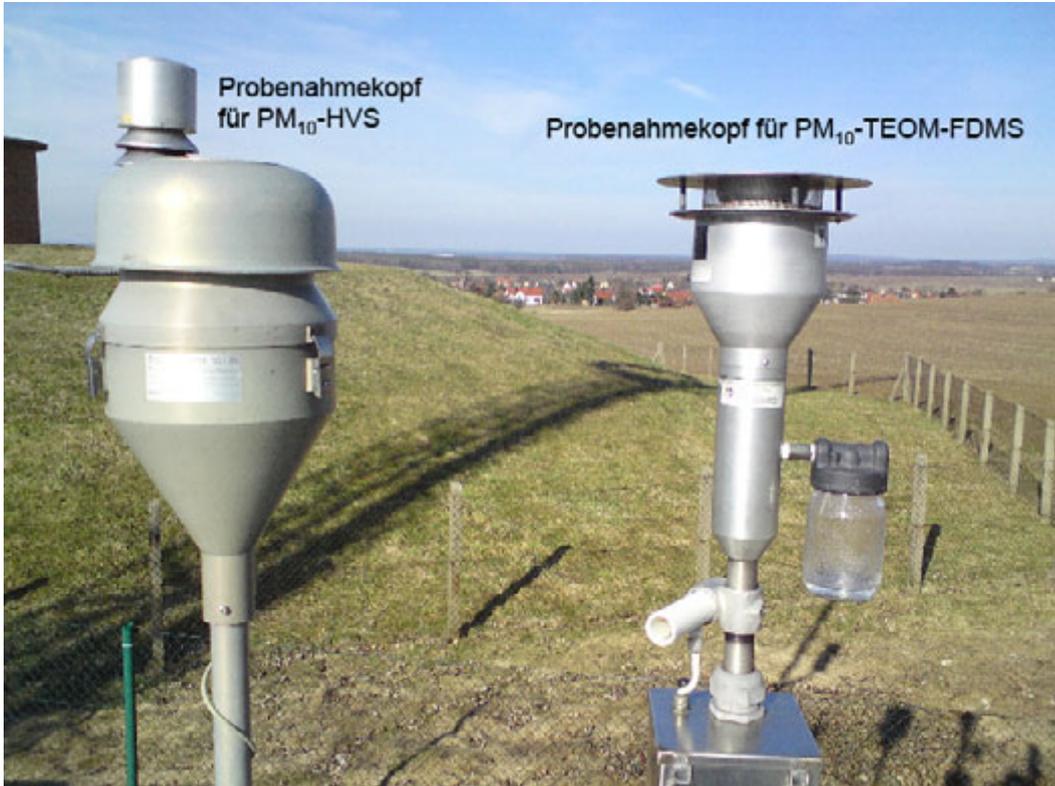


Abbildung 3: Probenahmeköpfe für PM_{10}

Quelle: Müller (BfUL)



Abbildung 4: PM₁₀-HVS-Probenahmekopf, zur Wartung geöffnet

Quelle: Müller (BfUL)

Tabelle 3: Einteilung für Schwebstaub nach der Partikelgröße

Begriff	Abkürzung	Partikelgröße	Bemerkung
Grobstaub	TSP	Gesamter Schwebstaub	Keine Bedeutung mehr in der gesetzlichen Immissionsüberwachung mehr (gemessen bis 1998/99)
Feinstaub	PM ₁₀	Kleiner 10 µm	Einatembare Anteil vom Schwebstaub
Feinstaub	PM _{2,5}	Kleiner 2,5 µm	Lungengängiger Anteil vom Schwebstaub
Ultrafeinstaub	UFP	Kleiner 0,1 µm	Kleinster Anteil vom Feinstaub

In Sachsen erfolgt gegenwärtig die Messung von Feinstaub PM₁₀ an 23 Messorten und von Feinstaub PM_{2,5} an sieben Messorten (Anhang

Tabelle 8). Die Messung von Ultrafeinstaub (UFP) wird an zwei Messorten in Dresden (Schlesischer Platz und Winkelmannstraße) als Sondermessung durchgeführt.

Zur Messung von Feinstaub **PM₁₀** werden mehrere Messverfahren mit verschiedenen Zielstellungen eingesetzt. Sie unterscheiden sich in der Schnelligkeit der Datenbereitstellung, der Datenqualität und der zeitlichen Auflösung der Daten (Tabelle 4).

Tabelle 4: Messverfahren für Feinstaub PM₁₀ im sächsischen Luftgütemessnetz

Messverfahren	Messunsicherheit* ¹	Zeitliche Bereitstellung der Daten	Bemerkung
Automat TEOM-FDMS	5 bis 25 (40) %	Sofort verfügbar im Internet und ggf. für Medien	Zur schnellen Information der Bevölkerung mit vorläufigen Daten (Screeningverfahren), neben Tagesmittelwerten sind auch ½-h-Werte vorhanden, Luftdurchfluss: ca. 24 m ³ /Tag
High Volume Sampler (HVS)-Filter	5 bis 15 %	Nach einem Monat verfügbar	Endgültige Tagesmittelwerte zur Beurteilung der Luftqualität (Jahresbericht), Luftdurchfluss: ca. 720 m ³ /Tag
Filter mit zwei KleinfILTERgeräten	kleiner 3 %	Messung alle drei Tage, nach einem Monat verfügbar	Sehr aufwändiges Verfahren mit manuellem Filterwechsel, mit Doppelbestimmung zur Prüfung der Eignung von Automat TEOM-FDMS und HVS-Filter für Tagesmittelwerte

¹ Bezogen auf Tagesmittelwerte und einen Vertrauensbereich von 95 %

Zur aktuellen Information der Bevölkerung dienen Automaten vom Typ TEOM-FDMS². Dabei werden die Partikel auf einem Filter, der sich auf einem schwingenden kegelförmigen Element befindet, gesammelt (Abbildung 5). Die Veränderung der Schwingungsfrequenz durch die Zunahme der gesammelten Masse ist die Grundlage für die Ermittlung der PM₁₀-Konzentration. Die Messergebnisse sind sofort im Internet und im MDR-Videotext verfügbar. Es kann z. B. die gegenwärtige Belastungssituation auf Informationstafeln sichtbar gemacht werden. Die zeitliche Auflösung erleichtert die Ursachenanalyse, z. B. die Identifizierung des Einflusses von Straßenverkehr und Baustellen an Hand typischer Tagesgänge. Dieses Screeningverfahren hat jedoch eine erhöhte Messunsicherheit³.

Deutlich genauere Werte werden durch das Verfahren „HVS-Filter“ gewonnen. Dabei wird die Luft durch einen vorher im Labor konditionierten und gewogenen Filter geleitet. Die über einen Tag (0 - 24 Uhr) beladenen Filter werden in der Messstation in einem Magazin gesammelt und alle zwei Wochen ins Labor gebracht. Im Labor werden die Filter wiederum konditioniert und anschließend gewogen. Aus der Massendifferenz zwischen leerem und beladenem Filter (Abbildung 6) und dem angesaugten Volumenstrom der Außenluft wird die PM₁₀-Konzentration berechnet. Dieses Verfahren wird zur Beurteilung der Luftqualität vor allem an hoch belasteten Messorten genutzt, an denen Grenzwertüberschreitungen auftreten oder die Gefahr der Grenzwertüberschreitung besteht. Es hat aber den Nachteil, dass die Messergebnisse erst mit einer zeitlichen Verzögerung von einem Monat zur Verfügung stehen.

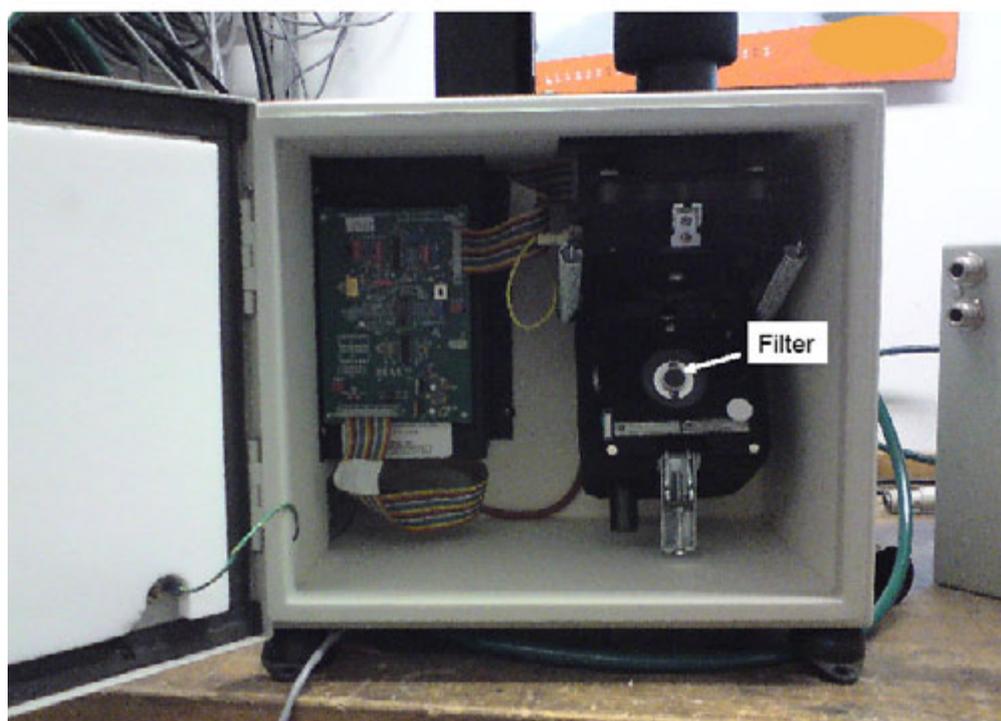


Abbildung 5: TEOM-Messkammer, zur Wartung geöffnet

Quelle: Müller (BfUL)

Das dritte Messverfahren (Filter mit zwei Kleinfltergeräten) ist ein manuelles Kontrollverfahren und extrem aufwändig. Zwei Messsysteme werden parallel betrieben (Abbildung 7). Die Filter werden alle zwei bis drei Tage beprobt und manuell gewechselt. Eine solche Prüfung wird über den Zeitraum von 12 Monaten an einem Messort durchgeführt und schließt somit alle Jahreszeiten ein. Es wird zur Ermittlung der erreichten Datenqualität von Automat TEOM-FDMS und HVS-Filter eingesetzt. Zur Messung von Feinstaub **PM_{2.5}** werden zwei Messverfahren eingesetzt (Tabelle 5). Ein Automatenverfahren wurde zwar

² TEOM = Oszillierende Mikrowaage (Tapered Element oscillating Microbalance), FDMS = Filter Dynamics Measurement System

³ Die Automaten werden auch als alleiniges Messverfahren an Orten eingesetzt, an denen es keine Gefahr für PM₁₀-Grenzwertverletzungen gibt. Dort werden in regelmäßigen Abständen Vergleichsmessungen zur Qualitätssicherung vorgenommen.

getestet, erreichte aber die geforderte Datenqualität nicht (LFULG 2010c). Deshalb werden mit dem Verfahren „HVS-Filter“ alle Werte erzeugt und in der Berichterstattung verwendet. Das Verfahren „Filter mit zwei Kleinfiltergeräten“ dient der Qualitätskontrolle.



Abbildung 6: Beladener PM₁₀-HVS-Filter von der Messstation Leipzig-Mitte
Quelle: Sorkalle (BfUL)

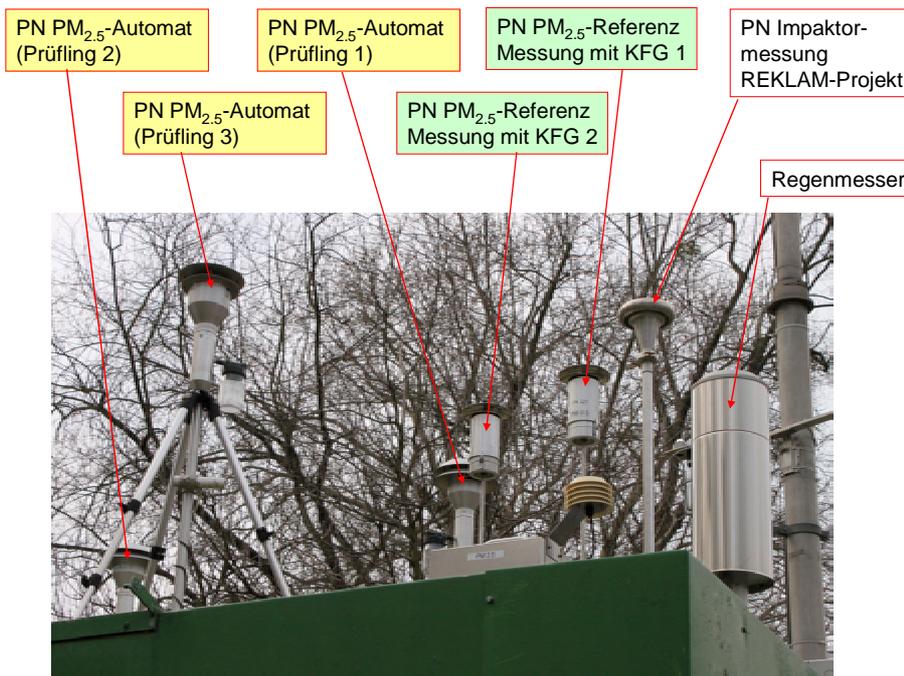


Abbildung 7: Ausgewählte Probenahmen (PN) der Luftmessstation Dresden-Winkelmannstraße
Quelle: Pausch (privat)

Tabelle 5: Messverfahren für Feinstaub PM_{2.5} im sächsischen Luftgütemessnetz

Messverfahren	Messunsicherheit *	Zeitliche Bereitstellung der Daten	Bemerkung
HVS-Filter	15 bis 20 %	Nach einem Monat verfügbar	Tagesmittelwerte zur Beurteilung der Luftqualität (Jahresbericht)
Filter mit zwei Kleinfltergeräten	Besser 3 %	Messung alle drei Tage, nach einem Monat verfügbar	Sehr aufwändiges Verfahren mit manuellem Filterwechsel, mit Doppelbestimmung zur Prüfung der Eignung von HVS-Filter für Tagesmittelwerte.

Die **ultrafeinen Partikel (UFP)** sind die kleinsten Partikel in Luft. In der städtischen Außenluft stammen diese Partikel vorwiegend aus Verbrennungsprozessen wie sie z. B. beim Kfz-Verkehr, an Heizungen und Industrieanlagen auftreten. Gesundheitliche Effekte sind bisher wenig untersucht.

In der gesetzlich geregelten Immissionsüberwachung für die Feinstaubmasse PM₁₀ oder PM_{2.5} werden ultrafeine Partikel nur ungenügend berücksichtigt, weil sie eine extrem geringe Masse besitzen. Deshalb führte die Umweltbehörde Sachsen die Bestimmung der Anzahl ultrafeiner Partikel in der Außenluft als ergänzende Sondermessung im Luftmessnetz ein. Die Konzentration ultrafeiner Partikel in der städtischen Außenluft kann so über Jahre hinweg beispielhaft dokumentiert werden. Es wird erwartet, dass durch Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie z. B. die Einführung von Partikelfiltern für Dieselfahrzeuge und Umweltzonen die Belastung mit ultrafeinen Partikeln im Stadtgebiet deutlich gemindert wird. Gleichzeitig sollen mit diesen Messungen Umweltdaten für epidemiologische Studien entstehen, wie sie von der EU gefordert werden.

Ultrafeine Partikel werden mit einem Partikelgrößen-Mobilitätsspektrometer TDMPs gemessen. Dabei werden Partikelgröße und Partikelanzahl bestimmt. Im Jahr 2001 begann diese Messung an der verkehrsnahen Luftmessstation Dresden-Nord. Acht Partikelgrößenklassen im Messbereich von 3 bis 800 nm werden als ½-h-Mittelwerte registriert und wie normale Luftschadstoffe in der Datenbank des Luftmessnetzes verwaltet. Im Dezember 2010 wurde im städtischen Hintergrund in Dresden-Winckelmannstraße eine zweite Langzeitmessung begonnen, die für die Mehrheit der Bevölkerung in der Stadt repräsentativ und deshalb für epidemiologische Studien besonders interessant ist.

Maßnahmen zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung der Messung ultrafeiner Partikel im Luftmessnetz wurden schrittweise in den letzten Jahren erprobt und eingeführt. Sie sind zwingend notwendig, um örtlich und zeitlich vergleichbare Daten zu gewinnen. Alle Aktivitäten erfolgen in enger Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. Leipzig. Weitere Entwicklungsarbeit ist erforderlich, um das Ziel „qualitätsgesicherte Routinemessung“ zu erreichen.

Die Messung der Anzahl ultrafeiner Partikel in Ergänzung zur Feinstaubmasse PM₁₀ und PM_{2.5} eröffnet neue Möglichkeiten, die Luftqualität zukünftig besser beurteilen zu können.

Der Luftschadstoff **NO₂** wird mit dem automatischen Chemilumineszenzverfahren bestimmt. In der Außenluft liegen die Stickoxide NO und NO₂ (zusammen: NO_x) in einem Verhältnis vor, das von der Höhe der Belastung abhängig ist. Die Konzentration von NO wird dadurch bestimmt, dass NO mit Hilfe von Ozon zunächst zu NO₂ oxidiert wird. Dabei werden die Moleküle in einen höheren Energiezustand gebracht, aus dem sie unter Aussendung von Licht wieder auf einen niedrigeren zurückkehren. Das Licht wird von einer Fozelle registriert und dient als Maß für die NO-Konzentration. Für die Bestimmung der NO_x-Konzentration werden zunächst alle Moleküle in einem Konverter zu NO umgewandelt. Dessen Konzentration wird wie oben beschrieben bestimmt. Aus der Differenz zwischen NO_x- und NO-Konzentration kann die NO₂-Konzentration berechnet werden.

2.4 Entwicklung der Luftqualität bei Partikeln und NO₂

Die Ausbreitung partikelförmiger Luftschadstoffe wie PM₁₀ wird stärker als bei gasförmigen Schadstoffen durch die meteorologischen Bedingungen (z. B. Ausbildung von Inversionsschichten, Niederschläge, Wind) beeinflusst. Bei der Interpretation der Entwicklung der PM₁₀-Konzentrationen ist das zu berücksichtigen.

Der Grenzwert für das **PM₁₀-Jahresmittel** wird sicher eingehalten. Die Entwicklung zeigt aber bisher keinen eindeutigen Trend (Abbildung 8). Lediglich an den verkehrsnahen Stellen ist ein ganz leichter Rückgang zu verzeichnen, der aber auch durch den

Rückgang der Kfz-Zahlen an einigen Messstationen verursacht sein kann (z. B. Abbildung 14). Die Anzahl der Überschreitungen des **PM₁₀-Tagesgrenzwertes** zeigt, dass zu hohe Belastungen in Leipzig andauernd, in Dresden und Görlitz wiederholt und in weiteren Städten vereinzelt auftraten. In Sachsen gibt es eine Zunahme der PM₁₀-Konzentrationen im regionalen (nicht durch lokale Quellen beeinflussten) Hintergrund von West nach Ost. Dies ist durch die Nähe zu den Industriegebieten in Polen und der Tschechischen Republik bedingt. Abbildung 10 zeigt die PM₁₀-Flächenbelastung in Sachsen (regionaler plus städtischer Hintergrund). Auch von Süd nach Nord nimmt die PM₁₀-Flächenbelastung nach dem Erzgebirgsraum zu. Die Strömung grenzüberschreitender Luftschadstoffbelastungen aus Südost wird dort durch den Erzgebirgskamm beeinflusst. Dies wird insbesondere in Abbildung 40 deutlich. Auch führt die niedrige Bevölkerungsdichte zu einer geringeren Zusatzbelastung.

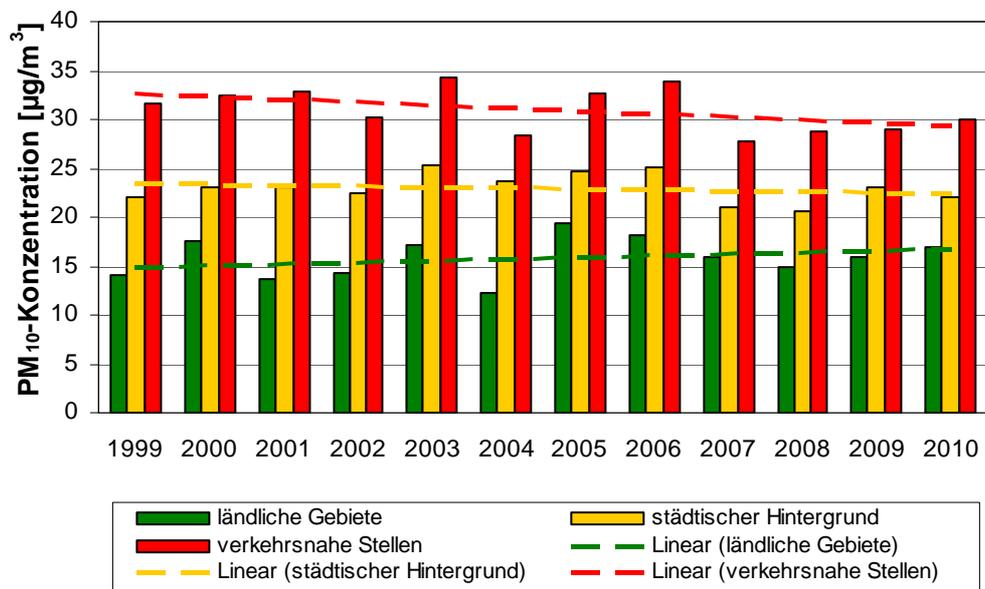


Abbildung 8: Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte 1999-2010

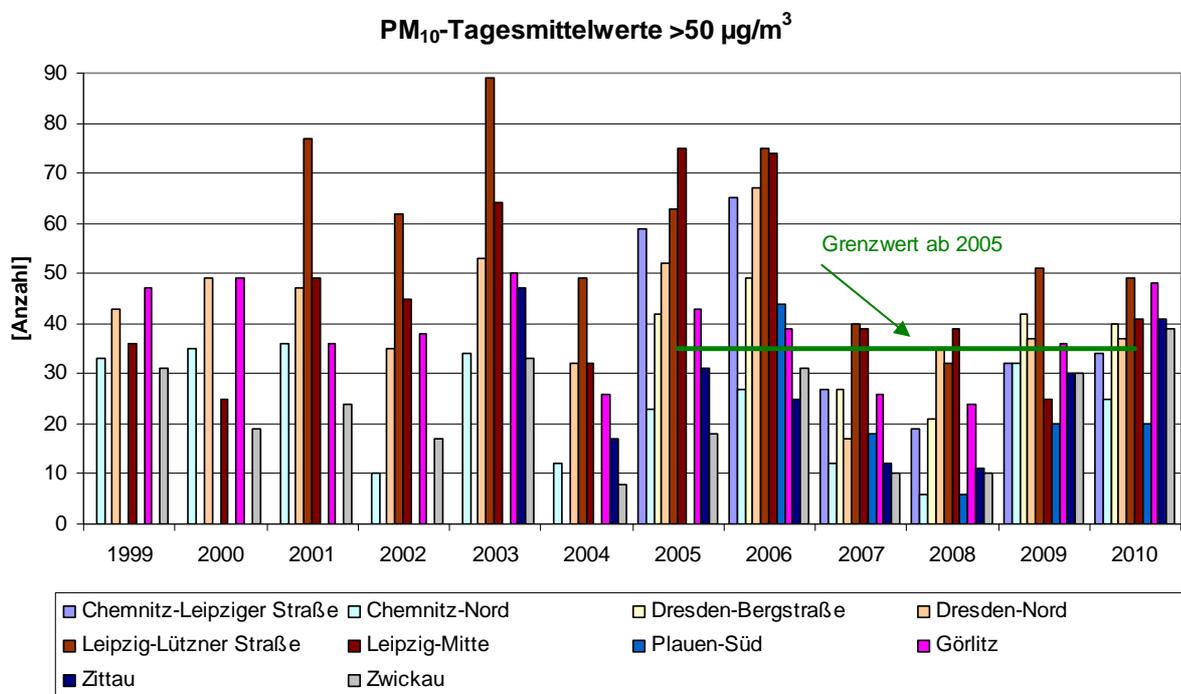


Abbildung 9: Messstationen mit Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes

(Messstation Zwickau bis 2007: Dr.-Friedrichs-Ring, ab 2008: Werdauer Str.)

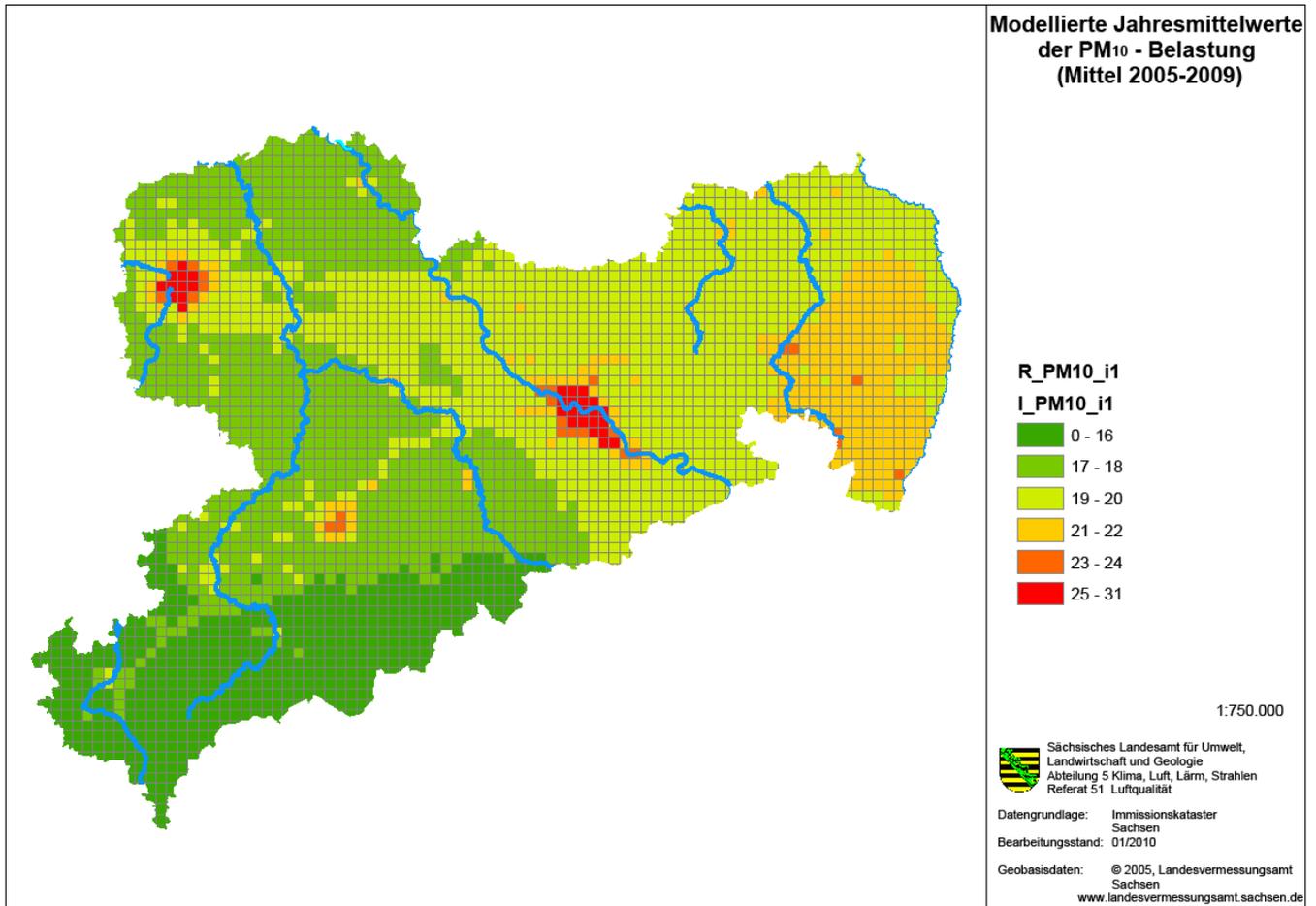


Abbildung 10: PM₁₀-Flächenbelastung in Sachsen

Im Winterhalbjahr wirken sich neben den erhöhten Emissionen aus der Raumheizung und durch verlängerte Kaltstartphasen der Kfz auch die oft schlechten Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe (windschwache Hochdruckwetterlagen, Bildung von Inversionsschichten, wenig Regen) negativ auf die PM₁₀-Belastung aus. Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes werden deshalb überwiegend in diesem Zeitraum festgestellt (Abbildung 11).

PM₁₀-Tagesgrenzwertüberschreitungen in Leipzig-Lützner Str.

