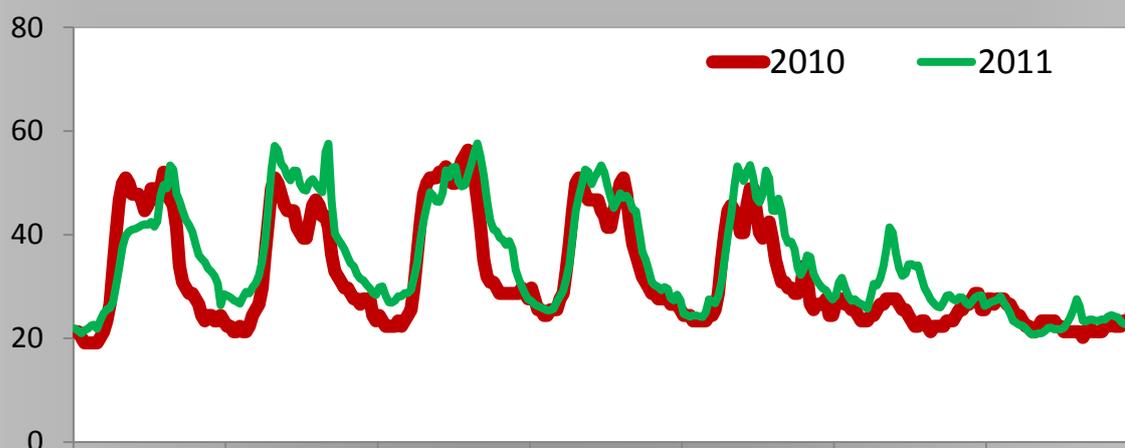


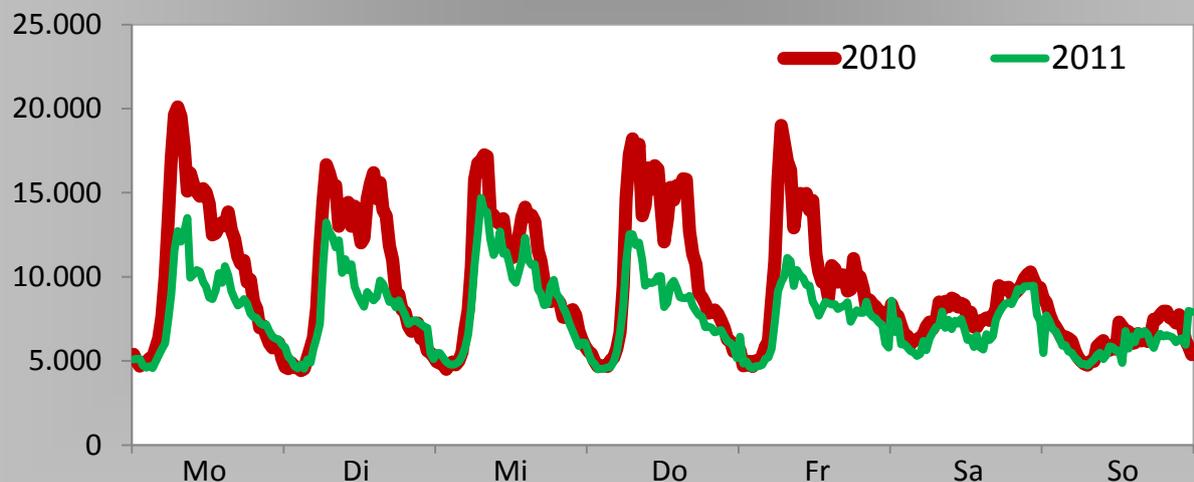
Umweltzone Leipzig

Teil 2: Immissionssituation 2011

Feinstaub PM₁₀ in µg/m³



Ultrafeinstaub PN_{30 bis 200nm} in 1/cm³



Titelbild

Im Jahr 2011 wurde die Umweltzone in Leipzig eingeführt. An der Messstation Leipzig-Mitte hat sich die Belastung der Außenluft mit **Feinstaub** von 2010 nach 2011 durch den Einfluss der Meteorologie und des Baugeschehens im Umfeld erhöht (obere Grafik). Die Belastung mit **Ultrafeinstaub** hat sich hingegen durch weniger Verkehr und weniger Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter deutlich reduziert (untere Grafik). Das Sinken der Konzentrationsspitzen für Ultrafeinstaub wird im mittleren Wochengang der Messwerte gut sichtbar. Die Dieselpartikel in der Außenluft verringerten sich von 2010 nach 2011 um etwa 30 %. Die Minderung der krebserregenden Dieselpartikel bewirkte einen großen Gesundheitsgewinn für die Bevölkerung in Leipzig.

Messtechnische Begleitung der Einführung der Umweltzone in der Stadt Leipzig

Teil 2:

Immissionssituation 2011 während der Einführung der Umweltzone und erste Bewertung der Wirkung der Umweltzone

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

1	Einleitung	9
2	Durchführung der Messungen 2011	12
3	Gesetzliche Beurteilung der Luftqualität 2011 in Leipzig und Dresden	14
4	Analyse der Daten 2011	17
4.1	Ergebnisse der Messungen 2011	17
4.1.1	Jahresmittelwerte 2011	17
4.1.2	Mittlerer Wochengang 2011 für Tagesmittelwerte	22
4.1.3	Mittlerer Wochengang 2011 für ½-Stundenwerte	25
4.1.4	Sommermittelwerte 2011	28
4.2	Schätzung der Immissionsanteile der Hauptverursacher an den verkehrsnahen Messorten	30
4.2.1	Vorgehensweise.....	30
4.2.2	Hauptverursacherauswertung für Jahresmittelwerte 2011	30
4.2.3	Hauptverursacherauswertung im mittleren Wochengang 2011 für Tagesmittelwerte.....	34
4.2.4	Hauptverursacherauswertung im mittleren Wochengang 2011 für ½-Stundenwerte.....	36
4.2.5	Sommermittelwerte	41
4.3	Schätzung des Immissionsanteiles Motor 2011	43
4.3.1	Vorgehensweise.....	43
4.3.2	Immissionsanteil Motor 2011 für den Jahresmittelwert.....	43
4.3.3	Immissionsanteil Motor 2011 im mittleren Wochengang für Tagesmittelwerte	47
4.3.4	Immissionsanteil Motor 2011 im mittleren Wochengang für ½-Stundenwerte	48
4.3.5	Immissionsanteil Motor für den Sommermittelwert 2011	50
4.4	Verkehr und Umweltzone Leipzig 2011	51
4.4.1	Fahrzeugbestand 2011	51
4.4.2	Regelungen zur Umweltzone Leipzig 2011	53
5	Vergleich der Daten im Jahr 2011 mit der Ausgangssituation 2010	54
5.1	Rahmenbedingungen	54
5.2	Änderung der Messwerte	54
5.2.1	Vorgehensweise bei der Auswertung der Daten	54
5.2.2	Änderung der Jahresmittelwerte.....	54
5.2.3	Änderung im mittleren Wochengang für Tagesmittelwerte	57
5.2.4	Vergleich der mittleren Wochengänge für ½-Stundenmittelwerte der Jahre 2011 und 2010.....	60
5.2.5	Änderung des Sommermittelwertes 2011 gegenüber Sommermittelwert 2010.....	64
5.3	Änderung des Kfz-Bestandes.....	65
5.4	Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 zu 2010.....	68
5.4.1	Änderung des Immissionsanteils Motor als Jahresmittelwert 2011 gegenüber 2010	68
5.4.2	Änderung des Immissionsanteils Motor im Sommer 2011 gegenüber Sommer 2010	71
6	Zusammenfassung	72
	Literatur	78
Anlage 1:	Datenqualität 2011	79
Anlage 2:	Statistik der Tagesmittelwerte 2011	80
Anlage 3:	Nachtrag für Statistik der Tagesmittelwerte 2010 für BC	84
Anlage 4:	Einfluss der Bautätigkeit auf die PM₁₀-Immission an der Messstation Leipzig-Mitte 2011	85
Anlage 5:	Korrektur für BC-Messung mit PM₁₀-Einlass	88

