

# Umweltzone Leipzig

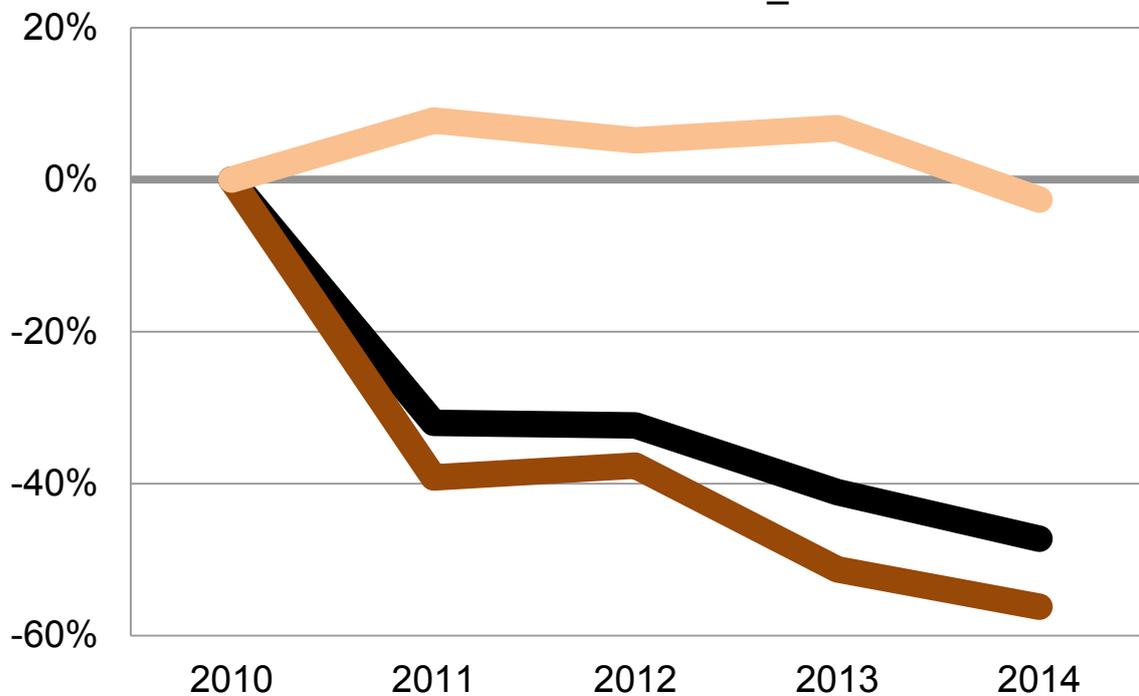
## Teil 4: Immissionssituation 2010–2014

Änderung in %

—  $\Delta$ Ruß-BC\_Kfz-Motor

—  $\Delta$ Partikelanzahl 30-200nm\_Kfz-Motor

—  $\Delta$ Stickstoffoxid\_Kfz-Motor



### **Titelbild**

Die Grafik zeigt die prozentualen Änderungen von Kenngrößen zur Luftqualität im Zentrum von Leipzig bezogen auf das Ausgangsjahr 2010. Es wird nur der Immissionsanteil betrachtet, der durch die Motoremissionen der vorbeifahrenden Kraftfahrzeuge verursacht wurde. Mit Einführung der Umweltzone 2011 durften nur noch emissionsarme Fahrzeuge in großen Teilen der Stadt fahren. In der Außenluft reduzierten sich dadurch die krebserregenden Dieselpartikel sehr deutlich. Nach vier Jahren Umweltzone wurden Minderungen in der Außenluft für Ruß um 47 % und für die Anzahl der Verbrennungspartikel um 56 % durch vorbeifahrende Fahrzeuge nachgewiesen. Diese deutliche Minderung wurde durch die Einführung von Partikelfiltern in den Dieselfahrzeugen erreicht. Die modernste Fahrzeugflotte in Sachsen brachte jedoch für das Gas Stickstoffoxid keine Verbesserung, obwohl schärfere EURO-Abgasnormen dies erwarten ließen.

Die Umweltzone in Leipzig führte zu einer beschleunigten Modernisierung des Fahrzeugbestandes in Leipzig und zu einer Minderung des hoch toxischen Anteils im Feinstaub in der Außenluft. Weil das Gesundheitsrisiko der Bevölkerung im Zentrum von Leipzig dadurch deutlich sank, war die Umweltzone eine sinnvolle und erfolgreiche Maßnahme der Stadtverwaltung Leipzig.

# Messtechnische Begleitung der Einführung der Umweltzone in der Stadt Leipzig

## Teil 4: Immissionssituation von 2010 bis 2014 und Wirkung der Umweltzone

Gunter Löschau, Alfred Wiedensohler, Wolfram Birmili, Fabian Rasch, Gerald Spindler,  
Konrad Müller, Uwe Wolf, Andrea Hausmann, Mathias Böttger, Susanne Bastian,  
Mario Anhalt, Volker Dietz, Hartmut Herrmann, Uwe Böhme

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>12</b>
2.1	Messkonzept .....	12
2.2	Lösungsansatz .....	13
2.3	Durchführung der Messungen 2014 .....	15
<b>3</b>	<b>Rahmenbedingungen</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Messergebnisse 2010 bis 2014</b> .....	<b>17</b>
4.1	Jahresmittelwerte .....	17
4.1.1	Verkehrsstärke .....	17
4.1.2	Gesetzlich vorgegebene Immissionsmessgrößen PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> .....	18
4.1.3	Wissenschaftliche Immissionsmessgrößen EC, BC, PN <sub>30-200nm</sub> und PM <sub>30-200nm</sub> .....	20
4.1.4	Konzentrationsänderungen im Jahr 2014 gegenüber 2010.....	23
4.2	Mittlerer Wochengang .....	27
4.2.1	Messstationstypen.....	27
4.2.2	Entwicklung an den einzelnen Messstationen .....	28
4.3	Immissionsanteil Motor der Fahrzeuge.....	31
4.3.1	Bestimmungsmethode.....	31
4.3.2	Ergebnisse .....	31
4.3.3	Veränderung für den hochtoxischen Feinstaubanteil und für das Gesundheitsrisiko .....	36
4.4	Gesetzliche Beurteilung der Luftqualität in Leipzig und Dresden .....	38
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>42</b>
	Literaturverzeichnis .....	45
Anlage 1:	Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in Leipzig und Dresden .....	48
Anlage 2:	Datenqualität 2014 .....	56
Anlage 3:	Statistik der Tagesmittelwerte 2014 .....	57
Anlage 4:	Einfluss der Bautätigkeit auf die PM <sub>10</sub> - und BC-Immission an der Messstation Leipzig-Mitte 2014.....	61
Anlage 5:	Mittlerer Tagesgang der Messgrößen von Montag bis Sonntag der Jahre 2010 bis 2014.....	64

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Wirkung einer Umweltzone auf die Feinstaubzusammensetzung [WICHMANN 2011].....	11
Abbildung 2:	Verschärfung der Euro-Abgasnormen für Dieselfahrzeuge und Ergebnisse realer Abgasmessungen [MÖNCH 2015].....	11
Abbildung 3:	Schema der Verursachermanalyse für eine verkehrsnahen PM <sub>10</sub> -Belastung mit Ermittlung des Immissionsanteils Motor durch die Immissionsmessung der Partikelgrößenverteilung .....	14
Abbildung 4:	Jahresmittelwerte für den durchschnittlich täglichen Gesamtverkehr (Kfz) von 2010 bis 2014 und dessen relative Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010.....	17
Abbildung 5:	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 2014 .....	18
Abbildung 6:	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 2014.....	21
Abbildung 7:	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 2014 .....	22
Abbildung 8:	Prozentualer Beitrag der Minderung der regionalen Hintergrundbelastung zur Minderung der Belastung an der städtischen Straße .....	25
Abbildung 9:	Minderung der Gesamtbelastung (GB) für die Partikelmasse von EC, BC und sehr kleinen Partikeln an den straßennahen Messstationen in Leipzig (LMI) und Dresden (DDN) 2014 gegenüber 2010 .....	26
Abbildung 10:	Mittlerer Wochengang 2010 für das Gas NO <sub>2</sub> und die Partikel PM <sub>10</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> und PN <sub>30-200nm</sub> für die drei Messstationstypen .....	27
Abbildung 11:	Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von Ruß und Partikel von 30 bis 200 nm vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2014.....	29
Abbildung 12:	Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2014 .....	30
Abbildung 13:	Entwicklung der relativen Parameter des Immissionsanteils Motor $\Delta$ NO <sub>x</sub> und der Zählergebnisse für Kfz und SV bis 2014 gegenüber dem Ausgangsjahr 2010 .....	34
Abbildung 14:	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 2014 .....	35
Abbildung 15:	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) 2014 gegenüber 2010 .....	37
Abbildung 16:	Ergebnisse der Messung für PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> und NO <sub>2</sub> für die Jahresmittelwerte von 2010 bis 2014 und dessen Relation zum jeweiligen Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit .....	41
Abbildung 17:	Mittlerer Tagesgang der Woche für die Rußkonzentration vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2014 .....	43
Abbildung 18:	Zahlenmäßige Verteilung der Einzelmaßnahmen aus den jeweiligen Bereichen entsprechend der Kategorie: überwiegend umgesetzt, teilweise umgesetzt und nicht umgesetzt, bezogen auf das Jahr 2014 [Stadt Leipzig 2015].....	52
Abbildung 19:	Änderung des DTV <sub>Mo-Fr</sub> , SV <sub>Mo-Fr</sub> und der Einwohner bezogen auf das Jahr 2011 (Start des Luftreinhalteplanes) über alle Pegelzählstellen (36 von 41), für die für diese vier Jahre Werte vorliegen.....	54
Abbildung 20:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord (DDN) für die Partikel PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> und PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	64

Abbildung 21:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Bergstraße (DDB) für die Partikel PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	65
Abbildung 22:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Lützner Straße (LLÜ) für die Partikel PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	66
Abbildung 23:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Eisenbahnstraße (LEI) für die Partikel PN <sub>30-200nm</sub> und Ruß-BC <sub>PM1</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	66
Abbildung 24:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation Dresden-Winkelmannstraße (DDW) für die Partikel PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> und PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	67
Abbildung 25:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation LeipzigWest (LWE) für die Partikel PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> und PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	68
Abbildung 26:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation LeipzigTROPOS (LTR) für die Partikel PN <sub>30-200nm</sub> und Ruß-BC <sub>PM1</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	69
Abbildung 27:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Melpitz (MEL) für die Partikel PN <sub>30-200nm</sub> , Ruß-BC <sub>PM1</sub> und PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	70
Abbildung 28:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Collmburg (COL) für die Partikel PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	71
Abbildung 29:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Schwartenberg (SWB) für die Partikel PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	72
Abbildung 30:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Radebeul-Wahnsdorf (RWD) für die Partikel PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	73
Abbildung 31:	Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messstation Brockau (BRO) für die Partikel PM <sub>10</sub> sowie für die Gase NO <sub>2</sub> und NO <sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014 .....	74

## 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:	Absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 für die Mittelwerte der Messstationstypen .....	24
Tabelle 5:	Prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 für die Mittelwerte der Messstationstypen .....	24
Tabelle 6:	Rechnerische absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2014 der einzelnen Messstationen .....	25
Tabelle 7:	Rechnerische prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 der einzelnen Messstationen .....	25
Tabelle 8:	Wesentliche absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2014 der einzelnen Messstationen .....	26
Tabelle 9:	Wesentliche prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 der einzelnen Messstationen .....	26
Tabelle 10:	Absolute und relative Änderung des Immissionsanteils Motor 2014 gegenüber 2010 an den verkehrsnahen Messstellen .....	37
Tabelle 11:	Prozentualer Anteil der Minderung des Immissionsanteils Motor zur Minderung der Immission im Jahr 2014 gegenüber 2010 .....	37
Tabelle 12:	Prozentuale Reduzierung von Feinstaub PM <sub>10</sub> durch die Reduzierung der Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge an den verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2014 gegenüber 2010, nachgewiesen durch die wissenschaftlichen Sondermessungen von Ruß und Partikelanzahlgrößenverteilung .....	37
Tabelle 13:	Senkung des Gesundheitsrisikos durch Feinstaubreduzierung PM <sub>10</sub> durch die Reduzierung der Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge an den verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2014 gegenüber 2010, nachgewiesen durch die wissenschaftlichen Sondermessungen von Ruß und Partikelanzahlgrößenverteilung und unter Nutzung der Berechnung nach WICHMANN [2011] .....	38
Tabelle 14:	Kenngößen der kritischen Luftschadstoffe an den verkehrsnahen Messstationen von 2010 bis 2014 .....	41
Tabelle 15:	Ausgewählte Maßnahmen des Luftreinhalteplans (LRP) der Stadt Leipzig und Stand deren Umsetzung im Jahr 2013 und 2014 sowie Ziele bis 2015 .....	49
Tabelle 16:	Verstöße gegen die Kennzeichnungspflicht (fließender und ruhender Verkehr) sowie Anzahl der vom Fahrverbot der Umweltzone ausgenommenen Kfz mit Stand zum 31.12.2014 .....	51
Tabelle 17:	Maßnahmenpaket des Luftreinhalteplanes für die Landeshauptstadt Dresden 2013 und 2014 .....	54
Tabelle 18:	Datenverfügbarkeit für Tagesmittelwerte 2014 .....	56
Tabelle 19:	Messunsicherheit und Vergleichbarkeit der Daten .....	56
Tabelle 20:	Statistik 2014 für PM <sub>10</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	57
Tabelle 21:	Anzahl der Tage 2014 mit PM <sub>10</sub> -Grenzwertüberschreitung .....	57
Tabelle 22:	Statistik 2014 für PM <sub>2,5</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	57
Tabelle 23:	Statistik 2014 für NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	58
Tabelle 24:	Statistik 2014 für NO <sub>x</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	58
Tabelle 25:	Statistik 2014 für die Anzahl aller Kraftfahrzeuge (Kfz) pro Tag von Montag bis Sonntag .....	58
Tabelle 26:	Statistik 2014 für die Anzahl der Schwerverkehrsfahrzeuge (SV) pro Tag von Montag bis Sonntag .....	59
Tabelle 27:	Statistik 2014 für EC <sub>PM10</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	59
Tabelle 28:	Statistik 2014 für BC <sub>PM1</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	59
Tabelle 29:	Statistik 2014 für PN <sub>30-200nm</sub> in 1/cm <sup>3</sup> .....	60
Tabelle 30:	Statistik 2014 für PM <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup> .....	60

Tabelle 31:	Tage mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert PM10 an der Station Leipzig-Mitte im Jahr 2014.....	62
Tabelle 32:	Wert für den Einfluss der Bautätigkeit auf das Jahresmittel der Rußmassenkonzentration an der Station Leipzig-Mitte in den Jahren 2013 und 2014.....	62
Tabelle 33:	Tage mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert PM10 an der Station Leipzig-Lützner Straße im Jahr 2014 .....	63

## 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
COL	Messstation Collmburg (Luftgütemessnetz)
DDB	Messstation Dresden Bergstraße (Luftgütemessnetz)
DDN	Messstation Dresden-Nord (Luftgütemessnetz)
DDW	Messstation Dresden Winckelmannstraße (Luftgütemessnetz)
EC	Ruß gemessen als elementarer Kohlenstoff EC (Elemental Carbon)
EEV	Enhanced Environmentally Friendly Vehicle ist der gegenwärtig anspruchsvollste europäische Abgasstandard für Busse und Lkw
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
FDMS	Filter Dynamics Measurement System ist ein Messsystem zur Bestimmung von flüchtigen und nichtflüchtigen Bestandteilen in der Außenluft.
Kfz	Kraftfahrzeug
LEI	Messstation Leipzig Eisenbahnstraße (TROPOS)
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LLÜ	Messstation Leipzig Lützner Straße (Luftgütemessnetz)
LMI	Messstation Leipzig-Mitte (Luftgütemessnetz)
LTR	Messstation Leipzig TROPOS-Dach (TROPOS)
LWE	Messstation Leipzig-West (Luftgütemessnetz)
MEL	Messstation Melpitz (TROPOS)
nm	Nanometer
NN	Normalnull als Synonym für Höhe über dem Meeresspiegel
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide
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
RWD	Messstation Radebeul-Wahnsdorf (Luftgütemessnetz)
SKL	Schadstoffklasse für Nutzfahrzeuge
SMPS	Scanning Mobility Particle Sizer
SV	Schwerverkehr
SWB	Messstation Schwartenberg (Luftgütemessnetz)
TDMPS	Twin Differential Mobility Particle Sizer

TROPOS	Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. in Leipzig
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
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 jahrelangen 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 verschiedenen 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 in einem Gebiet mit  $PM_{10}$ -Grenzwertüberschreitungen wirken. Es sollen über Stufen nur noch emissionsärmere Fahrzeuge einfahren dürfen. Dabei sollen vor allem ältere, dieseltreibende PKW, Kleintransporter, Busse und LKW mit hohen Motorpartikelemissionen 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 schädlichen 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 Benzin-Motoren 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 [KÜNZL 2015].

Neueste Studien zeigen, dass verkehrsnaher Außenluft das Risiko für Diabetes erhöht [WEINMAYR 2015], die Anzahl ultrafeiner Partikel mit dem Blutdruck von Schulkindern auf dem Pausenhof zusammenhängt [PIETERS 2015] und Ruß, egal nach welcher Methode in der Außenluft gemessen, mit Notfallkonsultationen und Krankenhausaufenthalten wegen Herz-Kreislauf-Krankheiten zusammenhängt [WINQUIST 2015].

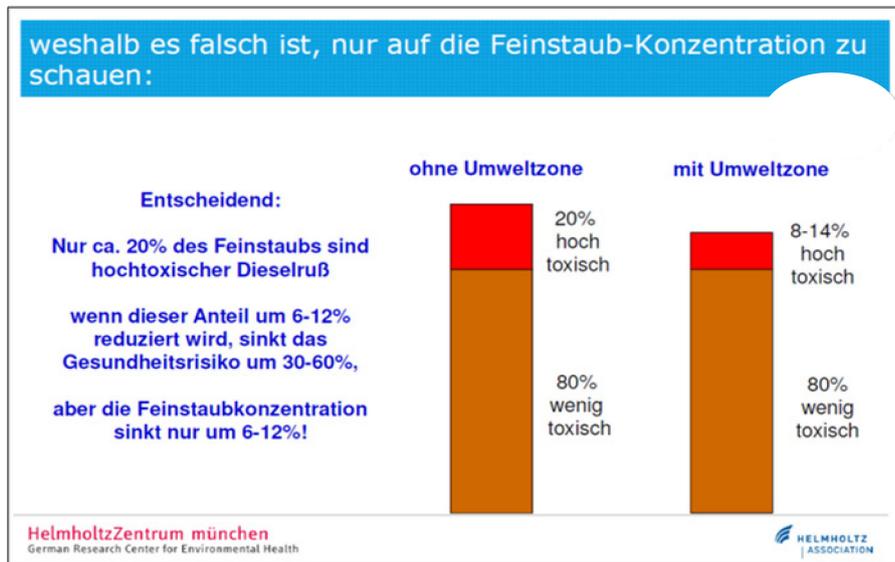
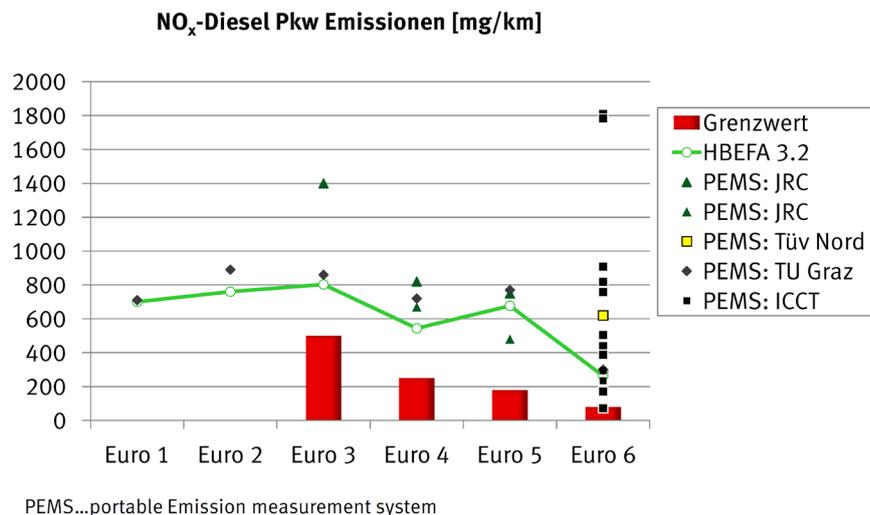


Abbildung 1: Wirkung einer Umweltzone auf die Feinstaubzusammensetzung [WICHMANN 2011]

### Entwicklung NO<sub>x</sub>-Emissionen



4.11.2015 Vortrag 13. FAD Konferenz 20

Abbildung 2: Verschärfung der Euro-Abgasnormen für Dieselfahrzeuge und Ergebnisse realer Abgasmessungen [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 folgten (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 rund 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 Sachsen war, dann kommt es bei einer gleichgebliebenen PKW-Anzahl zu höheren  $\text{NO}_2$ -Immissionen auf der Straße.

### 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 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 Einführung der Umweltzone in Leipzig und beschreibt damit die Ausgangslage zur Beurteilung der Immissionssituation [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 nun hier vorliegenden Teil 4 wurden die Messergebnisse im Jahr 2014 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  $\text{PM}_{10}$  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 Messgröße Feinstaub  $\text{PM}_{10}$  ist dazu nicht geeignet, weil sie zu unempfindlich für den Belastungsanteil durch Motorpartikelemissionen ist, der ermittelte

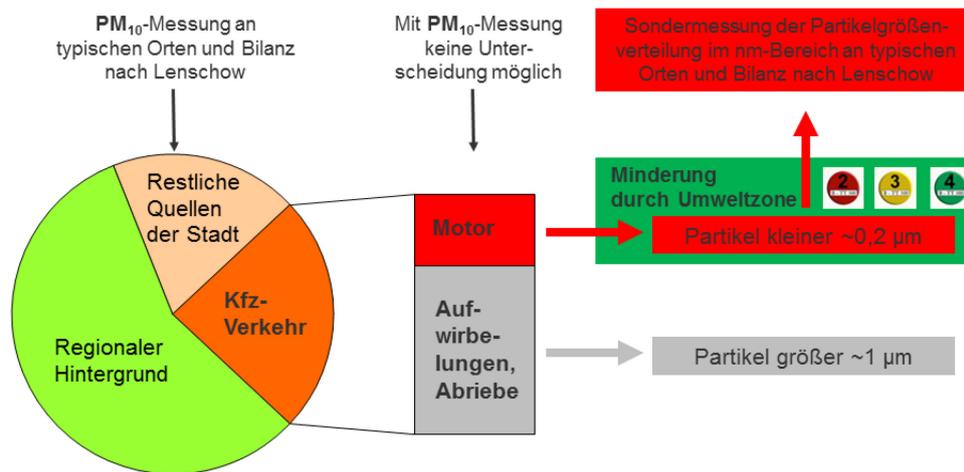
PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert zu stark durch Schwankungen der meteorologischen Rahmenbedingungen beeinflusst werden kann und deshalb eine kurzfristige Einschätzung unmöglich macht [LfULG 2012]. Zur Bestimmung der Dieselabgase in der Außenluft gibt es keine allgemein anerkannte, in der EU standardisierte Messmethode. Aufgrund des Fehlens dieser wichtigen Grundlage wurde versucht, sich dem Ziel über drei unabhängige Partikel-Messmethoden zu nähern. Diese Partikelmessparameter 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<sub>30-200nm</sub>) und daraus berechneter Partikelmasse (PM<sub>30-200nm</sub>)

Sie werden nachfolgend als ergänzende wissenschaftliche Messverfahren bezeichnet, um sie von den gesetzlich geregelten Immissionsmessverfahren (hier PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> und NO<sub>2</sub>) 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 sowie Maßnahmen zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle entwickelt wurden. Die dabei gewonnenen Erfahrungen bilden eine solide Grundlage, um sie erfolgsversprechend auf die Untersuchungen bei der messtechnischen Begleitung der Umweltzone anzuwenden [BIRMI LI 1998], [LÖSCHAU 2006], [LÖSCHAU 2009], [LÖSCHAU 2010], [WIEDENSOHLER 2012], [SCHLADITZ 2012], [BASTIAN 2012], [SCHLADITZ 2013], [SPINDLER 2013].

## 2.2 Lösungsansatz

Das Messverfahren PM<sub>10</sub> 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 Bodestaub und mechanische Abriebe sind im Wesentlichen größer 1 µm 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 3). Deshalb wird mit den wissenschaftlichen Messverfahren der Versuch unternommen, die motorbedingten Partikelemissionen als Immissionsanteil Motor über die Partikelgröße mit den Parametern PN<sub>30-200nm</sub> und PM<sub>30-200nm</sub>, 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 bestimmen.



**Abbildung 3: Schema der Verursacheranalyse für eine verkehrsnah PM<sub>10</sub>-Belastung mit Ermittlung des Immissionsanteils Motor durch die Immissionsmessung der Partikelgrößenverteilung**

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<sub>10</sub> über die Sondermessungen mit Abschätzung der Senkung des Gesundheitsrisikos

Im **ersten Schritt** werden die Immissionen für die gesetzlich vorgegebenen Messgrößen PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> sowie für die wissenschaftlichen Messgrößen EC, BC, PN<sub>30-200nm</sub> und PM<sub>30-200nm</sub> 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 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 Rahmenbedingungen 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“ 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 vom Abrieb von Reifen, Fahrbahnbelag und Bremsen sowie Aufwirbelung von Bodestaub. Diese Partikelemissionen werden von jedem Kraftfahrzeug durch die Bewegung verursacht, unabhängig ob es 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 3).

In einem **vierten Schritt** wird der Bezug der Ergebnisse der wissenschaftlichen Sondermessungen zur gesetzlichen Überwachungsgröße Feinstaub PM<sub>10</sub> 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<sub>10</sub> sehr präzise darzustellen. Die Veränderung der Partikelmasse aus den wissenschaftlichen Sondermessungen (Schritt 3) wird als Änderung des hochtoxischen Feinstaubanteils PM<sub>10</sub> ausgewiesen und über einen Literaturansatz wird der Einfluss auf das Gesundheitsrisiko abgeleitet (Abbildung 1).

## 2.3 Durchführung der Messungen 2014

Nach dem gemeinsamen Messprogramm von LfULG und TROPOS wurden die Messungen an den 13 Messstationen auch im Jahr 2014 fortgesetzt (Tabelle 1).

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

Neben der Messtechnik für die gesetzliche Immissionsüberwachung von PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> wurden sieben Partikelgrößen-Mobilitätspektrometer und sieben Ruß-BC-Automaten eingesetzt, die gleichzeitig Bestandteil des German Ultrafine Aerosol Network (GUAN) sind [BIRMILI 2015]. An 11 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. Weitere Details sind in LÖSCHAU [2012] und [2014] veröffentlicht.

**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
	Collnberg	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). Probenahme über PM <sub>10</sub> -HVS Digital 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. PM <sub>30-200nm</sub> ist die aus PN <sub>30-200nm</sub> berechnete Partikelmasse. 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.

### 3 Rahmenbedingungen

Einen Einblick in Maßnahmen der Luftreinhaltepläne in Leipzig und Dresden vermittelt Anlage 1.

Das Jahr 2010 charakterisiert die Ausgangssituation vor der Einführung der Umweltzone in Leipzig. Am 01.03.2011 wurde in Leipzig die Umweltzone sofort mit Stufe „Grüne Plakette“ von der Stadt Leipzig 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 [LÖSCHAU 2014]. 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 in Leipzig und Dresden weitere Maßnahmen der Luftreinhaltepläne zur Minderung der Luftbelastung umgesetzt (Anlage 1).

