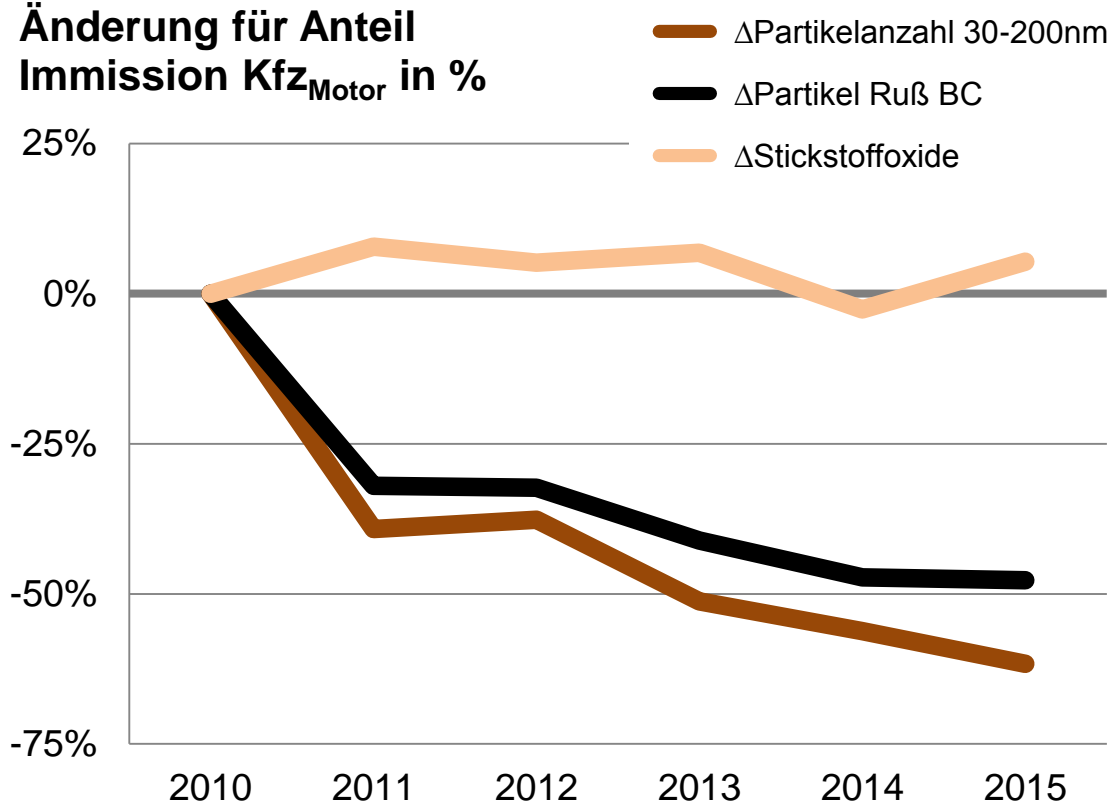


# Umweltzone Leipzig

## Teil 5: Immissionssituation 2010–2015

Änderung für Anteil  
Immission Kfz<sub>Motor</sub> in %



## **Titelbild**

An der Messstation Leipzig-Mitte wird die Änderung der Schadstoffbelastung in der Außenluft durch die veränderten Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge dargestellt.

Mit Einführung der Umweltzone 2011 erfolgte eine beschleunigte Modernisierung der Fahrzeugflotte in Leipzig gegenüber anderen Regionen in Sachsen. Die Belastung durch Verbrennungspartikel aus der modernisierten Fahrzeugflotte reduzierte sich sehr deutlich. Die Reduzierung war im ersten Jahr der Umweltzone am stärksten. Nach fünf Jahren wurde eine Minderung für die Anzahl der Partikel von 30 bis 200 nm um 62 % und für Ruß-Partikel BC um 48 % nachgewiesen. Dies dokumentiert den **Erfolg der Partikelfilter in modernen Dieselfahrzeugen beim realen Fahren in der Stadt**. Der hochtoxische Feinstaubanteil in der Außenluft und damit das Gesundheitsrisiko der Bevölkerung wurden sehr deutlich gesenkt.

Gleichzeitig trat keine Verbesserungen für die Stickstoffoxide durch die modernste Fahrzeugflotte Sachsens ein. Die Dieselfahrzeuge gelten als die Hauptverursacher. Der **Misserfolg in der Minderung der Stickoxide moderner Dieselfahrzeuge beim realen Fahren in der Stadt** trotz verschärfter EURO-Abgasnormen wird dokumentiert. Hier besteht dringender Handlungsbedarf.

# Messtechnische Begleitung der Einführung der Umweltzone in der Stadt Leipzig

## Teil 5: Immissionssituation von 2010 bis 2015 und Wirkung der Umweltzone

Gunter Löschau, Alfred Wiedensohler, Wolfram Birmili, Fabian Rasch,  
Gerald Spindler, Konrad Müller, Uwe Wolf, Andrea Hausmann, Mario Anhalt,  
Volker Dietz, Hartmut Herrmann, Uwe Böhme und Horst-Günter Kath

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>12</b>
2.1	Messkonzept .....	12
2.2	Lösungsansatz .....	13
2.3	Durchführung der Messungen 2015 .....	14
<b>3</b>	<b>Rahmenbedingungen</b> .....	<b>17</b>
3.1	Viele Einflussgrößen auf Immissionen.....	17
3.2	Umsetzung von Maßnahmen der Luftreinhalteplänen .....	17
3.3	Entwicklung der Verkehrsstärke .....	18
3.4	Meteorologische Bedingungen .....	20
<b>4</b>	<b>Ergebnisse der Immissionsmessungen von 2010 bis 2015 und deren Diskussion</b> .....	<b>21</b>
4.1	Jahresmittelwerte .....	21
4.1.1	Gesetzlich vorgegebene Immissionsmessgrößen PM10, PM2.5, NO2 und NOx .....	21
4.1.2	Ergänzende wissenschaftliche Immissionsmessgrößen EC, BC, PN <sub>30-200nm</sub> und PM <sub>30-200nm</sub> .....	25
4.2	Mittlerer Wochengang .....	27
4.3	Immissionsanteil Motor der Fahrzeuge.....	31
4.3.1	Bestimmungsmethode .....	31
4.3.2	Ergebnisse .....	31
4.3.3	Veränderungen für den hochtoxischen Feinstaubanteil und das Gesundheitsrisiko .....	36
4.4	Gesetzliche Beurteilung der Luftqualität in Leipzig und Dresden .....	37
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>41</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>43</b>
Anlage 1:	Luftreinhaltemaßnahmen in Leipzig und Dresden .....	47
Anlage 2:	Datenqualität 2015 .....	52
Anlage 3:	Statistik der Tagesmittelwerte 2015 .....	53
A3.1:	Gesetzliche Überwachungsgrößen.....	53
A3.2:	Kfz-Zählergebnisse der Stadtverwaltungen.....	55
A3.3:	Ergänzende wissenschaftliche Sondermessungen .....	56
Anlage 4:	Mittlerer Tagesgang der Woche der Messgrößen von 2010 bis 2015 .....	58
A 4.1:	Verkehrsnahе Messstationen .....	58
A 4.2:	Messstationen im städtischen Hintergrund.....	63
A 4.3:	Messstationen im regionalen Hintergrund .....	66

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirkung einer Umweltzone auf die Feinstaubzusammensetzung [WICHMANN 2011].....	10
Abbildung 2: Euro-Abgasnormen und reale Abgasmessungen für Dieselfahrzeuge [MÖNCH 2015].....	10
Abbildung 3: Verursacher für NO <sub>2</sub> [UBA 2014].....	11
Abbildung 4: Schema der Verursachieranalyse für eine verkehrsnahen PM <sub>10</sub> -Belastung mit Ermittlung des Immissionsanteils Motor durch die Immissionsmessung der Partikelgrößenverteilung .....	14
Abbildung 5: Jahresmittelwerte für den durchschnittlich täglichen Gesamtverkehr (Kfz) von 2010 bis 2015 und dessen relative Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010 .....	19
Abbildung 6: Jahresmittelwerte für den durchschnittlich täglichen Schwerverkehr (SV) und dessen relative Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010 sowie der Anteil des SV am Gesamtverkehr von 2010 bis 2015 .....	19
Abbildung 7: Mittlerer Wochengang für Gesamtverkehr (Kfz) und Schwerverkehr (SV) in der Nähe der Luftgütemessstation Leipzig-Mitte von 2010 bis 2015.....	20
Abbildung 8: Entwicklung der Konzentrationen an den Stationstypen (links), an den straßennahen Messstationen (Mitte) und deren prozentuale Änderung gegenüber 2010 (rechts) für die gesetzlich vorgegebenen Immissionsmessgrößen PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015 .....	23
Abbildung 9: Entwicklung der Konzentrationen an den Stationstypen (links), an den straßennahen Messstellen (Mitte) und deren prozentuale Änderung gegenüber 2010 (rechts) für die wissenschaftlichen Immissionsmessgrößen EC, BC, PN <sub>30-200nm</sub> und PM <sub>30-200nm</sub> von 2010 bis 2015.....	26
Abbildung 10: Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von Ruß und Partikel von 30 bis 200 nm an Leipzig-Mitte vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2015.....	29
Abbildung 11: Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> an Leipzig-Mitte vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2015 .....	30
Abbildung 12: Entwicklung des Immissionsanteils Motor am Messstationstyp „Städtische Straße“ und an den einzelnen Messstationen für das Gas NO <sub>x</sub> und die Partikel EC, BC, PN <sub>30-200nm</sub> und PM <sub>30-200nm</sub> von 2010 bis 2015.....	35
Abbildung 13: Absolute Änderung des Immissionsanteils Motor für die Partikelmassen von Ruß als EC und BC sowie sehr kleiner Partikel von 30 bis 200 nm in Leipzig (LMI) und Dresden (DDN) 2015 gegenüber 2010.....	37
Abbildung 14: Ergebnisse der Messung für PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> und NO <sub>2</sub> für die Jahresmittelwerte von 2010 bis 2015 und dessen Relation zum jeweiligen Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit .....	40
Abbildung 15: Geförderte Partikelfilternachrüstungen bei PKW, einschließlich Sonder-Kfz und leichten Nutzfahrzeugen in Sachsen, Leipzig und Dresden im Zeitraum 2009 bis 2015 nach [BAFA 2016] .....	49
Abbildung 16: Entwicklung der Jobtickets und der mit ÖPNV transportierten Fahrgäste .....	51
Abbildung 17: Beispiele für Parkraumbewirtschaftung und LKW-Durchfahrtsverbot.....	51
Abbildung 18: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord (DDN) für Kfz-Zählwerte, PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> , PM <sub>10</sub> und NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015 .....	58
Abbildung 19: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Bergstraße (DDB) für Kfz-Zählwerte, PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015 .....	59
Abbildung 20: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Lützner Straße (LLÜ) für Kfz-Zählwerte, PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015 .....	60
Abbildung 21: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Mitte (LMI) für Kfz-Zählwerte, PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> , PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015.....	62
Abbildung 22: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Eisenbahnstraße (LEI) für PN <sub>30-200nm</sub> und Ruß-BC <sub>PM1</sub> von 2010 bis 2015.....	62
Abbildung 23: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation Dresden-Winkelmannstraße (DDW) für PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> , PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis <b>2015</b> .....	63
Abbildung 24: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation LeipzigWest (LWE) für PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> , PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015.....	64
Abbildung 25: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation LeipzigTROPOS (LTR) für PN <sub>30-200nm</sub> und Ruß-BC <sub>PM1</sub> von 2010 bis 2015.....	65
Abbildung 26: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Melpitz (MEL) für PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> , PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015 .....	66

Abbildung 27: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Collmberg (COL) für PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015.....	67
Abbildung 28: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Schwartenberg (SWB) für PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015.....	68
Abbildung 29: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Radebeul-Wahnsdorf (RWD) für PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015.....	69
Abbildung 30: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Brockau (BRO) für PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> von 2010 bis 2015.....	70

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messstationen für das Projekt Umweltzone Leipzig in Sachsen.....	15
Tabelle 2: Weitere Angaben zu den Messorten.....	16
Tabelle 3: Ergänzende Indikatoren für Verbrennungspartikel zur besseren Beurteilung der Umweltzone Leipzig.....	16
Tabelle 4: Wichtige Immissions-Messgrößen im Überblick .....	16
Tabelle 5: Abweichungen meteorologischer Parameter gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 [FRANCKE 2016].....	21
Tabelle 6: Feinstaubminderung PM <sub>10</sub> durch reduzierte Kfz-Motoremissionen 2015 gegenüber 2010.....	37
Tabelle 7: Senkung des Gesundheitsrisikos der Bevölkerung durch reduzierten hochtoxischen Feinstaubanteil PM <sub>10</sub> 2015 gegenüber 2010 .....	37
Tabelle 8: Kenngrößen der kritischen Luftschadstoffe an den verkehrsnahen Messtationen von 2010 bis 2015 .....	40
Tabelle 9: Verstöße gegen die Kennzeichnungspflicht (fließender und ruhender Verkehr) sowie Anzahl der vom Fahrverbot der Umweltzone ausgenommenen Kfz.....	48
Tabelle 10: Betroffenheit von Grenzwertüberschreitungen .....	50
Tabelle 11: Datenverfügbarkeit für Tagesmittelwerte 2015 .....	52
Tabelle 12: Messunsicherheit und Vergleichbarkeit der Daten 2015.....	52
Tabelle 13: Statistik 2015 für PM <sub>10</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	53
Tabelle 14: Anzahl der Tage 2015 mit PM <sub>10</sub> -Grenzwertüberschreitung .....	53
Tabelle 15: Statistik 2015 für PM <sub>2,5</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	53
Tabelle 16: Statistik 2015 für NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	54
Tabelle 17: Statistik 2015 für NO <sub>x</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	54
Tabelle 18: Statistik 2015 für die Anzahl aller Kraftfahrzeuge (Kfz) pro Tag von Montag bis Sonntag.....	55
Tabelle 19: Statistik 2015 für die Anzahl der Schwerverkehrsfahrzeuge (SV) pro Tag von Montag bis Sonntag.....	55
Tabelle 20: Statistik 2015 für EC <sub>PM10</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	56
Tabelle 21: Statistik 2015 für BC <sub>PM10</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	56
Tabelle 22: Statistik 2015 für PN <sub>30-200nm</sub> in 1/cm <sup>3</sup> .....	57
Tabelle 23: Statistik 2015 für PM <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	57

## Abkürzungsverzeichnis

µm	Mikrometer
BC	Ruß gemessen als schwarzer Kohlenstoff BC (Black Carbon)
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft. Vom LfULG beauftragt für Durchführung der Messungen
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BRO	Messstation Brockau (Luftgütemessnetz Sachsen)
COL	Messstation Collmburg (Luftgütemessnetz Sachsen)
cm <sup>3</sup>	Kubikzentimeter
d	Durchmesser
DDB	Messstation Dresden Bergstraße (Luftgütemessnetz Sachsen)
DDN	Messstation Dresden-Nord (Luftgütemessnetz Sachsen)
DDW	Messstation Dresden Winkelmannstraße (Luftgütemessnetz Sachsen)
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EC	Ruß gemessen als elementarer Kohlenstoff EC (Elemental Carbon)
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
GB	Gesamtbelastung (Immission)
GUAN	Das Messnetz für ultrafeine Partikel in Deutschland (German Ultrafine Aerosol Network)
GWÜ	Grenzwertüberschreitung
h	Stunde
INSEK	Integriertes Stadtentwicklungskonzept
JMW	Jahresmittelwert
Kfz	Kraftfahrzeug
LAI	Länderausschuss für Immissionen
LEI	Messstation Leipzig Eisenbahnstraße (TROPOS)
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LKW	Lastkraftwagen
LLÜ	Messstation Leipzig Lützner Straße (Luftgütemessnetz Sachsen)
LMI	Messstation Leipzig-Mitte (Luftgütemessnetz Sachsen)
LRP	Luftreinhalteplan
LTR	Messstation Leipzig TROPOS-Dach (TROPOS)
LWE	Messstation Leipzig-West (Luftgütemessnetz Sachsen)
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MEL	Messstation Melpitz (TROPOS)
Mo, Di, Mi, Do,	Montag, Dienstag, Mittwoch, Donnerstag,
Fr, Sa, So	Freitag, Samstag, Sonntag
nm	Nanometer
NN	Normalnull (Höhenangabe)
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide
OC	Organischer Kohlenstoff (Organic Carbon)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P	

PM <sub>1</sub>	Massenkonzentration von Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser (Median) kleiner 1 µm
PM <sub>10</sub>	Massenkonzentration von Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser (Median) kleiner 10 µm
PM <sub>2,5</sub>	Massenkonzentration von Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser (Median) kleiner 2,5 µm
PM <sub>30-200nm</sub>	Massenkonzentration von Partikeln mit einem Mobilitätsdurchmesser von 30 bis 200 nm bzw. 0,03 bis 0,20 µm
PN <sub>30-200nm</sub>	Anzahlkonzentration von Partikeln mit einem Mobilitätsdurchmesser von 30 bis 200 nm bzw. 0,03 bis 0,20 µm
Rel. St.	Relative Standardabweichung
RWD	Messstation Radebeul-Wahnsdorf (Luftgütemessnetz Sachsen)
SMPS	Scanning Mobility Particle Sizer
Stabw	Standardabweichung
SV	Schwerverkehr
SWB	Messstation Schwartenberg (Luftgütemessnetz Sachsen)
TC	Gesamtkohlenstoff (Total Carbon)
TDMPS	Twin Differential Mobility Particle Sizer
TROPOS	Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. in Leipzig
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VTA	Verkehrs- und Tiefbauamt
WCCAP	World Calibration Centre for Aerosol Physics des „Global Atmosphere Watch Programms der UNO/WMO“ am Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. in Leipzig
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization)



# 1 Einleitung

## Luftreinhaltepläne mit und ohne Umweltzone

In Gebieten mit Grenzwertüberschreitungen für Feinstaub oder Stickstoffdioxid werden Luftreinhaltepläne aufgestellt und umgesetzt, um die Luftqualität zu verbessern.

Die Stadt Leipzig hat insgesamt 48 Maßnahmen beschlossen, die an verschiedene Adressaten der Luftverschmutzung ausgerichtet sind [Stadt Leipzig 2009]. Die Einführung der Umweltzone ist dabei die wichtigste verkehrsbezogene Maßnahme. Eine Umweltzone soll beschleunigend auf die Modernisierung der Fahrzeugflotte wirken. Es sollen über Stufen nur noch emissionsärmere Fahrzeuge einfahren dürfen, wobei Partikel- und NO<sub>x</sub>-Emissionen gesenkt werden sollen. Ältere, dieselbetriebene PKW, Kleintransporter, Busse und LKW mit hohen Motorpartikelemissionen sollen schneller abgelöst werden.

Der Luftreinhalteplan in Dresden sieht ebenfalls eine Vielzahl an Maßnahmen vor. Über einen speziellen „Dresdner Weg“ soll ein Maßnahmenpaket unter Meidung einer Umweltzone realisiert werden, wobei die Minderung der Immissionsbelastung den gleichen Umfang haben soll wie bei einer Einführung einer Umweltzone [Dresden 2011]. Weitere Informationen zu den Maßnahmen und deren Umsetzung beinhaltet Anlage 1 (Autoren: Mitarbeiter der Stadtverwaltungen Leipzig bzw. Dresden).

## Gesundheitsaspekte von Kraftfahrzeugemissionen

Die Luftverschmutzung beeinflusst die Lebensqualität vieler Menschen und verursacht Erkrankungen, Krankheitskosten und ökonomische Verluste.

Der Weltärztekongress von Durban (Südafrika) forderte im Oktober 2014 in seiner Erklärung eine Verminderung der Luftverschmutzung durch Kraftfahrzeugemissionen, insbesondere von Dieselfahrzeugen [WMA 2014]. Die Weltgesundheitsorganisation hat Dieselabgase bereits 1988 als wahrscheinlich krebserregend und 2012 als krebserregend eingestuft [WHO 2012]. Dieselabgase stehen somit auf einer Stufe mit Asbest und Arsen. Ultrafeine Dieselpartikel sind als Verursacher von Krebs, Herzerkrankungen, Blutgerinnseln, Gehirnblutungen und ernstesten Atemwegserkrankungen bekannt [ECO 2012]. Feinstaub aus Abgasen von Kraftfahrzeugen ist damit toxikologisch erheblich relevanter als aus den meisten anderen Quellen [WICHMANN 2008]. Mit einer Umweltzone wird Dieselruß als der am meisten gesundheitsrelevante Anteil im Feinstaub reduziert und das Gesundheitsrisiko für die städtische Bevölkerung überproportional gemindert. Wenn es gelingt, diesen hoch toxischen Anteil im Feinstaub zu reduzieren, sinkt die Feinstaubkonzentration zwar nur um etwa 6 bis 12 %, aber das Gesundheitsrisiko sinkt um 30 bis 60 % (Abbildung 1).

Auch Benzinmotoren erzeugen Feinstaub. Sie stoßen Gase aus, die die Feinstaubbildung in der Außenluft fördern. Im Gegensatz zu den Dieselmotoren wurden an Benzinmotoren extrem geringe Mengen an primären Rußpartikeln festgestellt. Nach zwei Stunden photochemischer Reaktion entstand sekundärer Feinstaub, dessen größter Anteil aus organischen Partikeln bestand. Auch Nitrat, Ammoniumnitrat und Sulfat bildeten sich. Schon kleinste Mengen sekundären Feinstaubes schädigen Lungenzellen. Neue Untersuchungen an Benzinmotoren zeigten weiterhin, dass der Feinstaub aus neuen Benzinmotoren mit Euro-5 genauso schädlich ist wie aus alten Fahrzeugen. Damit führen technische Weiterentwicklungen bei Benzinmotoren nicht zwingend zu weniger Gesundheitsschäden [KÜNZI 2015].

Neueste Studien zeigen, dass verkehrsnahe Außenluft das Risiko für Diabetes erhöht [WEINMAYR 2015], die Anzahl ultrafeiner Partikel mit dem Blutdruck von Schulkindern auf dem Pausenhof zusammenhing [PIETERS 2015] und Ruß, unabhängig von der Messmethode mit Notfallkonsultationen und Krankenhausaufenthalten wegen Herz-Kreislauf-Krankheiten in Zusammenhang steht [WINQUIST 2015].

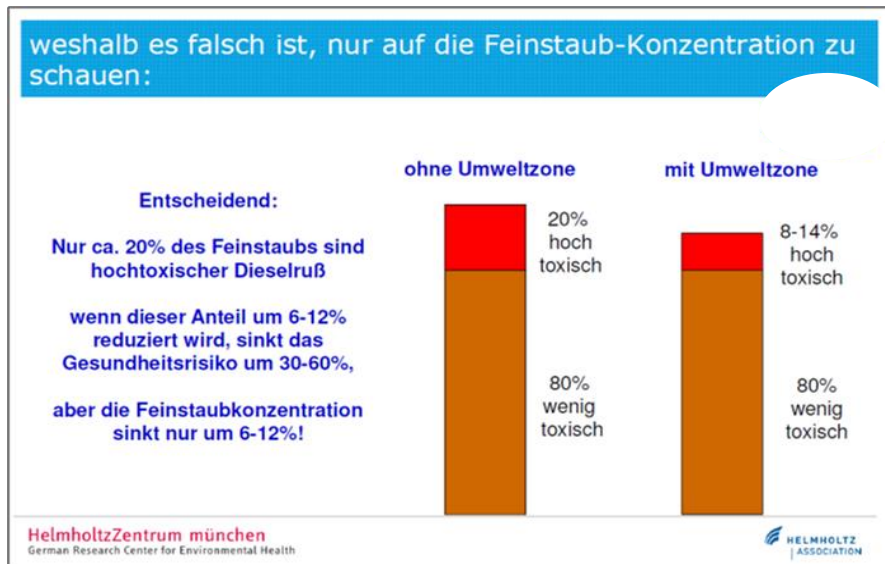


Abbildung 1: Wirkung einer Umweltzone auf die Feinstaubzusammensetzung [WICHMANN 2011]

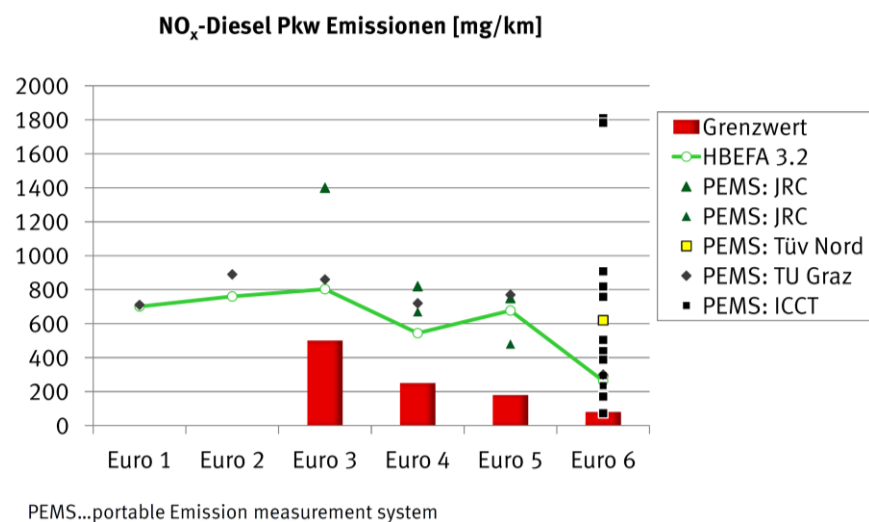


Abbildung 2: Euro-Abgasnormen und reale Abgasmessungen für Dieselfahrzeuge [MÖNCH 2015]

### Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern

Dieselmotoren mit Partikelfiltern reduzieren die primären Partikelemissionen deutlich. Etwa 97 % der Ruß-Partikel werden in der Regel entfernt [KIRCHNER 2010]. Gleichzeitig stiegen die NO<sub>2</sub>-Direktemissionen [HAUSBERGER 2010]. Einzelprüfungen bei realen Fahrten von Dieselfahrzeugen zeigten, dass die tatsächliche Minderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen nicht den schärferen EURO-Abgasnormen in dem Maße folgte (Abbildung 2). Seit vielen Jahren werden Emissionsfaktoren zur Modellierung genutzt, die deutlich über den Grenzwerten der Norm liegen. Selbst die aktualisierten Emissionsfaktoren HBEFA3.2 sind nicht immer ein guter Kompromiss zu den extrem streuenden realen Werten. In Dresden wurde z. B. an der Bergstraße mit 6 % Steigung mit den neuen Emissionsfaktoren [HBEFA 2014] modelliert. Danach hat ein Diesel-PKW genauso viele NO<sub>2</sub>-Emissionen wie etwa 50 Benzin-PKW [LfULG 2015c]. Dies veranschaulicht, dass Dieselfahrzeuge an der NO<sub>2</sub>-Immission einen hohen Verursacheranteil erlangen können. Wenn Benzin-PKW durch Diesel-PKW ersetzt werden, wie es seit Jahren der Zulassungstrend in Deutschland und auch in Sachsen ist, dann kommt es bei einer gleichgebliebenen PKW-Anzahl zu höheren NO<sub>2</sub>-Immissionen an der Straße. Eine Ursache für den überproportionalen Ersatz von Benzin-PKW durch Diesel-PKW ist aber auch der geringere CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines

Dieselmotors gegenüber einem Benzinmotor bedingt durch eine höhere Energiedichte des Dieselmotors und einen besseren Wirkungsgrad des Dieselmotors. Damit verbessern Dieselfahrzeuge deutlich die CO<sub>2</sub>-Bilanz des heutigen Straßenverkehrs.

### NO<sub>2</sub>-Verursacher

In 107 Luftreinhalte-, Luftqualitäts- und Aktionsplänen der Jahre 2002 bis 2012 in Deutschland wurde eine Analyse der Quellgruppen für NO<sub>2</sub> durchgeführt. Danach verursacht der Kfz-Verkehr 64 % der NO<sub>2</sub>-Belastung und 36 % stammen aus anderen Quellen (Abbildung 3). Auf die Situation in Deutschland übertragbare Berechnungen für Berlin zeigen, dass Stickstoffoxidemissionen aus dem Straßenverkehr nur zu etwa 20 % aus Benzin-Fahrzeugen stammen. Den Großteil von 80 % erzeugen Diesel-Kfz, wovon die Pkw knapp die Hälfte ausmachen [LAI 2016]. Wird diese Aussage mit den 64 % Kfz-Verkehr in Abbildung 3 verknüpft, so ergibt sich ein NO<sub>2</sub>-Verursacheranteil von 51 % durch Diesel-Kfz.

Damit sind Dieselfahrzeuge für die häufige Nichteinhaltung der NO<sub>2</sub>-Luftqualitätsgrenzwerte an Straßen in Deutschland von entscheidender Bedeutung [LAI 2016].

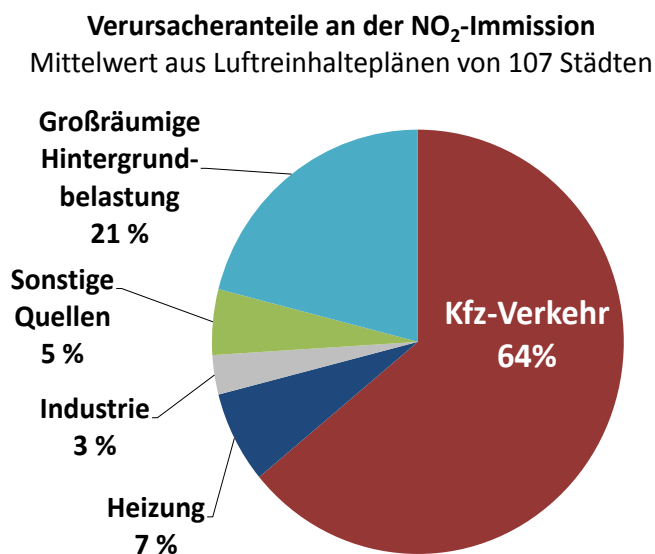


Abbildung 3: Verursacher für NO<sub>2</sub> [UBA 2014]

### Messprogramm von LfULG und TROPOS zur Umweltzone

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) in Dresden und das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. (TROPOS) in Leipzig vereinbarten im Jahr 2009 gemeinsame wissenschaftliche Sondermessungen zur Begleitung von Umweltzonen in Sachsen durchzuführen, um deren Wirkung auf die Luftqualität darzustellen. Dabei wurden vorhandene Messsysteme mit den geringsten erreichbaren Messunsicherheiten in und um Leipzig und Dresden aus dem Luftgütemessnetz konzentriert. Vorberachtungen zeigten, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Messungen zur zeitnahen Beurteilung der Wirkung einer Umweltzone nicht ausreichend sind [LÖSCHAU 2008]. Deshalb wurden ergänzende wissenschaftliche Sondermesstechniken in einigen Messstationen des sächsischen Luftgüte-Messnetzes installiert und die Forschungsstationen des TROPOS in die Bilanz der Datenanalysen einbezogen. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Stadt Leipzig mit Umweltzone. Vergleichend wird die Stadt Dresden ohne Umweltzone (die Stadt Dresden hatte ein Maßnahmenbündel entwickelt, das die gleiche Wirkung zur Verbesserung der Luftqualität wie eine Umweltzone entfalten sollte) einbezogen. Das Messprogramm begann im Jahr 2010.

Die Berichterstattung über die gewonnenen Messdaten und Auswertungen erfolgte jahresweise. Teil 1 (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14411>) enthält die Messergebnisse für das Jahr 2010 vor Einfüh-

rung der Umweltzone in Leipzig und beschreibt damit die Ausgangslage zur Beurteilung der Immissionsituation [LÖSCHAU 2012]. In Teil 2 (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/18590>) werden die Messergebnisse für das Jahr 2011 dargestellt, in die die Einführung der Umweltzone in Leipzig fällt. Eine erste Wirkung der Umweltzone wurde im Vergleich mit der Ausgangssituation 2010 abgeschätzt [LÖSCHAU 2013]. Der dritte Bericht (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23885>) enthält Beschreibung und Auswertung der Immissionsmessergebnisse im Zeitraum von 2010 bis 2013 [LÖSCHAU 2014]. Im vierten Bericht wurden die Auswertungen bis 2014 ergänzt [LÖSCHAU 2015]. Im nun hier vorliegenden Teil 5 wurden die Messergebnisse im Jahr 2015 ergänzt und ausgewertet sowie die Entwicklung gegenüber der Ausgangslage im Jahr 2010 dargestellt.

## 2 Methodik

### 2.1 Messkonzept

Im Messprogramm werden ausschließlich Immissionen gemessen und bewertet. Messungen von Emissionen finden nicht statt.