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Wirkung einer Umweltzone auf die Feinstaubzusammensetzung [Wichmann 2011].....	9
Abbildung 2:	Ergebnisse der Messungen für PM ₁₀ , PM _{2,5} und NO ₂ für das Kalenderjahr 2011 und dessen Relation zum jeweiligen einzuhaltenden Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit	15
Abbildung 3:	Jahresmittelwerte 2011 für PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ und NO _x (gesetzliche Immissionsüberwachung)	20
Abbildung 4:	Jahresmittelwerte 2011 für EC _{PM10} , BC _{PM1} , PN _{30-200nm} und PM _{30-200nm} (wissenschaftliche Messungen)	20
Abbildung 5:	Jahresmittelwerte 2011 für die Partikelgrößenverteilung (wissenschaftliche Messung)	21
Abbildung 6:	Jahresmittelwerte 2011 für die Anzahl der Fahrzeuge pro Tag als SV und PKW [S-DD, S-L].....	21
Abbildung 7:	Mittlerer Wochengang 2011 für die tägliche Anzahl der Fahrzeuge unterteilt in PKW (links) und Schwerverkehr (rechts) in der Nähe der verkehrsnahen Luftgüte-Messstationen	23
Abbildung 8:	Mittlerer Wochengang 2011 für PM ₁₀ an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	23
Abbildung 9:	Mittlerer Wochengang 2011 für PM _{2,5} an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	23
Abbildung 10:	Mittlerer Wochengang 2011 für BC _{PM1} an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	24
Abbildung 11:	Mittlerer Wochengang 2011 für PN _{30-200nm} an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	24
Abbildung 12:	Mittlerer Wochengang 2011 für NO ₂ an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	24
Abbildung 13:	Mittlerer Wochengang 2011 für NO _x an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	25
Abbildung 14:	Mittlerer Wochengang 2011 für die tägliche Anzahl der Fahrzeuge unterteilt in PKW (links) und Schwerverkehr (rechts) in der Nähe der verkehrsnahen Luftgüte-Messstationen	26
Abbildung 15:	Mittlerer Wochengang 2011 für PM ₁₀ an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	26
Abbildung 16:	Mittlerer Wochengang 2011 für BC an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	26
Abbildung 17:	Mittlerer Wochengang 2011 für PN _{30-200nm} an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	27
Abbildung 18:	Mittlerer Wochengang 2011 für NO ₂ an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	27
Abbildung 19:	Mittlerer Wochengang 2011 für NO _x an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts).....	27
Abbildung 20:	PM ₁₀ -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011	32
Abbildung 21:	PM _{2,5} -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011	32
Abbildung 22:	NO _x -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011	32
Abbildung 23:	EC _{PM10} -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011	33
Abbildung 24:	BC _{PM1} -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011.....	33
Abbildung 25:	PN _{30-200nm} -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011	33
Abbildung 26:	PM _{30-200nm} -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011	34
Abbildung 27:	Verursacheranteile im mittleren Wochengang 2011 für NO _x , PM ₁₀ und PM _{2,5}	35
Abbildung 28:	Verursacheranteile im mittleren Wochengang 2011 für BC _{PM1} und PN _{30-200nm}	36
Abbildung 29:	NO _x -Verursacheranteile im mittleren Wochengang für ½-h-Werte 2011	38
Abbildung 30:	PM ₁₀ -Verursacheranteile im mittleren Wochengang für ½-h-Werte 2011	39
Abbildung 31:	BC-Verursacheranteile im mittleren Wochengang für ½-h-Werte 2011	40
Abbildung 32:	PN _{30-200nm} -Verursacheranteile im mittleren Wochengang für ½-h-Werte 2011	40
Abbildung 33:	PM ₁₀ -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011	41
Abbildung 34:	PM _{2,5} -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011	41
Abbildung 35:	NO _x -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011	41
Abbildung 36:	EC _{PM10} -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011	42
Abbildung 37:	BC _{PM1} -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011	42
Abbildung 38:	PN _{30-200nm} -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011	42

Abbildung 39:	PM _{30-200nm} -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011	42
Abbildung 40:	Partikelmassebezogener Immissionsanteil Motor 2011 für die Verfahren PM _{10Mot} , PM _{2.5Mot} , EC _{Mot} , BC _{Mot} und PM _{30-200nmMot}	44
Abbildung 41:	Partikelmassebezogener Immissionsanteil Motor 2011 für die wissenschaftlichen Verfahren EC _{Mot} , BC _{Mot} und PM _{30-200nmMot}	45
Abbildung 42:	Relativer Anteil des Immissionsanteiles Motor an der PM ₁₀ -Gesamtbelastung 2011	45
Abbildung 43:	Zusammenfassung der ermittelten Immissionsanteile Motor an den verkehrsnahen Messstellen 2011 für NO _x , EC, BC, PN _{30-200nm} - und PM _{30-200nm}	46
Abbildung 44:	Immissionsanteil Motor 2011 für NO _x , BC und PN _{30-200nm} im mittleren Wochengang für Tagesmittelwerte	47
Abbildung 45:	Immissionsanteil Motor 2011 für NO _x , BC und PN _{30-200nm} und Kfz-Zahlen im mittleren Wochengang für die ½-Stundenwerte	49
Abbildung 46:	PKW-Bestand der Emissionsklassen mit hohen Motoremissionen 2011 (Links: Anzahl der PKW in Dresden und Leipzig sowie rechts prozentualer Anteil bezogen auf den jeweiligen Bilanzraum)	52
Abbildung 47:	Absolute Änderung der Jahresmittelwerte 2011 gegenüber 2010 für die Partikelanzahl-Größenverteilung an den verkehrsnahen Messstationen DDN, LMI und LEI, an den Messstationen im städtischen Hintergrund LWE und LIT und an der regionalen Hintergrund-Messstation MEL	56
Abbildung 48:	Absolute Änderung des mittleren Wochenganges im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 für die Gesamtbelastung NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , BC und PN _{30-200nm}	58
Abbildung 49:	Prozentuale Änderung des mittleren Wochengangs im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 für die Anzahl der PKW (links) und des SV (rechts) an den verkehrsnahen Messstellen	59
Abbildung 50:	Prozentuale Änderung des mittleren Wochenganges im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 für NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} , BC und PN _{30-200nm}	59
Abbildung 51:	Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für NO ₂	61
Abbildung 52:	Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für PM ₁₀	62
Abbildung 53:	Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für BC	63
Abbildung 54:	Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für PN _{30-200nm}	63
Abbildung 55:	Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für die Anzahl der PKW (oben) und des SV (unten)	64
Abbildung 56:	Prozentuale Reduzierung des Bestandes an Diesel-PKW mit hoher Motoremission (Euro 1 bis 3) von 2010 nach 2011 in Sachsen, Dresden und Leipzig	66
Abbildung 57:	Prozentuale Änderung des Bestandes an NFZ mit hoher Motoremission (SKL-S1 bis S3) in Sachsen, Dresden und Leipzig von 2010 nach 2011	67
Abbildung 58:	Absolute Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 gegenüber 2010 ermittelt mit den Sonderverfahren EC, BC und PM _{30-200nm}	69
Abbildung 59:	Prozentuale Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 gegenüber 2010 ermittelt mit den Sonderverfahren EC, BC und PM _{30-200nm}	69
Abbildung 60:	Ergebnisfeld der prozentualen Änderung des Immissionsanteils Motor durch motorbedingte Kfz-Partikelemissionen im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 in Dresden und Leipzig	70
Abbildung 61:	Ergebnisfeld der prozentualen Änderung des Immissionsanteils Motor durch motorbedingten Kfz-Partikelemissionen im Sommer 2011 gegenüber dem Sommer 2010 in Dresden und Leipzig	71
Abbildung 62:	Mittlerer Wochengang für 2010 und 2011 für BC an der Messstation Leipzig-Mitte	74
Abbildung 63:	Ergebnisfelder für die prozentuale Änderung des Immissionsanteils durch motorbedingte Kfz-Partikelemissionen ΔPM _{Motor} an den verkehrsnahen Messstellen in Dresden und Leipzig für 2011 gegenüber 2010. Leipzig zeigte 2011 von der Tendenz her eine größere Reduzierung als Dresden.	75
Abbildung 64:	Absolute Änderung der PM ₁₀ -Gesamtimmission und des Immissionsanteils Motor an der Messstation Leipzig-Mitte im Jahr 2011 nach Einführung der Umweltzone gegenüber dem Referenzjahr 2010	77
Abbildung 65:	Zeitlicher Verlauf der ½-h-Werte für die PM ₁₀ -Konzentration am 26. Oktober 2011 an vier verkehrsnahen Messstationen in Leipzig und Dresden. An LMI (L-Mitte) wird die PM ₁₀ -Konzentration durch Bautätigkeit auffällig erhöht.	86
Abbildung 66:	Bauarbeiten in der Nähe der Messstation Leipzig-Mitte [Foto: Harald Zech]	86
Abbildung 67:	Lineare Regression für parallele BC-Bestimmung mit MAAP mit PM ₁₀ - und PM ₁ -Einlass in Leipzig Eisenbahnstraße [Birmili 2009]	88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ausgewählte Messstationen für das Projekt Umweltzone Leipzig in Sachsen	12
Tabelle 2:	Kontinuierliche Daten der Automaten in Form von ½-h-Mittelwerten 2011	12
Tabelle 3:	Diskontinuierliche Daten der Sammler in Form von Tagesmittelwerten (0-24 Uhr)	13
Tabelle 4:	Messverfahren ohne Sondermessverfahren	13
Tabelle 5:	Sondermessverfahren für Anzahl und Größe feiner und ultrafeiner Partikel und für Ruß _{BC} im Jahr 2011	13
Tabelle 6:	Kenngößen für PM ₁₀ , PM _{2,5} und NO ₂ im Jahr 2011 und deren Beurteilung mit den Grenzwerten der 39. BImSchV im Ballungsraum Leipzig und Dresden	16
Tabelle 7:	Kenngöße für PM ₁₀ im Jahr 2010 und 2011 im Rahmen der erhaltenen Fristverlängerung für Leipzig und deren Beurteilung	16
Tabelle 8:	Jahresmittelwerte an den Messstationen im Jahr 2011	19
Tabelle 9:	Mittlere Jahresmittelwerte für Stationstypen 2011, deren relative Standardabweichung (RS) und Anzahl an Messstationen (N)	19
Tabelle 10:	Sommermittelwerte an den Messstationen im Jahr 2011	28
Tabelle 11:	Prozentuale Änderung vom Jahresmittelwert 2011 zum Sommermittelwert 2011	28
Tabelle 12:	Mittlere Sommermittelwerte für Stationstypen 2011, deren relative Standardabweichung (RS) und Anzahl an Messstationen (N)	29
Tabelle 13:	Prozentuale Änderung der Mittelwerte der Messstationstypen vom Jahresmittelwert 2011 zum Sommermittelwert 2011	29
Tabelle 14:	Immissionsanteil Motor 2011 für bis zu sieben Parameter an den verkehrsnahen Messstellen. Links: absolute Werte. Rechts: prozentualer Anteil an der jeweiligen Gesamtbelastung	43
Tabelle 15:	Immissionsanteil Motor im Sommer 2011	50
Tabelle 16:	Prozentuale Abweichung für den Immissionsanteil im Kalenderjahr 2011 gegenüber dem Sommer 2011	50
Tabelle 17:	Bestand an PKW nach Emissionsklassen in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig für das Analysejahr 2011* [KBA 2012]	52
Tabelle 18:	Bestand an Nutzfahrzeugen (links) und Teilmenge Kraftomnibusse (rechts) nach Emissionsklassen in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig für das Analysejahr 2011* [KBA 2012]	53
Tabelle 19:	Absolute Änderung der Jahresmittelwerte 2011 gegenüber 2010	56
Tabelle 20:	Prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2011 gegenüber 2010	56
Tabelle 21:	Prozentuale Änderung der Sommermittelwerte 2011 gegenüber den Sommermittelwerten 2010	64
Tabelle 22:	Differenz des PKW-Bestandes im Jahr 2011 gegenüber 2010 in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig entsprechend Tabelle 17	65
Tabelle 23:	Prozentuale Änderung des PKW-Bestandes im Jahr 2011 gegenüber 2010 in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig entsprechend Tabelle 17	66
Tabelle 24:	Prozentuale Änderung des NFZ-Bestandes im Jahr 2011 gegenüber 2010 entsprechend Tabelle 18. Links sind die absoluten Änderungen und rechts die prozentualen Änderungen der einzelnen Schadstoffklassen aufgelistet.	66
Tabelle 25:	Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 gegenüber 2010	69
Tabelle 26:	Anteil der Veränderung des Immissionsanteils _{Motor2010/2011} an der PM ₁₀ -Gesamtbelastung 2010 für die Ergebnisse der Sonderverfahren EC, BC und PM _{30-200nm}	70
Tabelle 27:	Änderung des Immissionsanteils Motor im Sommer 2011 gegenüber dem Sommer 2010	71
Tabelle 28:	Immissionsanteil Motor 2010 an den fünf verkehrsnahen Messstellen im Referenzjahr 2010 vor der Einführung der Umweltzone in Leipzig	73
Tabelle 29:	Immissionsanteil Motor 2011 an den fünf verkehrsnahen Messstellen im ersten Beurteilungsjahr der Umweltzone in Leipzig	75
Tabelle 30:	Prozentuale Änderung des Immissionsanteiles Motor 2011 gegenüber dem Referenzjahr 2010 an den fünf verkehrsnahen Messstellen nach Einführung der Umweltzone in Leipzig 2011	75
Tabelle 31:	Datenverfügbarkeit für Tagesmittelwerte 2011	79
Tabelle 32:	Messunsicherheit und Vergleichbarkeit der Daten	79
Tabelle 33:	Statistik 2011 für PM ₁₀ in µg/m ³	80
Tabelle 34:	Statistik 2011 für PM _{2,5} in µg/m ³	80
Tabelle 35:	Statistik 2011 für NO ₂ in µg/m ³	81
Tabelle 36:	Statistik 2011 für NO _x in µg/m ³	81
Tabelle 37:	Statistik 2011 für die Anzahl der Kraftfahrzeuge als SV oder PKW pro Tag	82
Tabelle 38:	Statistik 2011 für EC _{PM10} in µg/m ³	82