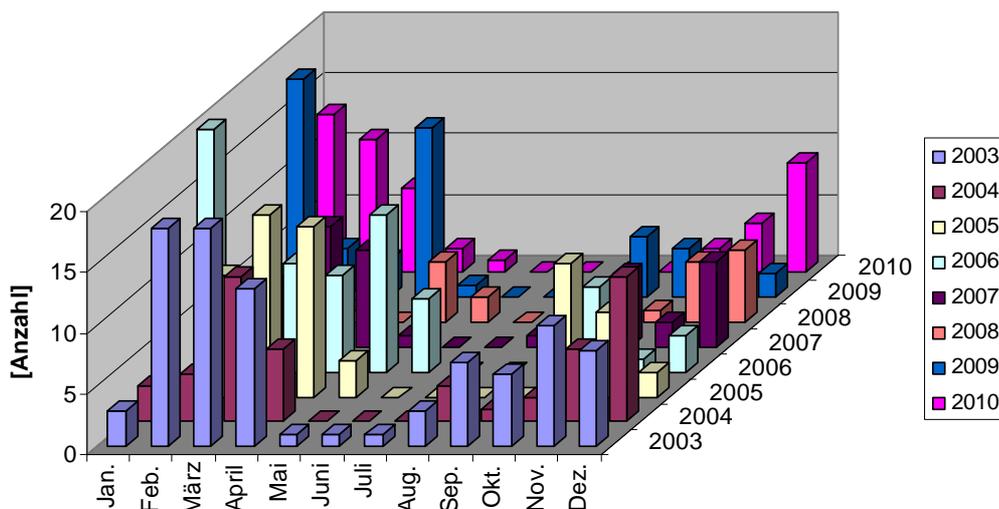


Abbildung 11: Zeitliche Verteilung der PM₁₀-Tagesgrenzwertüberschreitungen

Die bisher bestimmten **PM_{2,5}-Jahresmittelwerte** zeigen keine Gefahr für eine Überschreitung des ab 2015 einzuhaltenden Grenzwertes (Abbildung 12). Auch die Konzentrationen an der für die Bestimmung der durchschnittlichen Belastung relevanten Station im städtischen Hintergrund (Dresden-Winckelmannstraße) liegen unter dem ab 2015 einzuhaltenden Grenzwert. Die bis 2020 zu erreichenden Reduktionen wurden vom Umweltbundesamt festgelegt (Tabelle 1). Einschätzungen über ggf. erforderliche Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität können heute noch nicht gegeben werden.

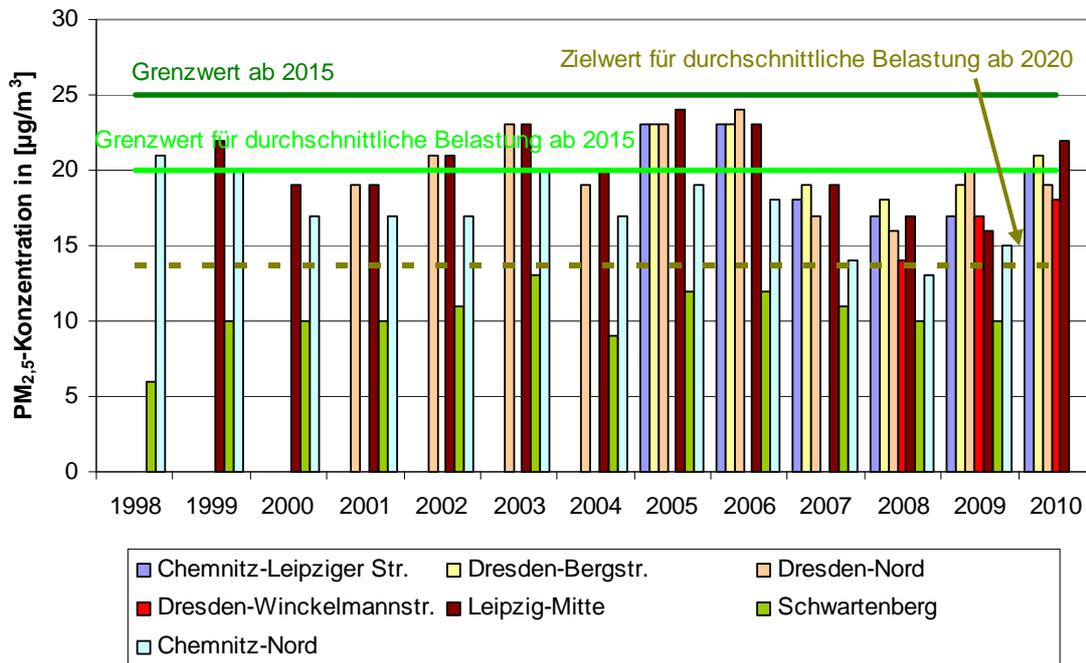


Abbildung 12: Entwicklung der PM_{2,5}-Jahresmittelwerte 1998-2010

Die Entwicklung der **Partikelanzahl in den einzelnen Größenklassen** ist ein wesentlich empfindlicherer Parameter als die konventionellen Luftschadstoffe (Abbildung 13), wenn Veränderungen bei der Beeinflussung der Luftqualität durch den Straßenverkehr nachgewiesen werden sollen (LÖSCHAU et al. 2011). Beispielsweise ist der zunehmende Anteil von Diesel-Kfz ohne Partikelfilter im Zeitraum 2004 bis 2006 an der Zunahme der Partikelgrößenklasse 70 bis 100 nm erkennbar. Auch die später einsetzende Zunahme von Fahrzeugen mit Partikelfiltern (Abbildung 13) und die Abnahme der Verkehrsbelastung in der Nähe der Messstation (Abbildung 14) sind hier besser erkennbar. Die mittlere Reduzierung der Anzahl ultrafeiner Partikel erfolgte in den letzten 10 Jahren schneller als die von Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5} (Abbildung 15). Es werden die Änderungen der Mittelwerte über jeweils drei Jahre gegenüber dem Basiszeitraum 2001 bis 2003 verglichen.

Änderung gegenüber dem Basisniveau von 2001 bis 2003

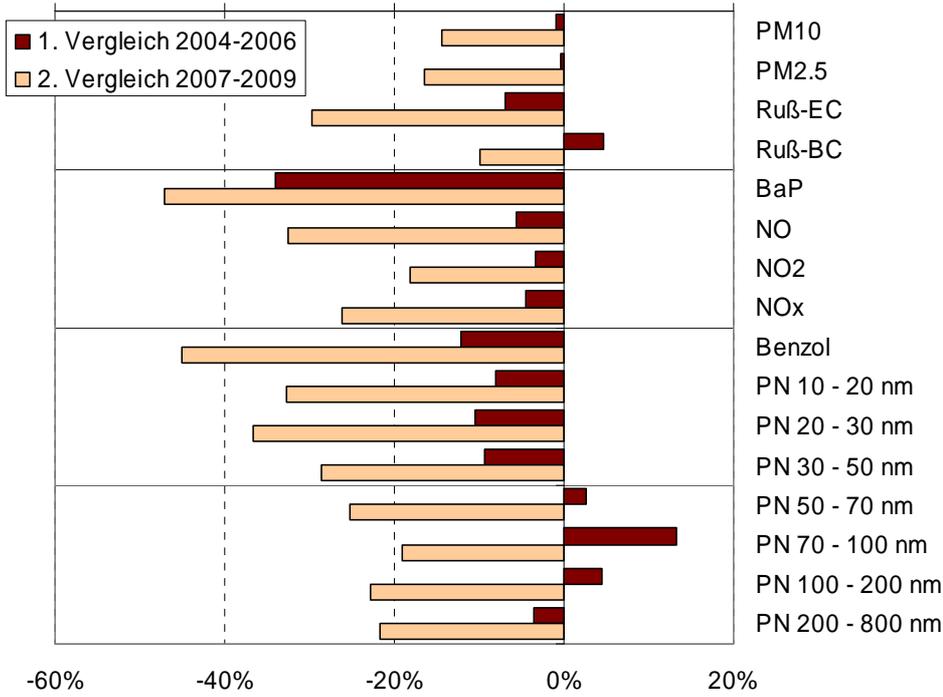


Abbildung 13: Tendenzen der Anzahl ultrafeiner Partikel im Vergleich zu konventionellen Luftschadstoffen an der verkehrsbezogenen Station Dresden-Nord

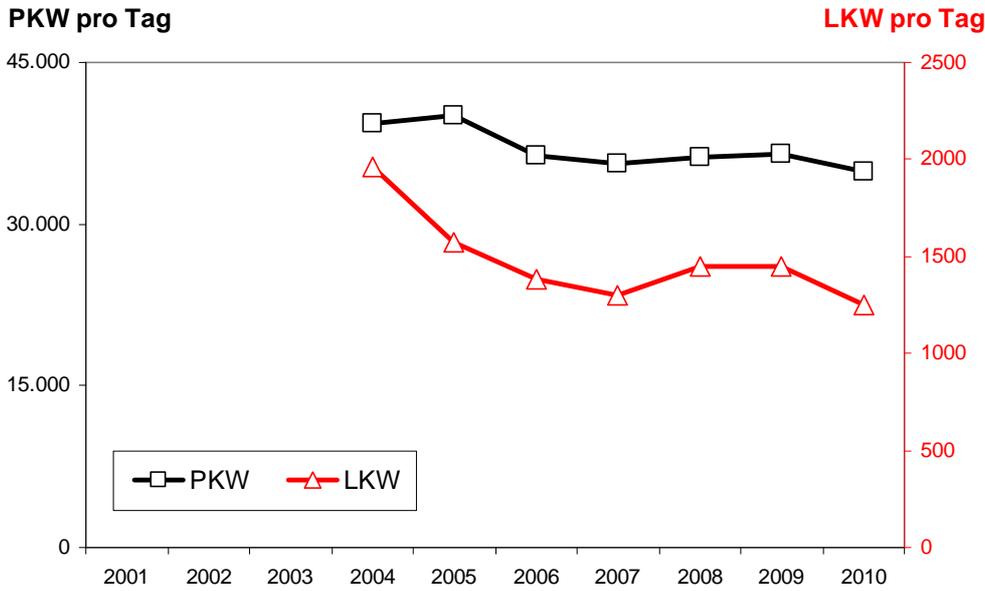


Abbildung 14: Tagesmittelwerte der Kfz-Zahlen in der Nähe der Messstation Dresden-Nord

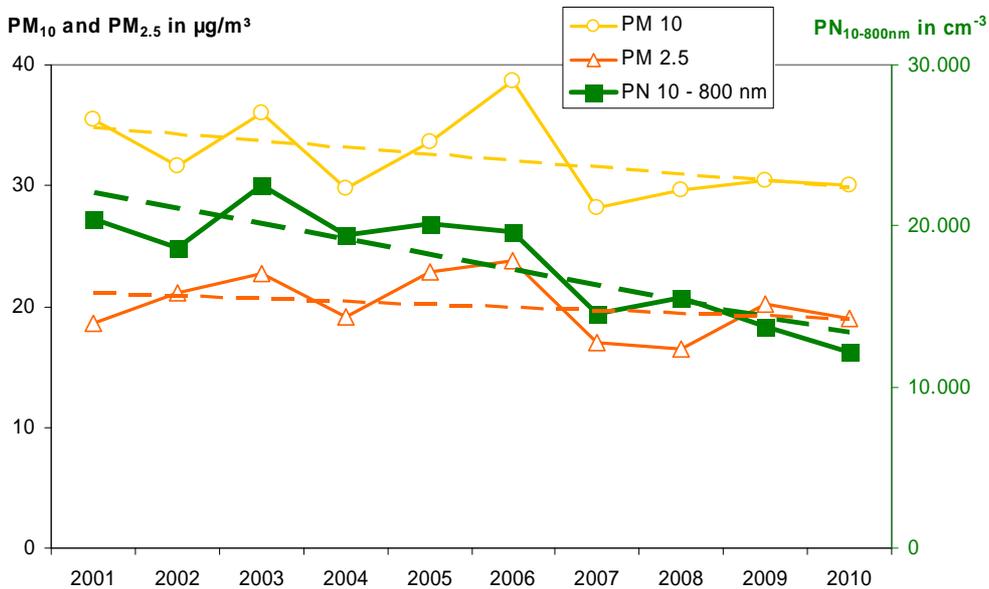


Abbildung 15: Trend der Jahresmittelwerte für die Anzahl ultrafeiner Partikel im Vergleich zu Feinstaub PM₁₀ und PM_{2.5} an der verkehrsbezogenen Messstation Dresden-Nord

Die **NO₂-Jahresmittelwerte** zeigen im Zeitraum 1995-2009 einen abnehmenden Trend (Nachweis durch Mann-Kendall-Test, Regressionsanalyse; DIEGMANN et al. 2011; Abbildung 16). Die Trendgerade der im gesamten Zeitraum messenden Verkehrsstationen hat eine Steigung von -0.5 (µg/m³)/Jahr.

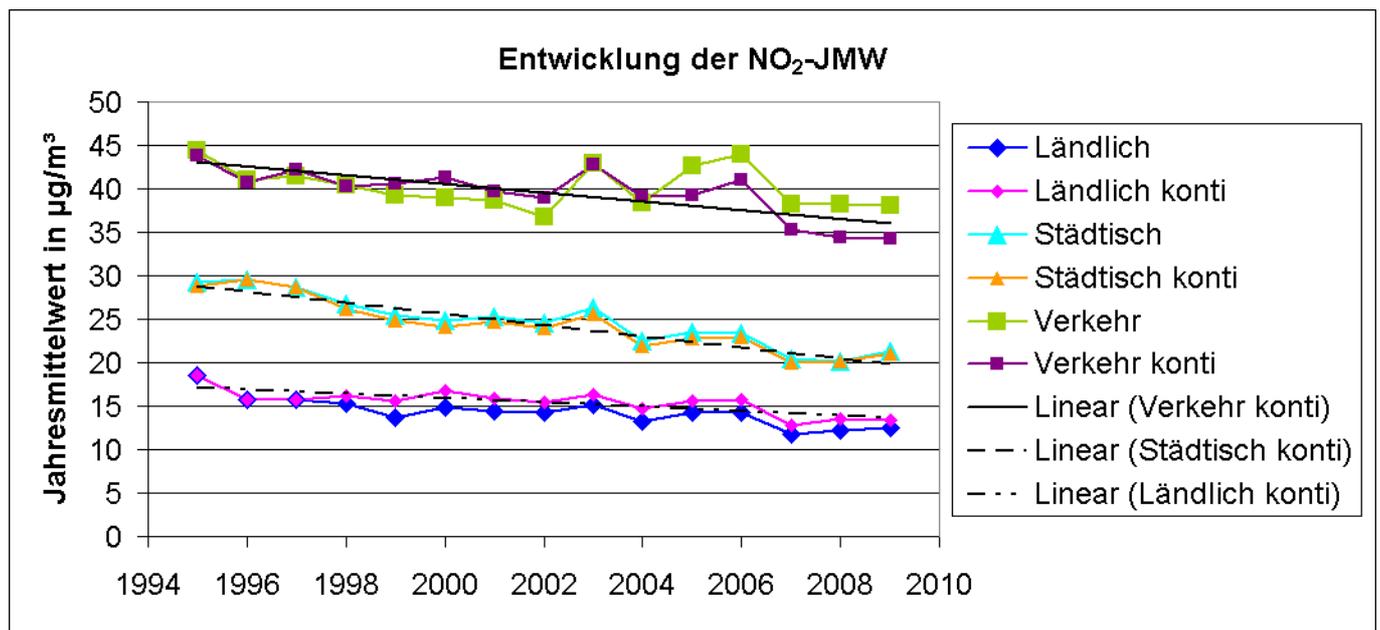


Abbildung 16: Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte für verschiedene Stationstypen in Sachsen 1995–2009

Quelle: DIEGMANN et al. (2011), konti = über den gesamten Zeitraum messende Stationen

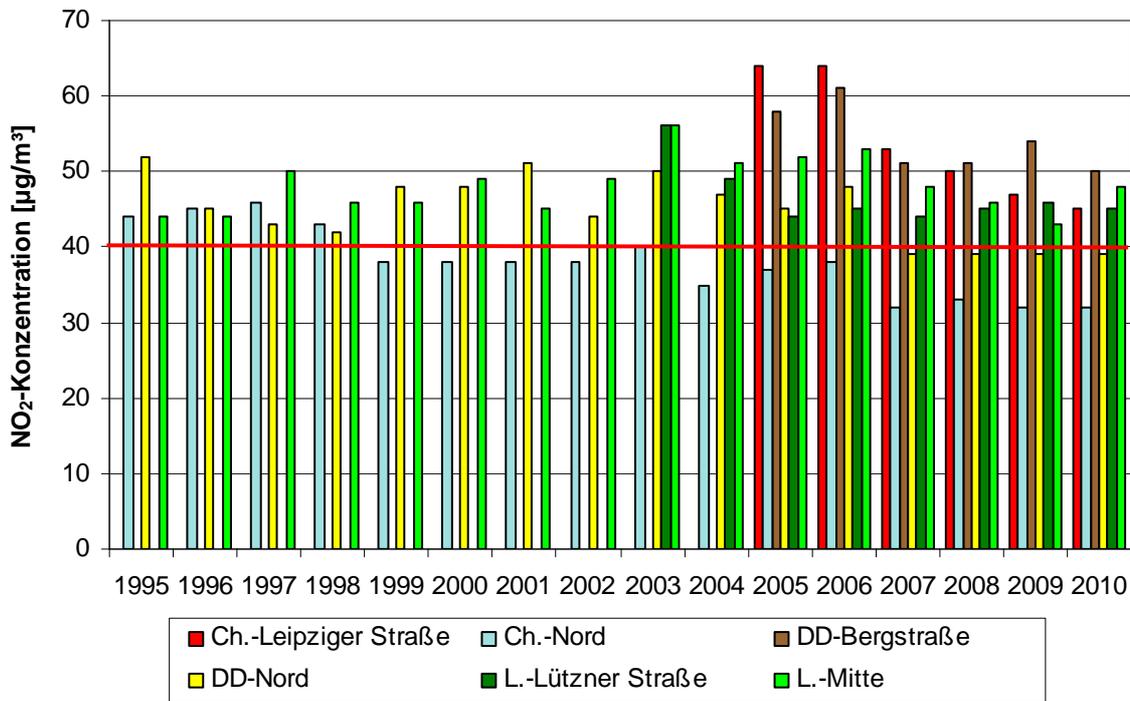


Abbildung 17: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration an stark belasteten Messstellen von 1995 bis 2010

An hoch belasteten Straßenabschnitten in Dresden, Leipzig und Chemnitz wurde der ab 2010 geltende Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel nicht eingehalten (Abbildung 17). In Dresden und Leipzig reicht die zu erwartende Erneuerung der Kfz-Flotte zur notwendigen Emissionsminderung auch bis zur verlängerten Frist 2015 nicht aus. In den fortgeschriebenen Luftreinhalteplänen sind deshalb weitere Maßnahmen festgelegt worden. In Chemnitz-Leipziger Straße war – auch in Folge der gesunkenen Verkehrszahlen und des Abrisses von Gebäuden – ein größerer Rückgang zu verzeichnen. Für alle drei Städte sind Notifizierungsanträge für die Fristverlängerung gestellt worden.

Ein Vergleich mit bundesweiten Trends zeigt eine gute Übereinstimmung der Entwicklungen an den sächsischen und bundesweiten Messstationen (DIEGMANN et al. 2011; Abbildung 18).

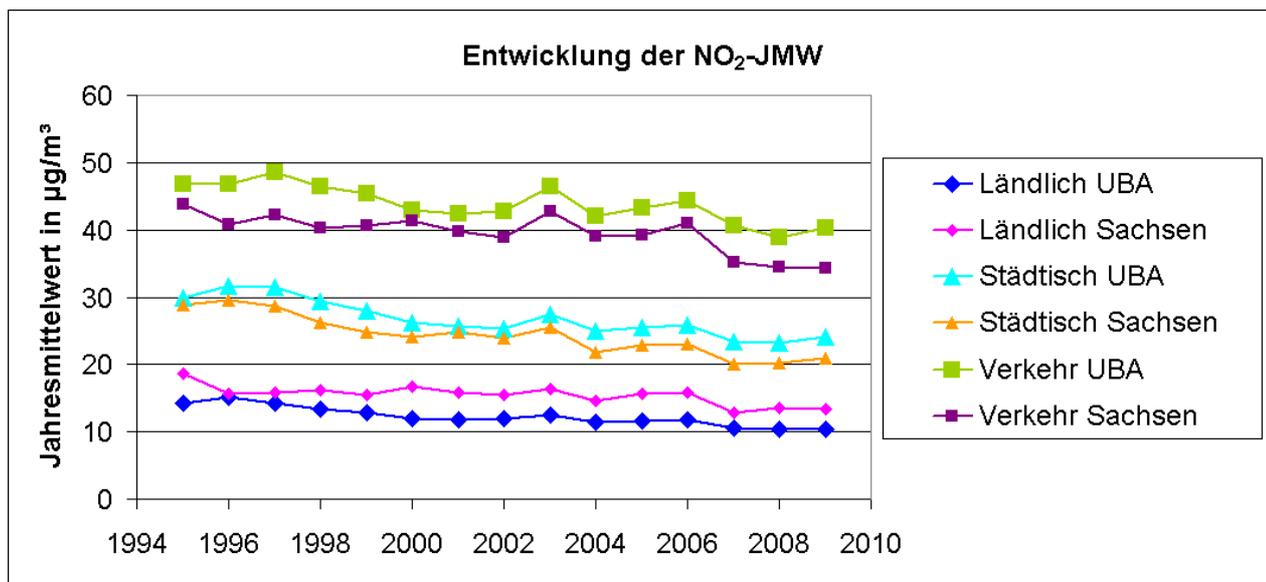


Abbildung 18: Vergleich der Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte für verschiedene Stationstypen in Sachsen und Deutschland (UBA-Datensatz)

Quelle: DIEGMANN et al. (2011)

Der Grenzwert für das **NO₂-Stundenmittel** wurde im gesamten sächsischen Messnetz lediglich an den stark belasteten, verkehrsnahen Messstellen bisher höchstens viermal überschritten⁴. Das betraf die Stationen Chemnitz-Leipziger Str. und Dresden-Bergstr. 2009 je viermal, Dresden-Bergstr. 2010 zweimal und Chemnitz-Leipziger Str. 2007 einmal.

2.5 Modellierung und Prognose der Luftqualität

Zusätzlich zur Messung der Luftqualität werden Modellrechnungen durchgeführt, um die flächenhafte Luftbelastung einzuschätzen. Weiterhin dient die Modellierung der Prognose der zukünftigen Belastungssituation sowie der Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität. Für die Modellierung werden nur Messstationen verwendet, die für ein größeres Gebiet repräsentativ sind (städtischer und ländlicher Hintergrund). Die Modellierung erfolgt in vier Schritten:

- Als erstes wird die Hintergrundbelastung für Sachsen und der näheren Umgebung ohne Berücksichtigung des sächsischen Schadstoffausstoßes berechnet.
- Im zweiten Schritt berechnet man unter Berücksichtigung der sächsischen Schadstoffquellen, der meteorologischen Bedingungen, der Landnutzung und des Höhenprofils die Zusatzbelastung durch lokale und grenznahe Quellen. Die Summe der beiden Schritte ergibt die mittlere Flächenbelastung für Sachsen in einem 2,5 x 2,5 km-Raster.
- Weil dieses Raster für Stadtgebiete zu grob ist, wird für die Modellierung in Städten der zweite Schritt in einem 1 x 1 km-Raster für das Stadtgebiet und dessen Umland wiederholt.
- Im letzten Schritt wird die Zusatz- und Gesamtbelastung in den einzelnen Straßen berechnet. Dazu werden neben den Verkehrszahlen die Straßenrandbebauung, das Fahrverhalten, die Straßengeometrie und noch einmal die meteorologischen Bedingungen in der Straße berücksichtigt.

Das oben kurz beschriebene Verfahren entspricht dem Stand der Technik. Die Güte der Modellierung kann durch Vergleich der errechneten mit der an den Luftmessstationen ermittelten Luftbelastung eingeschätzt werden.

Die in den sächsischen Luftreinhalteplänen enthaltenen Karten zeigen die berechnete Luftbelastung in der betroffenen Stadt für die jeweiligen Analyse- und Prognosejahre (Gesamtbelastung und Zusatzbelastung durch den lokalen Straßenverkehr, bewohnte Straßenabschnitte mit Grenzwertüberschreitungen).

Welche Immissionssituation zukünftig zu erwarten ist, wird über Modellrechnungen ermittelt. Weiterhin kann so die Wirksamkeit von Luftreinhaltemaßnahmen bewertet werden. Ergebnis der Modellierung ist immer ein Jahresmittelwert.

Bei NO₂ kann der berechnete Jahresmittelwert direkt mit dem Grenzwert verglichen werden. Bei PM₁₀ ist die Einhaltung des Tagesgrenzwertes die kritischere Größe. Hierbei wird der statistische Zusammenhang zwischen der Anzahl der Überschreitungstage und dem Jahresmittelwert genutzt (Abbildung 19). Bei PM₁₀-Jahresmittelwerten <30 µg/m³ kann eine Grenzwertüberschreitung bei den Tagesmittelwerten mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

⁴ 18 Überschreitungen pro Station und Jahr sind zulässig.

Anzahl der Tage > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10}

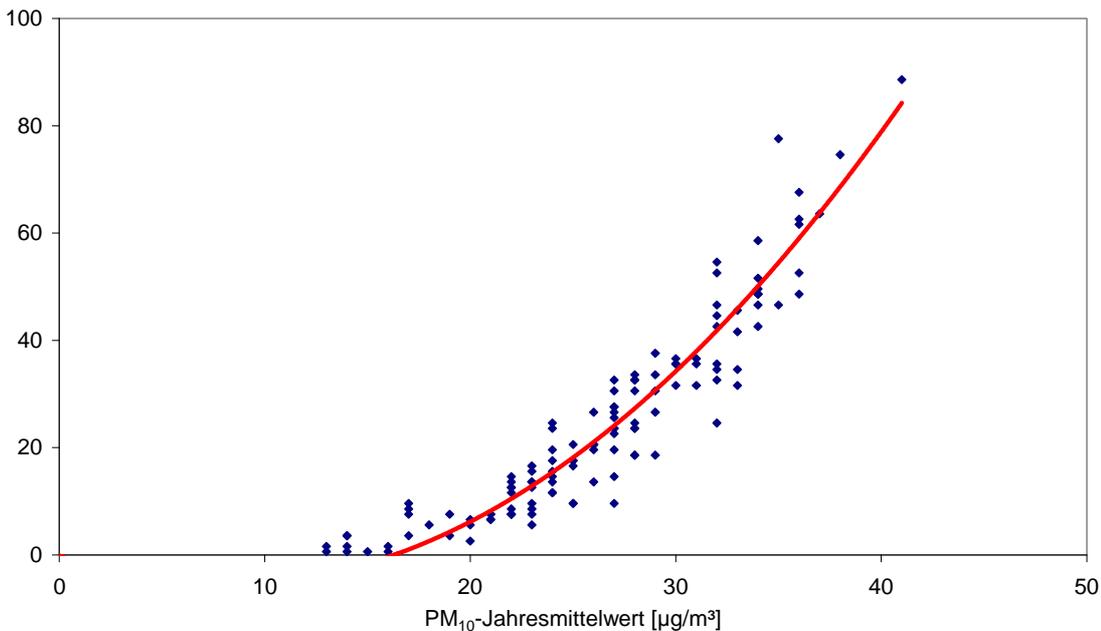


Abbildung 19: Jahresmittelwerte und Überschreitungstage für PM_{10} in Sachsen

2.6 Hauptverursacher für PM_{10} - und NO_2 -Grenzwertüberschreitungen

Die wichtigste anthropogene Quelle für die Emission von PM_{10} in Sachsen ist der (Straßen)Verkehr. (Der Straßenverkehr ist bei allen Schadstoffen zu mehr als 95 % an der Emission des gesamten Verkehrsbereichs beteiligt.) Danach folgen Landwirtschaft, erklärungspflichtige Anlagen und Hausbrand (Abbildung 20). Die Verkehrsemissionen beinhalten sowohl die bei der Verbrennung der Kraftstoffe als auch die durch Abrieb von Reifen, Fahrbahnbelag, Bremsen und Kupplung entstehenden und die Aufwirblung. PM_{10} wird auch aus gasförmigen Vorläufersubstanzen (Ammoniak, Stickoxiden, Schwefeldioxid, flüchtigen Kohlenwasserstoffen (ohne Methan) in der Luft gebildet. PM_{10} kann in der Luft über größere Entfernungen (mehrere hundert Kilometer) transportiert werden. Natürliche PM_{10} -Beiträge sind z. B. Seesalz, Vulkanasche, zerriebenes organisches Material wie Blätter und Saharastaub.

Die größten anthropogenen NO_x -Quellen in Sachsen sind die Großfeuerungsanlagen (GFA) und der Straßenverkehr (Abbildung 20). Natürliche Beiträge zur NO_x -Belastung liefern z. B. Gewitter, Waldbrände und Vulkanausbrüche.

Die Höhe der Emission über der Bodenoberfläche bestimmt, inwieweit die emittierten Schadstoffe die Luftqualität (Immissionssituation) in der näheren Umgebung beeinflussen können. Beispielsweise werden die Emissionen der beiden größten sächsischen GFA nicht direkt in Sachsen wirksam (HINNEBURG et al. 2005). Dagegen sind der Hausbrand und insbesondere der Straßenverkehr bodennahe Quellen mit unmittelbarem Einfluss auf die Luftqualität in Einatemhöhe der Menschen. Die differenzierte Verursachermanalyse der Immissionssituation ist Bestandteil aller sächsischen Luftreinhaltepläne. Sie ergab, dass die PM_{10} -Belastung in den Städten erheblich von Quellen außerhalb beeinflusst wird, wobei aber PM_{10} -Grenzwertüberschreitungen meist nur an hoch belasteten Straßen auftreten. Dem gegenüber ist bei NO_x bzw. NO_2 der Straßenverkehr in der unmittelbaren Nähe entscheidend. In Abbildung 21 und Abbildung 22 sind Beispiele für den aktuellen Luftreinhalteplan Leipzig dargestellt.