Die gezielte Darstellung der Wirkung von Einzelmaßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität durch Immissionsmessungen ist prinzipiell meist nicht oder nur begrenzt möglich. Es ist üblich, eher ganze Maßnahmenpakete als Einzelmaßnahmen zu bewerten. Meist werden Modellierungen von verschiedenen Szenarien z. B. für den Verkehr genutzt, um die Wirkung auf die Schadstoffkonzentration von Feinstaub  $PM_{10}$  oder Stickstoffdioxid abzuschätzen. Mit dem vereinbarten Messprogramm wird der Versuch unternommen, die Wirkung der Einzelmaßnahme Umweltzone auf die Luftqualität messtechnisch zu quantifizieren. Diese ohnehin schwierige Aufgabenstellung kann jedoch nur gelöst werden, wenn dazu eine Messgröße genutzt wird, die als Indikator für Kfz-Dieselabgase in der Außenluft empfindlich genug ist. Die vorhandenen Immissionsmessungen für  $NO_2$  und  $NO_x$  sind dafür sehr gut geeignete Messgrößen, da die Immission zu etwa 2/3 durch vorbei fahrende Fahrzeuge verursacht wird. Die Messgröße Feinstaub  $PM_{10}$  ist dafür nicht geeignet, weil sie zu unempfindlich für den Belastungsanteil durch Motorpartikelemissionen ist, der ermittelte  $PM_{10}$ -Jahresmittelwert zu stark durch Schwankungen der meteorologischen Rahmenbedingungen beeinflusst werden kann und deshalb eine kurzfristige Einschätzung unmöglich macht [LfULG 2012]. Zur Bestimmung der Dieselabgase in der Außenluft gibt es keine allgemein anerkannte, in der EU standardisierte Messmethode. Aufgrund des Fehlens dieser wichtigen Grundlage wurde versucht, sich dem Ziel über drei unabhängige Partikel-Messmethoden zu nähern. Diese Parameter der Partikelmessung sind:

- Ruß, gemessen als elementarer Kohlenstoff (EC) nach VDI 2465
- Ruß, gemessen als schwarzer Kohlenstoff (BC) und
- Partikel mit Durchmessern von 30 bis 200 nm, gemessen als Partikelanzahl ( $PN_{30-200nm}$ ) und daraus berechneter Partikelmasse ( $PM_{30-200nm}$ )

Sie werden nachfolgend als ergänzende wissenschaftliche Messverfahren bezeichnet, um sie von den gesetzlich geregelten Immissionsmessverfahren (hier  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  und  $NO_2$ ) abzugrenzen. Für diese wissenschaftlichen Messverfahren gibt es weder Grenzwerte zur Beurteilung der Messwerte noch so ausführlich geregelte Normen zur Durchführung der Messung und Datenqualität wie für die gesetzlichen Immissionsmessverfahren. Dennoch wurden diese Verfahren in die Luftüberwachung in Sachsen integriert, weil sie im Rahmen von Projekten bereits vorher über viele Jahre praktiziert und Maßnahmen zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrol-

le entwickelt wurden. Die gewonnenen Erfahrungen bilden eine solide Grundlage, um sie erfolgsversprechend auf die Untersuchungen bei der messtechnischen Begleitung der Umweltzone anzuwenden [BIRMILI 1998], [LÖSCHAU 2006], [LÖSCHAU 2009], [LÖSCHAU 2010], [WIEDENSOHLER 2012], [SCHLADITZ 2012], [BASTIAN 2012], [SCHLADITZ 2013], [SPINDLER 2013].

## 2.2 Lösungsansatz

Das Messverfahren  $PM_{10}$  bestimmt die Masse der Partikel und kann dabei nicht zwischen den motorbedingten und nicht motorbedingten Partikeln unterscheiden. Diese Partikel besitzen jedoch Unterschiede hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung, der optischen Eigenschaft und der Größe. So sind z. B. aufgewirbelte Bodenpartikel heller als die tiefschwarzen Rußpartikel aus dem Motor. Partikel durch Aufwirbelungen von Bodendust und mechanische Abriebe sind im Wesentlichen größer  $1\ \mu\text{m}$  und damit deutlich größer als Partikel, die direkt aus dem Verbrennungsprozess des Dieselmotors stammen und etwa im Größenbereich von 30 bis 200 nm liegen (Abbildung 4). Deshalb wird mit den wissenschaftlichen Messverfahren der Versuch unternommen, die motorbedingten Partikelemissionen als Immissionsanteil Motor über die Partikelgröße mit den Parametern  $PN_{30-200\text{nm}}$  und  $PM_{30-200\text{nm}}$ , über die thermische Analyse von Ruß als elementarer Kohlenstoff EC und über die optische Eigenschaft von Ruß als schwarzer Kohlenstoff BC zu selektieren und zu quantifizieren. Der Lösungsansatz zur Beurteilung der Umweltzone sieht vier wesentliche Schritte vor:

- Messung der Immissionen an typischen Messorten
- Bestimmung des Immissionsanteiles Verkehr nach Verursacheranalyse
- Bestimmung des Immissionsanteiles Motor für Partikel durch die Sondermessungen und
- Bestimmung der Reduzierung der hochtoxischen Feinstaubmasse  $PM_{10}$  über die Sondermessungen mit Abschätzung der Senkung des Gesundheitsrisikos

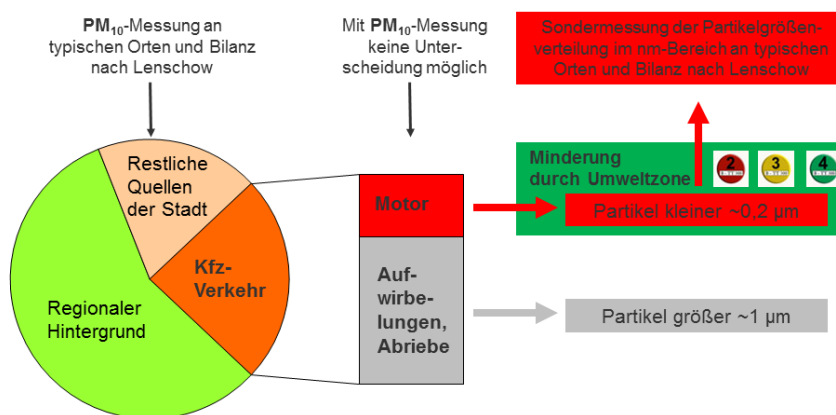
Im **ersten Schritt** werden die Immissionen für die gesetzlich vorgegebenen Messgrößen  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_x$  und  $NO_2$  sowie für die wissenschaftlichen Messgrößen EC, BC,  $PN_{30-200\text{nm}}$  und  $PM_{30-200\text{nm}}$  an verschiedenen typischen Messorten in und außerhalb der Umweltzone bestimmt. Aus Kostengründen können jedoch nicht an jedem Messort alle Messgrößen bestimmt werden. Beginnend ab 2010 kann so aber die allgemeine Entwicklung der Luftqualität verfolgt werden. Die Entwicklung der Konzentrationen wird dabei von einer Vielzahl von Maßnahmen zur Luftreinhaltung, auf lokaler, regionaler und überregionaler Ebene geprägt und zusätzlich durch die jährlichen Schwankungen der meteorologischen Parameter variiert.

Weil eine Umweltzone vorrangig auf die Luftqualität im Umfeld an viel befahrenen Straßen in der Umweltzone wirkt, wird in einem **zweiten Schritt** die festgestellte Immission als Gesamtbelastung an den verkehrsnahen Messstellen einer Verursacheranalyse unterzogen. Über eine Bilanz mit den Ergebnissen der Hintergrundmessstationen kann der Immissionsanteil „Kfz-Verkehr an der Straße“ nach dem Lenschow-Ansatz [LENSCHOW 2001] abgeschätzt werden.

Für die Partikelmessgrößen ist ein **dritter Schritt** notwendig, um den partikulären Immissionsanteil „Kfz-Verkehr an der Straße“ in zwei Immissionsanteile zu untergliedern. Es wird zwischen motorbedingtem und nicht motorbedingtem Immissionsanteil unterschieden. Der Immissionsanteil Motor wird durch die Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge verursacht. Der nicht motorbedingte Immissionsanteil stammt von Abrieben von Reifen, Fahrbahnbelag und Bremsen sowie Aufwirbelungen von Bodendust. Diese Partikelemissionen werden von jedem Kraftfahrzeug allein durch seine kinetische Energie (Fahrbewegung) verur-

sacht, unabhängig ob es nun ein Benzin-, Diesel- oder Elektrofahrzeug ist. An diesem nicht motorbedingten Immissionsanteil kann eine Umweltzone nichts ändern. Ziel der Umweltzone ist es vielmehr, die motorbedingten Emissionen der Fahrzeuge zu reduzieren. Deshalb muss dieser Immissionsanteil Motor für Partikel separat über die wissenschaftlichen Sondermessungen bestimmt werden (Abbildung 4).

In einem **vierten Schritt** wird der Bezug der Ergebnisse der wissenschaftlichen Sondermessungen zur gesetzlichen Überwachungsgröße Feinstaub  $PM_{10}$  hergestellt. Dieser Weg umgeht den Nachteil, dass es für die Sondermessgrößen keine allgemein akzeptierten Beurteilungswerte gibt. Die Sondermessgrößen werden damit genutzt, um die Veränderungen der gesetzlichen Messgröße Feinstaub  $PM_{10}$  sehr präzise darzustellen. Die Veränderung der Partikelmasse aus den wissenschaftlichen Sondermessungen (Schritt 3) wird als Änderung des hochtoxischen Feinstaubanteils  $PM_{10}$  ausgewiesen und über einen Literaturansatz wird der Einfluss auf das Gesundheitsrisiko abgeleitet (Abbildung 1).



**Abbildung 4: Schema der Verursacheranalyse für eine verkehrsnah  $PM_{10}$ -Belastung mit Ermittlung des Immissionsanteils Motor durch die Immissionsmessung der Partikelgrößenverteilung**

## 2.3 Durchführung der Messungen 2015

### Allgemeine Angaben zum Messprogramm

Nach dem gemeinsamen Messprogramm von LfULG und TROPOS wurden die Messungen an den 13 Messstationen auch im Jahr 2015 fortgesetzt (Tabelle 1).

Fünf verkehrsnah Messstationen vom Typ „Städtische Straße“ in Leipzig und Dresden standen im Fokus der Untersuchungen (rot unterlegt). Weiterhin wurden für die Verursacherbilanz und Einschätzung der meteorologischen Verhältnisse auch Messstationen vom Typ „Städtischer Hintergrund“ (gelb unterlegt) und vom Typ „Regionaler Hintergrund“ (grün unterlegt) einbezogen. Einen Überblick zu den lokalen Bedingungen an den 13 Messstationen vermittelt Tabelle 2.

Neben der Messtechnik für die gesetzliche Immissionsüberwachung von  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  und  $NO_x$  wurden sieben Partikelgrößen-Mobilitätsspektrometer und sieben Ruß-BC-Automaten eingesetzt, die gleichzeitig Bestandteil des German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) sind [BIRMLI 2016]. An 9 Messorten wurde Ruß als EC und Gesamtkohlenstoff TC bestimmt.

Informationen zu den gewählten Indikatoren für die Verbrennungspartikel sind in Tabelle 3 aufgelistet. Die Konzentrationsangaben dieser Partikelgrößen werden im Bericht stets auf das Volumen im Betriebszustand bezogen, um mit den Richtlinien zur Luftqualität für Partikel konform zu gehen. Tabelle 4 zeigt, an welchen Messstationen welche Messgrößen bestimmt werden. Weitere Details sind in LÖSCHAU [2012] und [2014] veröffentlicht.

### Änderungen im Messprogramm 2015 für Ruß gemessen als EC

Veränderungen gab es im Messverfahren bei der Bestimmung von Ruß als elementarer Kohlenstoff (EC). Für die TROPOS-Forschungsmessstation Melpitz wurde das Messverfahren zur Bestimmung von EC (und organischen Kohlenstoff OC) am TROPOS von thermografisch auf thermo-optisch geändert. Ab dem 1.1.2012 wurde das EUSAAR2- Temperaturprotokoll mit optischer Korrektur über den Transmissionswert zur Vereinheitlichung von EC Messungen in Europa (Infrastrukturvorhaben ACTRIS, European Research Infrastructure for the observation of Aerosol, Clouds, and Trace gases) entsprechend dem Vorschlag der WG 35 eingeführt [Cavalli 2010]. Bis 2014 erfolgten am TROPOS noch parallele Bestimmungen nach dem thermografischen Verfahren (VDI 2465 Blatt 2, modifiziert, 650°C) auch mit dem Ziel, vergleichbare Messwerte für dieses Vorhaben bereitzustellen. Es zeigte sich, dass durch den Messverfahrenswechsel gegenüber dem VDI-Protokoll die EC-Messwerte kleiner, aber durch Vermeidung zusätzlicher EC Bildung aus OC (Charring - Verkohlung) realistischer werden.

An allen anderen 10 Messstationen im Luftgütemessnetz Sachsen wurde weiterhin EC nach VDI 2465 Blatt 1 bestimmt.

Die EC-Analysen für das Luftgütemessnetz durch den TÜV Süd wurden jedoch Anfang 2015 im Labor Dresden eingestellt und ins Labor München verlagert.

Die ursprünglich ermittelte Messunsicherheit für Ruß-EC wurde 2015 damit deutlich größer.

**Tabelle 1: Messstationen für das Projekt Umweltzone Leipzig in Sachsen**

Gebiet	Messstationsname	Abk.	Messstationstyp	Zuordnung
Leipzig	Leipzig-Mitte	LMI	Städtische Straße	Luftmessnetz
	Leipzig Lützner Str.	LLÜ	Städtische Straße	Luftmessnetz
	Leipzig Eisenbahnstr.	LEI	Städtische Straße	TROPOS
	Leipzig-West	LWE	Städtischer Hintergrund	Luftmessnetz
	Leipzig TROPOS	LTR	Städtischer Hintergrund	TROPOS
Dresden	Dresden-Nord	DDN	Städtische Straße	Luftmessnetz
	Dresden Bergstr.	DDB	Städtische Straße	Luftmessnetz
	Dresden Winckelmannstr.	DDW	Städtischer Hintergrund	Luftmessnetz
Referenz	Melpitz	MEL	Regionaler Hintergrund	TROPOS
	Collmberg	COL	Regionaler Hintergrund	Luftmessnetz
	Schwartenberg	SWB	Regionaler Hintergrund	Luftmessnetz
	Radebeul-Wahnsdorf	RWD	Vorstädtischer Hintergrund	Luftmessnetz
	Brockau	BRO	Regionaler Hintergrund	Luftmessnetz

**Tabelle 2: Weitere Angaben zu den Messorten**

Abk.	Bemerkung zum Messort
LMI	Am Hallischen Tor in Leipzig, Kreuzung Willy-Brandt-Platz, Zentrum, nahe Hauptbahnhof, offene Bebauung, 43.000 Kfz/d mit 3,4 % SV (2010), 110 m über NN
LLÜ	Lützner Straße 34, Straßenschlucht, 23.000 Kfz/d mit 3,5 % SV (2010), 115 m über NN
LEI	Eisenbahnstraße 81, Probenahme etwa 7 m über Straßenniveau, Straßenschlucht, etwa 10.000 bis 12.000 Kfz/d, an Werktagen etwa 4 % Schwerlastverkehr (2009), 130 m über NN,
LWE	im Westen von Leipzig, Parkanlage, Nikolai-Rumjanzew-Str. 100, 115 m über NN
LTR	im Norden von Leipzig, auf dem Dach des dreistöckigen Tropos-Gebäudes, etwa 25 m über Grund, Forschungspark, 130 m über NN
DDN	Schlesischer Platz in Dresden, lockere, einseitig offene Bebauung, Vorplatz Neustädter Bahnhof, Elbtal, auf nahegelegener Ausfallstraße fahren 36.000 Kfz/d mit 3,5 % SV (2010), 112 m über NN
DDB	Bergstraße 78-80 in Dresden, Steigung der Fahrbahn 6 %, Autobahnzubringer, 25.000 Kfz/d mit 3,9 % SV (2010), 150 m über NN
DDW	Im Zentrum von Dresden. Parkanlage und Parkplatz im Hinterhof, Elbtal, 116 m über NN
MEL	50 km nordöstlich von Leipzig, nordwestlich von Dresden, 400 m vom Dorf Melpitz, Weide, Flachland, 87 m über NN
COL	östlich von Leipzig und nordwestlich von Dresden, Berg 313 m über NN
SWB	Erzgebirge, etwa 50 km südwestlich von Dresden. Berg 785 m über NN
RWD	Radebeul, Altwahnsdorf 12, nahe Stadtrand von Dresden über Elbtal, 246 m über NN
BRO	Südwest-Sachsen, am Ortsrand von Brockau mit 520 Einwohnern, 422 m über NN

**Tabelle 3: Ergänzende Indikatoren für Verbrennungspartikel zur besseren Beurteilung der Umweltzone Leipzig**

Indikator	Erläuterung
EC <sub>PM10</sub>	Rußkonzentration in µg/m <sup>3</sup> , gemessen als elementarer Kohlenstoff nach VDI 2465 Blatt 1 (Luftgütemessnetz) oder Blatt 2 modifiziert (TROPOS) bis Ende 2014 und ab 2015 nach EUSAAR2_Transmission. Probenahme über PM <sub>10</sub> -HVS Digitel DHA80 alle 6 Tage (Luftgütemessnetz) oder täglich (TROPOS)
BC <sub>PM1</sub>	Rußkonzentration in µg/m <sup>3</sup> , gemessen als schwarzer Kohlenstoff mit BC-Automat MAAP 5012. Absorptionskoeffizient 6,6 m <sup>2</sup> /g und Wellenlänge 637 nm. Probenahme i. d. R. über PM <sub>1</sub> -Einlass. Wenn die Probenahme über einen PM <sub>10</sub> -Einlass erfolgte, dann wurde auf PM <sub>1</sub> umgerechnet. Kontinuierliche Messung.
PN <sub>30-200nm</sub>	Partikelanzahlkonzentration in 1/cm <sup>3</sup> von 30 bis 200 nm großen Partikeln, gemessen mit Mobilitätsspektrometer vom Typ SMPS oder TSMPS (gebaut von TROPOS). Probenahme über PM <sub>1</sub> -Einlass mit Trocknung. Kontinuierliche Messung.
PM <sub>30-200nm</sub>	Partikelmasse in µg/m <sup>3</sup> , die aus der Partikelgrößenverteilung PN <sub>30-200nm</sub> berechnet wurde.

**Tabelle 4: Wichtige Immissions-Messgrößen im Überblick**

Abk.	NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	Ruß-EC	Ruß-BC	PN <sub>30-200nm</sub>
LMI	X	X	X	X	X	X
LLÜ	X	X		X		
LEI					X	X
LWE	X	X	X	X	X	X
LTR					X	X
DDN	X	X	X	X	X	X
DDB	X	X	X	X		
DDW	X	X	X	X	X	X
MEL	X	X	X	X	X	X
COL	X	X	X	X		
SWB	X	X				
RWD	X	X		X		
BRO	X	X				
Anzahl	11	11	7	9	7	7



# 3 Rahmenbedingungen

## 3.1 Viele Einflussgrößen auf Immissionen

Die in einem Jahr gemessenen Immissionen sind von einer Vielzahl von Einflussgrößen abhängig, wie einige Beispiele zeigen sollen.

Da sind die lokalen, regionalen und überregionalen Emissionsquellen. Es sind die Verursacher der Luftschadstoffe, die auf jeder territorialen Ebene nach Verursacherguppen, wie z. B. Industrie, Verkehr und Heizungsanlagen zusammengefasst werden können. Gelingt es lokale Emissionen zu mindern, so ergeben sich die größten Effekte für die Anwohner. Luftreinhaltepläne der Städte sollen dies vorrangig erreichen. Aber auch regionale und überregionale Minderungen führen über die Reduzierung der Hintergrundbelastung zu Minderungseffekten. Ein abgestimmtes Konzept auf verschiedenen Verantwortungsebenen (Stadt, Bundesland, angrenzende Länder, Deutschland, Europa) kann eine effektive Verbesserung der Luftqualität bewirken.

Veränderungen in den Verkehrsstärken führen zu veränderten Emissionen an den Straßen. Je weniger Kraftfahrzeuge, desto weniger Emissionen. Die Temperaturen im Winter führen zu den Heizungsemissionen. Je kälter der Winter, desto mehr Emissionen und je milder der Winter, desto weniger Emissionen. Auch Veränderungen der Bebauung im Rahmen der Stadtentwicklung nehmen langfristig Einfluss auf die Ausbreitungsbedingungen der Schadstoffe. Eine enge Straßenschlucht ist ungünstiger als eine offene Bebauung.

Die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen modellieren die resultierenden Immissionen. Hohe Windstärken verdünnen die Schadstoffe, ein intensiver Regen wäscht die Atmosphäre aus, Inversionswetterlagen fördern sehr hohe Konzentrationen und in Trockenzeiten können insbesondere Partikel kleiner  $PM_{2,5}$  sehr weit transportiert werden.

## 3.2 Umsetzung von Maßnahmen der Luftreinhalteplänen

Luftreinhaltepläne enthalten eine Vielzahl von Maßnahmen. Meist sind es 50 und mehr Einzelmaßnahmen oder auch zu Maßnahmenbündeln zusammengefasste Einzelmaßnahmen. Einen Einblick in umgesetzte Maßnahmen der Luftreinhaltepläne in Leipzig und Dresden vermittelt Anlage 1.

Die verkehrsbezogene Einzelmaßnahme „Umweltzone“ wurde am 1.3.2011 in Leipzig realisiert. Die Umweltzone wurde von der Stadt Leipzig sofort mit Stufe „Grüne Plakette“ ohne Vorstufen angeordnet. Damit durften nur emissionsarme Fahrzeuge große Teile der Stadt Leipzig befahren. Die Ankündigung und Durchsetzung der Umweltzone verursachte eine beschleunigte Modernisierung der Fahrzeugflotte in der Stadt. Ausnahmeregelungen für ältere Fahrzeuge konnten bei der Stadt beantragt werden. Sie sind jedoch zeitlich begrenzt, sodass im Laufe der Jahre mit einer immer wirkungsvolleren Umweltzone zu rechnen ist.

Gleichzeitig wurden und werden in Leipzig und Dresden weitere Maßnahmen der Luftreinhaltepläne zur Minderung der Luftbelastung umgesetzt (Anlage 1).

In Sachsen wurden von 2009 bis zum Jahr 2015 insgesamt rund 18.800 Partikelfilternachrüstungen bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen durch den Bund gefördert, davon etwa 5.400 in Leipzig und 1.600 in Dresden [BAFA 2016]. Vom 01.01.2011 bis zum 01.01.2016 stieg der Pkw-Dieselanteil in Leipzig von 19 % auf 25 %.

### 3.3 Entwicklung der Verkehrsstärke

Die Verkehrszahlen wurden von den Stadtverwaltungen Leipzig und Dresden bereitgestellt und in die Datenbank zur Luftqualität des FS Sachsens aufgenommen, wobei Kfz-Zählstellen den verkehrsnahen Luftgütemessstationen zugeordnet wurden.

Die Verkehrsstärke wird z. B. als durchschnittlich täglicher Verkehr (DTV) angegeben. Die Anzahl der Fahrzeuge pro Tag wird dabei aufsummiert und aus den Tageswerten wird ein Mittelwert für das Jahr gebildet. Dabei werden hier alle Wochentage (Mo-So) berücksichtigt.

Der Gesamtverkehr (Kfz) schließt alle Fahrzeuge ein. Der Schwerverkehr (SV) ist eine Teilmenge vom Gesamtverkehr und umfasst LKW, LKW mit Anhänger, Lastzüge und Busse.

Für den **Gesamtverkehr (Kfz)** an den verkehrsnahen Luftgütemessstationen war über den Zeitraum 2010 bis 2015 eine klare Rangfolge vorhanden (Abbildung 5). An der Messstation LMI (Leipzig-Mitte) wurde stets die höchste Verkehrsstärke mit 39.000 bis 49.000 Kfz/d, an DDB (Dresden Bergstraße) eine mittlere Verkehrsstärke mit rund 25.000 bis 26.000 Kfz/d und an LLÜ (Leipzig Lützner Str.) die niedrigste Verkehrsstärke mit 11.000 bis 23.000 Kfz/d registriert. Die Entwicklung von 2010 bis 2015 verlief an den Messstationen uneinheitlich. Während der Kfz-Verkehr in Dresden an DDB nahezu konstant blieb, wurden in Leipzig insbesondere an LLÜ größere Veränderungen ermittelt. An LLÜ reduzierte sich der Verkehr 2011 um 35 % und 2012 um 50 % gegenüber 2010. Ab 2013 nahm der Gesamtverkehr wieder zu, aber er war 2015 immer noch um 9 % kleiner als 2010. Die Veränderungen in Leipzig wurden u. a. verursacht durch Baumaßnahmen in der Stadt, durch direkte Straßenbaumaßnahmen und durch das Einfahrverbot in die Umweltzone für einen Teil der Fahrzeuge. Gegenüber 2010 war der Gesamtverkehr 2015 an LMI und DDB mit jeweils 6 % gestiegen und an LLÜ um 9 % gefallen.

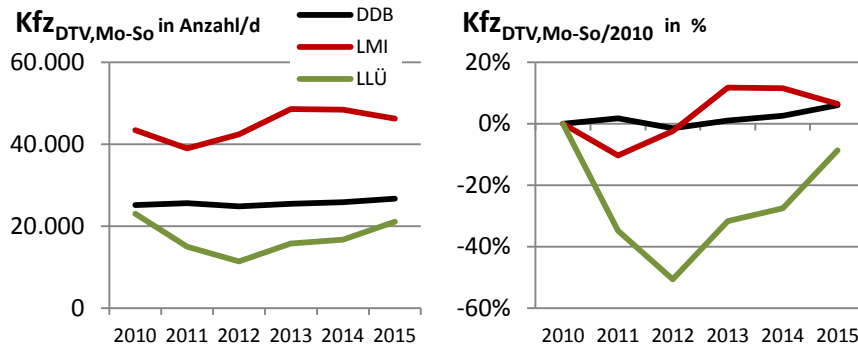
Für den **Schwerverkehr (SV)** gilt die gleiche Rangfolge wie für den Gesamtverkehr (Abbildung 6). Die Unterschiede zwischen LMI und DDB waren jedoch nicht so groß. An LMI wurden 1.500 bis 1.100 und an DDB etwa 900 bis 1.000 SV-Fahrzeuge pro Tag registriert. An LLÜ fuhren die wenigsten mit 200 bis 800 SV-Fahrzeugen pro Tag. Der Schwerverkehr folgte grob der Entwicklung des Gesamtverkehrs (Abbildung 5). An LMI sank der SV 2011 mit Einführung der Umweltzone um fast 30 %. In diesem Jahr besaßen 3/4 der SV-Fahrzeuge in Leipzig keine grüne Plakette und waren 2011 vom Einfahrverbot in die Umweltzone erstmalig betroffen. Die Umweltzone trug damit wesentlich zur Reduzierung des SV bei. Danach stieg der SV wieder an. Möglicherweise trug der Start der Fernlinienbusse ab Hauptbahnhof Leipzig zum Anstieg 2012 und 2013 bei. Er blieb jedoch 2015 noch 19 % unter dem Niveau von 2010.

An **LLÜ** erfolgte eine sehr starke Reduzierung des Schwerverkehrs in 2011 um 50 % und 2012 sogar um 70 % gegenüber 2010. 2013 bis 2015 stieg der SV kontinuierlich an. Straßenbaumaßnahmen mit teilweiser Sperrung der Straße waren dort die wesentlichste Ursache für die Veränderungen. 2015 lag der SV um 25 % unter dem Niveau von 2010.

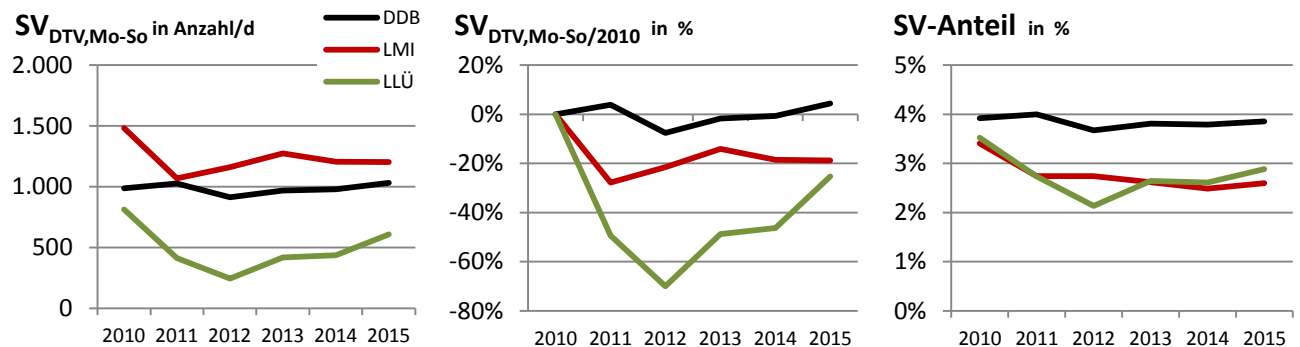
**DDB** ist die einzige Messstation, an der der Schwerverkehr nahezu konstant blieb und sich sogar 2015 leicht erhöhte (+4 %).

Der **Schwerverkehrsanteil** war mit kleiner 4 % generell gering. Er war an DDB mit 3,9 % am größten und blieb dort nahezu konstant. An den Leipziger Messstationen sank der Schwerverkehrsanteil. 2015 betrug der Anteil an LMI 2,6 %, an LLÜ 2,9 % und an DDB 3,9 % (Abbildung 6, rechts).

Das Verkehrs- und Tiefbauamt (VTA) schätzt zur Verkehrszählung in Leipzig ein, dass die allgemeine Kfz-Verkehrsentwicklung der letzten Jahre aufgrund der zahlreichen Baumaßnahmen an zentralen Verkehrsstraßen relativ schwierig zu beurteilen ist.



**Abbildung 5: Jahresmittelwerte für den durchschnittlich täglichen Gesamtverkehr (Kfz) von 2010 bis 2015 und dessen relative Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010**



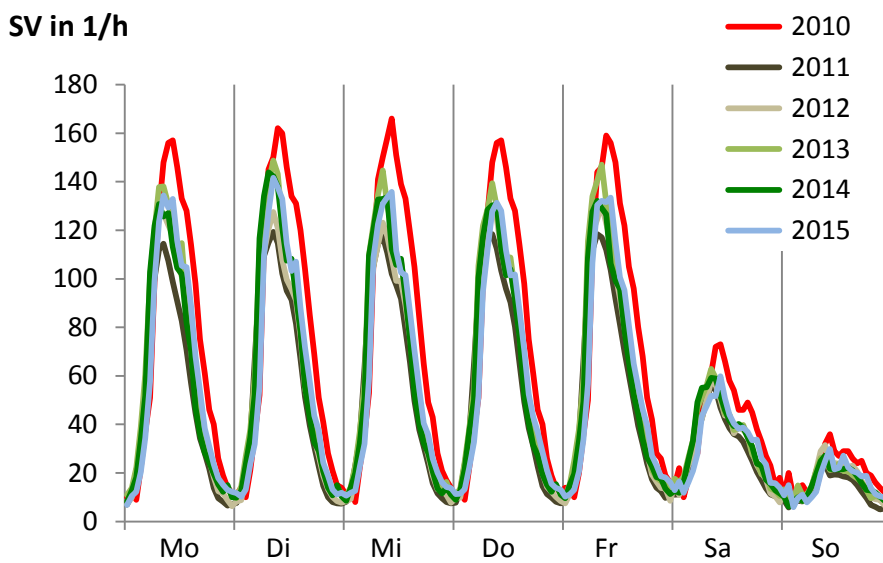
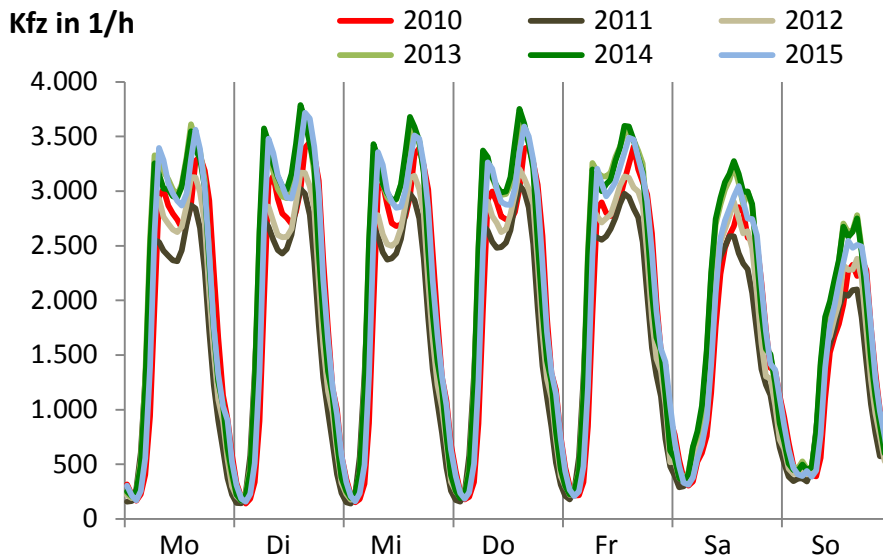
**Abbildung 6: Jahresmittelwerte für den durchschnittlich täglichen Schwerverkehr (SV) und dessen relative Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010 sowie der Anteil des SV am Gesamtverkehr von 2010 bis 2015**

Der mittlere Tagesgang von Montag bis Sonntag – kurz mittlerer Wochengang – ist eine statistische Auswertung, um ein allgemeingültiges Muster (Signatur) der Wochentage darzustellen. Dabei gehen alle 1 h - Messdaten eines Jahres ein. Die hohe zeitliche Auflösung der Messdaten ermöglicht die Diskussion mit mittleren Wochengängen der Schadstoffkonzentrationen (Kap. 4.2).