# 4 Messergebnisse 2010 bis 2014

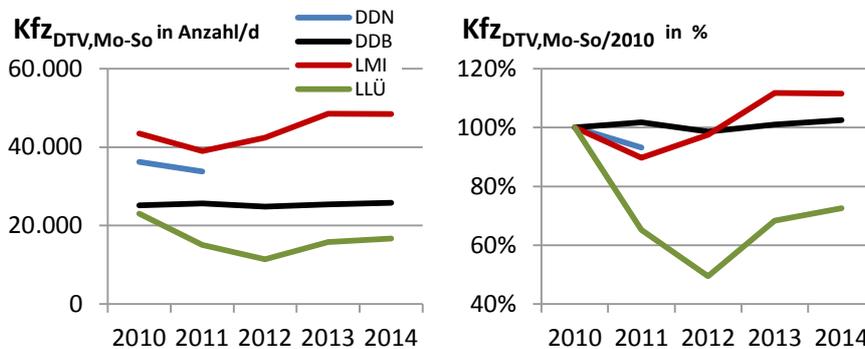
## 4.1 Jahresmittelwerte

### 4.1.1 Verkehrsstärke

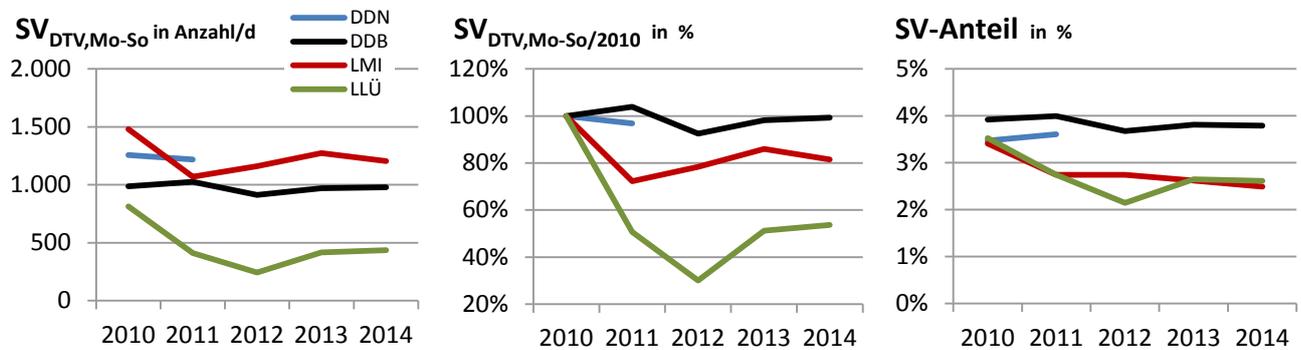
Die Ergebnisse von Kfz-Zählstellen der Städte wurden verkehrsnahen Luftgütemessstationen zugeordnet [LfULG 2013]. Die Verkehrsstärke wird z. B. als durchschnittlich täglicher Verkehr (DTV) angegeben. Die Anzahl der Fahrzeuge pro Tag wird dabei aufsummiert und aus den Tageswerten wird ein Mittelwert für 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 2013 eine klare Rangfolge vorhanden. An der Messstation Leipzig-Mitte LMI 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 (Abbildung 4, links). Die Entwicklung von 2010 bis 2014 verlief an den Messstationen uneinheitlich. Während der Kfz-Verkehr in Dresden an DDB konstant blieb, wurden in Leipzig an LMI und LLÜ größere Veränderungen ermittelt. An LMI sank zunächst der Gesamtverkehr um 10 % mit Einführung der Umweltzone 2011. Danach stieg er 2012 wieder auf das Niveau von 2010 an. In den Jahren 2013 und 2014 war der Gesamtverkehr um 12 % höher als vor Einführung der Umweltzone 2010. 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 2014 immer noch um 27 % kleiner als 2010 (Abbildung 4, rechts). 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.



**Abbildung 4: Jahresmittelwerte für den durchschnittlich täglichen Gesamtverkehr (Kfz) von 2010 bis 2014 und dessen relative Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010**



**Abbildung 5: 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 2014**

Für den **Schwerverkehr (SV)** gilt die gleiche Rangfolge wie für den Gesamtverkehr. 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 führen die wenigsten mit 200 bis 800 SV-Fahrzeuge pro Tag (Abbildung 5). Der Schwerverkehr folgte grob der Entwicklung des Gesamtverkehrs (Abbildung 4). An DDB blieb der SV ebenfalls nahezu konstant.

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 [LfULG 2013]. Die Umweltzone trug damit wesentlich zur Reduzierung des SV bei. Danach stieg der SV kontinuierlich wieder an. Möglicherweise trug der Start der Fernlinienbusse ab Hauptbahnhof Leipzig zum Anstieg 2012 und 2013 bei. Er blieb 2013 jedoch noch 14 % und 2014 sogar 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 und 2014 stieg der SV wieder etwas an und lag bei etwa 50 % des Niveaus von 2010. Straßenbaumaßnahmen mit teilweiser Sperrung der Straße waren dort die wesentlichste Ursache für die Veränderungen.

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 von 2010 nach 2014 an LMI von 3,4 % auf 2,5 % und an LLÜ von 3,5 % auf 2,6 % (Abbildung 5, unten 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. Auch laufen gegenwärtig noch Überprüfungen der in die Datenbank eingespielten Daten und deren Umgruppierungen. Die hier gezeigten Daten sind deshalb vorläufige Daten. Erst die endgültig validierten Daten, die voraussichtlich 2016 vorliegen werden, sollen dann in vertiefende Auswertung einbezogen werden.

#### 4.1.2 Gesetzlich vorgegebene Immissionsmessgrößen $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $NO_2$ und $NO_x$

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 2) 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  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $NO_2$  und  $NO_x$  wird jeweils auf der linken Seite in Abbildung 6 gezeigt.

Die höchsten Konzentrationen waren stets über alle Jahre am Typ „Städtische Straße“ vorhanden. Der Städtische Hintergrund lag deutlich darunter. Am kleinsten waren die Konzentrationen im Regionalen Hintergrund. Für  $PM_{2,5}$  waren die Unterschiede zwischen Städtischem und Regionalem Hintergrund sehr gering.

Der Verlauf der Jahresmittelwerte von 2010 bis 2014 zeigt meist einen leichten Abfall der Konzentrationen. Dabei verlief der Abfall für die einzelnen Luftschadstoffe unterschiedlich. Er war z. B. für  $NO_2$  recht kontinuierlich, aber für  $PM_{10}$  mit Schwankungen versehen. So wurde für  $PM_{10}$  2011 eine leichte Erhöhung, 2012 eine deutliche Reduzierung, 2013 und 2014 wieder eine Erhöhung gegenüber jeweils dem Vorjahr festgestellt. Weil für  $PM_{10}$  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  $PM_{10}$ -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 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 in 2012 und 2013 verursacht wurde oder ob dies der Beginn einer nachhaltigen Schadstoffkonzentrationsminderung war, kann heute noch nicht beurteilt werden. Diese Bewertung wird in etwa zwei bis vier Jahren (~2017 bis 2019) erwartet.

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

Die Jahresmittelwerte 2010 bis 2014 der verkehrsnahen Messstellen werden in Abbildung 6 in der Mitte als absolute Werte und rechts als prozentuale Änderung gegenüber dem Bezugsjahr 2010 gezeigt.

**Feinstaub  $PM_{10}$**  reduzierte sich von 2010 bis 2014 an den Messstellen in Dresden (DDN, DDB) und Leipzig (LMI, LLÜ) um 2 bis 4  $\mu g/m^3$ . Die größte Minderung wurde an LMI und die kleinste Minderung an DDB ermittelt. Die Reduzierungen lagen in der Größenordnung von 10 %. An DDN, DDB und LLÜ gab es nahezu einen ähnlichen Verlauf der prozentualen Veränderungen gegenüber dem Bezugsjahr 2010. Dabei wurde an LLÜ die deutliche Reduzierung des Kfz-Verkehrs (vergl. 4.1.1) 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. Anlage 5).

Für **Stickstoffdioxid  $NO_2$**  wurden meist fallende Jahresmittelwerte an allen verkehrsnahen Messstationen ermittelt. An LLÜ wurde 2012 mit den sinkenden Kfz-Zahlen auch eine deutlich verminderte  $NO_2$ -Konzentration nachgewiesen. An LMI und DDB wurde bis 2013 ein nahezu ähnlicher Verlauf der höchsten Jah-

resmittelwerte 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  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert 2014 erhöhte sich an DDB und sank an LMI. An DDN verringerte sich die  $\text{NO}_2$ -Konzentration kontinuierlich um 18 % gegenüber 2010.

Für die **Stickoxide  $\text{NO}_x$**  wurden an DDB die mit Abstand höchsten Jahresmittelwerte auf nahezu konstantem Niveau von 2010 bis 2014 festgestellt. Dies ist plausibel mit den konstant hoch gebliebenen Kfz-Zahlen an DDB. Hingegen wurde an LLÜ die deutliche  $\text{NO}_x$ -Abnahme durch die deutliche Abnahme der Kfz-Zahlen verursacht. Die  $\text{NO}_x$ -Werte folgten sehr stark den Kfz-Zählwerten.

#### 4.1.3 Wissenschaftliche Immissionsmessgrößen EC, BC, $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ und $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$

Die Entwicklung der Konzentrationen von 2010 bis 2014 wird in Abbildung 7 auf der linken Seite für die Messstationstypen sowie in der Mitte und rechts für die einzelnen Verkehrsmessstationen gezeigt.

##### Entwicklung an den Messstationstypen

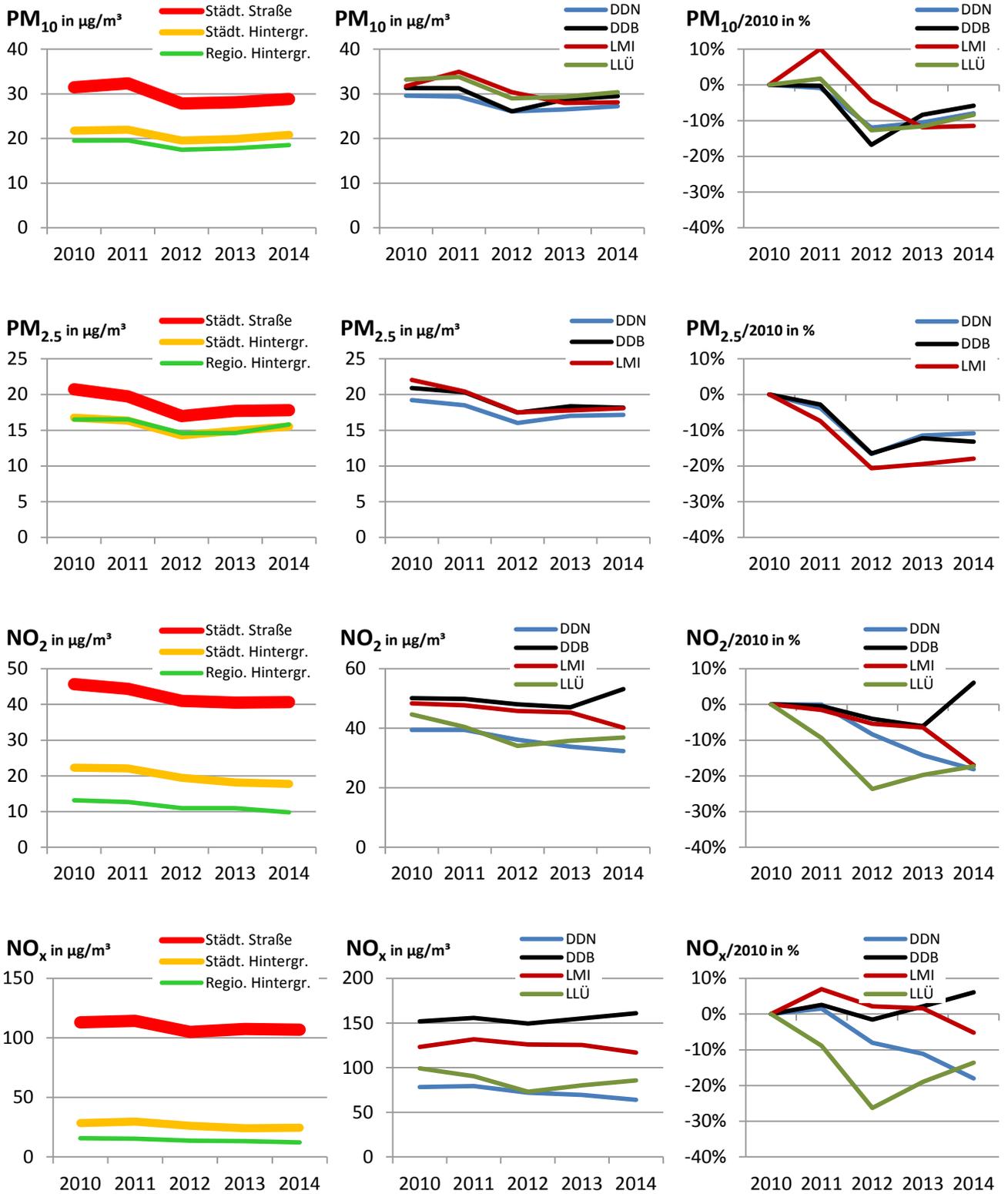
Am Messstationstyp „**Städtische Straße**“ wurde für alle wissenschaftlichen Sondermessgrößen eine stetige Reduzierung der Jahresmittelwerte von 2010 bis 2014 festgestellt. Der Rückgang war 2011 am größten und wurde in den Folgejahren meist kleiner. Ein zeitweiser Anstieg im Verlauf, wie er für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{NO}_x$  im Jahr 2011 (Abbildung 6) beobachtet wurde, war für EC, BC,  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$  an keiner verkehrsnahen Messstation vorhanden. Das Maß der Reduzierung der wissenschaftlichen Immissionsmessgrößen war an den verkehrsnahen Messstellen stärker als das der gesetzlichen Immissionsmessgrößen.

Auch für die Messorte im **städtischen und regionalen Hintergrund** wurde für die Sondermessgrößen ein Sinken der Konzentrationen registriert. Für Ruß (EC und BC) wurde von 2013 nach 2014 ein leichter Anstieg ermittelt, während für die Partikel ( $\text{N}_{30-200\text{nm}}$ ,  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$ ) eine weiterhin kontinuierliche Reduzierung festgestellt wurde.

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

An allen fünf verkehrsnahen Messstationen wurde für Ruß als **EC** und **BC** eine deutliche absolute und relative Reduzierung der Jahresmittelwerte dokumentiert. Sie lag in der Größenordnung 20 bis 30 %. Die mit Abstand höchsten EC-Jahresmittelwerte wurden nach wie vor an DDB registriert. Die höchsten BC-Werte wurden nach wie vor an LMI festgestellt (Abbildung 7). An LMI lagen 2010 die höchsten Werte für  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  mit knapp 9.000 Partikeln pro  $\text{cm}^3$  und  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$  mit  $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vor. Im Laufe der Jahre sank die absolute Konzentration an LMI schneller als an anderen Messstationen. 2013 und 2014 erreichten  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$  etwa das gleiche Niveau wie an DDN und LEI. Die größten absoluten Abnahmen für BC,  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$  wurden damit an LMI registriert. Die Konzentrationen dieser drei Sondermessgrößen reduzierten sich übereinstimmend auf rund 2/3 des Ausgangsniveaus von 2010. An LMI wurden damit Reduzierungen der Gesamtbelastung für BC,  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$  um mehr als 30 % und für EC um rund 22 % nachgewiesen. Die noch höhere Abnahme für EC an LLÜ wurde durch die extreme Abnahme des Kfz-Verkehrs verursacht.

An den Dresdner Messstationen DDN und DDB wurde ebenfalls eine Abnahme der Rußkonzentration als EC und BC nachgewiesen. Die absolute und relative Größe der Reduzierung fiel i. d. R. in Dresden geringer als in Leipzig aus.



**Abbildung 6: 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 2014**

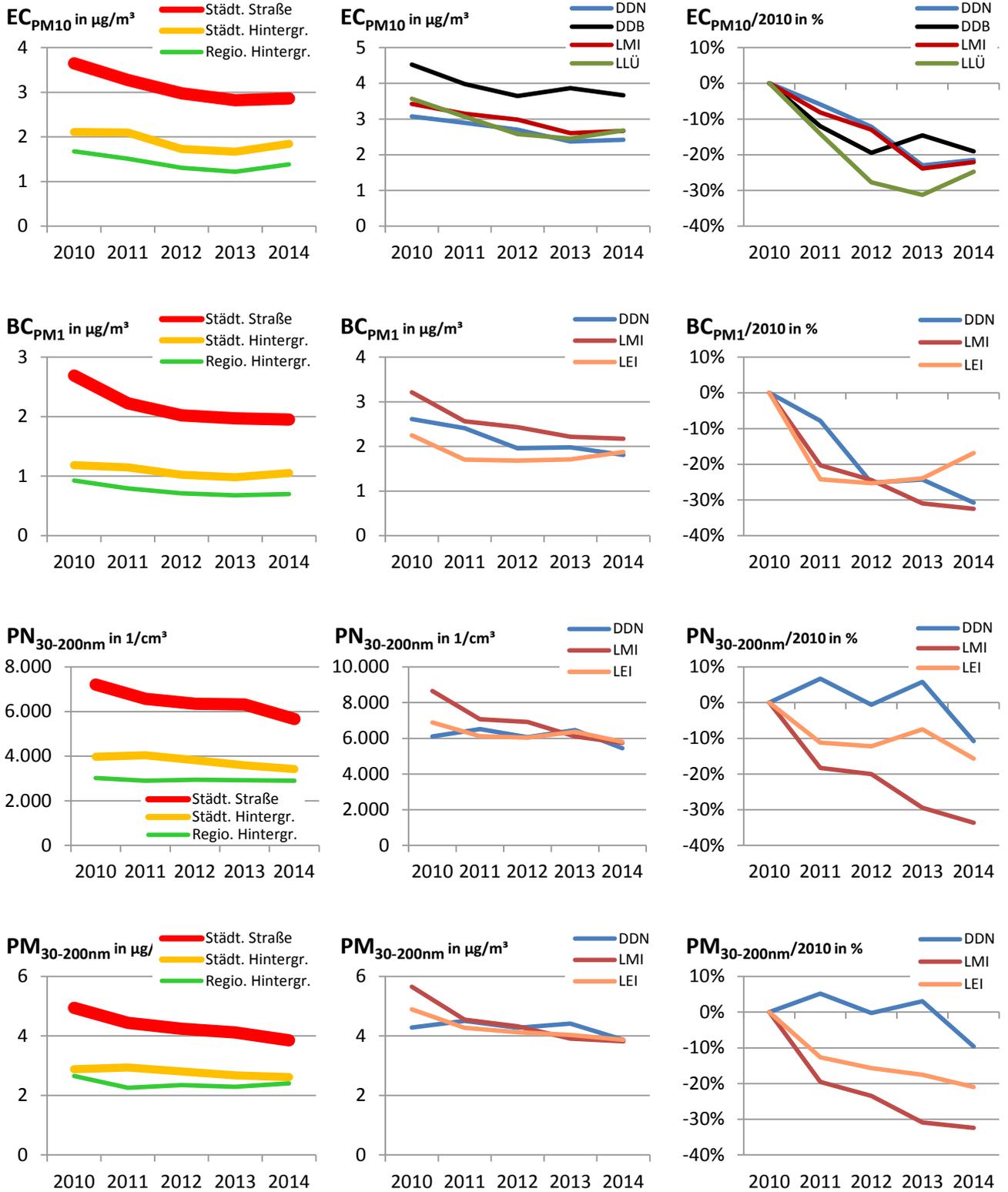


Abbildung 7: Entwicklung der Konzentrationen an den Stationstypen (links), an den straßennahen Messstellen (Mitte) und deren prozentuale Änderung gegenüber 2010 (rechts) für die wissenschaftlichen Immissionsmessgrößen EC, BC, PN<sub>30-200nm</sub> und PM<sub>30-200nm</sub> von 2010 bis 2014

#### 4.1.4 Konzentrationsänderungen im Jahr 2014 gegenüber 2010

Nach dem Überblick über die Entwicklung der Jahresmittelwerte sollen nun die Änderungen ausgehend vom Basisjahr 2010 nach dem Jahr 2014 dargestellt und analysiert werden.

##### Änderungen an den Messstationstypen

Zunächst werden die Änderungen an den **Messstationstypen** betrachtet. Die größten Reduzierungen für alle Messgrößen wurden an den städtischen verkehrsnahen Messstationen festgestellt. Mittlere Reduzierungen wurden an Messstationen im städtischen Hintergrund und die meist kleinsten Reduzierungen im regionalen Hintergrund nachgewiesen (Tabelle 4).

Die mittlere **straßennahe Luftqualität** änderte sich 2014 gegenüber 2010

- um  $-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ,
- um  $-5$  bis  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}_x$ ,
- um  $-0,7$  bis  $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für BC, EC und  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$  sowie
- um  $-1.500$  Partikel pro  $\text{cm}^3$  für  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ .

Die Gesamtbelastung an der Straße reduzierte sich im Mittel um 8 % für  $\text{PM}_{10}$ , um 14 % für  $\text{PM}_{2,5}$ , um 11 % für  $\text{NO}_2$ , um 5 % für  $\text{NO}_x$ , um 22 % für EC, um 28 % für BC, um 21 % für  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und um 22 % für  $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$ .

Die geringere Luftbelastung an der Straße wurde zum Teil durch eine geringere regionale Hintergrundbelastung mit verursacht. Die gesunkene Hintergrundbelastung hatte je nach Messgröße einen Anteil von 8 bis 58 % an der Reduzierung der verkehrsnahen Belastung (Abbildung 8). Der Beitrag der Minderung der regionalen Hintergrundbelastung war für  $\text{NO}_x$  am größten und für  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  am kleinsten.

Die Änderungen der Jahresmittelwerte werden auch von den jährlich schwankenden meteorologischen Bedingungen 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 den Wetterbedingungen verbunden.

Das Jahr 2014 fiel gegenüber der Klimareferenzperiode 1961–1990 extrem zu warm (+2,1 K) und zu trocken (-10 %) aus. Der Winter (2013/2014) war mit +3,2 K extrem zu warm, mit -55 % extrem zu trocken und mit +41 % viel zu sonnenreich. Das Frühjahr war extrem zu warm (+2,3 K), wobei nur das gehäufte Auftreten von Starkregenereignissen im Mai einer weitergehenden Trockenheit entgegenwirkte. Der Sommer war bei dieser vorgenommenen Einordnung unauffällig, obwohl der Juli als extrem zu warm auf der Grundlage der 134-jährigen Datenverfügbarkeit eingestuft wurde. Der Herbst fiel mit +2,2 K ebenfalls extrem zu warm aus, wobei insbesondere der November viel zu warm und sehr trocken war [LfULG 2015].

Damit war 2014 eher ein meteorologisch günstiges Jahr für die Luftschadstoffe. Die ausgewiesenen Reduzierungen der Luftschadstoffe sind daher auch zu einem gewissen Anteil auf die günstige Meteorologie in 2014 zurückzuführen. Insbesondere die festgestellte  $\text{NO}_x$ -Reduzierung an der Straße ging vermutlich zu einem großen Teil auf die geringeren  $\text{NO}_x$ -Emissionen der Heizungsanlagen infolge der milden Witterung zurück.

##### Änderungen an den einzelnen Messstationen

Die absolute und relative Änderung der Jahresmittelwerte an den einzelnen Messstellen ist in Tabelle 6 und Tabelle 7 aufgelistet. Die maximale Reduzierung pro Messgröße ist braun unterlegt. Maximale Reduzierungen der absoluten Werte wurden zum größten Teil in Leipzig registriert. In Dresden gab es ebenfalls Reduzierungen, die jedoch meist nicht so groß wie in Leipzig waren.

Bei der Interpretation dieser Daten ist jedoch zu beachten, dass kleine Konzentrationsänderungen sehr unsicher durch die jährlich schwankenden meteorologischen Rahmenbedingungen und die vorhandene Messunsicherheit sind. Deshalb wurden Ergebnisse mit Änderungen kleiner 15 % entfernt, um den Blick auf wesentliche Änderungen zu schärfen. Auch an der so neu entstandenen Tabelle 8 und Tabelle 9 ist nun zu erkennen, dass es für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> nahezu keine wesentliche Reduzierung gab, aber für NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> insbesondere an den Hintergrundmessstationen Minderungen festgestellt wurden. Auch für die wissenschaftlichen Messgrößen BC, EC und PM<sub>30-200nm</sub> sowie PN<sub>30-200nm</sub> wurden wesentliche Änderungen im Hintergrund nachgewiesen. Dies deutet darauf hin, dass in meteorologisch ungünstigeren Jahren die Gesamtbelastungen auch für diese Sondermessgrößen an der Straße und im Hintergrund wieder steigen können.

An den verkehrsnahen Messstationen in der Umweltzone in Leipzig wurden meist die größten absoluten und relativen Reduzierungen für Ruß EC, Ruß BC, Partikelanzahl PN<sub>30-200nm</sub> und Partikelmasse PM<sub>30-200nm</sub> in 2014 gegenüber 2010 nachgewiesen (Tabelle 8 und Tabelle 9).

Von der Messgrößenpalette her sind die Messstationen Dresden DDN und Leipzig LMI vergleichbar. Die Partikelmassen für Ruß und Partikelgrößen von 30 bis 200 nm werden für beide Messstationen in Abbildung 9 gegenübergestellt. Minderungen waren sowohl in Leipzig als auch Dresden vorhanden. In Leipzig war die Reduzierung von Ruß EC und BC um ein bis zweieinhalb Zehntel µg/m<sup>3</sup> leicht größer als in Dresden. Warum die Reduzierung von PN<sub>30-200nm</sub> in Dresden deutlich kleiner war als in Leipzig, konnte noch nicht plausibel erklärt werden.