Tabelle 39:	Statistik 2011 für $BC_{PM1/PM10}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	82
Tabelle 40:	Statistik 2011 für BC_{PM1} in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	83
Tabelle 41:	Statistik 2011 für $PN_{30-200\text{nm}}$ in $1/\text{cm}^3$	83
Tabelle 42:	Statistik 2011 für $PM_{30-200\text{nm}}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	83
Tabelle 43:	Nachtrag der Statistik 2010 für BC_{PM1} in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	84
Tabelle 44:	Tage mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert PM_{10}	87
Tabelle 45:	Verwendete BC-Korrekturfaktoren für MAAP-Daten, wenn kein PM_1 -Einlass verwendet wurde	88

Abkürzungsverzeichnis

µm	Mikrometer
BaP	Benzo(a)pyren
BC	Ruß als schwarzer Kohlenstoff (Black Carbon)
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft. Vom LfULG beauftragt für Durchführung der Messungen
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
COL	Messstation Collmburg (LfULG)
DDB	Messstation Dresden-Bergstraße (LfULG)
DDN	Messstation Dresden-Nord (LfULG)
DDW	Messstation Dresden-Winckelmannstraße (LfULG)
EC	Ruß als elementarer Kohlenstoff (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.
HVS	High-Volume-Sampler
Kfz	Kraftfahrzeug
KW	Kalenderwoche
LEI	Messstation Leipzig-Eisenbahnstraße (TROPOS)
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LIT	Messstation Leipzig-TROPOS-Dach (TROPOS)
LLÜ	Messstation Leipzig-Lützner Straße (LfULG)
LMI	Messstation Leipzig-Mitte (LfULG)
LWE	Messstation Leipzig-West (LfULG)
MEL	Messstation Melpitz (TROPOS)
nm	Nanometer
NN	Normalnull als Synonym für Höhe über dem Meeresspiegel
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide
OC	organischen Kohlenstoffanteil
OM	organische Masse
PM ₁	Partikel kleiner 1 µm
PM ₁₀	Partikel kleiner 10 µm
PM _{2,5}	Partikel kleiner 2,5 µm
PN _{grob}	Anzahl grober Partikel
PN _{ultrafein-fein}	Anzahl feiner und ultrafeiner Partikel
Ruß _{BC}	Ruß als BC gemessen
Ruß _{EC}	Ruß als EC gemessen
RWD	Messstation Radebeul-Wahnsdorf (LfULG)
SKL	Schadstoffklasse für Nutzfahrzeuge
SMPS	Scanning Mobility Particle Sizer
SO ₂	Schwefeldioxid
SV	Schwerverkehr
SWB	Messstation Schwartenberg (LfULG)
TC	Gesamtkohlenstoff (Total Carbon)
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

In Gebieten mit jahrelangen Grenzwertüberschreitungen für Feinstaub oder Stickstoffdioxid werden Luftreinhaltepläne umgesetzt, um die Luftqualität zu verbessern. Die Stadt Leipzig hat insgesamt 48 Maßnahmen beschlossen, die an verschiedenen Adressaten der Luftverschmutzung ausgerichtet sind [Leipzig, 2009]. Die Einführung der Umweltzone ist dabei die wichtigste verkehrsbezogene Maßnahme. Der Luftreinhalteplan in Dresden sieht ebenfalls eine Vielzahl an Maßnahmen vor. Über einen speziellen „Dresdner Weg“ sollen Maßnahmepakete ohne Umweltzone realisiert werden [Dresden, 2011].

Weil neueste wissenschaftliche Erkenntnisse bestätigt haben, dass Dieselabgase krebserregend sind [WHO, 2012], ist es deshalb das vorrangige Ziel von verkehrsbezogenen Luftreinhaltemaßnahmen, die Anzahl der Fahrzeuge mit hohen Abgasemissionen kontinuierlich zu senken. Mit der Einführung der Umweltzone in Leipzig wird dies maßgeblich unterstützt.

Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) in Dresden und das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. (TROPOS) in Leipzig vereinbarten 2009, gemeinsame Messungen ab dem Jahr 2010 zur Begleitung von Umweltzonen in Sachsen durchzuführen, um deren Wirkung auf die Luftqualität darzustellen. Dabei wurde ergänzende wissenschaftliche Sondermesstechnik 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 einbezogen.