Der Verlauf der Verkehrsstärken für Gesamt- und Schwerverkehr von Leipzig-Mitte (LMI) wird in Abbildung 7 gezeigt. In den frühen Morgenstunden traten die geringsten Verkehrsstärken auf. Danach folgte ein steiler Anstieg des Verkehrsaufkommens. Das morgendliche Maximum für den Gesamtverkehr (Kfz) lag am Montag im Zeitraum von 7 bis 9 Uhr, der auch als morgendliche Hauptverkehrszeit gilt. Ein lokales Minimum von 12 bis 13 Uhr folgte mit leicht zurück gehendem Gesamtverkehr. Mit dem zweiten Maximum von 15 bis 17 Uhr schloss sich die Hauptverkehrszeit am Nachmittag an. Die Tage Montag bis Freitag zeigten einen sehr ähnlichen Verlauf der Verkehrsstärken im Gegensatz zum Wochenende. Am Samstag reduzierten sich die Verkehrsstärken. Am Sonntag war der Tag mit den geringsten Verkehrsstärken.

Die Teilmenge Schwerverkehr hat ebenfalls in den frühen Morgenstunden das Minimum. Das Maximum war etwas später von 8 bis 11 Uhr. Der Schwerverkehr reduzierte sich am Wochenende besonders deutlich. Durch das LKW-Fahrverbot am Sonntag waren im Tagesmaximum am Sonntag deutlich weniger Fahrzeuge gegenüber dem Maximum an den Tagen Montag bis Freitag unterwegs.

Auch war der Zeitraum für das morgendliche Minimum der Verkehrsstärken am Sonntag deutlich länger als an Wochentagen ausgeprägt.



**Abbildung 7: Mittlerer Wochengang für Gesamtverkehr (Kfz) und Schwerverkehr (SV) in der Nähe der Luftgüte-Messstation Leipzig-Mitte von 2010 bis 2015**

### 3.4 Meteorologische Bedingungen

Die Luftqualität wird stark von meteorologischen Rahmenbedingungen beeinflusst. Sowohl der Ausstoß von Luftschadstoffen, wie z. B. durch verstärktes Heizen bei tiefen Temperaturen als auch deren Ausbreitung in der Atmosphäre sind unmittelbar mit dem Witterungsverlauf verbunden [LfULG 2016].

Die Einordnung der Meteorologie in Sachsen erfolgte über berechnete Abweichungen für das jeweilige Jahr gegenüber dem 30-jährigen Mittel von 1961 bis 1990 in Tabelle 5.

Das Jahr 2015 war extrem zu warm, viel zu sonnenreich und zu trocken. Die Abweichungen waren im Flächenmittel +1,9 K für die Lufttemperatur, 9 % weniger Niederschlag und 20 % mehr Sonnenstunden. Der Dezember war mit +5,9 K Lufttemperatur, -60 % Niederschlag und +80 % Sonnenstunden besonders auffällig. Das Jahr 2015 war nach 2014 das zweitwärmste Jahr seit 1881 [FRANCKE 2016].

Der erneut milde Winter (+2,7 K) und wenig kontinentale Ostwetterlagen bildeten die Rahmenbedingungen für eher niedrigere Schadstoffkonzentrationen im Jahr 2015.

**Tabelle 5: Abweichungen meteorologischer Parameter gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990 [FRANCKE 2016]**

Jahr	Abweichungen des <b>Jahresmittelwertes</b> für			Abweichungen des <b>Wintermittelwertes*</b> für		
	Temperatur in K	Niederschlag in %	Sonnenscheindauer in %	Temperatur in K	Niederschlag in %	Sonnenscheindauer in %
2010	-0,7	41	1	-1,2	19	5
2011	1,3	0	28	1,6	-31	56
2012	0,8	4	14	0,7	8	21
2013	0,3	13	-4	-0,2	-9	-16
2014	2,0	-11	7	3,0	-48	26
2015	1,8	-9	20	2,7	-7	38

\*Der Wintermittelwert wurde hier definiert vom 1.1. bis 30.4. und 1.11. bis 31.12. des Kalenderjahres, um mit den Jahresmittelwerten der Immissionsgrößen vergleichbar zu sein.

## 4 Ergebnisse der Immissionsmessungen von 2010 bis 2015 und deren Diskussion

### 4.1 Jahresmittelwerte

#### 4.1.1 Gesetzlich vorgegebene Immissionsmessgrößen PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>

Zunächst wird ein Überblick über die allgemeine Entwicklung der Luftschadstoffe anhand der gemittelten Konzentrationen an den Messstationstypen gegeben. Danach wird auf die Entwicklung an den einzelnen verkehrsnahen Messstationen eingegangen, um die lokalen Entwicklungen der Belastungen zu diskutieren.

#### Entwicklung an den Messstationstypen

Bei den Messstationstypen werden die Ergebnisse einzelner Messstationen nach der Messstationstypisierung (Tabelle 1) zusammengefasst. Hier werden die Messstationstypen „Städtische Straße“, „Städtischer Hintergrund“ und „Regionaler Hintergrund“ betrachtet. Die Entwicklung der gemittelten Jahresmittelwerte an den drei Messstationstypen für die Luftschadstoffe PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> wird jeweils auf der linken Seite in Abbildung 8 gezeigt.

Die mit Abstand höchsten Konzentrationen waren stets über alle Jahre am Messstationstyp „Städtische Straße“ vorhanden. Der Typ „Städtischer Hintergrund“ lag deutlich darunter. Am kleinsten waren die Konzentrationen beim Typ „Regionaler Hintergrund“. Für PM<sub>2.5</sub> waren die Unterschiede zwischen den beiden Hintergrundtypen sehr gering.

Der Verlauf der Jahresmittelwerte von 2010 bis 2015 zeigt einen Abfall der Konzentrationen. Dabei verlief der Abfall für die einzelnen Luftschadstoffe unterschiedlich. Er war z. B. für NO<sub>2</sub> recht kontinuierlich, aber für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> mit deutlichen Schwankungen versehen. So wurde für PM<sub>10</sub> 2011 eine leichte Erhöhung, 2012 eine deutliche Reduzierung, 2014 wieder eine Erhöhung und 2015 eine deutliche Reduzierung gegenüber jeweils dem Vorjahr festgestellt. Weil für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> die Schwankungen synchron an den drei Messstationstypen „Städtische Straße“, „Städtischer Hintergrund“ sowie „Regionaler Hintergrund“ und somit großflächig registriert wurden, ist hier der Einfluss der jährlich schwankenden meteorologischen Rahmenbedingungen auf den PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>- Jahresmittelwert gut zu erkennen, wobei die lokal ergriffenen Maßnahmen zur Luftreinhaltung dabei eher „untergehen“. Dieser Einfluss erschwert generell die Interpretation von Immissionen.

Die regionale Hintergrundkonzentration wird durch eine sehr große Anzahl an Emissionsquellen unterschiedlicher Art beeinflusst. Es sind lokale, regionale und überregionale Quellen, die über den Ferntransport von Luftschadstoffen zu den Immissionen beitragen. Auch sind Anteile durch die Emissionen der Städte Leipzig und Dresden darin enthalten.

Gleichzeitig wird die regionale Hintergrundkonzentration als Grundbelastung im Stadtgebiet nach dem Lenschow-Ansatz interpretiert. Das allgemeine Sinken der regionalen Hintergrundbelastung lieferte damit auch einen Beitrag zur sinkenden Belastung sowohl im städtischen Hintergrund als auch an den städtischen Straßen. Ob die Reduzierung der regionalen Hintergrundbelastung hauptsächlich durch die zufällig günstigen meteorologischen Rahmenbedingungen 2012 bis 2015 verursacht wurde oder ob dies der Beginn einer nachhaltigen Schadstoffkonzentrationsminderung war, kann heute noch nicht beurteilt werden. Diese Bewertung wird in etwa drei Jahren (~2019) möglich sein.

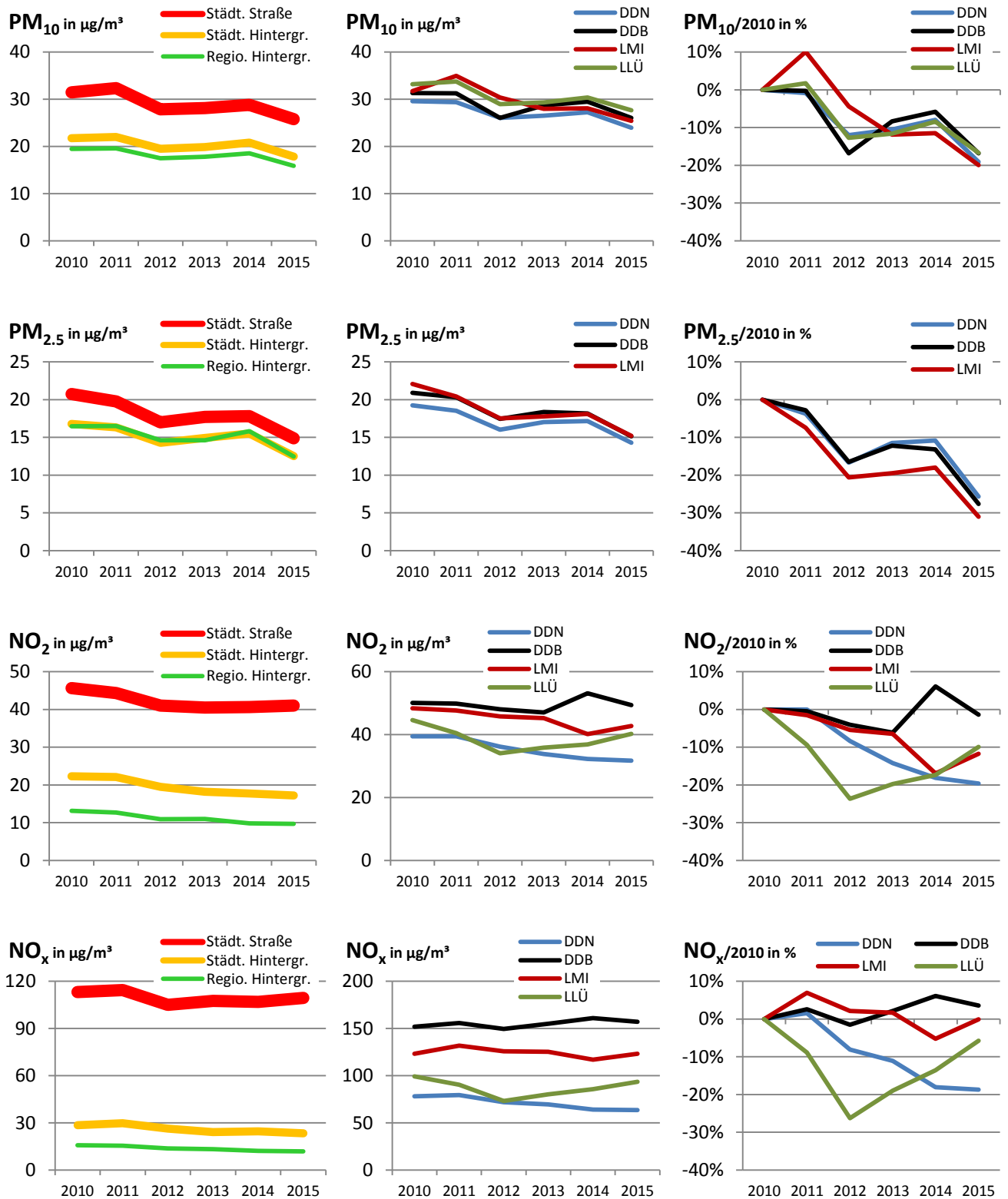


Abbildung 8: Entwicklung der Konzentrationen an den Stationstypen (links), an den straßennahen Messstationen (Mitte) und deren prozentuale Änderung gegenüber 2010 (rechts) für die gesetzlich vorgegebenen Immissionsmessgrößen PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015

Im Zeitraum von 2010 bis 2015 wurden die größten Reduzierungen für Feinstaub  $PM_{2,5}$  mit 25 % und  $PM_{10}$  mit 18 % festgestellt. Gegenüber den deutlichen Partikelreduzierungen fielen die Minderungen für die Gase moderater aus. Am Typ „Städtische Straße“ betrug die Minderung für Stickstoffdioxid  $NO_2$  10 % und für die Stickoxide  $NO_x$  3 %. Auffällig ist, dass 2015 gegenüber 2014 für die Gase  $NO_2$  und  $NO_x$  keine Reduzierung wie für die Partikel  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$  ermittelt wurde.

Die prozentuale Minderung für Feinstaub  $PM_{10}$  war für die drei Messstationstypen „Städtische Straße“, „Städtischer Hintergrund“ und „Regionaler Hintergrund“ mit jeweils 18 % identisch.

Hingegen war die Reduzierung der Stickstoffdioxidkonzentration ( $NO_2$ ) mit 10 % an den Straßen nur halb so groß wie im Hintergrund (23 % bis 26 %). Die kleinste Minderung wurde für die Stickoxide ( $NO_x$ ) an den Straßen mit 3 % festgestellt, während im städtischen Hintergrund (18 %) und regionalen Hintergrund (25 %) größere Reduzierungen erreicht wurden. Die z.T. größeren prozentualen Minderungen im regionalen Hintergrund zeigen, dass europäische Maßnahmen zur Luftreinhaltung greifen und auch günstige meteorologische Bedingungen (milde Winter, wenig Ostwetterlagen) zu geringeren Jahresmittelwerten führten, insbesondere für die in der Luft sehr weit transportierbaren Partikel.

Für die Stickoxide ( $NO_x$ ) an den Straßen hingegen wird deutlich, dass lokal keine Fortschritte in der Luftreinhaltung erzielt wurden und das Ergebnis durch die gesunkene Hintergrundbelastung eher noch einen gewachsenen Lokalbeitrag ausweist.

### Entwicklung an einzelnen Messstellen vom Typ „Städtische Straße“

Die Jahresmittelwerte 2010 bis 2015 der verkehrsnahen Messstellen werden in Abbildung 8 in der Mitte als absolute Werte und rechts als prozentuale Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010 gezeigt.

**Feinstaub  $PM_{10}$**  reduzierte sich von 2010 bis 2015 an den Messstellen in Dresden (DDN, DDB) und Leipzig (LMI, LLÜ) um 5 bis 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. um 17 bis 20 %. An DDN, DDB und LLÜ gab es einen nahezu ähnlichen Verlauf der prozentualen Veränderungen gegenüber dem Bezugsjahr 2010. Dabei wurde an LLÜ die deutliche Reduzierung des Kfz-Verkehrs (vergl. 3.3) nicht in einer deutlichen  $PM_{10}$ -Änderung wiedergefunden. An LMI fielen 2011 und 2012 um 10 % erhöhte Werte gegenüber den anderen Messstationen auf. Diese  $PM_{10}$ -Erhöhung konnte maßgeblich auf Baumaßnahmen in der Nähe der Messstationen zurückgeführt werden (vergl. LÖSCHAU [2012] und [2013]).

**Feinstaub  $PM_{2,5}$**  reduzierte sich von 2010 bis 2015 an den Messstellen in Dresden (DDN, DDB) um 5 bis 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und Leipzig (LMI) um 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ein sehr ähnlicher Verlauf an den drei Verkehrs-Messstationen wird festgestellt, wobei an LMI die größte Minderung mit 31 % nachgewiesen wurde.

Für **Stickstoffdioxid  $NO_2$**  wurde eher ein uneinheitlicher Verlauf der Jahresmittelwerte an den vier verkehrsnahen Messstationen ermittelt. An LLÜ wurde 2012 mit dem Minimum der Kfz-Zahlen (Vergl. Abbildung 5 und Abbildung 6) auch das Minimum der  $NO_2$ -Konzentration nachgewiesen. An LMI und DDB wurde bis 2013 ein nahezu ähnlicher Verlauf der höchsten Jahresmittelwerte mit einer leichten Reduzierung um 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (-6 %) gegenüber 2010 festgestellt. Im Jahr 2014 hingegen trennten sich die Verläufe. Der  $NO_2$ -Jahresmittelwert 2014 erhöhte sich an DDB und sank an LMI. An DDN verringerte sich die  $NO_2$ -Konzentration kontinuierlich um 20 % gegenüber 2010.

Für die **Stickoxide  $NO_x$**  wurden an DDB die mit Abstand höchsten Jahresmittelwerte auf nahezu konstantem Niveau von 2010 bis 2015 festgestellt. Der Jahresmittelwert 2015 lag um 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder 4 % über dem Wert von 2010. Dies ist plausibel mit den konstant hoch gebliebenen Kfz-Zahlen an DDB. Hingegen wurde an LLÜ die deutliche  $NO_x$ -Abnahme durch die deutliche Abnahme der Kfz-Zahlen bis 2012 verursacht. Die  $NO_x$ -Werte



folgten sehr stark den nach 2012 wieder angestiegenen Kfz-Zählwerten. An DDN verringerte sich die NO<sub>x</sub>-Konzentration kontinuierlich um 19 % gegenüber 2010. Leider werden dort keine Kfz-Zählwerte mehr erhoben. Es wird aber vermutet, dass die NO<sub>x</sub>-Minderung durch eine Abnahme der Verkehrsstärke, insbesondere durch Reduzierung des Schwerverkehrs an DDN verursacht wurde.

Ein Zusammenhang zwischen **Kfz-Zählwerten** und gemessenen Konzentrationen ist für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> gut erkennbar, aber nicht für die Partikel PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>. Dieses Ergebnis entspricht den bekannten Beiträgen des lokalen Straßenverkehrs zur Luftbelastung vor Ort (vergl. Abbildung 3 und Kap. 4.3)

#### 4.1.2 Ergänzende wissenschaftliche Immissionsmessgrößen EC, BC, PN<sub>30-200nm</sub> und PM<sub>30-200nm</sub>

Die Entwicklung der Konzentrationen von 2010 bis 2015 wird in Abbildung 9 auf der linken Seite für die Messstationstypen sowie in der Mitte und rechts für die einzelnen verkehrsnahen Messstationen gezeigt.

##### Entwicklung an den Messstationstypen

Die mit Abstand höchsten Konzentrationen waren stets über alle Jahre am Messstationstyp „Städtische Straße“ vorhanden. Der Typ „Städtischer Hintergrund“ lag deutlich darunter. Am kleinsten waren die Konzentrationen beim Typ „Regionaler Hintergrund“.

Am Messstationstyp „**Städtische Straße**“ wurde für die wissenschaftlichen Sondermessgrößen eine meist stetige Reduzierung der Jahresmittelwerte von 2010 bis 2015 festgestellt. Ein zeitweiser deutlicher Anstieg im Verlauf, wie er für PM<sub>10</sub> im Jahr 2011 (Abbildung 8) beobachtet wurde, war nicht vorhanden. Das Maß der Reduzierung war an den verkehrsnahen Messstellen hoch. Von 2010 bis 2015 reduzierte sich BC um 1,1 µg/m<sup>3</sup> bzw. 42 %, EC um 1,8 µg/m<sup>3</sup> bzw. 50 % und PN<sub>30-200nm</sub> um 1.800 Partikel/cm<sup>3</sup> bzw. 25 %. Der EC-Wert ab 2015 besitzt jedoch eine erhöhte Unsicherheit (vgl. Kap 2.3). Dies ist auch der Grund für die auffällig hohe Abnahme von 2014 nach 2015 für Ruß EC mit 1,1 µg/m<sup>3</sup> gegenüber einer geringeren Abnahme für Ruß BC mit 0,4 µg/m<sup>3</sup>. Deshalb sollten für Schlussfolgerungen die Ergebnisse von BC gegenüber EC den Vorzug haben.

Die Reduzierungen für EC, BC, PN<sub>30-200nm</sub> und PM<sub>30-200nm</sub> am Typ „Städtische Straße“ waren höher als für die Typen „Städtischer Hintergrund“ und „Regionaler Hintergrund“. Die höhere Reduzierung am Typ „Städtische Straße“ dokumentiert, dass die lokalen Minderungsmaßnahmen im Bereich Straßenverkehr in der Stadt im Mittel wesentlich zur Verbesserung der Immissionssituation beitragen. Sie können durch die wissenschaftlichen Sondermessgrößen EC, BC, PN<sub>30-200nm</sub> und PM<sub>30-200nm</sub> empfindlich dargestellt werden.

##### Entwicklung an den einzelnen Messstellen vom Typ „Städtische Straße“

Die Entwicklung der Konzentrationen für die einzelnen verkehrsnahen Messstationen von 2010 bis 2015 wird in Abbildung 9 in der Mitte als Jahresmittelwerte und rechts als relative Änderung gegenüber 2010 gezeigt.

Für **Ruß als EC** wurde eine deutliche absolute und relative Reduzierung der Jahresmittelwerte an DDB, DDN, LMI und LLÜ dokumentiert. Die relative Änderung für die vier Stationen lag in der Größenordnung von -50 %. Die mit Abstand höchsten Jahresmittelwerte wurden jedes Jahr an DDB registriert. Die anderen drei Messstationen (DDN, LMI und LLÜ) lagen dicht beieinander und zeigten eine ähnlich deutliche Reduzierung.

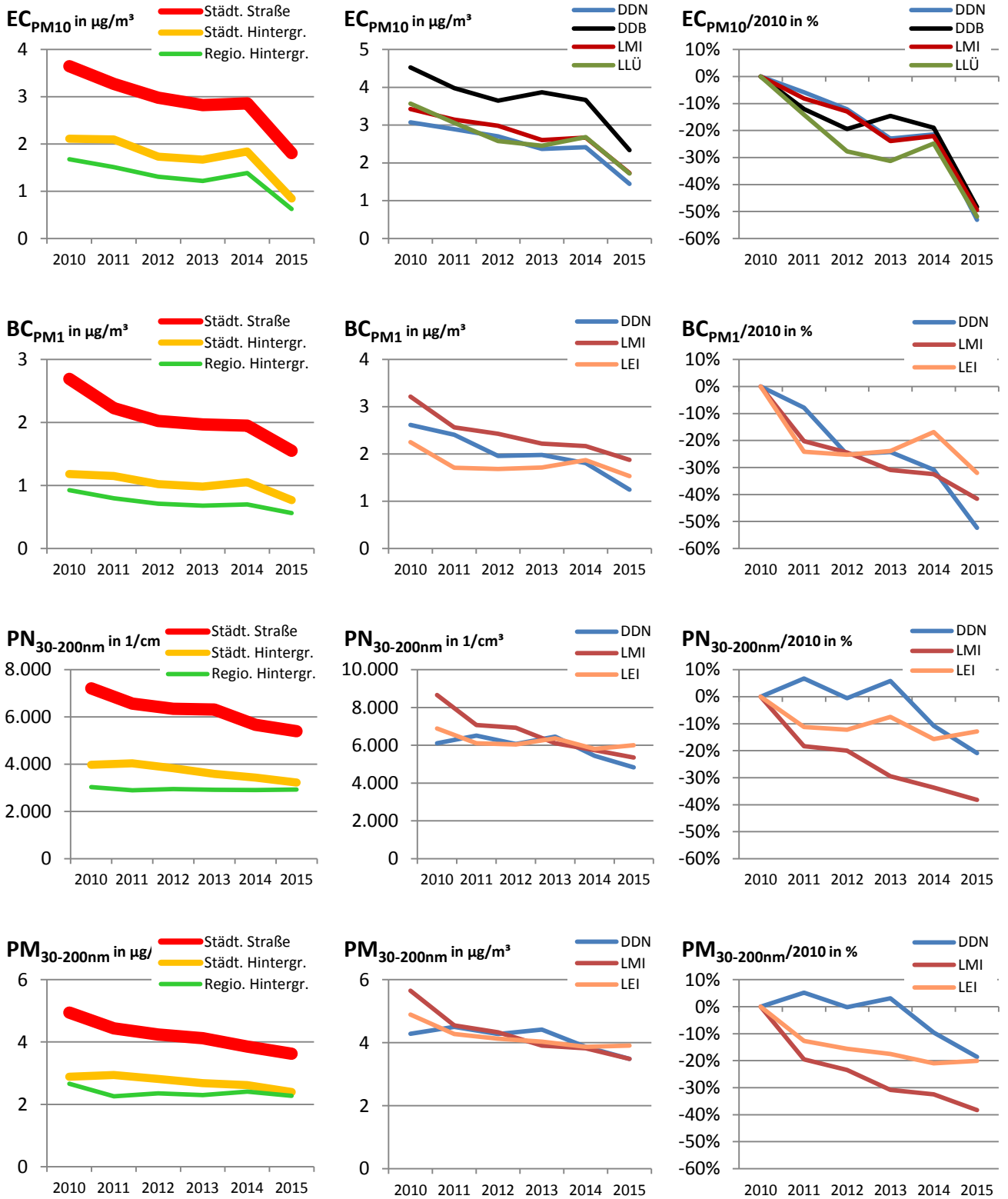


Abbildung 9: Entwicklung der Konzentrationen an den Stationstypen (links), an den straßennahen Messstellen (Mitte) und deren prozentuale Änderung gegenüber 2010 (rechts) für die wissenschaftlichen Immissionsmessgrößen EC, BC, PN<sub>30-200nm</sub> und PM<sub>30-200nm</sub> von 2010 bis 2015

Für **Ruß als BC** wurde ebenfalls eine deutliche absolute und relative Reduzierung der Jahresmittelwerte für an DDN, LMI und LEI dokumentiert. An DDB liegen leider keine Messungen vor, deshalb ist LMI hier die am höchsten belastete Messstation von 2010 bis 2015. Die BC-Konzentrationen an den einzelnen Messstationen können nur für LMI und DDN mit den EC-Konzentrationen verglichen werden. Für LMI und DDN wird eine Minderung von 40 bis 50 % festgestellt.

Für die Messgröße **Anzahlkonzentration der Partikel mit Durchmesser von 20 bis 300nm  $PN_{30-200nm}$**  wurde ebenfalls eine deutliche absolute und relative Reduzierung der Jahresmittelwerte an DDN, LMI und LEI von 2010 bis 2015 registriert, allerdings mit größerer Unstetigkeit in den Jahren dazwischen. An DDB liegen leider keine Messungen vor, deshalb ist LMI hier wieder die am höchsten belastete Messstation von 2010 bis 2012. An LMI reduzierte sich die Konzentration stetig und 2015 wurde eine Minderung um 38 % erreicht.

Für die Berechnungsgröße **Massenkonzentration der Partikel mit Durchmesser von 20 bis 300nm  $PM_{30-200nm}$**  wurde ebenfalls eine deutliche absolute und relative Reduzierung der Jahresmittelwerte an DDN, LMI und LEI von 2010 bis 2015 registriert. An LMI und LEI reduzierte sich die Konzentration stetig. 2015 wurde eine Minderung um 38 % an LMI und 20 % an LEI nachgewiesen.

## 4.2 Mittlerer Wochengang

Der mittlere Tagesgang von Montag bis Sonntag – kurz mittlerer Wochengang – ist eine statistische Auswertung, um ein allgemeingültiges Muster (Signatur) der Wochentage darzustellen. Dabei gehen alle 1 h-Messdaten eines Jahres ein. Die hohe zeitliche Auflösung der Messdaten ermöglicht die Interpretation von Tagesverläufen der Konzentration.

Der mittlere Wochengang für die sechs Jahre von 2010 bis 2015 wird in Anlage 4 für jede einzelne Messstation dargestellt. Es wird die Entwicklung für die Luftschadstoffe für die Gase  $NO_2$  und  $NO_x$  sowie für die Partikel  $PM_{10}$ , Ruß-BC und Partikelanzahl  $PN_{30-200nm}$  gezeigt. Im Gegensatz dazu wird hier im Text nur auf eine Messstation eingegangen.

Die Ergebnisse zur wichtigsten Messstation **Leipzig-Mitte (LMI)** im Zentrum der Umweltzone wird in Abbildung 10 für die wissenschaftlichen Sondermessgrößen und in Abbildung 11 für die gesetzlichen Überwachungsgrößen gezeigt. Der rote Konzentrationsverlauf kennzeichnet jeweils die Ausgangssituation 2010 vor der Umweltzone. Farblich verschieden folgen die jährlichen mittleren Konzentrationsverläufe 2011 bis 2015 nach Einführung der Umweltzone.

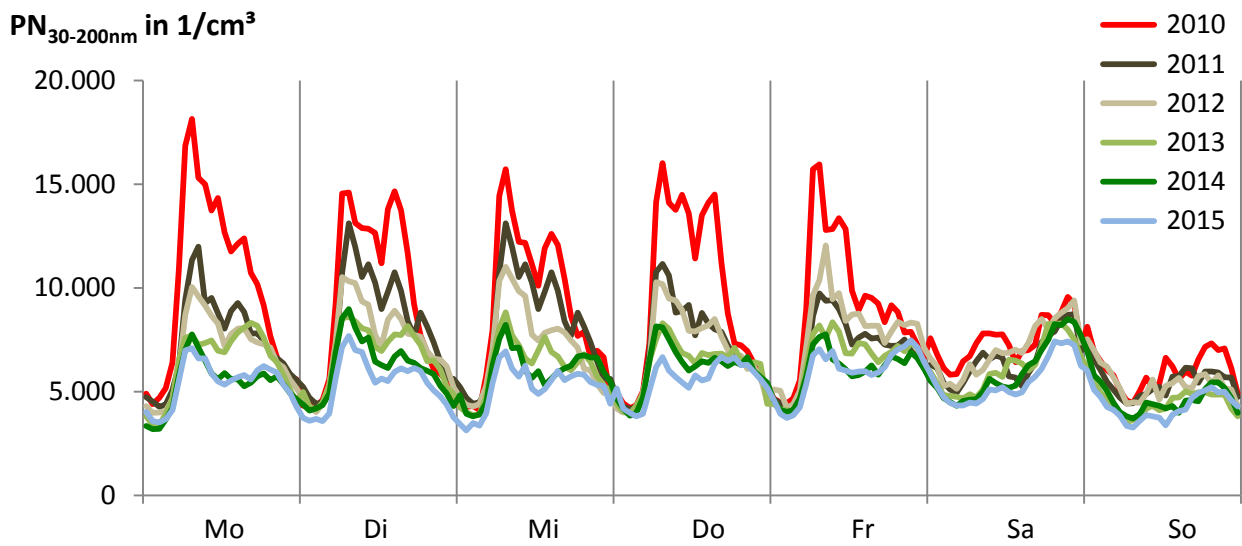
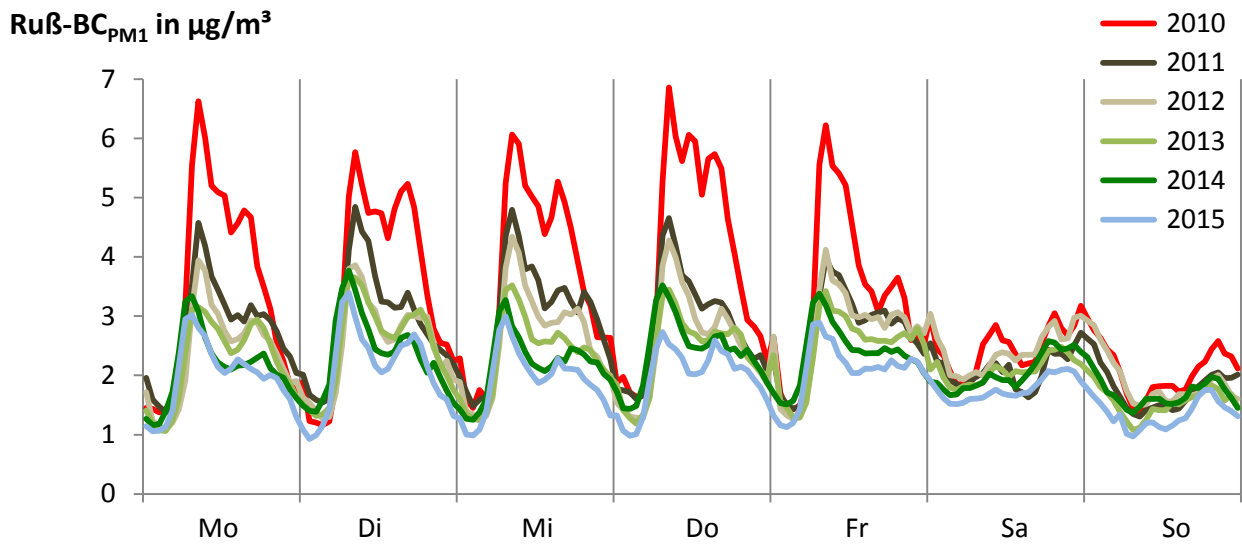
Zunächst sollen die Sondermessgrößen **Ruß-BC** und **Partikelanzahl  $PN_{30-200nm}$**  betrachtet werden (Abbildung 10). Beide Parameter zeigen ähnliche mittlere Konzentrationsverläufe für die Jahre 2010 bis 2015. Für die Ausgangsbeurteilung 2010 ist die typische verkehrsgeprägte Signatur besonders gut erkennbar (vgl. Abbildung 7). Dem Minimum in den ersten Stunden des Tages mit dem Minimum der Verkehrsstärke folgt ein steiler Anstieg der Konzentrationen durch die morgendliche Hauptverkehrszeit mit extrem vielen Fahrzeugen, die zum jeweiligen Maximum der Konzentration an den Tagen Montag bis Freitag führen. Mittags wird meist ein lokales Minimum auf hohem Niveau registriert, wie für beide Messgrößen am Dienstag und Mittwoch erkennbar ist. Der Tagesgang für die Durchmischung der Atmosphäre spielt für die resultierenden Immissionen eine wichtige Rolle. Deshalb ist auch das Maximum der Immission am Nachmittag nicht so ausgeprägt, wie es die Verkehrsstärken erwarten lassen. Abends sinken die Konzentrationen mit dem nachlassenden Verkehr. Am Samstag und Sonntag wurden geringere Konzentrationen registriert ähnlich den geringeren Verkehrsstär-

ken. Das frühmorgendliche Minimum der Immissionen am Sonntag ist deutlich später als an den Wochentagen.