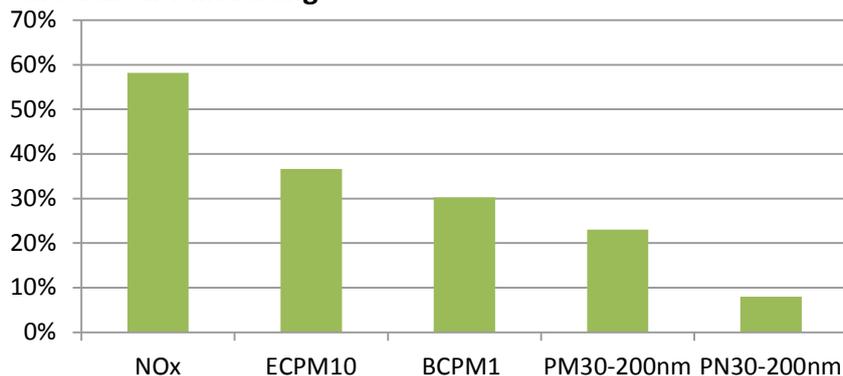
**Tabelle 4: Absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 für die Mittelwerte der Messstationstypen**

Messstationstyp	Δ Städtische Straße (ΔSST)	Δ Städtischer Hintergrund (ΔSHG)	Δ Regionaler Hintergrund (ΔRHG)
PM <sub>10</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-2,7	-0,9	-1,0
PM <sub>2,5</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-2,9	-1,2	-0,7
NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-5,0	-4,6	-3,3
NO <sub>x</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-6,2	-3,9	-3,6
EC <sub>PM10</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,79	-0,27	-0,29
BC <sub>PM1</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,74	-0,13	-0,22
PN <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-1549	-540	-123
PM <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-1,09	-0,26	-0,25

**Tabelle 5: Prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 für die Mittelwerte der Messstationstypen**

Messstationstyp	Δ Städtische Straße (ΔSST)	Δ Städtischer Hintergrund (ΔSHG)	Δ Regionaler Hintergrund (ΔRHG)
PM <sub>10</sub>	-8%	-4%	-5%
PM <sub>2,5</sub>	-14%	-7%	-4%
NO <sub>2</sub>	-11%	-20%	-25%
NO <sub>x</sub>	-5%	-14%	-23%
EC <sub>PM10</sub>	-22%	-13%	-17%
BC <sub>PM1</sub>	-28%	-11%	-24%
PN <sub>30-200nm</sub>	-21%	-14%	-4%
PM <sub>30-200nm</sub>	-22%	-9%	-9%

### Anteil regionaler Hintergrund-Minderung an Straßen-Minderung



**Abbildung 8: Prozentualer Beitrag der Minderung der regionalen Hintergrundbelastung zur Minderung der Belastung an der städtischen Straße**

**Tabelle 6: Rechnerische absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 der einzelnen Messstationen**

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD
PM <sub>10</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-2,4	-1,8	-3,6	-2,8		-1,1	-0,7		-0,4	-0,9	-0,9	-0,6
PM <sub>2,5</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-2,1	-2,8	-4,0			-1,3	-1,2		-0,4	-0,9		
NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-7,2	3,0	-8,2	-7,7		-4,3	-4,8		-2,1	-3,8	-4,0	-3,3
NO <sub>x</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-14,1	9,2	-6,4	-13,5		-3,5	-4,4		-3,5	-3,6	-4,1	-3,2
EC <sub>PM10</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,66	-0,86	-0,76	-0,88		-0,31	-0,23		-0,23	-0,22		-0,42
BC <sub>PM1</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,80		-1,04		-0,38		-0,08	-0,22	-0,22			
PN <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-659		-2.910		-1.079		-763	-1.154	-123			
PM <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,41		-1,83		-1,02		-0,44	-0,70	-0,25			

**Tabelle 7: Rechnerische prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 der einzelnen Messstationen**

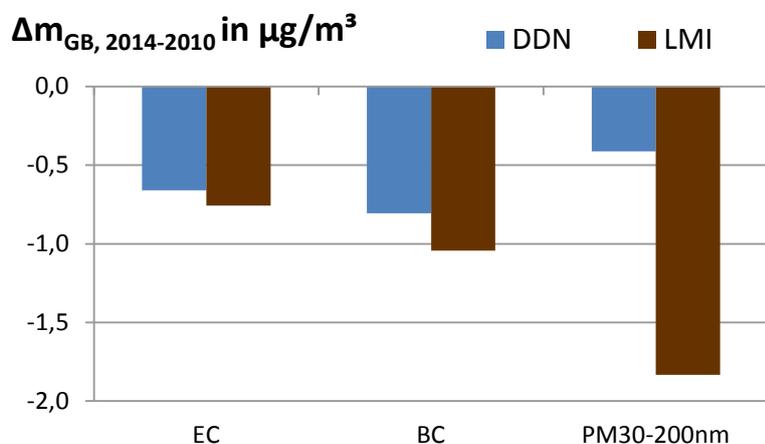
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD
PM <sub>10</sub>	-8%	-6%	-11%	-8%		-5%	-3%		-2%	-5%	-6%	-3%
PM <sub>2,5</sub>	-11%	-13%	-18%			-7%	-7%		-2%	-7%		
NO <sub>2</sub>	-18%	6%	-17%	-17%		-19%	-22%		-18%	-30%	-34%	-20%
NO <sub>x</sub>	-18%	6%	-5%	-14%		-12%	-16%		-25%	-25%	-29%	-16%
EC <sub>PM10</sub>	-21%	-19%	-22%	-25%		-13%	-12%		-14%	-14%		-23%
BC <sub>PM1</sub>	-31%		-32%		-17%		-7%	-19%	-24%			
PN <sub>30-200nm</sub>	-11%		-34%		-16%		-21%	-27%	-4%			
PM <sub>30-200nm</sub>	-10%		-32%		-21%		-16%	-23%	-9%			

**Tabelle 8: Wesentliche absolute Differenz der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2014 der einzelnen Messstationen**

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD
PM <sub>10</sub> in µg/m <sup>3</sup>												
PM <sub>2,5</sub> in µg/m <sup>3</sup>			-4,0									
NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-7,2		-8,2	-7,7		-4,3	-4,8		-2,1	-3,8	-4,0	-3,3
NO <sub>x</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-14,1						-4,4		-3,5	-3,6	-4,1	-3,2
EC <sub>PM10</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,66	-0,86	-0,76	-0,88								-0,42
BC <sub>PM1</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,80		-1,04		-0,38			-0,22	-0,22			
PN <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>			-2.910		-1.079		-763	-1.154				
PM <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>			-1,83		-1,02		-0,44	-0,70				

**Tabelle 9: Wesentliche prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2014 gegenüber dem Bezugsjahr 2010 der einzelnen Messstationen**

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD
PM <sub>10</sub>												
PM <sub>2,5</sub>			-18%									
NO <sub>2</sub>	-18%		-17%	-17%		-19%	-22%		-18%	-30%	-34%	-20%
NO <sub>x</sub>	-18%						-16%		-25%	-25%	-29%	-16%
EC <sub>PM10</sub>	-21%	-19%	-22%	-25%								-23%
BC <sub>PM1</sub>	-31%		-32%		-17%			-19%	-24%			
PN <sub>30-200nm</sub>			-34%		-16%		-21%	-27%				
PM <sub>30-200nm</sub>			-32%		-21%		-16%	-23%				



**Abbildung 9: Minderung der Gesamtbelastung (GB) für die Partikelmasse von EC, BC und sehr kleinen Partikeln an den straßennahen Messstationen in Leipzig (LMI) und Dresden (DDN) 2014 gegenüber 2010**

## 4.2 Mittlerer Wochengang

### 4.2.1 Messstationstypen

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.

In Abbildung 10 wird dieser mittlere Wochengang für die Überwachungsgrößen  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  und die Sondermessgrößen  $\text{BC}_{\text{PM}1}$  und  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  für die drei Messstationstypen gezeigt. Es ist zu erkennen, dass im regionalen Hintergrund die geringsten Konzentrationen registriert wurden. Im städtischen Hintergrund (Hinterhof, Parks) waren die Konzentrationen höher. Die höchsten Konzentrationen wurden am Rand von vielbefahrenen Straßen gemessen. In den frühen Morgenstunden treten dabei die geringsten Konzentrationen auf, weil sehr wenige Fahrzeuge fahren. Die morgendliche Hauptverkehrszeit mit extrem vielen Fahrzeugen verursacht einen steilen Anstieg der Konzentrationen. Mittags wird meist ein lokales Minimum auf hohem Niveau registriert. Abends sinken die Konzentrationen mit dem nachlassenden Verkehr.

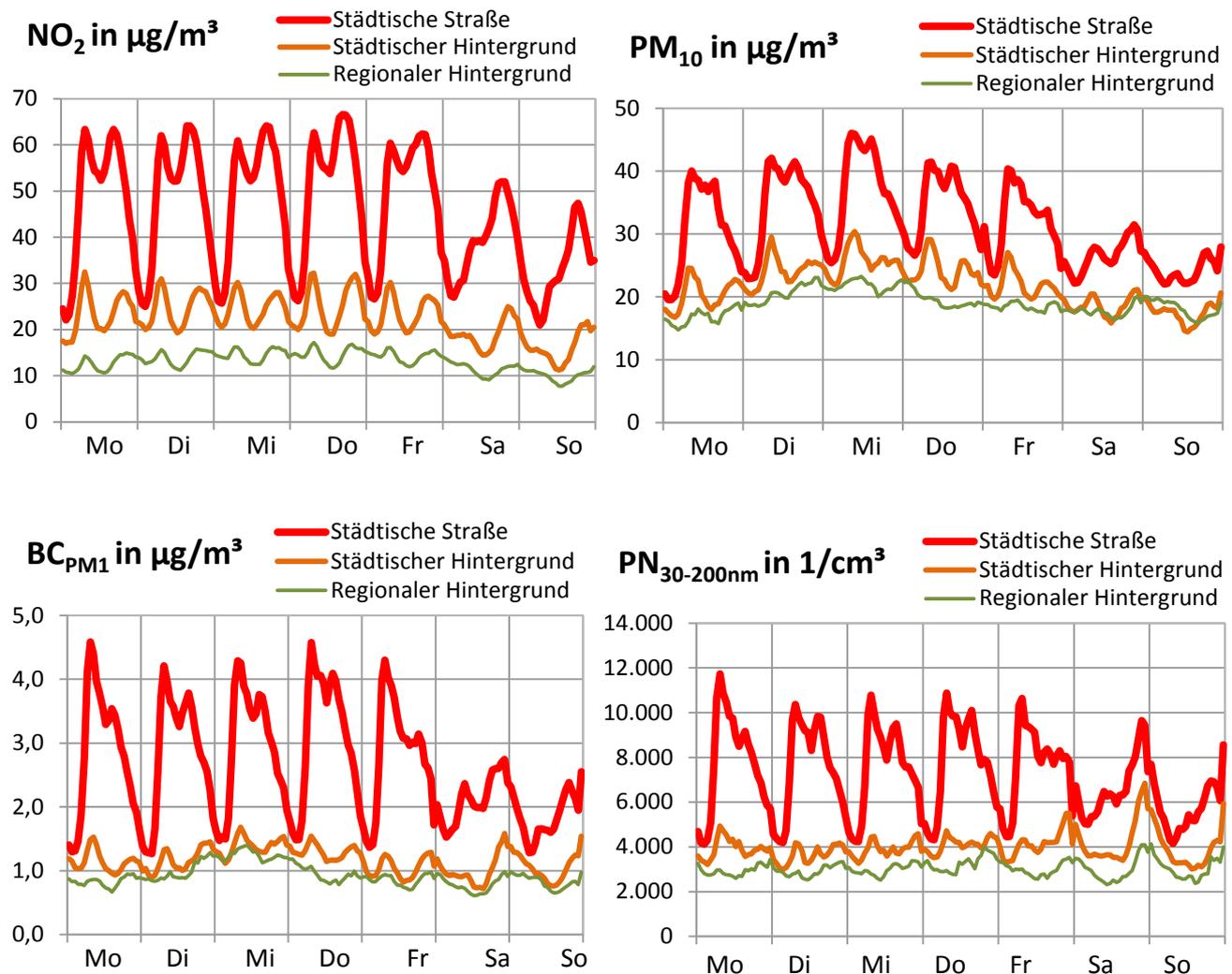


Abbildung 10: Mittlerer Wochengang 2010 für das Gas  $\text{NO}_2$  und die Partikel  $\text{PM}_{10}$ , Ruß- $\text{BC}_{\text{PM}1}$  und  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  für die drei Messstationstypen

#### 4.2.2 Entwicklung an den einzelnen Messstationen

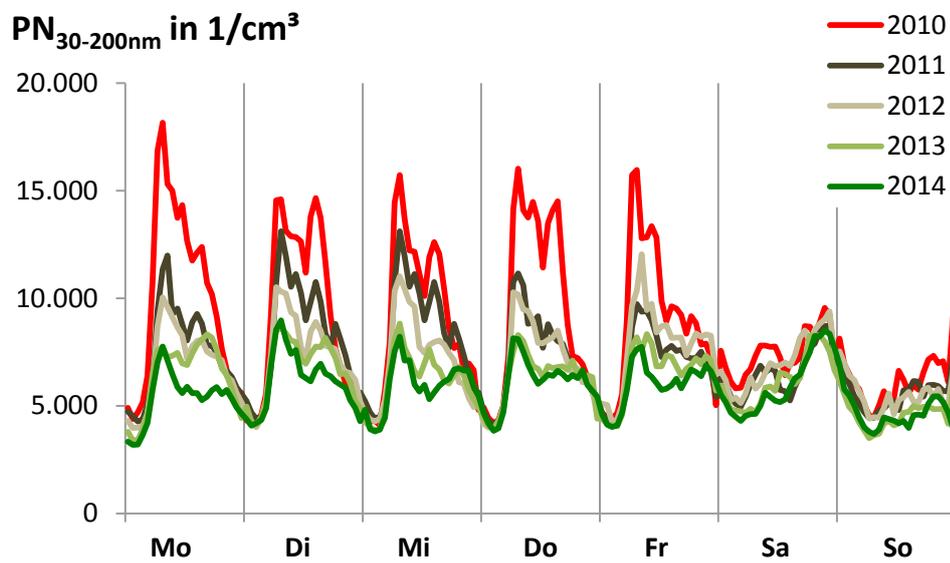
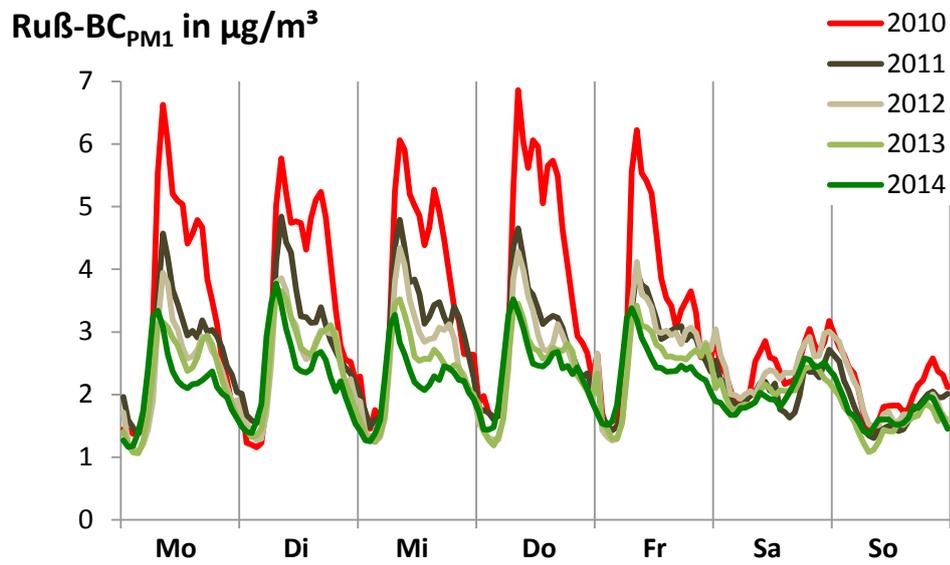
Der mittlere Wochengang für die fünf Jahre von 2010 bis 2014 wird in Anlage 5 für jede einzelne Messstation dargestellt. Es wird die Entwicklung für die Luftschadstoffe für die Gase  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}_x$  sowie für die Partikel  $\text{PM}_{10}$ , Ruß-BC und Partikelanzahl  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  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 11 für die wissenschaftlichen Sondermessgrößen und in Abbildung 12 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 2014 nach Einführung der Umweltzone.

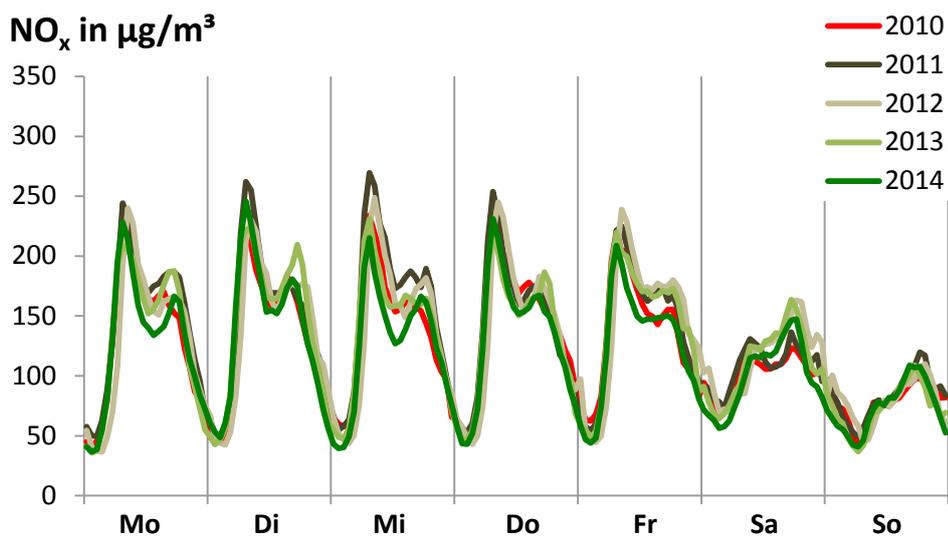
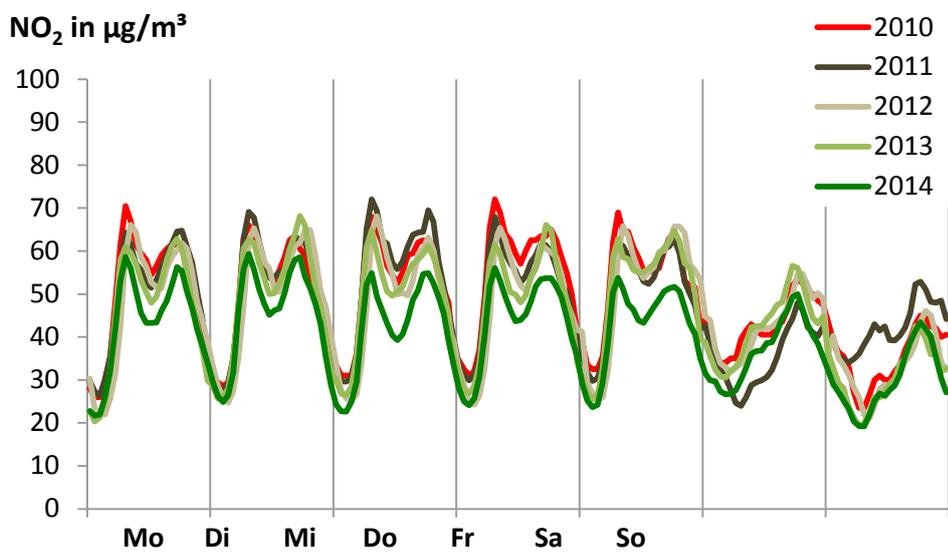
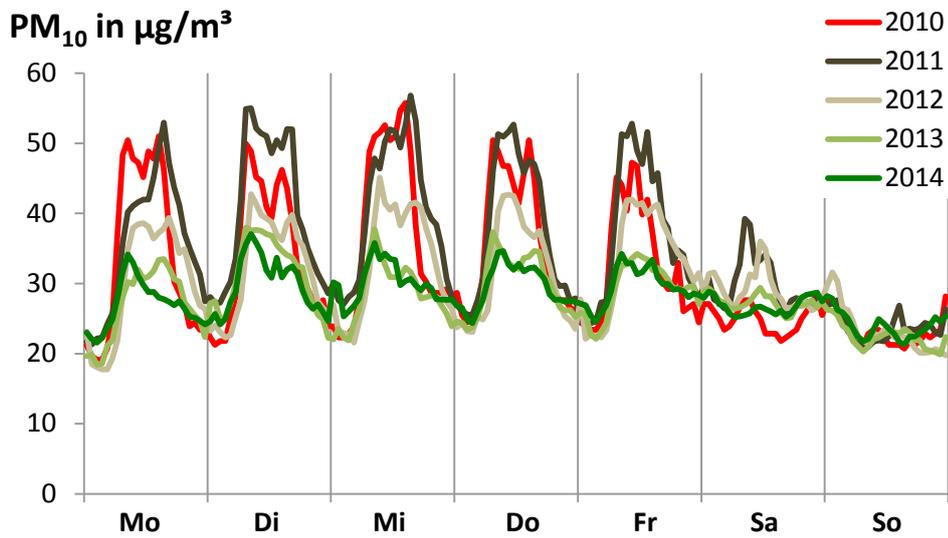
Zunächst sollen die **Sondermessgrößen Ruß-BC und Partikelanzahl von 30 bis 200 nm großen Partikeln** ( $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ ) betrachtet werden (Abbildung 11). Beide wissenschaftlichen Sondermessgrößen zeigen ähnliche mittlere Konzentrationsverläufe für die Jahre 2010 bis 2014. Für die Ausgangsbeurteilung 2010 ist die typische verkehrsgeprägte Signatur besonders gut erkennbar [LfULG 2014]. 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. Abends sinken die Konzentrationen mit dem nachlassenden Verkehr. 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 2014 nur wenig Änderungen und keine Tendenz wie tagsüber 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  $\text{BC}_{\text{PM}_{10}}$  und  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  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  $\text{BC}_{\text{PM}_{10}}$  und  $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  sehr ähnlich.

Die Ergebnisse für die statistische Auswertung der **gesetzlichen Überwachungsmessgrößen  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}_x$**  werden in Abbildung 12 dargestellt. Eine klare tendenzielle Reduzierung der Konzentrationen an den Tagen Montag bis Freitag ähnlich wie bei den Sondermessgrößen in Abbildung 11 ist nicht zu erkennen. Während für  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}_x$  die Signatur mit kleinen Schwankungen recht konstant bleibt, ist für  $\text{PM}_{10}$  die Änderung der Signatur z. T. erkennbar, wie z. B. am Montag der Konzentrationsverlauf für 2010 und 2011 deutlich zeigt. Hier dominierte eindeutig der Einfluss einer Nicht-Verkehrsquelle.



**Abbildung 11: Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von Ruß und Partikel von 30 bis 200 nm vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2014**



**Abbildung 12: Mittlerer Tagesgang der Woche für die Konzentrationen von PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2014**

## 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 3).

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]. Nach dem Lenschow-Ansatz bezieht sich der ermittelte Immissionsanteil Motor nur auf die Motoremissionen der an der verkehrsnahen Messstation vorbeifahrenden Fahrzeuge (Abbildung 3).

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. Die Messgrößen  $NO_x$ , EC, BC,  $PN_{30-200nm}$  und  $PM_{30-200nm}$  sind deshalb für eine Bewertung der Wirkung einer Umweltzone besonders geeignet [LfULG 2014].

### 4.3.2 Ergebnisse

#### Überblick

Der erste, grobe Trend der Jahresmittelwerte von 2010 bis 2014 für den Immissionsanteil Motor ist für Partikel und Spurengase am Stationstyp „städtische Straße“ unterschiedlich (Abbildung 14, links). Für das Gas  $NO_x$  wurde eine Stagnation im Mittel aller verkehrsnahen Messstationen festgestellt. Hingegen zeigten die Partikel ( $\Delta EC$ ,  $\Delta BC$ ,  $\Delta PN_{30-200nm}$ ,  $\Delta PM_{30-200nm}$ ) im Mittel eine deutliche Reduzierung. Dies bestätigen Prüfstandergebnisse moderner Dieselfahrzeuge, die eine deutliche Partikelreduzierung besitzen [KIRCHNER 2010], aber keine  $NO_x$ -Reduzierung im realen Betrieb aufweisen [HAUSBERGER 2010].

### Immissionsanteil Motor $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$ und die Zählergebnisse für Kfz und SV

Der Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  sollte mit den Zählergebnissen der Fahrzeuge korrelieren, weil von allen betrachteten Messgrößen für die Gesamtbelastung  $\text{NO}_x$  der höchste prozentuale Verursacheranteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  vorhanden war und wenig Veränderung in den Emissionen der modernisierten Fahrzeugflotte in den letzten Jahren stattfanden. Dies sollte insbesondere für die Messstelle LLÜ gelten, weil dort die Straßenschlucht die Verdünnung der Schadstoffe behindert und eine übersichtliche Zählung der Fahrzeuge möglich ist. Deshalb wird zunächst auf Abbildung 13 verwiesen. Dort werden Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  und Zählergebnisse für Kfz und SV als relative Änderungen gegenüber dem Ausgangsjahr 2010 für die vier verkehrsnahen Messorte dargestellt.

An der Messstation **LLÜ** (Abbildung 13, rechts unten) wurden tatsächlich sehr ähnliche Verläufe von Kfz, SV und  $\Delta\text{NO}_x$  registriert. Im Jahr 2012 hatten sowohl die Verkehrszählungen Kfz und SV als auch der Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_x$  das Minimum. Es waren für  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  -34 %, für Kfz -51 % und für SV -70 %. In den Jahren 2013 und 2014 stiegen die Verkehrszahlen wieder an und auch  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  erhöhte sich. 2013 lagen die Verkehrszahlen nahezu wie 2011 vor. Insgesamt waren die relativen Reduzierungen der Verkehrszahlen deutlich größer als die relativen Minderungen für den Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$ , wobei der Ausgangswert von 2010 von allen drei Beurteilungsgrößen jedes Jahr unterschritten blieb.

An der Messstation **DDB** (Abbildung 13, rechts oben) gab es nicht so große Veränderungen wie an LLÜ. Auch lagen die Verkehrszahlen Kfz und SV sowohl über als auch unter dem Niveau von 2010. Die Zählergebnisse veränderten sich um weniger als 10 %, wobei sich der Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  auch kaum veränderte. In den Jahren 2013 und 2014 deutet sich ein leichter Anstieg für den Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  an. Die Bergstraße an DDB hat eine Steigung von 6 %. Die Modellierung an diesem Ort ergab, dass die  $\text{NO}_2$ -Emission eines Diesel-PKW etwa 50 benzingetriebenen PKW entspricht [LfULG 2015c]. Weil der Anteil der Diesel-PKW in Sachsen von einem niedrigen Niveau steigend ist, kann angenommen werden, dass in den letzten Jahren Benzin-PKW gegen Diesel-PKW ausgetauscht wurden und ggf. dies die Ursache für den leichten Anstieg sein könnte.

An der Messstation **DDN** (Abbildung 13, links oben) wurde die Verkehrszählung leider eingestellt. Das Sinken des Immissionsanteils Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  um 20 % legt den Schluss nahe, dass die Verkehrszahlen an DDN deutlich gegenüber 2010 gesunken sein müssen.

An der Messstation **LMI** (Abbildung 13, links unten) korrespondieren die Verkehrszählergebnisse und der Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  eher wenig. Möglicherweise waren die Kfz-Zählungen während der Straßenvorhaben mit einer vergrößerten Unsicherheit behaftet.

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

Von Abbildung 13 zurückkommend auf Abbildung 14 können nun die Ergebnisse für den Immissionsanteil Motor für die einzelnen verkehrsnahen Messstationen besser diskutiert werden. Sie sind in Abbildung 14 in der Mitte absolut und rechts als relative Änderungen gegen über 2010 für das Gas  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  und die Partikel  $\Delta\text{EC}_{\text{Motor}}$ ,  $\Delta\text{BC}_{\text{Motor}}$ ,  $\Delta\text{PN}_{30-200\text{nm},\text{Motor}}$  und  $\Delta\text{PM}_{30-200\text{nm},\text{Motor}}$  dargestellt.

Die höchsten Jahresmittelwerte  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  mit rund  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurden an **DDB** registriert. Dort blieb das Niveau weitgehend gleich hoch. Die geringsten Werte mit weniger als  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurden an **DDN** ermittelt. Eine fallende Tendenz ist erkennbar, die wahrscheinlich auf reduzierte Verkehrszahlen zurückzuführen ist. Deutliche Veränderungen im Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_x$  wurden an **LLÜ** mit den bereits diskutierten, veränderten Verkehrszahlen registriert. Demgegenüber wurden an **LMI** nahezu konstante Werte um  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  von 2010 bis 2014 ermittelt.

Die relativen Änderungen für den Immissionsanteil Motor  $\Delta\text{NO}_{x,\text{Motor}}$  (Abbildung 14, rechts oben) waren damit an den vier Straßen-Messstationen gegenüber 2010 uneinheitlich. Im Jahr 2014 wurden je nach Messort Änderungen im Bereich von etwa +10 % bis -20 % registriert.

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

An der Messstation **DDB** wurde der höchste Immissionsanteil Motor  $\Delta EC_{Motor}$  mit rund  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  von 2010 bis 2013 ermittelt (Abbildung 14, 2. Reihe, Mitte). Er war doppelt so hoch wie an den anderen Messstationen. Auch wenn eine Variation von Jahr zu Jahr vorhanden ist, so sank an DDB der Immissionsanteil  $\Delta EC_{Motor}$  2014 um  $\frac{1}{4}$  gegenüber 2010. Weil die Kfz-Zahlen an DDB weitgehend konstant waren, liegt der Schluss nahe, dass 2014 deutlich mehr modernere Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter vorbeifuhren als 2010.

Die anderen Messstationen (DDN, LMI, LLÜ) waren nur etwa halb so stark durch Motoremissionen belastet, aber die Reduktion für den Immissionsanteil Motor  $\Delta EC$  mit mehr als 40 % fiel deutlich höher aus als an DDB (Abbildung 9, rechts).

Die größte Reduzierung  $\Delta EC_{Motor}$  auf etwa die Hälfte des Niveaus von 2010 wurde in Leipzig an der Messstation LLÜ registriert. In 2011 und 2012 ging die Reduzierung an LLÜ einher mit der deutlichen Verringerung der Verkehrszahlen für Kfz und SV (vergl. Abbildung 13). Hingegen fiel der Immissionsanteil 2013 und 2014 an LLÜ weiter, obwohl die Kfz-Zahlen für Kfz und SV wieder anstiegen. Auch an LMI reduzierte sich 2011 der Immissionsanteil Motor  $\Delta EC_{Motor}$  mit fallenden Kfz-Zahlen. Danach stieg 2012 bis 2014 der Verkehr wieder an. 2014 war der Kfz-Verkehr um 12 % höher als 2010, wobei der SV-Anteil sank und gleichzeitig sank der Immissionsanteil Motor  $\Delta EC_{Motor}$  um 41 % gegenüber 2010. Dies zeigt, dass in Leipzig der registrierte Mehrverkehr 2013 und 2014 mit moderneren, partikelemissionsärmeren Fahrzeugen aufgefüllt wurde.

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

An der Leipziger Messstation **LMI** wurde der höchste Immissionsanteil Motor  $\Delta BC_{Motor}$  von 2010 bis 2014 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 war der verkehrsnahen Belastungsanteil 1,4-mal so groß wie an DDN. An LMI reduzierte sich der Immissionsanteil Motor  $\Delta BC$  2010 von  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf die Hälfte im Jahr 2014. Auch an **DDN** reduzierte  $\Delta BC$  auf die Hälfte, wobei dort ein wesentlicher Teil der Reduzierung auf den wahrscheinlich deutlich reduzierten Verkehr zurückzuführen ist. An LMI erhöhte sich der Gesamtverkehr 2014 um 12 %, wobei der SV-Anteil sank. Die gleichzeitige Reduzierung des Immissionsanteils Motor  $\Delta BC$  um 47 % kann nur durch eine partikelemissionsärmere Fahrzeugflotte 2014 gegenüber 2010 im Zentrum von Leipzig interpretiert werden.