Die Berichterstattung über die gewonnenen Messdaten und Auswertungen erfolgt jahresweise. Der erste Bericht (Teil 1) enthält die Messergebnisse für das Jahr 2010 vor Einführung der Umweltzone in Leipzig [LfULG, 2012a]. Der erste Bericht ist im Mai 2012 im LfULG erschienen und kann als .pdf unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14411> heruntergeladen werden. Das Jahr 2010 beschreibt damit die Ausgangslage zur Beurteilung der Immissionssituation. In dem nun hier vorliegenden zweiten Bericht (Teil 2) werden die Messergebnisse für das Jahr 2011 aufbereitet, in die die Einführung der Umweltzone in Leipzig fällt. Eine erste Wirkung der Umweltzone soll abgeschätzt werden. Geplant ist ein dritter Bericht (Teil 3), in dem die Messergebnisse für das Jahr 2012 ausgewertet und die Änderungen zur Ausgangslage im Jahr 2010 statistisch sicher dargestellt werden. Die Umweltzone soll beschleunigend auf die Modernisierung der Fahrzeugflotte in einem Gebiet mit PM₁₀-Grenzwertüberschreitungen wirken. Dabei sollen vor allem ältere dieselbetriebene PKW, Kleintransporter, Busse und LKW mit hohen Partikelmotoremissionen schneller abgelöst werden.

Ultrafeine Dieselpartikel sind als Verursacher von Krebs, Herzerkrankungen, Blutgerinnseln, Gehirnblutungen und ersten Atemwegserkrankungen seit langem bekannt [ECO, 2012]. Die Weltgesundheitsorganisation hat Dieselabgase 1988 als wahrscheinlich krebserregend und 2012 als krebserregend eingestuft [WHO, 2012]. Dieselabgase stehen somit auf einer Stufe mit Asbest und Arsen. Gelingt es, durch die Umweltzone die schädlichen Fahrzeugabgase zu reduzieren, so wird ein großer Gesundheitsgewinn für die Bevölkerung in der Umweltzone erreicht.

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 ein überproportionaler Gesundheitsgewinn für die städtische Bevölkerung erreicht (Abbildung 1). Wenn der hochtoxische Anteil im Feinstaub um 6 bis 12 % reduziert wird, sinkt das Gesundheitsrisiko um 30 bis 60 % [Wichmann, 2011].

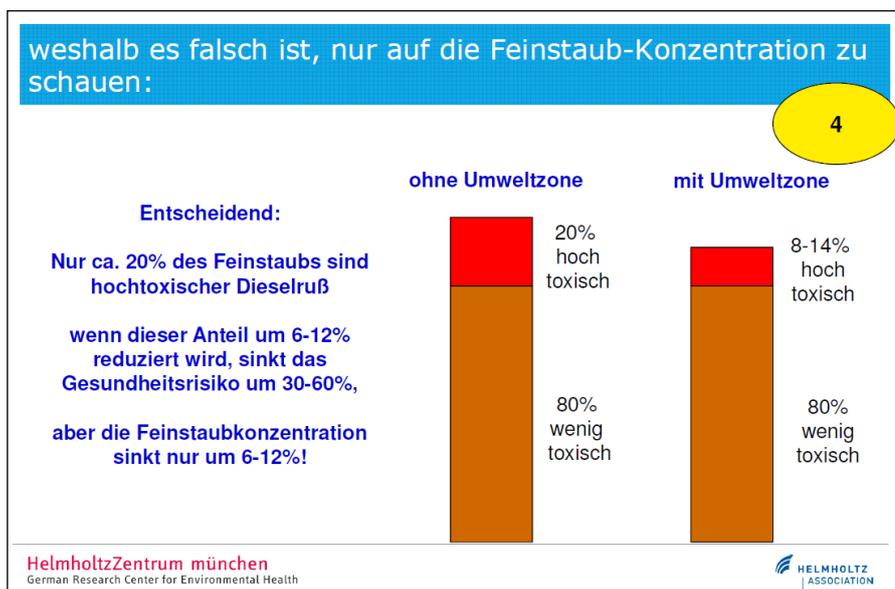


Abbildung 1: Wirkung einer Umweltzone auf die Feinstaubzusammensetzung [Wichmann 2011]

Die gezielte Beurteilung der Wirkung von Einzelmaßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität durch Immissionsmessungen ist prinzipiell meist nicht oder nur begrenzt möglich. Mit dem vereinbarten Messprogramm zwischen LfULG und TROPOS wird der Versuch unternommen, sich der schwierigen Bestimmung des **Immissionsanteils Motor** in der Außenluft an fünf verkehrsnahen Orten in Leipzig und Dresden durch ergänzende wissenschaftliche Messungen zu stellen. Dieser Immissionsanteil Motor wird durch die motorbedingten Emissionen der vorbeifahrenden Fahrzeuge verursacht und bildet somit das Minderungspotenzial der Umweltzone. Erst wenn es gelingt, diesen Immissionsanteil Motor zu bestimmen, kann eine Aussage über die Wirkung der Umweltzone zur Verbesserung der Luftqualität gegeben werden.

Weil es keine allgemein anerkannte, standardisierte Messmethode zur Ermittlung des Immissionsanteils Motor gibt, wurde versucht, sich dem Ziel über drei unabhängige Partikel-Messmethoden zu nähern. Die wissenschaftlichen Sondermessparameter sind

- Ruß als Elementarer Kohlenstoff (EC),
- Ruß als Schwarzer Kohlenstoff (BC) und
- Partikel mit Durchmesser von 30 bis 200 nm.

Dabei werden die Sondermessparameter punktuell an verkehrsnahen Orten, im städtischen und regionalen Hintergrund bestimmt, um über eine Bilanz den Immissionsanteil Motor an den verkehrsnahen Orten zu ermitteln.

Im ersten Bericht „Umweltzone Leipzig, Teil 1: Ausgangsbeurteilung“ [LfULG, 2012a] zur Immissionssituation im Jahr 2010 vor der Einführung der Umweltzone“ wurden u. a. die Grundlagen, Messgrößen und Methodik beschrieben. Es wird empfohlen, erst diesen Bericht zum besseren Verständnis zu lesen. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse aus Teil 1 zusammengefasst.

Im Jahr 2010 wurden die Grenzwerte für Feinstaub (PM₁₀) und Stickstoffdioxid (NO₂) an allen regionalen und städtischen Hintergrund-Messstationen in und um Leipzig und Dresden eingehalten. Probleme traten nur an Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen auf. Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes wurden an allen verkehrsnahen Messstationen des Luftgütemessnetzes in Leipzig und Dresden registriert. Der Jahresmittelgrenzwert für NO₂ von 40 µg/m³ wurde mit Ausnahme von Dresden-Nord ebenfalls an allen verkehrsnahen Stationen überschritten.

An den fünf kritischen verkehrsnahen Messstationen ergab die Auswertung der PM₁₀-Messdaten des Jahres 2010 einen PM₁₀-Immissionsanteil von 26 bis 34 % durch den Kfz-Verkehr. Dieser Immissionsanteil wird sowohl durch motorbedingte Emissionen als auch nicht motorbedingte Emissionen verursacht. Die nicht motorbedingten Emissionen entstehen durch Aufwirbelung von Bodenstaub sowie durch Abriebe von Reifen, Bremsen und Fahrbahn. Durch die Einführung einer Umweltzone können nur die motorbedingten Emissionen reduziert werden. Der Einfluss einer Umweltzone auf das Verkehrsaufkommen ist unterschiedlich und hängt von den spezifischen Bedingungen vor Ort ab. Dieser motorbedingte Immissionsanteil besteht im Wesentlichen aus Rußpartikeln, die meist kleiner 0,2 µm sind und in sehr großer Anzahl emittiert werden. An der großen Oberfläche dieser Rußpartikel lagern sich toxische Produkte des Verbrennungsprozesses an. Diesem kleinen Feinstaubanteil wird eine erhebliche Gesundheitsrelevanz zugeschrieben.

Zur schwierigen Ermittlung dieses motorbedingten Immissionsanteils wurden verschiedene, z. T. unabhängige Verfahren herangezogen. Die absoluten und mittleren relativen Immissionsanteile durch Kfz-Motoremissionen an den fünf verkehrsnahen Messstellen in Leipzig und Dresden wurden abgeschätzt für:

- | | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| ■ Feinstaub PM ₁₀ | 2,4 bis 3,4 µg/m ³ (9 % PM ₁₀) |
| ■ Feinstaub PM _{2,5} | 1,5 bis 2,7 µg/m ³ (11 % PM _{2,5}) |
| ■ Ruß als EC | 0,9 bis 2,2 µg/m ³ (37 % EC) |
| ■ Ruß als BC | 0,9 bis 1,9 µg/m ³ (42 % BC) |
| ■ Partikelanzahl PN _{30-200nm} | 2.600 bis 5.000 Partikel pro cm ³ (42 % PN _{30-200nm}) |
| ■ Berechnete Partikelmasse PM _{30-200nm} | 1,6 bis 3,1 µg/m ³ (41 % PM _{30-200nm}) |
| ■ NO _x | 50 bis 123 µg/m ³ (73 % NO _x) |

Der kleine Prozentsatz von 9 % für PM₁₀ und 11 % für PM_{2,5} zeigt an, wie wenig empfindlich die Messgrößen PM₁₀ und PM_{2,5} gegenüber dem Immissionsanteil durch motorbedingte Emissionen sind. Demgegenüber wird der gleiche Immissionsanteil durch die Messgrößen Ruß und Partikelanzahl mit 37 bis 42 % etwa 4-mal so empfindlich dargestellt. Die Messung von Ruß und Partikelanzahl sind damit besser geeignet, um Veränderungen der Luftqualität zu verfolgen, die durch Maßnahmen zur Verringerung der Motorpartikelemission entstehen.