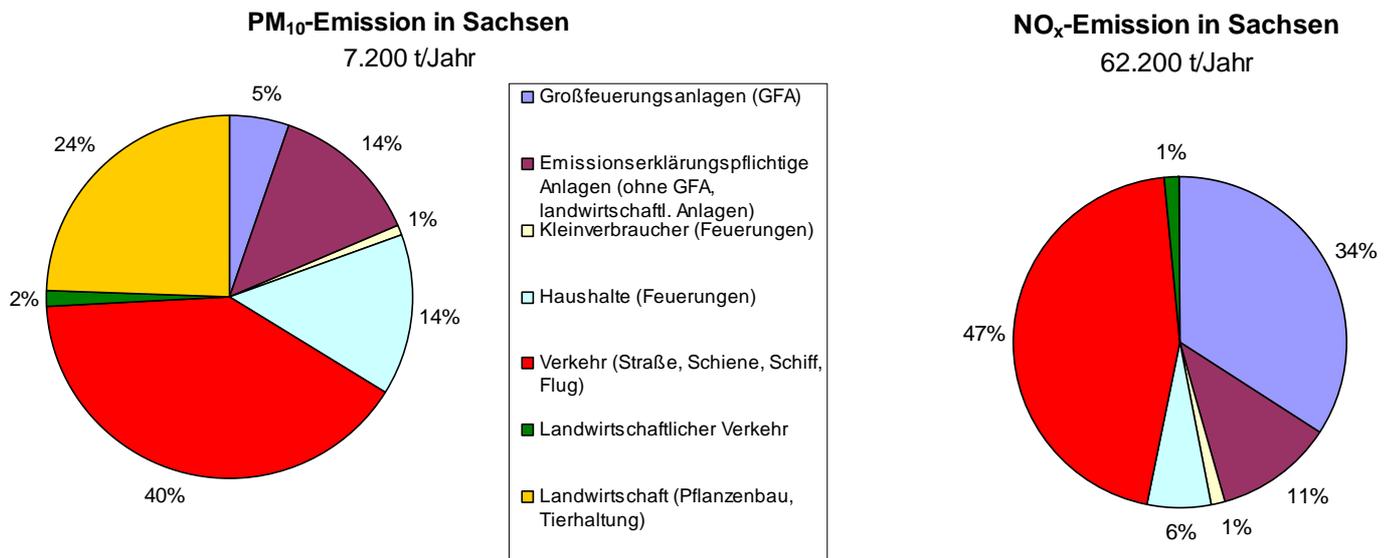


Abbildung 20: Quellen für die PM₁₀-und die NO_x-Emission in Sachsen 2008

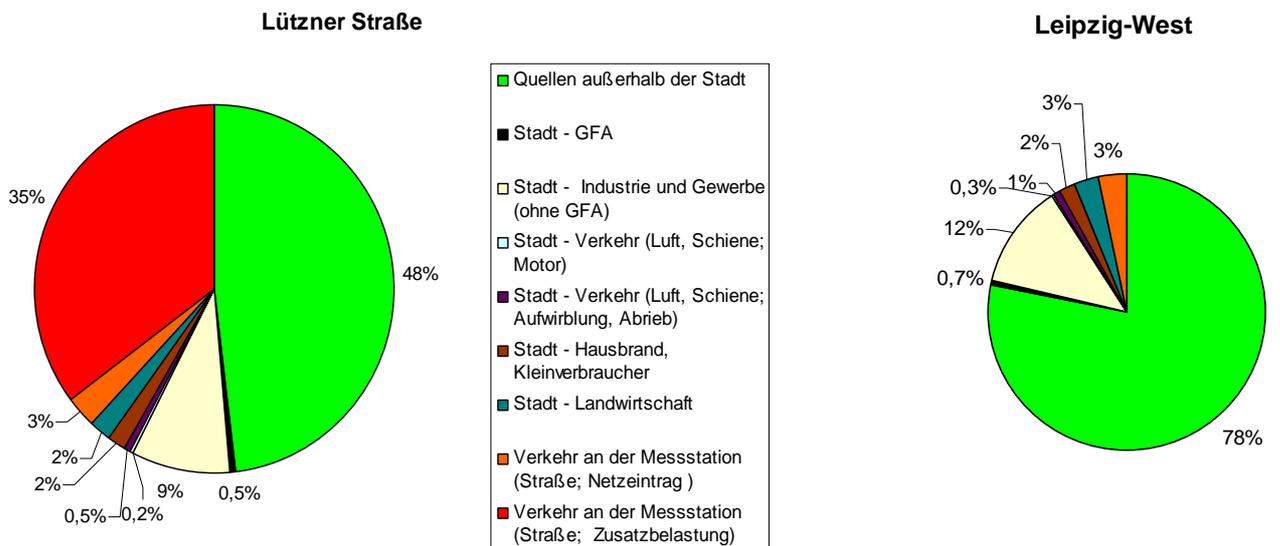


Abbildung 21: Differenzierte Verursacheranteile für die PM₁₀-Belastung, Beispiele für eine hoch belastete Straßenschlucht (Leipzig-Lützner Str.) und den städtischen Hintergrund (Leipzig-West) 2004-2008

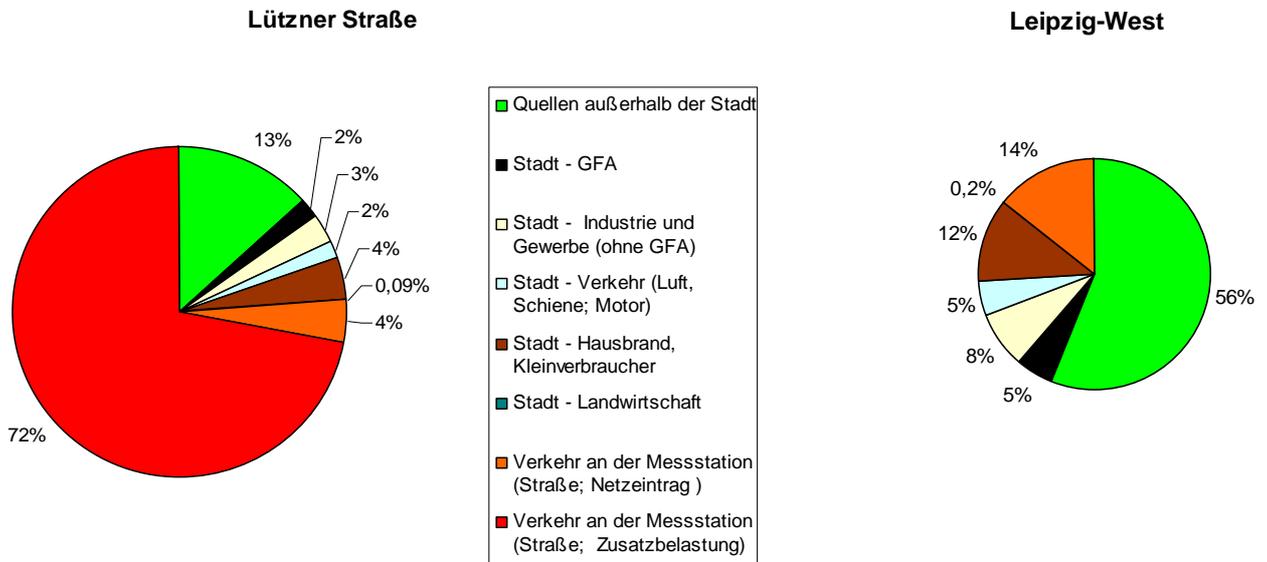


Abbildung 22: Differenzierte Verursacheranteile für die NO_x-Belastung, Beispiele für eine hoch belastete Straßenschlucht (Leipzig-Lützner Str.) und den städtischen Hintergrund (Leipzig-West) 2004-2008

Einfluss des Ferneintrags von Luftbelastungen auf die Luftqualität in Sachsen

Die Wirkung des überregionalen Eintrages belasteter Luft nach Sachsen (Ferneintrag) auf die **PM₁₀-Konzentrationen** lässt sich in Abbildung 23 gut erkennen: Episoden mit hohen Konzentrationen sind dann auch im ländlichen Hintergrund (ohne lokale Quellen) zu beobachten. Die höchsten Konzentrationen treten bei östlichen Windrichtungen auf (Abbildung 24). Deshalb ist Ostsachsen stärker betroffen, der Einfluss des Ferneintrags aber bis nach Westsachsen nachweisbar. Der Anteil des Ferneintrags an den Tagen mit PM₁₀-Tagesgrenzwertüberschreitungen liegt zwischen ca. 20 - 70 % (große Schwankungen zwischen den Jahren und Stationen; (Tabelle 6). Grenzwertüberschreitungen, d. h. mehr als 35 Tage mit PM₁₀-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³, treten aber mit Ausnahme von Zittau (dort besondere orografische Bedingungen) nur an Stationen mit hoher Belastung durch den Straßenverkehr auf. Obwohl der Ferneintrag einen relevanten Anteil hat, haben Untersuchungen für Deutschland gezeigt, dass Grenzwertüberschreitungen im o. g. Sinn ohne den Einfluss lokaler und regionaler Quellen nicht erklärbar sind (BIRMLI & ENGLER 2011).

PM₁₀-Tagesmittelwerte 01.01. - 07.03.2011

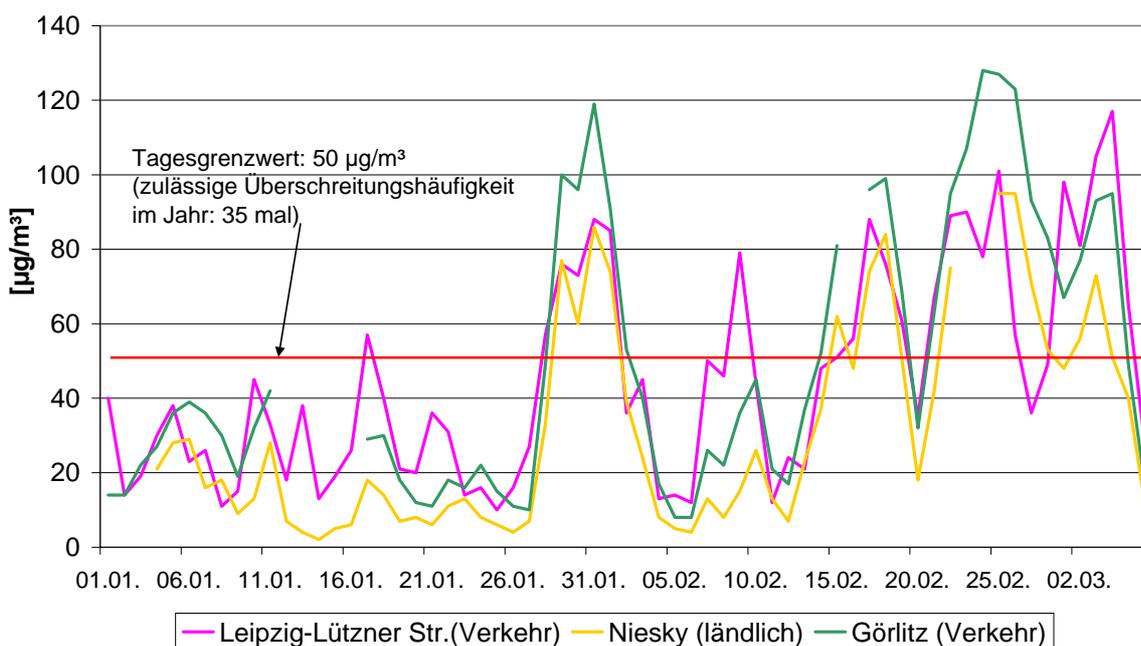


Abbildung 23: Beispiel für Ferneintragseinfluss auf die PM₁₀-Konzentration in Sachsen

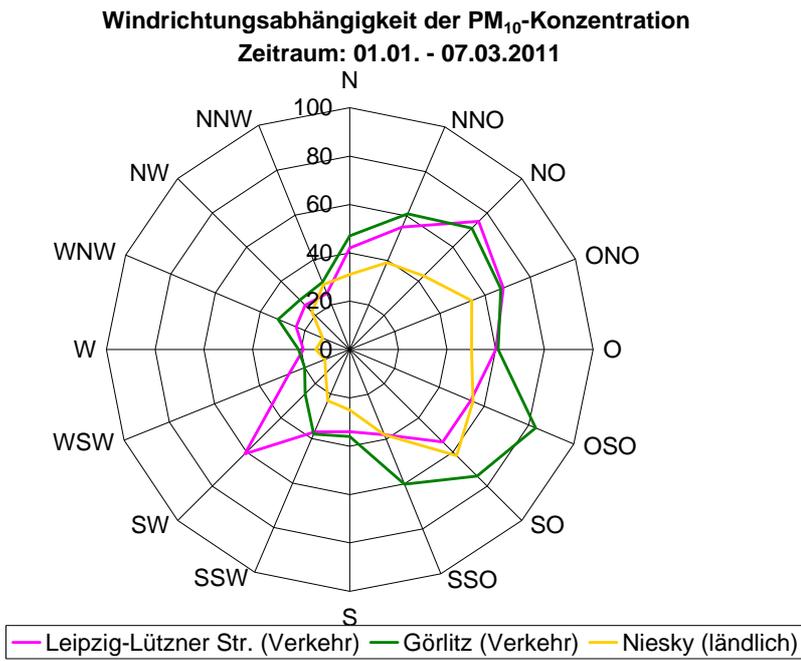


Abbildung 24: Beispiel für die Windrichtungsabhängigkeit der PM₁₀-Konzentration

Tabelle 6: Prozentualer Anteil der PM₁₀-Überschreitungstage mit überwiegendem Ferneintrag (Datengrundlage: TEOM-Messwerte)

Stationen	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chemnitz Leipziger Str.	24	74	64	50	43	48
Chemnitz Nord	39	78	63	18	34	47*
Dresden Bergstraße	-	55	63	18	45	69
Dresden Nord	24	25	44	9	33	73
Görlitz	38	33	22	29	62	68
Leipzig Lützner Str.	42	34	40	17	16	48
Leipzig Mitte	0	19	31	10	10	24*
Plauen-üd	0	41	40	60	30	58
Zwickau	45	61	50	57	19	54

* Messungen mit langen Ausfallzeiten (Chemnitz-Nord im Januar, Leipzig-Mitte Januar-März)

Quelle: WOLF et al. 2011

NO₂ wird durch Ferneintrag dagegen kaum beeinflusst. Weil der Straßenverkehr die Hauptquelle für die Luftbelastung ist, weisen stark durch Straßenverkehr belastete Stationen immer höhere Konzentrationen auf als die ländlichen Stationen. Die Abstufung der Belastung von ländlich über städtischer Hintergrund zu städtisch/Verkehr ist sehr deutlich (Abbildung 25). Bei östlichen Windrichtungen werden nur geringfügig höhere Schadstoffkonzentrationen festgestellt (Abbildung 26).

NO₂-Tagesmittelwerte 01.01. - 07.03.2011

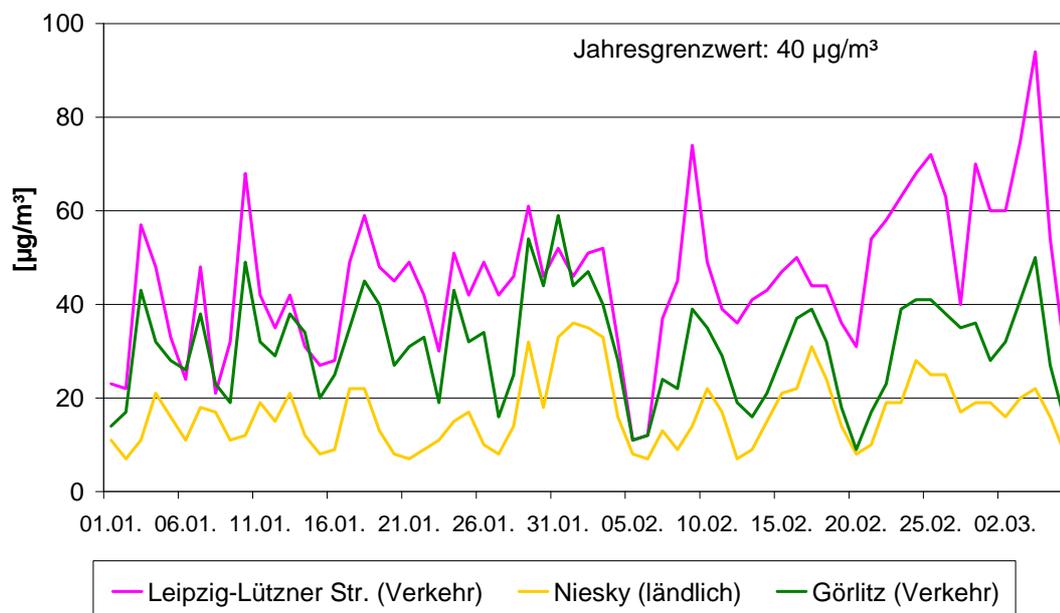


Abbildung 25: Beispiel für den geringen Einfluss des Ferneintrags auf die NO₂-Konzentration

Windrichtungsabhängigkeit der NO₂-Konzentration

Zeitraum: 01.01. - 07.03.2011

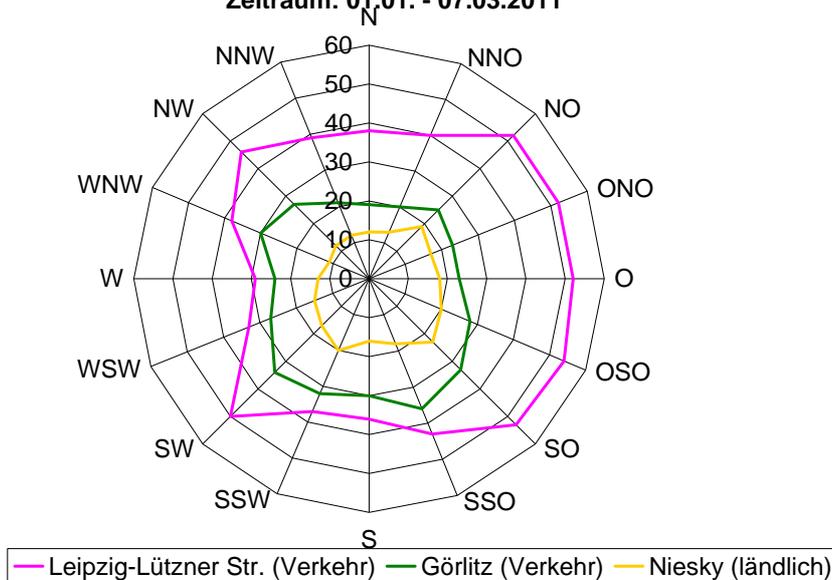


Abbildung 26: Beispiel für die geringe Windrichtungsabhängigkeit der NO₂-Konzentration

Einfluss lokaler Einzelereignisse

Neben den o. g. Quellen für Luftbelastungen wirken sich auch einzelne lokal begrenzte Aktivitäten in der Umgebung der Messstation negativ auf die Luftqualität - insbesondere auf die PM₁₀-Belastung - aus. Das sind z. B.

- Silvesterfeuerwerk
- Brauchtumsfeuer wie am 30.04. eines jeden Jahres
- Bau- und Abbrucharbeiten
- Großveranstaltungen

Beispiele sind in den sächsischen Luftreinhalteplänen dokumentiert. Werden durch solche Einzelereignisse Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes verursacht, dürfen diese Tage **nicht** von der Gesamtzahl der Überschreitungstage abgezogen werden. Dies ist nur bei Überschreitungstagen infolge natürlicher Quellen oder Winterdienst zulässig. Solche Einflüsse waren für Sachsen aber bisher kaum nachweisbar.

3 Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität

3.1 Übersicht über mögliche Maßnahmen

Die Maßnahmen in Luftreinhalteplänen müssen den Grundsätzen von **Verursachergerechtigkeit** und **Verhältnismäßigkeit** entsprechen. Die sorgfältige, auf die **lokalen Verhältnisse** eingehende Ursachenanalyse und Maßnahmeplanung sind deshalb erforderlich. Aussagen zur Wirksamkeit einer Maßnahme können nicht ohne weiteres von einem Luftreinhalteplan auf den anderen übertragen werden.

Im Folgenden werden die Maßnahmenbereiche kurz beschrieben, mit denen die lokal zuständigen Behörden arbeiten können. Maßnahmen auf nationaler und EU-Ebene kämen hinzu. In Kap. 3.2 werden dann einzelne Maßnahmen näher erläutert.

3.1.1 Verkehrsbezogene Maßnahmen

Der Verkehr – und darunter hauptsächlich der Straßenverkehr – ist eine Hauptverursachergruppe für die Emission von Luftschadstoffen (s. Kap. 2.6). Die Senkung der Emissionen kann auf die Verringerung der Zahl Kfz pro Strecke oder/(besser:) und – die Verringerung der Emission pro Kfz zielen. Lokale Maßnahmen in den Städten können umfassen:

- Gestaltung der Verkehrswege (z. B. Rasengleise für die Straßenbahn, Instandhaltung von Straßenbelag, Behandlung/Reinigung von Verkehrsflächen, Nutzung von Lärmschutzwänden zur Abschirmung der Wohngebiete auch von Luftschadstoffen, Verwendung spezieller Materialien für Straßenbeläge)
- Emissionsärmere Fahrzeuge (z. B. schnellere Erneuerung der Kfz-Flotte von Behörden und Betrieben, Einsatz von emissionsarmen Bussen auf Straßen mit hoher Luftbelastung, Verkehrsbeschränkungen für nicht emissionsarme Kfz [Umweltzonen mit Anwendung der 35. BImSchV - Abbildung 27])
- Veränderung des Verkehrsflusses (z. B. Steuerung von Lichtsignalanlagen, Einrichtung von „Pfortnerampeln“, Geschwindigkeitsbegrenzungen - Abbildung 28)
- Veränderung der Verkehrsführung (z. B. Ausweisung von Einbahnstraßen, Bau von Umgehungsstraßen, Wegweisungskonzepte [LKW-Routenkonzepte, Parkleitsystem - Abbildung 30], Durchfahrtsverbote für LKW - Abbildung 29, Sperrung hoch belasteter Innenstädte - Abbildung 31, Festlegung einer Maut für die Innenstadt - Abbildung 32)
- Veränderung des Modal Split zugunsten des Fuß- und Radverkehrs sowie des ÖPNV (z. B. Einrichtung von P+R- oder B+R-Parkplätzen, Parkraummanagement mit gestaffelten Gebühren, Jobticket, Ausbau/Verbesserung des ÖPNV, Bau von Radwegen, Mobilitätsmanagement in größeren Betrieben und Institutionen, Straßenbenutzungsgebühren)
- Erarbeitung und Umsetzung von Konzepten für eine umweltfreundlichere Güterverkehrslogistik

Aktuelle Zusammenfassungen von Maßnahmen und festgestellten Wirkungen sind von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt 2010) und der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI 2010) veröffentlicht worden.

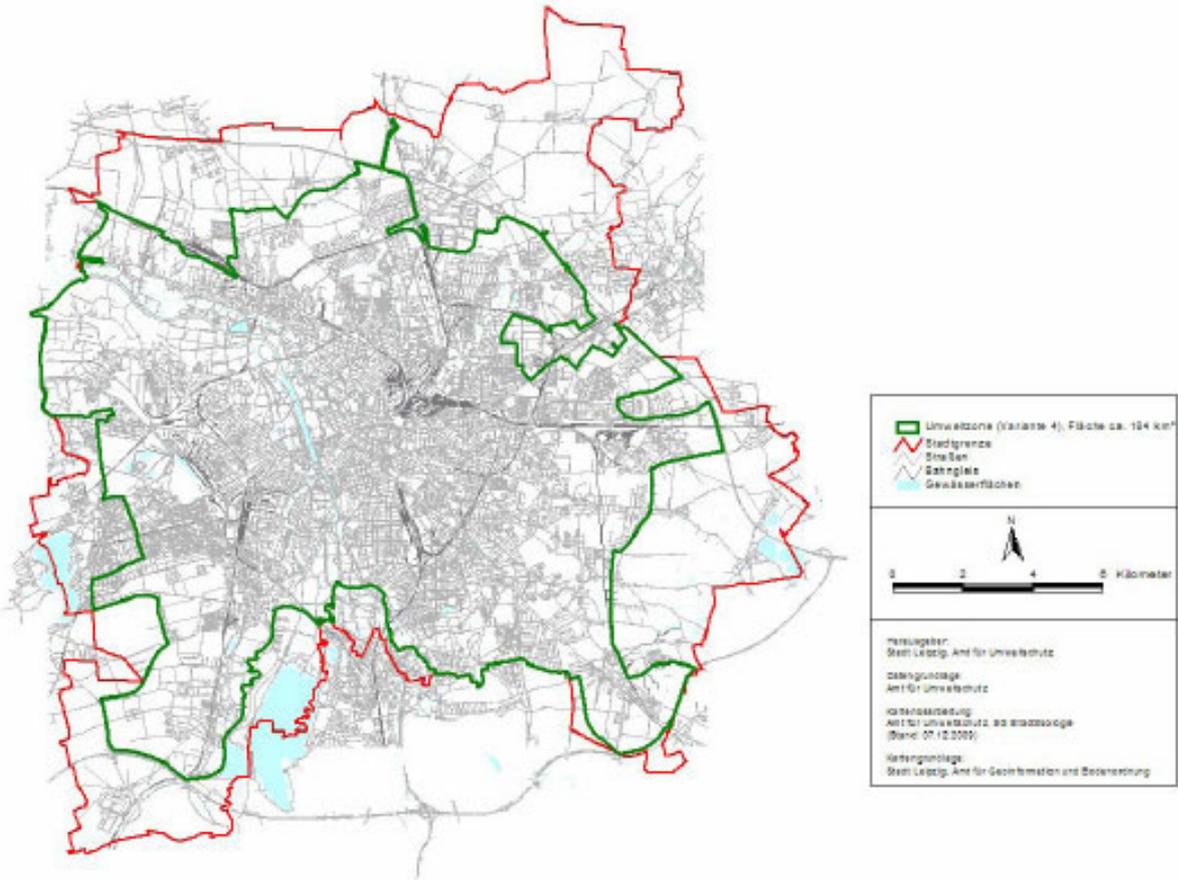


Abbildung 27: Umweltzone in Leipzig
 Quelle: Stadt Leipzig (2009)



Abbildung 28: Temporeduzierung zur Senkung der Schadstoffemissionen in Hannover
 Quelle: Schmidt (Landeshauptstadt Hannover, Bereich Umweltschutz)



Abbildung 29: Lkw-Durchfahrtsverbot



Abbildung 30: Anzeigetafel des Parkleitsystems in Halle/Saale

Quelle: Benning (Umweltamt Halle/Saale)



Abbildung 31: Zufahrt zur zeitlich befristeten verkehrsbeschränkten Zone in Rom



Abbildung 32: Anlage zur Erhebung der Citymaut in Stockholm

Quelle: Algers (2007)

3.1.2 Maßnahmen in Industrie, Gewerbe und Raumheizung

Die Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von größeren Anlagen in Industrie und Gewerbe (sog. immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen gem. Anhang zur 4. BImSchV) sind gesetzlich geregelt. Auch für besonders umweltrelevante kleinere Anlagen (sog. nicht genehmigungsbedürftige Anlagen) gibt es entsprechende Vorschriften. Die 1. BImSchV, die die Anforderungen an Kleinf Feuerungsanlagen (z. B. zur Raumheizung in Wohnungen) enthält, wurde 2010 novelliert. Weitere Informationen zu den Kleinf Feuerungsanlagen in Sachsen enthält Kap. 5.7.

Die Festlegung von Maßnahmen an diesen Anlagen, die über die bestehenden gesetzlichen Regelungen hinausgehen, kann deshalb nur freiwillig erfolgen. Lediglich bei der Ausweisung neuer Wohnungsbaugelände könnten z. B. der Anschluss- und

Benutzungszwang an die Fernwärmeversorgung und der Ausschluss der besonders emissionsrelevanten Kleinfeuerungsanlagen für feste Brennstoffe festgelegt werden.

3.1.3 Raum- und Stadtplanung

Die besten Maßnahmen für die Luftreinhaltung sind solche, die den Ausstoß von Luftschadstoffen von vornherein durch die richtige Planung von Projekten vermeiden/vermindern. Aber auch in den gewachsenen Strukturen der Städte lassen sich Maßnahmen entwickeln und umsetzen wie z. B. die „Region/Stadt der kurzen Wege“

- zentren- und schienenorientierte Siedlungsplanung
- Verkehr vermeidende Unternehmensansiedlung
- gezielte Funktionsmischung von Wohnen, Arbeiten, Einkaufen und Freizeit
- Verkehrsvermeidung beim Siedlungsrückbau

und die integrierte Verkehrs- und Siedlungsplanung (Details siehe UBA 2010d).

Diese Maßnahmen zielen auf die Nachverdichtung und Nutzung bisheriger Brachflächen in der Innenstadt und die Erhöhung der Attraktivität von Stadtzentren. Dabei ist es jedoch wichtig, solche Austauschbedingungen für Luftschadstoffe zu schaffen, die zu einer Reduzierung der Immissionsbelastung führen (Durchlüftung sichern, Kaltluftentstehungsgebiete und -leitbahnen schützen, neue Straßenschluchten vermeiden).

3.1.4 Sonstige Maßnahmen

Einige Maßnahmen lassen sich den vorgenannten Komplexen nicht zuordnen. Das sind z. B.:

- Emissionsbegrenzung bei Großveranstaltungen, Volksfesten, Brauchtumsfeuern
- Festlegung von besonderen Anforderungen an den Einsatz mobiler Maschinen und Geräte
- Emissionsbegrenzung bei Baustellen (Reifenwaschanlagen, Befestigung/Reinigung der Fahrwege)
- Gestaltung von Ausschreibungen für die Beschaffung von Waren und Dienstleistungen
- Begrünung von Flächen und Gebäuden (Kontraproduktiv wäre aber die Pflanzung von hohen Bäumen an hoch belasteten Straßenschluchten, weil dadurch die Ausbreitung/Verdünnung von Luftschadstoffen zusätzlich behindert wird.)

3.1.5 Öffentlichkeitsarbeit

Unabhängig von der gesetzlich geforderten Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Erstellung von Luftreinhaltungsplänen ist es sinnvoll, die Bevölkerung umfassend über die Luftqualität und Maßnahmen zu ihrer Verbesserung zu informieren, um hierfür eine allgemeine Akzeptanz zu erhalten und durch das individuelle Verbraucherverhalten die noch erheblichen Reserven zu erschließen. Plakataktionen (Abbildung 33), Broschüren (Abbildung 34), Veranstaltungen in Schulen und Behörden oder Sachbeiträge in Presse und Fernsehen können dies unterstützen. Mit der Wahl des Verkehrsmittels oder des Fahrstils (EEA 2011) oder durch die Vermeidung der Verbrennung von Gartenabfällen oder die Eindämmung von Brauchtumsfeuern kann jeder seinen persönlichen Beitrag liefern.