An der Messstation LEI reduzierte sich der Immissionsanteil Motor  $\Delta BC$  2011 sehr deutlich und steigt danach bis 2014 wieder an. Eine Bewertung kann nicht gegeben werden, weil keine  $\text{NO}_x$ -Messung vorliegt und keine 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 wahrscheinlich verringerte Verkehrszahlen 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 Signalwirkung zur beschleunigten Modernisierung der Fahrzeugflotte in ganz Sachsen.

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

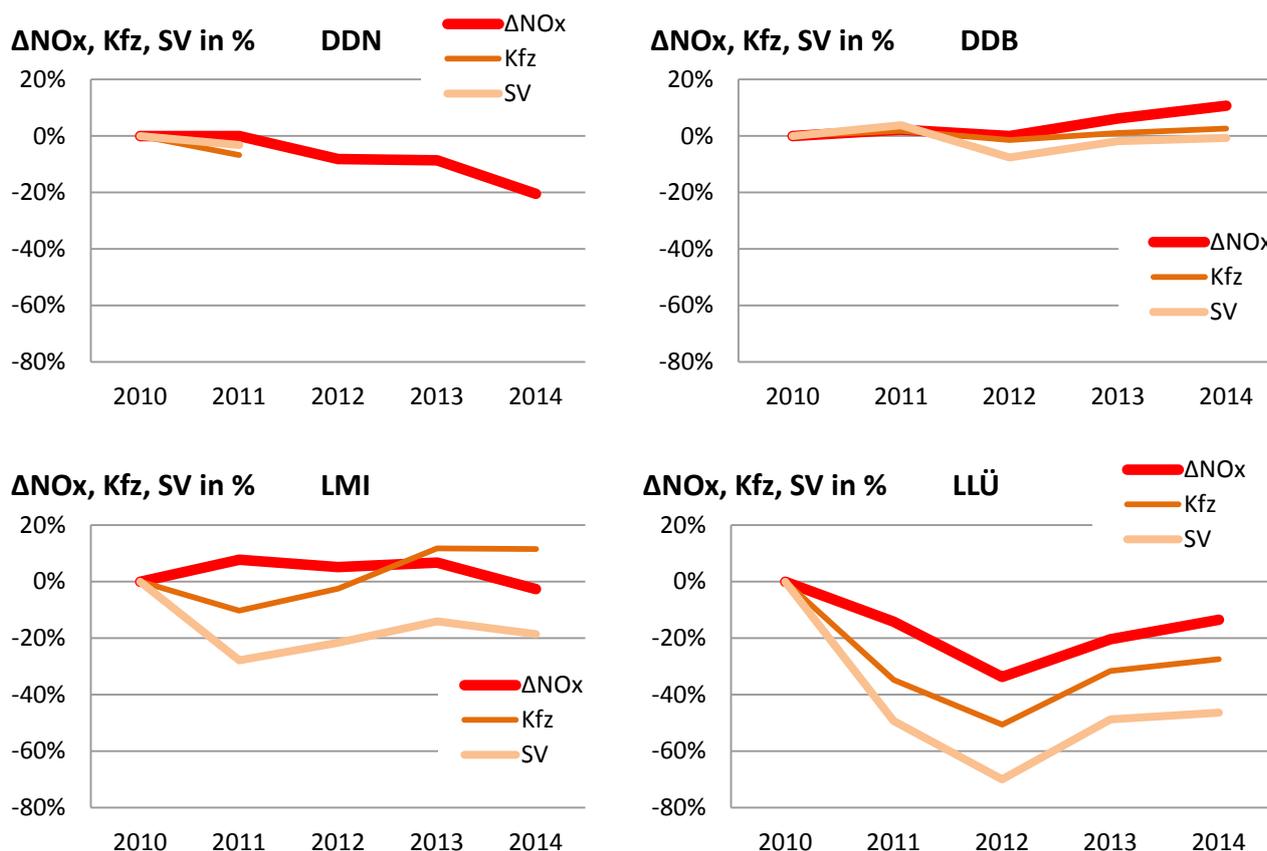
An der Leipziger Messstation LMI wurde der höchste Immissionsanteil Motor für  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  in den Jahren 2010 bis 2012 festgestellt. Dabei ist zu beachten, dass an der mit  $\Delta EC_{Motor}$  höchstbelasteten Messstation DDB keine Sondermessungen erfolgten und damit kein Vergleich möglich ist. An der Leipziger Messstation LMI reduzierte sich  $\Delta \text{PN}_{30-200\text{nm}}$  von  $4.200 \text{ Partikel}/\text{cm}^3$  2010 um  $2.400 \text{ Partikel}/\text{cm}^3$  2014. Das Niveau reduzierte sich um 56 % von 2010 nach 2014. Es war mit Abstand die stärkste absolute und auch relative Reduzierung an einer Messstation. Die Partikelreduzierung 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 Verkehrserhöhung um 12 % in den Jahren 2013 und 2014 stieg der Immissionsanteil Motor nicht wieder an. Der zeitweilig reduzierte Gesamtverkehr wurde offensichtlich durch saubere Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter, bedingt durch die Vorgabe der Umweltzone, aufgefüllt. Ein Teil der Reduzierung verursachten auch die 19 % weniger fahrenden Schwerverkehrfahrzeuge 2014.

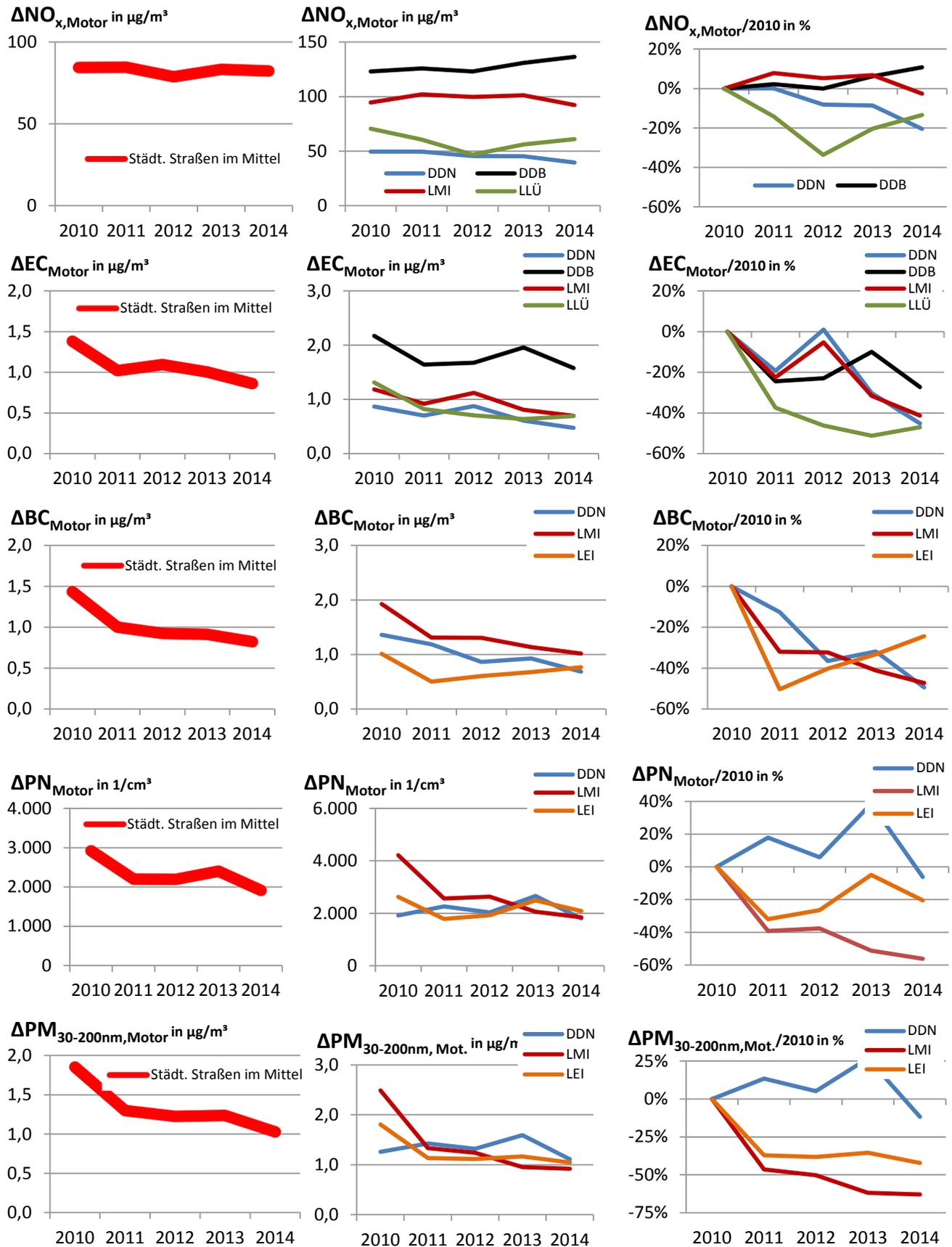
An der Messstation LEI reduzierte sich  $\Delta\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  um 21 %, während an der Dresdner Messstation DDN teilweise eine Erhöhung gegenüber 2010 registriert wurde. Die Entwicklung an DDN von  $\Delta\text{PN}_{30-200\text{nm}}$  und  $\Delta\text{EC}_{\text{Motor}}$  sowie  $\Delta\text{BC}_{\text{Motor}}$  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. Die Stärke dieser Nicht-Ruß-Partikelquelle muss in den letzten Jahren deutlich zugenommen haben.

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

An der Leipziger Messstation 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  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in 2014. Die Partikelmasse für den Immissionsanteil Motor reduzierte sich um mehr als 60 % (Tabelle 10). An LMI lag 2014 damit der geringste Konzentrationsbeitrag durch vorbeifahrende Fahrzeuge gegenüber DDN und LEI vor. An LEI sank 2014 die Konzentration um mehr als 40 % gegenüber 2010, während in Dresden (DDN) die Minderung mit 12 % gering ausfiel.



**Abbildung 13: Entwicklung der relativen Parameter des Immissionsanteils Motor  $\Delta\text{NO}_x$  und der Zählergebnisse für Kfz und SV bis 2014 gegenüber dem Ausgangsjahr 2010**



**Abbildung 14: 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 2014**

### Minderung des Immissionsanteils Motor und Minderung der Immission an verkehrsnahen Messstellen

Für Partikel wurde das Verhältnis aus der Minderung des Immissionsanteils Motor und der Minderung der Immission (Gesamtbelastung) gebildet und in Tabelle 11 für die verkehrsnahen Messstationen aufgelistet. Die Minderung der Emissionen der vorbeifahrenden Kraftfahrzeuge an beispielsweise LMI trug zu 65 % bis 87 % zur festgestellten Minderung der Gesamtbelastung (Immission) für Ruß und sehr kleiner Partikel bei.

#### 4.3.3 Veränderung für den hochtoxischen Feinstaubanteil und für 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 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 Messstation DDN und der Leipziger Messstation LMI wird in Abbildung 15 gezeigt. Minderungserfolge für Ruß und Partikel von 30 bis 200 nm wurden in Leipzig und Dresden nachgewiesen. Sie waren in Leipzig größer als in Dresden. Die größten Reduzierungen für alle drei unabhängigen Messverfahren zur Charakterisierung der Partikelmotoremis-sionen wurden an der Leipziger Messstation LMI registriert.

An **LMI** weisen die Ergebnisse der Sondermessungen der Partikelmassen EC, BC und  $PM_{30-200nm}$  für den Immissionsanteil Motor im Feinstaub  $PM_{10}$  nach, dass  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weniger EC,  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weniger BC und  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weniger  $PM_{30-200nm}$  durch unmittelbar vorbeifahrende Fahrzeuge enthalten waren (Tabelle 10). Es wurden also weniger Ruß und weniger ultrafeine und feine Partikel durch die modernisierte Fahrzeugflotte emittiert.

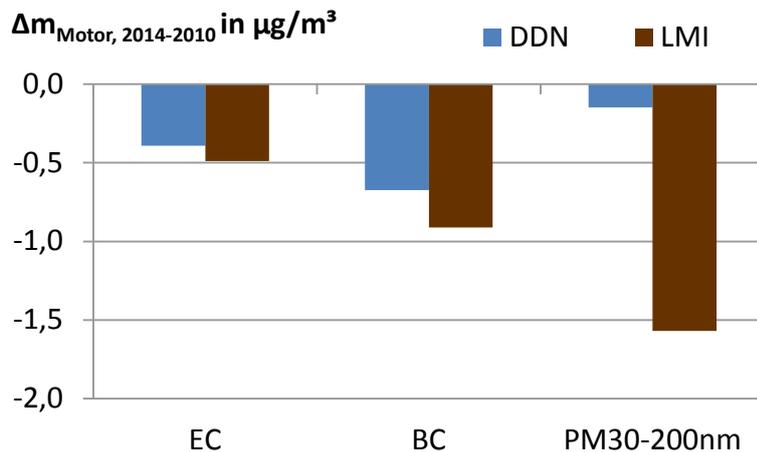
Die Größe der Reduzierung der Partikelmasse hat Einfluss auf die Feinstaubzusammensetzung von  $PM_{10}$ . Der Ausgangswert 2010 für  $PM_{10}$  kann genutzt werden, um Reduzierungen von Feinstaub  $PM_{10}$  durch die modernisierte Fahrzeugflotte anzugeben (Tabelle 12). An **LMI** sank Feinstaub  $PM_{10}$  um 1,5 % durch weniger Ruß EC, um 2,9 % durch weniger Ruß BC oder um 4,9 % durch weniger Verbrennungspartikel von 30 bis 200 nm. An allen fünf verkehrsnahen Messstationen wurden Feinstaubreduzierungen von 1,5 bis 4,9 % durch die Nutzung der Ergebnisse der Sondermessungen nachgewiesen.

Das ist auf den ersten Blick eine geringe  $PM_{10}$ -Reduzierung im Bereich von 2 bis 5 % je nach Messgröße. Weil es sich aber um die Reduzierung des hochtoxischen Anteiles im Feinstaub  $PM_{10}$  handelt, entspricht dies nach dem Wichmann-Ansatz (vgl. Kap 2.1) einer überproportionalen Reduzierung des Gesundheitsrisikos der Bevölkerung. Die über den Literaturansatz berechnete Senkung des Gesundheitsrisikos lag im Bereich von 2 % bis 25 % für alle verkehrsnahen Messstationen (Tabelle 13). Die größte Senkung des Gesundheitsrisikos wurde an LMI mit 8 bis 25 % ermittelt. Die Bevölkerung im Zentrum der Umweltzone in Leipzig hatte damit den größten gesundheitlichen Nutzen der verkehrsbezogenen Luftreinhaltemaßnahme Umweltzone.

**Tabelle 10: Absolute und relative Änderung des Immissionsanteils Motor 2014 gegenüber 2010 an den verkehrsnahen Messstellen**

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
EC <sub>PM10</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,39	-0,59	-0,49	-0,62	
BC <sub>PM1</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,67		-0,91		-0,25
PM <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-0,15		-1,57		-0,76
PN <sub>30-200nm</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-118		-2.369		-539
NO <sub>x</sub> in µg/m <sup>3</sup>	-10,2	13,2	-2,5	-9,5	

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
EC <sub>PM10</sub>	-45%	-27%	-41%	-47%	
BC <sub>PM1</sub>	-49%		-47%		-24%
PM <sub>30-200nm</sub>	-12%		-63%		-42%
PN <sub>30-200nm</sub>	-6%		-56%		-21%
NO <sub>x</sub>	-20%	11%	-3%	-13%	



**Abbildung 15: 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) 2014 gegenüber 2010**

**Tabelle 11: Prozentualer Anteil der Minderung des Immissionsanteils Motor zur Minderung der Immission im Jahr 2014 gegenüber 2010**

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
EC <sub>PM10</sub>	59%	69%	65%	70%	
BC <sub>PM1</sub>	84%		87%		65%
PM <sub>30-200nm</sub>	36%		86%		74%

**Tabelle 12: Prozentuale Reduzierung von Feinstaub PM<sub>10</sub> durch die Reduzierung der Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge an den verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2014 gegenüber 2010, nachgewiesen durch die wissenschaftlichen Sondermessungen von Ruß und Partikelanzahlgrößenverteilung**

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI <sup>1</sup>
Ruß als EC	-1,3%	-1,9%	-1,5%	-1,9%	
Ruß als BC	-2,3%		-2,9%		-0,9%
PM <sub>30-200nm</sub>	-0,5%		-4,9%		-2,7%

<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.

**Tabelle 13: Senkung des Gesundheitsrisikos durch Feinstaubreduzierung PM<sub>10</sub> durch die Reduzierung der Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge an den verkehrsnahen Messstellen im Jahr 2014 gegenüber 2010, nachgewiesen durch die wissenschaftlichen Sondermessungen von Ruß und Partikelanzahlgrößenverteilung und unter Nutzung der Berechnung nach WICHMANN [2011]**

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
Ruß als EC	-7%	-9%	-8%	-9%	
Ruß als BC	-11%		-14%		-4%
PM <sub>30-200nm</sub>	-2%		-25%		-14%

## 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 2010], [BImSchV 2010]. Details wurden bereits im Bericht „Umweltzone Leipzig, Teil 1“ dargestellt [LfULG 2012].

### Luftqualität von 2010 bis 2014

Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse der gesetzlich vorgeschriebenen Überwachungsgrößen in den Jahren 2010 bis 2014. 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 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 2014 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 2014 eingehalten. An allen verkehrsnahen Messstationen wurde der Grenzwert 2010 und 2011 überschritten. An diesen Messstationen in Dresden traten 2012 und 2013 keine Grenzwertüberschreitungen mehr auf. 2014 wurde der Grenzwert erneut in Dresden (DDB) überschritten. In Leipzig setzten sich die Grenzwertüberschreitungen an der Messstation Leipzig-Lützner Straße (LLÜ) konsequent bis 2014 fort. Ein Grenzwert, der bereits seit 10 Jahren einzuhalten war. An Leipzig-Mitte (LMI) trat 2012 eine weitere Grenzwertüberschreitung auf, 2013 und 2014 wurde jedoch der Grenzwert eingehalten. Die Gesamtschau der Ergebnisse zeigt, dass es Jahre mit einer hohen Anzahl an Überschreitungstagen (2011) und Jahre mit einer geringen Anzahl von Überschreitungstagen (2012) 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 sein kann. Für eine Trendaussage ist es deshalb noch zu früh. Es muss eingeschätzt werden, dass trotz Umweltzone die Grenzwertüberschreitungen für PM<sub>10</sub> von 2011 bis 2014 in Leipzig 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 bereits jetzt an allen Messstationen sicher eingehalten.

Der **NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>** wurde von 2010 bis 2014 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 2014 Grenzwertüberschreitungen auf. In Leipzig an LMI wurden

Grenzwertüberschreitungen von 2010 bis 2013 und an LLÜ nur 2010 registriert. An LLÜ wurden ab 2011 deutlich reduzierte Kfz-Zahlen ermittelt, die zur Minderung der Belastung beitrugen. Insgesamt wurde an fast allen Messstationen (Ausnahmen LLÜ, DDB und SWB) von Jahr zu Jahr eine leichte Minderung der Belastung ermittelt.

Im Zeitraum 2010 bis 2014 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 4).

### Ergebnisse der Modellierung für die Betroffenheit der Bürger

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 das Maßnahmenpaket in Dresden.

Im Ergebnis dessen waren von einer PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitung 2011 etwa 200 Einwohner auf einer Straßenlänge von 0,4 km in Leipzig und etwa 2.300 Einwohner auf einer Straßenlänge von 5 km in Dresden betroffen.

Von einer NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitung waren etwa 310 Einwohner auf einer Straßenlänge von 1,3 km in Leipzig und etwa 1.900 Einwohner auf einer Straßenlänge von 5 km in Dresden betroffen [Stadt Leipzig 2009], [Dresden 2011]. Die Ergebnisse der aktuellen Modellierung mit den überarbeiteten Emissionsfaktoren nach HBEFA 3.1 weisen 234 von einer PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitung betroffene Einwohner und 1.751 von einer NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitung betroffene Einwohner in Leipzig aus [LfULG 2015c]

### Konsequenzen aus den Grenzwertverletzungen und Fristverlängerungen

#### Luftschadstoff PM<sub>10</sub>

Die Grenzwerte gelten zum Schutz der menschlichen Gesundheit, die ab einem festgelegten Zeitpunkt einzuhalten sind. Im Jahr 1999 hat die Europäische Union festgelegt, dass die PM<sub>10</sub>-Grenzwerte ab 1.1.2005 einzuhalten sind [EU-RL 1999].

Eine Fristverlängerung zur Einhaltung der Grenzwerte konnte gemäß Artikel 22 und 23 der EU-Richtlinie 2008/50/EG unter Vorlage der Luftreinhaltepläne bei der EU-Kommission beantragt werden. Die EU-Kommission konnte für PM<sub>10</sub> eine Fristverlängerung bis maximal 11.06.2011 und für NO<sub>2</sub> bis maximal 01.01.2015 gewähren [EU-RL 2008].

In der **Stadt Leipzig** wurde der PM<sub>10</sub>-Kurzzeitgrenzwert trotz Luftreinhalteplan im Jahr 2005 und danach jährlich überschritten. Die Regierung der Bundesrepublik übersandte der Europäischen Kommission am 23.12.2009 die Mitteilung zur Fristverlängerung für die Einhaltung der PM<sub>10</sub>-Grenzwerte in der Stadt Leipzig gemäß Artikel 22. Die Fristverlängerung wurde für Leipzig bis zum 11. Juni 2011 gewährt. Die Gewährung einer weiteren Fristverlängerung zur Einhaltung des PM<sub>10</sub>-Grenzwertes ist in der Richtlinie EU2008/50/EG nicht vorgesehen. Die Analyse der Messdaten des Jahres 2011 ergab, dass selbst unter den Bedingungen der Fristverlängerung die erhöhte Toleranzmarge des Grenzwertes nicht eingehalten wurde. Im Jahr 2012 wurde an zwei Messstellen sowie im Jahr 2013 und im Jahr 2014 je an einer Messstelle (LLÜ) der PM<sub>10</sub>-Grenzwert erneut überschritten.

In der **Stadt Dresden** wurde der PM<sub>10</sub>-Kurzzeitgrenzwert trotz Luftreinhalteplan im Jahr 2005, 2006, 2009, 2010, 2011 und 2014 überschritten. In den Jahren 2007, 2008, 2012 und 2013 wurde der Grenzwert eingehalten.

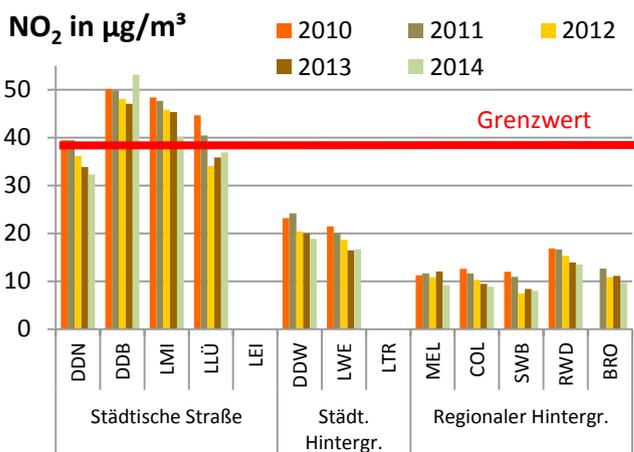
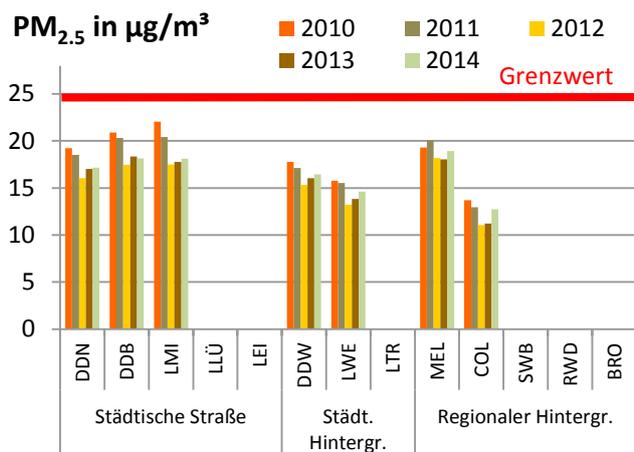
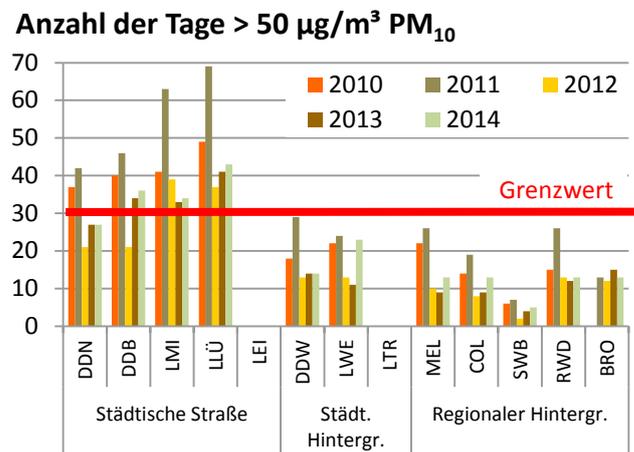
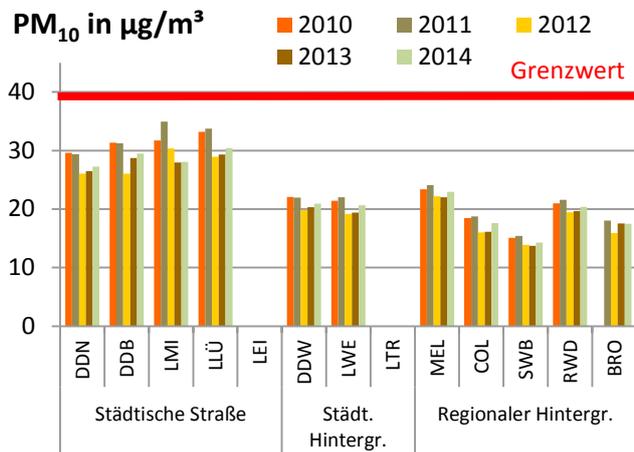
Ein Vertragsverletzungsverfahren wird zurzeit von der Kommission gegen Deutschland wegen anhaltender PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitung in den Gebieten Stuttgart und Leipzig fortgeführt.

## **Luftschadstoff NO<sub>2</sub>**

Im Jahr 1999 hat die Europäische Union festgelegt, dass ab 01.01.2010 die NO<sub>2</sub>-Grenzwerte einzuhalten sind [EU-RL 1999]. Trotz der Luftreinhaltepläne in den Städten Leipzig, Dresden und Chemnitz wurde der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwertgrenzwert im Jahr 2010 und danach jährlich überschritten (Ausnahme Leipzig 2014). Die Regierung der Bundesrepublik teilte der Europäischen Kommission am 28.09.2011 mit, dass sie die Möglichkeit der Fristverlängerung zur Einhaltung der NO<sub>2</sub>-Grenzwerte nach Artikel 22 der Richtlinie 2008/50/EG in Anspruch nimmt. Für Sachsen wurden die Städte Leipzig, Chemnitz und Dresden benannt. Die Europäische Kommission hat in ihrem Beschluss vom 20. Februar 2013 eine Fristverlängerung bis 01.01.2015 aufgrund der eingereichten Unterlagen u. a. für die Städte Leipzig, Chemnitz und Dresden gewährt.

### **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 alle Messstationen im regionalen Hintergrund in Sachsen (Abbildung 11, links unten). Deshalb sollte die Nutzung aller Möglichkeiten zu einer weiteren Reduzierung der Partikelbelastung als ständige Aufgabe in der Fortschreibung der Luftreinhaltepläne in Sachsen formuliert und angegangen werden.



**Abbildung 16: Ergebnisse der Messung für PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> und NO<sub>2</sub> für die Jahresmittelwerte von 2010 bis 2014 und dessen Relation zum jeweiligen Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit**

**Tabelle 14: Kenngrößen der kritischen Luftschadstoffe an den verkehrsnahen Messtationen von 2010 bis 2014**

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				40 µg/m <sup>3</sup> , einzuhalten ab 1.1.2010 mit Fristverlängerung bis 1.1.2015				
Messstation	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

Legende: Blau unterlegte Felder zeigen Grenzwertüberschreitungen (GWÜ) an.

# 5 Zusammenfassung

Luftverschmutzungen haben einen Einfluss auf die Lebensqualität der Menschen. Durch Maßnahmen in den Luftreinhalteplänen wurden und werden die Luftschadstoffe in den Städten weiter gemindert. Eine der effektivsten Maßnahmen im Bereich Verkehr ist die Einführung einer Umweltzone. Sie hat das Ziel, Fahrzeuge mit hohen Motoremissionen in Gebieten mit Grenzwertüberschreitungen von Luftschadstoffen schrittweise auszuschließen.