Aus den Ergebnissen für die Massenkonzentrationen von PM₁₀, PM_{2,5}, Ruß als EC, Ruß als BC und berechneter PM_{30-200nm} wurde für jede verkehrsnahen Messstation ein Massenanteil für die lokalen motorbedingten Verkehrspartikelemissionen abgeschätzt. Im Jahr 2010 waren es für Leipzig-Mitte 2,2 µg/m³, Leipzig-Lützner Straße 2,0 µg/m³, Leipzig-Eisenbahnstraße 1,5 µg/m³, Dresden-Nord 1,4 µg/m³ und Dresden-Bergstraße 2,4 µg/m³.

Zahlreiche vertiefende Untersuchungen und Auswertungen wie Vergleiche von Wochenmittelwerten, mittlerem Tagesgang und Verursacheranalyse wurden für das Jahr 2010 durchgeführt und die Ergebnisse dargestellt. Auch Datenanalysen, die sich be-

wusst auf das Sommerhalbjahr beschränken und dadurch winterspezifische Emissionen und Wetterlagen meiden, sind aufgeführt.

Völlig neu ist dabei die Beurteilung der Wirkung einer Umweltzone mit der Partikelanzahl als Ergänzung zu den partikelmassebezogenen Messverfahren. Im gewählten Partikelgrößenbereich von 30 bis 200 nm liegen die direkten Motorpartikelemissionen der Dieselfahrzeuge. Die Beschränkung auf die Bewertung von Partikelgrößen kleiner 200 nm minimiert Ferneintragseffekte und konzentriert sich damit auf die lokalen Quellen.

Der Immissionsanteil durch lokale motorbedingte Emissionen, der dem Minderungspotenzial einer Umweltzone entspricht, lag im Bereich von 1,4 bis 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an den verkehrsnahen Messstellen. Dieser Anteil entspricht 5 bis 8 % am PM_{10} -Jahresmittelwert und gleichzeitig etwa 5 bis 10 PM_{10} -Überschreitungstage pro Jahr in Leipzig und Dresden. Inwieweit dieses Minderungspotenzial zukünftig ausgeschöpft werden kann, hängt von den Ausnahmereglungen und dem Befolgungsgrad zum Befahren der Umweltzone ab.

Der Einfluss der Meteorologie auf den PM_{10} -Jahresmittelwert wurde mit $\pm 16\%$ an sächsischen regionalen Hintergrundmessstationen ermittelt. Die mögliche Schwankung der PM_{10} -Jahresmittelwerte durch die Meteorologie ist damit mehrfach größer als das Reduzierungspotenzial durch eine Umweltzone in Sachsen. Diese Randbedingung muss bei der Interpretation der jährlichen PM_{10} -Feinstaubwerte beachtet werden. Trotz hochpräziser PM_{10} -Messungen werden erst nach einem längeren Mittelungszeitraum (mindestens 5 Jahre) gesicherte PM_{10} -Minderungen die Wirkung der Umweltzone nachweisen können.

2 Durchführung der Messungen 2011

Nach dem Messkonzept von LfULG und TROPOS wurden die Messungen im Jahr 2011 wie bereits 2010 weitergeführt. Im Fokus standen die verkehrsnahen Messstationen in Leipzig und Dresden. Für die Verursacherbilanz und Einschätzung der meteorologischen Verhältnisse waren aber auch Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund erforderlich.

Zum Messprogramm 2010 gab es im Jahr 2011 zwei Ergänzungen. Ende 2010 wurde die neue Messstation Brockau (BRO) im regionalen Hintergrund eingerichtet und in Betrieb genommen. Weiterhin wurde ein SMPS-TROPOS im Rahmen des LfULG-Projektes UFP2010 gebaut, erprobt und im Dezember 2010 in Messbetrieb genommen. Es wurde in der Messstation Dresden-Winckelmannstraße im städtischen Hintergrund installiert und dient dort gleichzeitig der Gewinnung von Daten für das EU-Projekt UFIREG.

Einen Überblick über die Messstationen, Messgrößen und Messhäufigkeit vermitteln Tabelle 1 bis Tabelle 3. Angaben zu den Messverfahren sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 zu finden.

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

Gebiet	Messstationsname mit Abkürzung	Messortcharakterisierung
Leipzig	Leipzig-Mitte (LMI)	Städtische Straße , Am Hallischen Tor, Kreuzung Willy-Brandt-Platz, Zentrum, nahe Hauptbahnhof, offene Bebauung, 43.000 Kfz/d mit 3,4 % SV (2010), 110 m über NN
	Leipzig-Lützner Str. (LLÜ)	Städtische Straße , Lützner Straße 34, Straßenschlucht, 23.000 Kfz/d mit 3,5 % SV (2010), 115 m über NN
	Leipzig-Eisenbahn-str. (LEI)	Städtische Straße , 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,
	Leipzig-West (LWE)	Städtischer Hintergrund im Westen von Leipzig, Parkanlage, Nikolai-Rumjanzew-Str. 100, 115 m über NN
	Leipzig-TROPOS-Dach (LIT)	Städtischer Hintergrund im Norden von Leipzig, auf dem Dach des dreistöckigen Tropos-Gebäudes, etwa 25 m über Grund, Forschungspark, 130 m über NN
Dresden	Dresden-Nord (DDN)	Städtische Straße , Schlesischer Platz, 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
	Dresden-Bergstr. (DDB)	Städtische Straße , Bergstraße 78-80, Steigung der Fahrbahn 6 %, Autobahnzubringer, 25.000 Kfz/d mit 3,9 % SV (2010), 150 m über NN
	Dresden-Winckelmannstr. (DDW)	Städtischer Hintergrund , Parkanlage und Parkplatz im Hinterhof, Elbtal, 116 m über NN
Referenz	Melpitz (MEL)	Regionaler Hintergrund , 400 m vom Dorf Melpitz, 50 km nordöstlich von Leipzig, nordwestlich von Dresden, Weide, Flachland, 87 m über NN
	Collberg (COL)	Regionaler Hintergrund , östlich von Leipzig und nordwestlich von Dresden, Berg 313 m über NN
	Schwartenberg (SWB)	Regionaler Hintergrund , Erzgebirge, Etwa 50 km südwestlich von Dresden. Berg 785 m über NN
	Radebeul-Wahnsdorf (RWD)	Vorstädtischer Hintergrund , Radebeul, Altwahnsdorf 12, nahe Stadtrand von Dresden über Elbtal, 246 m über NN
	Brockau (BRO)	Regionaler Hintergrund , Südwest-Sachsen, Am Ortsrand von Brockau mit 520 Einwohnern 422 m über NN,

Tabelle 2: Kontinuierliche Daten der Automaten in Form von ½-h-Mittelwerten 2011

Messstation	DDN	DDB	DDW	LMI	LLÜ	LEI	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
NO, NO ₂ , NO _x	X	X	X	X	X		X		X	X		X	X
PM ₁₀ -FDMS	X	X ¹⁾	X	X	X ¹⁾		X		X	X	X	X	X
PN ultrafein-fein	X		X	X		X	X	X	X				
PN grob				X									
RußBC _{MAAP}	X			X		X	X	X	X				
Kfz-Zahlen ³⁾	X	X ²⁾		X ²⁾	X ²⁾								
Temperatur	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
Relative Feuchte	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
Druck	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
Windrichtung	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
Windgeschwindigk.	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
Globalstrahlung	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
Niederschlag			X	X					X				

¹⁾ PM₁₀-TEOM, 50°C beheizte Probenahme

²⁾ 1 h Mittelwerte

³⁾ Externe Daten der jeweiligen Stadtverwaltungen

Tabelle 3: Diskontinuierliche Daten der Sammler in Form von Tagesmittelwerten (0-24 Uhr)