Grundsätzlich lassen sich Fragestellungen des Lärmschutzes, des Klimawandels, der Ressourcenschonung und der Nachhaltigkeit auch mit der weiteren Verbesserung der Luftqualität thematisch verknüpfen. So können integrative Lösungsansätze erarbeitet werden.



Abbildung 33: Plakataktion in Stuttgart

Quelle: Reuter (Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz)



Abbildung 34: Broschüre des LfULG zum Heizen mit Holz in Kaminöfen

3.2 Hintergrundinformationen zu ausgewählten Maßnahmen

3.2.1 Stadtplanung und -entwicklung

Die Anordnung der Siedlungsstrukturen sowie die Höhe und Geschlossenheit der Bebauung bestimmen die Luftqualität von Ballungsräumen in erheblichem Maße. Zersiedlung und starke räumliche Trennung von Wohn- und Arbeitsstätten sowie Freizeiteinrichtungen führen zu erhöhtem Verkehrsaufkommen und vermindern die Luftqualität. Weiterhin erschweren die Blockierung von Kaltluftleitbahnen und die Beseitigung von Kaltluftentstehungsgebieten am Stadtrand und in der Stadt den Luftaustausch.

In Luftreinhalteplänen wird - soweit möglich - auf eine Verbesserung der Luftqualität durch Maßnahmen in der Stadtplanung hingewirkt wie z. B. durch die Verbesserung der ÖPNV-Anbindung (Abbildung 35) oder einer Erhöhung des Grünflächenanteils. Allerdings gibt es auch Nutzungskonflikte beispielsweise zwischen der gewollten Verdichtung innerhalb der Stadt, um etwa die Bebauung der „grünen Wiese“ außerhalb zu vermindern, und lokal schlechterer Luftqualität durch neu entstehende Straßenschluchten (Abbildung 36) oder die Bebauung von Grünflächen. Umso wichtiger ist es dann, die Mobilität so zu gestalten, dass möglichst kein zusätzlicher Straßenverkehr in der Innenstadt induziert wird. Integrierte Stadtentwicklungskonzepte mit einer besseren Verbindung von Stadtentwicklung und Verkehrsplanung sind geeignet, die notwendigen planerischen Voraussetzungen zu schaffen. Die Verknüpfung mit Konzepten für Klimaschutz bzw. Anpassung an den Klimawandel ist hierbei besonders zweckmäßig.



Abbildung 35: Erweiterung einer Straßenbahnlinie mit angeschlossenem P+R-Parkplatz in Dresden zur Anbindung eines Wohn- und Gewerbegebietes an das Stadtzentrum



Abbildung 36: Straßenschlucht durch den Neubau von Verkaufseinrichtungen im Zentrum von Dresden

3.2.2 Umweltzonen

Umweltzonen (engl.: low emission zone) sind Gebiete mit einem geringeren Emissionsniveau. Hierzu können verschiedene Maßnahmen der Emissionsminderung beitragen. Die Notifizierungsanträge (Kap. 2.1.3) müssen hierzu eine Information enthalten. Umweltzonen werden in Deutschland im Wesentlichen unter Nutzung der 35. BImSchV (Kraftfahrzeug-Kennzeichnungs-Verordnung) eingerichtet. Entsprechend der Systematik der unterschiedlichen Kennzeichnung der Kfz wird vor allem auf eine Verringerung der krebserregenden Dieselruß-Emissionen – als einen Teil der PM₁₀-Emissionen des Straßenverkehrs – abgezielt. Neue Erkenntnisse zum Emissionsverhalten von Kfz (Kap. 5.2) zeigen, dass Umweltzonen ebenfalls einen Beitrag zur NO₂-Minderung leisten können (DIEGMANN et al. 2011). Die Wirksamkeit von Umweltzonen zur Verbesserung der Luftqualität kann aber nicht pauschal beurteilt werden. Die konkrete Belastungssituation, die verkehrlichen Bedingungen und die Ausgestaltung der Umweltzone (Ausdehnung, Stringenz) sind zu beachten. Prinzipiell haben eine möglichst große Fläche und die Anforderung „grüne Plakette“ die beste Wirkung. Erste Auswertungen zu einzelnen Umweltzonen in Deutschland zeigen eine positive Tendenz sowohl bei PM₁₀ als auch bei NO_x bzw. NO₂ (LAI 2010). Endgültige Aussagen können heute noch nicht getroffen werden, weil für statistisch gesicherte Aussagen ein Beobachtungszeitraum von vier bis fünf Jahren notwendig ist.

Einen Überblick über die Umweltzonen in Deutschland gibt das Umweltbundesamt auf seiner Internetseite <http://www.umweltbundesamt.de/umweltzonen/>. Umweltzonen werden in der EU sehr unterschiedlich ausgestaltet und können

z. B. eine emissionsabhängige City-Maut und/oder jahres- und tageszeitlich befristete Verkehrsbeschränkungen beinhalten. SADLER CONSULTANTS (2011) gibt dazu eine Übersicht.

3.2.3 Straßenbenutzungsgebühren

Straßenbenutzungsgebühren (Maut) dienen dann der Verbesserung der Luftqualität, wenn Kfz mit höherem Schadstoffausstoß benachteiligt und/oder die Zahl der Kfz auf bestimmten Strecken vermindert wird. Für schwere Nutzfahrzeuge ist 2005 die emissions- und streckenabhängige Maut auf Autobahnen in Deutschland eingeführt worden. Für PKW gibt es in Deutschland eine Maut nur vereinzelt zur Refinanzierung des Baues und des Betriebs bestimmter Infrastrukturprojekte wie z. B. des Warnowtunnels in Rostock.

Wenn die Erhebung einer flächenbezogenen Innenstadtmaut (City-Maut) zur Verminderung und Verbesserung des Verkehrsflusses beiträgt, dann führt dies zu einer Verringerung der Emission von Luftschadstoffen. In Deutschland ist allerdings eine City-Maut bisher in keiner Stadt eingeführt worden. Grundsätzliche Überlegungen zu einer PKW-Maut in Deutschland hat das UBA veröffentlicht (UBA 2010e). In anderen europäischen Ländern werden Gebühren aus unterschiedlichen Gründen sowohl für die Benutzung von sehr vielen Autobahnen und exponierten Straßen (z. B. Panoramastraßen, Zufahrtsstraßen zu touristischen Schwerpunkten in den Alpen) als auch die Einfahrt in Stadtgebiete (z. B. London, Stockholm, Barcelona) erhoben.

3.2.4 Geschwindigkeitsbegrenzungen

Zur Wirksamkeit von Geschwindigkeitsbegrenzungen auf **Autobahnen** (A 2 und A 9 im Großraum Graz/Österreich) liegen Abschätzungen über Emissionsminderungen vor (Abbildung 37). In Abhängigkeit von der aktuellen Luftbelastung werden dort Tempolimits auf den Autobahnen gesetzt.

In Österreich werden Geschwindigkeitsbegrenzungen nicht nur punktuell, sondern über längere Abschnitte von Autobahnen und Schnellstraßen überwacht (sog. Section Control). Damit kann eine Verstetigung des Verkehrsflusses erreicht und emissionsrelevante Geschwindigkeitsspitzen vermieden werden.

Bei der Beurteilung der Wirksamkeit von Tempo 30 statt 50 in **Städten** ist stets der Einzelfall zu betrachten. DÜRING (2010) zeigte an einem Beispiel, dass Tempo 30 die PM₁₀-Belastung auf Grund eines verstetigten Verkehrsflusses und intensiver Geschwindigkeitskontrolle mindert.

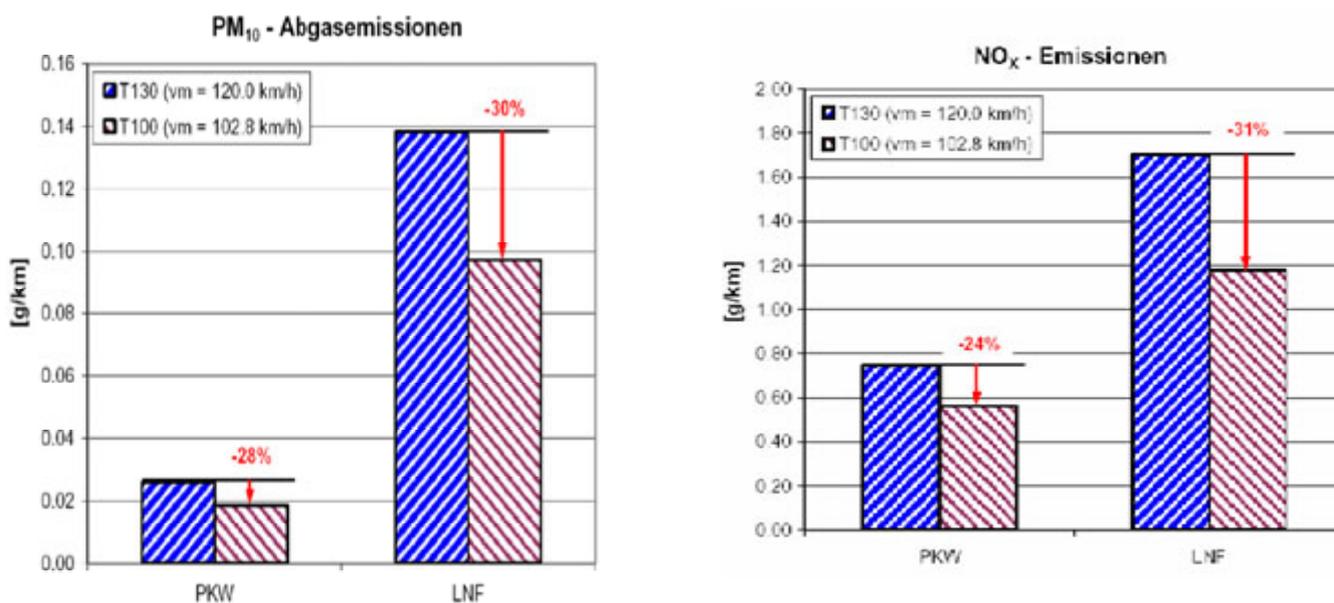


Abbildung 37: Minderung der PM₁₀- und der NO_x-Emissionen bei Absenkung von Tempolimits im Großraum Graz

Quelle: LAND STEIERMARK (2009), zit. in DIEGMANN et al. (2011)

3.2.5 Immissionsabhängige dynamische Verkehrssteuerung

Die immissionsabhängige dynamische Verkehrssteuerung ist darauf gerichtet, Beschränkungen für den Straßenverkehr nur bei **kurzzeitig**⁵ schlechter Luftqualität in Kraft zu setzen. Im Hinblick auf PM₁₀ ist – wie eigene Untersuchungen zeigten - die notwendige Prognosesicherheit für das Eintreten von Tagesmittelwertüberschreitungen von mehreren Tagen im Voraus (vgl. Abbildung 56) für das Auslösen emissionsmindernder Maßnahmen nicht gegeben. Zur Minderung der NO₂-Stundengrenzwertüberschreitungen, die aber in Sachsen nicht vorgekommen sind, könnte die immissionsabhängige dynamische Verkehrssteuerung prinzipiell geeignet sein. Modellierungen und praktische Versuche wurden u. a. in der Stadt Hagen durchgeführt (UBA 2010b). Aufgrund des sehr geringen Befolgungsgrades der temporären Sperrung eines Straßenabschnittes für den LKW-Durchgangsverkehr konnte aber keine signifikante Schadstoffminderung nachgewiesen werden. Außerdem wurde die große Anzahl von PKW und Kleintransportern von dieser Maßnahme nicht berührt. Weitere Projekte sind in Braunschweig und Berlin durchgeführt worden (DIEGMANN et al. 2011).

Bevor ein System zur immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung entwickelt wird, sind die lokalen Verhältnisse zu prüfen (z. B. Verkehrsbelegung, Kapazität der Straßen, Stauanteile, Lichtsignalanlagensteuerung). Soll ein solches System eingerichtet werden, muss eine Alternativroute vorhanden sein, die den umgeleiteten Verkehr ohne zusätzliche Grenzwertüberschreitungen aufnehmen kann. Einrichtung und Betrieb eines solchen Systems erfordern außerdem die Absicherung der nicht unerheblichen Kosten.

3.2.6 Adaptive Verkehrssteuerung

Die adaptive Verkehrssteuerung bezieht die Luftqualität nur mittelbar ein. Hier soll der Verkehrsfluss für ein oder mehrere Verkehrsmittel verbessert werden ohne andere deutlich schlechter zu stellen.

In LÄMMER (2010) wird eine Situation in Dresden betrachtet: Hier beträgt gegenwärtig die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit mit einem PKW 24,9 km/h, mit den öffentlichen Verkehrsmitteln lediglich 13,8 km/h ohne Umsteigezeiten. Mit einer dem Verkehrsfluss angepassten Ampelsteuerung kann eine Erhöhung der ÖPNV-Geschwindigkeit erreicht werden, ohne für den Autoverkehr von Nachteil zu sein. Bisher sind Ampelschaltungen eher auf die Abführung von Verkehrsspitzen ausgelegt. An der Technischen Universität Dresden wurde mit einem Modell eines Verkehrsknotenpunktes der Verkehrsablauf mit „intelligenten Ampeln“ simuliert. Als Ergebnis zeigten sich eine Beschleunigung des ÖPNV sowie eine Erhöhung der Fahrzeugumlaufzeiten, was eine Verringerung der Taktzeiten und eine Erhöhung der Anschlussstreue ermöglicht.

In Ingolstadt wurde im Rahmen des Projektes TRAVOLUTION (GEVAS SOFTWARE 2008) eine Netzsteuerung für 48 Ampeln im gesamten Stadtgebiet eingerichtet. Ziel war die Vermeidung von Haltephasen für PKW an roten Ampeln.

Im Forschungsprojekt AMONES wurden die Reduktionspotenziale unterschiedlicher modellbasierter Steuerungsverfahren für Lichtsignalanlagen untersucht. Erste praktische Versuche zeigten Reduzierungen der PM₁₀- und NO_x-Emission sowie der NO_x-Immission. Die Wirksamkeit der Steuerung auf die Luftqualität war sehr stark von den meteorologischen Bedingungen, insbesondere der Windgeschwindigkeit, abhängig (KOHOUTEK 2009).

Im Projekt „Adaptive und Kooperative Technologien für den Intelligenten Verkehr“ wurden Fahrerassistenzsysteme, Informationstechnologien und Lösungen für ein effizientes Verkehrsmanagement sowie für die Fahrzeug-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation mit dem Ziel entwickelt, den Straßenverkehr zukünftig flüssiger und sicherer zu gestalten (AUTORENKOLLEKTIV 2010).

3.2.7 Sperrung der Innenstadt für den LKW-Durchgangsverkehr

In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Verursacheranalyse ist zu entscheiden, ob und inwieweit die Sperrung der Innenstadt oder hoch belasteter Straßenabschnitte für den LKW-Durchgangsverkehr sinnvoll ist. Solche Maßnahmen sind beispielsweise in den Luftreinhalteplänen für Krefeld, Kiel, Düsseldorf, Aachen, Neuss, München, Stuttgart und Dresden enthalten.

⁵ Bei dauerhaft schlechter Luftqualität (Überschreitung von Jahresgrenzwerten) kommen dagegen nur dauerhaft wirkende Maßnahmen in Betracht.

3.2.8 Sonstige Maßnahmen

Lärmschutzwand mit kombiniertem Feinstaubfilter

Im österreichischen Klagenfurt wurde im Rahmen eines EU-LIFE-Projektes die Kombination von konventionellen Lärmschutzwänden mit speziell dafür angepassten Feinstaubfiltern erprobt (Abbildung 38, weitere Angaben unter www.life-spas.at). Ziel war es, eine deutliche Reduktion hinsichtlich Immissionsbelastung und Lärm zu erreichen. Feinstaub-Partikel aus Wiederaufwirblungen sollten direkt am Entstehungsort aus der Luft herausgefiltert werden. Um die Luft durch die Filterwände zu drücken, ist ein gewisser Schwerverkehrsanteil erforderlich. Die prinzipielle Wirksamkeit der Filterwand konnte gezeigt werden; mehrere Fragestellungen blieben aber unbeantwortet (STURM & HENN 2010).



Abbildung 38: Lärmschutzwand mit integriertem Feinstaubfilter in Klagenfurt

Quelle: EU-LIFE-Projekt SPAS

Nutzung von CMA zur Feinstaubminderung

Die Abkürzung CMA steht für Calcium-Magnesium-Acetat. Es ist ein leicht nach Essig riechendes Taumittel für den Winterdienst. Dabei wird das CMA in Wasser gelöst und auf die Straße aufgetragen. Der Einsatz von CMA soll zu einer Minderung der Feinstaubkonzentrationen vor Ort beitragen, weil der Wiederaufwirblungsanteil reduziert wird. Mitunter wird CMA deshalb auch als „Feinstaubkleber“ bezeichnet.

Bei Versuchen im österreichischen Klagenfurt (Details unter <http://www.life-cma.at/>) ergaben Ausbreitungsmodellierungen auf Basis der Messergebnisse ein Immissionsminderungspotenzial von 1 bis 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Wintermonatsmittelwerte. Ein Versuch im Sommer (!) auf einer unbefestigten (!) Straße zeigte ein deutlicheres Minderungspotenzial (STURM & BACHLER 2010). Abschließende Ergebnisse auch zu den Kosten stehen noch aus.

Untersuchungen von Mitte September bis Mitte November 2008 in Halle/Saale zeigten, dass CMA einen zwar nachweisbaren, unter den dortigen Randbedingungen aber nur geringen Beitrag zur Minderung der PM_{10} -Belastung liefern konnte. Bremsversuche ergaben, dass CMA aus Sicherheitsgründen nicht auf Straßenbahngleisen angewendet werden darf (BAYER et al. 2011).

Die Stadt Stuttgart nahm das Aufbringen von CMA in einen ca. 1 km langen Abschnitt im Bereich des Neckartors während der Wintermonate als Maßnahme in den fortgeschriebenen Luftreinhalteplan auf (REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART 2010). Die Auswertung der beim Versuch vom 12.01.-28.02.2010 gewonnenen Daten zeigte, dass die PM_{10} -Konzentrationen nicht gemindert wurden. CMA hat zwar im Gegensatz zum Taumittel Kochsalz nicht zusätzlich zur PM_{10} -Belastung beigetragen, eine mögliche PM_{10} -Minderung durch CMA wurde aber durch den Streusalzeinfluss um ein Vielfaches überdeckt. Aus logistischen und Kostengründen konnte der Versuch nicht im Hauptstraßennetz wiederholt werden (REUTER 2011).



Abbildung 39: CMA-Streufahrzeug beim Versuch in Klagenfurt

Quelle: EU-LIFE-Projekt CMA+

Einsatz von Efeu bzw. Stadtgrün zur Feinstaubminderung

Stadtgrün hat neben seiner optischen auch eine positive stadtklimatische Wirkung. Die Blätter können Staub aus der Luft über einen gewisse Zeit binden. SCHMIDT & REZNIK (2009) untersuchten unter Laborbedingungen an Efeu der Spezies *Hedera helix* „Wörner“ den Abscheidungsgrad und die Abwaschbarkeit von Feinstaub in Abhängigkeit von der Partikelgröße. Dabei wurden Reinigungsleistungen zwischen 2 % und 10 % bezogen auf die Partikelanzahl ermittelt, wobei Partikel kleiner 5 µm etwas besser adsorbiert wurden. Obwohl Efeu mehrfach aufgrund seiner möglicherweise luftreinigenden Wirkung Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen war, ist in der Praxis die Schadstoff reduzierende Wirkung schwer zu quantifizieren und die Übertragbarkeit von Messergebnissen vom Labor in die praktische Anwendung problematisch.

Untersuchungen im Auftrag der BAST zeigen, dass Bepflanzungen im straßennahen Raum, Wasserflächen und begrünte Dachflächen nur eine geringe PM₁₀-Bindung bewirken. Der Haupteffekt besteht in einer verminderten Wiederaufwirbelung der Partikel. Die Bepflanzung sollte deshalb möglichst ganzjährig den Boden bedecken. Straßenbäume dürfen nicht zu dicht gepflanzt werden, um die Durchlüftung nicht zu behindern BAST (2011).

Baustoffe zur Reduktion von Luftschadstoffen

Bei intensivem Sonnenlicht kann NO_x bei Anwesenheit von Titandioxid verstärkt photokatalytisch in Nitrat umgewandelt werden. Unter Laborbedingungen konnte eine Reduzierung von NO über photokatalytisch wirksamen Betonsteinflächen nachgewiesen werden. Unter Praxisbedingungen (Fußweg mit fotokatalytisch aktiven Pflastersteinen am Gothaer Platz in Erfurt) wurde durch Vergleich mit den NO_x-Konzentrationen in einer benachbarten Straße ein Minderungseffekt gefunden (DBU 2010). Bei diesen Untersuchungen wäre allerdings darauf zu verweisen, dass u. a. der große Einfluss der Straßenrandbebauung auf die Ausbreitung der Luftschadstoffe nicht beachtet wurde.

Modellrechnungen ergaben, dass NO_x-Minderungseffekte an hoch belasteten Straßenabschnitten nicht zu erwarten sind, weil der fotokatalytische Abbau von NO_x niedrige Windgeschwindigkeiten und lange Verweilzeiten der Luft im Einwirkungsbereich fotokatalytisch aktiver Flächen erfordert (LOHMEYER 2009).

Inwieweit sich die angenommene Bildung von Nitrat auf die PM₁₀-Belastung auswirkt, wurde bisher nicht untersucht.

3.2.9 Verbindung zwischen Luftreinhalteplanung und Lärminderung

Das Erreichen einer guten Luftqualität und die Reduzierung von Lärm auf ein vertretbares Maß sind Anforderungen, die in der gesamten EU umzusetzen sind. Oft kann mit Maßnahmen der Luftreinhalteplanung auch eine Verringerung der Lärmbelastung erreicht werden oder umgekehrt. So kann beispielsweise die Sperrung einer Straße für den Lkw-Durchgangsverkehr oder die Verringerung der Fahrgeschwindigkeit in einem mit Luftschadstoffen hoch belasteten Gebiet sowohl die Luftqualität verbessern als auch die Lärmbelastung senken.

Maßnahmen können aber auch gegenteilige Effekte bewirken. Werden Fahrzeuge aus Gründen des Lärmschutzes aus den Nebenstraßen in eine stark befahrene Hauptstraße umgeleitet, kann das in der mit Schadstoffen bereits hoch belasteten Hauptstraße zu einer Überschreitung von Luftgrenzwerten führen. Oder werden zur Schaffung besserer Belüftung geschlossene Straßenzüge durch Abriss aufgelockert, ist die dahinter liegende Wohnbebauung dann möglicherweise stärkeren Lärmbelastungen als bisher ausgesetzt.

Es ist daher zweckmäßig, die Lärmaktions- und die Luftreinhalteplanung trotz der unterschiedlichen zeitlichen Horizonte zusammen zu betrachten, um frühzeitig Konflikte weitestgehend zu vermindern.

4 Luftreinhalteplanung außerhalb Sachsens

4.1 Luftreinhalteplanung in Deutschland

In Deutschland wurden bisher weit über 100 Luftreinhaltepläne bzw. Aktionspläne aufgestellt. Das UBA informiert im Internet über den aktuellen Stand der Veröffentlichungen (http://www.umweltbundesamt.de/luftreinhalte_aktionsplaene/).

Weiterhin bietet das UBA einen einfachen Zugang zu den Luftmessnetzen der Länder und stellt die aktuelle Luftgütesituation, Karten und jährliche Auswertungen zur Luftgüte im Bundesgebiet zur Verfügung (www.env-it.de/umweltbundesamt/luftdaten/index.html).

Die geografische Verteilung der Luftbelastung in Deutschland (z. B. Modellierung des UBA für das Jahr 2008: Abbildung 40) zeigt, dass der Osten und Südosten bei PM_{10} vergleichsweise höhere Belastungen aufweist als bei NO_2 . Dies ist auf den grenzüberschreitenden Eintrag von Luftschadstoffen zurückzuführen (siehe auch Kap. 4.2).

Der Straßenverkehr stellt lokal meist die größte Quelle für PM_{10} und NO_2 dar. Die meisten Maßnahmen in Luftreinhalteplänen betreffen deshalb diese Verursacherguppe. In vielen deutschen Städten wurden im Rahmen der Luftreinhalteplanung neben anderen Maßnahmen Umweltzonen eingeführt. Leipzig besitzt ab 2011 bundesweit die 42. Umweltzone.

Bundesländer wie z. B. Baden-Württemberg oder Nordrhein-Westfalen haben im Gegensatz zu Sachsen, bedingt durch höhere Siedlungs- und Verkehrsdichte, die Orografie und/oder mehr emissionsrelevante Industrieanlagen größere Probleme bei der Einhaltung der Immissionsgrenzwerte und der Erreichung einer flächendeckend guten Luftqualität. Das Saarland musste bisher als einziges Bundesland keinen Luftreinhalteplan aufstellen. Stuttgart (Messstation Am Neckartor, Abbildung 41) ist die Stadt mit der höchsten Zahl von PM_{10} -Tagesgrenzwertüberschreitungen, den höchsten NO_2 -Jahresmittelwerten und den meisten Überschreitungen des NO_2 -Stundenmittelgrenzwertes in Deutschland.

Feinstaub-Jahresmittelwerte Jahr 2008

Stickstoffdioxid-Jahresmittelwerte Jahr 2008

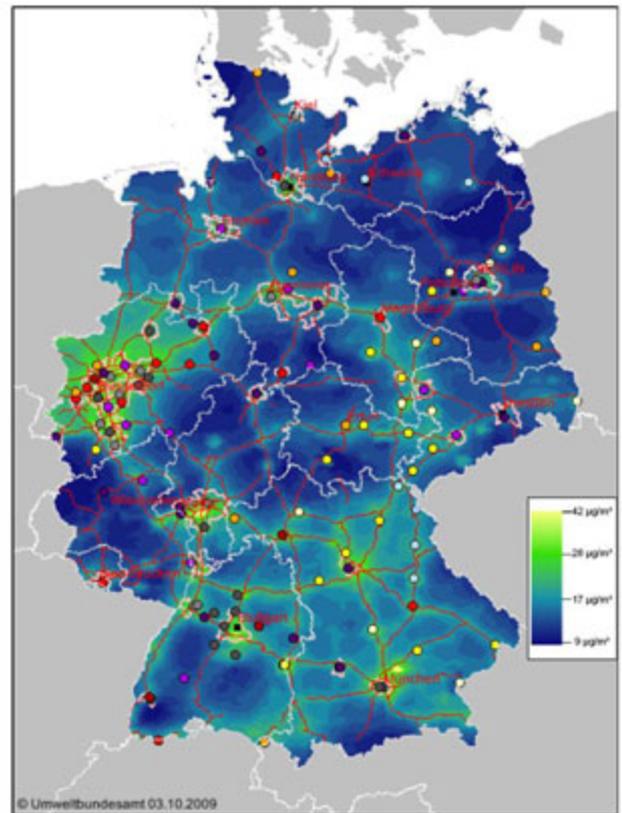
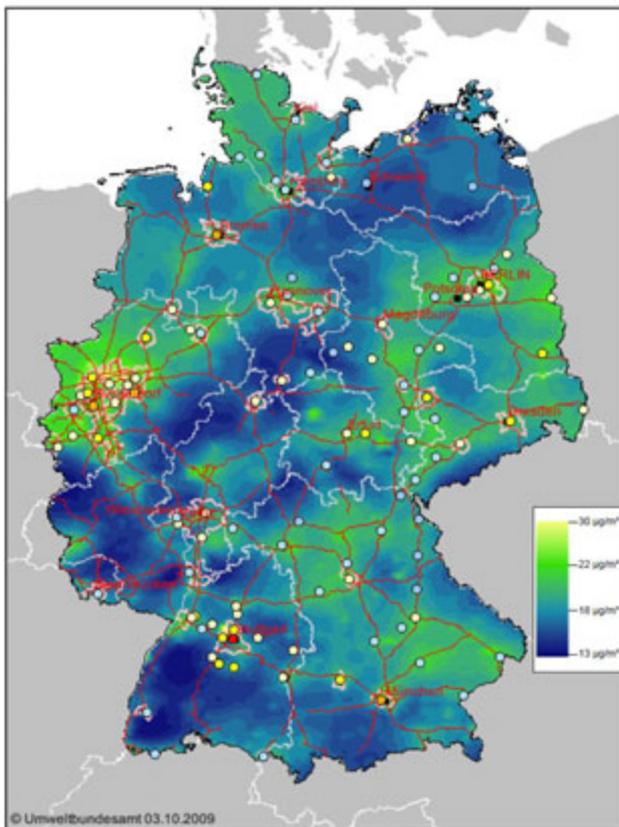


Abbildung 40: Geografische Verteilung der PM₁₀- und NO₂-Belastung in Deutschland 2008

Quelle: Graff (2011)



Abbildung 41: Am Neckartor in Stuttgart

Quelle: Reuter (2011)

4.2 Luftreinhalteplanung in der Europäischen Union

Mit der Rahmenrichtlinie Luftqualität aus dem Jahre 1996 wurde der Grundstein für die gegenwärtigen Anstrengungen gelegt, in der gesamten Europäischen Union eine flächendeckend gute Luftqualität herzustellen. Die Grenz- und Zielwerte gelten auch in den neuen Mitgliedsstaaten, die nach dem Jahr 1996 der EU beigetreten sind.