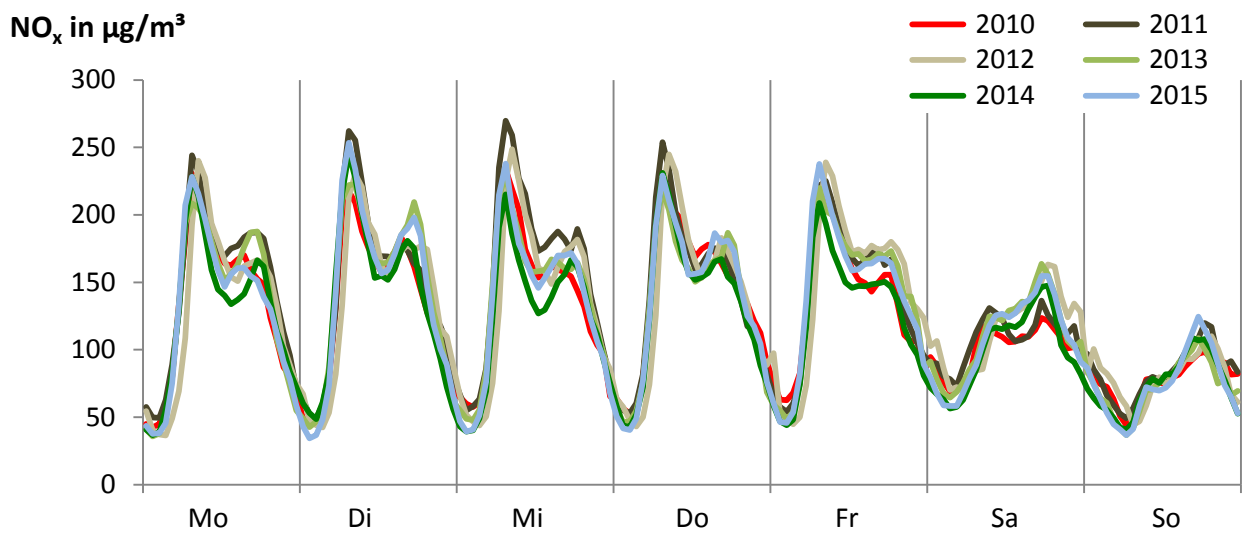
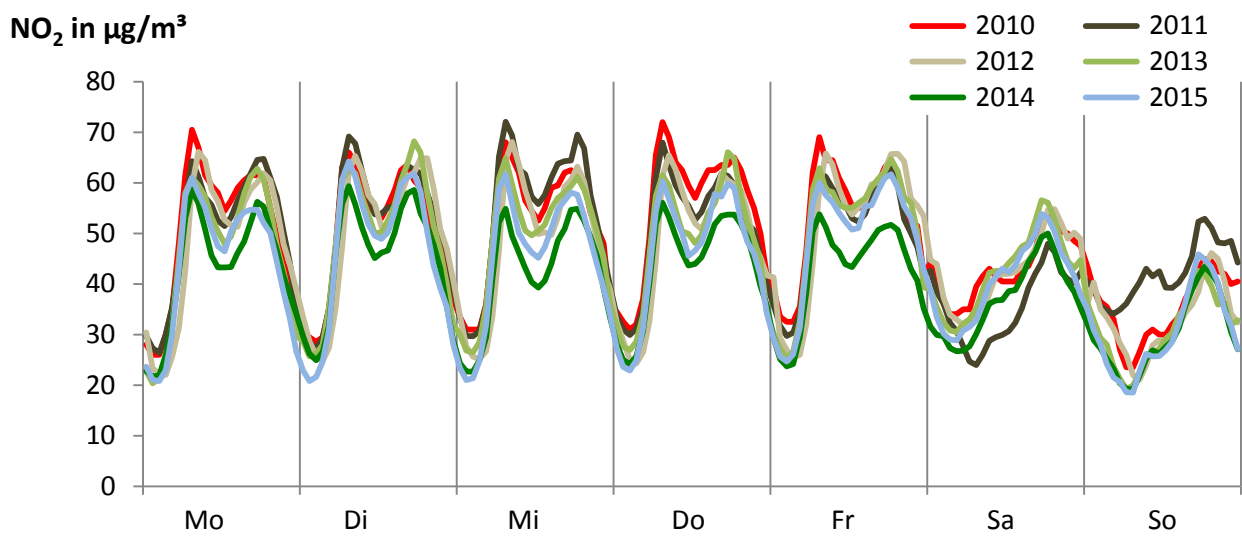
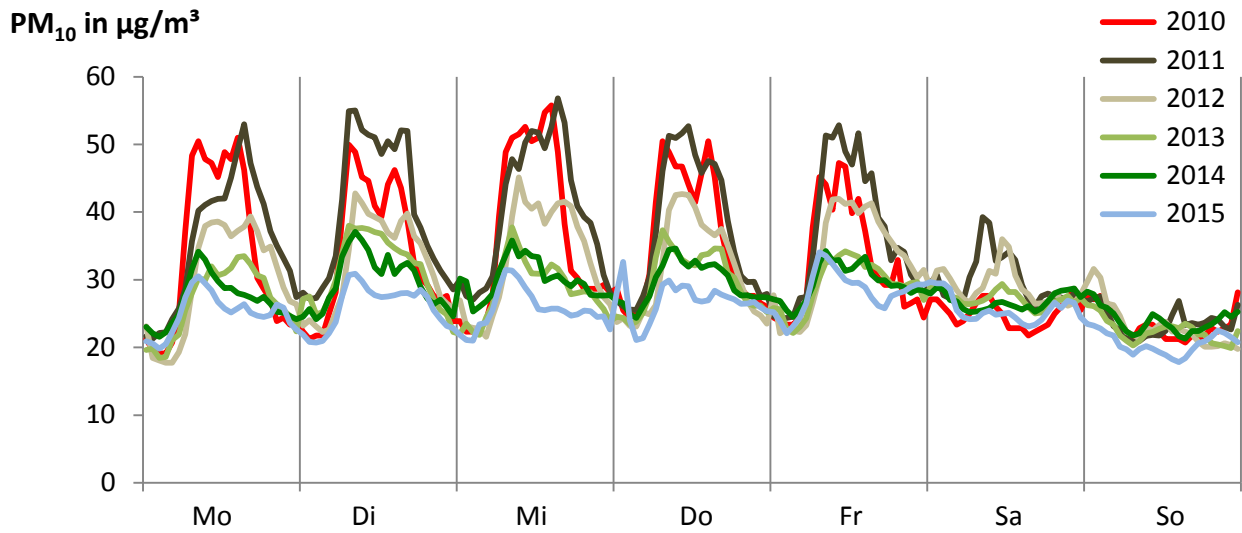
Nach 2010 werden die Konzentrationen von Jahr zu Jahr tendenziell tagsüber kleiner. An den Tagen Montag bis Freitag mit hohem Verkehrsaufkommen ist dies besonders gut erkennbar. An diesen Tagen reduzierte sich das morgendliche Maximum auf weniger als die Hälfte der Konzentration von 2010. Im frühmorgendlichen Konzentrationsminimum sind von 2010 bis 2015 nur wenig Änderungen und keine Tendenz erkennbar. Dieses Minimum kann auch als Grundbelastung (fast) ohne Verkehr interpretiert werden. Wenn also in der Grundbelastung wenig Änderung erkennbar ist, dann ist es naheliegend, dass die Konzentrationsveränderungen zum großen Teil auf Veränderungen der Emissionen der tagsüber in großer Anzahl vorbeifahrenden Fahrzeuge zurückzuführen sind. Eine Verursacheranalyse in Kapitel 4.3 wird dies klären.

Das Beispiel an der verkehrsnahen Messstelle LMI zeigt gleichzeitig, dass mit  $BC_{PM1}$  und  $PN_{30-200nm}$  zwei unabhängige Messverfahren zur empfindlichen Beurteilung von Veränderungen sehr kleiner Partikel in der Außenluft bereitgestellt werden können. Beide Messgrößen messen verschiedene Messobjekte und dennoch ist der Konzentrationsverlauf des mittleren Wochenganges einschließlich der Veränderungen der einzelnen Jahre für  $BC_{PM1}$  und  $PN_{30-200nm}$  sehr ähnlich (Abbildung 10).

Die Ergebnisse für die statistische Auswertung der **gesetzlichen Überwachungsmessgrößen  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  und  $NO_x$**  werden in Abbildung 11 dargestellt. Eine klare systematische Reduzierung der Konzentrationsverläufe an den Tagen Montag bis Freitag von 2010 bis 2015 ähnlich wie bei den Sondermessgrößen in Abbildung 10 ist nicht zu erkennen. Während für  $NO_2$  und  $NO_x$  die Signatur mit kleinen Schwankungen recht konstant bleibt, sind für  $PM_{10}$  Änderungen der täglichen Signatur z. T. erkennbar, wie z. B. am Montag der Konzentrationsverlauf für 2010 und 2011 deutlich zeigt. Dort dominierte eindeutig der Einfluss nichtstraßenverkehrsbedingter Quellen.



**Abbildung 10: Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von Ruß und Partikel von 30 bis 200 nm an Leipzig-Mitte vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2015**



**Abbildung 11: Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> an Leipzig-Mitte vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2015**

## 4.3 Immissionsanteil Motor der Fahrzeuge

### 4.3.1 Bestimmungsmethode

In den Kapiteln 4.1 und 4.2 wurde stets die Gesamtbelastung betrachtet, die durch eine Vielzahl verschiedener Quellen entstanden ist. Diese Gesamtbelastung (= Immission) kann durch eine Verursacheranalyse in einzelne Verursacheranteile (= einzelne Immissionsanteile) aufgegliedert werden. Ein Verursacheranteil ist z. B. der Immissionsanteil Motor, der an einer verkehrsnahen Messstelle durch die Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge entsteht. Ziel der Umweltzone ist es, diesen Immissionsanteil Motor durch verbesserte Abgasreinigungssysteme moderner Fahrzeuge zu reduzieren. Der Immissionsanteil für Partikel durch Aufwirbelungen und Abriebe durch die Bewegung der Fahrzeuge bleibt dabei unberücksichtigt, weil es nicht Ziel einer Umweltzone ist, die Mobilität einzuschränken (Abbildung 4).

Bei der Verursacheranalyse wurde der Lenschow-Ansatz [LENSCHOW 2001] für Jahresmittelwerte genutzt. Von der gemessenen Gesamtbelastung (GB) an der verkehrsnahen Messstation wird dabei der allgemeine Hintergrundanteil, der an den städtischen Hintergrundmessstationen gemessen wurde, abgezogen. Dabei erfolgt gleichzeitig eine gewisse Korrektur der jährlichen Schwankungen durch den Einfluss der Meteorologie. Es ist eine Schätzung für Jahresmittelwerte [LÖSCHAU 2012].

Der Immissionsanteil Motor kann für verschiedene Messgrößen ermittelt werden. Eine einzelne Messgröße bildet dabei jeweils nur einen spezifischen Teil der komplexen Motoremissionen ab. Annahmen zur Bestimmung des Immissionsanteils Motor sind in [LÖSCHAU 2014] veröffentlicht.

Der Immissionsanteil Motor für Feinstaub  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  lag bei etwa 10 % der Gesamtbelastung [LÖSCHAU 2014]. Für  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  wurde der größte Teil der Belastung (~90 %) durch andere Quellen verursacht, wie z. B. durch Aufwirbelungen und Abriebe vom Verkehr, Industrie- und Heizungsemissionen sowie Partikelferneintrag. Die kleinen Werte für den Immissionsanteil Motor sind nahe an der Messunsicherheit des Messverfahrens (Anlage 2). Die Ergebnisse für Feinstaub  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  sind damit sehr unsicher. Deshalb wurde auf eine weitere Auswertung verzichtet. Der Immissionsanteil Motor für  $NO_x$ , EC, BC,  $PN_{30-200nm}$  und  $PM_{30-200nm}$  wird hingegen deutlich empfindlicher abgebildet. Der Anteil an der Gesamtbelastung lag meist bei 25 bis 50 %, für  $NO_x$  sogar bei 50 bis 85 %. Veränderungen durch verkehrsbezogene Maßnahmen hinsichtlich der Reduzierung der Motoremissionen können durch diese Messgrößen empfindlicher und damit auch sicherer dargestellt werden. Diese Messgrößen sind deshalb für eine Bewertung der Wirkung einer Umweltzone besonders geeignet [LÖSCHAU 2014].

### 4.3.2 Ergebnisse

#### Entwicklung des Mittelwertes an den verkehrsnahen Messstellen

Der erste, grobe Trend der Jahresmittelwerte von 2010 bis 2015 für den Immissionsanteil Motor ist für Partikel und Spurengase am Stationstyp „Städtische Straße“ unterschiedlich (Abbildung 12, links). Für  $NO_x$  wurde eine Stagnation im Mittel aller verkehrsnahen Messstationen festgestellt. Hingegen zeigten die Partikel im Mittel eine deutliche Reduzierung. Dies bestätigten Testergebnisse moderner Dieselfahrzeuge, die eine deutliche Partikelreduzierung besitzen [KIRCHNER 2010], aber keine  $NO_x$ -Reduzierung im realen Fahrbetrieb aufweisen [MÖNCH 2015].

An den verkehrsnahen Messstellen wurden im Mittel folgende Änderungen von 2010 bis 2015 durch den Immissionsanteil Motor der Fahrzeuge ermittelt:

- +2 % bzw. +1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Gas  $\text{NO}_x$ ,
- -41 % bzw. -0,57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für Partikel als Ruß- $\text{EC}_{\text{PM10}}$ ,
- -51 % bzw. -0,73  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für Partikel als Ruß- $\text{BC}_{\text{PM1}}$ ,
- -37 % bzw. -1.100  $1/\text{cm}^3$  für die Partikelanzahl  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und
- -44 % bzw. -0,82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Partikelmasse  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$ .

Nachfolgend werden diese Mittelwerte als absolute Änderung (Abbildung 12, Mitte) und prozentuale Änderung (Abbildung 12, rechts) an den einzelnen Messstationen aufgelöst.

### Immissionsanteil Motor $\Delta\text{NO}_x$

Die höchsten Jahresmittelwerte  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  mit rund 130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wurden erwartungsgemäß an **DDB** registriert. Dort erhöhte sich das hohe Niveau um 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. 9 % von 2010 nach 2015. Dabei stieg die Stärke des Gesamtverkehrs um 6 % und die Teilmenge Schwerverkehr (SV) um 3 %. Der prozentuale Anstieg des Immissionsanteils Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  war damit größer als der prozentuale Anstieg der Verkehrsstärke. Es ist zu vermuten, dass Benzin-PKW durch Diesel-PKW mit deutlich höheren Emissionen in der Fahrzeugflotte ersetzt wurden.

Die geringsten Werte mit weniger als 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  wurden an **DDN** ermittelt. Sie fielen um 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. 19 %. Die fallende Tendenz ist wahrscheinlich auf reduzierte Verkehrszahlen, für die leider keine Zählwerte vorliegen zurückzuführen. Die von der Stadtverwaltung Dresden für den Luftreinhalteplan modellierten Werte weisen dort eine Reduzierung des SV von 2010 bis 2015 um rund 30 % aus [DIETZ 2016].

Deutliche Veränderungen im Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_x$  wurden an **LLÜ** mit den bereits diskutierten, veränderten Verkehrszahlen registriert. 2012 wurde das Minimum der Konzentration mit -34 % bzw. -24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  und das Minimum der Verkehrsstärke mit -51 % Gesamtverkehr und -70 % SV erreicht. Hingegen wurde 2015 eine Stagnation der Konzentration (-1 % bzw. -0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$ ) gegenüber 2010 ermittelt, wobei die Verkehrszählung gleichzeitig einen Rückgang des Gesamtverkehrs um 9 % und des SV um 25 % auswies. Dem deutlichen Rückgang der Verkehrsstärke folgte in der Straßenschlucht LLÜ kein äquivalenter Rückgang am Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_x$ .

Demgegenüber wurden an **LMI** nahezu konstante Werte um 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mit einer leichten Erhöhung um 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. 5 % von 2010 zu 2015 ermittelt. Die Verkehrszählung registrierte dabei einen Rückgang des SV um 19 % und eine Erhöhung des Gesamtverkehrs um 6 %.

Die relativen Änderungen für den Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  (Abbildung 12, rechts oben) waren damit an den vier Straßen-Messstationen gegenüber 2010 nicht einheitlich. Für den Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_x$  wurden 2015 folgende Ergebnisse ermittelt:

- an DDB stieg  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  überproportional gegenüber der Verkehrsstärke (Kfz +6 %, SV +4 %),
- an LMI stieg  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  proportional gegenüber dem Gesamtverkehr (Kfz +6%), wobei der SV um 19 % abnahm,
- an LLÜ blieb  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  konstant bei gesunkener Verkehrsstärke (Kfz -9 %, SV -25 %).

Aus den Ergebnissen der drei Messstationen kann eine allgemeine Schlussfolgerung gezogen werden. Bei der Annahme einer gleichen Verkehrsstärke erhöhte sich der Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_x$  im Zeitraum 2010



bis 2015 in Dresden und Leipzig. Es ist zu vermuten, dass dies durch das Ersetzen von Benzin-PKW durch Diesel-PKW mit deutlich höheren Emissionen in der realen Fahrzeugflotte verursacht wurde.

### Immissionsanteil Motor $\Delta EC_{Motor}$

An der Messstation **DDB** wurde der höchste Immissionsanteil Motor  $\Delta EC_{Motor}$  über alle Jahre ermittelt. Er war ganz grob jedes Jahr doppelt so groß wie an LMI, LLÜ und DDN. Dennoch waren die relativen Änderungen an allen vier Messstationen nahezu gleich in der Größenordnung -40 % von 2010 nach 2015. In Dresden und Leipzig führen 2015 gegenüber 2010 mehr modernere Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter, die diese deutliche Minderung verursachten. Zusätzlich war an LMI, DDN und LLÜ ein Rückgang des SV dafür mitverantwortlich.

### Immissionsanteil Motor $\Delta BC_{Motor}$

An der Leipziger Messstation **LMI** wurde der höchste Immissionsanteil Motor  $\Delta BC_{Motor}$  von 2010 bis 2015 festgestellt. Dabei ist zu beachten, dass an der mit  $\Delta EC_{Motor}$  höchstbelasteten Messstation DDB keine Sondermessungen BC erfolgten und damit dort keine Einordnung möglich ist. An LMI reduzierte sich der Immissionsanteil Motor  $\Delta BC$  2010 von 1,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf die Hälfte im Jahr 2015. Es war die größte absolute Minderung aller Messstationen.

An **DDN** fand die größte relative  $\Delta BC_{Motor}$  -Reduzierung mit 70 % statt. An der Messstation **LEI** reduzierte sich der Immissionsanteil Motor  $\Delta BC$  2011 sehr deutlich und steigt danach wieder an. Eine Bewertung kann nicht gegeben werden, weil keine  $\text{NO}_x$ -Messung vorliegt und keine über den Zeitraum kompletten Verkehrszahlen bekannt sind.

Die Daten für  $\Delta BC$  von DDN und LMI lassen einen Vergleich von Dresden und Leipzig zu. Die Reduzierung an LMI kann als allgemeine Modernisierung der Fahrzeugflotte plus Wirkung der Umweltzone Leipzig interpretiert werden. Die Reduzierung an DDN wird z. T. auf verringerte SV-Zahlen zurückgeführt und kann teilweise ebenfalls als allgemeine Modernisierung der Fahrzeugflotte plus Mitnahmeeffekt der Wirkung der 120 km entfernten Umweltzone in Leipzig gesehen werden, denn die Umweltzone in Leipzig hatte sicher eine gewisse Signalwirkung zur beschleunigten Modernisierung der Fahrzeugflotte in ganz Sachsen.

### Immissionsanteil Motor $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}, \text{Motor}}$

An der Leipziger Messstation **LMI** wurde der höchste Immissionsanteil Motor für  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  in den Jahren 2010 bis 2012 festgestellt. Dabei ist zu beachten, dass an der mit  $\Delta EC_{Motor}$  höchstbelasteten Messstation DDB keine Sondermessungen erfolgten und damit kein Vergleich möglich ist. An der Leipziger Messstation LMI reduzierte sich  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  von 4.200 Partikeln/ $\text{cm}^3$  2010 um 2.600 Partikeln/ $\text{cm}^3$  2015. Das Niveau reduzierte sich um 62 % von 2010 nach 2015. Es war mit Abstand die stärkste absolute und auch relative Reduzierung an einer Messstation. Der Rückgang der Partikelanzahlkonzentration 2011 war zunächst durch den reduzierten Verkehr, insbesondere SV (Abbildung 10) entstanden, weil viele ältere Fahrzeuge, insbesondere SV-Fahrzeuge, die Umweltzone 2011 nicht mehr befahren durften. Nach dem Wiederanstieg des Kfz-Gesamtverkehrs 2012 und sogar einer Erhöhung in den Jahren 2013 bis 2015 reduzierte sich der Immissionsanteil Motor  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  jedoch weiter. Der zeitweilig reduzierte Gesamtverkehr wurde offensichtlich durch saubere Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter, bedingt durch die Vorgabe der Umweltzone, aufgefüllt. Ein Teil der Reduzierung verursachten die weniger fahrenden Schwerverkehrsfahrzeuge.

An der Dresdner Messstation **DDN** wurde teilweise eine Erhöhung gegenüber 2010 registriert wurde. Die Entwicklung an DDN von  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und  $\Delta EC_{Motor}$  sowie  $\Delta BC_{Motor}$  ist gegenläufig und nicht plausibel. Ein Erklärungsversuch wird dennoch nachfolgend unternommen. Bei den Partikeln  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  werden neben den Rußpartikeln weitere Nicht-Rußpartikel mitgezählt. Die Erhöhung von  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  kann nur im Zusammenhang mit einer Nicht-Ruß-Partikelquelle in der nahen Umgebung der Messstation DDN interpretiert werden. Möglicherweise führt ein nahegelegener Döner-Imbiss (ca. 20 m westlich) zu hohen Emissionen, die Partikelneubil-

dungen begünstigen. Dieser ggf. zusätzliche Beitrag wird bei der Verursacheranalyse dem Straßenverkehr zu Unrecht zugeschlagen.

An **LEI** reduzierte sich  $\Delta\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  2011 sehr stark um 32 % und stieg danach wieder an. 2015 schmolz die Reduzierung auf 5 % zusammen.

#### Immissionsanteil Motor $\Delta\text{PM}_{30-200\text{nm, Motor}}$

An **LMI** wurde der höchste Immissionsanteil Motor für  $\Delta\text{PM}_{30-200\text{nm}}$  mit  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Ausgangsjahr 2010 festgestellt. Gleichzeitig erfolgte an LMI die größte Reduzierung um  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in 2015. An LMI lag 2015 damit der geringste Konzentrationsbeitrag durch vorbeifahrende Fahrzeuge gegenüber DDN und LEI vor. Die Partikelmasse für den Immissionsanteil Motor reduzierte sich um 67 %. LMI hatte damit auch die größte relative Minderung.

Die Daten an **DDN** sind aufgrund einer möglichen zusätzlichen Nicht-Verkehrsquelle schwer zu interpretieren. An **LEI** sank 2015 die Massenkonzentration mehr als 25 % gegenüber 2010. An **LEI** sank 2015 die Massenkonzentration mehr als 25 % gegenüber 2010.

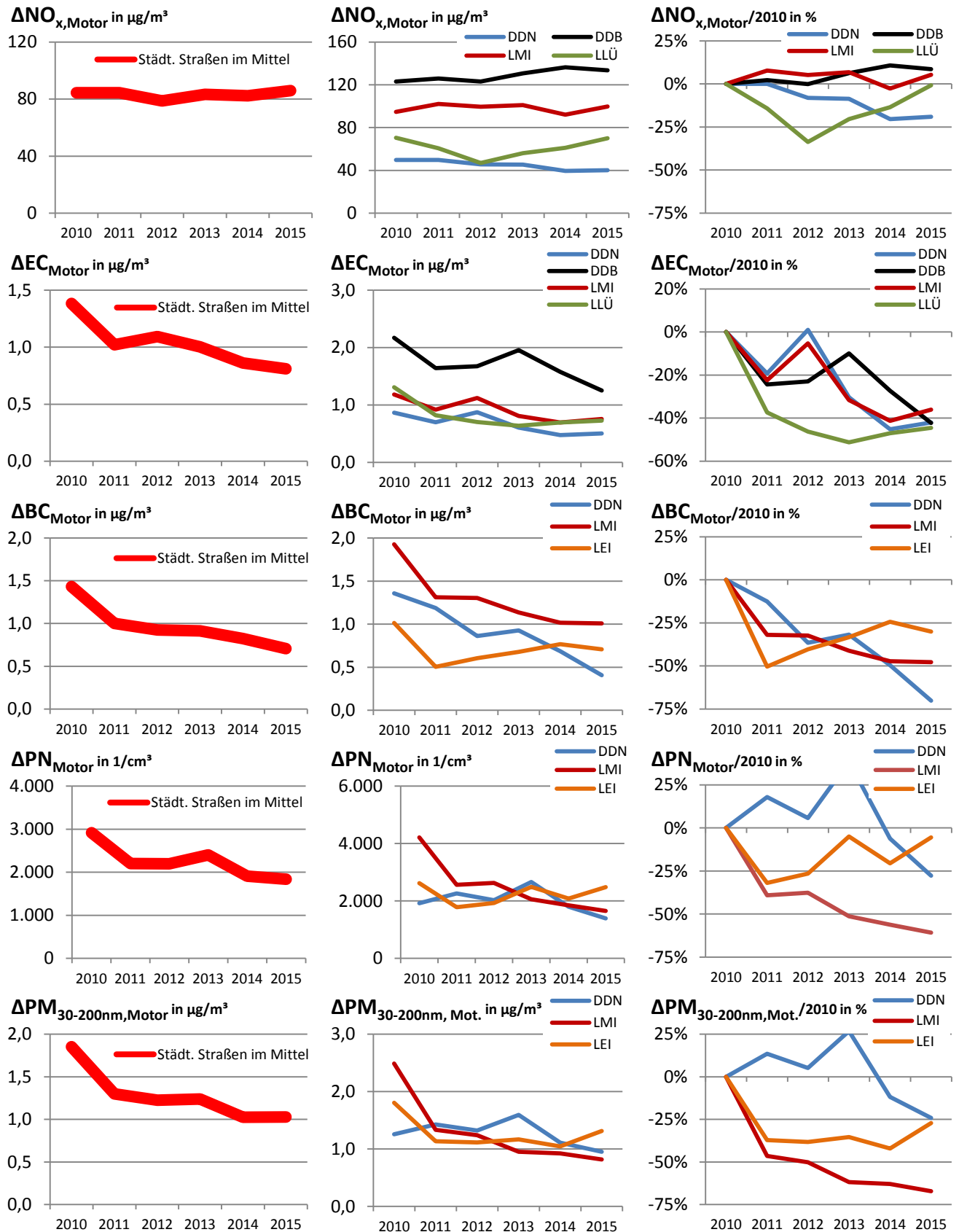
#### Zusammenfassung für die Messstation Leipzig-Mitte

Für die im Zentrum der Umweltzone Leipzig gelegene verkehrsnahе Messstation Leipzig-Mitte wurden folgende Änderungen von 2010 nach 2015 durch den Immissionsanteil Motor der Fahrzeuge ermittelt:

- +5 % bzw.  $+5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Gas  $\text{NO}_x$ ,
- -36 % bzw.  $-0,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Partikel als Ruß- $\text{EC}_{\text{PM}_{10}}$ ,
- -48 % bzw.  $-0,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Partikel als Ruß- $\text{BC}_{\text{PM}_{10}}$ ,
- -61 % bzw.  $-2.570 \text{ 1}/\text{cm}^3$  für die Partikelanzahl der Partikelgröße von 30 bis 200 nm  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und
- -67 % bzw.  $-1,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Partikelmasse der Partikelgröße von 30 bis 200 nm  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$ .

Gleichzeitig erhöhte sich der Gesamtverkehr um 6 % mit Reduzierung des Schwerverkehrs um 19 %.

Die beschleunigte Modernisierung der Fahrzeugflotte in der Umweltzone Leipzig führte zu einer deutlichen Partikelreduzierung in der Außenluft durch die verringerten Motoremissionen der Fahrzeuge. Keine Verbesserungen wurden durch die moderneren Dieselfahrzeuge für  $\text{NO}_x$  erreicht.



**Abbildung 12: Entwicklung des Immissionsanteils Motor am Messstationstyp „Städtische Straße“ und an den einzelnen Messstationen für das Gas  $NO_x$  und die Partikel EC, BC,  $PN_{30-200nm}$  und  $PM_{30-200nm}$  von 2010 bis 2015**

### 4.3.3 Veränderungen für den hochtoxischen Feinstaubanteil und das Gesundheitsrisiko

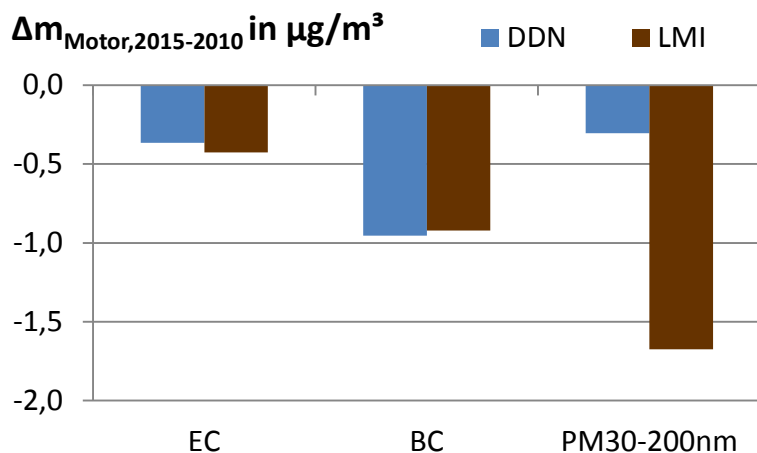
Für die Sondermessgrößen EC, BC und  $PM_{30-200nm}$  existieren keine Grenzwerte. Damit gibt es auch keine Beurteilungskriterien für die Interpretation der Veränderungen. Die Sondermessgrößen EC, BC und  $PM_{30-200nm}$  liefern aber deutlich empfindlichere Eingangsdaten als dies für  $PM_{10}$  möglich wäre (vgl. Kap. 4.3.1). Deshalb werden nachfolgend die Veränderungen der Partikelmasse in der Außenluft durch die veränderten Motoremis-sionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge betrachtet, weil diese eine Einordnung in die gesetzlich vorgegebene Überwachungsgröße Feinstaub  $PM_{10}$  mit einem Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit ermöglichen. Dies ist der methodische Unterschied zu bisherigen Studien, die die Feinstaubminderung von Umwelt-zonen direkt über die Ergebnisse der Feinstaubmessung zu bestimmen versuchten [MORFELD 2011].

Die Änderung der Partikelmassen EC, BC und  $PM_{30-200nm}$  für den Immissionsanteil Motor der Dresdner Mess-station DDN und der Leipziger Messstation LMI wird in Abbildung 13 gezeigt. Minderungserfolge für Ruß und Partikel von 30 bis 200 nm wurden in Leipzig und Dresden nachgewiesen. Sie waren in Leipzig-Mitte am größ-ten, wenn auch veränderte Verkehrsstärken in die Diskussion einbezogen wurden.

An LMI weisen die Ergebnisse der wissenschaftlichen Sondermessungen der Partikelmassen für den Immis-sionsanteil Motor im Feinstaub  $PM_{10}$  nach, dass  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weniger EC,  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weniger BC und  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weniger  $PM_{30-200nm}$  durch unmittelbar vorbeifahrende Fahrzeuge enthalten waren. Es wurden also weniger Ruß und weniger ultrafeine und feine Partikel durch die modernisierte Fahrzeugflotte emittiert.