Messstation	DDN	DDB	DDW	LMI	LLÜ	LEI	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
PM ₁₀ -HVS	täglich	täglich	täglich	täglich	täglich		täglich		täglich ¹⁾	täglich	täglich	täglich	täglich
PM _{2,5} -HVS	täglich	täglich	täglich	täglich			täglich		täglich alle 6 Tage ¹⁾	täglich			
PM ₁ -HVS													
Impaktor						2)							
RußEC _{VDI2465-01}	alle 6 Tage		alle 6 Tage		täglich	alle 6 Tage	alle 6 Tage	alle 6 Tage	alle 6 Tage				
OC _{VDI2465-01}	alle 6 Tage		alle 6 Tage		täglich	alle 6 Tage	alle 6 Tage	alle 6 Tage	alle 6 Tage				
BaP _{PM10}	alle 3 Tage		alle 3 Tage			alle 3 Tage	alle 3 Tage	alle 3 Tage	alle 3 Tage				
Niederschlag				3)							X	X	X

¹⁾ Weiterhin Inhaltsstoffe, wie wasserlösliche Ionen Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ sowie OC und EC

²⁾ Masse und Inhaltstoffe nach Vorgabe

³⁾ Schkeuditz

Tabelle 4: Messverfahren ohne Sondermessverfahren

Messgröße	Messverfahren, Bauart	Bemerkungen
NO, NO ₂ , NO _x	Chemolumineszenz	
PM ₁₀ -FDMS	Oszillierende Mikrowaage	Justierung der Daten über PM ₁₀ -HVS
Kfz-Zahlen	Induktionsschleife	LLU: Sick. Optische Erfassung
Temperatur	Thies – kombinierter Windgeber 4.3324.21.000	
Relative Feuchte	Thies – kombinierter Windgeber 4.3324.21.000	
Druck	Thies – Barogeber 3.1150.10.015	
Windrichtung	Thies – kombinierter Windgeber 4.3324.21.000	
Windgeschwindigkeit	Thies – kombinierter Windgeber 4.3324.21.000	
Globalstrahlung	Thies Pyranometer CM3 7.1415.03.000 (305...2800nm)	
Niederschlag	Pluviometer	
PM ₁₀ -HVS	Filtersammlung und Labor-Gravimetrie	
PM _{2,5} -HVS	Filtersammlung und Labor-Gravimetrie	
PM ₁ -HVS	Filtersammlung und Labor-Gravimetrie	
Impaktor	5- und 10-stufiger Impaktor	
EC und OC	VDI 2465 Blatt 01	

Tabelle 5: Sondermessverfahren für Anzahl und Größe feiner und ultrafeiner Partikel und für Ruß_{BC} im Jahr 2011

Messstation	DDN	DDW	LMI	LEI	LWE	LIT	MEL
Vorabscheider	PM ₁₀ -Einlass, PM ₁ -Zyklon	PM ₁₀ -Einlass, PM ₁ -Zyklon	PM ₁₀ -Einlass	PM ₁₀ -Einlass, PM ₁ -Zyklon	PM ₁₀ -Einlass	PM ₁₀ -Einlass	PM ₁₀ -Einlass
Trockner	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Mobilitätsspektrometer	TDMPs- Tropos	SMPS-Tropos	TDMPs- Tropos	TDMPs- Tropos	TDMPs- Tropos ¹⁾	TDMPs	TDMPs
Messbereich für Partikelgröße	3 – 800 nm	10 – 800 nm	3 – 800 nm	3 – 800 nm	3 – 800nm	3 – 800 nm	3 – 800 nm
BC-Absorptionsphotometer	MAAP5012	-	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012
BC-Korrekturfaktor für Einlasssystem ²⁾	-	-	0,95	-	0,92	0,92	0,90

¹⁾ das SMPS-TSI mit Messbereich 20 – 550 nm wurde am 16.5.2011 ersetzt durch ein TDMPs-TROPOS mit Messbereich 3 – 800 nm

²⁾ Korrekturfaktor entsprechend Anlage 4, wenn kein PM₁ –Einlass sondern ein PM₁₀-Einlass verwendet wurde

3 Gesetzliche Beurteilung der Luftqualität 2011 in Leipzig und Dresden

Rechtsgrundlage

Die Rechtsgrundlage bildet die EU-Richtlinie 2008/50/EG [EU-RL2008], die als 39. BImSchV [BImSchV, 2010] in nationales Recht umgesetzt wurde. Details wurden bereits im Bericht „Umweltzone Leipzig, Teil 1“ [LfULG, 2012a] dargestellt.

Messergebnisse für PM₁₀, PM_{2,5} und NO₂

Abbildung 2 zeigt die grafische Darstellung der Messergebnisse für Jahr 2011. Es sind die Jahresmittelwerte für PM₁₀, PM_{2,5} und NO₂ sowie die Anzahl der PM₁₀-Überschreitungstage für jede Messstation dargestellt. Dazu wird gleichzeitig der jeweilige einzuhaltende Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit mit einer roten Linie gezeigt. Die Werte der verkehrsnahen Messstationen sind links, die Messstationen im städtischen Hintergrund in der Mitte und die Messstationen im regionalen Hintergrund rechts in jeder Grafik zu finden. Tabelle 6 enthält die Auflistung der Ergebnisse der Messungen im Jahr 2011 in den Städten und der Grenzwerte. Zum Vergleich wurden die Daten von 2010 aufgenommen sowie deren Änderung im Jahr 2011 gegenüber 2010.

Der **PM₁₀-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³** wurde auch im Jahr 2011 an keiner der Messstationen überschritten. Dieser Grenzwert wird seit Jahren an allen Messstationen in Sachsen eingehalten.

Der seit 2005 einzuhaltende **PM₁₀-Tagesgrenzwert mit 50 µg/m³ bei 35 zulässigen Überschreitungstagen** wurde an allen verkehrsnahen Messstationen in Leipzig (LMI, LLÜ) und Dresden (DDN, DDB) im Jahr 2011 überschritten. Die Überschreitung aus dem Jahr 2010 setzt sich damit in 2011 fort (Tabelle 6). Die Anzahl der Überschreitungstage nahm dabei signifikant zu. In Leipzig wurden an LMI 63 und an LLÜ 69 Überschreitungstage 2011 ermittelt. Es sind 20 bzw. 22 Überschreitungstage mehr als 2010. An der Messstationen LLÜ wurde der Spitzenwert mit 69 von 35 zulässigen Überschreitungstagen bestimmt. In Dresden wurden an DDN 42 und an DDB 46 Überschreitungstage 2011 registriert. Auch in Dresden erhöhte sich damit die Anzahl der Überschreitungstage um 5 bzw. 6 gegenüber 2010. Die PM₁₀-Belastung an den städtischen Hintergrund-Messstationen (LWE, DDW) lag in beiden Ballungsräumen deutlich unter dem Grenzwert. Auch die Anzahl der PM₁₀-Überschreitungstage an den Messstationen im regionalen Hintergrund lag deutlich unter dem Grenzwert.

Der **PM_{2,5}-Jahresmittelgrenzwert von 25 µg/m³**, der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist, wurde bereits jetzt an allen Messstationen eingehalten.

Der seit 2010 einzuhaltende **NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³** wurde an zwei der vier verkehrsnahen Messstationen in Leipzig (LMI) und Dresden (DDB) 2011 überschritten. Gegenüber dem Vorjahr gab es keine Änderung. Nur in der Straßenschlucht Leipzig-Lützner Straße (LLÜ) reduzierte sich der NO₂-Jahresmittelwert von 45 auf 40 µg/m³ (Tabelle 6). Der Grund dafür war eine zeitweise Verkehrseinschränkung auf der Lützner Straße durch eine Baustelle.

Die NO₂-Belastung an den Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund lag deutlich unter dem Grenzwert.

In den Kapiteln 4 und 5 erfolgt eine differenzierte Darstellung der komplexen Ursachen für die Luftverschmutzung. Zu beachten ist neben Anteilen der Verursacher auch der Einfluss der meteorologischen Rahmenbedingungen, die bei gleichen Emissionen insbesondere für Feinstaub sowohl größere als auch kleinere Jahresmittelwertkonzentrationen bewirken (LfULG 2012a).

Ergebnis der Beurteilung

Auch im Jahr 2011 reichten die Maßnahmen der Luftreinhaltepläne in Leipzig und Dresden zur Luftreinhaltung nicht aus. Die gesetzlichen Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für PM₁₀ und NO₂ wurden für die an viel befahrenen Straßen wohnende Bevölkerung erneut überschritten. Die Anzahl der Überschreitungstage des PM₁₀-Grenzwertes stieg sogar gegenüber dem Vorjahr deutlich an. Die Steigerung der Überschreitungstage war in Leipzig (+20, +22) mehr als doppelt so groß wie in Dresden (+6, +11). Die NO₂-Belastung blieb auf zu hohem Niveau stabil. Nur an einer Messstation sank sie durch eine zeitweise baustellenbedingte Verkehrsreduzierung.

Die Belastung an den Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund lag deutlich unterhalb der Grenzwerte. Die Ergebnisse für alle sächsischen Messstationen sind in LfULG [2012b] zu finden.