Die Veröffentlichung von Luftqualitätsdaten europäischer Städte wird durch das von der EU geförderte Projekt CITEAIR (Common Information to European Air) unterstützt. Aktuelle Informationen, Jahresauswertungen und Vorhersagen zur Luftqualität sind unter http://www.airqualitynow.eu/about_home.php verfügbar. Für die schnellere Vergleichbarkeit werden die Messwerte normiert, d. h. auf die jeweiligen Grenz- und Zielwerte für die verschiedenen Luftschadstoffe bezogen und als sog. Luftqualitätsindizes dargestellt. Die teilnehmenden Städte haben dafür gemeinsame Indizes für Stunden-, Tages- und Jahreswerte entwickelt. Beispielhaft für die Luftqualität europäischer Ballungsräume sind die Luftqualitätsindizes für den städtischen Hintergrund und straßennahe Bereiche von Padua (Italien) aus dem Jahr 2008 angegeben (Abbildung 42, Abbildung 43).

Zusammenfassende Berichte der EU zur Luftqualität sind unter <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/reporting.htm> verfügbar. Das zuletzt vollständig ausgewertete Jahr ist 2008 (DE LEEUW et al. 2010). Damals lebten 45 % der Menschen in den 27 EU-Mitgliedsstaaten in Gebieten mit PM₁₀-Tagesgrenzwertüberschreitungen (Abbildung 44) und 49 % in Gebieten mit NO₂-Jahresmittelgrenzwertüberschreitungen (Abbildung 45).

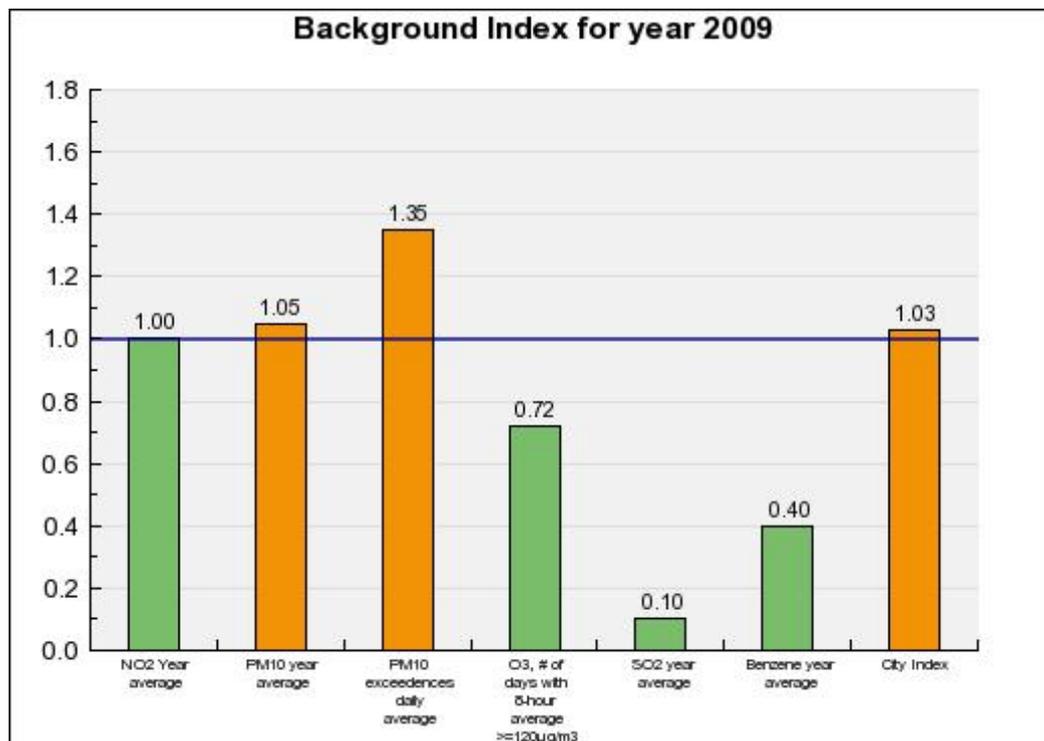


Abbildung 42: Luftqualitätsindizes des städtischen Hintergrundes von Padua im Jahr 2009

Quelle: CITEAIR (2011)

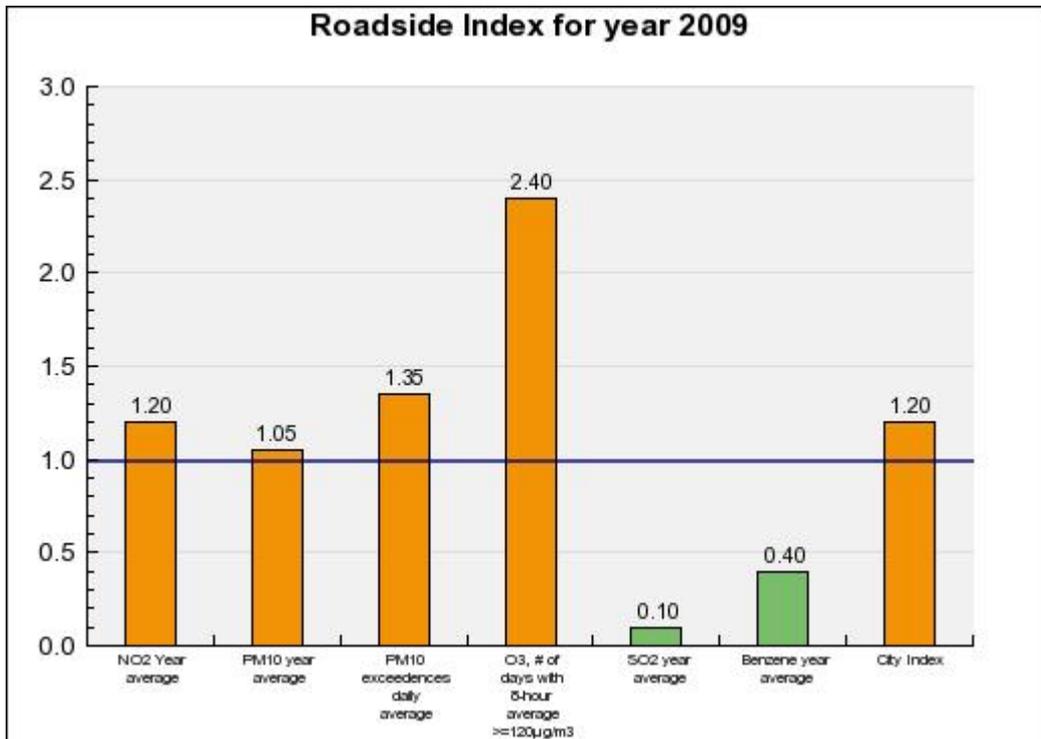


Abbildung 43: Luftqualitätsindizes verkehrsnaher Bereiche von Padua im Jahr 2009

Quelle: CITEAIR (2011)

Hinsichtlich der geografischen Verteilung der Luftbelastungen fällt auf, dass PM₁₀-Grenzwertüberschreitungen eher in Ost-, Südost- und Südeuropa auftreten. Von NO₂-Grenzwertüberschreitungen ist überwiegend Zentraleuropa betroffen (Abbildung 44, Abbildung 45).

Mit zunehmender Kontinentalität (häufiger Hochdruckwetterlagen, kältere Wintertemperaturen, längere Verweilzeit der Luft über emissionsrelevanten Gebieten) und in den trockenen Ländern am Mittelmeer tritt PM₁₀ als Problemschadstoff mehr hervor. Bei PM₁₀ sind der Einsatz von Festbrennstoffen beim Hausbrand, der Straßenverkehr und Emissionen aus industriellen Anlagen bzw. die Staubaufwirbelung in den trockeneren Gebieten die Ursachen der Grenzwertüberschreitungen.

In einer Studie zur PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentration an 60 Messstationen im Gebiet der Europäischen Union wurde u. a. festgestellt (PUTAUD et al. 2009), dass im städtischen Hintergrund der Nitratanteil mit der PM₁₀-Massenkonzentration meistens anstieg. Eine Verringerung der Überschreitungstage für PM₁₀ könnte deshalb auch über eine Reduzierung der Emissionen von Stickoxiden und Ammoniak (Quelle für die Nitratbildung) unterstützt werden.

In der EU sind von besonders hoher und weiträumiger Luftverschmutzung durch NO₂ in erster Linie die großen Ballungsräume London, Paris, die Benelux-Staaten, Norditalien und Rhein-Ruhr betroffen (Abbildung 46). Mehr als 270 Städte in 21 Mitgliedsstaaten der EU waren im Jahr 2008 von Überschreitungen des NO₂-Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³ betroffen. An mehr als 100 Stationen wurde dabei eine Konzentration >60 µg/m³ (maximale Toleranzmarge 2008) gemessen (SCHNEIDER 2010). Fast immer ist der Straßenverkehr der Hauptverursacher der Grenzwertüberschreitungen. Dabei sind es besonders die dieselpetriebenen Fahrzeuge, die mehr Stickstoffoxide emittieren.

Umweltzonen in verschiedener Ausgestaltung sind zurzeit in 10 europäischen Ländern zur Minderung der vom Straßenverkehr verursachten Luftbelastungen in Kraft. Details sind über SADLER CONSULTANTS (2011) verfügbar.

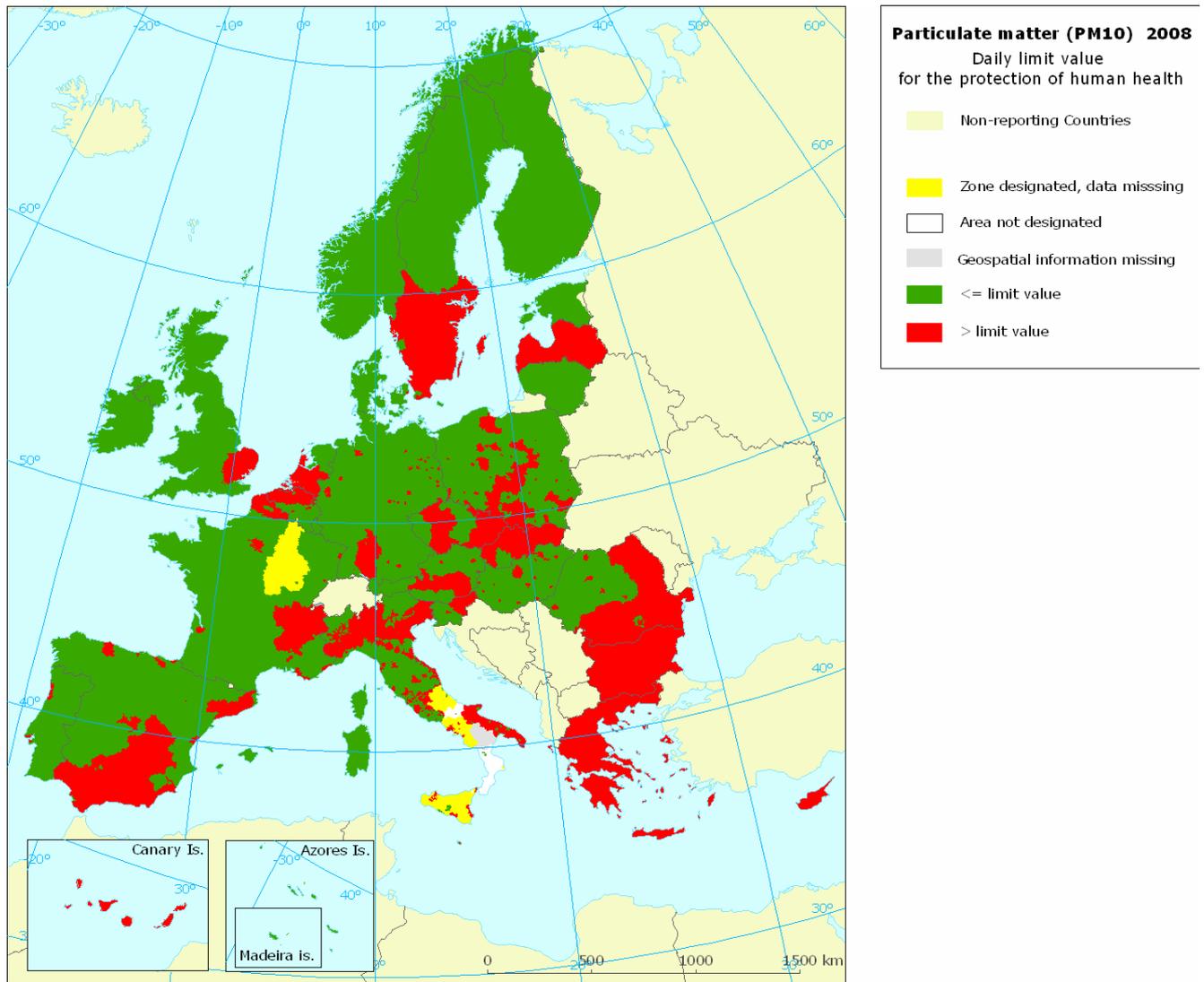


Abbildung 44: Gebiete mit Grenzwertüberschreitung beim PM₁₀-Tagesmittelwert 2008
Quelle: de Leeuw et al. (2010)

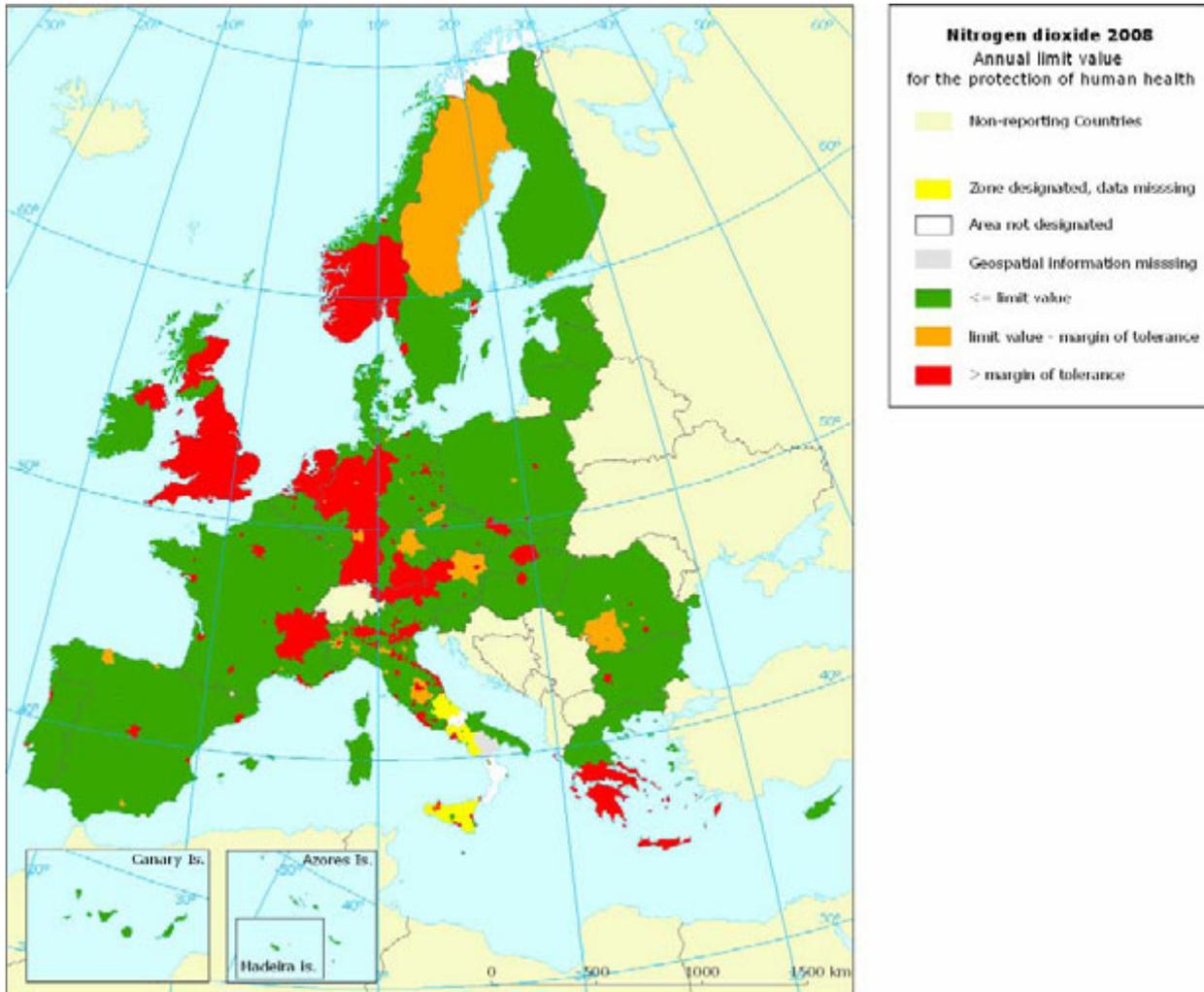


Abbildung 45: Gebiete mit Grenzwertüberschreitung beim NO₂-Jahresmittelwert 2008

Quelle: de Leeuw et al. (2010)

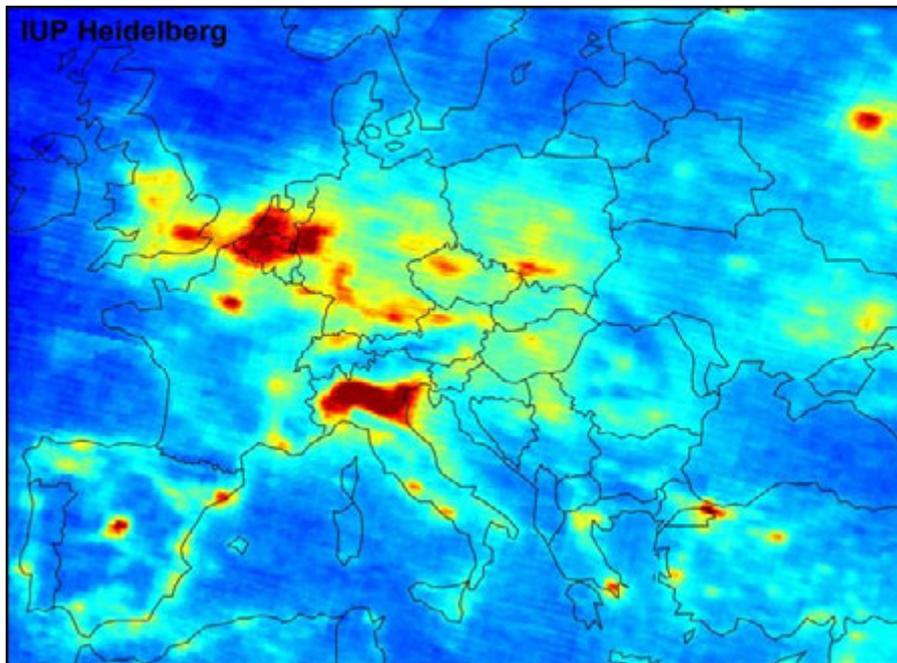


Abbildung 46: Gemessene NO₂-Konzentration in der Atmosphäre über Europa (2003/2004)

Quelle: DLR/esa

Die Anforderungen an die Inhalte der Anträge auf Fristverlängerung für die Einhaltung der Luftqualitätsgrenzwerte, die von den Mitgliedsstaaten eingereichten Notifizierungsanträge und die Entscheidungen der Kommission über die Notifizierungen, Nachforderungen bzw. Einleitung von Vertragsverletzungsverfahren gegen die Mitgliedsstaaten sind unter http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/time_extensions.htm veröffentlicht. Es ist zu erkennen, dass die Umsetzung der RL 2008/50/EG in nationales Recht und die eingereichten Notifizierungsanträge von der EU-Kommission sehr detailliert geprüft und bei Mängeln Vertragsverletzungsverfahren eingeleitet werden, z. B.:

- Einreichung von Klagen beim Europäischen Gerichtshof gegen
 - Schweden und Slowenien, weil trotz mehrerer Mahnungen die PM₁₀-Grenzwerte nicht eingehalten und auch keine Fristverlängerungen (Artikel 22 der Richtlinie 2008/50/EG) beantragt worden waren (EUROPA PRESS RELEASES RAPID, 18.03.2010)
 - Zypern, Italien, Portugal und Spanien wegen unzureichender Maßnahmen zur Minderung der PM₁₀-Belastung (EUROPA PRESS RELEASES RAPID, 24.11.2010a), ebenso Frankreich (EUROPA PRESS RELEASES RAPID, 19.05.2011)
- Mahnungen mit Hinweis auf die Klagemöglichkeit gerichtet an:
 - neun Staaten wegen der ausstehenden Umsetzung der RL 2008/50/EG in nationales Recht (EUROPA PRESS RELEASES RAPID, 24.11.2010b)
 - wiederholt Polen und Belgien wegen der ausstehenden Umsetzung der RL 2008/50/EG in nationales Recht (EUROPA PRESS RELEASES RAPID, 16.02.2011a)
 - Lettland wegen ausstehender Maßnahmen zur Minderung der PM₁₀-Belastung (EUROPA PRESS RELEASES RAPID, 16.02.2011b)

5 Weiterführende Informationen

5.1 Gesundheitliche Wirkungen von PM₁₀ und NO₂

Partikelförmige Luftschadstoffe können in Abhängigkeit von ihrer Größe unterschiedlich tief in den menschlichen Körper eindringen:

- PM₁₀ bis in die oberen Atemwege und die Lunge
- PM_{2,5} bis in die Lungenbläschen
- UFP bis ins Blut damit bis in innere Organe und sogar ins Gehirn

Die höchsten PM₁₀-Belastungen in Sachsen weisen – außer einigen durch grenzüberschreitende Schadstoffeinträge beeinflussten Orten – die verkehrsbezogenen Messstellen auf. Hohe NO₂-Konzentrationen werden ausschließlich an Straßen mit sehr hoher Verkehrsbelastung und hoher, enger Bebauung festgestellt. NO₂ dient deshalb als Leitsubstanz für verkehrsspezifische Immissionsbelastungen. Hohe Konzentrationen von PM₁₀, NO₂ und anderen mit dem Straßenverkehr verbundenen Luftschadstoffen (z. B: Dieselruß, Benzol, Ultrafeinstaub) sowie Lärm treten meist gemeinsam auf. Deren gesundheitlichen Wirkungen können deshalb bei epidemiologischen Studien oft nicht genau unterschieden werden (LANUV 2010).

Sowohl für PM₁₀ als auch für NO₂ gibt es keine Schwelle, unterhalb der keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen auftreten (WHO 2005). Die gesundheitlichen Wirkungen von UFP sind noch nicht ausreichend bekannt, aber Gegenstand laufender Forschung und EU-Projekte.

Die folgenden Aussagen zu kurz- und langfristigen Wirkungen von PM₁₀ und NO₂ sind der Übersichtsarbeit „Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid im Zusammenhang mit der Luftreinhalteplanung“ des Landesamtes für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen entnommen (LANUV 2010)⁶. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen damit den bekannten Wissensstand. Es wird unterschieden zwischen kurzfristig (innerhalb weniger Tage) auftretenden Wirkungen und langfristigen, die über einen längeren Zeitraum mit erhöhten Luftbelastungen entstehen. Nachfolgende Aussagen sind verallgemeinert und gelten für große Bevölkerungsgruppen. Sie erlauben keine Schlussfolgerungen für den Einzelfall. Konkrete Bewertungen zu den einzelnen Wirkungen können aus den umfangreichen Studien entnommen werden.

Kurzfristige Wirkungen von PM₁₀ können sein:

- Beeinträchtigungen der Atemwege, von Herz und Kreislauf
- erhöhte Sterblichkeit
- Verkürzung der Lebenszeit

Kurzfristige Wirkungen von NO₂ können sein:

- Zunahme der Sterblichkeit insgesamt und der Herz-Kreislauf-Sterblichkeit
- Zunahme von Atemwegserkrankungen, Asthma und chronischer Bronchitis
- Verschlechterung der Lungenfunktion, insbesondere bei vorgeschädigten Menschen

Langzeitwirkungen von PM₁₀ und NO₂ können sein:

- Zunahme der Sterblichkeit (alle Todesursachen, Herz- und Atemwegserkrankungen, Lungenkrebs). Der Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Dieselruß und erhöhtem Lungenkrebsrisiko ist besonders ausgeprägt.
- Zunahme der Häufigkeit von Lungenkrebs und chronischen Atemwegsbeschwerden bei Erwachsenen
- Zunahme von Husten und Bronchitis bei Kindern
- Zunahme chronischer Bronchitis bei bereits an Asthma erkrankten Kindern

5.2 Entwicklung der Emissionen des Straßenverkehrs

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden für bestimmte charakteristische Verkehrssituationen auf der Grundlage von Emissionsfaktoren, die den Schadstoffausstoß in Gramm/Kilometer angeben, berechnet. Die Emissionsfaktoren sind in der Datenbank Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) enthalten. Im Februar 2010 erschien eine aktualisierte Version, das HBEFA 3.1. Damit wurde u. a. der Beobachtung Rechnung getragen, dass die NO_x-Emissionen der Diesel-Kfz mit den Abgasnormen 3/III bis 5/V im realen Betrieb nicht in dem Maße sanken wie nach den EURO-Abgasnormen zu erwarten gewesen war. Die Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge und Busse sind dagegen etwas geringer als zuvor angenommen. Der Anteil der direkten NO₂- an den NO_x-Emissionen erhöhte sich. Die Emissionen bei Verkehrssituationen innerorts mit höherem Stauanteil sind auch höher als zuvor angenommen. Damit steigt die Bedeutung von Maßnahmen zur Minderung der Emissionen aus dem PKW-Verkehr (HAUSBERGER et al. 2010; LAI 2010). Die Abbildung 47 und Abbildung 48 veranschaulichen dies am Beispiel der Verkehrssituation „Durchschnitt innerorts“.

Das HBEFA 3.1 verfügt über einen deutlich größeren Umfang an möglichen Verkehrssituationen (276 Verkehrssituationen) als frühere Versionen des Handbuchs. Es fehlen aber immer noch Daten für Biokraftstoffe, Hybridantriebe und z. B. Tempo 30 statt 50 in Städten. Die Wirksamkeit von Maßnahmen, die damit Verbesserungen der Luftqualität erreichen sollen, kann dann nur mittelbar eingeschätzt werden.

⁶ Für nähere Erläuterungen und Literaturquellen wird darauf verwiesen. Eine umfassende Literaturlauswertung ist in WHO (2005), eine aktuelle Untersuchung in LANUV (2011) enthalten.

Das HBEFA 3.1 enthält auch noch einige Fehler und unplausible Emissionsfaktoren, die dem Anwender bekannt sein sollten und korrigiert werden müssen. Beispiele enthält LOHMEYER (2011).

Die Diskussion über erhöhte NO_x- bzw. NO₂-Emissionen in der Realität im Gegensatz zu denen in bisherigen Typprüfzyklen hält weiter an, z. B. CUELENAERE (2011). Die Datenlage zu EURO 5/V- und 6/VI-Fahrzeugen reicht für abschließende Aussagen noch nicht aus. Der Stand der Diskussion kann unter http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/competitiveness-cars21/cars21/index_en.htm in den von der Arbeitsgruppe 4 veröffentlichten Dokumenten verfolgt werden.

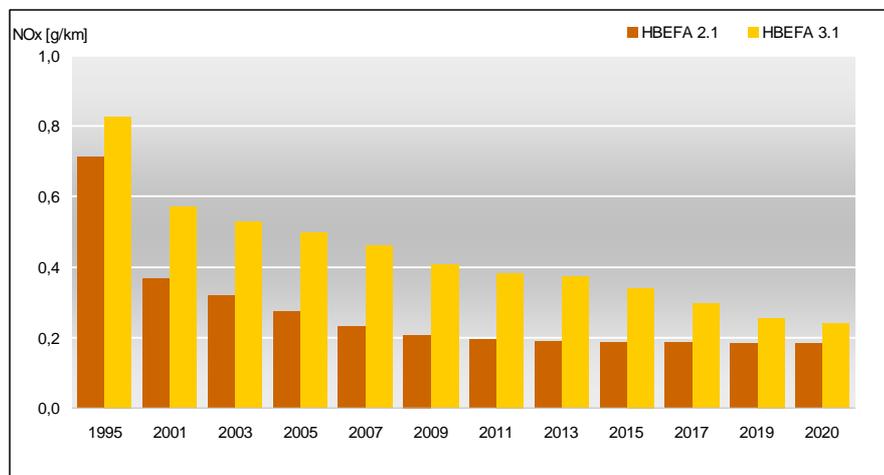


Abbildung 47: Vergleich der NO_x-Emissionen der PKW (Durchschnitt innerorts) nach HBEFA 2.1 und HBEFA 3.1
Quelle: Martin/LfULG (2010) nach HBEFA

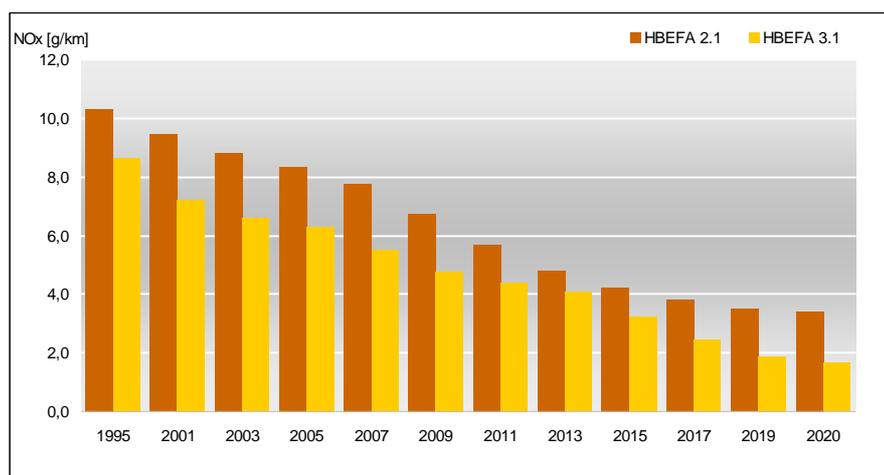


Abbildung 48: Vergleich der NO_x-Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge (Durchschnitt innerorts) nach HBEFA 2.1 und HBEFA 3.1
Quelle: Martin/LfULG (2010) nach HBEFA

5.3 Verweilzeit, stoffliche Zusammensetzung, Tages-, Wochen- und Jahrgang von PM₁₀ und PM_{2,5}

5.3.1 Verweilzeit von Partikeln in der Luft

Partikelförmige Stoffe unterliegen hauptsächlich in Abhängigkeit von ihrer Größe verschiedenen Abscheidungsprozessen in der Luft (Abbildung 49). UFP (<0,1 µm) koagulieren oder wachsen infolge von Kondensationsprozessen innerhalb weniger Stunden. Teilchen zwischen 0,1 und ca. 1-1,4 µm haben die längste Lebensdauer und können deshalb auch weit von der Emissionsquelle entfernte Gebiete erreichen. Sie werden hauptsächlich durch nasse Deposition aus der Luft abgeschieden. Größere Partikel werden durch Sedimentation meist innerhalb weniger Minuten bis Stunden abgeschieden. Sie werden deshalb hauptsächlich quellnah wirksam. Größere Partikel bestimmen die Partikelmasse, UFP die Partikelanzahl.