Die Größe der Reduzierung der Partikelmasse hat Einfluss auf die Feinstaubzusammensetzung von  $PM_{10}$ . Der Ausgangswert 2010 für  $PM_{10}$  kann genutzt werden, um Reduzierungen von Feinstaub  $PM_{10}$  durch die modernisierte Fahrzeugflotte anzugeben. An LMI sank Feinstaub  $PM_{10}$  um 1,3 % durch weniger Ruß EC, um 2,9 % durch weniger Ruß BC oder um 5,3 % durch weniger Verbrennungspartikel von 30 bis 200 nm. An allen fünf verkehrsnahen Messstationen wurden Feinstaubreduzierungen von 1,0 bis 5,3 % durch die Nutzung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Sondermessungen nachgewiesen (Tabelle 6).

Das ist auf den ersten Blick eine geringe  $PM_{10}$ -Reduzierung. Weil es sich aber um die Reduzierung des hoch-toxischen Anteiles im Feinstaub  $PM_{10}$  (vgl. Kap 2.1) handelt, entspricht dies nach WICHMANN [2011] einer überproportionalen Reduzierung des Gesundheitsrisikos der Bevölkerung. Die über den Literaturansatz be-rechnete Senkung des Gesundheitsrisikos lag im Bereich von 5 % bis 26 % für alle verkehrsnahen Messsta-tionen (Tabelle 7). Die größte Senkung des Gesundheitsrisikos wurde an LMI mit 7 bis 26 % ermittelt. Die Bevölkerung im Zentrum der Umweltzone in Leipzig hatte damit den größten gesundheitlichen Nutzen der verkehrsbezogenen Luftreinhaltemaßnahme Umweltzone.



**Abbildung 13: Absolute Änderung des Immissionsanteils Motor für die Partikelmassen von Ruß als EC und BC sowie sehr kleiner Partikel von 30 bis 200 nm in Leipzig (LMI) und Dresden (DDN) 2015 gegenüber 2010**

**Tabelle 6: Feinstaubminderung PM<sub>10</sub> durch reduzierte Kfz-Motoremissionen 2015 gegenüber 2010**

Messtation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI <sup>1</sup>
Ruß als EC	-1,2 %	-2,9 %	-1,3 %	-1,8 %	
Ruß als BC	-3,2 %		-2,9 %		-1,1 %
PM <sub>30-200nm</sub>	-1,0 %		-5,3 %		-1,8 %

**Tabelle 7: Senkung des Gesundheitsrisikos der Bevölkerung durch reduzierten hochtoxischen Feinstaubanteil PM<sub>10</sub> 2015 gegenüber 2010**

Messtation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
Ruß als EC	-6 %	-15 %	-7 %	-9 %	
Ruß als BC	-16 %		-15 %		-5 %
PM <sub>30-200nm</sub>	-5 %		-26 %		-9 %

## 4.4 Gesetzliche Beurteilung der Luftqualität in Leipzig und Dresden

### Grundlagen

Die rechtliche Grundlage zur Beurteilung der Luftqualität bildet u. a. die EU-Richtlinie 2008/50/EG [EU-RL 2008], die im Bundes-Immissionsschutzgesetz als 39. Bundes-Immissionsschutzverordnung in nationales Recht umgesetzt wurde [BImSchG 2013], [BImSchV 2010]. Details wurden bereits im Bericht „Umweltzone Leipzig, Teil 1“ dargestellt [LÖSCHAU 2012].

### Luftqualität von 2010 bis 2015

Die Ergebnisse der gesetzlich vorgeschriebenen Überwachungsgrößen in den Jahren 2010 bis 2015 werden in Abbildung 14 gezeigt. Es sind die Jahresmittelwerte für PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> und NO<sub>2</sub> sowie die Anzahl der PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage für die Messstationen in den Stadtgebieten Leipzig und Dresden sowie im regionalen

<sup>1</sup> Weil an LEI keine PM<sub>10</sub>-Messung erfolgte, wurde der Wert von 28 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> der Modellierung aus dem Luftreinhalteplan Leipzig als Bezugswert 2010 verwendet.

Hintergrund. Dabei wird der einzuhaltende Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit mit einer roten Linie angegeben.

Der **PM<sub>10</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>** wurde von 2010 bis 2015 an keiner der Messstationen überschritten. Dieser Grenzwert wird seit Jahren an allen Messstationen in Sachsen eingehalten.

Der **PM<sub>10</sub>-Tagesgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> bei 35 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr** wurde an allen Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund von 2010 bis 2015 eingehalten. An allen verkehrsnahen Messstationen wurde der Grenzwert 2010 und 2011 überschritten. Es ist ein Grenzwert, der bereits seit 1.1.2005 einzuhalten ist.

In den Folgejahren reduzierten sich die Grenzwertüberschreitungen. Im Zeitraum 2012 bis 2015 traten in Dresden eine Grenzwertüberschreitung (DDB 2014) und in Leipzig vier Grenzwertüberschreitungen (LMI 2012, LLÜ 2012-2014) auf. 2015 wurde an keiner Messstation eine Grenzwertüberschreitung registriert (Tabelle 8).

Die Gesamtschau der Ergebnisse (Abbildung 14) zeigt, dass es Jahre mit einer hohen Anzahl an Überschreitungstagen (2011) und Jahre mit einer geringen Anzahl von Überschreitungstagen (2012, 2015) für alle Messstationen gibt. Dies gilt für alle Typen von Messstationen von „Städtischer Straße“ über „Städtischer Hintergrund“ und „Regionaler Hintergrund“. Dabei wird deutlich, wie stark der Einfluss der Schwankung der jährlichen meteorologischen Rahmenbedingungen für diese Jahreskenngröße ist. So verursachten strenge Winter und eine hohe Anzahl von Ostwetterlagen eine hohe Anzahl von Überschreitungen. In den letzten Jahren war eher das Gegenteil der Fall. Günstige meteorologische Rahmenbedingungen haben 2015 zur Einhaltung des Grenzwertes in ganz Sachsen geführt. Aufgrund der Zufälligkeit ist es für eine sichere Trendaussage deshalb noch zu früh. Es muss eingeschätzt werden, dass trotz Umweltzone und der sonstigen Maßnahmen der Luftreinhaltepläne die Grenzwertüberschreitungen für PM<sub>10</sub> von 2011 bis 2014 in Leipzig und Dresden nicht verhindert wurden.

Der **PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 25 µg/m<sup>3</sup>**, der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist, wurde an allen Messstationen sicher eingehalten.

Der **NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>**, der ab dem Jahr 2010 einzuhalten ist, wurde von 2010 bis 2015 an allen Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund sicher eingehalten. An den verkehrsnahen Messstationen fällt die Beurteilung selbst von Stadt zu Stadt sehr differenziert aus.

In Dresden an der Messstation DDN traten keine, hingegen an DDB konsequent von 2010 bis 2015 Grenzwertüberschreitungen auf. In Leipzig wurden Grenzwertüberschreitungen an LMI von 2010 bis 2013 sowie 2015 und an LLÜ nur 2010 registriert. An LLÜ wurden 2011 und 2012 deutlich reduzierte Kfz-Zahlen ermittelt, die zur Minderung der Belastung beitrugen. Ab 2013 stiegen die Kfz-Zahlen wieder an und 2015 wurde folgerichtig der Grenzwert erreicht, aber noch nicht überschritten. Insgesamt wurde an fast allen Messstationen (Ausnahmen LLÜ, DDB und SWB) von Jahr zu Jahr eine leichte Minderung der Belastung ermittelt (Abbildung 14, rechts unten).

Im Zeitraum 2010 bis 2015 nahm die Anzahl der verkehrsnahen Messstationen mit Grenzwertüberschreitungen ab. Dabei sind jedoch keine Vorteile für die Messstationen in Leipzig in der Umweltzone gegenüber Dresden zu erkennen (Tabelle 8).

### **Ergebnisse der Modellierung für die Betroffenheit der Bürger von Grenzwertüberschreitungen**

In den Luftreinhalteplänen erfolgte eine Modellierung der Schadstoffkonzentrationen für das Jahr 2011. Wesentliche Grundlagen waren dabei die Prognose der Verkehrszahlen 2011, die Berechnung der Emissionen nach HBEFA 2.1 oder 2.3 und die Annahme einer vollständigen Umsetzung der Maßnahmen der Luftreinhaltepläne, wie z. B. der Umsetzung der Umweltzone in Leipzig ohne Ausnahmeregelungen und des Maßnahmenpaketes in Dresden. In **Leipzig** waren danach 310 Einwohner auf einer Straßenlänge von 1,3 km von einer NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitung und 200 Einwohner auf einer Straßenlänge von 0,4 km von einer PM<sub>10</sub>-

Grenzwertüberschreitung betroffen [Stadt Leipzig 2009]. In **Dresden** waren 1.900 Einwohner auf einer Straßenlänge von 5 km von einer NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitung und 2.300 Einwohner auf einer Straßenlänge von 5 km von einer PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitung betroffen [Dresden 2011].

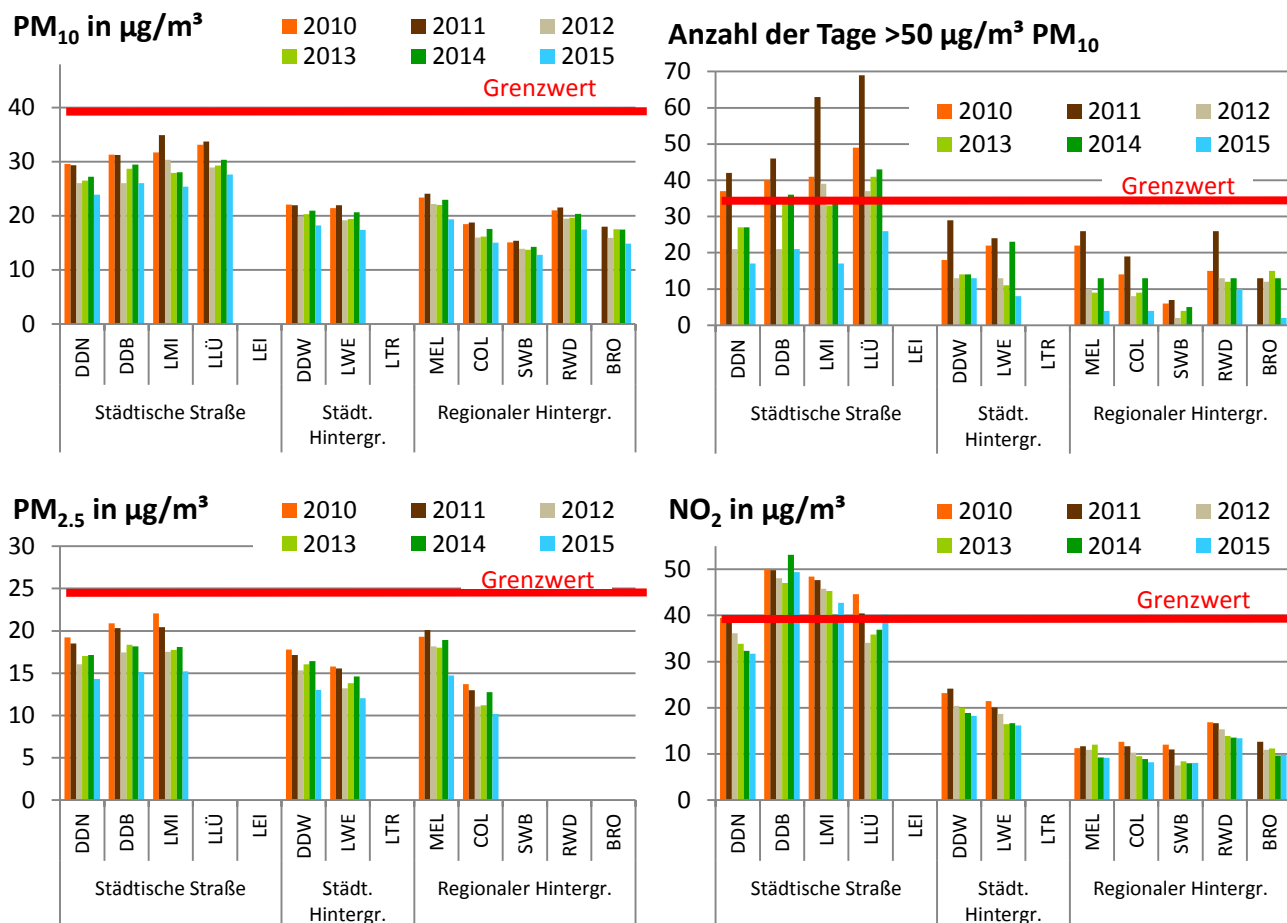
Die Modellierung für das Jahr 2015 erfolgte mit den überarbeiteten Emissionsfaktoren nach HBEFA 3.2. In **Leipzig** waren danach 2.036 Einwohner auf einer Straßenlänge von 3,1 km von einer NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitung und 809 Einwohner auf einer Straßenlänge von 1,6 km von einer PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitung betroffen [LfULG 2016b]. In **Dresden** waren 1.335 Einwohner auf einer Straßenlänge von 2,1 km von einer NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitung und 731 Einwohner auf einer Straßenlänge von 1,0 km von einer PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitung betroffen [LfULG 2016c].

Nach den Ergebnissen der Modellierungen nahm die Anzahl der von Grenzwertüberschreitung betroffenen Einwohner von 2011 bis 2015 in Leipzig zu und in Dresden ab. Die Zunahme der Betroffenheit in Leipzig begründet sich mit der gestiegenen Einwohnerzahl. Wurden für das Jahr 2011 insgesamt 510.043 Einwohner gezählt, stieg dieser Wert im Jahr 2015 auf 560.472 Einwohner [Stadt Leipzig 2016a]. Die Bevölkerungszunahme betrifft überwiegend zentrumsnahe Stadtteile und damit Gebiete, innerhalb derer die von Grenzwertverletzung betroffenen Straßenabschnitte liegen.

### **WHO-Empfehlung erfordert deutlich höhere Anstrengungen zur Verbesserung der Luftqualität**

Auch bei Einhaltung der EU-Grenzwerte ist ein Großteil der Bevölkerung nicht vor Gesundheitsschäden geschützt [UBA 2014]. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt deutlich geringere Partikelwerte wie z. B. einen Jahresmittelwert für PM<sub>2,5</sub> von 10 µg/m<sup>3</sup> [WHO 2005]. Diesen WHO-Wert überschreiten alle verkehrsnahen Messstationen, alle Messstationen im städtischen Hintergrund und fast alle Messstationen im regionalen Hintergrund in Sachsen (Abbildung 14, links unten).

Die Nutzung aller Möglichkeiten zu einer weiteren konsequenten Reduzierung der Partikelbelastung ist deshalb erforderlich.



**Abbildung 14: Ergebnisse der Messung für PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> und NO<sub>2</sub> für die Jahresmittelwerte von 2010 bis 2015 und dessen Relation zum jeweiligen Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit**

**Tabelle 8: Kenngrößen der kritischen Luftschadstoffe an den verkehrsnahen Messtationen von 2010 bis 2015**

Kenngröße	Anzahl der PM <sub>10</sub> -Überschreitungstage				NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte in µg/m <sup>3</sup>				Anzahl der Stationen mit GWÜ
	35 Tage, einzuhalten ab 1.1.2005 mit Fristverlängerung bis 11.6.2011				40 µg/m <sup>3</sup> , einzuhalten ab 1.1.2010 mit Fristverlängerung bis 1.1.2015				
Messtation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	DDN	DDB	LMI	LLÜ	
2010	37	40	41	49	39	50	48	45	7
2011	42	46	63	69	39	50	48	40	6
2012	21	22	39	37	36	48	46	34	4
2013	27	34	33	41	34	47	45	36	3
2014	27	36	34	43	32	53	40	37	3
2015	17	21	17	26	32	49	43	40	2

Legende:

Gelb unterlegte Felder zeigen Grenzwertüberschreitungen (GWÜ) für Jahre, für die eine Fristverlängerung anerkannt wurde.

Rot unterlegte Felder zeigen Grenzwertüberschreitungen an.



# 5 Zusammenfassung

Die Motoremissionen insbesondere von Dieselfahrzeugen sind krebserregend. Sie tragen zum hoch toxischen Anteil im Feinstaub bei. Die extrem kleinen Dieselpartikel besitzen in der gesetzlich vorgegebenen Überwachungsgröße Feinstaub  $PM_{10}$  nur einen sehr geringen Masseanteil, der eine Erfolgskontrolle entsprechender Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität sehr unsicher macht.

Das gemeinsame wissenschaftliche Messprogramm vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in Dresden und vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. in Leipzig begleitet die Einführung der Umweltzone in Leipzig sowohl wissenschaftlich als auch messtechnisch. Dazu wurden die gesetzlich vorgegebenen Messungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid erstmalig durch die Messung von Ruß und auch ultrafeinen Partikeln ergänzt, um die Veränderungen der Dieselfahrzeugemissionen in der Außenluftbelastung besser zu charakterisieren. Immissionsmessungen an insgesamt 13 Luftgüte- und Forschungsmessstationen an viel befahrenen Straßen im Stadtgebiet, im städtischen Hintergrund und im regionalen Hintergrund wurden durchgeführt und systematisch ausgewertet.

Die Umweltzone Leipzig wurde im März 2011 mit der Stufe „Grüne Plakette“ eingeführt. Es wurden 62 % des Stadtgebietes mit einem Fahrverbot für Fahrzeuge ohne, mit roter oder gelber Plakette belegt. Die Ankündigung und Durchsetzung der Umweltzone verursachte eine beschleunigte Modernisierung der Fahrzeugflotte in der Stadt.

Die Messergebnisse vom Jahr 2010 bildeten die Ausgangsbeurteilung vor der Einführung der Umweltzone. In den Jahren bis 2015 verbesserte sich die Luftqualität in Sachsen. An den Messstationen an Straßen, im städtischen und regionalen Hintergrund wurde eine Reduzierung um jeweils 18 % für Feinstaub  $PM_{10}$  und um rund 25 % für Feinstaub  $PM_{2,5}$  festgestellt. Die Reduzierung der Stickstoffdioxidkonzentration ( $NO_2$ ) war mit 10 % an den Straßen nur halb so groß wie die im Hintergrund (23 % bis 26 %). Die kleinste Minderung wurde für die Stickoxide ( $NO_x$ ) an den Straßen mit 3 % festgestellt, während im städtischen Hintergrund (18 %) und regionalen Hintergrund (25 %) größere Reduzierungen erreicht wurden. Die z. T. größeren prozentualen Minderungen im Hintergrund zeigen, dass europäische Maßnahmen zur Luftreinhaltung greifen und auch günstige meteorologische Bedingungen (milde Winter, wenig Ostwetterlagen) zu geringeren Jahresmittelwerten führten, insbesondere für die in der Luft sehr weit transportierbaren Partikel.

Um der Einschätzung der Wirkung der Umweltzone näherzukommen, wurde der Immissionsanteil durch die Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge nach dem Lenschow-Ansatz für alle verkehrsnahen Messstellen über eine Verursacheralyse ermittelt. Dabei wurden Aufwirbelungen und Abriebe der Fahrzeuge, die selbst Elektroautos verursachen und in der gesetzlichen Messung Feinstaub  $PM_{10}$  nicht zu trennen sind, eliminiert. An der Messstation Leipzig-Mitte im Zentrum der Umweltzone wurden i. d. R. die größten Minderungen ermittelt. Für den Immissionsanteil durch die Motoremissionen der Kraftfahrzeuge wurden folgende Änderungen 2015 gegenüber 2010 an der Messstation Leipzig-Mitte im Zentrum der Umweltzone nachgewiesen:

- Deutliche Abnahme um 36 % bzw.  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ruß-Partikel gemessen als elementarer Kohlenstoff,
- Deutliche Abnahme um 48 % bzw.  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ruß-Partikel gemessen als schwarzer Kohlenstoff,
- Deutliche Abnahme um 61 % bzw.  $2.570 \text{ P}/\text{cm}^3$  oder  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Partikel von 30 bis 200 nm und
- Zunahme um 5 % bzw.  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Gas Stickoxid ( $NO_x$ ).

Weil sich die Anzahl der Fahrzeuge nur wenig änderte, wird dies als Effekt durch die Modernisierung der Fahrzeugflotte, die durch die Umweltzone beschleunigt wurde, gewertet. Die deutliche Partikel-Minderung wurde durch die fortschreitende Durchdringung der Fahrzeugflotte mit Partikelfiltern erreicht. Als Auslöser

hierfür sind die strengeren Vorgaben bei den Euro-Abgasnormen und die Förderung zur Partikelfilternachschrüfung bei älteren Dieselfahrzeugen zu sehen.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Sondermessungen wurden genutzt, um die Feinstaubänderung nachzuweisen. Die modernisierte Fahrzeugflotte im Zentrum von Leipzig reduzierte  $PM_{10}$ -Feinstaub um 0,4 bis 0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (berechnet auf Basis der Rußmessungen) und um 1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (berechnet auf Basis der Messungen von Partikeln der Größe von 30 bis 200 nm). Gegenüber dem Jahr 2010 wurde damit eine  $PM_{10}$ -Minderung von 1,3 bis 5,3 % nachgewiesen. Dies ist zunächst eine sehr kleine Minderung. Sie bezieht sich jedoch auf Verbrennungsprodukte, die den hoch toxischen Anteil im Feinstaub in der Außenluft bilden. Nach dem Wichmann-Ansatz sinkt dadurch das Gesundheitsrisiko der Bevölkerung sehr deutlich um 7 bis 26 %. Die Umweltzone war damit eine sinnvolle und erfolgreiche Maßnahme der Stadtverwaltung Leipzig. Gleichzeitig wird erkennbar, dass die Umweltzone eine wichtige, aber nicht die alleinige Maßnahme zur Reduzierung der Feinstaubbelastung sein kann.

Der  $NO_2$ -Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurde 2015 auch im Zentrum der Umweltzone nicht eingehalten. Für die modernste Fahrzeugflotte Sachsens wurde keine Verbesserung, sondern sogar eine leichte Verschlechterung für Stickoxide (5%) nachgewiesen. Es wird vermutet, dass dies auf den Ersatz von Benzin-PKW durch Diesel-PKW in der Fahrzeugflotte zurückgeht, da Dieselfahrzeuge deutlich höhere  $NO_x$ -Emissionen als Benziner verursachen. Die verschärften  $NO_x$ -EU-Abgasnormen führten nicht zur Schadstoffminderung im realen Fahrbetrieb. Zu diesem Misserfolg in der Luftreinhaltung besteht dringender Handlungsbedarf, zumal der  $NO_2$ -Grenzwert bereits 1999 von der EU beschlossen wurde und 2010 einzuhalten war.

### Dank

Die umfangreichen und anspruchsvollen Immissionsmessungen waren nur durch das herausragende Engagement eines sächsischen Teams verschiedener Einrichtungen möglich. Unser besonderer Dank gilt den Mitarbeitern der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft in Radebeul, insbesondere Holm Kühne, Frank Rothe, Klemens Regir und Beate Schimmel für die Durchführung der hoch präzisen Messungen, die sehr hohe Datenverfügbarkeit, die Nutzung der Infrastruktur und den Mut für Neues, den die Integration der ergänzenden wissenschaftlichen Sondermessverfahren ins Luftgütemessnetz des FS Sachsens erforderte. Vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. in Leipzig gilt unser besonderer Dank Maik Merkel, Kay Weinhold, André Sonntag und Dr. Thomas Tuch für die Bereitstellung der wissenschaftlichen Sondermesstechnik, die Durchführung der Sondermessungen, der Qualitätssicherung und Datenvalidierung.

# Literaturverzeichnis

- AUSPURG D. (2016) (Verkehrs- und Tiefbauamt der Stadt Leipzig): Wirkungsuntersuchungen zur Umweltzone – Entwicklung mot. Verkehrsaufkommen. Persönliche Mitteilung. E-Mail vom 09.08.2016.
- BAFA (2016): Statistik des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Förderverfahren und Förderzahlen zum nachträglichen Einbau von Partikelminderungssystemen in Sachsen; Mitteilung des BAFA vom 16.08.2016 auf Anfrage der Stadt Leipzig.
- BASTIAN, S. (2012): Ultrafine particles - Cooperating with environmental and health policy. UFIREG. Ultrafine Particles – an evidence based contribution to the development of regional and European environmental and health policy. <http://www.ufireg-central.eu/>
- BImSchG (2016): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. November 2016 (BGBl. I S. 2749)
- BImSchV (2010): 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. S. 1065), geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2244)
- BIRMILI, W.; WEINHOLD, K.; MERKEL, M.; RASCH, F.; SONNTAG, A.; WIEDENSOHLER, A.; BASTIAN, S.; SCHLADITZ, A.; LÖSCHAU, G.; CYRYS, J.; PITZ, M.; GU, J.; KUSCH, T.; FLENTJE, H.; QUASS, U.; KAMINSKI, H.; KUHLBUSCH, T. A. J.; MEINHARDT, F.; SCHWERIN, A.; BATH, O.; RIES, L.; WIRTZ, K. & FIEBIG, M. (2015): Long-term observations of tropospheric particle number size distributions and equivalent black carbon mass concentrations in the German Ultrafine Aerosol Network (GUAN), *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 355-382, doi:10.5194/essd-8-355-2016, 2016. <http://www.earth-syst-sci-data.net/8/355/2016/>
- CAVALLI, F.; VIANA, M.; YTTRI, K.E.; GENBERG, J.; PUTAUD, J.-P.: Toward a standardised thermal-optical protocol for measuring atmospheric organic and elemental carbon: the EUSAAR protocol. *Atmos.Meas.Tech.* 3, 79-89, 2010
- DIETZ, V. (2016):. Persönliche Mitteilung vom 9.3.2016
- Dresden (2011): Luftreinhalteplan für die Landeshauptstadt Dresden. Hrsg.: Landeshauptstadt Dresden, Wirtschaft und Umweltamt. 17. Mai 2011.
- DUH (2016) Deutsche Umwelthilfe e.V.: Pressemitteilung „Saubere Luft für München: Deutsche Umwelthilfe und Verkehrsclub Deutschland siegen vor Gericht“ 29.6.2016. <http://www.presseportal.de/print/3365838-print.html> am 4.7.2016
- ECO (2012) THE ECOLOGICAL COUNCIL: Luftverschmutzungen an Flughäfen. [www.ecocouncil.dk](http://www.ecocouncil.dk).
- EU-RL (1999): Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L163 S. 41.
- EU-RL (2008): Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21. Mai 2008. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L S. 152.
- FRANKE, J. (2016): Abweichungen der Flächenmittel für Sachsen vom meteorologischen Referenzzeitraum. E-Mail vom 8.9.2016. Quelle: Daten des Deutschen Wetterdienstes und Berechnungen durch LfULG, Referat 51.
- HAUSBERGER, S. (2010): Neue Emissionsfaktoren und deren Auswirkungen auf die Belastung an NO<sub>2</sub> und Feinstaub. KRdL-Expertenforum am 2.12.2010, Bonn. ISBN 978-3-931384-70-8

- KBA (2016): Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes. Bestand an Kraftfahrzeugen am 1. Januar 2016 nach der Kennzeichnungsverordnung für das Bundesland Sachsen; Mitteilung des KBA vom 28.06.2016 auf Anfrage der Stadt Leipzig.
- KIRCHNER, U.(2010) (Ford Forschungszentrum Aachen GmbH): Eigenschaften von Partikeln im Abgas moderner PKW's. KRdL-Expertenforum "Feine und ultrafeine Partikel in der Außenluft". Bonn, 24.03.2010.
- KÜNZI, L.; KRAPP, M.; DAHER, N.; DOMMEN, J.; JEANNET, N.; SCHNEIDER, S.; PLATT, S.; SLOWIK, J. G.; BAUMLIN, N.; SALATHE, M.; PRÉVÔT, A. S. H.; KALBERER, M.; STRÄHL, C.; DÜMBGEN, L.; SIOUTAS, C.; BALTENSPERGER, U. & GEISER, M. (2015): Toxicity of aged gasoline exhaust particles to normal and diseased airway epithelia. *Scientific Reports* | 5:11801 | DOI: 10.1038/srep11801
- LENSCHOW, P.; ABRAHAM, H.-J.; KUTZNER, K.; LUTZ, M.; PREUß, J.-D. & REICHENBÄCHER, W. (2001): Some ideas about the sources of PM<sub>10</sub>. *Atmospheric Environment*, 35 (Supplement No. 1), S23-S33. 2001
- LfULG (2015a): Aktualisierte Modellierung, Prognose 2015 bewohnte Straßenabschnitte, [http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Prognose\\_2015\\_bewohnte\\_Strassenabschnitte.xls](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Prognose_2015_bewohnte_Strassenabschnitte.xls)
- LfULG (2015c): Entwurf Analyse für Fortschreibung Luftreinhalteplan Dresden, bisher unveröffentlicht. 2015
- LfULG (2016a): FRANKE, JOHANNES; LÖSCHAU, GUNTER; PAUSCH, ANNETTE: Luftqualität in Sachsen. Jahresbericht 2015. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26647>
- LfULG (2016b): Entwurf Analyse für Fortschreibung Luftreinhalteplan Leipzig, bisher unveröffentlicht. 2016
- LfULG (2016c): Entwurf Analyse für Fortschreibung Luftreinhalteplan Dresden, bisher unveröffentlicht. 2016
- LÖSCHAU, G. & BIRMILI, W. (2008): Partikelfraktionen in Sachsen. 43. Messtechnisches Kolloquium. Mettlach, April 2008.
- LÖSCHAU, G. & GERWIG, H. (2009): Messung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Außenluft in einem Luftgütemessnetz – Teil 1: Maßnahmen zur Qualitätskontrolle bei Partikelanzahlverteilungen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 69 (2009) Nr. 11/12, S. 475-480
- LÖSCHAU, G. (2006): Partikelanzahl in verkehrsnaher Außenluft – Teil 1: Belastungsniveaus und Tendenz. *Gefahrstoffe Reinhalt. Luft* 66 (2006) Nr. 10, 431-435.
- LÖSCHAU, G. (2011b): Ultrafeine Partikel – Messergebnisse und deren Nutzung. Statusseminar zur Luftqualität in Sachsen. Veranstalter: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. 12. Dezember 2011. Dresden. <http://www.smul.sachsen.de/lfulg/27341.htm>
- LÖSCHAU, G.; BIRMILI, W.; ENGLER, C; WEINHOLD, K.; GNAUK, T.; BRÜGGEMANN, E.; MÜLLER, K.; HERRMANN, H.; WIEDENSOHLER, A.: 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
- LÖSCHAU, G.; WIEDENSOHLER, A.; BIRMILI, W.; RASCH, F.; SPINDLER, G.; MÜLLER, K.; WOLF, U.; HAUSMANN, A.; HERRMANN, H. (2012): Umweltzone Leipzig, Teil 1 – Ausgangsbeurteilung. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Mai 2012. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14411>
- LÖSCHAU, G.; WIEDENSOHLER, A.; BIRMILI, W.; RASCH, F.; SPINDLER, G.; MÜLLER, K.; WOLF, U.; HAUSMANN, A.; BÖTTGER, M.; ANHALT, M.; HERRMANN, H. (2013): Umweltzone Leipzig, Teil 2 – Immissionssituation 2011 während der Einführung der Umweltzone und erste Bewertung der Wirkung der Umweltzone. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Mai 2013. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/18590>
- LÖSCHAU, G.; WIEDENSOHLER, A.; BIRMILI, W.; RASCH, F.; SPINDLER, G.; MÜLLER, K.; WOLF, U.; HAUSMANN, A.; BÖTTGER, M.; ANHALT, M.; DIETZ, V.; HERRMANN, H. (2014): Umweltzone Leipzig, Teil 3 – Immissionssituation 2010-2013 und Bewertung der Wirkung der Umweltzone. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dezember 2014. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23885>

- LÖSCHAU, G.; WIEDENSOHLER, A.; BIRMILI, W.; RASCH, F.; SPINDLER, G.; MÜLLER, K.; WOLF, U.; HAUSMANN, A.; BÖTTGER, M.; ANHALT, M.; DIETZ, V.; HERRMANN, H. (2015): Umweltzone Leipzig, Teil 4 – Immissions-situation 2010-2014 und Bewertung der Wirkung der Umweltzone. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dezember 2015. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/25641>
- LÖSCHAU, G.; WIEDENSOHLER, A.; WEHNER, B.; BIRMILI, W. & GERWIG, H. (2010): Messung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Außenluft in einem Luftgütemessnetz – Teil 2: Ergebnisse einer verkehrsnahen Langzeitmessung. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 70 (2010) Nr. 5, S. 183-187
- LÖSCHAU, G.; WIEDENSOHLER, A.; WEHNER, B.; BIRMILI, W. & GERWIG, H. (2010): Messung der Anzahl von ultrafeinen Partikeln in der Außenluft in einem Luftgütemessnetz – Teil 2: Ergebnisse einer verkehrsnahen Langzeitmessung. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 70 (2010) Nr. 5, S. 183-187
- MÖNCH, L.; VITZTHUM VON ECKSTÄDT, CH. & LANGE, M. (2015): RDE – Lösung für die Zukunft? Umweltbundesamt, Deutschland. 13. FAD Konferenz. Dresden am 4. und 5. November 2015
- MORFELD, P.; SPALLEK, M. & GRONEBERG, D. (2011): Zur Wirksamkeit von Umweltzonen: Design einer Studie zur Ermittlung der Schadstoffkonzentrationsänderung für Staubpartikel (PM<sub>10</sub>) und andere Größen durch Einführung von Umweltzonen in 20 deutschen Städten. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin* 61, 148-165, 2011
- PIETERS, N.; KOPPEN, G.; VAN POPPEL, M.; DE PRINS, S.; COX, B.; DONS, E.; NELEN, V.; PANIS, L. I.; PLUSQUIN, M.; SCHOETERS, G.; NAWROT, T. S. (2015): Blood Pressure and Same-Day Exposure to Air Pollution at School: Associations with Nano-Sized to Coarse PM in Children. *Environ Health Perspect* 2015; 123 (7): 737-742
- SCHLADITZ, A. (2012): UltraSchwarz. Ultrafeinstaub und Gesundheit im Erzgebirgskreis und Region Usti. <http://www.ultraschwarz-ziel3.de/>
- SCHLADITZ, A.; MERKEL, M.; BASTIAN, S.; BIRMILI, W.; WEINHOLD, K.; LÖSCHAU, G.; WIEDENSOHLER, A. (2013): A concept of an automated function control for ambient aerosol measurements using mobility particle size spectrometers. *Atmospheric Measurement Techniques Discussions*. 2013, Vol. 6 Issue 6, p10551-10570. 20p
- SPINDLER, G.; GRÜNER, A.; MÜLLER, K.; SCHLIMPER, S. & HERRMANN, H. (2013): Long-term size-segregated particle (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>) characterization study at Melpitz – influence of air mass inflow, weather conditions and season. *J. Atmos. Chem.* 2013, Vol 70, p165-195. 20p.
- Stadt Leipzig (2009): Luftreinhalteplan für die Stadt Leipzig. Hrsg. Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Umweltschutz. 18. Dezember 2009; [http://www.leipzig.de/de/buerger/umwelt/luft/luftreinhalteplan\\_leipzig.shtml](http://www.leipzig.de/de/buerger/umwelt/luft/luftreinhalteplan_leipzig.shtml)
- Stadt Leipzig (2010): Statistisches Jahrbuch 2010. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Statistik und Wahlen Leipzig: S. 157 [http://www.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.1\\_Dez1\\_Allgemeine\\_Verwaltung/12\\_Statistik\\_und\\_Wahlen/Statistik/Statistisches\\_Jahrbuch\\_Leipzig\\_2010.pdf](http://www.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.1_Dez1_Allgemeine_Verwaltung/12_Statistik_und_Wahlen/Statistik/Statistisches_Jahrbuch_Leipzig_2010.pdf)
- Stadt Leipzig (2015): Stadtentwicklungsplan Verkehr und öffentlicher Raum, Erste Fortschreibung. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Dezernat Stadtentwicklung und Bau: S. 14.
- Stadt Leipzig (2016a): Statistisches Jahrbuch 2016. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Statistik und Wahlen Leipzig. [http://www.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.1\\_Dez1\\_Allgemeine\\_Verwaltung/12\\_Statistik\\_und\\_Wahlen/Statistik/Statistisches\\_Jahrbuch\\_Leipzig\\_2016.pdf](http://www.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.1_Dez1_Allgemeine_Verwaltung/12_Statistik_und_Wahlen/Statistik/Statistisches_Jahrbuch_Leipzig_2016.pdf)
- Stadt Leipzig (2016b): Entwurf Luftreinhalteplan für die Stadt Leipzig, Stand August 2016. Amt für Umweltschutz: unveröffentlicht.