Die Motoremissionen insbesondere von Dieselfahrzeugen sind toxisch und krebserregend. Sie sind verantwortlich für vorzeitige Todesfälle, erhöhtes Krankheitsrisiko, ökonomische Verluste und zusätzliche Gesundheitskosten. Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter verursachen ultrafeine und feine Partikel, die zum großen Teil aus Ruß bestehen und Träger weiterer Schadstoffe sind. Die extrem kleinen Dieselpartikel besitzen in der gesetzlich vorgegebenen Überwachungsgröße Feinstaub  $PM_{10}$  nur einen sehr geringen Masseanteil, der eine Erfolgskontrolle sehr unsicher macht. Deshalb wurde vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. ein gemeinsames wissenschaftliches Messprogramm realisiert, um die Einführung der Umweltzone in Leipzig sowohl wissenschaftlich als auch messtechnisch zu begleiten und zu bewerten. 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. Messungen 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 Stadt Dresden ohne Umweltzone, aber mit einem umfangreichen Bündel anderer Maßnahmen, wurde vergleichend einbezogen.

Die Umweltzone Leipzig wurde 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.

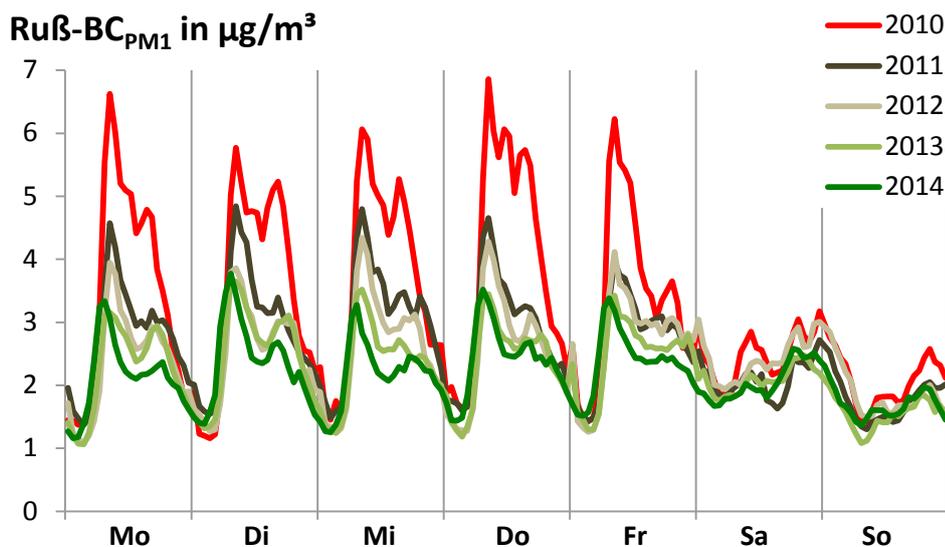
Die Messergebnisse vom Jahr 2010 bildeten die Ausgangsbeurteilung vor der Einführung der Umweltzone. Die wissenschaftlichen Sondermessungen für Ruß und ultrafeine Partikel haben an den verkehrsnahen Messstationen einen deutlichen Rückgang der Konzentrationen nachgewiesen. An der Messstation Leipzig-Mitte im Zentrum der Umweltzone war die absolute und relative Minderung von allen Messstationen i. d. R. am größten. Dort änderte sich die Gesamtbelastung (Immission) 2014 gegenüber 2010 um

- -22 % bzw.  $-0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ruß als elementarer Kohlenstoff,
- -32 % bzw.  $-1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ruß als schwarzer Kohlenstoff und
- -34 % bzw.  $-2.900 \text{ P}/\text{cm}^3$  oder  $-1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Partikel von 30 bis 200 nm.

Die Gesamtbelastung wird prinzipiell durch eine Vielzahl an lokalen, regionalen und überregionalen Quellen wie z. B. von Verbrennungsprodukten aus Heizungen, Industrie und Verkehr verursacht und durch die meteorologischen Rahmenbedingungen variiert. Deshalb kann daraus nicht direkt auf die Wirkung der Umweltzone geschlossen werden.

Im mittleren Wochengang mit zeitlich hoch aufgelösten Konzentrationen, die ähnlich mit den Verkehrsstärken verlaufen, wurde im Zeitraum von 2011 bis 2014 ein von Jahr zu Jahr kleiner werdender Konzentrationsverlauf für Ruß und ultrafeine Partikel nachgewiesen wie Abbildung 17 beispielsweise für Ruß zeigt. Tagsüber reduzierte sich die Konzentration 2014 auf die Hälfte gegenüber 2010. An den Tagen Montag bis Freitag mit viel

Verkehr wurde dieser Effekt besonders deutlich. Auch die Konzentrationsspitzen in der morgendlichen Hauptverkehrszeit verringerten sich im Zentrum von Leipzig auf weniger als die Hälfte der Konzentration von 2010.



**Abbildung 17: Mittlerer Tagesgang der Woche für die Rußkonzentration vor Einführung der Umweltzone 2010 und in den Jahren danach bis 2014**

Um der Einschätzung der Wirkung der Umweltzone weiter näherzukommen, wurde die Teilbelastung durch Motoremissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge nach dem Lenschow-Ansatz für alle verkehrsnahen Messstellen durch eine Verursacheranalyse ermittelt. Dabei wurden Aufwirbelungen und Abriebe der Fahrzeuge, die selbst Elektroautos verursachen und im Feinstaub  $PM_{10}$  nicht zu trennen sind, eliminiert. An der Messstation Leipzig-Mitte wurden i. d. R. die größten Minderungen ermittelt. Für die Teilbelastung Motor waren es

- -41 % bzw.  $-0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ruß als elementarer Kohlenstoff,
- -47 % bzw.  $-0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ruß als schwarzer Kohlenstoff und
- -56 % bzw.  $-2.400 \text{ P}/\text{cm}^3$  oder -63 % bzw.  $-1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Partikel von 30 bis 200 nm.

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. Diese deutliche Minderung wurde durch die Einführung von Partikelfiltern in Dieselfahrzeugen erreicht, die durch die verschärften Vorgaben der gesetzlichen Euro-Abgasnormen initiiert wurde.

Die Massenreduzierung der Teilbelastung Motor für Ruß und Partikel von 30 bis 200 nm stellte gleichzeitig ein sicheres Ergebnis für die Verursacheranalyse der  $PM_{10}$ -Feinstaubminderung zur Verfügung. Dies ist der methodische Unterschied zu anderen Studien, die die Feinstaubminderung direkt über die Ergebnisse der Feinstaubmessung bestimmten. Im Gegensatz dazu wurden hier die Ergebnisse der ergänzenden wissenschaftlichen Sondermessungen genutzt, um die Feinstaubänderung nachzuweisen. Die modernisierte Fahrzeugflotte im Zentrum von Leipzig reduzierte  $PM_{10}$ -Feinstaub um  $0,5$  bis  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Indikator Ruß und um  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Indikator Partikel von 30 bis 200 nm. Gegenüber dem Jahr 2010 wurde damit eine  $PM_{10}$ -Minderung von 2 bis 5 % durch die modernisierte Fahrzeugflotte in Leipzig 2014 nachgewiesen. Dies ist zunächst eine kleine  $PM_{10}$ -Minderung. Sie bezieht sich jedoch auf Verbrennungsprodukte, die den hoch toxischen Anteil im Feinstaub in der Außenluft bilden. Durch Minderung des hoch toxischen Feinstaubanteils sank

das Gesundheitsrisiko der Bevölkerung im Zentrum von Leipzig um 8 bis 25 % nach dem Wichmann-Ansatz. Die Umweltzone war damit eine sinnvolle und erfolgreiche Maßnahme der Stadtverwaltung Leipzig.

Im Gegensatz zu den Partikeln lieferte die Verursacheranalyse für das Gas Stickstoffdioxid keine Minderung gegenüber 2010. Die modernste Fahrzeugflotte in Sachsen brachte jedoch für das Gas Stickstoffdioxid keine Verbesserung, obwohl schärfere EURO-Abgasnormen dies erwarten ließen

Die Grenzwertüberschreitungen für Feinstaub  $PM_{10}$  setzten sich in Leipzig fort. Für Feinstaub  $PM_{10}$  schwankten die Jahresmittelwerte. Nach 2010 war im Jahr 2011 eine leichte Erhöhung und in den Jahren 2012 bis 2014 ein leichter Rückgang an den meisten Messstationen in Leipzig, Dresden und im regionalen Hintergrund zu verzeichnen. Dabei wird Feinstaub durch eine Vielzahl von Quellen erzeugt, sehr weit transportiert und durch die jährlichen meteorologischen Schwankungen stark beeinflusst. Deshalb ist die Umweltzone eine, aber nicht die alleinige Maßnahme zur Reduzierung der Feinstaubbelastung.

Auch bei Einhaltung der EU-Grenzwerte ist ein Großteil der Bevölkerung nicht vor Gesundheitsschäden geschützt. Deshalb empfiehlt die Weltgesundheitsorganisation (WHO) deutlich geringere Partikelwerte wie z. B. einen Jahresmittelwert für  $PM_{2,5}$  von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diesen WHO-Wert überschreiten alle verkehrsnahen Messstationen, alle Messstationen im städtischen Hintergrund und alle Messstationen im regionalen Hintergrund in Sachsen. Deshalb sollte die Nutzung aller Möglichkeiten zu einer weiteren Reduzierung der Partikelbelastung als ständige Aufgabe in der Fortschreibung der Luftreinhaltepläne in Sachsen formuliert und angegangen werden.

### Dank

Die umfangreichen Messungen 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 Dr. Horst-Günter Kath, Frank Rothe, Klemens Regir und Beate Schimmel für die Durchführung der hoch präzisen Immissionsmessungen, die Nutzung der Infrastruktur und den Mut für Neues, den die Integration der Sondermessverfahren ins Luftgütemessnetz erforderte. Vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. in Leipzig gilt unser Dank insbesondere Kay Weinholt, André Sonntag und Dr. Thomas Tuch für die Bereitstellung der Sondermesstechnik, die Durchführung der Sondermessungen, der Qualitätssicherung und Datenvalidierung.

# Literaturverzeichnis

- AUSPURG, D. (2015) (Verkehrs- und Tiefbauamt der Stadt Leipzig): Wirkungsuntersuchungen zur Umweltzone – Entwicklung mot. Verkehrsaufkommen. Persönliche Mitteilung. E-Mail vom 27.10.2015.
- 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 (2013): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943)
- BImSchV (2010): 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. S. 1065)
- 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 Discuss.*, 8, 935-993, doi:10.5194/essdd-8-935-2015, 2015.
- Dresden (2011): Luftreinhalteplan für die Landeshauptstadt Dresden. Hrsg.: Landeshauptstadt Dresden, Wirtschaft und Umweltamt. 17. Mai 2011.
- 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.
- 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
- 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
- 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>
- 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)
- BASTIAN, S.; FRANKE, J.; LÖSCHAU, G.; PAUSCH, A. (2015b): Luftqualität in Sachsen. Jahresbericht 2014. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat Klima, Luftqualität. Juni 2015. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/24641>
- LfULG (2015c): Entwurf Analyse für Fortschreibung Luftreinhalteplan Dresden, bisher unveröffentlicht. 2015
- LÖSCHAU, G. (2006): Partikelanzahl in verkehrsnaher Außenluft – Teil 1: Belastungsniveaus und Tendenz. Gefahrstoffe Reinhalt. Luft 66 (2006) Nr. 10, 431-435.
- 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.; 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. (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>
- 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
- 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 (2010b): Verwaltungsvorschrift zur einheitlichen Handhabung der Ausnahmeregelungen zum Fahrverbot in der Umweltzone (VwV Ausnahmeregelungen Umweltzone) vom 9. Dezember 2010

- Stadt Leipzig (2014): Jahresbericht 2013 zur Umsetzung der Maßnahmen des Luftreinhalteplans der Stadt Leipzig. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Umweltschutz. 19. Dezember 2014, Zugriff am 05.10.2015. <http://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/luft-und-laerm/luftreinhaltung/luftreinhalteplan-der-stadt-leipzig/>
- Stadt Leipzig (2015a): Statistisches Jahrbuch 2015. Vorabversion. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Statistik und Wahlen Leipzig. 2015, Zugriff am 05.10.2015. [http://statistik.leipzig.de/statpubl/content/12\\_statistik-und-wahlen/jahrbuecher/Kapitel02.pdf](http://statistik.leipzig.de/statpubl/content/12_statistik-und-wahlen/jahrbuecher/Kapitel02.pdf)
- Stadt Leipzig (2015b): Entwurf Jahresbericht 2014 zur Umsetzung der Maßnahmen des Luftreinhalteplans der Stadt Leipzig. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Umweltschutz. 09.09.2015, bislang unveröffentlicht.
- 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.
- WICHMANN-FIEBIG, M. (UBA) (2014): Die Zukunft der Luftreinhaltung in Deutschland und der EU. Statuskolloquium Luft 2014. 8.12.14. Dresden
- 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.
- 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: Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität 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 2013 und 2014 umgesetzt wurden.

## Maßnahmen 2013 und 2014 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<sub>10</sub> und NO<sub>2</sub> nicht überschritten werden. In den Jahren 2013 und 2014 konnte diese Verpflichtung nur teilweise erfüllt werden, wie im Kapitel 4.4 und in LÖSCHAU [2014] näher ausgeführt.

Das Potenzial der kommunalen Einflussmöglichkeiten beruht im Wesentlichen auf der Minderung der von den Quellen im Stadtgebiet ausgehenden Emissionen und der Verbesserung der lokalen Luftaustauschbedingungen. Dabei können sich ändernde gesellschaftliche oder wirtschaftliche Randbedingungen Anstrengungen zur Verbesserung der Luftqualität teilweise entgegenstehen oder sie zumindest erschweren. Ein Beispiel hierfür ist die Einwohnerzahl Leipzigs. Diese stieg von 502.979 (09.05.2011, Zensus) auf 544.479 zum Ende des Jahres 2014 [zitiert nach Stadt Leipzig 2015a]. Die Schaffung neuen Wohnraums und Nutzung dessen oder bislang leer stehenden Wohnraums ist in der Regel mit einem Anstieg von Luftschadstoffemissionen verbunden. Ein anderer Aspekt ist die zunehmende Durchdringung der Pkw-Flotte mit Dieselfahrzeugen. Der Anteil der Diesel-Pkw in Sachsen und in Leipzig liegt zwar noch immer deutlich unter dem Bundesdurchschnitt. Der wohl überwiegend aus finanziellen Gesichtspunkten (u. a. geringere Mineralölsteuer, geringerer Verbrauch) anhaltende Trend zum Dieselfahrzeug hält jedoch an und führt gegenüber Ottofahrzeugen zu höheren Stickoxidemissionen im Verkehrssektor.

Welche Maßnahmen auf kommunaler Ebene zur Minderung der Luftschadstoffbelastung vorgesehen sind und wie diese in den Jahren 2013 und 2014 umgesetzt wurden, zeigt die beispielhafte Auflistung in Tabelle 15.

Eine wesentlich detailreichere Betrachtung aller Maßnahmen wird im Jahresbericht zur Umsetzung der Maßnahmen des Luftreinhaltplans der Stadt Leipzig für das Jahr 2013 [Stadt Leipzig 2014] und das Jahr 2014 [Stadt Leipzig 2015b] vorgenommen.

Insgesamt kann die Umsetzung dieser Maßnahmen bezogen auf das Berichtsjahr 2014 als zufriedenstellend eingeschätzt werden.

Die überwiegende Zahl der Maßnahmen ist laufend und bedarf auch weiterhin einer konsequenten Umsetzung. Zentrale Bedeutung findet dabei die Erhöhung der Attraktivität des Umweltverbundes.

**Tabelle 15: Ausgewählte Maßnahmen des Luftreinhalteplans (LRP) der Stadt Leipzig und Stand deren Umsetzung im Jahr 2013 und 2014 sowie Ziele bis 2015**

Nr. laut LRP	Maßnahme	Zeitplan der Realisierung laut LRP	Umsetzung	
			Bezugsjahr	
			2013	2014
<b>Verkehr</b>				
<b>M1.1</b>	<b>Straßenbaumaßnahmen</b>	<b>2009-2015</b>	●	●
<i>Anmerkung:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausbau der Lützner Straße von der Plautstraße bis zur Henriettenstraße (Stadtbahnlinie 15, Bauabschnitt 20.2) abgeschlossen (Kosten: 3.900 TEUR)</li> <li>– Erneuerung der Wurzner Straße zwischen Dresdner Straße und Torgauer Straße abgeschlossen (Kosten: 1.890 TEUR)</li> <li>– Baubeginn im Petersteinweg/Karl-Liebnechtstraße zwischen Martin-Luther-Ring und Körnerstraße (Kosten: 2.500 TEUR)</li> </ul>				
<b>M1.4</b>	<b>Unterstützung bei der Umstellung des kommunalen und gewerblichen Fuhrparks auf schadstoffreduzierte Antriebe/Fahrzeuge, u. a. wird die Erarbeitung eines Förderprogramms mit einem Finanzbudget von 200 TEUR geprüft</b>	<b>2010 ff.</b>	◐	●
<i>Anmerkung:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erneuerung des städtischen Fuhrparks vor dem Hintergrund der Umweltzone mit einem Finanzvolumen von 1.213 TEUR für Nutzfahrzeuge und 93 TEUR für Personenkraftwagen</li> <li>– Förderung der Umrüstung von 51 Fahrzeugen auf umweltschonenden Erdgasantrieb mit einem Finanzvolumen von ca. 24 TEUR durch die Stadtwerke Leipzig GmbH</li> </ul>				
<b>M1.6</b>	<b>Weiterentwicklung des Parksystems (Bewirtschaftung, P+R, Leitsystem)</b>	<b>lfd.</b>	◐	●
<i>Anmerkung:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbesserung der Oberflächenqualität auf den P+R-Plätzen Plovdiver Straße, Messe, Völkerschlachtdenkmal, Schönauer Ring, Krakauer Straße, Lausen, Leutzsch (Planungsleistungen), und AGRA (Planungsleistungen),</li> <li>– Einrichtung von Busparkplätzen im Mittelbereich der Straße Am Sportforum,</li> <li>– Erarbeitung eines Anwohnerschutzkonzeptes im Bereich des Sportforums</li> <li>– Verbesserung der Flächennutzung des Stadionvorplatzes (Planungsleistungen)</li> <li>– P+R-Platz Völkerschlachtdenkmal → Fußgängerleitsystem</li> <li>– S1/Louise-Otto-Peters-Allee → Vorwegweisung zum P+R-Platz Messe</li> <li>– Stadtinformationstafeln auf den P+R-Plätzen Plovdiver Straße, Völkerschlachtdenkmal, Messe</li> <li>– P+R-Informationstafeln an den Straßen Maximilianallee, Prager Straße, Wundtstraße, Zeitzer Straße, Sandberg, Lützner Straße, Louise-Otto-Peters-Allee</li> <li>– Aufwertung der P+R-Plätze durch bspw. ein Kombiticket P+R/ÖPNV erfolgte bislang nicht.</li> </ul>				
<b>M1.8</b>	<b>Weitere Erhöhung der ÖPNV-Attraktivität durch verstärktes Marketing, Firmenabo, Großveranstaltungen mit ÖPNV-Ticket-Vertrag, Mobilitätsmanagementinitiativen/Fahrgemeinschaften in Betrieben, Mobilitätsinitiativen im Leipziger Umland zur Förderung des Umweltverbundes, Optimierung des S-Bahn-Netzes nach Fertigstellung des City-Tunnels; Steigerung der Attraktivität des Fußgängerverkehrs</b>	<b>lfd., 2012 (City-tunnel)</b>	●	●
<i>Anmerkung:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fertigstellung und Eröffnung des City-Tunnels (Dezember 2013) <ul style="list-style-type: none"> <li>→ laut Luftreinhalteplan avisierte Minderung des MIV um bis zu ca. 3 %</li> <li>→ nach aktuellen Daten von den Kordonzählstellen an der Stadtgrenze ist das Kfz-Verkehrsaufkommen im Jahr 2014 gegenüber dem Jahr 2013 um 3 % gesunken</li> <li>→ trotz Fertigstellung der BAB 72 zwischen Chemnitz und Borna und der damit faktisch existierenden 4streifigen Straßenverbindung zwischen Chemnitz und Leipzig ist das Kfz-Verkehrsaufkommen speziell an der B2-Süd im Jahr 2014 gegenüber dem Jahr 2013 um 6 % gesunken</li> </ul> </li> <li>– Fortführung der Optimierung von Lichtsignalanlagen zu Gunsten des ÖPNV (Straßenbahn und Bus) im Hinblick auf Haltezeiten und Bevorrechtigungen auf diversen Strecken</li> <li>– Fortführung des Jobtickets für Mitarbeiter der Stadtverwaltung, Einführung eines Jobtickets bei zwei städtischen Unternehmen</li> <li>– Fortführung des Kombitickets mit den städtischen Theaterhäusern</li> <li>– Abschluss von Kombiticketverträgen mit 80 % der Konzert- und Sportveranstalter in den Spielstätten Arena Leipzig, Red Bull Arena, Festwiese und Völkerschlachtdenkmal</li> <li>– Projektstart zur Einrichtung von 25 Mobilitätsstationen im Stadtgebiet → Verknüpfung von ÖPNV mit mindestens zwei weiteren Mobilitätsangeboten, i. d. R. dem Fahrrad (Leihräder, sichere Abstellmöglichkeiten) und dem Auto (Carsharing, eCar-Sharing und ggf. Taxi)</li> </ul>				
<b>M1.12</b>	<b>Einführung einer Umweltzone</b>	<b>2011</b>	●	●
<i>Anmerkung:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Einführung der Umweltzone zum 1. März 2011 mit grüner Plakette. <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ziel: Minderung der PM<sub>10</sub>/NO<sub>2</sub>-Belastung um bis ca. 10 % bezogen auf den Jahresmittelwert</li> </ul> </li> </ul>				

→ Auslaufen der Ausnahmegenehmigungen privat/gewerblich bis Ende 2014 (öffentlich rechtliche Verträge mit ÖPNV-Busunternehmen spätestens bis Ende 2016)				
<b>M1.14</b>	<b>Weiterer Ausbau und Modernisierung des ÖPNV-Netzes</b>	lfd.	●	●
<b>Anmerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– weitere Realisierung barrierefreier Haltestellen (27 Haltestellen Bus/Bahn eingerichtet)</li> <li>– Fortführung des Stadtbahnausbaus (Linie 15 - Lützner Straße, Linie 7 – Wurzner Straße, Linie 11 – Bornaische Straße sowie Haltestelle Klemmstraße, Haltestelle Hildebrandstraße und Endhaltestelle, Peterssteinweg/Karl-Liebnecht-Str., Haltestelle Pittlerstraße, Linie 16 - Bayrischer Platz/Windmühlenstraße) mit einem Finanzvolumen von ca. 30.000 TEUR</li> <li>→ avisierte Minderung des MIV laut LRP ca. 0,6 %</li> </ul>				
<b>M1.15</b>	<b>Ergänzung/Erneuerung der Fahrzeugflotte für den ÖPNV bei der Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH durch die Beschaffung von Hybridbussen</b>	ab 2011 bis 2015	◐	◐
<b>Anmerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– im Jahr 2011 aufgebaute Hybridbusflotte für den Linienverkehr bestehend aus 19 Fahrzeugen weiterhin im Einsatz</li> <li>– weitere Neubeschaffungen von Hybridbussen nur vorgesehen, sofern sich die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum Dieselbus deutlich verbessert oder Fördermittelprogramme, welche die höheren Kosten teilweise ausgleichen, nutzbar sind</li> <li>– Verfolgung der Strategie zum reinen nachladefähigen Elektrobus</li> </ul>				
<b>M1.22</b>	<b>Erhöhung der Attraktivität des Radverkehrs (Erhöhung der Anzahl an Fahrradabstellanlagen, Sanierung/Aufstellung Fahrradwegweisungen, Öffentlichkeitsarbeit)</b>	ab 2009	●	●
<b>Anmerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Herstellung neuer Radwege auf ca. 2,1 km Länge, Markierung von Radfahrstreifen auf ca. 20 km Länge</li> <li>– Aufstellung von ca. 760 Fahrradbügeln</li> <li>– Inbetriebnahme einer Fahrradgarage mit 100 Stellplätzen am Neuen Rathaus</li> <li>– Beteiligung der Stadt Leipzig am EU-Projekt zur Förderung von Öffentlichkeitsarbeit und kleineren Infrastrukturmaßnahmen (Central MeetBike)</li> <li>– Beteiligung der Stadt Leipzig an dem vom Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder/Alianza del Clima e.V. organisierten „Stadtradeln“</li> <li>– Neuauflage und Veröffentlichung des Fahrradstadtplanes für Leipzig</li> <li>→ avisierte Minderung des MIV laut LRP ca. 0,3 %</li> </ul>				
<b>M1.27</b>	<b>Verkehrsreduzierung an Abschnitten der B 181, Dufourstraße, Harkortstraße, Käthe-Kollwitz-Straße, Rödelstraße, Lützner- und Berliner Straße; Durchfahrverbot für Lkw &gt; 12 Tonnen in der Harkortstraße</b>	ab 2010	◐	◐
<b>Anmerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fortführung Lkw-Durchfahrverbot in der Harkortstraße</li> <li>– Verkehrsreduzierungen an hoch belasteten Straßenabschnitten in der Größenordnung 5 – 10 % vom DTV und 10 % vom Lkw-Aufkommen gegenüber der Prognose (Abschnitte der B 181, Dufourstraße, Käthe-Kollwitz-Straße, Rödelstraße, Berliner Straße und Lützner Straße)</li> <li>→ Ziel: Verringerung der lokalen PM<sub>10</sub>/NO<sub>2</sub>-Belastung</li> <li>– Analyse des Verkehrsaufkommens (Zählungen) in den Jahren 2011 bis 2014</li> <li>→ Verringerung der Luftschadstoffbelastung an der Harkortstraße, Käthe-Kollwitz-Straße und der B 181</li> <li>→ Erhöhung der Luftschadstoffbelastung an der Dufourstraße und Berliner Straße</li> <li>→ Rödelstraße und Lützner Straße baustellenbedingt keine Zählungen durchgeführt (→ Nachkontrolle erforderlich)</li> </ul>				
<b>Gewerbe und Industrie</b>				
<b>M2.6</b>	<b>Verstärkte Baustellenkontrollen</b>	ab 2010	○	○
<b>Anmerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– für die Umsetzung der Maßnahme ist zusätzliches Personal erforderlich</li> <li>→ Ziel: Minderung der baustellenbedingten Partikelemissionen, Reduzierung der städtischen PM<sub>10</sub>-Hintergrundbelastung</li> </ul>				
<b>Raum- und Stadtplanung</b>				
<b>M4.1</b>	<b>Schadstoffbegrenzung für Energieträgernutzung (Bauleitplanung), Prüfung der Kontrollmöglichkeit</b>	lfd.	●	●
<b>Anmerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verwendungsbeschränkung für feste Brennstoffe in B-Plänen obligatorisch</li> <li>→ zeitliche Vorziehung der Stufe 2 der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV in der Fassung vom 26. Januar 2010) → Stufe 2 galt damit für Einzelraumfeuerungsanlagen nicht erst ab dem 31.12.2014, sondern bereits zuvor</li> <li>→ Ziel: Minderung der Partikel-Emissionen aus Kleinf Feuerungsanlagen, Reduzierung der städtischen PM<sub>10</sub>-Hintergrundbelastung</li> </ul>				
<b>M4.2</b>	<b>Verstärkte Begrünung von Straßenraum und Straßenrand (Vermeidung unbefestigter, vegetationsloser Flächen) – Erhöhung des Baumbestandes um 5.000 Bäume bis 2015 und Erhalt des Altbaumbestandes</b>	bis 2015	◐	◐
<b>Anmerkung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pflanzung zusätzlicher Straßenbäume im Jahr 2013: 133, im Jahr 2014: 645</li> <li>– die laut Plan vorgesehene Pflanzung von 5.000 Bäumen gelingt nur anteilig und ist bis Ende 2015 nicht realisierbar</li> <li>→ Ziel: Verbesserung des Wärme- und Feuchtigkeitshaushaltes (Lokalklima), Verringerung der Feinstaub- und Stickstoffoxidbelastung</li> </ul>				

Öffentlichkeits- und Gremienarbeit				
<b>M5.1</b>	<b>Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit in Bezug auf Maßnahmen des Luftreinhalteplanes und Klimaschutzes</b>	<b>ab 2009</b>	●	●
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bewerbung alternativer Mobilität im Rahmen des Internationalen Transportforums und beim „Stadtradeln“ sowie gemeinsam mit der LVB im Rahmen der Lokalen Agenda 21</li> <li>– gemeinsam mit der Handwerkskammer zu Leipzig erfolgte die Erarbeitung und Verteilung einer Infokarte (Titel: „Sei schlau am Bau! ... Gesundheitsgefahr Staub“) mit Tipps zur Emissionsminderung auf Baustellen</li> <li>– Erarbeitung und Verteilung eines Flyers (Titel: „Feinstaub ... Unsichtbar, aber gefährlich ...“) mit Informationen zur Wirkung der Umweltzone und Tipps zur Luftschadstoffminderung für den Alltag</li> <li>– Bewerbung der Aktion „Baumstarke Stadt“</li> <li>– Beratung der Stadtwerke Leipzig u. a. zur Anschaffung von Erdgasfahrzeugen/Fahrzeuginstanz auf Erdgasantrieb einschließlich Fördermöglichkeiten → Ziel: Attraktivierung alternativer Mobilität/Antriebstechniken, Verringerung der Emissionen des Straßenverkehrs, Stadtbegrünung über Baumpatenschaften</li> </ul>				

Die Maßnahme „Umweltzone“ sei wegen ihrer Bedeutung an dieser Stelle noch einmal herausgegriffen und hinsichtlich erteilter Ausnahmen und im Hinblick auf die Einhaltung bzw. Kontrolle des Fahrverbotes näher beleuchtet.