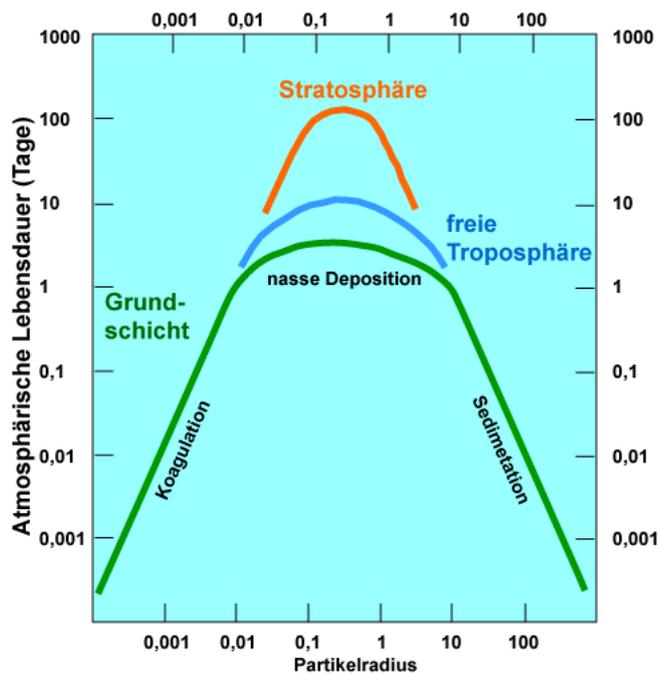


Abbildung 49: Verweilzeit von Partikeln in der Luft

Quelle: Kasang (2008); Maßeinheit für Partikelradius: µm

5.3.2 Stoffliche Zusammensetzung

Ergänzend zu den gesetzlich vorgeschriebenen Messungen im Sächsischen Luftmessnetz wurden in den letzten Jahren durch vom LfULG vergebene Forschungsprojekte Erkenntnisse über die chemische Zusammensetzung der Partikel sowie der Partikelanzahlverteilungen gewonnen, um daraus auf Partikelquellen zu schließen. Die Partikel in der Außenluft variieren in Größe, Form und chemischer Zusammensetzung. Sie bestehen aus aufgewirbeltem Bodenstaub, aus gasförmigen Stoffen gebildeten Partikeln (Ammonium, Nitrat und Sulfat), Wasser, durch den Menschen oder die Natur freigesetzten organischem Material, Dieselruß und anderen Rußarten (z. B. aus der Holz- und Kohlefeuerung) sowie Meeressalz.

Bodenstaub kann insbesondere an **verkehrsnahen Standorten** aus Erdkrustenmaterial, Fahrzeugkorrosion, Bremsabrieb und Straßenabrieb bestehen. Im PM_{2,5} ist der Anteil des aufgewirbelten Bodenstaubs geringer als im PM₁₀. Der Rußanteil ist hingegen größer (Abbildung 50).

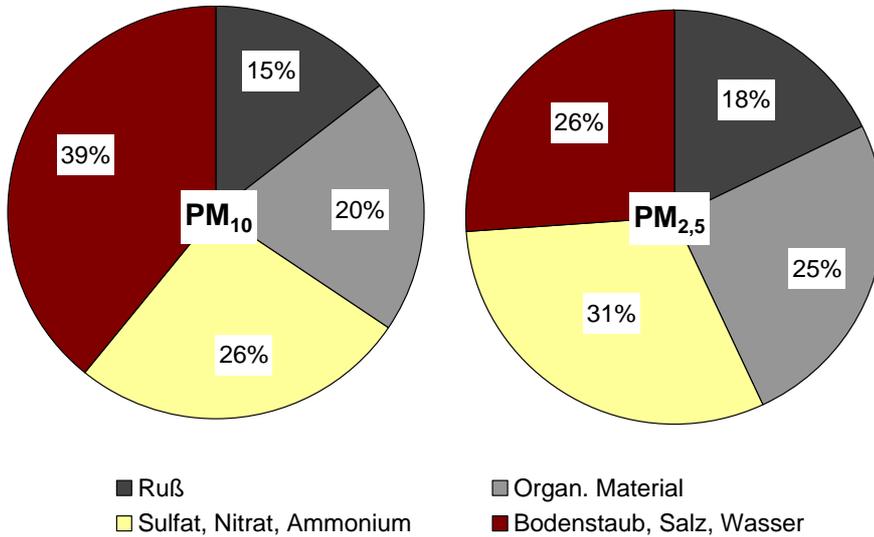


Abbildung 50: Hauptbestandteile im Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5} an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord

Quelle: Gerwig (2005)

An der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord (Schlesischer Platz, Dresden) konnte ein PM₁₀-Anteil von 44 % dem Kfz-Verkehr zugeordnet werden, wobei sowohl der lokale Verkehr direkt an der Messstation als auch der Verkehr im restlichen Stadtgebiet und weit entfernter Verkehr (Ferneintrag) Beiträge lieferten. Der lokale Verkehrsanteil betrug 24 % der PM₁₀-Belastung und bestand zu 11 % aus aufgewirbeltem Bodenstaub, Streusalz der Winterstreudienste (2 %), Ruß aus Reifenabrieb (2 %) und Motoremissionen (5 %), organischem Material (2 %) und anderen Stoffen (2 %) GERWIG (2005).

Die mittlere chemische Zusammensetzung noch kleinerer Partikelfractionen zeigt Abbildung 51. Die großen Partikel in der Außenluft (um 10 µm) bestehen zum großen Teil aus aufgewirbeltem Bodenstaub. Im Größenbereich 0,4 – 1,0 µm sind große Anteile von Sulfat, Nitrat und Ammonium enthalten. Die Verursacher können über hunderte von Kilometern entfernt sein, weil Partikel solcher Größe über viele Tage in der Außenluft verweilen können. Je kleiner die Partikel sind, umso mehr nimmt außerdem der Anteil von Rußpartikeln aus Verbrennungsprozessen zu.

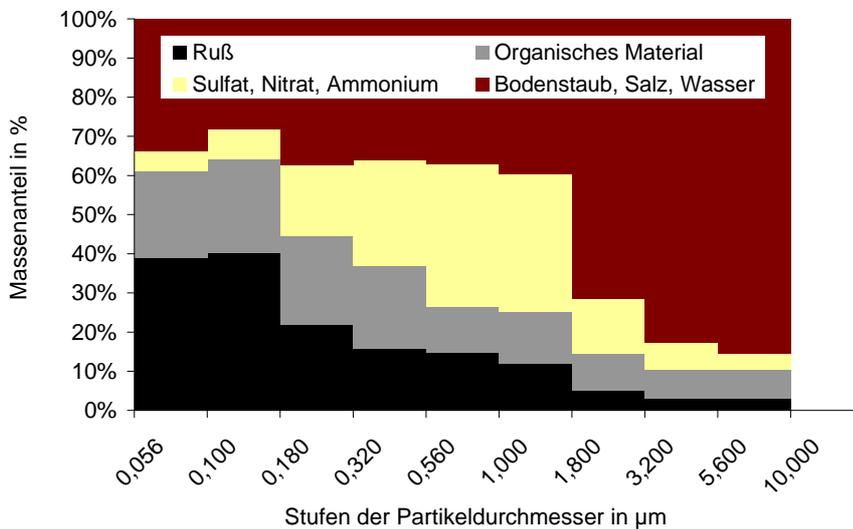


Abbildung 51: Chemische Zusammensetzung nach Partikelfractionen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord

Quelle: Gerwig (2005)

Aus der chemischen Zusammensetzung der Partikel an unterschiedlichen Standorten wurde der Anteil des Kfz-Verkehrs in Abhängigkeit von der Partikelgröße abgeschätzt (GERWIG 2005). Danach stammen Partikel mit einem Durchmesser von etwa 1 µm zu 20 % vom Kfz-Verkehr. Zu kleineren Partikeln hin nimmt der von den Kraftfahrzeugen verursachte prozentuale Anteil

an der Partikelmasse zu. Partikel mit einem Durchmesser von 0,1 µm (ultrafeine Partikel) werden zu 75 % vom Kfz-Verkehr verursacht (HERRMANN et al. 2000).

Untersuchungen im **städtischen Hintergrund** (Messstation Dresden-Winckelmannstraße in den Jahren 2008, 2009) zeigten, dass dort der Einfluss des Straßenverkehrs bereits geringer ist und der Anteil des Ferneintrags deutlich zunimmt (insgesamt geringerer Ruß- und höherer Sulfat/Nitrat/Ammonium-Anteil). Aus dem Vergleich von Werk- und Sonntagen ist aber auch im städtischen Hintergrund der Einfluss des Straßenverkehrs noch deutlich erkennbar (niedrigere Rußanteile an Sonntagen vgl. Abbildung 52 und Abbildung 53) MARTIN (2010).

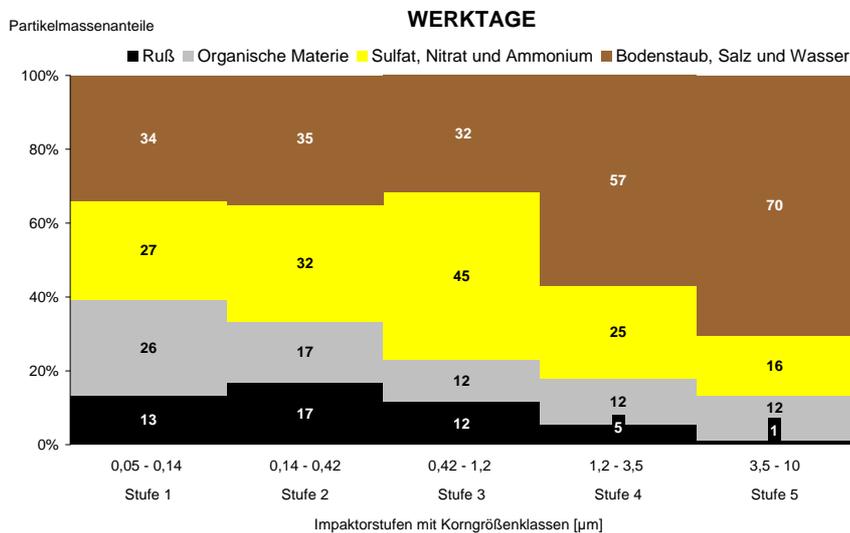


Abbildung 52: Chemische Zusammensetzung nach Partikelfractionen an Werktagen im städtischen Hintergrund (Dresden-Winckelmannstraße)

Quelle: Martin (2010)

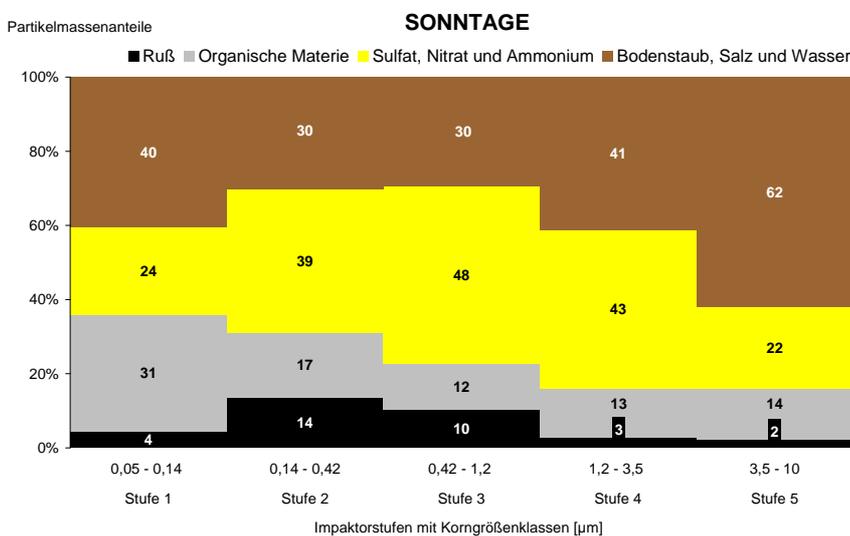


Abbildung 53: Chemische Zusammensetzung nach Partikelfractionen an Sonntagen im städtischen Hintergrund (Dresden-Winckelmannstraße)

Quelle: Martin (2010)

5.3.3 Zeitliche Auflösung von PM₁₀-Konzentrationen

Abbildung 54 zeigt die mittleren Jahressgänge 2003 bis 2010 an einer typischen verkehrsbezogenen Messstation (Dresden-Nord), im städtischen Hintergrund (Dresden-Hintergrund), stadtnah (Radebeul-Wahnsdorf) und im ländlichen Hintergrund (Collm, Schwartenberg). Die PM₁₀-Konzentrationen weisen einen typischen Jahressgang mit höheren Werten im Winter- und niedrigeren im Sommerhalbjahr auf. Dieser ist an verkehrsbezogenen Messstationen am deutlichsten ausgeprägt. Die meisten Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes treten im Winterhalbjahr auf (siehe auch Abbildung 11). Die höchsten Monatsmittelwerte haben März und April, wenn oft nur wenig Regen fällt. Hinzu kommt ggf. auch die beginnende Bodenbearbeitung in der Landwirtschaft.

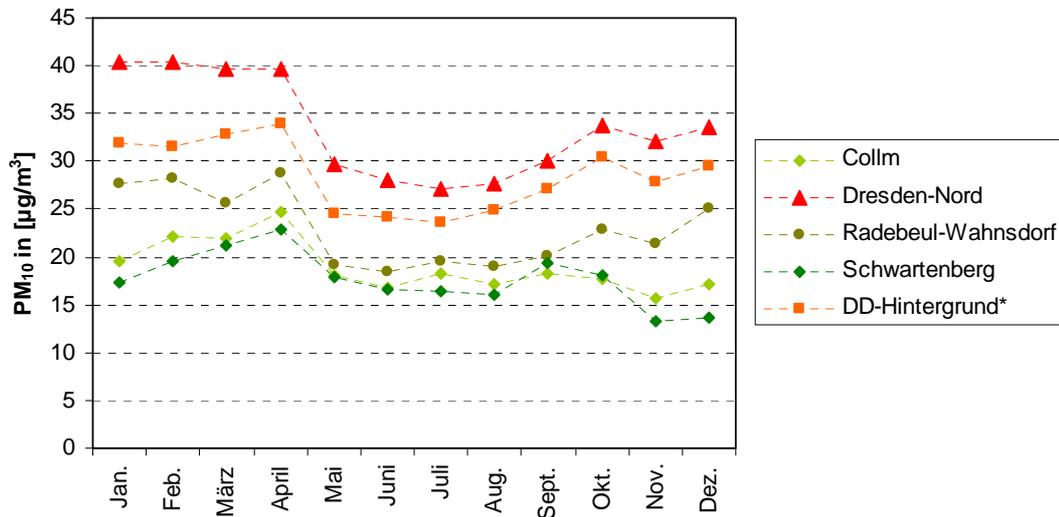


Abbildung 54: Mittlerer Jahressgang der PM₁₀-Konzentrationen (2003–2010)

*Dresden-Hintergrund beinhaltet die Messreihen Dresden-Postplatz 2003-2005, Dresden-Herzogin Garten 2006-Mitte 2008, Dresden-Winkelmannstraße Mitte 2008-2010, weil die Station für den städtischen Hintergrund Dresdens mehrmals umgesetzt werden musste.

Abbildung 55 zeigt den mittleren Wochengang und die Tagesgänge an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Mitte, im städtischen Hintergrund (Leipzig West) sowie im ländlichen Hintergrund (Collm). Die unterschiedliche Verkehrsbelastung (Werktag/Wochenende, Berufsverkehr an Werktagen, Einkaufs- und Freizeitverkehr am Wochenende) ist in der Stadt deutlich zu erkennen. Im ländlichen Hintergrund sind die Konzentrationen ausgeglichener. Im Vergleich mit Abbildung 64 wird auch deutlich, dass sich PM₁₀ in der Außenluft langsamer verteilt als das gasförmige NO₂ (z. B. langsamerer Anstieg der Konzentrationen am Montag). Die PM₁₀-Konzentrationen bauen sich erst über einen längeren Zeitraum auf und auch langsamer wieder ab. Deshalb steigt z. B. die PM₁₀-Konzentration mit wachsender Zahl von Tagen ohne Regen weiter an (Abbildung 56).

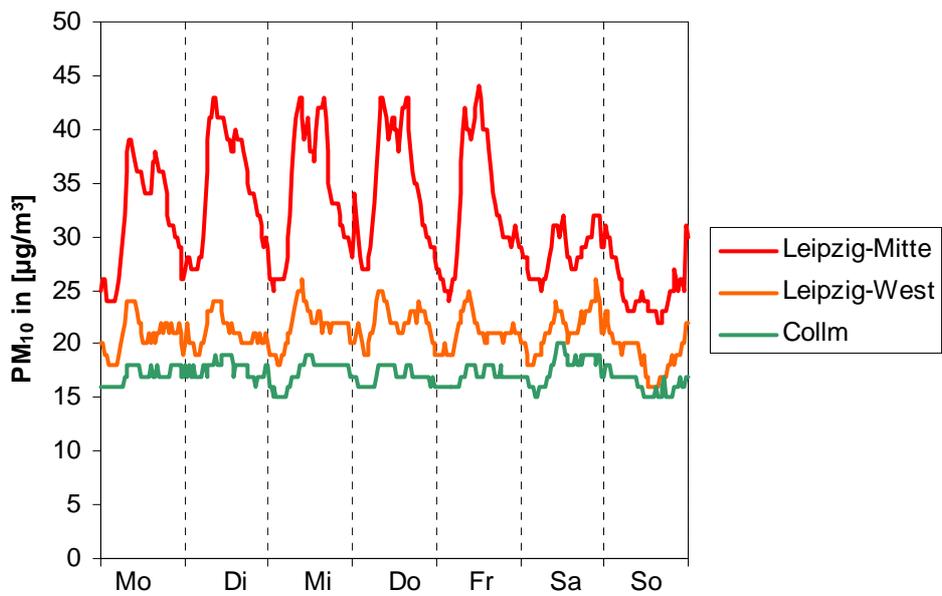


Abbildung 55: Mittlerer Wochen- und Tagesgang der PM₁₀-Konzentrationen (2007–2009)

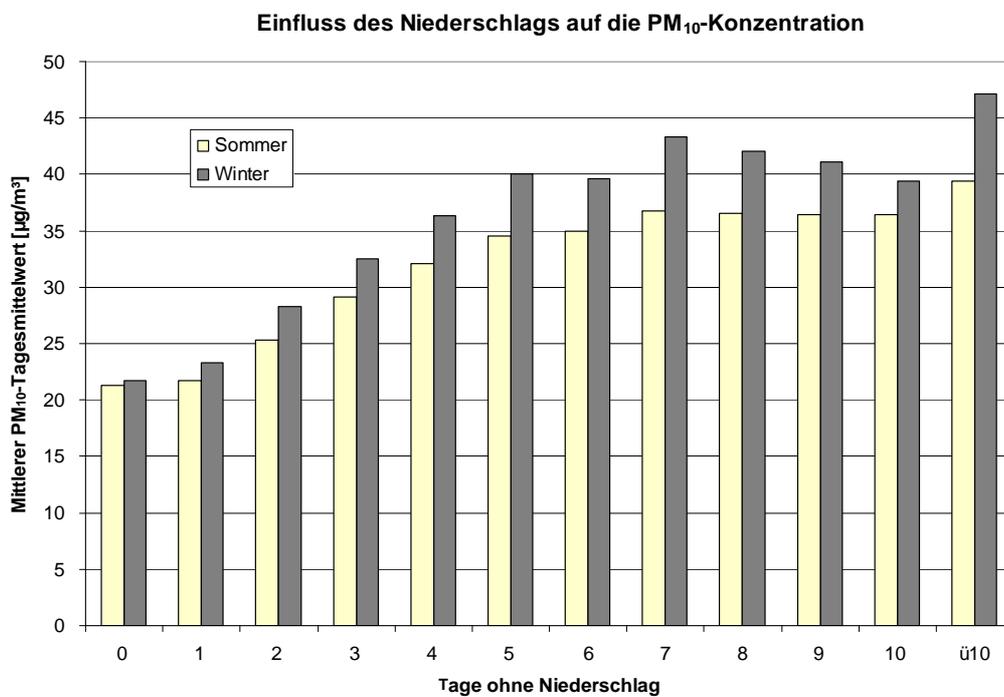


Abbildung 56: PM₁₀-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Anzahl der Tage ohne Regen, alle Stationen (2000–2010)

5.3.4 Zeitliche Auflösung von PM_{2,5}-Konzentrationen

Abbildung 57 zeigt die mittleren PM_{2,5}-Jahresgänge von Messstationen mit mehrjährigen Datenreihen (vgl. auch Abbildung 12). Die PM_{2,5} weisen wie die PM₁₀-Konzentrationen einen typischen Jahresgang mit höheren Werten im Winter- und niedrigeren im Sommerhalbjahr auf. Dieser ist an verkehrsbezogenen Messstationen am deutlichsten ausgeprägt. Die höchsten Monatsmittelwerte treten an städtischen Stationen im Januar und Februar auf.

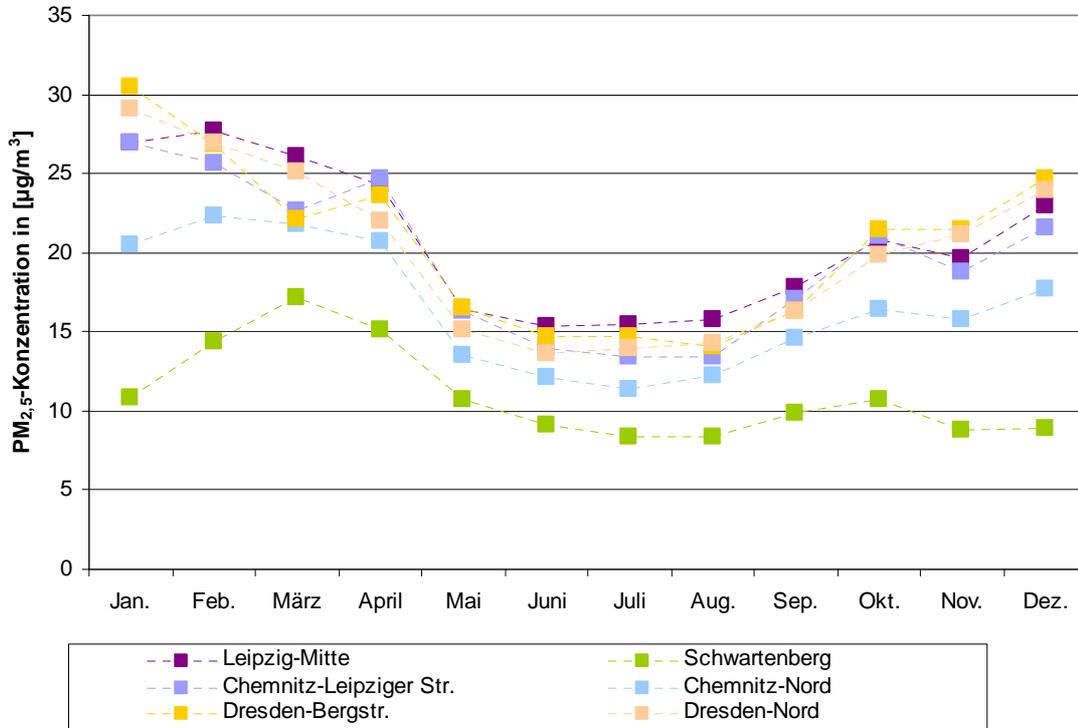


Abbildung 57: Mittlerer Jahresgang der PM_{2,5}-Konzentrationen an länger messenden Stationen

Für den PM_{2,5}-Tagesgang liegen nur die Daten der einjährigen Vergleichsmessung mit vier kontinuierlichen Messgeräten (zwei Typen) im städtischen Hintergrund vor. Der Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren (KleinfILTERGERÄT mit täglichem Filterwechsel) konnte dabei nicht geführt werden (LFULG 2010c). Die Ergebnisse (Abbildung 58, gleiche Skalierung wie bei PM₁₀ in Abbildung 55) sind deshalb mit Vorsicht zu interpretieren. Die höchsten PM_{2,5}-Konzentrationen treten offenbar am Sonnabend von Nachmittag bis Nacht auf. Die Ursachen können nur in Freizeitaktivitäten in der näheren Umgebung der Messstation vermutet werden. Dort befinden sich u. a. ein Studentenklub, ein Parkplatz und aufgelockerte Wohnbebauung (Raucher, PKW-Verkehr, Kamine, Grillfeuer?).

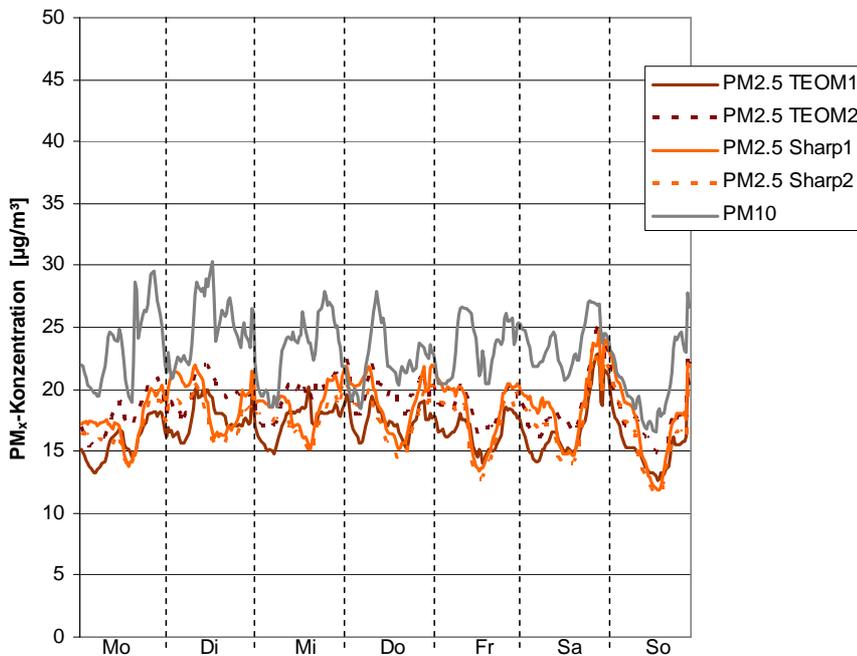


Abbildung 58: Tages- und Wochengang der PM_{2,5}-Konzentrationen mit Vergleich zur PM₁₀-Konzentration im städtischen Hintergrund (Vergleichsmessung Dresden-Winckelmannstraße vom 01.08.2008–01.09.2009)

5.3.5 Anteil von PM_{2,5} im PM₁₀

Im ländlichen Hintergrund (Schwarzenberg) ist der Einfluss des Ferneintrags von Luftschadstoffen am höchsten. Deshalb werden dort höhere Anteile kleinerer Partikelfractionen (hier: PM_{2,5}) im PM₁₀ bestimmt als an städtischen Verkehrsstationen (dort höherer Anteil größerer Partikel aus Aufwirbelung und Abrieb). Der Jahresgang für den Anteil von PM_{2,5} im PM₁₀ zeigt wieder höhere Werte im Winter und niedrigere im Sommer (Abbildung 59). Seit Messbeginn 2003 ist meist eine ganz geringe Tendenz in Richtung abnehmender PM_{2,5}-Anteile zu beobachten (Abbildung 60). Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Tendenz unabhängig von den meteorologischen Bedingungen weiter durchsetzt.