- Stadt Leipzig (2016c): Jahresbericht 2014 zur Umsetzung der Maßnahmen des Luftreinhalteplans der Stadt Leipzig. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Umweltschutz.  
<http://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/luft-und-laerm/luftreinhaltung/luftreinhalteplan-der-stadt-leipzig/>
- WEINMAYR, G.; HENNIG, F.; FUKS, K.; NONNEMACHER, M.; JAKOBS, H.; MÖHLENKAMP, S.; ERBEL, R.; JÖCKEL, K. H.; HOFFMANN, B.; MOEBUS, S. (Heinz Nixdorf Recall Investigator Group) (2015): Long-term exposure to fine particulate matter and incidence of type 2 diabetes mellitus in a cohort study: effects of total and traffic-specific air pollution. *Environ Health* 2015
- WHO (2005): Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005.
- WHO (2012): IARC: Diesel engine exhaust carcinogenic. World Health Organization. Press release N° 213. 12 June 2012.
- WHO (2014): Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012. Switzerland. 2014.  
[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/AAP\\_BoD\\_results\\_March2014.pdf](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf)
- WICHMANN, H.-E. (2008): *Umweltmed Forschung Prax* 13(1) 7 – 10 (2008)
- WICHMANN, H.-E. (2011): Umweltzonen aus der Sicht des Gesundheitsschutzes. Pressekonferenz Deutsche Umwelthilfe 7.4.2011 Berlin.
- WICHMANN-FIEBIG, M. (UBA) (2014): Die Zukunft der Luftreinhaltung in Deutschland und der EU. Statuskolloquium Luft 2014. 8.12.14. Dresden
- WIEDENSOHLER, A.; BIRMILI, W.; NOWAK, A.; SONNTAG, A.; WEINHOLD, K.; MERKEL, M.; WEHNER, B.; TUCH, T.; PFEIFER, S.; FIEBIG, M.; FJÄRAA, A. M.; ASMI, E.; SELLEGRI, K.; DEPUY, R.; VENZAC, H.; VILLANI, P.; LAJ, P.; AALTO, P.; OGREN, J. A.; SWIETLICKI, E.; WILLIAMS, P.; ROLDIN, P.; QUINCEY, P.; HÜGLIN, C.; FIERZ-SCHMIDHAUSER, R.; GYSEL, M.; WEINGARTNER, E.; RICCOBONO, F.; SANTOS, S.; GRÜNING, C.; FALON, K.; BEDDOWS, D.; HARRISON, R.; MONAHAN, C.; JENNINGS, S. G.; O'DOWD, C. D.; MARINONI, A.; HORN, H.-G.; KECK, L.; JIANG, J.; SCHECKMAN, J.; McMURRY, P. H.; DENG, Z.; ZHAO, C. S.; MOERMAN, M.; HENZING, B.; DE LEEUW, G.; LÖSCHAU, G. & BASTIAN, S. (2012): Mobility particle size spectrometers: harmonization of technical standards and data structure to facilitate high quality long-term observations of atmospheric particle number size distributions. *Atmos. Meas. Tech.*, 5, 657–685, 29 March 2012. <http://www.atmos-meas-tech.net/5/657/2012/amt-5-657-2012.html>
- WINQUIST, A.; SCHAUER, J. J.; TURNER, J. R.; KLEIN, M. & SARNAT, S. E. (2015): Impact of ambient fine particulate matter carbon measurement methods on observed associations with acute cardiorespiratory morbidity. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015; 25 (2): 215-221

# Anlage 1: Luftreinhaltemaßnahmen in Leipzig und Dresden

## Einleitung

Konzepte zur Luftreinhaltung bestehen nicht aus Einzelmaßnahmen, sondern aus einer Vielzahl von Maßnahmen. Sie werden weiterhin auf verschiedenen Verantwortungsebenen (Stadt, Land, Europa, Welt) aufgestellt und umgesetzt. Sie sind auch nicht isoliert zu anderen Konzepten wie z. B. zum Klimaschutz, zur Stadtentwicklung und zur Mobilität. Die Umsetzung von Maßnahmen ist z. T. mit einem erheblichen finanziellen Aufwand verbunden. Dabei sind Akzeptanz und Hilfsbereitschaft der Bevölkerung und Unternehmen ausschlaggebend für den Erfolg [BEISHEIM 2014]. Nachfolgend wird von den Städten Leipzig und Dresden ein Einblick gewährt, welche Maßnahmen beschlossen und insbesondere 2015 umgesetzt wurden.

## Maßnahmen 2015 in Leipzig

*Mario Anhalt (Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz, Abteilung Umweltvorsorge, Sachgebiet Stadtökologie)*

Die Stadt Leipzig steht, wie viele andere Kommunen im Bereich der Luftreinhaltung, vor der Herausforderung, Sorge dafür zu tragen, dass die gesetzlich geltenden Luftqualitätsgrenzwerte für  $PM_{10}$  und  $NO_2$  nicht überschritten werden. Im Jahr 2015 gelang dies, orientiert an den Ergebnissen der Luftmessstationen, erstmals im Hinblick auf den Tagesgrenzwert für  $PM_{10}$ . Entgegen dem Vorjahr wurde der Grenzwert für das Jahresmittel an  $NO_2$  an der Messstation LMI wieder geringfügig überschritten.

Die bereits im Kapitel 4.4 angesprochene Modellierung der städtischen Luftschadstoffimmissionen weist noch auf weitere Straßenabschnitte hin, an denen insbesondere der Grenzwert für  $NO_2$  im Jahr 2015 nicht eingehalten wurde.

Die Umsetzung der Maßnahmen des Luftreinhalteplans für die Stadt Leipzig aus dem Jahr 2009 [STADT LEIPZIG 2009] kann, über den Zeitraum 2010 bis 2015 betrachtet, als zufriedenstellend eingeschätzt werden. Die Mehrzahl der geplanten Maßnahmen wurde umgesetzt, etwa ein Viertel der Maßnahmen wurde teilweise und nur wenige Maßnahmen wurden nicht umgesetzt.

Gleichwohl wurde das mit dem Luftreinhalteplan gesteckte Ziel, spätestens im Jahr 2015 auch den Grenzwert für  $NO_2$  nicht mehr zu überschreiten, nicht erreicht. Die Gründe hierfür liegen weniger in der nicht allumfassenden Umsetzung des Luftreinhalteplans. Denn auch bei vollständiger Umsetzung aller Maßnahmen ist zwischenzeitlich eine kurzfristige Einhaltung des  $NO_2$ -Grenzwertes nicht ersichtlich. Vielmehr ist die zu hohe  $NO_x$ - und letztendlich damit auch  $NO_2$ -Belastung auf die mangelhafte Einhaltung der gesetzlichen Abgasstandards bei Dieselmotorkraftfahrzeugen (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge) unter realen Betriebsbedingungen und die stete Zunahme des Anteils an Diesel-Pkw in der Fahrzeugflotte zurückzuführen. Führen nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) im Jahr 2010 noch 19 % der Pkw in Leipzig mit Diesel [STADT LEIPZIG 2010], stieg dieser Anteil laut KBA im Jahr 2015 auf rund 25 % [STADT LEIPZIG 2016A]. Das Verkehrsaufkommen dagegen blieb an den oberhalb des  $NO_2$ -Grenzwertes belasteten Straßenabschnitten im Jahr 2015 mehrheitlich hinter der Prognose im Luftreinhalteplan aus dem Jahr 2009 zurück. Verglichen wurden die Prognosedaten zur Verkehrsbelastung für das Jahr 2015 aus dem Luftreinhalteplan 2009 mit den Daten aus der aktuellen Fortschreibung des Luftreinhalteplans für das Analysejahr 2015 [STADT LEIPZIG 2016B].

Aufgrund des laufenden Vertragsverletzungsverfahrens gegen die Bundesrepublik Deutschland in Bezug auf die  $PM_{10}$ -Grenzwertverletzungen in Leipzig, vgl. dazu Kapitel 4.4 und der Grenzwertverletzungen bei  $NO_2$  hat die Stadt Leipzig im Jahr 2015 begonnen, den Luftreinhalteplan aus dem Jahr 2009 fortzuschreiben.

In diesem Zusammenhang wurden im Jahr 2015 startend verschiedene Interessengruppen, darunter Umweltverbände, Automobilclubs, die Industrie- und Handelskammer sowie Handwerkskammer zu Leipzig sowie Stadtbezirksbeiräte und Ortschaftsräte für die geplante Fortschreibung des Luftreinhalteplanes sensibilisiert und um Maßnahmenvorschläge gebeten.

In der Zeit vom 4. Januar bis zum 1. März 2016 waren die Bürger der Stadt Leipzig und Interessierte dazu eingeladen, sich u. a. in einem Online-Dialog mit den Themen Luftreinhaltung und Lärminderung auseinanderzusetzen und Maßnahmenvorschläge für die Fortschreibung beider Fachpläne zu unterbreiten. Die am meisten diskutierten Themen sind auf der Webseite der Stadt Leipzig unter <http://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/luft-und-laerm/dialog-luft-laerm/> abrufbar.

Eine umfassende Übersicht zum Stand der Umsetzung aller Maßnahmen wurde zuletzt für das Jahr 2014 erarbeitet [STADT LEIPZIG 2016C] und ist auszugsweise im 4. Teil der vorliegenden Berichtsreihe [LÖSCHAU 2015] wiedergegeben.

Parallel zum Luftreinhalteplan wurde im Jahr 2015 mit der Fortschreibung des Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes (INSEK) begonnen. Dieses setzt sich insbesondere mit dem aktuellen und noch erwartbaren Zuwachs der Bevölkerung in Leipzig vor dem Zeithorizont bis 2030 auseinander. Um die Lebensqualität in der Stadt Leipzig langfristig zu sichern und darüber hinaus weiter anzuheben, liegt ein Fokus auf der doppelten Innenentwicklung. Gemeint ist in diesem Sinne eine verträgliche Nachverdichtung mittels Wohn- u. Versorgungseinrichtungen unter Beachtung bspw. einer aus lufthygienischen und stadtklimatischen Erwägungen heraus hinreichenden Frischluftversorgung durch den Erhalt und die Erweiterung urbaner Grünstrukturen und Freiräume. Ein weiterer Schwerpunkt des INSEK liegt u. a. darauf, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, mehr Menschen für eine nachhaltige Deckung ihrer Mobilitätsbedürfnisse zu gewinnen. Dazu sieht der im Jahr 2015 beschlossene Stadtentwicklungsplan Verkehr und öffentlicher Raum als Ziel einen Modal Split von 70 % Umweltverbund und 30 % motorisiertem Individualverkehr bis zum Jahr 2025 vor [Stadt Leipzig 2015].

Die im Luftreinhalteplan (LRP 2009) enthaltene Kernmaßnahme „Umweltzone“ sei wegen ihrer Bedeutung an dieser Stelle noch einmal aufgegriffen und hinsichtlich erteilter Ausnahmen sowie im Hinblick auf die Einhaltung bzw. Kontrolle des Fahrverbotes näher beleuchtet.

Mit Tabelle 9 folgt eine Auflistung der im Jahr 2015 zur Anzeige gebrachten Verstöße gegen die Kennzeichnungspflicht sowie der erteilten Ausnahmen vom Fahrverbot innerhalb der Umweltzone.

**Tabelle 9: Verstöße gegen die Kennzeichnungspflicht (fließender und ruhender Verkehr) sowie Anzahl der vom Fahrverbot der Umweltzone ausgenommenen Kfz**

Jahr	angezeigte Verstöße	per Einzelgenehmigung ausgenommene Kfz*		per öffentlich-rechtlichem Vertrag ausgenommene Kfz**	Gesamtsumme Ausnahmen
		Pkw	Nfz***	Busse im ÖPNV	
2015	5.923	21	76	28	125

\* Stand zum 31.12.2015

\*\* Mittelwert aus den Daten von Anfang 2015 und Anfang 2016

\*\*\* einschließlich Wohnmobile

Mit der Verringerung der Zahl an Ausnahmen vom Fahrverbot in der Umweltzone schritt die Modernisierung der Fahrzeugflotte weiter voran.

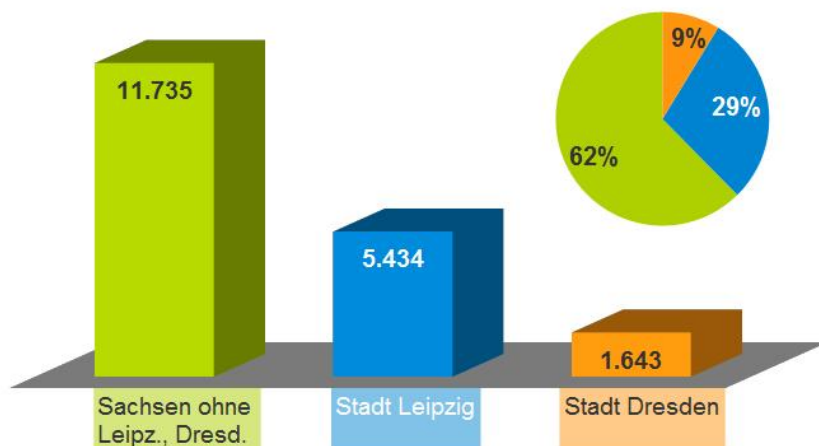
Bis zum Ende des Jahres 2015 entsprachen in Leipzig schätzungsweise 97 % der kennzeichnungspflichtigen Diesel-Pkw dem Abgasstandard der grünen Plakette. Der hohe Prozentsatz resultiert aus Diesel-Pkw, die aufgrund ihrer Euro-Schadstoffnorm bereits eine grüne Plakette erhalten (87 %) und Diesel-Pkw, die aufgrund ihrer Euro-Schadstoffnorm eine gelbe Plakette erhalten (10 %) (nach [KBA 2016]), von den jedoch anzunehmen ist, dass sie zum Erhalt der grünen Plakette nachgerüstet wurden.

Von den in Leipzig zugelassenen kennzeichnungspflichtigen Nutzfahrzeugen entsprachen zum Ende des Jahres 2015 insgesamt 83 % dem Abgasstandard der grünen Plakette. Im Vergleich dazu lag der Anteil in der Stadt Dresden bei 74 % und in Sachsen bei lediglich 68 % (nach [KBA 2016]). Die realen Zahlen liegen vermutlich auch hier höher, da Nachrüstungen statistisch nicht erfasst sind. Für die Stadt Leipzig ist daher von



einem Anteil von etwa 90 % an kennzeichnungspflichtigen Nutzfahrzeugen auszugehen, die zum Ende des Jahres 2015 dem Abgasstandard der grünen Plakette entsprachen.

In Sachsen wurden von 2009 bis zum Jahr 2015 insgesamt rund 18.800 Partikelfilternachrüstungen bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen durch den Bund gefördert, davon etwa 5.400 in Leipzig und 1.600 in Dresden [BAFA 2016], vgl. Abbildung 15.



**Abbildung 15: Geförderte Partikelfilternachrüstungen bei PKW, einschließlich Sonder-Kfz und leichten Nutzfahrzeugen in Sachsen, Leipzig und Dresden im Zeitraum 2009 bis 2015 nach [BAFA 2016]**

### Verkehrsentwicklung in Leipzig

Zur Verkehrsentwicklung gibt es gegenüber den bereits in Löschau et al. [2015] publizierten Erkenntnissen, keinen neuen Stand. Dennoch seien die Ergebnisse an dieser Stelle noch einmal aufgegriffen.

Das Kfz-Verkehrsaufkommen war im Jahr 2014 an den 11 Kordonzählstellen an der Stadtgrenze Leipzig gegenüber dem Jahr 2013 um 3 % gesunken. Bemerkenswert ist, dass trotz der Fertigstellung der BAB 72 zwischen Chemnitz und Borna und der damit faktisch existierenden 4streifigen Straßenverbindung zwischen Chemnitz und Leipzig das Kfz-Verkehrsaufkommen speziell der Bundesstraße B 2 im Süden Leipzigs gegenüber dem Jahr 2013 um 6 % gesunken war. Hier überwiegt offenbar der positive Effekt des im Dezember 2013 in Betrieb genommenen neuen S-Bahn-Netzes. Das Lkw-Verkehrsaufkommen war an den Kordonzählstellen der Stadtgrenze im Jahr 2014 um 6 % gegenüber dem Jahr 2013 zurückgegangen [AUSPURG 2016].

Für das Jahr 2016 sind umfangreiche Verkehrszählungen, darunter auch an den Auequerungen, vorgesehen. Bislang ist bei den Kfz-seitigen Auequerungen etwa von einer Konstanz des Kfz-Verkehrsaufkommens in den letzten Jahren auszugehen. Bei der Beurteilung sind allerdings mehrere Baumaßnahmen der vergangenen Jahre, wie u. a. an der Lützner Straße sowie der aktuell andauernde Neubau der Antonienbrücke an der Antonienstraße zu berücksichtigen [EBD.].

## Maßnahmen 2015 in Dresden

Volker Dietz (Landeshauptstadt Dresden, Geschäftsbereich 7, Umweltamt, Stadtökologie)

Der Planungshorizont des aktuellen Luftreinhalteplanes endet im Jahr 2015. Man kann jetzt Bilanz ziehen. Was wurde geplant, was wurde erreicht, wie haben sich die Verkehrszahlen entwickelt, welche Schwierigkeiten grundsätzlicher Art müssen bei der Planumsetzung festgestellt werden.

Für eine Bilanz (Tabelle 10) haben wir folgende Fälle gegenübergestellt: Ausgangslage 2009 (Berechnung 2010), Prognose Planfall 2015 (Berechnung 2010), 2015 –Istfall (Berechnung 2016).

**Tabelle 10: Betroffenheit von Grenzwertüberschreitungen**

	NO <sub>2</sub> - Stickstoffdioxid		PM <sub>10</sub> - Feinstaub	
	Von Grenzwertüberschreitung Betroffene	Länge bewohnter Straßenabschnitte	Von Grenzwertüberschreitung Betroffene	Länge bewohnter Straßenabschnitte
Ausgangslage 2009	16000	35 km	13500	24 km
Prognose 2015* (2010 berechnet) mit Maßnahmepaket	100	0,3 km	1000	2 km
2015 – Istfall (Aus Ist-Verkehrszahlen ermittelt)	1335	2,1 km	731	1 km

\* mit dieser Prognose wurde der Plan von der EU akzeptiert

Wie man leicht sehen kann ist der Zustand bei PM<sub>10</sub> besser als das 2010 für 2015 ermittelt wurde, bei NO<sub>2</sub> wurden die Prognosewerte nicht erreicht. Man kann das auch anders sagen. Partikelfilter funktionieren offensichtlich. Man kann sie nicht abschalten, sie sind fest im Abgasstrang integriert. Die Stickoxidminderung bei den Fahrzeugen, insbesondere bei den Dieselmotoren bleibt deutlich hinter den Erwartungen zurück. Sie wurde offensichtlich bei vielen Herstellern auf die Abnahmeprüfungen ausgelegt. Man kann fragen, warum haben die Grenzwertüberschreitungen überhaupt deutlich abgenommen, trotz Dieselproblematik. Eine Erklärung liefert der Vergleich von Prognoseverkehrsdaten 2015 (Prognose mit Ansätzen für Maßnahmen), mit denen 2010 gerechnet wurde, mit den Istzahlen, die an 40 automatischen Pegelzählstellen 2015 gezählt wurden. Im Mittel wurden im Gesamtverkehr 95 % der Prognosewerte erreicht, bei den Schwerverkehrszahlen 65 %. Vor allem die Schwerverkehrszahlen waren in der Prognose zu hoch angesetzt. Das ist ein grundsätzliches Problem: Es ist außerordentlich schwer, Schwerverkehrsanteile richtig zu prognostizieren. Der Stadt hat also die moderate Verkehrsentwicklung im Gesamtverkehr (siehe auch letzter Bericht) geholfen. Der Schwerverkehr hat abgenommen.

### Was war erfolgreich?

Im Bereich Förderung des ÖPNV ist die Anzahl der Jobtickets stark angestiegen. Die Anzahl der barrierefreien Haltestellen hat zugenommen. Die Fahrgastinformationen sind verbessert worden. Die Anzahl der beförderten Fahrgäste ist gestiegen.

Die Stadt konnte eine Sperrzone für den LKW-Durchgangsverkehr einrichten, die schon auf der Autobahn signalisiert wird. Die Parkraumbewirtschaftung in der Innenstadt ist komplett.

Auch bei Fahrradwegen, Abstellanlagen, Wegweisungen und Konzepten gibt es Fortschritte.

Große Teile der übernommenen Maßnahmen des Planes 2008 konnten umgesetzt werden.

Insgesamt ist es gelungen, das Wachstum des Kfz-Verkehrs in Dresden zu begrenzen. Die ursprünglich prognostizierten Werte wurden nicht erreicht. Die Bevölkerung ist stärker als der Verkehr gewachsen. Der Schwerverkehr hat sogar abgenommen.

### Defizite

Die Umsetzung verkehrsorganisatorischer Maßnahmen gestaltete sich schwierig und langwierig. Hier treffen traditionell gefasste Richtlinien des Verkehrsrechts („Vorrang des flüssigen Verkehrs“) auf neue gesetzliche Anforderungen der Luftreinhaltung und des Lärmschutzes, die die Gesundheit des Menschen im Blickfeld haben. Genannt seien an dieser Stelle Maßnahmen im Bereich Körnerplatz-Schillerplatz, wo es für Fahrradfahrer und Fußgänger bisher keine befriedigende Lösung gibt.

Bei der Modernisierung im Nutzfahrzeugbereich gibt es deutliche Verbesserungen, aber die geplanten Zahlen (Anteil von Fahrzeugen mit Grüner Plakette) wurden bisher nicht erreicht. Die Wirtschaft hat ihre gegenüber der Stadt Dresden gemachten Zusagen nicht vollständig einhalten können. Inwieweit Nutzfahrzeuge Abgasgrenzwerte einhalten oder überschreiten, ist weitgehend unbekannt. Bisher gibt es zu wenige Messungen.

Bei den PKWs dürfen 96,5 % der in Dresden zugelassenen Fahrzeuge eine grüne Feinstaubplakette tragen. Trotzdem gibt es ein schwerwiegendes Problem. In Dresden müssen nach wie vor Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden. Vor allem Stickoxide stellen ein großes Problem dar.

Auch in Dresden steigt der Dieselanteil im privaten Fahrzeugbereich weiter an, was die Bemühungen um eine bessere Luft zusätzlich erschwert.

Die auf stadtnahen Autobahnabschnitten geplante Geschwindigkeitsbegrenzung konnte nicht umgesetzt werden. Das Landesamt für Straßenbau und Verkehr hat bisher keine Zustimmung erteilt.

Die Elektromobilität kann bisher noch keine wirklichen Beiträge zur lokalen Verminderung von Luftschadstoffen geleistet. Die Zulassungszahlen sind dafür bisher viel zu gering.

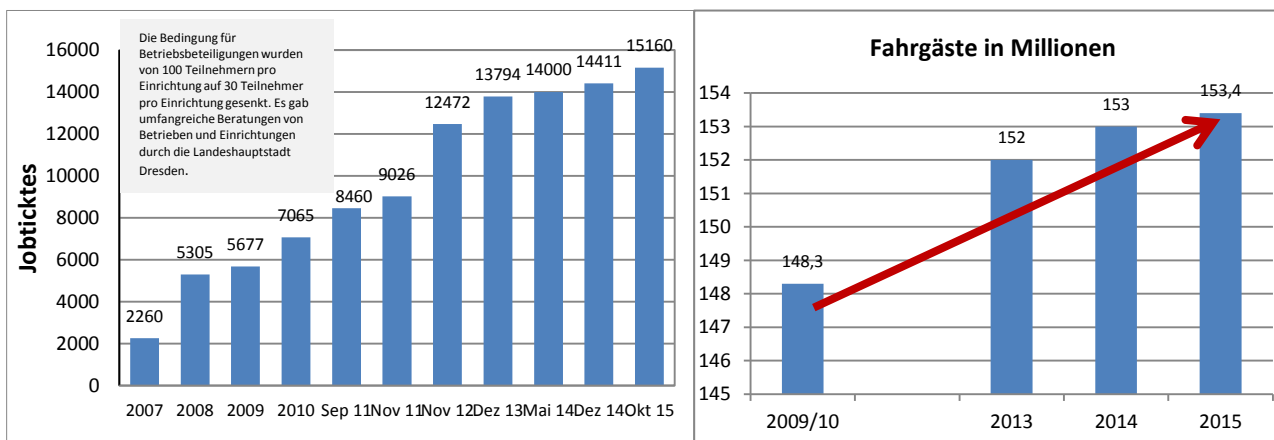


Abbildung 16: Entwicklung der Jobtickets und der mit ÖPNV transportierten Fahrgäste



Abbildung 17: Beispiele für Parkraumbewirtschaftung und LKW-Durchfahrtsverbot

# Anlage 2: Datenqualität 2015

**Tabelle 11: Datenverfügbarkeit für Tagesmittelwerte 2015**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
PM <sub>10</sub>	100 %	99 %	99 %	98 %		100 %	100 %		95 %	99 %	99 %	100 %	
PM <sub>2.5</sub>	100 %	99 %	100 %			100 %	99 %		96 %	99 %			
NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub>	99 %	99 %	98 %	99 %		100 %	99 %			99 %	99 %	99 %	99 %
EC <sup>1)</sup>	17 %	16 %	17 %	16 %		17 %	17 %		99 %	17 %		17 %	
BC	100 %		87 %		79 %	99 %	81 %	97 %	90 %				
PN <sub>30-200nm</sub>	38 %		84 %		90 %	61 %	79 %	97 %	89 %				
Kfz													

1) Einsatzzeit MEL tägliche Probenahme, sonst alle 6 Tage

Grau unterlegte Felder = keine Messung

**Tabelle 12: Messunsicherheit und Vergleichbarkeit der Daten 2015**

Messgröße	Messunsicherheit für Jahresmittelwert	Vergleichbarkeit für Jahresmittelwert	Bemerkungen und Grundlage zur Abschätzung
PM <sub>10</sub>	10 %	5 %*	HVS-Filter Sammlung mit Laborgravimetrie, BfUL Vergleichsmessungen, STIMES Vergleichsmessung in Wiesbaden
PM <sub>2.5</sub>	10 %	5 %*	HVS-Filter Sammlung mit Laborgravimetrie, BfUL Vergleichsmessungen, STIMES Vergleichsmessung in Wiesbaden
EC	k. A.	k. A.	Messung jeden 6. Tag, aber zeitlich synchron an allen Messstationen*
BC	k. A. <sup>1)</sup>	10 %	Ermittelt aus mehreren Vergleichsmessungen (5 %) am WCCAP, Zuschlag von 5 % für unvollständige Korrektur der verschiedenen Vorabscheider (PM <sub>1</sub> , PM <sub>10</sub> ) an verschiedenen Messorten
PN <sub>30-200nm</sub>	20 %	15 %	Jährliche Vergleichsmessung am WCCAP und Round-Robin-Test mit Referenz-SMPS aller 3 Monate durch WCCAP (10 % im Labor, 15 % im Feld); DDN und DDW wöchentliche Funktionskontrolle
NO <sub>2</sub>	10 %	5 %*	Tägliche Funktionskontrolle, Transferprüfung alle 3 Monate, STIMES-Ringversuche

\* Dies gilt für die Messstationen im sächsischen Lüftgütemessnetz (DDN, DDB, LMI, LLÜ, DDW, LWE, COL, SWB, RWD, BRO). An der Forschungsmessstation Melpitz (MEL) erfolgte eine tägliche Probenahme.

1) kein festgelegtes Referenzmessverfahren vorhanden

# Anlage 3: Statistik der Tagesmittelwerte 2015

## A3.1: Gesetzliche Überwachungsgrößen

**Tabelle 13: Statistik 2015 für PM<sub>10</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	100 %	99 %	99 %	99 %		99 %	99 %		95 %	99 %	100 %	99 %	100 %
<b>JMW</b>	<b>24,0</b>	<b>26,1</b>	<b>25,4</b>	<b>27,6</b>		<b>18,2</b>	<b>17,4</b>		<b>19,4</b>	<b>15,0</b>	<b>12,8</b>	<b>17,5</b>	<b>14,9</b>
Stabw	14,6	12,8	12,8	14,3		12,2	10,9		9,6	9,8	8,7	10,8	9,4
Rel.St.	61 %	49 %	50 %	52 %		67 %	63 %		50 %	65 %	68 %	62 %	63 %
Maximum	173	86	78	95		116	69		72	72	43	71	67
98-Perzentil	63	65	63	71		52	52		47	46	37	53	41
90-Perzentil	38	42	42	45		31	31		31	28	25	30	26
75-Perzentil	28	31	30	33		22	22		23	19	17	21	19
<b>50-Perzentil</b>	<b>20,0</b>	<b>24,0</b>	<b>23,0</b>	<b>25,0</b>		<b>15,0</b>	<b>14,0</b>		<b>17,1</b>	<b>12,0</b>	<b>10,0</b>	<b>15,0</b>	<b>12,0</b>
25-Perzentil	15	18	17	18		10	10		13	8	6	10	8
10-Perzentil	12	13	13	13		8	7		10	6	4	8	6
2-Perzentil	9	9	10	9		5	5		6	4	2	4	4
Minimum	5	5	6	6		4	2		5	1	1	2	2
Sommer	21,2	24,5	23,1	25,9		16,0	15,6		19,6	14,1	13,1	16,1	14,5
Winter	26,8	27,6	27,8	29,4		20,5	19,2		19,1	15,9	12,5	18,8	15,2

Hinweis: Die PM<sub>10</sub>-Daten der Messstation Melpitz (MEL) sind durch die Verwendung von Quarzfaserfiltern methodenbedingt um 2,5 µg/m<sup>3</sup> größer als vergleichbare Daten im sächsischen Luftgütemessnetz, wie eine Vergleichsmessung im Jahr 2015 ergab.