Für Ausnahmen vom Fahrverbot benennt die Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung (35. BImSchV, umgangssprachlich auch Kennzeichnungs- oder Plakettenverordnung) konkrete Kraftfahrzeuge. Hierbei handelt es sich um die gemäß § 2 Abs. 3 i. V. m. Anhang 3 der 35. BImSchV von der Kennzeichnungspflicht befreiten Fahrzeuge wie z. B. mobile Maschinen und Geräte, Arbeitsmaschinen, land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen, zwei- oder dreirädrige Kraftfahrzeuge, Krankenwagen, Fahrzeuge mit Sonderrechten nach § 35 der Straßenverkehrs-Ordnung oder Oldtimer. Darüber hinaus benennt die 35. BImSchV in § 1 Abs. 2 Kriterien, bei deren Vorliegen zusätzliche Ausnahmen erteilt werden können. In Ausgestaltung dieser Kriterien hat sich die Stadt Leipzig eine ermessenslenkende Verwaltungsvorschrift [Stadt Leipzig 2010b] gegeben und eine Allgemeinverfügung [Stadt Leipzig 2010a] erlassen, nach denen sie weitere Ausnahmen erteilt.

Die erteilten Ausnahmen sollen mit dem Fahrverbot einhergehende soziale oder wirtschaftliche Härten vermeidbar machen. Insofern bleiben, neben der Verpflichtung zur Gewährleistung eines hinreichenden Gesundheitsschutzes, auch andere grundlegende Bedürfnisse der Bevölkerung nicht unbeachtet.

Mit Tabelle 16 folgt eine Auflistung der im Jahr 2014 zur Anzeige gebrachten Verstöße gegen die Kennzeichnungspflicht und der erteilten Ausnahmen vom Fahrverbot innerhalb der Umweltzone.

**Tabelle 16: Verstöße gegen die Kennzeichnungspflicht (fließender und ruhender Verkehr) sowie Anzahl der vom Fahrverbot der Umweltzone ausgenommenen Kfz mit Stand zum 31.12.2014**

Jahr	angezeigte Verstöße	per Einzelgenehmigung ausgenommene Kfz		per öffentlich-rechtlichem Vertrag ausgenommene Kfz			Gesamtsumme Ausnahmen
		Pkw	Nfz	Pkw	Lkw	Bus	
<b>2014</b>	4.290	154	506	55	647	59	1.421

Zu den in Tabelle 16 genannten Zahlen sind noch die per Allgemeinverfügung der Stadt Leipzig [Stadt Leipzig 2010a] vom Fahrverbot befreiten Kfz hinzuzurechnen. Dies betrifft im Wesentlichen Kfz der Schadstoffklasse Euro 3/III, für die nachweislich kein handelsübliches Partikelminderungssystem am Markt verfügbar ist, um diese Fahrzeuge zum Erhalt der grünen Plakette nachzurüsten. Darüber hinaus waren Reisebusse der Schadstoffklasse Euro III längstens bis zum 31.12.2014 vom Fahrverbot ausgenommen.

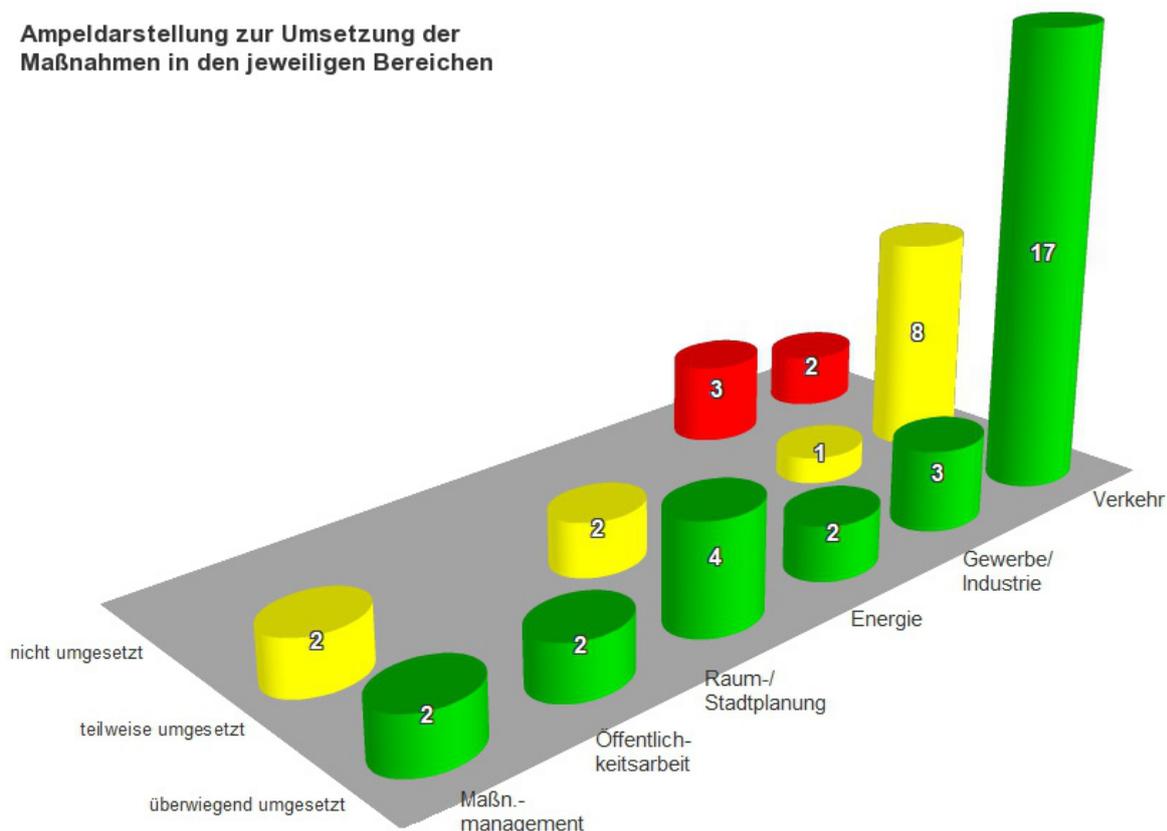
Bei der Interpretation der Wirkung der Umweltzone sind die erteilten Ausnahmen und Verstöße gegen das Fahrverbot bzw. die Kennzeichnungspflicht zu berücksichtigen. Dabei wirken sich Verstöße gegen die Kennzeichnungspflicht nicht emissionserhöhend aus, soweit das Fahrzeug lediglich über keine grüne Plakette verfügt, eine solche dem Fahrzeug jedoch auf Grund seines Abgasstandards zuteilbar wäre. Eine statistische

Differenzierung ist an dieser Stelle nicht möglich. Ebenso besteht keine Kenntnis über die mögliche Zahl unerkannt gebliebener Verstöße gegen das Fahrverbot.

Die Maßnahmen des Luftreinhalteplans der Stadt Leipzig werden regelmäßig einer Erfolgskontrolle unterzogen. Über den Stand der Umsetzung wird in der Dienstberatung des Oberbürgermeisters sowie in den Fachausschüssen und im Leipziger Stadtrat berichtet.

Nachdem in Tabelle 15 ausgewählte Maßnahmen vorgestellt wurden, bietet Abbildung 18 eine Gesamtschau zum Stand der Umsetzung aller Maßnahmen bezogen auf das Jahr 2014. Dabei wird der bereits in Tabelle 15 verwendete Indikator aufgegriffen und in Gestalt von Ampelfarben (rot – keine Umsetzung, gelb – teilweise Umsetzung, grün – überwiegende Umsetzung) wiedergegeben.

**Ampeldarstellung zur Umsetzung der Maßnahmen in den jeweiligen Bereichen**



**Abbildung 18: Zahlenmäßige Verteilung der Einzelmaßnahmen aus den jeweiligen Bereichen entsprechend der Kategorie: überwiegend umgesetzt, teilweise umgesetzt und nicht umgesetzt, bezogen auf das Jahr 2014 [Stadt Leipzig 2015]**

### Verkehrsentwicklung in Leipzig

Das Kfz-Verkehrsaufkommen ist an den 11 Kordonzählstellen an der Stadtgrenze Leipzig im Jahr 2014 gegenüber dem Jahr 2013 um 3 % gesunken.

Hervorzuheben ist, dass trotz der Fertigstellung der BAB 72 zwischen Chemnitz und Borna und der damit faktisch existierenden 4-streifigen Straßenverbindung zwischen Chemnitz und Leipzig das Kfz-Verkehrsaufkommen speziell der Bundesstraße B 2 im Süden Leipzigs gegenüber dem Jahr 2013 um 6 % gesunken ist. Der positive Effekt des im Dezember 2013 in Betrieb aufgenommenen neuen S-Bahn-Netzes überwiegt hier offenbar.

Das Lkw-Verkehrsaufkommen ist an den Kordonzählstellen der Stadtgrenze gegenüber dem Jahr 2013 um 6 % zurückgegangen.

Bei den Kfz-seitigen Auequerungen ist etwa von einer Konstanz des Kfz-Verkehrsaufkommens in den letzten Jahren auszugehen. Allerdings sind bei deren Beurteilung mehrere Baumaßnahmen der vergangenen Jahre wie u. a. an der Lützner Straße und der aktuell andauernde Neubau der Antonienbrücke an der Antonienstraße zu berücksichtigen [AUSPURG 2015].

### Maßnahmen 2013 und 2014 in Dresden

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

Die Jahre 2013 und 2014 waren gekennzeichnet durch

1. ... die „Mühen der Ebene“ bei der weiteren Umsetzung der Maßnahmen des Luftreinhalteplanes. Es gibt viele kleine Fortschritte, die zum Teil mühevoll erarbeitet werden mussten. „Große“ Maßnahmen wie zum Beispiel die Sperrung der Stadt für den Wirtschaftsdurchgangsverkehr sind nicht mehr hinzugekommen.
2. ... große Änderungen innerhalb des Verkehrssystems der Stadt, die sich durch die Eröffnung der Waldschlösschenbrücke im August 2013 und durch die Vollsperrung der Albertbrücke ab Mai 2014 ergeben haben. Damit ist eine Beurteilung der verkehrlichen Auswirkungen von verschiedenen Maßnahmen schwierig. Auch Luftschadstoffberechnungen bekommen dadurch eine gewisse Unsicherheit. Wenn die Albertbrücke nach Sanierung und Umbau wieder eröffnet wird, werden sich Verkehrsbeziehungen noch einmal stark ändern.
3. ... neue Erkenntnisse hinsichtlich des realen Abgasverhaltens (Fahrzeuge emittieren mehr als es der jeweiligen Norm entspricht) vor allem auch von Dieselfahrzeugen, die die Luftreinhalteplanung weiter erschweren und die Planungsgrundlagen des jetzt gültigen Plans als unzureichend erscheinen lassen. Diese neuen Erkenntnisse haben Eingang in das HBEFA 3.2 gefunden, das jetzt Grundlage der stadtweiten Luftschadstoffberechnungen ist. Damit sind die aktuellen Berechnungen nicht mehr mit vorhergehenden vergleichbar.

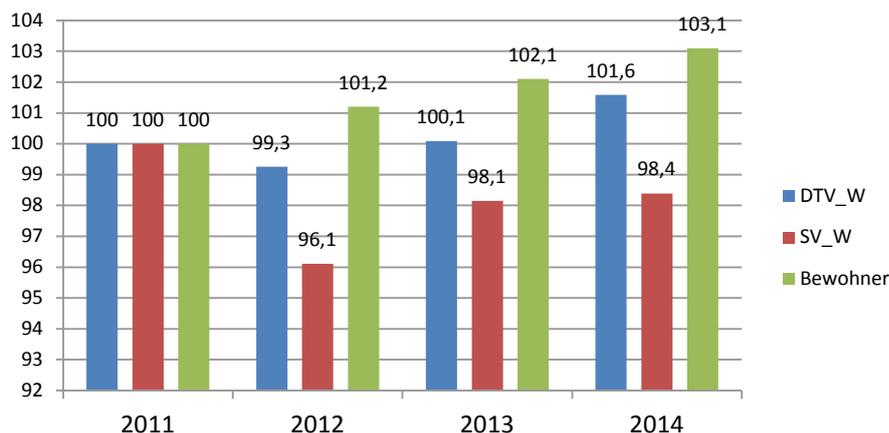
Am grundsätzlichen Vorgehen der Stadt Dresden hat sich nichts geändert. Die Ziele sind nach wie vor im Maßnahmenpaket der Stadt verankert (siehe Teil 3, Tabelle 9). Es gibt eine Reihe von ständigen Aufgaben, die permanent wahrgenommen werden. Dazu gehört die Verbesserung der Straßenoberflächen, die Optimierung der Ampelschaltungen und der Ausbau des Radwegsystems. Tabelle 17 gibt einen Einblick, was 2013/2014 hinzugekommen ist. Es ist die gleiche Tabelle wie sie für die Jahre 2011/2012 verwendet wurde. Änderungen und Ergänzungen wurden markiert (kursiv).

Die Bemühungen der Stadtverwaltung zahlen sich hinsichtlich der Gesamtbelastung, die durch den Verkehr hervorgerufen wird, aus (Abbildung 19).

Die Verkehrsbelastung ist über die letzten vier Jahre trotz steigender Einwohnerzahlen im Wesentlichen gleich geblieben. Leichten Zunahmen im Gesamtverkehr stehen leichte Abnahmen im Verkehr über 3,5 Tonnen gegenüber, der aber für die Luftreinhaltung besonders wichtig ist.

Aufgrund der eingangs beschriebenen Brückenproblematiken (Waldschlösschen-, Albertbrücke) sind Prognosen zur weiteren Entwicklung schwierig.

## Änderung bezogen auf 2011 in %



**Abbildung 19: Änderung des DTV<sub>Mo-Fr</sub>, SV<sub>Mo-Fr</sub> und der Einwohner bezogen auf das Jahr 2011 (Start des Luftreinhalteplanes) über alle Pegelzählstellen (36 von 41), für die für diese vier Jahre Werte vorliegen**

**Tabelle 17: Maßnahmenpaket des Luftreinhalteplanes für die Landeshauptstadt Dresden 2013 und 2014**

Handlungsfeld	Maßnahmen	Umsetzung	Bemerkung
Absenkung MIV-Verkehrsaufkommen in der Innenstadt	Parkraumbewirtschaftungskonzept innerhalb 26-Ring	<i>Weitgehend abgeschlossen</i>	
	Differenzierte verkehrsmittelspezifische Zufahrtswiderstände in Richtung Innenstadt	Verringerung der Zufahrtswiderstände für den ÖPNV ins Stadtzentrum – ist Planungsgrundsatz	Ist auch in den Verkehrsentwicklungsplan eingeflossen
	Verlegung von Bundesstraßen aus dem Stadtzentrum	<i>Planfeststellung zum Lückenschluss Emmerich-Ambros-Ufer einschließlich Umverlegung B170 z. Z. im Verfahren, B6 ist in Planung, B 172 wurde im Stadtzentrum zur Ortsstraße, im weiteren Verlauf zur Staatsstraße abgestuft.</i>	
	Verbesserungen ÖPNV	2014 wurden im gesamten Stadtgebiet an Bus- und Straßenbahnhaltstellen 61 neue dynamische Fahrgastinformationstafeln (DFI) in Betrieb genommen. Nunmehr sind 20 % aller Haltestellen mit DFI ausgestattet. 20 Haltestellen barrierefrei errichtet. 326 Haltestellen barrierefrei = 46 % aller Haltestellen, aktuelle Umsteigeinformationen in Fahrzeugen eingeführt	Nutzung des ÖPNV ist gestiegen auf 153 Mio Fahrgäste pro Jahr. Steigerung seit 2010 um 4,7 Mio
Verlagerung und Optimierung der Güter- und Transportverkehre	Sperrung von Teilen des Stadtgebietes für Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zGG) von mehr als 3,5 t (Zeichen 253) bei Zulassung der Verkehre mit Quelle oder Ziel in Dresden durch Zusatzzeichen „Dienstleister“ und Zusatzzeichen 1048-17 „Wohnmobile frei“	Maßnahme umgesetzt (III/2012) Sie soll den reinen Durchgangsverkehr über 3,5 Tonnen zGG aus Stadt heraushalten.	Umsetzung war schwierig – ein neues Verkehrszeichen musste entwickelt und genehmigt werden
	Beschleunigung der Entwicklung von Logistikkonzepten zur Optimierung von Güter- und Transportverkehren im gesamten Stadtgebiet, Teilprojekt Theater- und Krankenhauslogistik	Maßnahme nicht umgesetzt	Siehe Text Umsetzung 2011 und 2012

Mobilitätsmanagement	Verkehrsberatung durch Gründung eines Mobilitätsteams der Stadtverwaltung Dresden	Maßnahme umgesetzt	Feste Arbeitsgruppe innerhalb der Stadtverwaltung
	Zusätzliche Jobtickets	Gezielte Werbekampagne hat stattgefunden. Die Hürden für eine Teilnahme am Programm der DVB wurde stark abgesenkt – bisher 100 Teilnehmer pro Betreiber oder Einrichtung jetzt 30 2013 – 13.800 Jobtickets 2014 – 14.700 Jobtickets (in 88 Betrieben) <i>Lkw-Leitkonzept abgeschlossen</i>	Jobticketnutzung hat stark zugenommen – anvisierte Zahlen wurden noch nicht voll erreicht. Die Verwaltung des Freistaates beteiligt sich am Programm.
Geschwindigkeitsreduzierung auf Bundesautobahnen	Festlegung einer Maximalgeschwindigkeit von 100 km/h auf stadtnahen Bundesautobahnen zur Senkung der Stickoxideinträge ins Stadtgebiet	Maßnahme nicht umgesetzt	Zustimmung der höheren Verkehrsbehörde konnte nicht erreicht werden.
Aktivitäten mit Partnerinnen und Partnern aus Industrie, Gewerbe, Handwerk und Handel	2011 sollen 63 % der Nutzfahrzeuge >3,5 Tonnen zGG die Schadstoffklasse 4 (Grüne Plakette) erfüllen. 2015 sollen 85 % der Nutzfahrzeuge > 3,5 Tonnen zGG die Schadstoffklasse 4 erfüllen	<i>Interpoliertes Ziel 2013: 74 % Stand 2013: 58 % Interpoliertes Ziel 2014: 79,5 % Stand 2014: 63 %</i>	Die Maßnahme ist Bestandteil einer Vereinbarung der Stadt mit IHK, HWK und Handwerkschaft. <i>Wirkt vorrangig auf die Partikel-Motoremissionen, auf NO2-Werte geringe Auswirkungen (siehe Text am Anfang)</i>
Beschleunigung der Umsetzung von Maßnahmen des Luftreinhalte- und Aktionsplanes 2008	Sechs Verkehrsdosierungsanlagen waren geplant – Ziel dieser Maßnahme waren bessere Verkehrsabläufe in sensiblen Innenstadtbereichen	2 Planungen sind abgeschlossen <i>Ampel vor Autobahnschluss Nord funktioniert als Pflörtnerampel. Projekt Leipziger Straße wird nicht umgesetzt (geringe bis keine Wirkung bei hohem Mitteleinsatz)</i>	Maßnahmen erfordern hohen Planungsaufwand und sind daher nur langfristig umsetzbar. <i>Zum Teil haben sich nach Eröffnung der WSB neue Verkehrszahlen eingestellt, die neue Entscheidungen erfordern.</i>
	Ausbau Verkehrsmanagementsystem	Maßnahme läuft planmäßig	Bessere Verkehrssteuerung wird angestrebt
	Beschleunigte Umsetzung Radverkehrskonzept Innenstadt	Abarbeitung läuft planmäßig	Gute Fahrradangebote sollen die MIV-Vermeidung fördern
Absenkung MIV-Verkehrsaufkommen Blasewitz/Loschwitz	Reduzierung des Verkehrsaufkommens im Nahbereich der Loschwitzer Brücke verbunden mit einer Förderung der Verkehrsarten des Umweltverbundes	Planungen für den Bereich liegen vor unter Einbeziehung der Führung des Radverkehrs. <i>Maßnahme wahrscheinlich nicht umsetzbar aufgrund schwieriger Bedingungen (z. B. können vorgeschriebene Mindestmaße für Fahrspuren nicht eingehalten werden.)</i>	Der Bereich stellt neben dem Stadtzentrum einen Schwerpunkt bei der Luftbelastung dar

# Anlage 2: Datenqualität 2014

**Tabelle 18: Datenverfügbarkeit für Tagesmittelwerte 2014**

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LTR	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
PM <sub>10</sub>	99%	99%	99%	100%		99%	99%		100%	100%	100%	98%	100%
PM <sub>2,5</sub>	100%	99%	99%			99%	99%		99%	99%			
NO <sub>2</sub>	98%	99%	98%	99%		100%	99%		93%	99%	98%	98%	99%
EC <sup>1)</sup>	16%	17%	16%	17%		17%	16%		99%	17%		16%	
BC	97%		95%		82%	95%	74%	99%	90%				
PN <sub>30-200nm</sub>	89%		92%		83%	45%	82%	95%	92%				
Kfz		99%	87%	87%									

<sup>1)</sup> Einsatzzeit MEL tägliche Probenahme, sonst alle 6 Tage

Grau unterlegte Felder = keine Messung

**Tabelle 19: Messunsicherheit und Vergleichbarkeit der Daten**

Messgröße	Messunsicherheit für Jahresmittelwert	Vergleichbarkeit für Jahresmittelwert	Bemerkungen und Grundlage zur Abschätzung
PM <sub>10</sub>	10 %	5 %*	HVS-Filterammlung mit Laborgravimetrie, BfUL Vergleichsmessungen, STIMES Vergleichsmessung in Wiesbaden
PM <sub>2,5</sub>	10 %	5 %*	HVS-Filterammlung mit Laborgravimetrie, BfUL Vergleichsmessungen, STIMES Vergleichsmessung in Wiesbaden
EC	20 %	10 %*	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

\* für die Messstationen im sächsischen Lüftgütemessnetz (DDN, DDB, LMI, LLÜ, DDW, LWE, COL, SWB, RWD, BRO)

<sup>1)</sup> kein festgelegtes Referenzmessverfahren vorhanden

# Anlage 3: Statistik der Tagesmittelwerte 2014

## Gesetzliche Überwachungsgrößen

**Tabelle 20: Statistik 2014 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	99%	99%	99%	100%		99%	99%		100%	100%	100%	98%	100%
<b>JMW</b>	<b>27,2</b>	<b>29,5</b>	<b>28,1</b>	<b>30,4</b>		<b>20,9</b>	<b>20,7</b>		<b>23,0</b>	<b>17,6</b>	<b>14,3</b>	<b>20,4</b>	<b>17,5</b>
Stabw	14,0	14,7	15,4	17,7		13,3	14,2		12,2	12,8	10,7	12,8	12,7
Rel. St.	51%	50%	55%	58%		64%	69%		53%	73%	75%	63%	73%
Maximum	90	92	88	99		82	80		78	62	65	76	69
98-Perzentil	66	71	76	85		58	64		55	55	46	56	60
90-Perzentil	47	50	48	54		40	39		41	37	28	40	35
75-Perzentil	34	38	33	37		27	25		28	22	18	26	22
<b>50-Perzentil</b>	<b>23,3</b>	<b>25,9</b>	<b>23,7</b>	<b>25,0</b>		<b>16,5</b>	<b>16,0</b>		<b>19,3</b>	<b>12,9</b>	<b>10,9</b>	<b>16,4</b>	<b>13,5</b>
25-Perzentil	18	19	18	19		12	11		15	9	7	11	9
10-Perzentil	14	14	14	14		8	8		12	7	5	8	6
2-Perzentil	8	10	10	9		5	5		7	4	2	6	4
Minimum	6	6	5	2		3	3		4	2	1	1	2
Sommer	21,9	24,7	22,3	23,9		15,9	15,7		20,2	13,5	12,1	16,1	14,0
Winter	32,6	34,3	34,1	36,9		26,2	25,8		25,8	21,7	16,5	24,6	21,0

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 21: Anzahl der Tage 2014 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	99%	99%	99%	100%		99%	99%		100%	100%	100%	98%	100%
<b>Anzahl</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>43</b>		<b>14</b>	<b>23</b>		<b>13</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>13</b>

**Tabelle 22: Statistik 2014 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%	99%			99%	99%		99%	99%			
<b>JMW</b>	<b>17,2</b>	<b>18,2</b>	<b>18,1</b>			<b>16,4</b>	<b>14,6</b>		<b>18,9</b>	<b>12,7</b>			
Stabw	11,1	11,0	12,8			11,9	12,0		10,9	11,1			
Rel. St.	65%	60%	71%			73%	82%		58%	88%			
Maximum	64	63	73			69	69		71	51			
98-Perzentil	47	48	55			50	49		48	46			
90-Perzentil	32	33	35			34	30		34	29			
75-Perzentil	23	24	23			22	19		23	16			
<b>50-Perzentil</b>	<b>13,5</b>	<b>14,2</b>	<b>13,8</b>			<b>12,3</b>	<b>10,6</b>		<b>16,7</b>	<b>8,3</b>			
25-Perzentil	9	10	9			7	7		11	5			
10-Perzentil	6	7	7			5	5		9	4			
2-Perzentil	4	5	5			3	3		5	2			
Minimum	3	4	4			2	2		3	1			
Sommer	12,6	14,3	12,8			11,4	9,9		15,8	8,6			
Winter	21,8	22,1	23,5			21,5	19,3		22,2	16,9			

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 23: Statistik 2014 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	98%	99%	98%	99%		100%	99%		93%	99%	98%	98%	99%
<b>JMW</b>	<b>32,3</b>	<b>53,1</b>	<b>40,2</b>	<b>36,9</b>		<b>18,8</b>	<b>16,6</b>		<b>9,2</b>	<b>8,9</b>	<b>8,0</b>	<b>13,5</b>	<b>9,6</b>
Stabw	8,6	18,2	11,7	12,1		8,4	7,6		4,8	5,1	6,5	8,1	5,3
Rel.St.	27%	34%	29%	33%		44%	46%		53%	57%	81%	60%	55%
Maximum	60	137	93	80		49	48		35	30	32	40	34
98-Perzentil	50	92	70	66		40	36		21	22	26	32	23
90-Perzentil	44	78	55	52		30	26		16	17	18	25	17
75-Perzentil	38	64	47	44		24	21		12	11	11	19	13
<b>50-Perzentil</b>	<b>32,0</b>	<b>51,9</b>	<b>38,8</b>	<b>36,5</b>		<b>17,4</b>	<b>15,0</b>		<b>7,7</b>	<b>7,3</b>	<b>5,9</b>	<b>12,5</b>	<b>8,4</b>
25-Perzentil	26	41	32	28		13	11		6	5	3	7	6
10-Perzentil	21	32	26	22		9	8		4	4	2	4	4
2-Perzentil	17	21	18	15		6	6		3	3	1	2	3
Minimum	13	12	17	11		4	5		2	2	1	1	1
Sommer	30,4	53,9	38,2	36,2		15,4	13,2		6,5	6,5	4,7	9,5	6,7
Winter	34,2	52,3	42,3	37,6		22,3	20,1		11,7	11,2	11,2	17,4	12,6