Fristverlängerung zur Einhaltung der Grenzwerte

Kann in einem bestimmten Gebiet oder Ballungsraum ein Grenzwert zum angegebenen Termin nicht eingehalten werden, kann eine Fristverlängerung nach Artikel 22 der EU-Richtlinie 2008/50/EG [EU-RL2008] unter bestimmten Bedingungen beantragt und von der EU gewährt werden. Im Antrag ist nachzuweisen, dass alle geeigneten Maßnahmen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene getroffen wurden, um die neuen Fristen einzuhalten. Für PM₁₀ war die neue Frist der 11.6.2011. Für NO₂ ist die neue Frist spätestens der 1.1.2015.

Die Städte Leipzig und Dresden haben Anträge auf Fristverlängerung für PM₁₀ und NO₂ gestellt. Die Fristverlängerung für PM₁₀ wurde von der EU für Leipzig genehmigt. Die Fristverlängerung für NO₂ wurde von der EU im März 2013 für Dresden und Leipzig genehmigt.

Infolge der genehmigten Fristverlängerung erfolgte für PM₁₀ eine Neuberechnung der Anzahl der PM₁₀-Überschreitungstage. Durch die Fristverlängerung wurde eine Toleranzmarge bis 10.6.2011 eingeführt. Das Kriterium für einen Überschreitungstag wird dabei bis zu diesem Zeitpunkt von größer 50 µg/m³ auf größer 75 µg/m³ angehoben. Durch die Neuberechnung sinkt die Anzahl der Überschreitungstage im Jahr 2010 und 2011 (Tabelle 7). Im Jahr 2010 besitzen die zwei verkehrsnahen Messstationen in Leipzig (LMI, LLÜ) keine Grenzwertüberschreitung mehr. Die Berechnung für Leipzig wird wie folgt angegeben: Im Zeitraum vom 1.1.2011 bis 10.6.2011 wurden 11 Überschreitungstage an LMI und 20 Überschreitungstage an LLÜ größer 75 µg/m³ registriert. Vom 11.6.2011 bis 31.12.2011 wurden 29 Überschreitungstage an LMI und 20 Überschreitungstage an LLÜ größer 50 µg/m³ registriert. Damit wurden im Kalenderjahr 2011 unter den Bedingungen der Fristverlängerungsregelung an LMI und LLÜ je 40 Überschreitungstage registriert. Trotz Fristverlängerung und Umweltzone konnte in Leipzig 2011 der PM₁₀-Grenzwert nicht einhalten werden. In welcher Form die EU auf solch einen vertragsverletzenden Zustand in Europa reagiert, ist nicht bekannt.

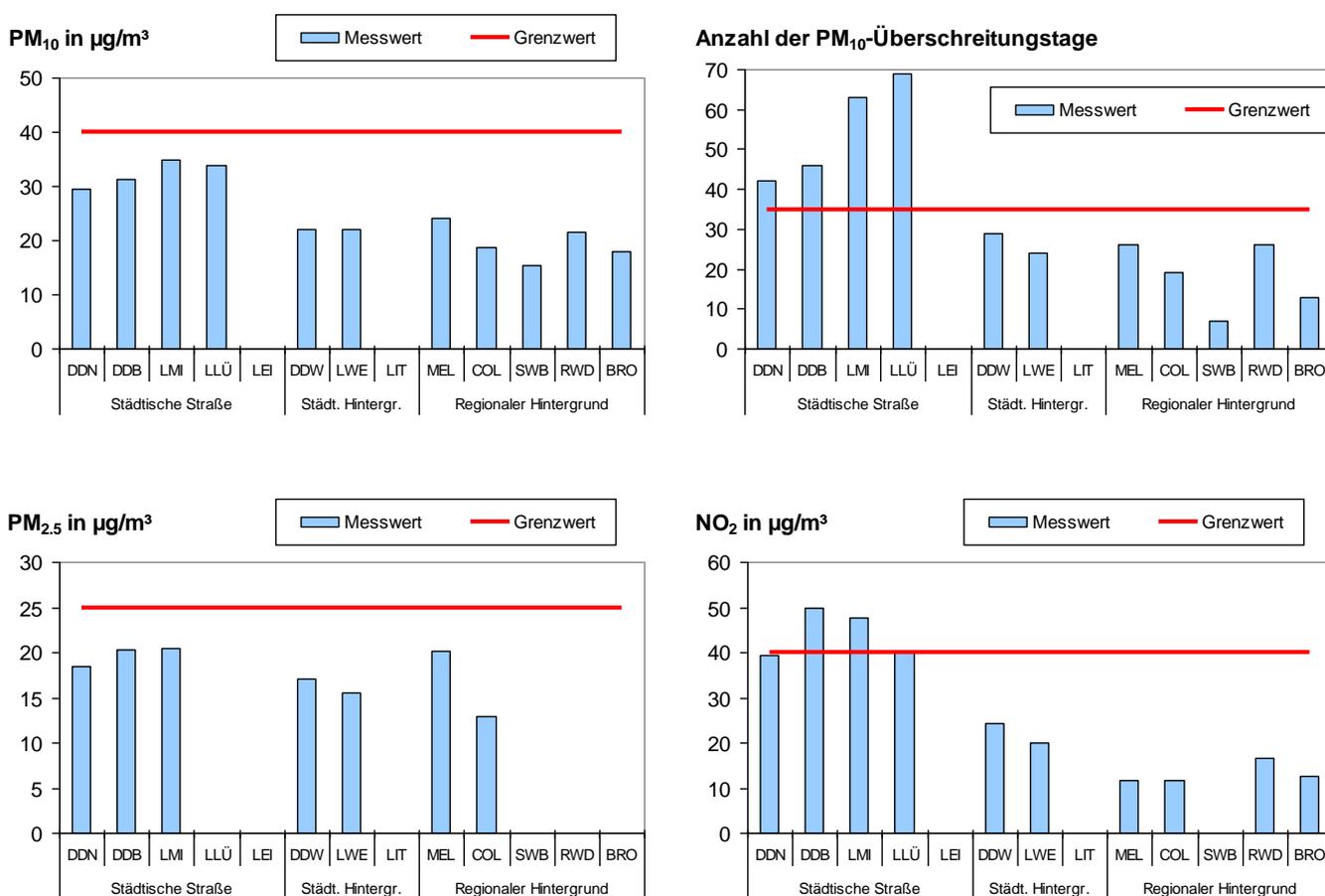


Abbildung 2: Ergebnisse der Messungen für PM₁₀, PM_{2.5} und NO₂ für das Kalenderjahr 2011 und dessen Relation zum jeweiligen einzuhaltenden Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Tabelle 6: Kenngrößen für PM₁₀, PM_{2.5} und NO₂ im Jahr 2011 und deren Beurteilung mit den Grenzwerten der 39. BImSchV im Ballungsraum Leipzig und Dresden

Schadstoff	PM ₁₀			PM ₁₀			PM _{2.5}			NO ₂		
	Jahresmittelwert in µg/m ³			Anzahl von Tagen größer 50 µg/m ³			Jahresmittelwert in µg/m ³			Jahresmittelwert in µg/m ³		
Grenzwert	40 µg/m ³			35			25 µg/m ³			40 µg/m ³		
Einzuhalten seit	1.1.2005			1.1.2005			1.1.2015			1.1.2010		
Jahr	2010	2011	Δ	2010	2011	Δ	2010	2011	Δ	2010	2011	Δ
DDN	30	29	-1	37	42	+5	19	19	0	39	39	0
DDB	31	31	0	40	46	+6	21	20	-1	50	50	0
DDW	22	22	0	18	29	+11	18	17	-1	23	24	+1
LMI	32	35	+3	41	63	+22	22	20	-2	48	48	0
LLÜ	33	34	+1	49	69	+20	k.M.	k.M.	-	45	40	-5
LWE	21	22	+1	22	24	+2	16	16	0	21	20	-1

Legende Grau unterlegte Felder: k. M. = keine Messung
 Blau unterlegte Felder: Überschreitung des Grenzwertes der 39. BImSchV

Tabelle 7: Neu berechnete Kenngrößen für PM₁₀ im Jahr 2010 und 2011 im Rahmen der erhaltenen Fristverlängerung für Leipzig und deren Beurteilung

Jahr	2010		2011		
	Anzahl von Tagen größer 75 µg/m ³ PM ₁₀		Teilzeitraum 1 vom 1.1.11 bis 10.6.11: Anzahl von Tagen größer 75 µg/m ³ PM ₁₀	Teilzeitraum 2 vom 11.6.11 bis 10.6.11: Anzahl von Tagen größer 50 µg/m ³ PM ₁₀	Gesamtzeitraum 2011: Gesamtanzahl von Tagen
Grenzwert	35		-	-	35
LMI	12		11	29	40
LLÜ	15		20	20	40

Legende Blau unterlegte Felder: Überschreitung des Grenzwertes der 39. BImSchV

4 Analyse der Daten 2011

4.1 Ergebnisse der Messungen 2011

4.1.1 Jahresmittelwerte 2011

Neben den gesetzlichen Messgrößen PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 und NO_x , werden in den folgenden Kapiteln auch die Ergebnisse der ergänzenden Sondermessgrößen EC, BC, $PN_{30-200nm}$, $PM_{30-200nm}$ und die Kfz-Zahlen betrachtet.