**Tabelle 14: Anzahl der Tage 2015 mit PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitung**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	100 %	99 %	99 %	99 %		99 %	99 %		95 %	99 %	100 %	99 %	100 %
<b>Anzahl</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>26</b>		<b>13</b>	<b>8</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>2</b>

**Tabelle 15: Statistik 2015 für PM<sub>2,5</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	100 %	99 %	100 %			100 %	99 %		96 %	99 %			
<b>JMW</b>	<b>14,3</b>	<b>15,1</b>	<b>15,2</b>			<b>13,0</b>	<b>12,0</b>		<b>14,7</b>	<b>10,2</b>			
Stabw	11,1	9,2	9,9			10,5	9,1		8,4	8,1			
Rel.St.	78 %	61 %	65 %			81 %	76 %		57 %	79 %			
Maximum	132	66	66			100	59		62	59			
98-Perzentil	45	44	45			44	41		38	37			
90-Perzentil	25	25	27			24	23		24	19			
75-Perzentil	18	19	19			17	15		18	13			
<b>50-Perzentil</b>	<b>11,7</b>	<b>13,0</b>	<b>12,4</b>			<b>10,2</b>	<b>9,2</b>		<b>12,8</b>	<b>7,5</b>			
25-Perzentil	8	9	8			6	6		9	5			
10-Perzentil	6	6	7			4	4		7	3			
2-Perzentil	4	5	5			3	3		4	2			
Minimum	3	2	3			2	2		2	1			
Sommer	12,3	13,7	13,2			10,8	10,3		14,2	8,9			
Winter	16,4	16,5	17,2			15,3	13,8		15,2	11,5			

Hinweis: Die PM<sub>2,5</sub>-Daten der Messstation Melpitz (MEL) sind durch die Verwendung von Quarzfaserfiltern methodenbedingt um 2,5 µg/m<sup>3</sup> größer als vergleichbare Daten im sächsischen Luftgütemessnetz, wie eine Vergleichsmessung im Jahr 2015 ergab.

**Tabelle 16: Statistik 2015 für NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	99 %	99 %	98 %	99 %		100 %	99 %		100 %	99 %	99 %	99 %	99 %
<b>JMW</b>	<b>31,7</b>	<b>49,4</b>	<b>42,7</b>	<b>40,2</b>		<b>18,3</b>	<b>16,2</b>		<b>9,2</b>	<b>8,2</b>	<b>8,1</b>	<b>13,4</b>	<b>9,8</b>
Stabw	8,4	15,7	12,3	13,1		8,0	7,4		4,3	5,1	4,8	7,6	5,0
Rel.St.	27 %	32 %	29 %	33 %		44 %	46 %		47 %	62 %	60 %	57 %	51 %
Maximum	57	102	94	83		51	49		26	30	32	49	29
98-Perzentil	49	84	72	71		37	36		20	22	22	32	23
90-Perzentil	42	69	58	56		29	26		16	15	16	24	17
75-Perzentil	37	58	50	48		23	20		11	10	10	17	12
<b>50-Perzentil</b>	<b>31,9</b>	<b>48,6</b>	<b>42,8</b>	<b>40,5</b>		<b>16,9</b>	<b>14,1</b>		<b>8,0</b>	<b>6,6</b>	<b>6,3</b>	<b>11,3</b>	<b>8,4</b>
25-Perzentil	26	39	34	32		12	11		6	5	5	8	6
10-Perzentil	21	31	27	23		9	8		5	3	4	6	5
2-Perzentil	14	19	19	16		6	6		4	2	3	4	3
Minimum	12	11	13	9		3	4		3	1	2	3	2
Sommer	29,2	50,0	41,4	41,5		16,1	13,7		7,5	6,7	6,7	10,5	8,2
Winter	34,2	48,8	44,1	38,9		20,5	18,6		10,9	9,7	9,5	16,2	11,4

**Tabelle 17: Statistik 2015 für NO<sub>x</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	99 %	99 %	98 %	99 %		100 %	99 %		100 %	99 %	99 %	99 %	99 %
<b>JMW</b>	<b>63,6</b>	<b>157,1</b>	<b>123,2</b>	<b>93,5</b>		<b>25,0</b>	<b>21,8</b>		<b>10,4</b>	<b>10,1</b>	<b>9,9</b>	<b>16,6</b>	<b>12,4</b>
Stabw	26,1	67,7	54,5	48,5		16,7	14,6		5,4	5,7	5,6	10,2	6,0
Rel.St.	41 %	43 %	44 %	52 %		67 %	67 %		52 %	57 %	56 %	61 %	48 %
Maximum	197	454	438	337		165	117		35	34	45	68	39
98-Perzentil	127	318	270	216		69	66		25	27	25	42	31
90-Perzentil	100	244	187	153		47	38		18	17	18	30	20
75-Perzentil	79	192	148	118		30	25		13	12	11	21	15
<b>50-Perzentil</b>	<b>60,5</b>	<b>150,9</b>	<b>119,4</b>	<b>85,3</b>		<b>19,8</b>	<b>17,2</b>		<b>8,7</b>	<b>8,2</b>	<b>7,9</b>	<b>13,4</b>	<b>10,5</b>
25-Perzentil	44	108	85	59		15	14		7	6	6	10	8
10-Perzentil	34	77	59	39		11	10		5	5	5	7	7
2-Perzentil	24	55	41	26		7	8		4	4	4	6	5
Minimum	19	24	31	12		4	5		3	3	4	4	4
Sommer	54,1	158,0	109,2	92,2		21,7	17,7		8,6	8,5	8,5	13,2	10,9
Winter	73,1	156,2	137,9	94,7		28,4	25,9		12,3	11,6	11,4	20,0	13,8

## A3.2: Kfz-Zählergebnisse der Stadtverwaltungen

Die Zählergebnisse wurden jeweils von den Stadtverwaltungen Dresden und Leipzig erhoben und geprüft. Die Einstundenwerte wurden als externe Daten in die sächsische Luftgütedatenbank eingelesen. Eine Tagessumme wurde nur gebildet, wenn 100 % der Einstundenwerte des Tages vorlagen.

**Tabelle 18: Statistik 2015 für die Anzahl aller Kraftfahrzeuge (Kfz) pro Tag von Montag bis Sonntag**

Stationstyp	Städtische Straße				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
Verfügbarkeit		100 %	100 %	100 %	
<b>JMW</b>		<b>26.716</b>	<b>46.257</b>	<b>21.077</b>	
Stabw		5.663	8.836	3.463	
Rel.St.		21 %	19 %	16 %	
Maximum		35.439	64.547	25.642	
98-Perzentil		33.854	58.538	24.910	
90-Perzentil		32.186	55.583	24.121	
75-Perzentil		30.769	52.887	23.536	
<b>50-Perzentil</b>		<b>29.186</b>	<b>48.951</b>	<b>22.546</b>	
25-Perzentil		22.564	40.858	19.788	
10-Perzentil		17.139	31.978	14.932	
2-Perzentil		14.724	27.902	13.181	
Minimum		11.433	23.371	10.386	
Sommer		27.555	45.097	21.125	
Winter		25.863	47.443	21.027	

**Tabelle 19: Statistik 2015 für die Anzahl der Schwerverkehrsfahrzeuge (SV) pro Tag von Montag bis Sonntag**

Stationstyp	Städtische Straße				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
Verfügbarkeit		100 %	100 %	100 %	
<b>JMW</b>		<b>1.030</b>	<b>1.203</b>	<b>608</b>	
Stabw		390	485	294	
Rel.St.		38 %	40 %	48 %	
Maximum		1.572	2.575	1.014	
98-Perzentil		1.460	1.709	929	
90-Perzentil		1.402	1.643	886	
75-Perzentil		1.343	1.545	837	
<b>50-Perzentil</b>		<b>1.227</b>	<b>1.446</b>	<b>759</b>	
25-Perzentil		570	774	311	
10-Perzentil		424	389	123	
2-Perzentil		356	240	89	
Minimum		333	166	65	
Sommer		1.102	1.274	652	
Winter		958	1.130	563	

## A3.3: Ergänzende wissenschaftliche Sondermessungen

Tabelle 20: Statistik 2015 für EC<sub>PM10</sub> in µg/m<sup>3</sup>

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	17 %	16 %	17 %	16 %		17 %	17 %		99 %	17 %		17 %	
<b>JMW</b>	<b>1,44</b>	<b>2,34</b>	<b>1,73</b>	<b>1,72</b>		<b>0,86</b>	<b>0,83</b>		<b>0,44</b>	<b>0,58</b>		<b>0,86</b>	
Stabw	0,91	1,43	0,83	0,97		0,79	0,65		0,31	0,45		0,71	
Rel.St.	63 %	61 %	48 %	56 %		92 %	79 %		71 %	78 %		83 %	
Maximum	6,3	9,3	5,2	4,8		5,4	2,7		1,8	1,9		3,9	
98-Perzentil	3,0	5,7	3,4	4,1		2,1	2,5		1,4	1,7		2,7	
90-Perzentil	2,5	3,9	2,9	3,0		1,5	1,8		0,8	1,3		1,8	
75-Perzentil	1,7	2,7	2,2	2,2		1,2	1,1		0,6	0,9		1,2	
<b>50-Perzentil</b>	<b>1,24</b>	<b>2,08</b>	<b>1,55</b>	<b>1,43</b>		<b>0,65</b>	<b>0,61</b>		<b>0,35</b>	<b>0,48</b>		<b>0,65</b>	
25-Perzentil	0,9	1,4	1,3	1,1		0,2	0,4		0,2	0,2		0,4	
10-Perzentil	0,7	1,0	0,9	0,7		0,2	0,2		0,1	0,2		0,2	
2-Perzentil	0,2	0,6	0,6	0,5		0,2	0,2		0,1	0,2		0,2	
Minimum	0,2	0,5	0,4	0,2		0,2	0,2		0,1	0,2		0,2	
Sommer	1,34	2,49	1,75	1,80		0,85	0,84		0,38	0,60		0,94	
Winter	1,55	2,19	1,71	1,63		0,87	0,81		0,50	0,56		0,78	

### Hinweis zu den EC-Werten der Forschungsmessstation Melpitz (MEL):

Die OC-EC-Analytik wurde vom thermografischen Verfahren nach VDI (OC(VDI) und EC(VDI)) auf das thermo-optische Verfahren unter Verwendung des Temperaturprotokolls EUSAAR2 umgestellt. Dabei wird für Europa von CEN die Transmission zur optischen Korrektur empfohlen.

Tabelle 21: Statistik 2015 für BC<sub>PM1</sub> in µg/m<sup>3</sup>

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI*	LLÜ	LEI	DDW	LWE*	LTR*	MEL*	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	100 %		87 %		79 %	99 %	81 %	97 %	90 %				
<b>JMW</b>	<b>1,25</b>		<b>1,88</b>		<b>1,53</b>	<b>0,87</b>	<b>0,71</b>	<b>0,72</b>	<b>0,56</b>				
Stabw	0,50		0,89		0,89	0,62	0,53	0,55	0,48				
Rel.St.	40 %		47 %		58 %	71 %	75 %	76 %	85 %				
Maximum	3,9		6,5		5,2	4,9	3,0	3,9	3,9				
98-Perzentil	2,6		4,4		3,6	2,6	2,2	2,2	1,8				
90-Perzentil	1,8		3,0		2,9	1,6	1,4	1,5	1,2				
75-Perzentil	1,5		2,2		2,1	1,1	0,9	0,9	0,7				
<b>50-Perzentil</b>	<b>1,14</b>		<b>1,69</b>		<b>1,31</b>	<b>0,73</b>	<b>0,54</b>	<b>0,55</b>	<b>0,40</b>				
25-Perzentil	0,9		1,3		0,9	0,4	0,3	0,3	0,3				
10-Perzentil	0,7		0,9		0,6	0,3	0,3	0,2	0,2				
2-Perzentil	0,5		0,7		0,4	0,2	0,2	0,2	0,1				
Minimum	0,4		0,4		0,3	0,1	0,1	0,1	0,1				
Sommer	1,17		1,80		1,63	0,79	0,66	0,66	0,48				
Winter	1,32		1,95		1,47	0,95	0,77	0,78	0,64				

\*Im PM<sub>10</sub> gemessene Werte wurden nachträglich auf PM<sub>1</sub> umgerechnet.



**Tabelle 22: Statistik 2015 für PN<sub>30-200nm</sub> in 1/cm<sup>3</sup>**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	93 %		84 %		90 %	93 %	79 %	97 %	89 %				
<b>JMW</b>	<b>4.830</b>		<b>5.347</b>		<b>5.999</b>	<b>3.366</b>	<b>3.086</b>	<b>3.236</b>	<b>2.928</b>				
Stabw	1.687		1.843		2.528	1.597	1.452	1.570	1.420				
Rel.St.	35 %		34 %		42 %	47 %	47 %	49 %	48 %				
Maximum	14.785		11.993		13.403	9.199	8.962	8.606	8.593				
98-Perzentil	8.480		9.783		12.590	7.430	7.003	7.552	6.486				
90-Perzentil	6.910		7.832		9.285	5.397	4.780	5.359	4.583				
75-Perzentil	5.833		6.368		7.275	4.356	3.937	4.163	3.831				
<b>50-Perzentil</b>	<b>4.654</b>		<b>5.183</b>		<b>5.719</b>	<b>3.257</b>	<b>2.909</b>	<b>2.885</b>	<b>2.745</b>				
25-Perzentil	3.722		4.101		4.310	2.164	1.986	2.052	1.888				
10-Perzentil	2.899		3.148		3.025	1.378	1.482	1.500	1.305				
2-Perzentil	1.815		2.037		1.817	780	1.036	1.070	880				
Minimum	1.382		1.760		1.364	555	564	699	441				
Sommer	5.342		5.790		6.548	3.999	3.682	3.817	3.454				
Winter	4.380		4.943		5.364	2.768	2.569	2.677	2.276				

**Tabelle 23: Statistik 2015 für PM<sub>30-200nm</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	94 %		85 %		90 %	93 %	79 %	97 %	88 %				
<b>JMW</b>	<b>3,49</b>		<b>3,49</b>		<b>3,91</b>	<b>2,67</b>	<b>2,16</b>	<b>2,34</b>	<b>2,27</b>				
Stabw	1,83		1,85		2,21	1,53	1,40	1,38	1,40				
Rel.St.	53 %		53 %		57 %	57 %	64 %	59 %	62 %				
Maximum	19,6		9,5		11,0	7,7	8,1	9,4	7,8				
98-Perzentil	7,5		7,7		9,7	6,1	5,6	6,0	5,3				
90-Perzentil	5,3		5,3		6,6	4,5	3,7	4,1	4,0				
75-Perzentil	4,3		4,1		4,9	3,5	2,7	3,0	2,9				
<b>50-Perzentil</b>	<b>3,23</b>		<b>3,25</b>		<b>3,58</b>	<b>2,50</b>	<b>1,92</b>	<b>2,04</b>	<b>2,05</b>				
25-Perzentil	2,4		2,5		2,5	1,7	1,3	1,4	1,3				
10-Perzentil	1,8		1,9		1,8	0,9	0,9	0,9	0,9				
2-Perzentil	0,9		1,1		1,0	0,6	0,5	0,6	0,4				
Minimum	0,5		0,8		0,7	0,4	0,3	0,4	0,3				
Sommer	3,68		3,72		4,09	3,06	2,41	2,64	2,57				
Winter	3,27		3,41		4,18	2,33	1,88	2,06	1,81				

# Anlage 4: Mittlerer Tagesgang der Woche der Messgrößen von 2010 bis 2015

## A 4.1: Verkehrsnahe Messstationen

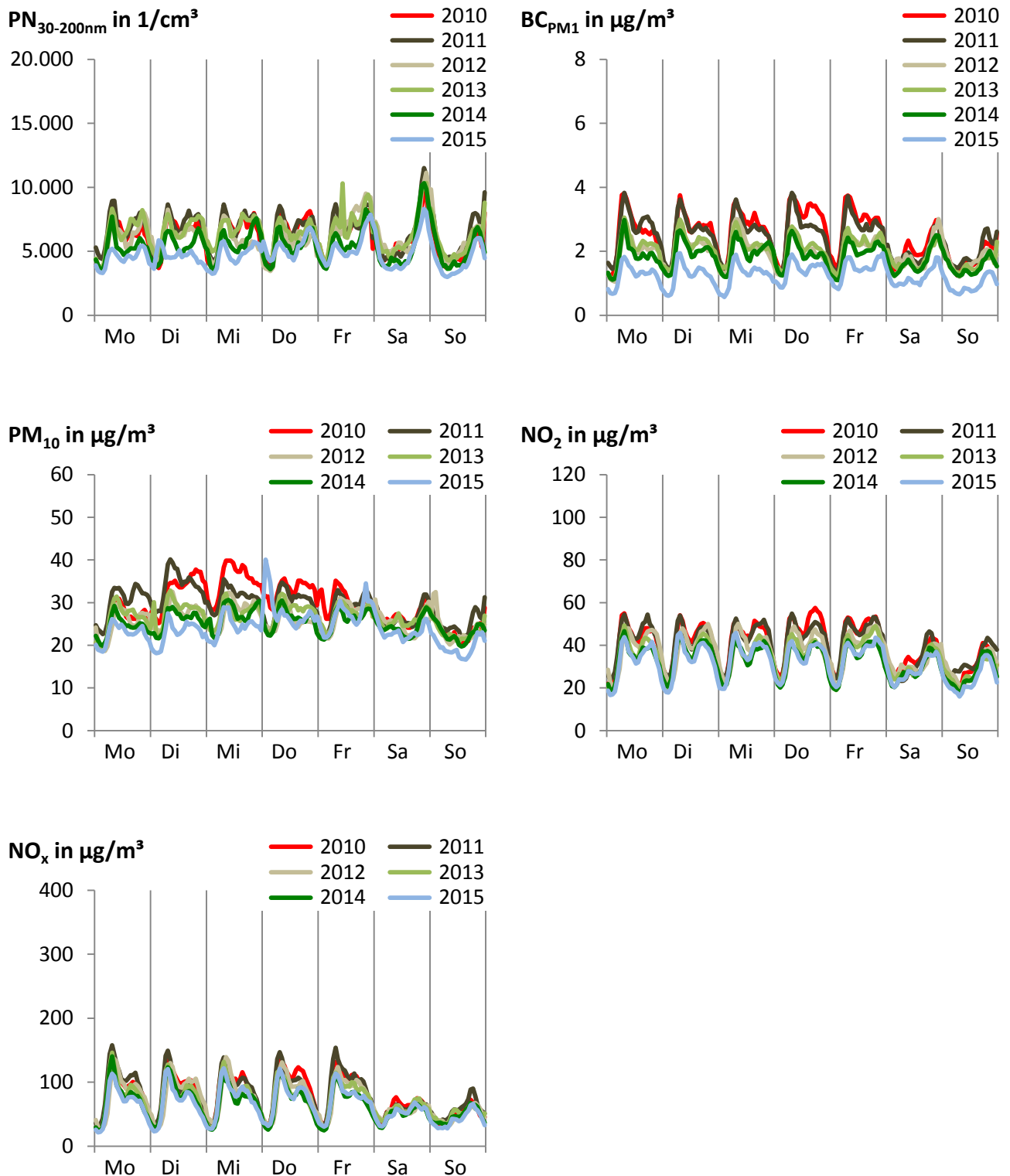
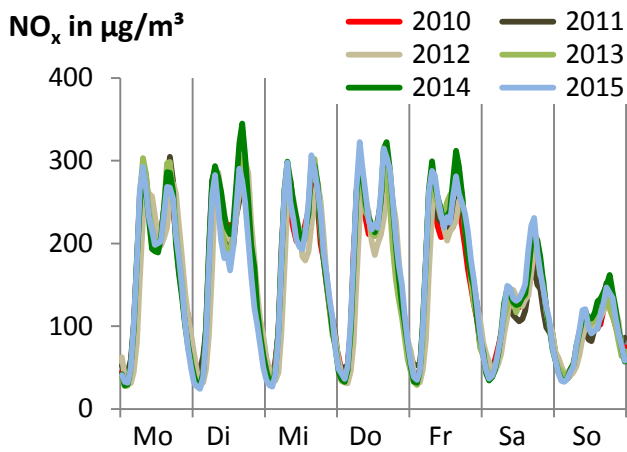
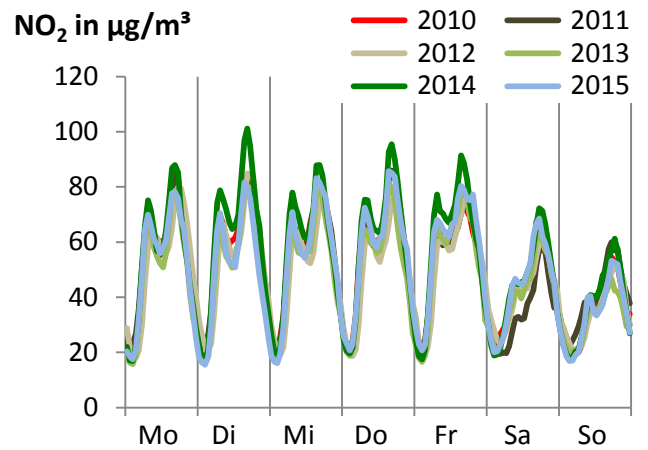
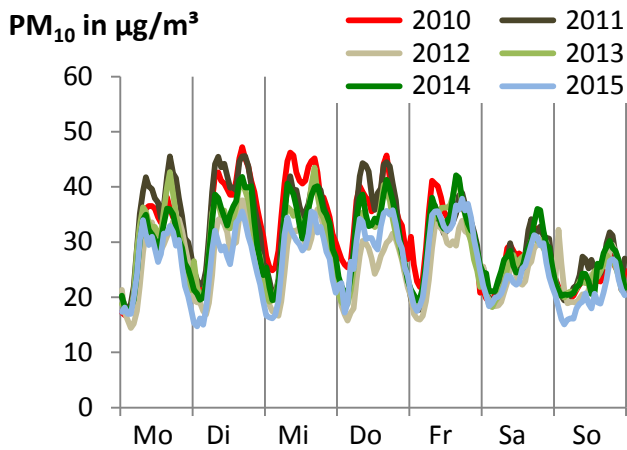
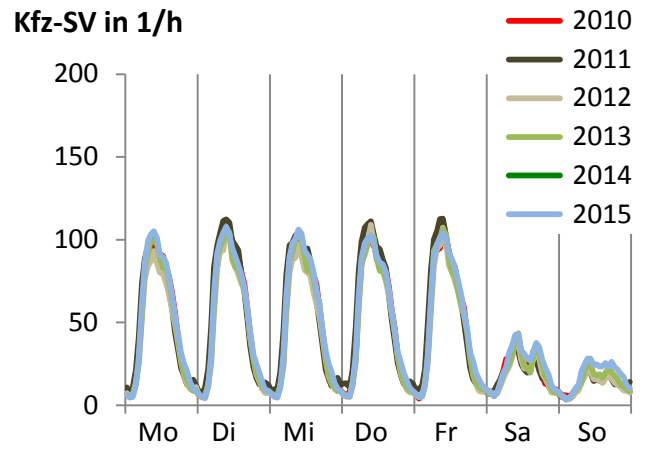
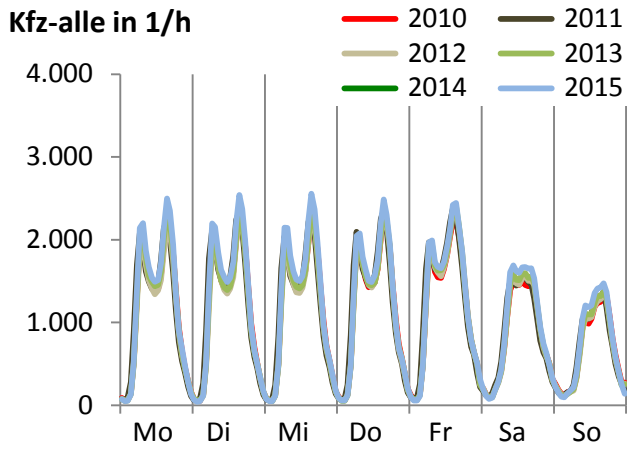
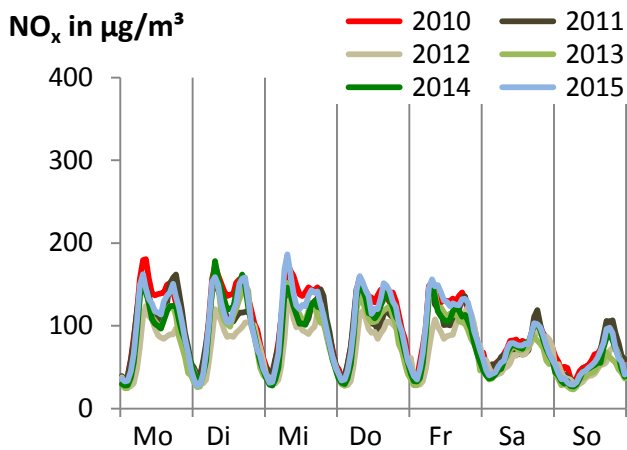
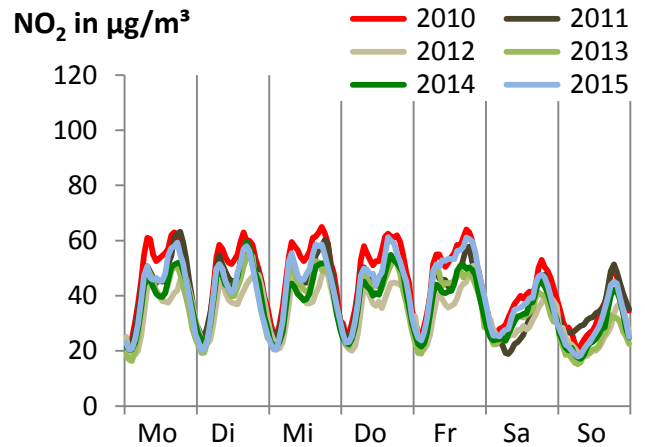
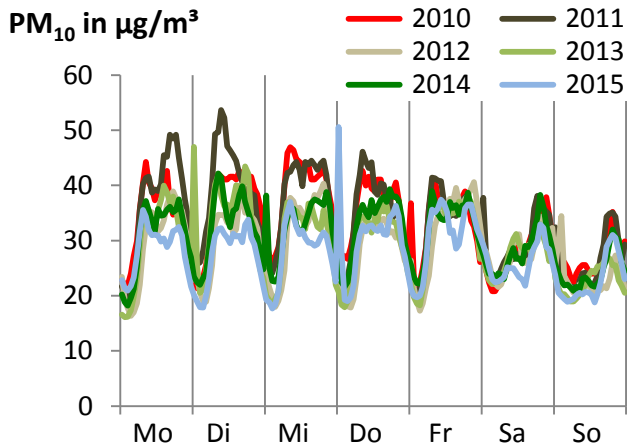
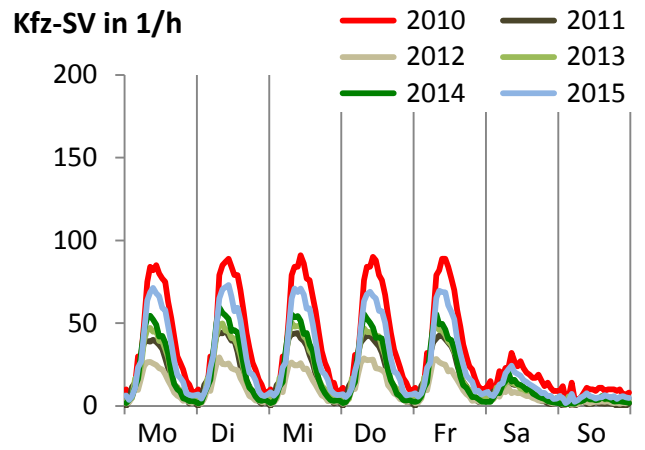
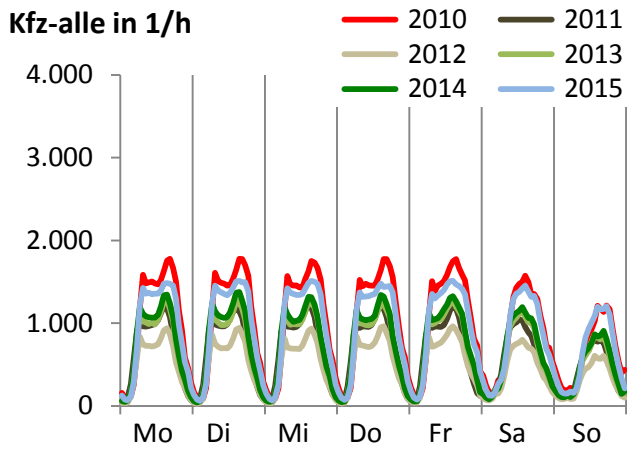


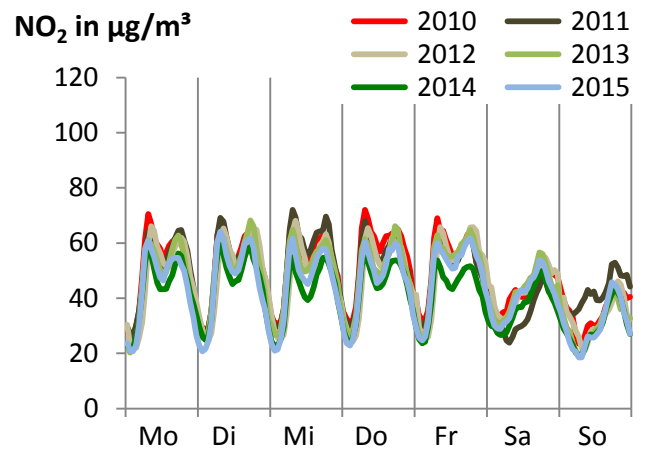
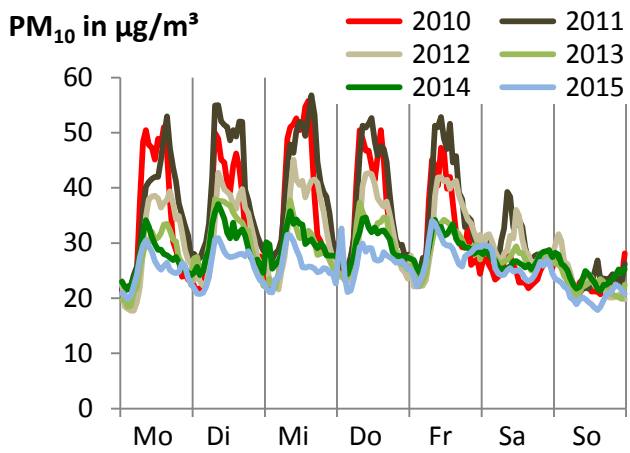
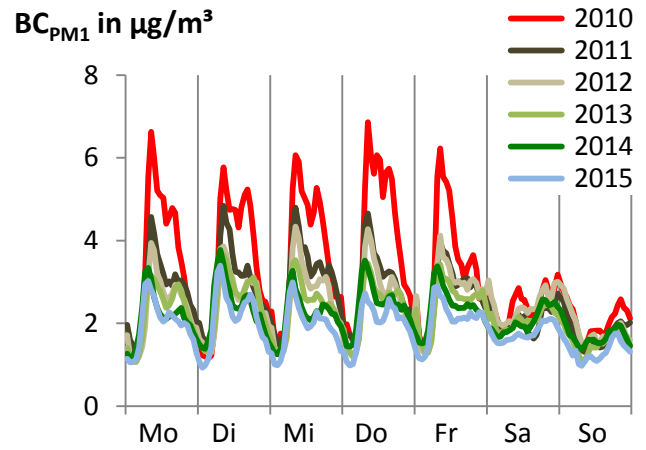
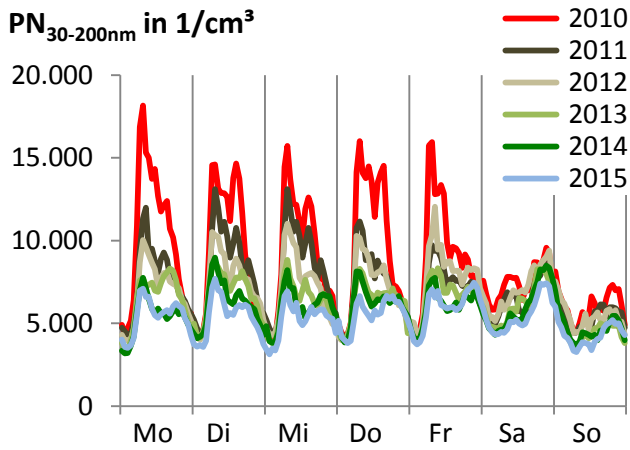
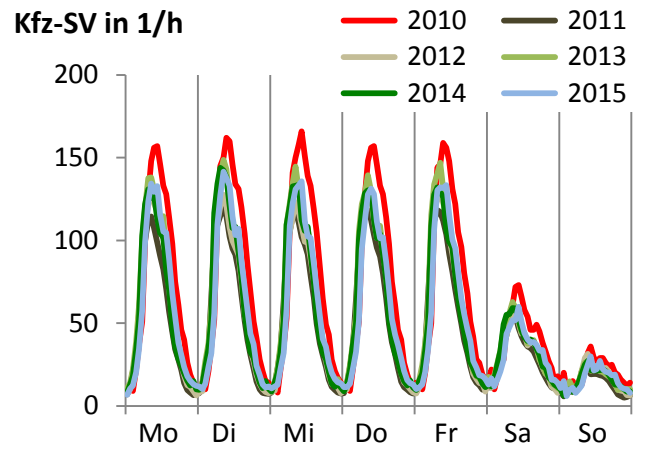
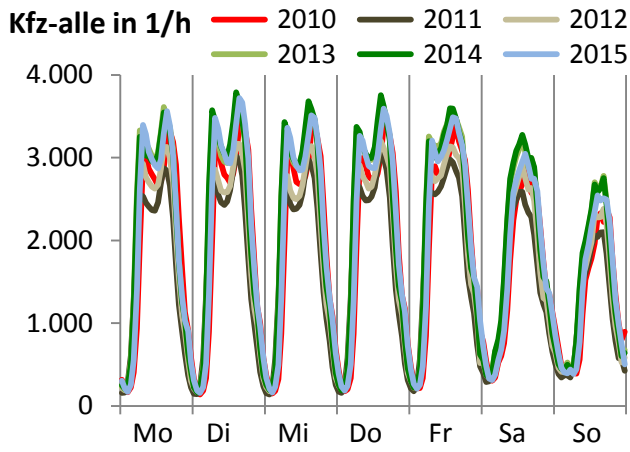
Abbildung 18: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord (DDN) für PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub>, PM<sub>10</sub> und NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015