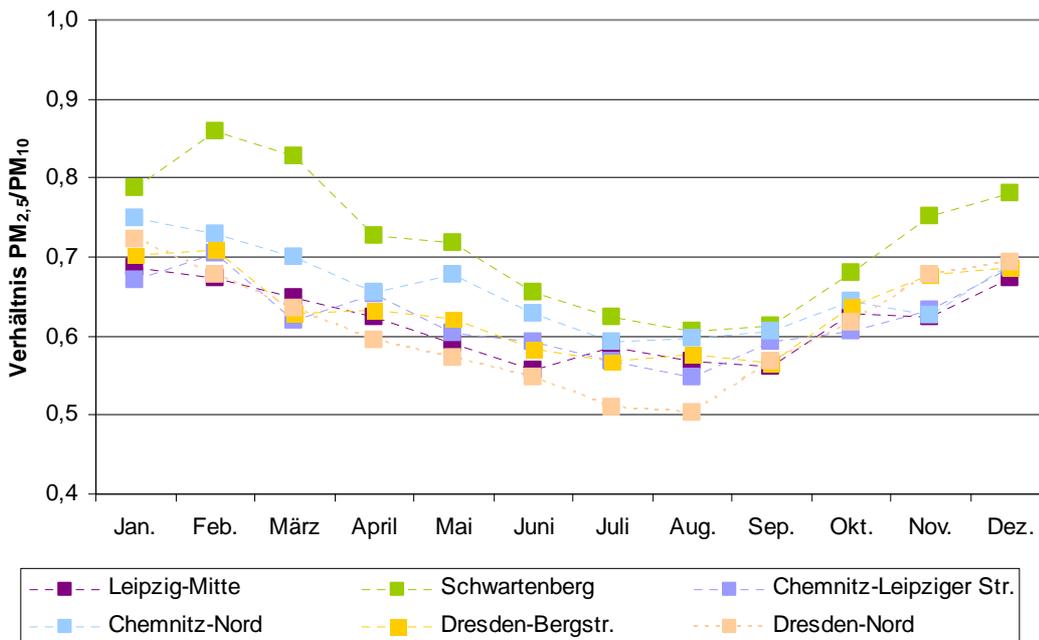


Abbildung 59: Mittlerer Jahresgang des Anteils von PM_{2,5} im PM₁₀ an länger messenden Stationen

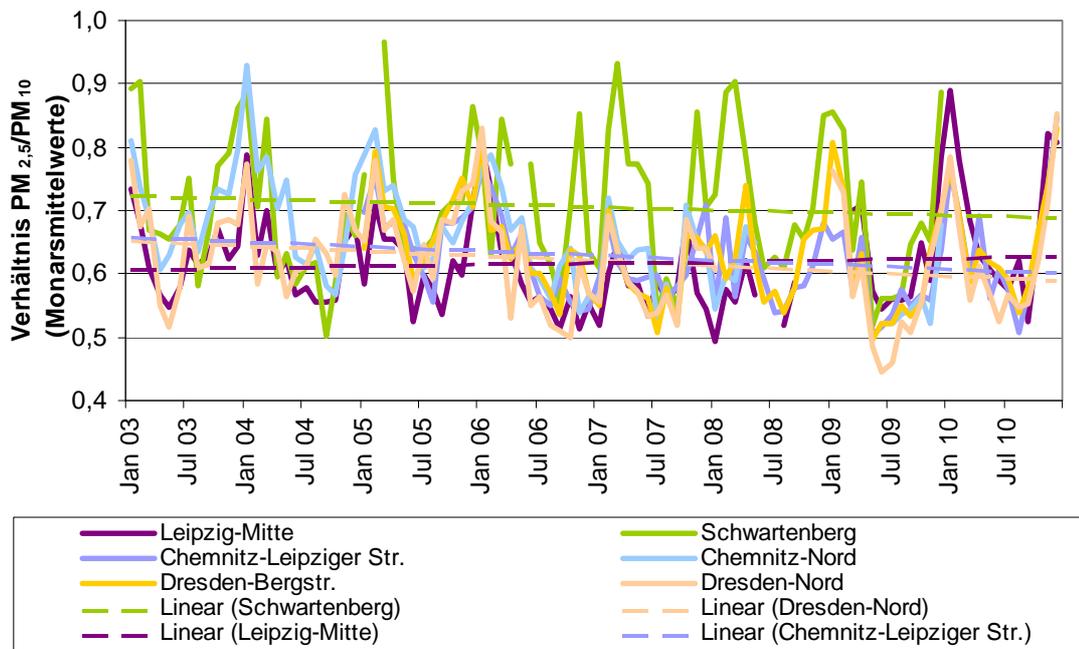


Abbildung 60: Zeitliche Entwicklung des Anteils von $PM_{2,5}$ im PM_{10}

5.4 Tages-, Wochen- und Jahrgang von UFP-Konzentrationen

Die acht Partikelgrößenklassen N1 bis N8, die in der sächsischen Luftgüte-Datenbank gespeichert werden, wurden auf drei wesentliche Partikelgrößenklassen reduziert und entsprechend der dominierenden „Entstehungsgeschichte“ eingeteilt (Tabelle 7).

Die Partikelanzahl zeigt keinen so ausgeprägten Jahrgang wie die anderen Luftschadstoffe. Allenfalls sind in der Klasse mit den größten Partikeln (200 - 800 nm) höhere Werte von Januar bis April erkennbar (Abbildung 61).

Tabelle 7: Festgelegte Partikelgrößenklassen für verkehrsnahen Messort nach BRÜGGEMANN et al. (2008)

Partikelgrößenklasse	Vorkommen ist dominiert durch
PN 3-30nm	<ul style="list-style-type: none"> ■ Photochemisch neu gebildete Aerosolpartikel aus der Gasphase (Nukleationsmode) ■ Straßenverkehrsemission
PN 30-200nm	<ul style="list-style-type: none"> ■ Straßenverkehrsemission ■ Ruß-Straßenverkehrsemission (Aitkenmode) ■ Industrie und Hausbrand
PN 200-800nm	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gealterte Partikel des Aitkenmode ■ Ferntransportierter Anteil (Akkumulationsmode)

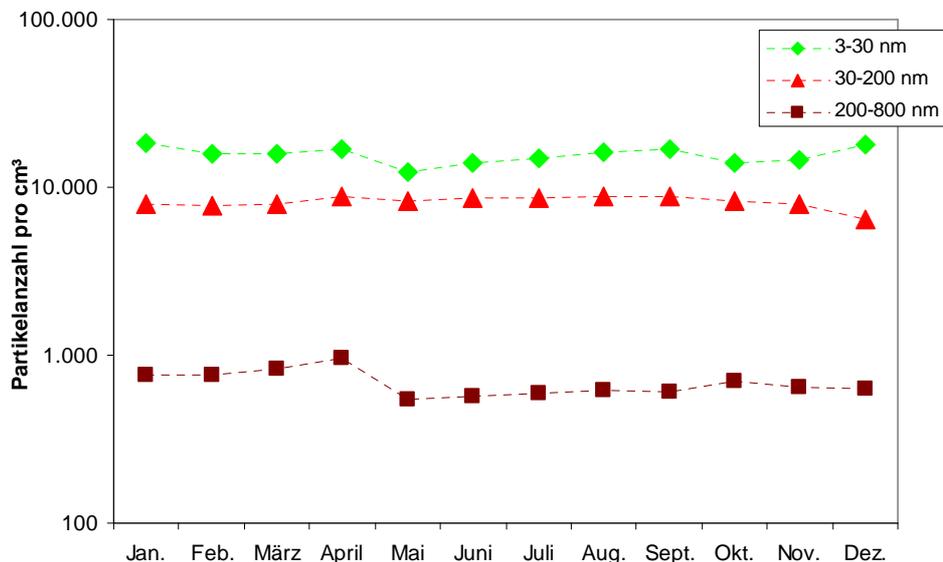


Abbildung 61: Mittlerer Jahrgang der Anzahlkonzentration verschiedener Partikelgrößenklassen an einer verkehrsnahen Messstation (04/2001-02/2011, Dresden-Nord)

Der mittlere Wochengang wird in Abbildung 62 für diese drei Partikelgrößenklassen dargestellt. Die **Partikelgrößenklasse 3 – 30 nm** zeigt einen typischen verkehrsbezogenen Verlauf mit hohen Konzentrationen von Montag bis Freitag, einem Absinken der Konzentration am Samstag und dem Minimum am Sonntag. An den Wochentagen Montag bis Freitag wird eine mittlere Zusatzbelastung von 70 % gegenüber dem Sonntag ermittelt. Die **Partikelgrößenklasse 30-200 nm** besitzt einen ähnlichen Verlauf der Konzentrationen. Von Montag bis Freitag wird ein gleichmäßiger „Aufbaueffekt“ deutlich. Die mittlere Zusatzbelastung in der Woche gegenüber dem Sonntag ist mit 20 % deutlich geringer gegenüber den kleinsten Partikeln von 3-30 nm. Die **Partikelgrößenklasse 200-800 nm** zeigt deutlich geringere Konzentrationen und wird deshalb hier nur wenig empfindlich wiedergegeben. Die Zusatzbelastung in der Woche ist hier um 26 % größer als am Sonntag.

Ein **zeitlich hoch aufgelöster mittlerer Tagesgang der Wochentage** wird für diese drei Größenklassen in Abbildung 63 gezeigt. Die Konzentration der Partikelanzahl der Größenklassen 3-30 nm und 30-200 nm bezieht sich auf die linke Konzentrationsachse. Die Größenklasse 200-800 nm besitzt im Vergleich dazu deutlich geringere Konzentrationen. Deshalb wurde eine zweite Konzentrationsachse mit einer empfindlicheren Skalierung auf der rechten Seite ergänzt.

Der zeitliche Konzentrationsverlauf ist für jede Partikelgrößenklasse verschieden. Gemeinsam ist allen drei Größenklassen ein lokales Minimum der Konzentration in den frühen Morgenstunden (etwa von 2 bis 4 Uhr) eines jeden Tages. Der rasche Anstieg der Partikelkonzentration in der morgendlichen Hauptverkehrszeit ist bei den größten Partikeln (200-800 nm) gering und nimmt in der Amplitude zu, je kleiner die Partikel sind. Am Samstag und Sonntag wird gegenüber den Tagen Montag bis Freitag ein zeitlich veränderter Verlauf und eine geringere Amplitude, insbes. der Partikelklassen 3-30 nm festgestellt. Diese Änderungen sind eng durch die Veränderungen der Anzahl und Flotte der vorbeifahrenden Kfz verbunden. Der Anstieg der Partikelanzahl am Sonnabend Abend/Nacht in der Klasse 30-200 nm, in der auch die primären Partikelemissionen der Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter enthalten sind, wird wahrscheinlich durch Freizeitaktivitäten verursacht. Ein ähnlicher Effekt wird auch bei PM_{2,5} beobachtet (Abbildung 58).

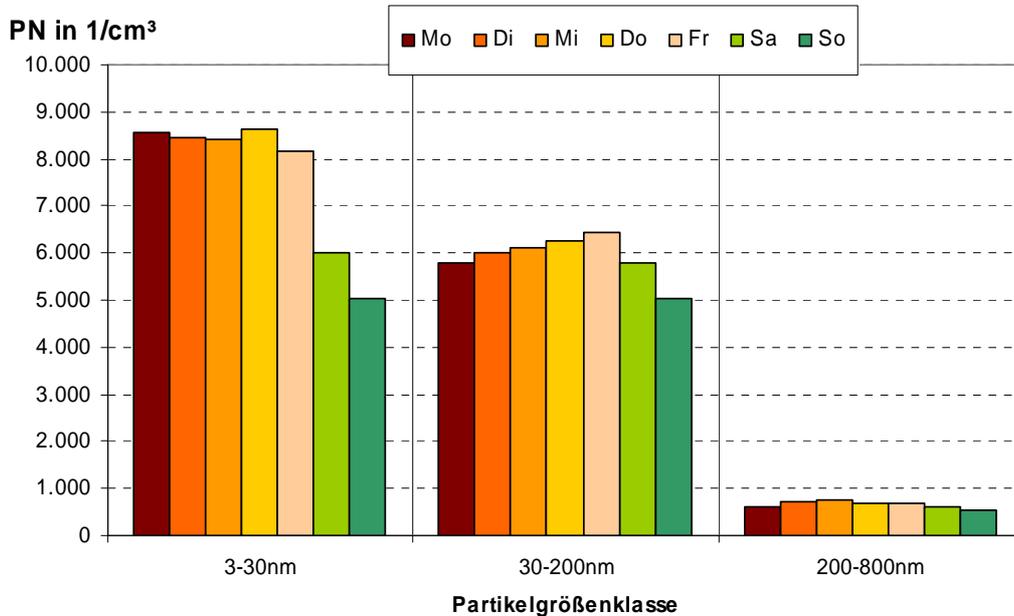


Abbildung 62: Mittlerer Wochengang der Konzentration für drei Partikelanzahlklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord im Jahr 2010

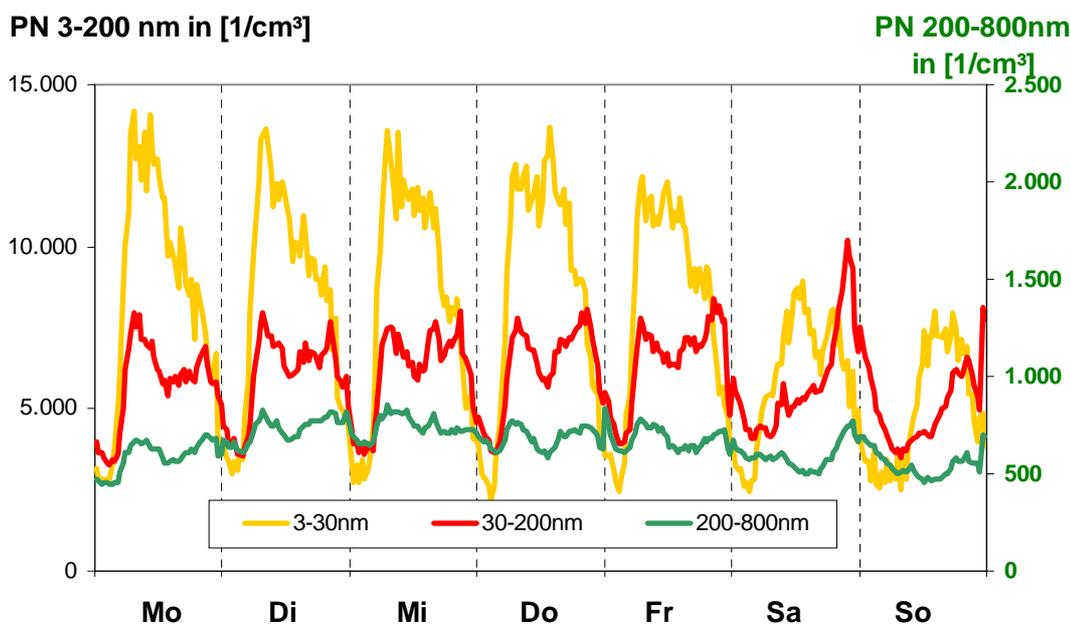


Abbildung 63: Zeitlich hoch aufgelöster mittlerer Wochengang der Konzentration für drei Partikelanzahl-Größenklassen an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord im Jahr 2010

5.5 Tages-, Wochen- und Jahrgang von NO₂-Konzentrationen

Abbildung 64 zeigt die mittleren Jahrgänge 2000 bis 2010 an einer typischen verkehrsbezogenen Messstation (Dresden-Nord), im städtischen Hintergrund (Dresden-Hintergrund), stadtnah (Radebeul-Wahnsdorf) und im ländlichen Hintergrund (Collm, Schwarzenberg). Die NO₂-Konzentrationen weisen einen typischen Jahrgang mit höheren Werten im Winter- und niedrigeren im Sommerhalbjahr auf. Dieser ist im städtischen und ländlichen Hintergrund am deutlichsten ausgeprägt.

An verkehrsbezogenen Messstationen dominieren die auf einem höheren Niveau liegenden NO_x -Emissionen des Straßenverkehrs die NO_2 -Belastung (DIEGMANN et al. 2011). Hinzu kommt die in sonnenscheinreichen Sommermonaten unter Abbau von Ozon schneller verlaufende Umwandlung frischer NO -Emissionen zu NO_2 . Im Hintergrund steht für den Abbau von Ozon sehr viel weniger NO zur Verfügung (Abbildung 65)⁷.

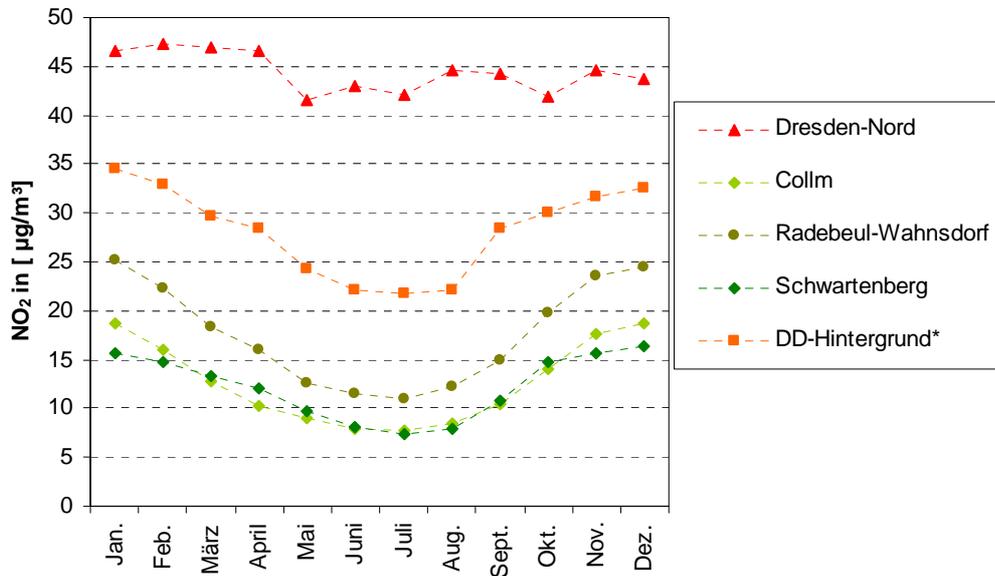


Abbildung 64: Mittlerer Jahresgang der NO_2 -Konzentrationen an unterschiedlichen Messstationen (2000–2010)

*Dresden-Hintergrund beinhaltet die Messreihen Dresden-Postplatz 2000-2005, Dresden-Herzogin Garten 2006-Mitte 2008, Dresden-Winkelmannstraße Mitte 2008-2010, weil die Station für den städtischen Hintergrund Dresdens mehrmals umgesetzt werden musste.

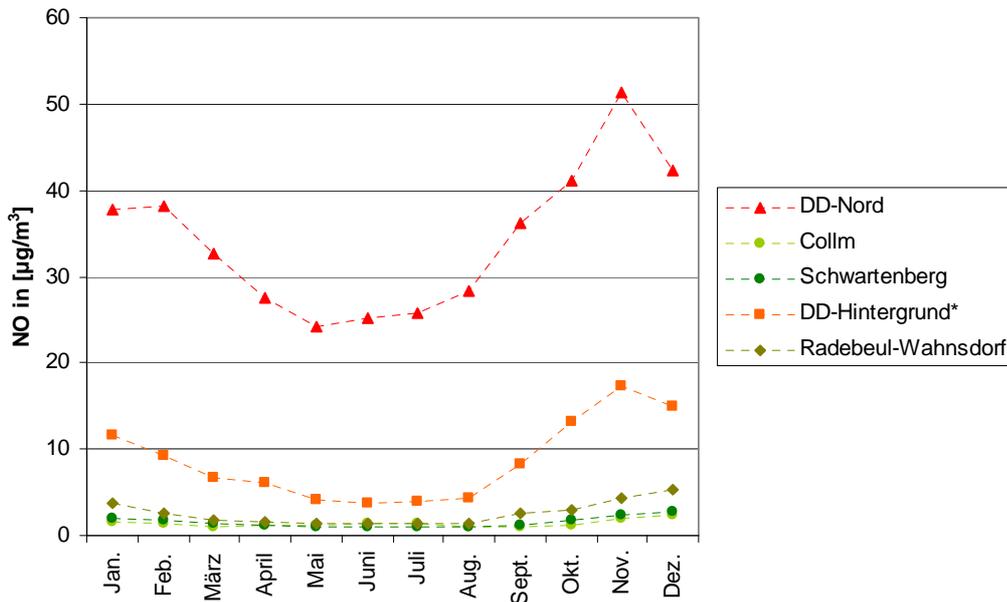


Abbildung 65: Mittlerer Jahresgang der NO -Konzentrationen an unterschiedlichen Messstationen (2000–2010)

*Dresden-Hintergrund beinhaltet die Messreihen Dresden-Postplatz 2000-2005, Dresden-Herzogin Garten 2006-Mitte 2008, Dresden-Winkelmannstraße Mitte 2008-2010, weil die Station für den städtischen Hintergrund Dresdens mehrmals umgesetzt werden musste.

⁷ Deshalb gibt es dort im Sommer höhere Ozonbelastungen.

Abbildung 66 zeigt den mittleren NO₂-Wochengang und die NO₂-Tagesgänge an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Mitte, im städtischen Hintergrund (Leipzig West) sowie im ländlichen Hintergrund (Collm). Die unterschiedliche Verkehrsbelastung (Werktag/Wochenende, Berufsverkehr an Werktagen, Einkaufs- und Freizeitverkehr am Wochenende) ist in der Stadt deutlich zu erkennen. Erst im ländlichen Hintergrund sind die Tagesmittel relativ ausgeglichen. Im Vergleich mit Abbildung 55 wird auch deutlich, dass sich das gasförmige NO₂ schneller in der Außenluft verteilt als PM₁₀ (z. B. schnellerer Anstieg der Konzentrationen am Montag). Die PM₁₀-Konzentrationen bauen sich dagegen über einen längeren Zeitraum auf und auch langsamer wieder ab.

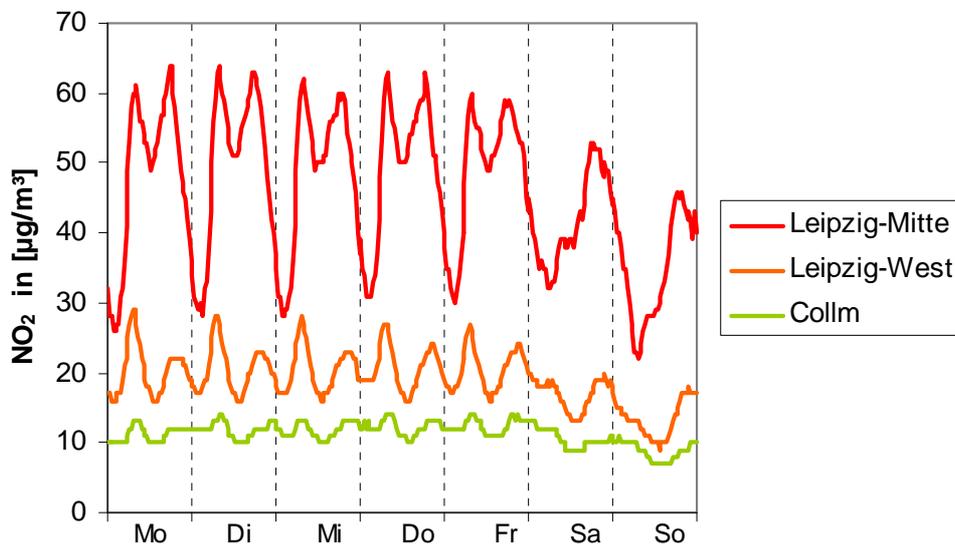


Abbildung 66: Mittlerer Wochen- und Tagesgang der NO₂-Konzentrationen (2007–2009)

5.6 Erläuterung der Abzugsmöglichkeiten für PM₁₀-Überschreitungstage

5.6.1 Winterdienst

In EUROPEAN COMMISSION (2011a) sind Beispiele zur Berechnung der Beiträge des Winterdienstes enthalten. Dessen Einfluss ist für jeden einzelnen Überschreitungstag nachzuweisen. Die Untersuchungen müssen unter Hinweis auf Art. 21 der RL 2008/50/EG im Internet veröffentlicht werden.

Es kommen die Auswirkungen der Ausbringung von Tausalzen oder von Streusand bzw. -splitt in Betracht. Bei Verwendung von **Tausalz** ist der Chloridgehalt im PM₁₀ an der verkehrsnahen Messstation zu bestimmen und davon der Hintergrundgehalt der Luft an Chlorid (Seesalz, sonstige Quellen) abzuziehen. Aus der Differenz ist mit Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des verwendeten Tausalzes die Masse zu berechnen. Diese kann vom gemessenen PM₁₀-Tagesmittelwert abgezogen werden.

Erste Untersuchungen in Sachsen im Dezember 2010 (Vergleich der Stationen Collm [Hintergrund] und Zittau [Tausalz]) haben gezeigt, dass der Tausalzausbringung höchstens 2 % der PM₁₀-Masse zugerechnet werden konnten. Dies reichte in keinem Fall für die Reduzierung der Überschreitungstage aus.

Zum Einfluss von **Streusand bzw. -splitt** auf den PM_{10} -Tagesmittelwert liegen vor allem Erfahrungen aus Nordeuropa vor. Danach könnten 50 % der groben Fraktion ($PM_{10}-PM_{2,5}$) unter folgenden Voraussetzungen vom PM_{10} -Tagesmittelwert abgezogen werden:

- Streumaterial wurde ausgebracht und ist noch auf der Straße oder den angrenzenden Fußwegen verblieben.
- Die Straßenoberfläche ist trocken (hilfsweise: kein Niederschlag, keine geschlossene Schneedecke).
- Das Verhältnis $PM_{2,5}/PM_{10}$ ist gleich oder kleiner 0,5.

Für Mitteleuropa gibt es bisher kaum Untersuchungen. Die Dokumentation des Winterdienstes und des Straßenzustandes sind aufwändig. Erste Auswertungen für Sachsen ergaben, dass relevante Beiträge durch Streusand bzw. -splitt nicht nachgewiesen werden können. $PM_{2,5}$ -Anteile im PM_{10} gleich oder kleiner 0,5 treten eher im Sommer auf (Beispiel für die Dresdner Messstationen und die Hintergrundstation Collm in Abbildung 67): Dann gibt es aber keinen Winterdienst und auch die PM_{10} -Tagesmittelwerte sind eher niedrig (Abbildung 68).

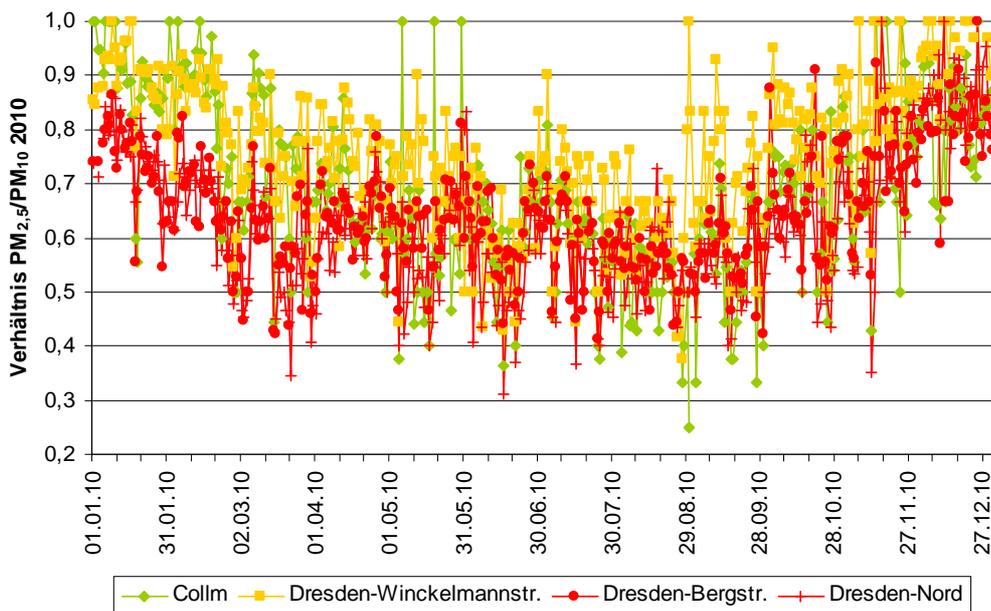


Abbildung 67: Anteil $PM_{2,5}$ im PM_{10} 2010 in Dresden und auf dem Collm

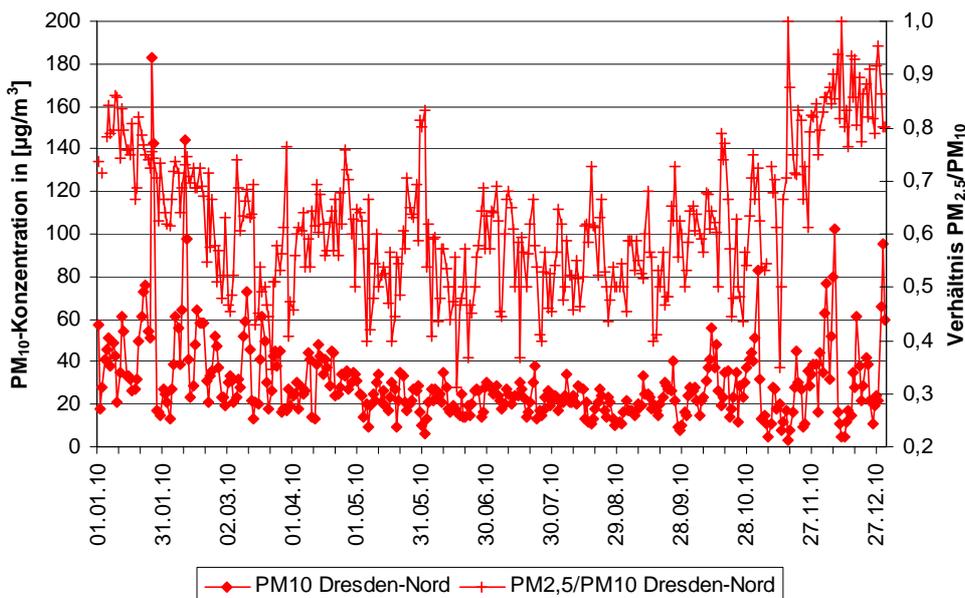


Abbildung 68: Anteil $PM_{2,5}$ im PM_{10} und PM_{10} -Tagesmittelwerte in Dresden-Nord 2010

5.6.2 Natürliche Quellen

In EUROPEAN COMMISSION (2011b) sind Prinzipien und Beispiele zur Berechnung der Beiträge aus verschiedenen natürlichen Quellen enthalten. Die Abzüge sind für jeden Überschreitungstag nachzuweisen. Die Untersuchungen müssen unter Hinweis auf Art. 21 der RL 2008/50/EG im Internet veröffentlicht werden. Unter folgenden Voraussetzungen können Beiträge aus natürlichen Quellen vom PM₁₀-Tagesmittelwert abgezogen werden:

- Der Beitrag wird nicht direkt oder indirekt von menschlichen Aktivitäten verursacht.
- Die Quantifizierung des natürlichen Anteils ist ausreichend genau und georeferenziert.
- Der quantifizierte natürliche Anteil und der Grenzwert beziehen sich auf denselben Mittelungszeitraum.
- Das Verfahren zur Abschätzung des Beitrages aus natürlichen Quellen ist nachvollziehbar.
- Die Beiträge werden für jede Quelle extra berechnet.