**Tabelle 24: Statistik 2014 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	98%	99%	98%	99%		100%	99%		94%	99%	98%	98%	99%
<b>JMW</b>	<b>64,1</b>	<b>161,0</b>	<b>116,8</b>	<b>85,7</b>		<b>26,8</b>	<b>22,5</b>		<b>10,4</b>	<b>11,0</b>	<b>10,2</b>	<b>17,1</b>	<b>12,2</b>
Stabw	29,4	72,3	50,3	44,4		19,2	14,0		6,6	6,7	7,3	11,3	7,3
Rel.St.	46%	45%	43%	52%		72%	62%		63%	61%	71%	67%	59%
Maximum	264	506	337	303		158	95		58	66	39	80	59
98-Perzentil	137	330	243	190		76	67		29	27	31	53	32
90-Perzentil	104	251	192	147		48	40		18	19	20	31	21
75-Perzentil	76	204	138	110		33	27		14	13	13	22	15
<b>50-Perzentil</b>	<b>57,4</b>	<b>149,0</b>	<b>107,7</b>	<b>77,6</b>		<b>21,0</b>	<b>18,2</b>		<b>8,4</b>	<b>8,8</b>	<b>7,9</b>	<b>14,9</b>	<b>10,2</b>
25-Perzentil	44	107	82	54		15	13		6	7	5	9	7
10-Perzentil	35	80	62	37		11	10		5	6	4	6	6
2-Perzentil	25	51	43	22		7	8		3	5	3	4	4
Minimum	17	28	36	14		6	6		2	3	3	3	3
Sommer	55,1	156,4	105,1	77,5		19,7	16,6		7,2	8,1	6,8	12,0	8,7
Winter	73,0	165,7	129,0	93,9		34,0	28,4		13,4	13,9	13,5	22,1	15,7

**Kfz-Zählergebnisse der Stadtverwaltungen Leipzig und Dresden**

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 25: Statistik 2014 für die Anzahl aller Kraftfahrzeuge (Kfz) pro Tag von Montag bis Sonntag**

Stationstyp	Städtische Straße				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
Verfügbarkeit		99%	87%	87%	
<b>JMW</b>		<b>25.839</b>	<b>48.479</b>	<b>16.731</b>	
Stabw		5.578	9.029	3.544	
Rel.St.		22%	19%	21%	
Maximum		35.729	64.547	25.400	
98-Perzentil		33.061	61.747	23.585	
90-Perzentil		31.487	58.119	20.206	
75-Perzentil		29.774	55.405	18.666	
<b>50-Perzentil</b>		<b>27.955</b>	<b>51.075</b>	<b>17.444</b>	
25-Perzentil		21.096	43.065	15.017	
10-Perzentil		16.429	33.194	10.566	
2-Perzentil		13.766	30.379	9.202	
Minimum		11.756	25.418	7.246	
Sommer		26.180	46.433	16.476	
Winter		25.498	50.191	16.947	

**Tabelle 26: Statistik 2014 für die Anzahl der Schwerverkehrsfahrzeuge (SV) pro Tag von Montag bis Sonntag**

Stationstyp	Städtische Straße				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
Verfügbarkeit		99%	87%	87%	
<b>JMW</b>		<b>980</b>	<b>1.206</b>	<b>437</b>	
Stabw		386	488	230	
Rel.St.		39%	40%	53%	
Maximum		1.539	1.924	865	
98-Perzentil		1.455	1.748	797	
90-Perzentil		1.360	1.654	688	
75-Perzentil		1.282	1.580	581	
<b>50-Perzentil</b>		<b>1.158</b>	<b>1.459</b>	<b>518</b>	
25-Perzentil		531	771	188	
10-Perzentil		385	374	71	
2-Perzentil		317	246	40	
Minimum		258	177	23	
Sommer		1.039	1.238	446	
Winter		921	1.179	428	

**Ergänzende wissenschaftliche Sondermessungen**

**Tabelle 27: Statistik 2014 für EC<sub>PM10</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	16%	17%	16%	17%		17%	16%		99%	17%		16%	
<b>JMW</b>	<b>2,42</b>	<b>3,67</b>	<b>2,67</b>	<b>2,68</b>		<b>1,96</b>	<b>1,73</b>		<b>1,38</b>	<b>1,36</b>		<b>1,42</b>	
Stabw	1,12	1,40	1,48	1,66		1,36	1,53		0,97	1,35		0,88	
Rel.St.	46%	38%	55%	62%		70%	88%		71%	99%		62%	
Maximum									7,5				
98-Perzentil									4,3				
90-Perzentil									2,4				
75-Perzentil	2,9	4,3	3,3	3,0		2,4	2,0		1,7	1,8		1,9	
<b>50-Perzentil</b>	<b>2,13</b>	<b>3,54</b>	<b>2,29</b>	<b>2,32</b>		<b>1,64</b>	<b>1,33</b>		<b>1,17</b>	<b>0,82</b>		<b>1,23</b>	
25-Perzentil	1,6	2,6	1,9	1,6		0,9	0,8		0,7	0,5		0,8	
10-Perzentil									0,4				
2-Perzentil									0,2				
Minimum									0,1				
Sommer	2,02	3,45	2,31	2,25		1,46	1,26		1,24	0,97		1,10	
Winter	2,81	3,88	3,05	3,13		2,49	2,24		1,52	1,76		1,77	

**Tabelle 28: Statistik 2014 für BC<sub>PM1</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	97%		95%		82%	95%	74%	99%	90%				
<b>JMW</b>	<b>1,81</b>		<b>2,17</b>		<b>1,87</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>0,96</b>	<b>0,70</b>				
Stabw	0,81		1,10		1,08	0,75	0,96	0,82	0,83				
Rel.St.	45%		51%		57%	68%	88%	85%	118%				
Maximum	5,2		9,6		9,8	3,8	7,9	6,7	7,1				
98-Perzentil	3,9		4,7		4,4	3,0	3,9	3,3	3,2				
90-Perzentil	3,1		3,5		3,3	2,2	2,2	1,9	1,5				
75-Perzentil	2,2		2,6		2,3	1,5	1,4	1,2	0,9				
<b>50-Perzentil</b>	<b>1,57</b>		<b>1,94</b>		<b>1,65</b>	<b>0,92</b>	<b>0,80</b>	<b>0,71</b>	<b>0,40</b>				
25-Perzentil	1,3		1,5		1,2	0,5	0,5	0,4	0,2				
10-Perzentil	1,0		1,2		0,8	0,3	0,3	0,3	0,2				
2-Perzentil	0,7		0,7		0,4	0,2	0,2	0,2	0,1				
Minimum	0,4		0,4		0,3	0,2	0,1	0,1	0,1				
Sommer	1,52		1,88		1,63	0,81	0,69	0,66	0,39				
Winter	2,11		2,48		2,26	1,43	1,37	1,28	1,04				

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

**Tabelle 29: Statistik 2014 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	89%		92%		83%	45%	82%	95%	92%				
<b>JMW</b>	<b>5.443</b>		<b>5.745</b>		<b>5.805</b>	<b>4.267</b>	<b>2.895</b>	<b>3.128</b>	<b>2.904</b>				
Stabw	1.711		1.883		2.221	1.863	1.149	1.283	1.226				
Rel.St.	31%		33%		38%	44%	40%	41%	42%				
Maximum	11.491		11.298		13.993	12.035	7.040	8.905	8.912				
98-Perzentil	9.241		10.154		10.966	8.522	5.589	6.104	5.828				
90-Perzentil	7.620		8.076		8.656	6.724	4.480	4.811	4.444				
75-Perzentil	6.462		7.006		7.151	5.293	3.516	3.845	3.532				
<b>50-Perzentil</b>	<b>5.257</b>		<b>5.606</b>		<b>5.610</b>	<b>4.127</b>	<b>2.735</b>	<b>2.985</b>	<b>2.669</b>				
25-Perzentil	4.289		4.492		4.291	2.885	2.070	2.225	2.049				
10-Perzentil	3.451		3.431		3.102	1.964	1.653	1.695	1.579				
2-Perzentil	2.144		2.183		1.597	1.573	1.036	1.010	1.103				
Minimum	1.317		1.346		852	1.054	569	587	637				
Sommer	5.308		5.896		6.013	4.321	3.030	3.206	3.058				
Winter	5.609		5.600		5.550	4.237	2.785	3.044	2.761				

**Tabelle 30: Statistik 2014 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	81%		84%		80%	70%	75%	87%	67%				
<b>JMW</b>	<b>3,87</b>		<b>3,82</b>		<b>3,87</b>	<b>3,23</b>	<b>2,23</b>	<b>2,40</b>	<b>2,41</b>				
Stabw	1,90		1,78		2,13	1,99	1,30	1,26	1,51				
Rel.St.	49%		47%		55%	62%	59%	53%	63%				
Maximum	10,79		9,20		9,75	9,11	6,17	7,08	7,65				
98-Perzentil	7,89		7,31		8,16	7,21	4,79	5,33	5,92				
90-Perzentil	5,97		5,81		6,12	5,35	3,75	4,06	3,97				
75-Perzentil	4,54		4,71		4,78	4,16	2,83	2,97	3,01				
<b>50-Perzentil</b>	<b>3,61</b>		<b>3,62</b>		<b>3,77</b>	<b>3,04</b>	<b>2,08</b>	<b>2,23</b>	<b>2,18</b>				
25-Perzentil	2,81		2,74		2,74	2,06	1,39	1,54	1,52				
10-Perzentil	2,27		2,15		1,78	1,31	1,00	1,10	1,00				
2-Perzentil	1,27		1,23		0,83	0,64	0,64	0,62	0,64				
Minimum	0,86		0,90		0,74	0,43	0,48	0,47	0,41				
Sommer	3,51		3,71		3,69	3,09	2,13	2,24	2,30				
Winter	3,87		3,76		3,96	3,01	2,21	2,38	2,46				

# Anlage 4: Einfluss der Bautätigkeit auf die PM<sub>10</sub>- und BC-Immission an der Messstation Leipzig-Mitte 2014

Um die PM<sub>10</sub>-Massenkonzentration richtig zu erfassen und zu deuten, müssen exakt die Bedingungen an jeder einzelnen Station dokumentiert sein. Standortwechsel oder zusätzliche Quellen im Umkreis der Messstationen müssen erkannt und berücksichtigt werden. An der Station L-Mitte wurde von 2010 bis 2012 an dem neuen Einkaufszentrum „Höfe am Brühl“ gebaut. Das ging einher mit dem Abreißen der dortigen bestehenden Bausubstanz, der Aushebung der Baugrube und dann der Neubauung. Danach erfolgten bis zum Jahr 2014 Arbeiten am Ringgrün in unmittelbarer Nähe der Messstation.

Bei Baustellen werden hauptsächlich grobe Partikel ( $D_p \geq 1 \mu\text{m}$ ) emittiert. Durch Abriss, Teilabbau und Aufwirbelung von Sand erhöht sich die Konzentration um ein Vielfaches gegenüber ‚normalen‘ Verhältnissen. Die Tage, an denen eine hohe Zusatzbelastung durch die Baustelle vorliegt, müssen ermittelt werden. Hierfür werden im Messnetz relevante verkehrsnahen Stationen miteinander verglichen und daraus eine Zusatzbelastung durch die vorherrschende Baustellentätigkeit ermittelt.

Nun soll in diesem Zusammenhang zusätzlich auch versucht werden, den Ruß (mBC) und die Partikelgrößenverteilung an den entsprechenden Tagen genauer zu untersuchen und eine Zusatzbelastung durch Baustellenemissionen zu erfassen.

## Methode für PM<sub>10</sub>

Wie die zusätzliche Baustellenbelastung berechnet wird, ist die schon im ersten wie auch im zweiten Umweltzonen-Bericht (LfULG 2014) gezeigt worden. An dieser Stelle wird die Methode noch einmal kurz wiederholt:

Es werden die ½-h-Mittelwerte für PM<sub>10</sub> der Messstation Leipzig-Mitte (LMI) mit denen der drei weiteren verkehrsnahen Messstationen (LLÜ, DDN, DDB) verglichen. Die folgenden Kriterien sind für die Bautätigkeit definiert:

- I. Median der drei Vergleichsstationen kleiner  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>10</sub> für 1-h-Mittel gegenüber LMI
- II. Mindestens zwei 1-h-Werte erfüllen 1. Anstrich
- III. Vergleichsstation LLÜ darf keinen ähnlichen Verlauf wie LMI aufweisen

Zusatzbelastung für die „lokale Bautätigkeit“ (PM10\_ZB\_Bau) erfolgt aus 1-h-Werten, danach wird die Zusatzbelastung auf den Tagesmittelwert bezogen

In Tabelle 31 sind des Weiteren alle Tage des Jahres 2014 mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert von PM<sub>10</sub> an der Station Leipzig-Mitte aufgelistet. An 17 Tagen kam es zu einer solchen Zusatzbelastung und an 2 Tagen kam es durch diese Zusatzbelastung zu einer Grenzwertüberschreitung im Tagesmittel von über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei einem Jahresmittelwert 2014 in der PM<sub>10</sub>-Massenkonzentration von  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegt die Zusatzbelastung bei  $0,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , was etwa 1,33 % entspricht. Im Vergleich zu 2013 ist dies ein leichter Anstieg. Dieses Verhalten lässt sich erklären, weil im Jahr 2014 noch viel an den Grünanlagen in der Nähe der Messstation gebaut und verändert worden ist.

**Tabelle 31: Tage mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert PM10 an der Station Leipzig-Mitte im Jahr 2014**

Tag	PM10_ZB_Bau in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10_Andere Quellen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10_GB in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	GW-Ü durch Bautätigkeit?	Anteil ZB_Bau
Freitag, 31. Januar 2014	31	52	84	nein	38 %
Dienstag, 25. Februar 2014	2	48	50	ja	4 %
Dienstag, 4. März 2014	16	59	76	nein	21 %
Donnerstag, 6. März 2014	3	71	73	nein	4 %
Freitag, 7. März 2014	2	61	63	nein	4 %
Donnerstag, 13. März 2014	2	74	76	nein	3 %
Samstag, 15. März 2014	2	33	35	nein	6 %
Freitag, 21. März 2014	4	29	34	nein	13 %
Sonntag, 23. März 2014	2	19	21	nein	11 %
Dienstag, 1. April 2014	3	72	74	nein	3 %
Mittwoch, 21. Mai 2014	11	22	33	nein	34 %
Samstag, 5. Juli 2014	3	25	28	nein	10 %
Sonntag, 13. Juli 2014	4	19	22	nein	17 %
Sonntag, 28. September 2014	7	21	28	nein	26 %
Mittwoch, 29. Oktober 2014	3	44	47	nein	6 %
Freitag, 5. Dezember 2014	22	62	83	nein	26 %

**Tabelle 32: Wert für den Einfluss der Bautätigkeit auf das Jahresmittel der Rußmassenkonzentration an der Station Leipzig-Mitte in den Jahren 2013 und 2014**

$m_{\text{BC}}$ ZB Bau in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$m_{\text{BC}}$ Andere Quellen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$m_{\text{BC}}$ GB in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anteil ZB Bau
<b>0,005</b>	<b>2,275</b>	<b>2,280</b>	<b>0,11 %</b>

### Ruß ( $m_{\text{BC}}$ )

Als nächster Schritt werden die entsprechenden Tage der PM<sub>10</sub>-Untersuchung auch für den Ruß untersucht. Die Methode ist analog, wobei nun ½-h-Mittelwerte herangezogen wurden. Ferner werden die Leipziger Messstationen der Umweltzonen-Kampagne als Referenz genommen.

Bei einem Jahresmittelwert 2014 in der  $m_{\text{BC}}$ -Massenkonzentration von 2,28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  liegt die Zusatzbelastung bei 0,005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , was etwa 0,1 % entspricht (Tabelle 32). Auch für das Jahr 2014 ist dies deutlich weniger als in der PM<sub>10</sub>-Massenkonzentration, was mit der Beobachtung übereinstimmt, dass die Zusatzbelastung der Baustellenemissionen erst ab  $D_p \geq 1 \mu\text{m}$  wirklich vorhanden ist.

### Partikelgrößenverteilung

Als letzter Schritt war noch einmal vorgesehen, die Partikelgrößenverteilung an der Station L-Mitte auf mögliche Zusatzbelastung durch Baustellenemissionen zu untersuchen. Aber auch für das Jahr 2014 konnte kein signifikanter Einfluss ermittelt werden. Zu stark waren die Variationen und Fluktuationen, um darauf auf einen Einfluss einer Zusatzbelastung rückzuschließen. Analog zur Auswertung für die Station L-Mitte wird auch an der Station Leipzig Lützner Straße verfahren.

In Tabelle 33 sind des Weiteren alle Tage des Jahres 2014 mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert von PM<sub>10</sub> an der Station L-Lützner Straße aufgelistet. An 17 Tagen kam es zu einer solchen Zusatzbelastung und an 6 Tagen kam es durch diese Zusatzbelastung zu einer Grenzwertüberschreitung im Tagesmittel von über 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei einem Jahresmittelwert 2014 in der PM<sub>10</sub>-Massenkonzentration von 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  liegt die Zusatzbelastung bei 0,87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , was etwa 3,1 % entspricht. Im Vergleich zu 2013 ist dies insgesamt weiter ein leichter Rückgang.

**Tabelle 33: Tage mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert PM10 an der Station Leipzig-Lützner Straße im Jahr 2014**

Tag	PM10_ZB_Bau in µg/m³	PM10_Andere Quellen in µg/m³	PM10_GB in µg/m³	GW-Ü durch Bautätigkeit?	Anteil ZB_Bau
Samstag, 4. Januar 2014	2	18	20	nein	12 %
Freitag, 24. Januar 2014	3	62	65	nein	4 %
Samstag, 25. Januar 2014	2	84	87	nein	3 %
Sonntag, 26. Januar 2014	11	75	86	nein	13 %
Mittwoch, 29. Januar 2014	6	76	82	nein	7 %
Donnerstag, 30. Januar 2014	30	72	102	nein	30 %
Freitag, 31. Januar 2014	43	50	93	nein	47 %
Montag, 3. Februar 2014	2	46	48	nein	5 %
Mittwoch, 26. Februar 2014	6	42	49	nein	13 %
Montag, 3. März 2014	34	47	81	ja	42 %
Dienstag, 4. März 2014	4	61	65	nein	7 %
Freitag, 7. März 2014	3	54	57	nein	5 %
Sonntag, 9. März 2014	7	47	54	ja	12 %
Montag, 10. März 2014	12	59	71	nein	17 %
Mittwoch, 12. März 2014	10	49	59	ja	18 %
Donnerstag, 13. März 2014	17	69	85	nein	20 %
Freitag, 14. März 2014	5	72	78	nein	7 %
Sonntag, 30. März 2014	10	56	66	nein	15 %
Dienstag, 8. April 2014	4	18	21	nein	16 %
Dienstag, 29. April 2014	2	42	44	nein	5 %
Mittwoch, 30. April 2014	5	46	51	nein	10 %
Samstag, 25. Oktober 2014	11	26	37	nein	29 %
Mittwoch, 29. Oktober 2014	2	40	43	nein	6 %
Dienstag, 11. November 2014	8	46	55	ja	15 %
Montag, 17. November 2014	6	36	41	nein	14 %
Donnerstag, 4. Dezember 2014	34	55	89	ja	39 %
Freitag, 5. Dezember 2014	20	55	74	nein	26 %
Mittwoch, 31. Dezember 2014	2	27	29	nein	8 %

# Anlage 5: Mittlerer Tagesgang der Messgrößen von Montag bis Sonntag der Jahre 2010 bis 2014

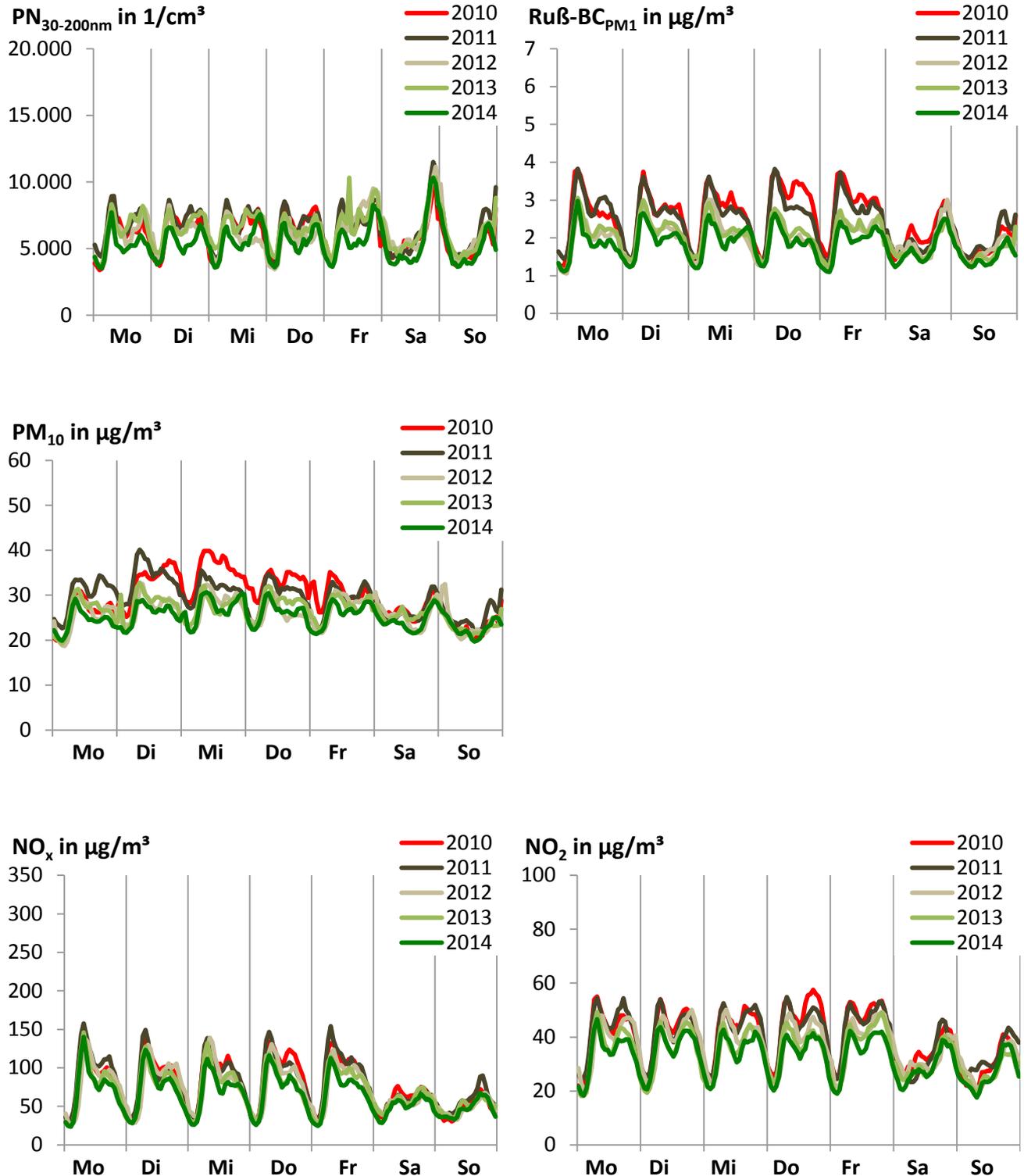
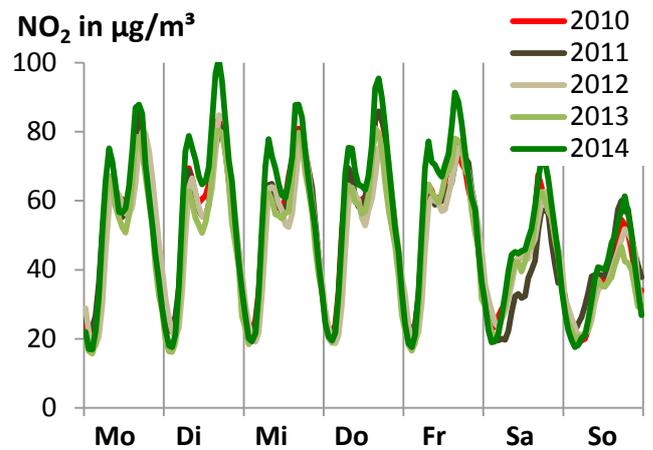
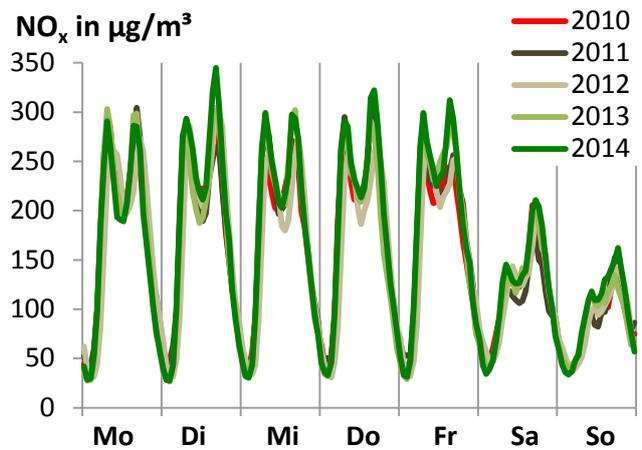
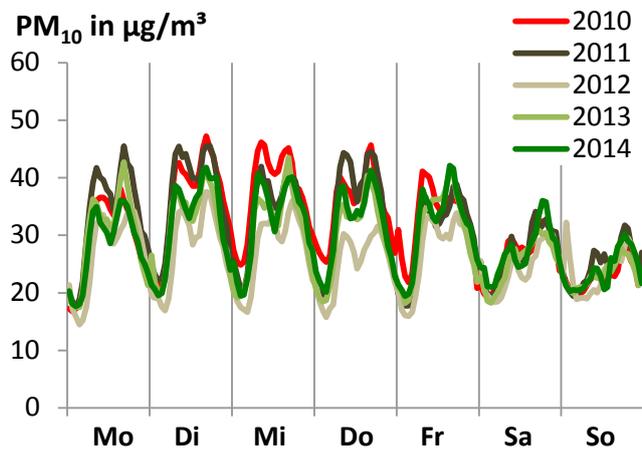


Abbildung 20: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Nord (DDN) für die Partikel PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub> und PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014



**Abbildung 21: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Dresden-Bergstraße (DDB) für die Partikel PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**

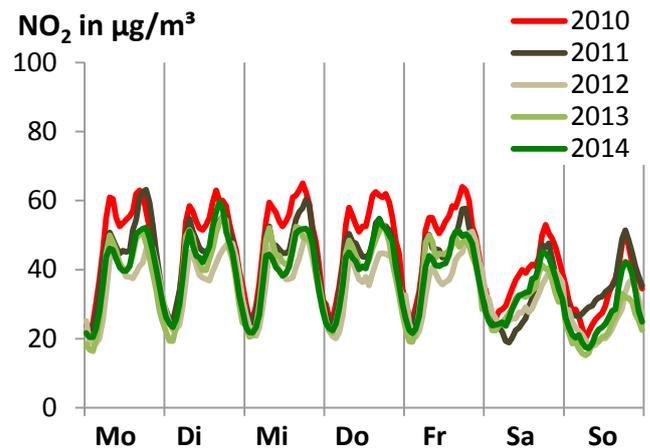
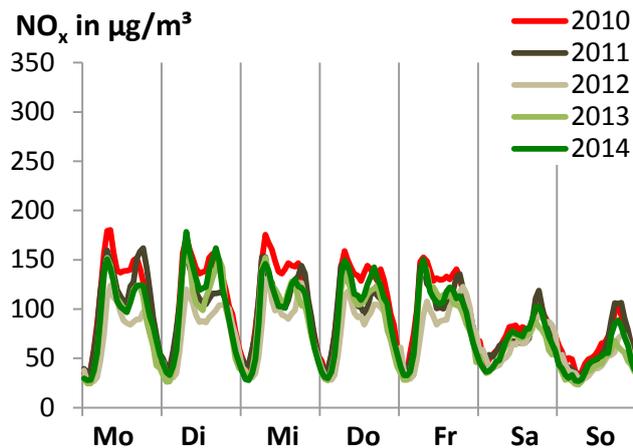
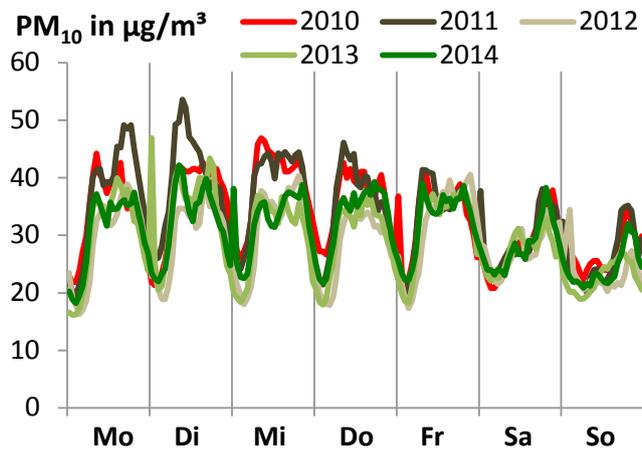