**Abbildung 19: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Bergstraße (DDB) für Kfz-Zählwerte, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015**



**Abbildung 20: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Lützner Straße (LLÜ) für Kfz-Zählwerte, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015**



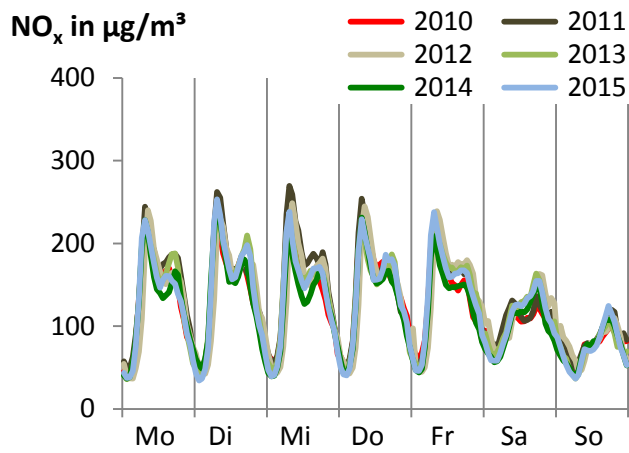


Abbildung 21: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Mitte (LMI) für Kfz-Zählwerte,  $PN_{30-200nm}$ , Ruß- $BC_{PM1}$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  und  $NO_x$  von 2010 bis 2015

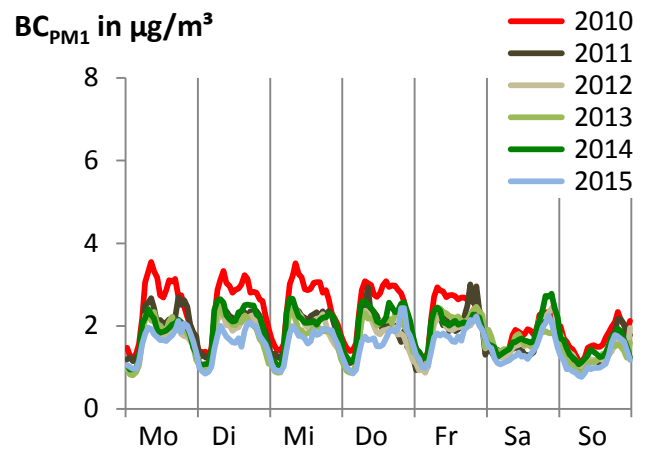
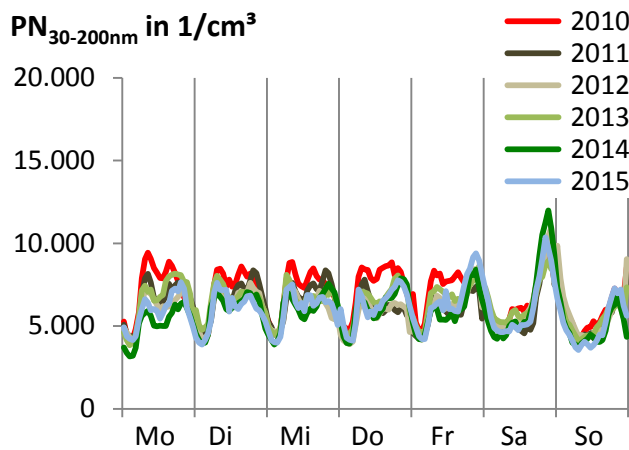


Abbildung 22: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Eisenbahnstraße (LEI) für  $PN_{30-200nm}$  und Ruß- $BC_{PM1}$  von 2010 bis 2015

## A 4.2: Messstationen im städtischen Hintergrund

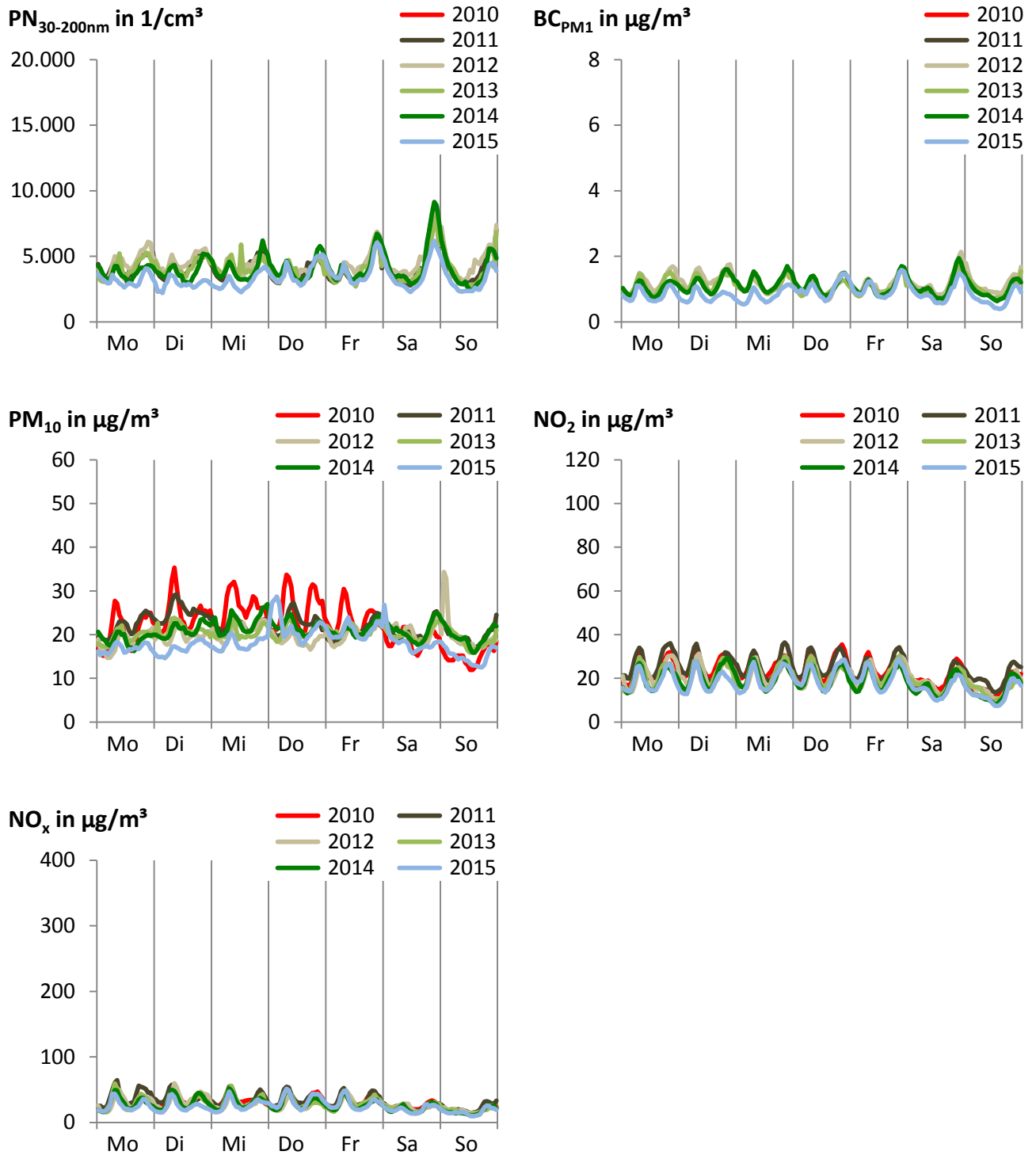
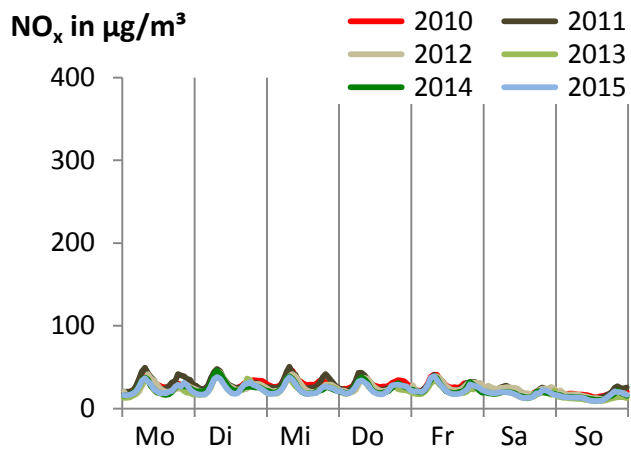
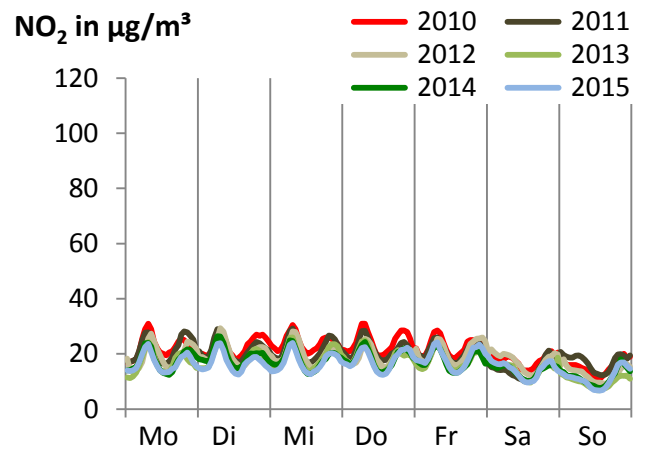
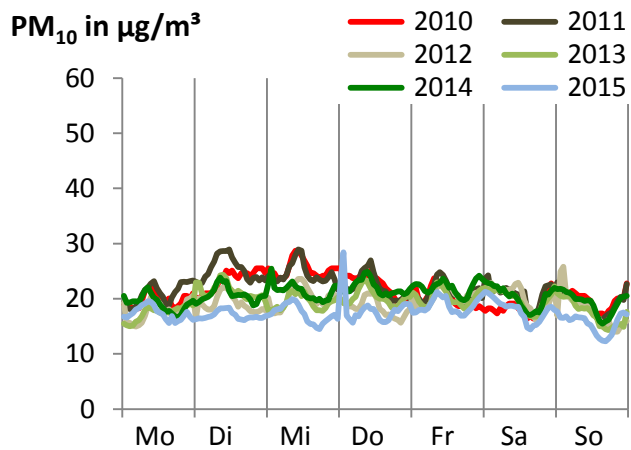
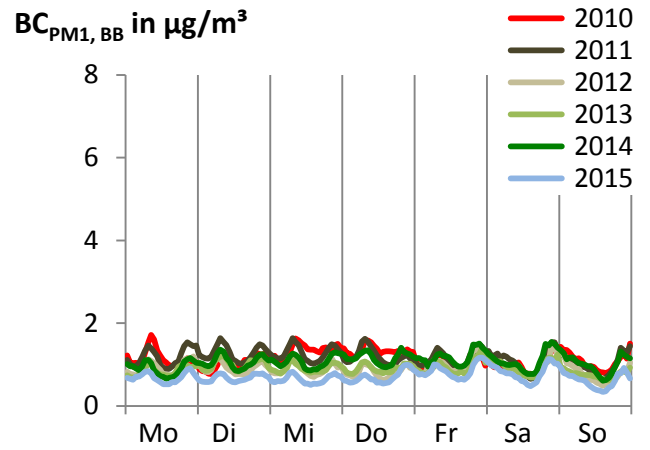
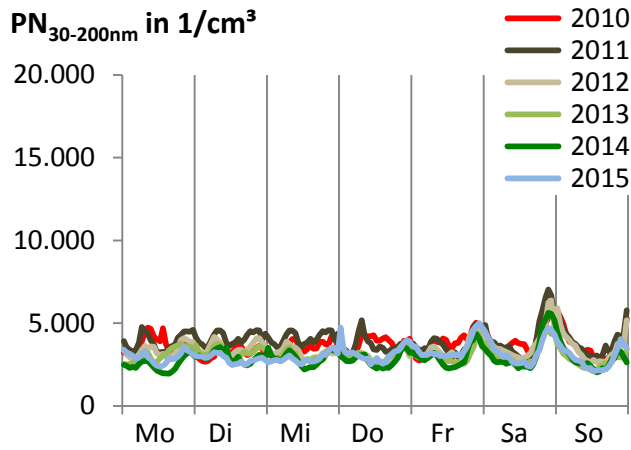
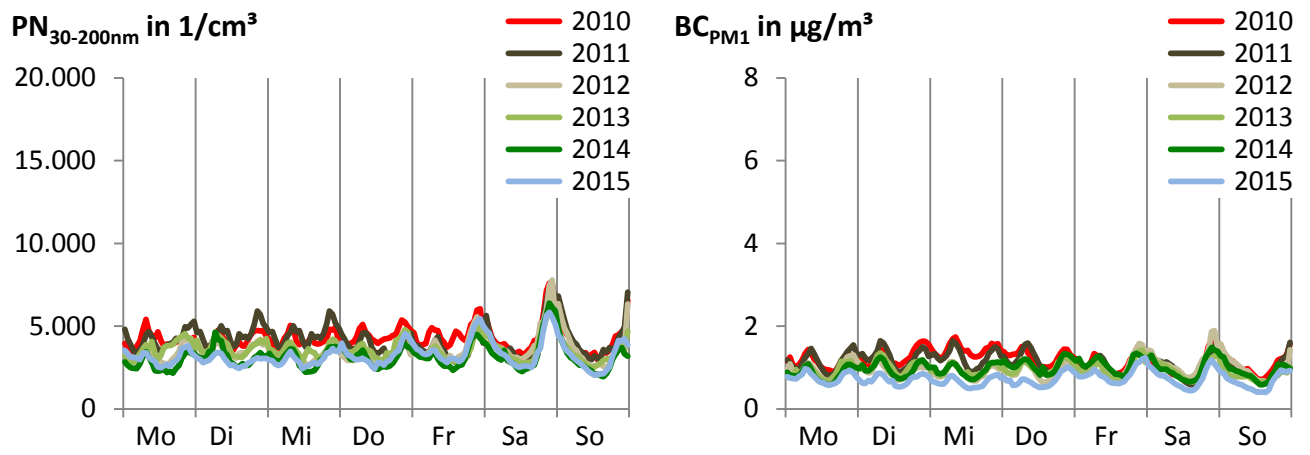


Abbildung 23: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation Dresden-Winckelmannstraße (DDW) für PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015



**Abbildung 24: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation Leipzig-West (LWE) für PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015**





**Abbildung 25: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation Leipzig-TROPOS (LTR) für PN<sub>30-200nm</sub> und Ruß-BC<sub>PM1</sub> von 2010 bis 2015**

## A 4.3: Messstationen im regionalen Hintergrund

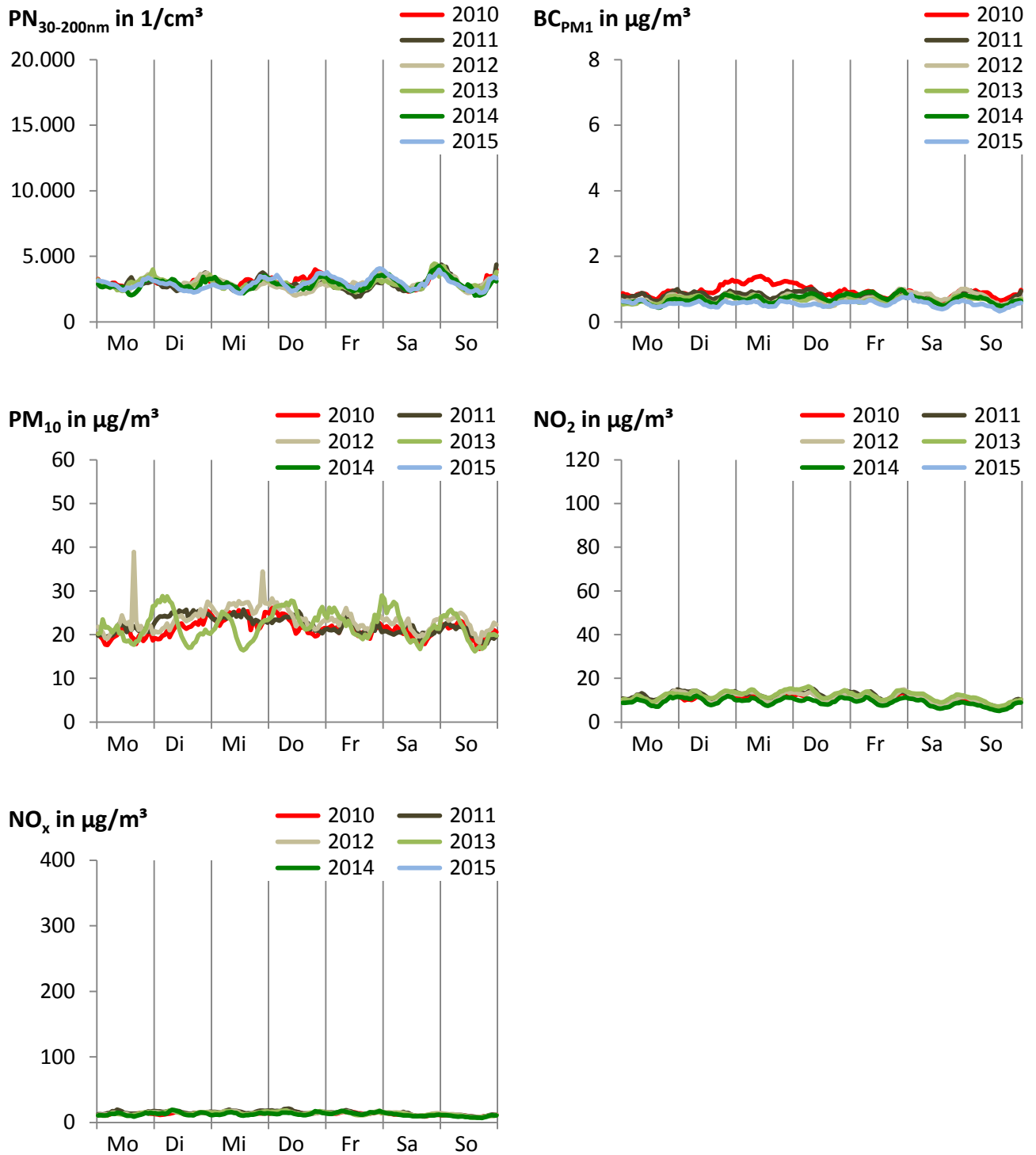
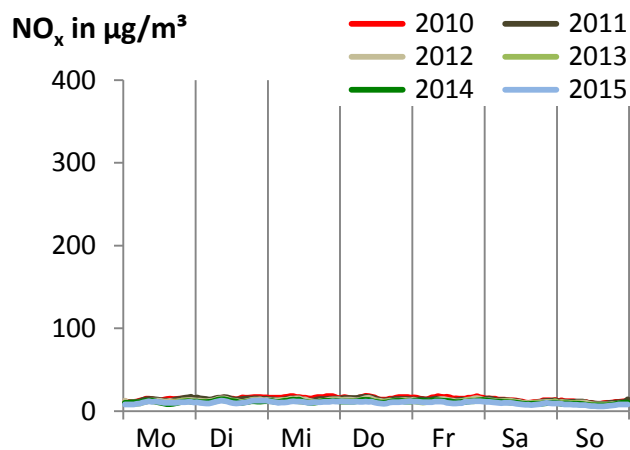
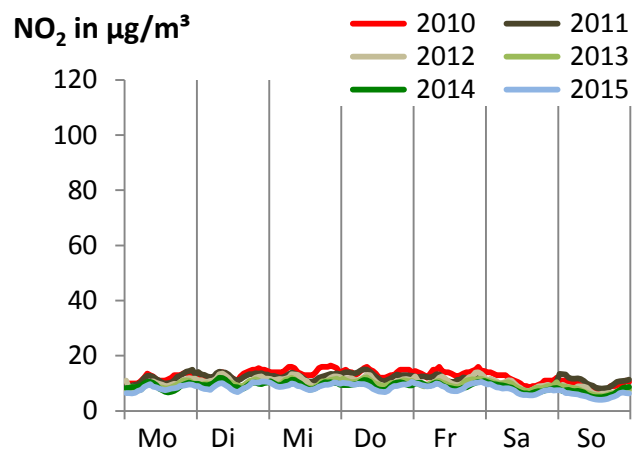
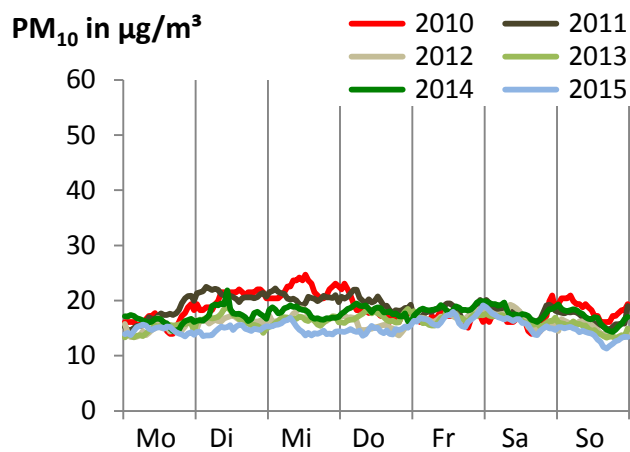
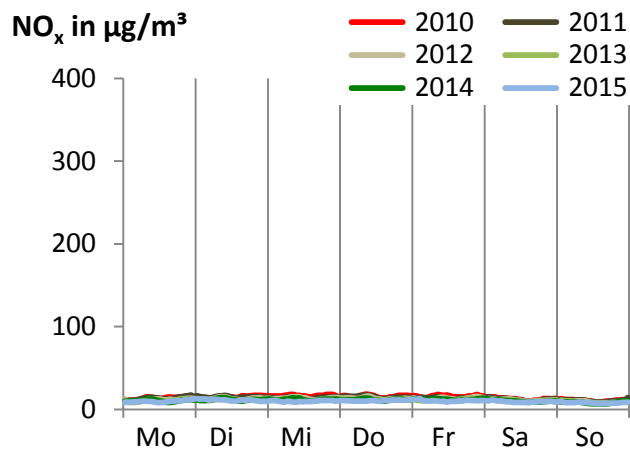
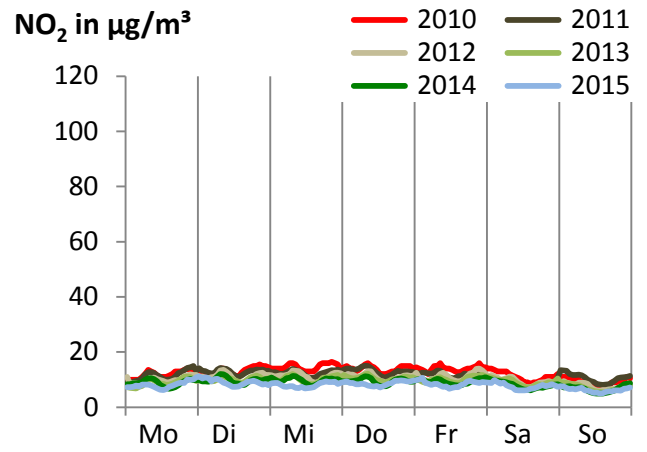
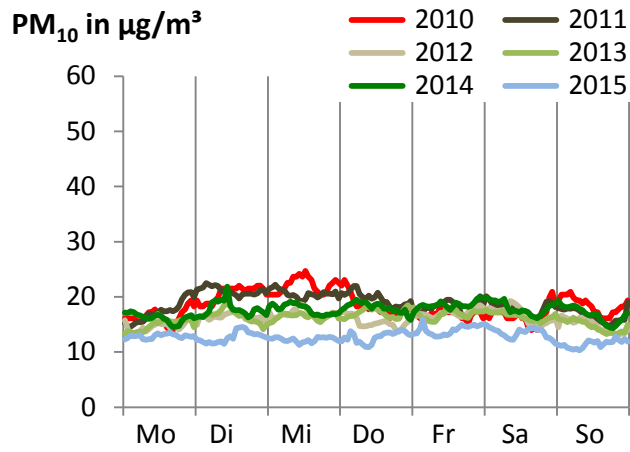


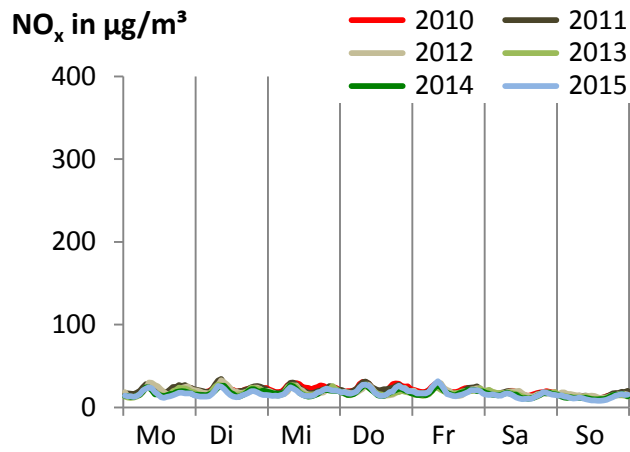
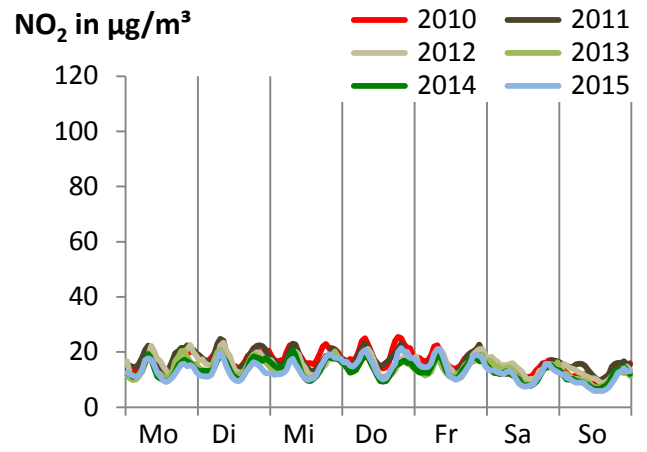
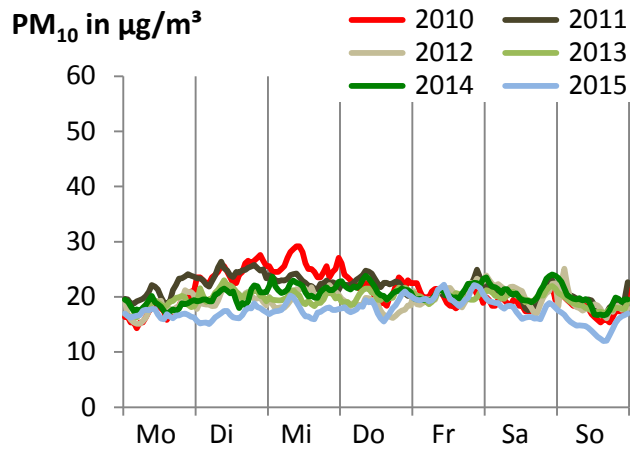
Abbildung 26: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Melpitz (MEL) für PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015



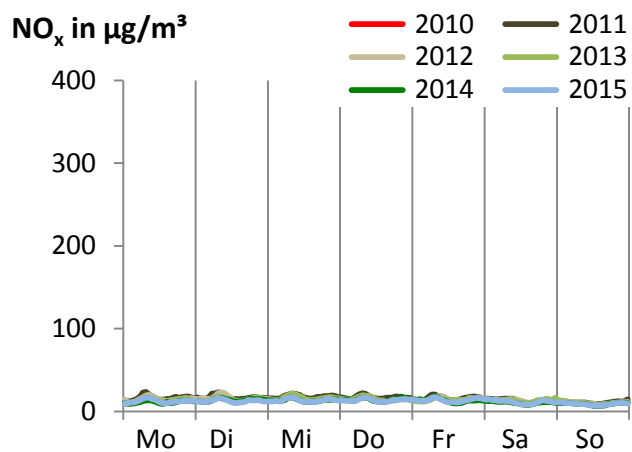
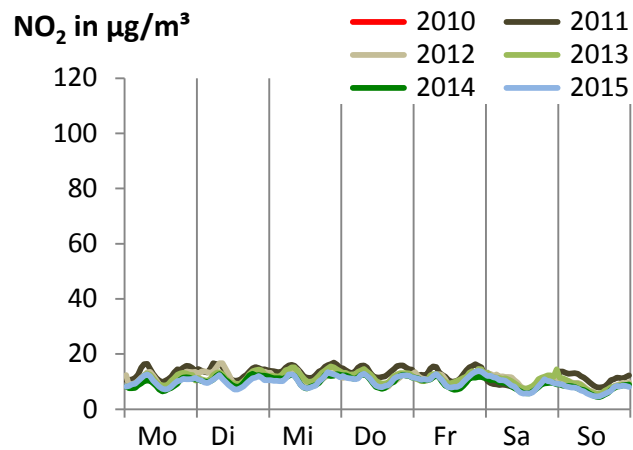
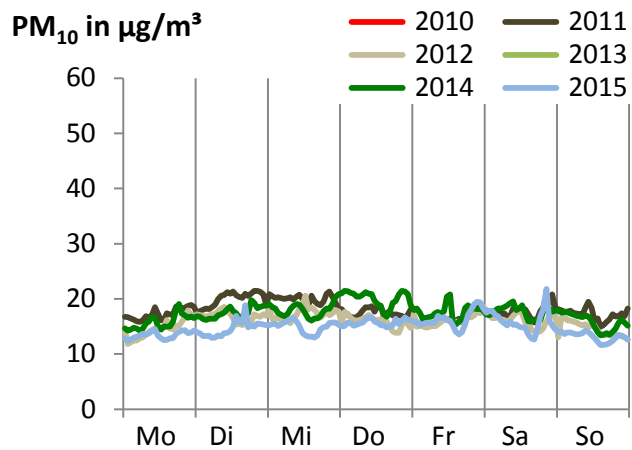
**Abbildung 27: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Collmberg (COL) für PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015**



**Abbildung 28: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Schwartenberg (SWB) für PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015**



**Abbildung 29: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Radebeul-Wahnsdorf (RWD) für PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015**



**Abbildung 30: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Brockau (BRO) für PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> von 2010 bis 2015**

**Herausgeber:**

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

**Autoren:**

Dr. Gunter Löschau, Uwe Wolf, Dr. Andrea Hausmann,  
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Dr. Horst-Günter Kath  
Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL)  
Prof. Dr. Alfred Wiedensohler, Fabian Rasch, Dr. Gerald Spindler, Dr. Konrad  
Müller, Dr. Wolfram Birmili, Prof. Dr. Hartmut Herrmann  
Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. (TROPOS)  
Mario Anhalt  
Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz  
Volker Dietz  
Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt  
Uwe Böhme  
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)

**Redaktion:**

Dr. Gunter Löschau  
LfULG, Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Klima, Luftqualität  
Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden  
Telefon: +49 351 2612-5102  
Telefax: +49 351 2612-5099  
E-Mail: gunter.loeschau@smul.sachsen.de

**Redaktionsschluss:**

01.12.2016

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> 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 zu Gunsten 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.