Überschreitungstage infolge von PM₁₀-Beiträgen durch

- Transport natürlicher Partikel aus Trockengebieten
- Vulkanausbrüche und seismische Aktivitäten
- Seesalz
- Waldbrände

können „gestrichen“ werden. Diese Aufzählung ist nicht abschließend. Nicht abzugsfähig sind dagegen z. B. Wiederaufwirbelung, primäre biologische Aerosolpartikel und sekundäres organisches Aerosol.

In Sachsen haben natürliche Quellen bisher kaum eine Rolle gespielt. Auch der Vulkanausbruch in Island 2010 hat hier nicht zu messbaren Erhöhungen der PM₁₀-Konzentration geführt. Der Beitrag durch Seesalz ist – wie stichprobenartige Untersuchungen bisher zeigten - sehr gering. Dessen Nachweis würde außerdem u. a. die tägliche Analyse der Natrium- oder der Chlorid-Ionen an mehreren Messstationen erfordern. Staub aus Trockengebieten (z. B. Sahara) erreichte bisher höchstens an ein bis zwei Tagen im Jahr Sachsen. Ob dies dann zur Grenzwertüberschreitung führt, wird im Einzelfall geprüft. Es ist schwierig, bei solchen Episoden indirekte menschliche Aktivität als Ursache auszuschließen. Beispielsweise konnten als Quellen für die eindrucksvolle PM₁₀-Episode vom März 2007 erst nach aufwändigen Untersuchungen in mehreren europäischen Ländern noch vegetationslose landwirtschaftliche Flächen in der Ukraine identifiziert werden. Diese Episode hätte also nicht den natürlichen Quellen zugerechnet werden können.

5.7 Kleinf Feuerungsanlagen

Kleinf Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe sind eine wesentliche bodennahe Quelle nicht nur für Feinstaub, sondern auch für organische Stoffe, z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Dioxine/Furane. Infolge der Förderung des Klimaschutzgedankens⁸, des Preisanstieges für Öl und Gas sowie der gewachsenen Komfortansprüche (Kamine als Zusatzheizung zur Verbesserung der Gemütlichkeit) war die zunehmende Nutzung von Holz als Brennstoff zu erwarten. Es lagen dafür nur relativ pauschale Daten vor. Mit einer Befragung im Schornsteinfegerhandwerk Sachsens wurden dann der Bestand und die Nutzung von Holzkleinf Feuerungsanlagen für die Jahre 2007/2008 in repräsentativen Kehrbezirken ermittelt und für ganz Sachsen hochgerechnet (LfULG 2010a). Die wichtigsten Erkenntnisse für die Luftreinhalteplanung daraus sind:

- Holzkleinf Feuerungsanlagen haben einen größeren Anteil an der PM₁₀-Emission in Sachsen als zuvor angenommen.
- Das meiste Brennholz (80 %) wird in ländlichen Gebieten eingesetzt. Das beeinflusst die regionale Hintergrundbelastung und hat deshalb auch Auswirkungen auf die PM₁₀-Grenzwertüberschreitungen in den Städten.

⁸ Holz wird bei der Verbrennung als CO₂-neutral betrachtet.

- Die Holzkleinfeuerungsanlagen in den Städten mit Luftreinhalteplan leisten keinen wesentlich höheren Beitrag zur PM₁₀-Belastung als bisher angenommen.

Abschätzungen aus Stichprobenmessungen an der städtischen Hintergrundstation Dresden-Winckelmannstraße ergaben, dass die Verbrennung von Holz an Sonntagen im Winter durchschnittlich bis ca. 3,4 µg/m³ PM₁₀ (ca. 10 %) zur PM₁₀-Belastung beitragen kann. Diese Belastung stammt aus lokalen, regionalen und überregionalen Quellen. Maßnahmen zur Verringerung sind deshalb nicht einfach zu entwickeln und umzusetzen. Mit der Novellierung der 1. BImSchV wurde das Problem aufgegriffen. Die wiederholte Information der Bevölkerung zum richtigen Heizen mit Holz⁹ sowie die Einschränkung von Brauchtumsfeuern und Pflanzenabfallverbrennung bleiben aber wichtig.

⁹ z. B. Beratung durch Schornsteinfeger, Ofenbauer bzw. -verkäufer; Broschüre LfULG 2010b; Öffentlichkeitsarbeit der lokalen Behörden

6 Literaturverzeichnis

- ALGERS, S. (2007): The Stockholm Congestion Charging Trial, Transport Research Conference, Monte Verità, abgerufen am 20.01.2011 unter http://www.strc.ch/conferences/2007/2007_algers.pdf, Swiss.
- ARE (2004): Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz, Aktualisierung für das Jahr 2000, abgerufen am 12.01.2011 unter <http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html?lang=de>, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- ARE (2008): Externe Kosten des Verkehrs, Aktualisierung für das Jahr 2005, herunterladbar (12.01.2011) unter <http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/index.html?lang=de>, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- AUTORENKOLLEKTIV (2010): aktiv – Adaptive und kooperative Technologien für den intelligenten Verkehr, abgerufen am 11.04.2011 unter <http://www.aktiv-online.org/>.
- BAST (2010): MARLIS - Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft in Bezug auf Immissionen an Straßen, Version 2.0, Bundesanstalt für Straßenwesen, kostenfreie CD bestellbar unter http://www.bast.de/nn_42544/DE/Publikationen/Datenbanken/MARLIS/MARLIS.html.
- BAST (2011): Einfluss innerörtlicher Grünflächen und Wasserflächen auf die PM₁₀-Belastung, abgerufen am 06.04.2011 unter http://www.bast.de/cln_016/nn_622184/sid_2896CD89C23EDC7C7E44E9EA28F4B2DF/DE/Publikationen/Forschung-kompakt/2011-2010/2011-03.html
- BAYER, T.; EIFERT, K.; EHRlich, C.; ZIMMERMANN, U. & ALBRECHT, W. (2011): Versuchsweiser Einsatz von Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) zur Reduzierung verkehrsbedingter Feinstaubemissionen in Halle (Saale) – Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 5/2011, S. 221-226.
- BIRMILI, W. & ENGLER, C. (2011): Studie zur Charakterisierung und Quantifizierung der räumlichen Herkunft der PM₁₀-Belastung an hoch belasteten Orten, Ausarbeitung für das Umweltbundesamt, Fachgebiet II 4.2, Förderkennzeichen 312 01 283, unveröff.
- BRÜGGEMANN, E.; GNAUK, T.; HERRMANN, H.; MÜLLER, K.; BIRMILI, W.; ENGLER, C.; WEINHOLD, K. & WIEDENSOHLER, A. (2008): Einfluss des Ferneintrages auf die Feinstaubbelastung im Ballungsraum. Abschlussbericht des Leibniz – Institutes für Troposphärenforschung e.V. im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, [http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/1_Kurzfassung_\(8_Seiten\).pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/1_Kurzfassung_(8_Seiten).pdf)
- BUNDESUMWELTMINISTERIUM (2007): Kleinf Feuerungsanlagen, Gesundheitliche Wirkung von Feinstaub aus der Holzverbrennung, abgerufen am 11.01.2011 unter http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/bimschv1_hg_gesundheit.pdf (1)
- CITEAIR (2011): Jährlicher Luftqualitätsindex von Padua, am 05.04.abgerufen unter http://www.airqualitynow.eu/comparing_city_annual.php?padova.
- CUELENAERE, R. (2011): Real Driving Emissions: the impact on air quality, Vortrag zur 3. Beratung der CARS 21 Working group am 15.04.2011, abgerufen am 26.04.2011 unter http://circa.europa.eu/Public/irc/enterprise/automotive/library?l=/cars_working_groups/internal_emissions/meeting_1504_2011/presentatie_cars21/_EN_1.0_&a=d
- DE LEEUW, F.; JIMMINK, B.; NOORDIJK, E.; OSTATNICKÁ, J. & COŇKOVÁ, M. (2010): Reporting on ambient air quality assessment in the EU Member States, 2008; ETC/ACC Technical Paper 2010/11, abgerufen am 04.04.2011 unter http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs/ETCACC_TP_2010_11_AQQ2008.pdf
- DIEGMANN, V.; NEUNHÄUSERER, L.; WURSTHORN, H. & STEVEN, H. (2011): NO₂-Belastung in Sachsen, Forschungsbericht im Auftrag des LfULG, Schriftenreihe, Heft 5/2011, <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/23757.htm>.
- DBU (2010): Verbesserung der Luftqualität durch photokatalytische Pflastersteine, Abschlussbericht, Az 25306, Fulda und Schmallebenberg, verfügbar unter <http://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-25306.pdf>.
- DLR/ESA (ohne Jahresangabe): Erdbeobachtung und Fernerkundung, abgerufen am 01.04.2011 unter http://www.dlr.de/next/Portaldata/69/Resources/downloads/9_downloads/Fernerkundung_Erdbeobachtung_Schuelerheft.pdf.
- DÜRING, I. (2010): Hilft Tempo 30 gegen Feinstaub? Ergebnisse des FE 77.486/2006 des BMVBS „Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM₁₀-Belastung an Straßen“, Vortrag zum Pillnitzer Gespräch am 24.02.2010, verfügbar unter http://www.smul.sachsen.de/lfulg/download/Duering.FOPS_Pillnitzer_Gespraech_neu.pdf
- EUROPEAN COMMISSION (2011a): establishing guidelines for determination of contributions from the re-suspension of particulates following winter sanding or salting of roads under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for

- Europe, COMMISSION STAFF WORKING PAPER, 15.02.2011, abgerufen am 01.04.2011 unter <http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/11/st06/st06775.en11.pdf>.
- EUROPEAN COMMISSION (2011b): establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe, COMMISSION STAFF WORKING PAPER, 15.02.2011, abgerufen am 01.04.2011 unter http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/sec_2011_0208.pdf
- EEA (2011): Do lower speed limits on motorways reduce fuel consumption and pollutant emissions?, abgerufen am 01.04.2011 unter <http://www.eea.europa.eu/themes/transport/speed-limits>
- EUROPÄISCHE KOMMISSION, Presseportal Europa vor Ort, „Fragen und Antworten zum Thema Feinstaub“, abgerufen am 27.09.2010 unter presseportal.eu-kommission.de/index.php?id=99
- EUROPA – PRESS RELEASES RAPID (18.03.2010): Luftqualität: Weitere Maßnahmen der Kommission gegen Feinstaubpartikel- und Schwefeldioxid-Emissionen in den Mitgliedsstaaten, IP/10/315, abgerufen am 04.04.2010 unter <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/315&format=HTML&aged=1&language=DE&guiLanguage=en>
- EUROPA – PRESS RELEASES RAPID (24.11.2010a): Umwelt: Klage gegen Zypern, Italien, Portugal und Spanien wegen Verstoßes gegen EU-Vorschriften zur Luftqualität, IP/10/1586, abgerufen am 04.04.2011 unter <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/1586&format=HTML&aged=1&language=DE&guiLanguage=en>.
- EUROPA – PRESS RELEASES RAPID (24.11.2010b): Umwelt - Luftqualität: Kommission fordert von neun Mitgliedstaaten Maßnahmen zur Umsetzung der geänderten Rechtsvorschriften, IP/10/1577, abgerufen am 04.04.2011 unter <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/1577&format=HTML&aged=1&language=DE&guiLanguage=en>.
- EUROPA – PRESS RELEASES RAPID (16.02.2011a): Umwelt: EU-Kommission fordert Polen und Belgien zur Umsetzung der Luftqualitätsvorschriften auf, IP/11/172, abgerufen am 04.04.2011 unter <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/11/172&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>.
- EUROPA – PRESS RELEASES RAPID (16.02.2011b): Umwelt: Kommission fordert von Lettland Einhaltung der Luftqualitätsvorschriften, IP/11/169, , abgerufen am 04.04.2011 unter <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/11/169&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>.
- EUROPA – PRESS RELEASES RAPID (19.05.2011): Umweltschutz: Kommission verklagt Frankreich wegen Nichtbeachtung der EU-Vorschriften für die Luftqualität, IP/11/956, abgerufen am 31.05.2011 unter <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/11/956&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>.
- GERWIG, H. (2005): Korngrößendifferenzierte Feinstaubbelastung in Straßennähe in Ballungsgebieten Sachsens, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden.
- GEVAS SOFTWARE (2008): Verkehrsoptimierung mit Genetischen Algorithmen, Kommunikation zwischen Ampel und Auto, abgerufen am 11.04.2011 unter <http://www.travolution-ingolstadt.de/index.php?id=57>.
- GRAFF, A. (2011): Luftqualität in Deutschland, Vortrag zum Deutsch-Polnischen Treffen über grenzüberschreitende Luftverschmutzung am 10.05.2011, Warschau.
- GROMKE, C., RUCK, B. (2006) Influence of trees on the dispersion of pollutants in an urban street canyon—Experimental investigation of the flow and concentration field, Atmospheric Environment, Volume 41, Issue 16, May 2007, Pages 3287-3302.
- GROMKE, C., RUCK, B. (2009) Effects of trees on the dilution of vehicle exhaust emissions in urban street canyons, International Journal of Environment and Waste Management, Issue: Volume 4, Number 1-2 / 2009, Pages 225 – 242.
- HINNEBURG, D.; RENNER, E.; WOLKE, R.; HEINRICH, B.; SCHRÖDER, W. & THEISS, D. (2005): Modellierung der Sekundärpartikelbildung und –ausbreitung von Großfeuerungsanlagen in Sachsen, Forschungsbericht im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Abschlussbericht-Modellierung-Sekundaerpartikel-GFA-05-12.pdf>.
- HAUSBERGER, S. ; REXEIS, M. & ZALLINGER, M. (2010): NO_x- und NO₂-Emissionen von aktuellen und zukünftigen Kraftfahrzeugen. Vortrag der Veranstaltung „Herausforderung NO₂-Immissionen – Gesetzgebung, Luftbelastung, Lösungen“, Heidelberg

- März 2010, abgerufen am 15.09.2010 unter
<http://www.no2-tagung2010.de/resources/NO2%20Tagung%2020100304%20HD%20Hausberger.pdf>
- HERRMANN, H.; BRÜGGEMANN, E.; FRANCK, U.; GNAUK, T.; LÖSCHAU, G.; MÜLLER, K.; PLEWKA, A.; SPINDLER, (2006): A source study of PM in Saxony by size-segregated characterisation. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 55, S. 103-130.
- HERRMANN, H.; BRÜGGEMANN, E.; FRANCK, U.; GNAUK, TH.; MÜLLER, K.; NEUSÜß, CH.; PLEWKA, A.; SPINDLER, G.; STÄRK, H.-J.; WENNRICH, R. (2000): Korngrößendifferenzierte Identifikation der Anteile verschiedener Quellgruppen an der Feinstaubbelastung. Abschlussbericht des Forschungsprojektes des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden.
- KANAKIDOU, M., K. TSIGARIDIS, F, DENTENER, J., CRUTZEN, J.: Human-activity-enhanced formation of organic aerosols by biogenic hydrocarbon oxidation, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 105(D7), 9243–9354, 2000.
- KASANG, D. (2008): Aerosole, abgerufen am 20.04.2011 unter <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Aerosole>.: Darstellung nach Platt, U., T. Röckmann (2004): *Physik der Atmosphäre I* (<http://www.iup.uni-heidelberg.de/institut/studium/lehre/Atmosphaerenphysik/script2/>), hier *Aerosole* (<http://www.iup.uni-heidelberg.de/institut/studium/lehre/Atmosphaerenphysik/script2/script2/Aerosole.pdf>); ursprünglich nach Jänicke, R. (1978: Über die Dynamik atmosphärischer Aitkenteilchen, *Ber. Bunsen Ges. Phys.Chem.*, 82, 1198–1202.).
- KOHOUTEK, S. (2009): Wirkungen modellbasierter Steuerungsverfahren – Umweltbezogene Wirkungen –, AMONES-Symposium, Berlin 2009, abgerufen am 11.11.2010 auf www.mobilitaet21.de/mehr-informationen/amonessymposium/programm.html.
- KRAFT, M., EIKMANN, T., KAPPOS, A. et al. (2004): Wirkungen von Stickstoffdioxid auf die menschliche Gesundheit – Ableitung eines gesundheitsbezogenen Kurz- und Langzeitwertes. *J. Umweltmed Forsch Prax* 9: 65 – 77.
- LAI (2010): Fortschreibung des Berichtes zur Bewertung verkehrsbezogener Minderungsmaßnahmen, Stickstoffdioxid (NO₂)-Belastungen in der Bundesrepublik Deutschland, Sachstand - Ursachen - Minderungsmaßnahmen im Verkehrsbereich, Stand September 2010, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, http://www.lai-immissionsschutz.de/servlet/is/20171/LAI_Bericht_Stickstoffdioxid.pdf?command=downloadContent&filename=LAI_Bericht_Stickstoffdioxid.pdf, abgerufen am 12.01.2010.
- LAND STEIERMARK (2009): Gemeindeinformation zum Thema Feinstaub PM₁₀, http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11118724_8549963/72474259/PM10%20Information_Luftreinhaltung_Graz.pdf, Graz, 29.6.2009.
- LANDRATSAMT VOGTLANDKREIS (2009): Luftreinhalteplan für die Stadt Plauen, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm>.
- LANUV (2010): Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid im Zusammenhang mit der Luftreinhalteplanung, abgerufen am 30.03.2011 auf http://www.lanuv.nrw.de/gesundheit/schadstoffe/gesundheitliche_wirkungen.pdf
- LANUV (2011): Feinstaubkohortenstudie Frauen in NRW, Langfristige gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub, Folgeuntersuchungen bis 2008, LANUV-Fachbericht 31, Recklinghausen, abgerufen am 04.04.2011 auf <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/fachberichte/fabe31/fabe31start.htm>
- LÄMMER, S., (2010), "Flüssiger Verkehr – die Ampel von morgen", Vortrag zur Veranstaltung Pillnitzer Gespräch „Zu viel Feinstaub in deutschen Städten – Auswege gesucht“, Dresden Februar 2010, abgerufen am 15.09.2010 unter www.smul.sachsen.de/lfulg/download/laemmer.pdf
- LFULG (2010a): Holzkleinf Feuerungsanlagen in Sachsen, Auswertung einer Befragung im Schornsteinfegerhandwerk, Schriftenreihe des LfULG, Heft 17/2010, herunterladbar unter http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub_id=4835
- LFULG (2010b): Heizen mit Holz in Kaminöfen, Tipps zur umweltfreundlichen Bedienung – für eine entspannte Nachbarschaft, Schriftenreihe des LfULG, Heft 17/2010, herunterladbar unter http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub_id=4987
- LFULG (2010c): Luftqualität in Sachsen, Jahresbericht 2009, herunterladbar unter http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub_id=4822
- LÖSCHAU, G.; BIRMILI, W.; ENGLER, C.; WEINHOLD, K.; GNAUK, T.; BRÜGGEMANN, E.; MÜLLER, K.; HERRMANN, H. & WIEDENSOHLER, A. (2011): Messung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Außenluft in einem Luftgütemessnetz – Teil 3: Räumliche Variation der Partikelkonzentration sowie deren Hauptverursacher. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 71 (2011) Nr. 1/2, S. 57-63.

- LOHMEYER (2009): Numerische Bestimmung der photokatalytischen Wirksamkeit von speziellen Dispersionsfarben auf die städtische Luftqualität, in Lohmeyer aktuell Nr. 21, abgerufen am 08.04.2011 unter <http://www.lohmeyer.de/lohakt21/ausgabe21.pdf>.
- LOHMEYER (2011): HBEFA3.1 – Ein Jahr Erfahrungen bei der Anwendung, in Lohmeyer aktuell Nr. 25, abgerufen am 15.06.2011 unter <http://www.lohmeyer.de/lohakt25/ausgabe25.pdf>.
- MARTIN (2010): Charakterisierung der Feinstaubbelastung im städtischen Hintergrund, Forschungsbericht des LfULG, unveröffentlicht.
- PUTAUD, J.-P.; VAN DINGENEN, R.; ALASTUEY, A.; BAUER, H.; BIRMILI, W.; CYRYS, J.; FLENTJE, H.; FUZZI, S.; GEHRIG, R.; HANSSON, H.C.; HARRISON, R.M.; HERRMANN, H.; HITZENBERGER, R.; HUGLIN, C.; JONES, A.M.; KASPER-GIEBL, A.; KISS, G.; KOUSA, A.; KUHNBUSCH, T.A.J.; LÖSCHAU, G.; MAENHAUT, W.; MOLNAR, A.; MORENO, T.; PEKKANEN, J.; PERRINO, C.; PITZ, M.; PUXBAUM, H.; QUEROL, X.; RODRIGUEZ, S.; SALMA, I.; SCHWARZ, J.; SMOLIK, J.; SCHNEIDER, J.; SPINDLER, G.; TEN BRINK, H.; TURSIC, J.; VIANA, M.; WIEDENSOHLER, A. & RAES, F. (2009): A European aerosol phenomenology - 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe, Atmos. Environ., 44: 1308-1320, doi: 10.1016/j.atmosenv.2009.12.011.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM CHEMNITZ (2006): Aktionsplan für die Stadt Chemnitz, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm>.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM CHEMNITZ (2008): Luftreinhalteplan für die Stadt Chemnitz, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm>.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM DRESDEN (2008): Luftreinhalteplan für die Stadt Görlitz, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm>.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM DRESDEN (2008): Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Stadt Dresden, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm>.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM LEIPZIG (2006): Aktionsplan zur Luftreinhaltung für die Stadt Leipzig, Leipzig, verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm>.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART (2010): Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Stuttgart, Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart, Fortschreibung des Aktionsplanes zur Minderung der PM₁₀- und NO₂-Belastungen, abgerufen am 30.03.2011 unter http://www.rp-stuttgart.de/servlet/PB/menu/1155476_11/index.html?pbanker=Teilplan_Stuttgart#Teilplan_Stuttgart.
- REUTER, U. (2011): Mit CMA gegen Feinstaub? Beispiel Stuttgart, Vortrag, abgerufen am 07.04.2011 unter http://www.ktn.gv.at/213719p_DE-CMA%2B-U_Reuter_mit_CMA_gegen_Feinstaub
- SADLER CONSULTANTS (2011): Low Emission Zones in Europe, abgerufen am 05.04.2011 unter <http://www.lowemissionzones.eu/overview-of-lezs-othermenu-209>.
- SCHMIDT, E. & REZNIK, G. (2009): Immissionsminderung durch Pflanzen - Abscheidung und Abwaschung von Feinstaub an Efeu, Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, Oktober 2009.
- SCHNEIDER, S., Vortrag: "Assessment of NO₂ exceedances", NO₂ workshop Brussels, April 2010, unveröffentlicht.
- SENATSVERWALTUNG FÜR GESUNDHEIT, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ BERLIN (2009), Untersuchungen zur Wirkung der Berliner Umweltzone, abgerufen am 15.09.2010 unter www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/04-15-PK-Umweltzone.pdf.
- STADT LEIPZIG (2009): Luftreinhalteplan für die Stadt Leipzig (Fortschreibung), verfügbar unter <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/luft/3610.htm>.
- STURM, P. & HENN, M. (2010): Messtechnische Begleituntersuchungen im Rahmen des EU-Life-Projektes „SPAS“, Workpackage 6, abgerufen am 06.04.2010 unter http://www.life-spas.at/deutsch/includes/Bericht_Feldmessungen_WP_6_Endfassung.pdf
- STURM, P. & BACHLER, G. (2010): Messbericht im Rahmen des EU-LIFE-Projektes CMA+ für die Partnerstadt Klagenfurt, abgerufen am 06.04.2011 unter http://www.life-cma.at/downloads/Messbericht-Druckerweg_20_01_10_TUG.pdf.
- UBA (2007): Die Nebenwirkungen der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Holzofen, Stand Dezember 2007, aktualisierte Fassung eines Papiers aus dem März 2006, verfügbar unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3556.pdf>.
- UBA (2009): Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr, UBA-Texte 18/2009, verfügbar unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3857.pdf>
- UBA (2010a): Entwicklung der Luftqualität in Deutschland, verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/luft/entwicklung.htm>.

- UBA (2010b): Feinstaub und NO₂, Entwicklung und Validierung einer Methode zur immissionsabhängigen dynamischen Verkehrssteuerung, UBA-Texte 25/2010, verfügbar unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3936.pdf>.
- UBA (2010c): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2008 (Fassung zur EU-Submission 15.01.2010), verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>.
- UBA (2010d): CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland, Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale, UBA-Texte 05/2011, verfügbar unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3773.pdf>.
- UBA (2010e): PKW-MAUT IN DEUTSCHLAND? Eine umwelt- und verkehrspolitische Bewertung, abgerufen am 06.04.2011 unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3929.pdf>.
- WHO (2005): Air Quality Guidelines, Global Update 2005, abgerufen am 30.03.2011 unter http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf
- WOLF, U.; KÜCHLER, W. & MELLENTIN, U. (2011): Klassifikation der PM₁₀-Überschreitungstage, Fachbeitrag des LfULG, Stand: 20.04.2011, verfügbar unter http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Klassifikation_2011.pdf.

Gesetzliche Regelungen

- RL 2008/50/EG: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21. Mai 2008, ABl. L S. 152.
- UVPG (2010): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung i. d. F. der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), geändert durch Gesetz vom 11. August 2010 (BGBl. I S. 1163).
- BImSchG (2010): Bundes-Immissionsschutzgesetz i. d. F. der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Gesetz vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1728).
1. BImSchV (2010): Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38)
4. BImSchV (2010): Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen i. d. F. vom 14. März 1997 (BGBl. I S. 504), zuletzt geändert durch Verordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643).
35. BImSchV (2006): Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung vom 10. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2218), geändert durch Verordnung 5. Dezember 2007 (BGBl. I S. 2793)
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065).
- SÄCHSUVPG (2007): Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung im Freistaat Sachsen i. d. F. vom 9. Juli 2007, SächsGVBl. S. 349

Anhang

Tabelle 8: Immissionsmessnetz des Freistaates Sachsen im Jahr 2011

Messstelle	Standort	Höhe ü. NN [m]	Typisierung	Luftschadstoffe											Met.		
				SO ₂	NO _x	O ₃	BTX	PM ₁₀ TEOM	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ruß EC	Ruß OC	ST-I	ST- NS			
Annaberg- Buchholz	Talstr./Str. der Einheit	545	städtischer Hintergrund		•	•											•
Bautzen	Stieberstr./ Goethestr.	203	städtischer Hintergrund		•	•		•									•
Borna	Sachsenallee 45	145	städt./Verkehr		•				•						•	•	•
Brockau	Elsterberger Str. 4	430	ländlicher Hintergrund		•			•	•								•
Carlsfeld	Weitersglashütte 2a	896	Höhenstation			•		•									•
Chemnitz- Mitte	Lohstraße	300	städtischer Hintergrund		•	•	•		•						•	•	•
Chemnitz- Leipziger Str.	Leipziger Str. 109		städt./Verkehr		•			•	•	•	•	•		•			•
Collmburg	Gipfelplateau	313	ländlicher Hintergrund		•	•		•	•	•	•	•	•				•
Dresden- Nord	Schlesischer Platz	112	städt./Verkehr		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Dresden- Wickelmannstr	Wickelmannstr./ Schnorrstr.	112	städtischer Hintergrund	•	•	•		•	•	•	•	•	•			•	•
Dresden- Bergstr.	Bergstr. 78-80		städt./Verkehr		•			•	•	•	•	•	•	•			•
Fichtelberg	Gipfelplateau	1214	Höhenstation	•		•											•
Freiberg	Helmertplatz	393	städtischer Hintergrund		•	•			•						•	•	•
Glauchau	Güterbahnhofstr. 25	233	städtischer Hintergrund		•	•		•								•	•
Görlitz	Zeppelinstr. 10	210	städt./Verkehr	•	•		•	•	•			•			•	•	•
Klingenthal	Graslitzer Straße	540	städtischer Hintergrund	•	•	•	•	•									•
Leipzig- Lützner Str.	Lützner Str. 36	115	städt./Verkehr		•			•	•			•	•	•			•
Leipzig- Mitte	Willy-Brandt-Platz Am Hallischen Tor	110	städt./Verkehr	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Leipzig- West	Nikolai-Rumjanzew- Str. 100	115	städtischer Hintergrund		•	•		•	•	•	•	•	•			•	•
Leipzig-Thekla	Kiebitzstr.	110	vorstädtisches Gebiet			•											•
Niesky	Sproitz, An der Aue	148	ländlicher Hintergrund		•	•		•									•
Plauen DWD	Nach den Drei Bergen 2a	385	vorstädtisches Gebiet			•											•
Plauen Süd	Hofer Landstr./ Oelsnitzer Str.	343	städt./Verkehr		•			•	•								•
Radebeul- Wahnsdorf	Altwahnsdorf 12	246	ländlich, stadtnah		•	•		•	•			•	•	•	•	•	•
Schkeuditz	Leipziger Str. 59	122	ländlich, stadtnah			•											•
Schwartenberg	Gipfel	787	Höhenstation	•	•	•	•	•	•					•			•
Zinnwald	Hochmoorweg 7	877	Höhenstation	•	•	•										•	•
Zittau-Ost	Brückenstr. 12	230	städtischer Hintergrund		•	•		•	•					•	•	•	•
Zwickau Werdauer Str.	Werd./Crimm. Str.	267	städt./Verkehr		•			•	•							•	•

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:

Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Luftqualität
Michael Westphal (Projektarbeit), Dr. Andrea Hausmann, Dr. Gunter Löschau,
Annette Pausch, Uwe Wolf

Redaktion:

Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Luftqualität
Dr. Andrea Hausmann
Telefon: + 49 351 2612-5100
Telefax: + 49 351 2612-5199
E-Mail: andrea.hausmann@smul.sachsen.de

Fotos:

Algers, Benning, Löschau, Pausch, Schmidt, Sorkalle, Reuter, Müller, Westphal,
www.airqualitynow.eu/comparing_city_annual.php?padova, www.life-spas.at,
www.life-cma.at/

Redaktionsschluss:

31.05.2011

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/6447.htm> heruntergeladen werden.

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.