Abbildung 22: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Lützner Straße (LLÜ) für die Partikel  $PM_{10}$  sowie für die Gase  $NO_2$  und  $NO_x$  der Jahre von 2010 bis 2014

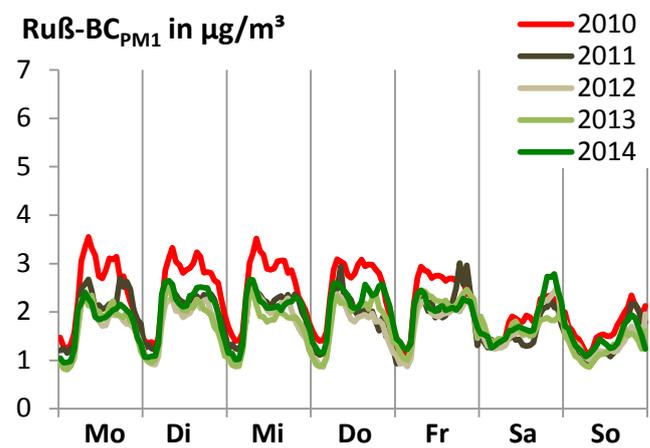
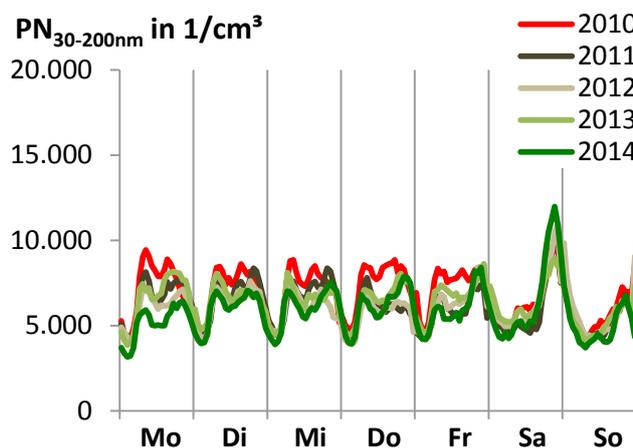
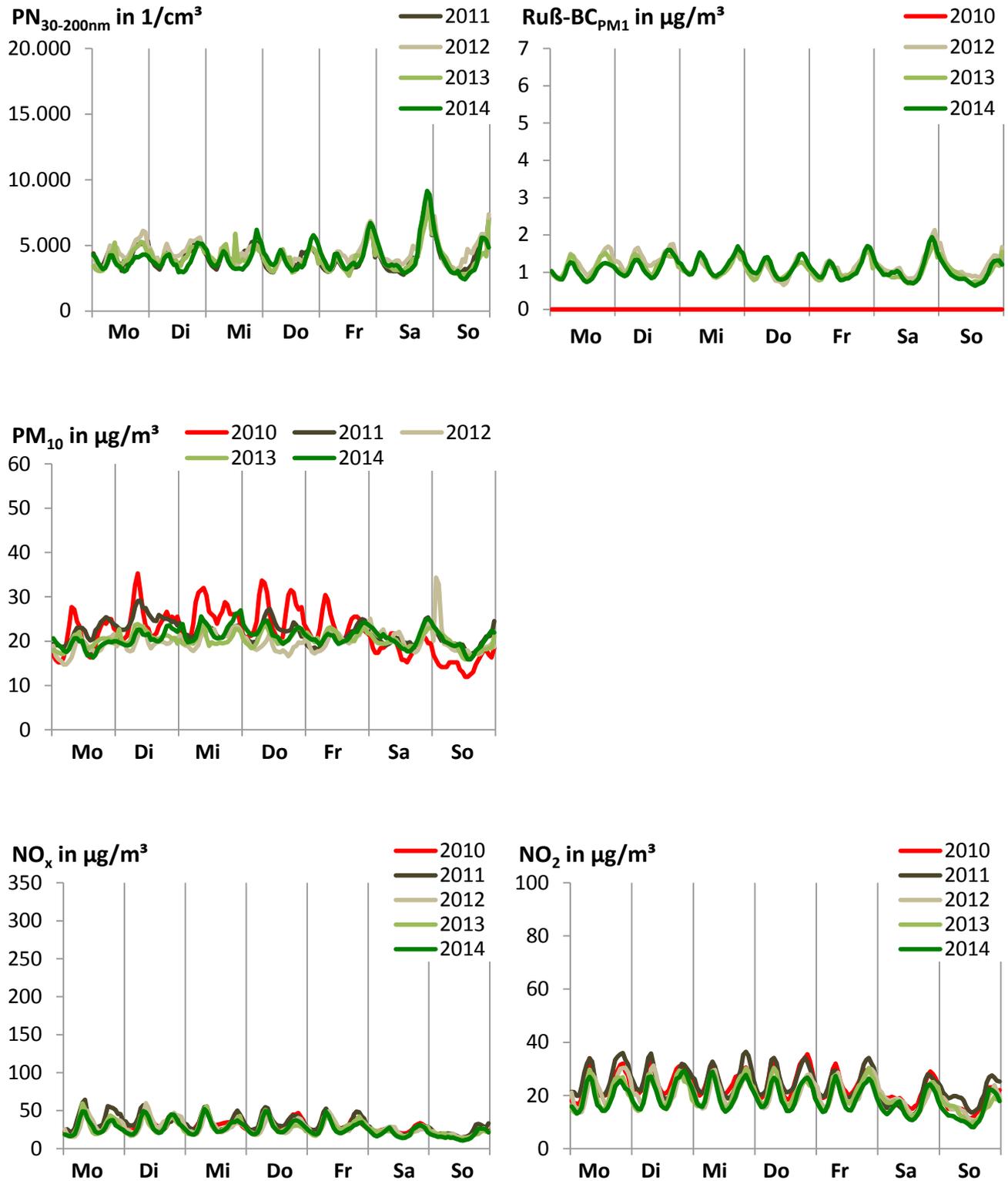
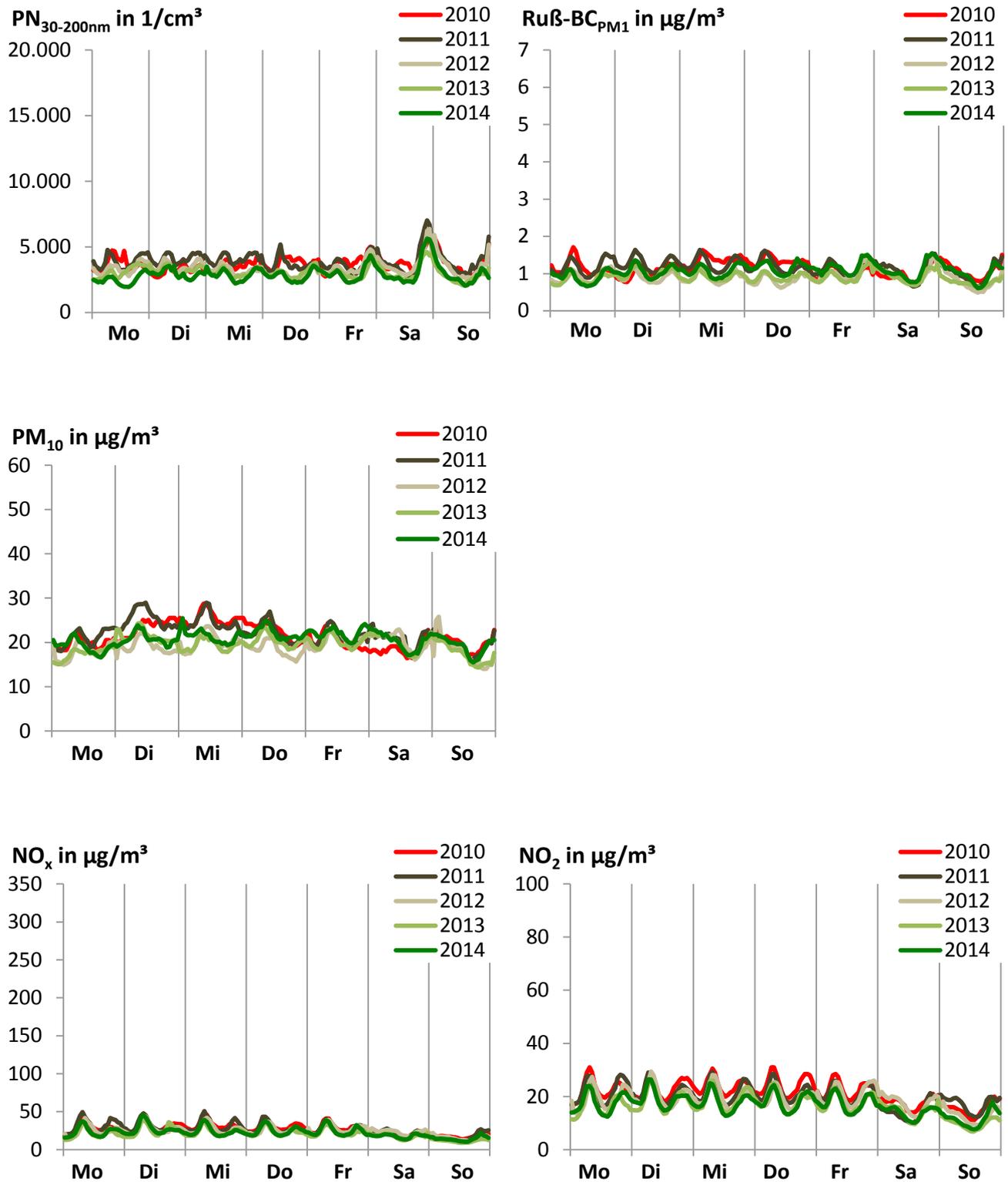


Abbildung 23: Mittlerer Tagesgang der Woche an der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Eisenbahnstraße (LEI) für die Partikel  $PN_{30-200nm}$  und Ruß- $BC_{PM1}$  der Jahre von 2010 bis 2014



**Abbildung 24: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messtation Dresden-Winkelmannstraße (DDW) für die Partikel PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub> und PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**



**Abbildung 25: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messtation Leipzig-West (LWE) für die Partikel PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub> und PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**

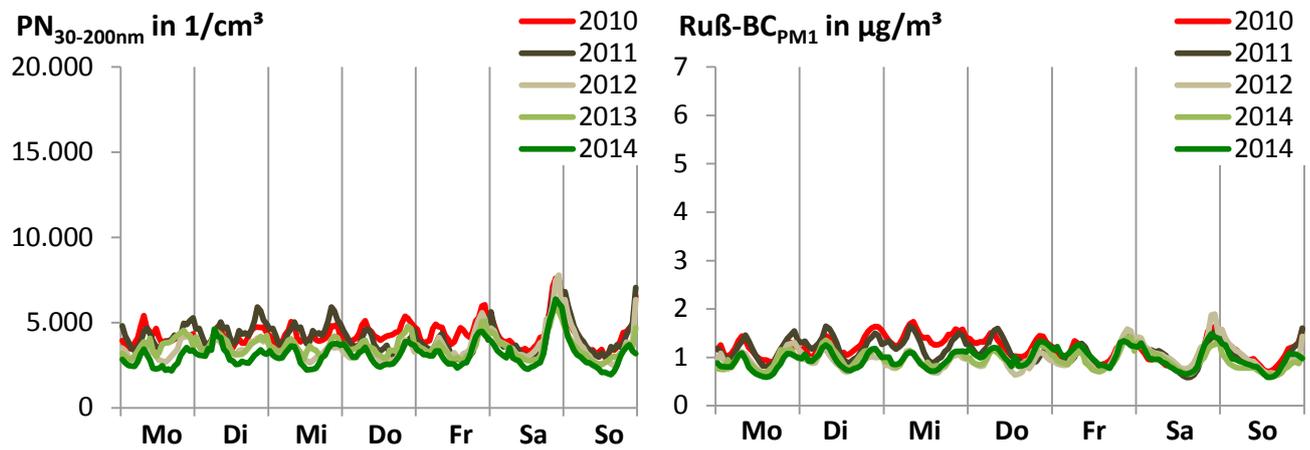
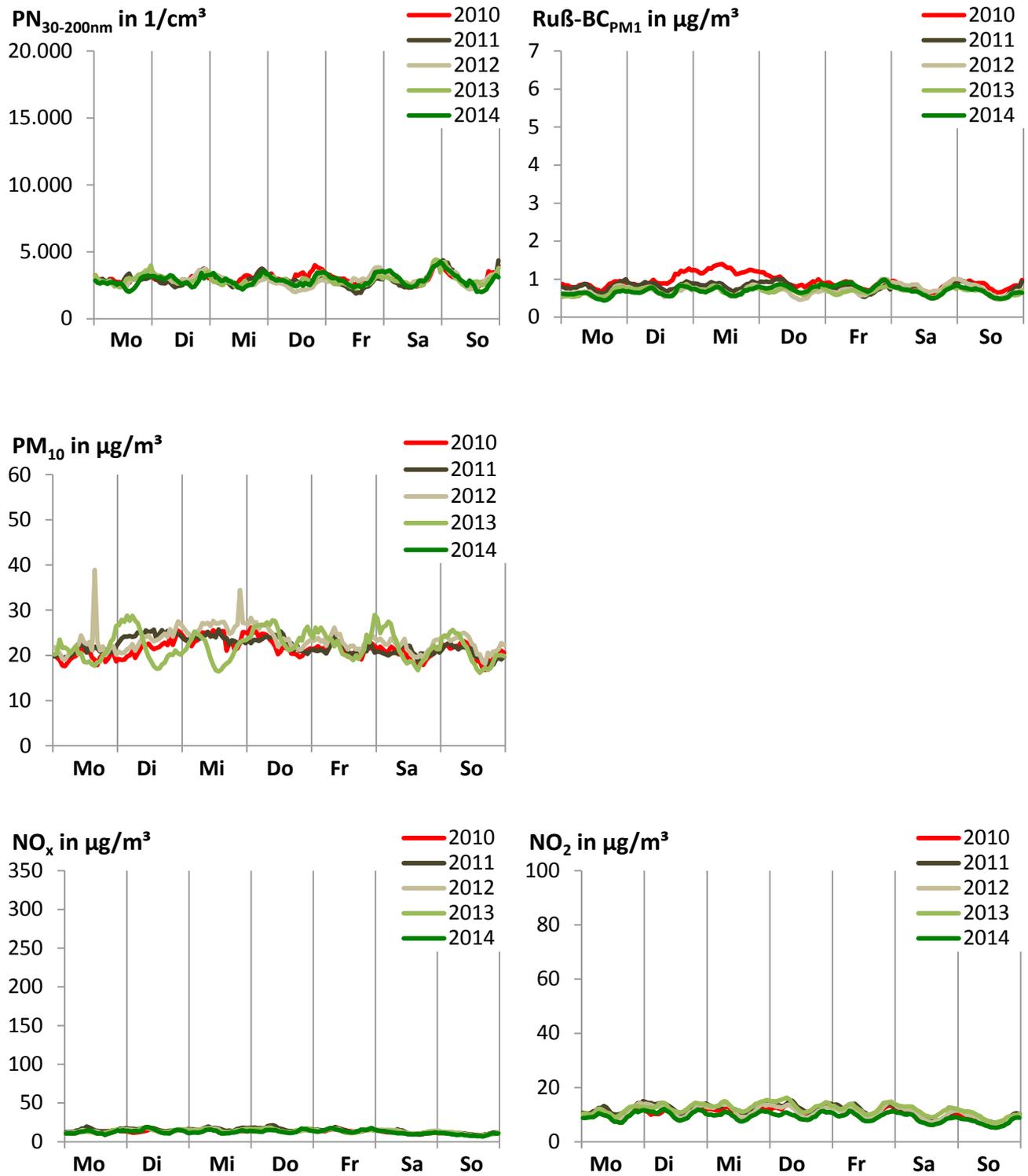
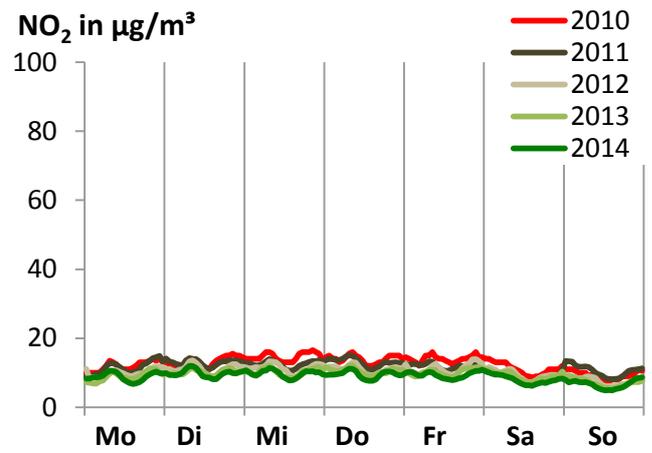
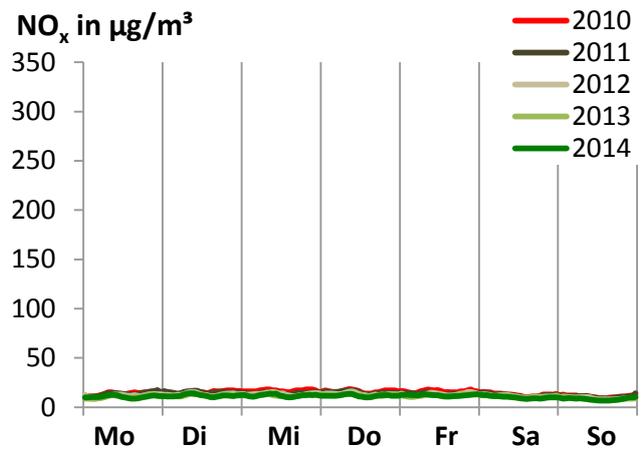
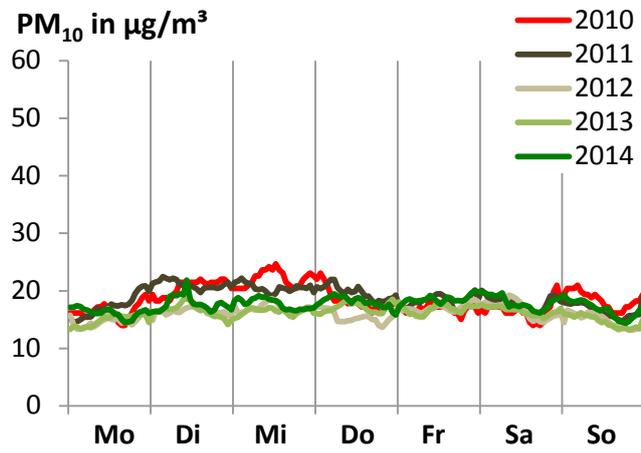


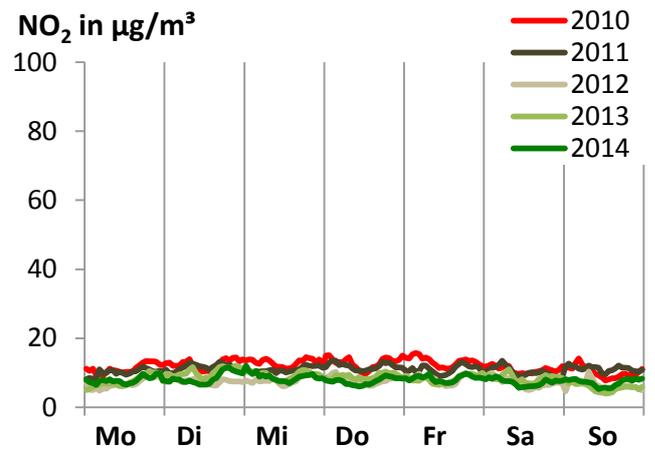
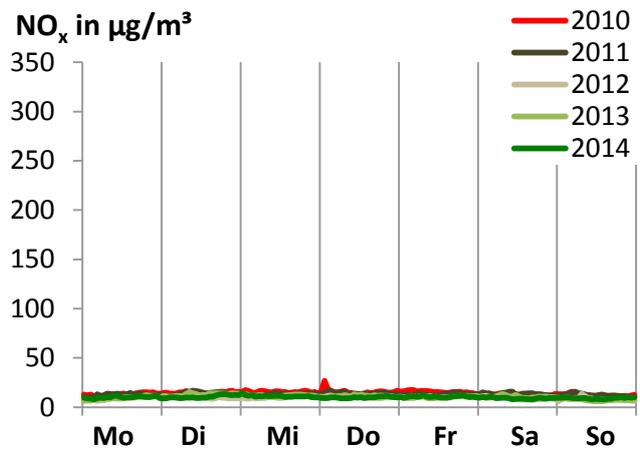
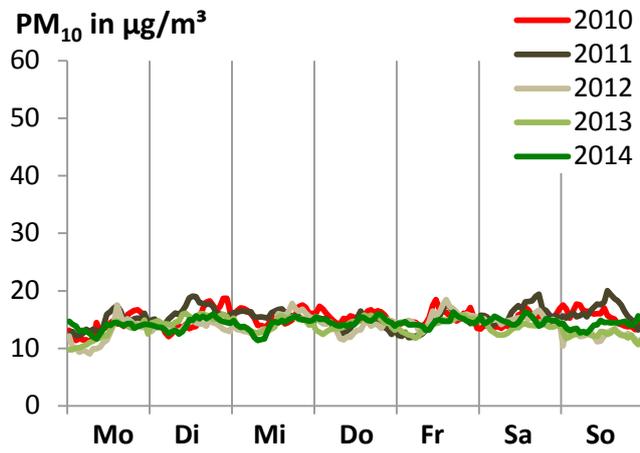
Abbildung 26: Mittlerer Tagesgang der Woche an der städtischen Hintergrund-Messstation Leipzig-TROPOS (LTR) für die Partikel PN<sub>30-200nm</sub> und Ruß-BC<sub>PM1</sub> der Jahre von 2010 bis 2014



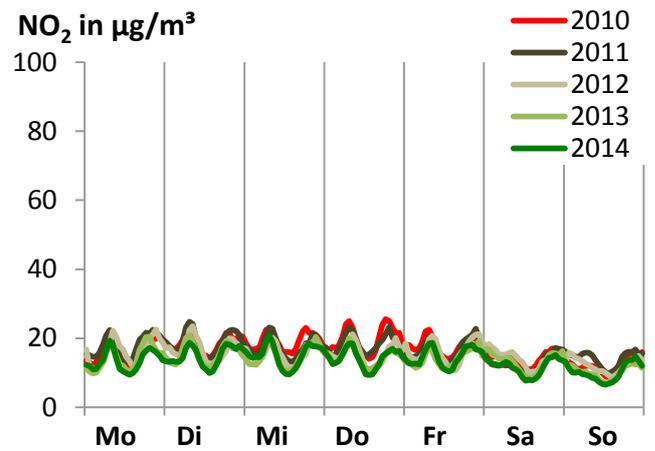
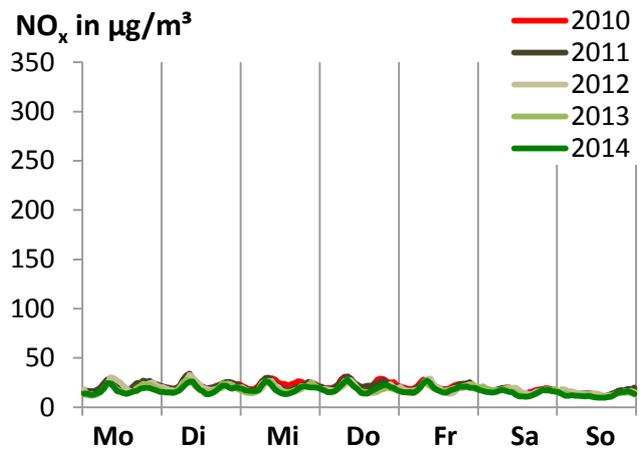
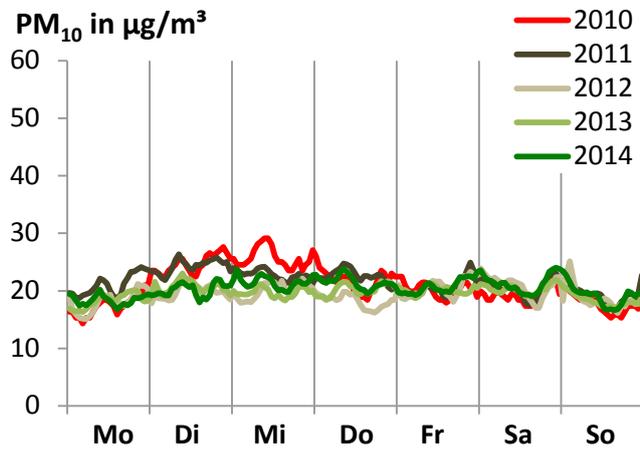
**Abbildung 27: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Melpitz (MEL) für die Partikel PN<sub>30-200nm</sub>, Ruß-BC<sub>PM1</sub> und PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**



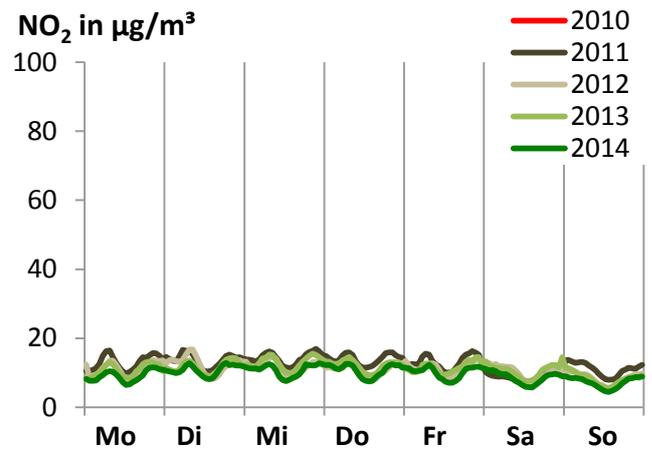
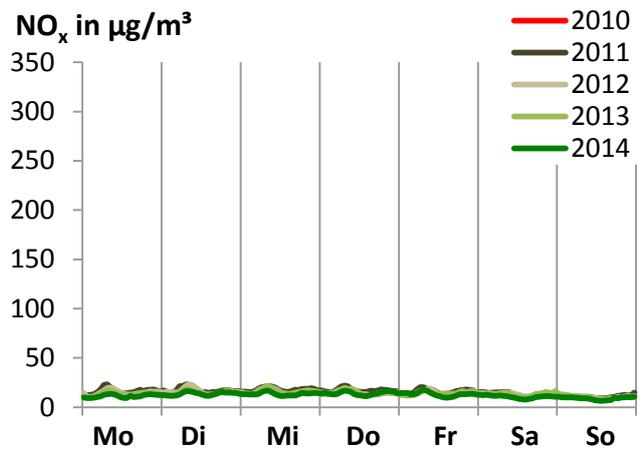
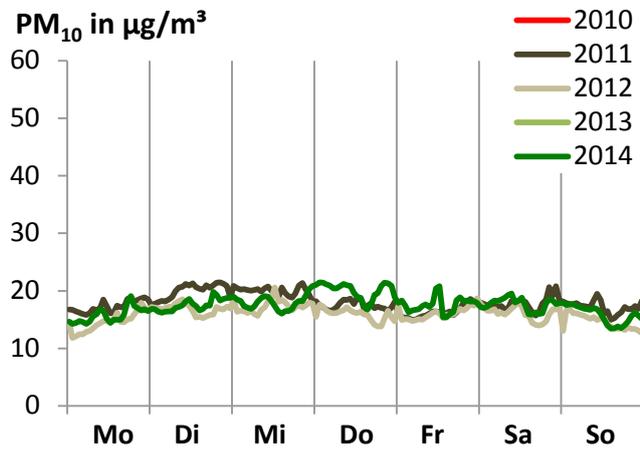
**Abbildung 28: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Collmberg (COL) für die Partikel PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**



**Abbildung 29: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Schwartenberg (SWB) für die Partikel PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**



**Abbildung 30: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Radebeul-Wahnsdorf (RWD) für die Partikel PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**



**Abbildung 31: Mittlerer Tagesgang der Woche an der regionalen Hintergrund-Messtation Brockau (BRO) für die Partikel PM<sub>10</sub> sowie für die Gase NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> der Jahre von 2010 bis 2014**

**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](mailto:lfulg@smul.sachsen.de)  
[www.smul.sachsen.de/lfulg](http://www.smul.sachsen.de/lfulg)

**Autoren:**

Dr. Gunter Löschau, Uwe Wolf, Dr. Andrea Hausmann, Dr. Mathias Böttger,  
Dr. Susanne Bastian  
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
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

**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](mailto:gunter.loeschau@smul.sachsen.de)

**Redaktionsschluss:**

20.12.2015

**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.