Die Messdaten im Zeitraum vom 1.1.2011 bis 31.12.2011 wurden für die 13 ausgewählten Messstationen ausgewertet. Angaben zur Datenqualität sind in Anlage 1 und statistische Auswertungen im Überblick in Anlage 2 zu finden. Die ermittelten Jahresmittelwerte sind in Tabelle 8 aufgelistet und in den Abbildungen 2 bis 4 grafisch für jede Komponente dargestellt. Die verkehrsnahen Messstationen (städtische Straße) sind rot, die Messstationen im städtischen Hintergrund gelb und die Messstationen im regionalen Hintergrund grün markiert.

Die Ergebnisse der **gesetzlichen Immissionsüberwachung** werden in Abbildung 3 gezeigt. Die höchsten Konzentrationen der Luftschadstoffe wurden auch im Jahr 2011 an den verkehrsnahen Messorten (rote Säulen) gemessen. Höchste Jahresmittelwerte für die Gase NO_x und NO_2 wurden an der Messstation Dresden-Bergstraße (DDB) registriert. Maximalwerte für Partikel PM_{10} und $PM_{2.5}$ wurden hingegen an der Messstation Leipzig-Mitte (LMI) ermittelt. Im städtischen Hintergrund (gelbe Säulen) nehmen die Konzentrationen der Jahresmittelwerte erwartungsgemäß für alle Schadstoffe ab und sind in der Regel an den Messorten im regionalen Hintergrund (grüne Säulen) am kleinsten. An der Messstation Melpitz (MEL) im regionalen Hintergrund traten erhöhte Jahresmittelwerte für PM_{10} und vor allem $PM_{2.5}$ gegenüber den anderen Messorten im städtischen und regionalen Hintergrund auf, wobei NO_2 , NO_x und die Sondermessgrößen (Abbildung 4 und Abbildung 5) dort keine Auffälligkeiten zeigten. Diese Verhältnisse wurden bereits im Jahr 2010 gefunden und diskutiert. Weiterhin wurde 2011 an MEL der höchste PM_{10} -Jahresmittelwert seit Beginn der Messungen registriert. Details über die chemische Zusammensetzung verschiedener Partikelfractionen sind in Spindler [2012] zu finden.

Die Ergebnisse der **ergänzenden Sondermessungen für $EC_{PM_{10}}$, $BC_{PM_{10}}$, $PN_{30-200nm}$ und $PM_{30-200nm}$** zeigt Abbildung 4. Eine signifikante Stufung der Konzentrationen mit den höchsten Werten an den städtischen Straßen und mit kleineren Werten im städtischen Hintergrund und noch kleineren Werten im regionalen Hintergrund wird für alle Sondermessgrößen festgestellt. Die höchsten Konzentrationen wurden ohne Ausnahme an der Straße bestimmt. Der Maximalwert für $EC_{PM_{10}}$ wurde an der Bergstraße in Dresden (DDB) registriert, an dem auch die Gase NO_x und NO_2 die höchsten Werte lieferten. Für $BC_{PM_{10}}$, $PN_{30-200nm}$ und $PM_{30-200nm}$ wurden die höchsten Werte in Leipzig-Mitte (LMI) gemessen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht an allen Messorten diese Sondermessungen durchgeführt wurden. So erfolgten z. B. an DDB oder LLÜ keine Bestimmungen von $BC_{PM_{10}}$, $PN_{30-200nm}$ und $PM_{30-200nm}$. Deshalb kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, wo auch tatsächlich die höchsten Konzentrationen für die einzelnen Sondermessgrößen vorliegen.

Die Ergebnisse der Sondermessung der **Partikelanzahlgrößenverteilung** wird in Abbildung 5 gezeigt. Die Partikelanzahlgrößenverteilung stellt dar, wie häufig Partikel einer bestimmten Größe in der Luft vorhanden sind. Die Sondermessgröße $PN_{30-200nm}$ wurde aus dieser Größenverteilung als Indikator für motorbedingte Partikelemissionen herausgeschnitten. Die mittlere Partikelanzahlgrößenverteilung an sieben Messorten für 2011 wird gezeigt. Die x-Achse mit dem Partikeldurchmesser ist gemäß der üblichen Darstellung auf einer logarithmischen Skala aufgetragen, um den weiten Partikelgrößenbereich von 3 bis 800 nm empfindlich darzustellen.

Auch 2011 lag das Maximum der Partikelanzahlkonzentration je nach Messort zwischen 10 und 60 nm. An den verkehrsnahen Messstellen (DDN, LMI, LEI) wurde das Maximum der Anzahlkonzentration bei sehr kleinen Partikeldurchmessern (14 bis 28 nm) registriert, während es durch die größere Entfernung zu den Quellen im regionalen Hintergrund zu größeren Partikeln hin verschoben ist (MEL 54 nm). Wie schon 2010 war der Partikeldurchmesser für das Maximum der Partikelanzahl in LIT mit 10 nm verhältnismäßig niedrig. Dies widerspricht bisherigen Messungen im städtischen Hintergrund an anderen vergleichbaren Messstellen [Birmili 2006; Löschau 2011a]. Inzwischen wurde die Ursache dieses Phänomens erkannt. Die Messstation LIT wird durch einen 50 m entfernten Kamin beeinflusst, der die Abgase einer mit Erdgas betriebenen Gebäudeheizung emittiert. Diese Quelle emittiert beim Betrieb der Heizanlage, also bevorzugt bei tiefen Außentemperaturen, Partikel im Größenspektrum < 30 nm. Die Station LIT ist aber nur bei stagnierendem Wind bzw. Südwind betroffen. Diese zusätzliche Partikelquelle muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Analog zu 2010 ist das Niveau der Partikelanzahlkonzentration an den verkehrsnahen Messstellen am größten (LMI, LEI, DDN) und wird im städtischen Hintergrund (LWE, LIT) kleiner und ist im regionalen Hintergrund (MEL) am kleinsten.

Rechts vom Maximum zu größeren Partikeln hin wird die Differenzierung der Partikelanzahlkonzentration an den verschiedenen Messorten sehr anschaulich. Bei einer Partikelgröße von etwa 80 nm wird die Differenzierung der Partikelkonzentration zwischen verkehrsnah (LMI, LES, DDN), städtischer Hintergrund (LIT, LWE, DWI) und regionaler Hintergrund (MEL) sehr gut erkennbar. In diesem Partikelgrößenbereich ist auch das Maximum der Anzahl emittierter Partikel von Dieselfahrzeugen zu erwarten [ACEA 1999; Ntziachristos et al. 2004].

Die **Verkehrszähl**daten von Leipzig und Dresden, die von den Städten zur Verfügung gestellt und in die Datenbank eingespeist wurden, stellen eine wichtige Interpretationsgrundlage für die gemessenen Schadstoffe an verkehrsnahen Luftgüte-Messstellen dar. Abbildung 6 zeigt die Zählergebnisse für das Jahr 2011, die als mittlere tägliche Anzahl von PKW und Schwerverkehr (SV) ermittelt wurden. An der Messstation LMI fahren die meisten PKW und an der Messstation DDN die meisten SV-Fahrzeuge. Die mit Abstand geringste Anzahl für PKW und SV wurde an LLÜ registriert. An der Messstation DDB wurde der prozentual höchste Anteil für SV-Fahrzeuge an der Anzahl aller Fahrzeuge ermittelt. Der Anteil des Schwerverkehrs an den verkehrsnahen Messstellen ist mit 3 bis 4 % relativ gering.

In Tabelle 9 werden die Mittelwerte für alle Messgrößen für die drei Stationstypen Städtische Straße, Städtischer Hintergrund und Regionaler Hintergrund aufgelistet. Weiterhin wird die Anzahl N der Messstation angegeben, über die pro Stationstyp gemittelt wurde. Ergänzend wurde die relative Standardabweichung (RS) der Stationen pro Stationstyp aufgeführt.

Für die Messstationen im städtischen Hintergrund war die relative Standardabweichung mit Ausnahme von NO_2/NO_x deutlich kleiner 10 %. Damit sind die Werte im städtischen Hintergrund gut vergleichbar. Hingegen weisen die meist größeren Standardabweichungen für den Messstationstyp Städtische Straße auf erhebliche Belastungsunterschiede der einzelnen verkehrsnahen Messstationen hin. Auch die Messstationen im regionalen Hintergrund besitzen große Konzentrationsunterschiede, wobei für $\text{PM}_{2.5}$ mit 30 % RS der größte Wert registriert wird.

Das grundlegende Problem in der Dateninterpretation wird hier erneut deutlich, da nicht alle Messverfahren konsequent an allen Messstationen durchgeführt werden. Die Partikelanzahlverteilung mit den Messgrößen $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ bzw. der berechneten Größe $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$ lieferte verkehrsnah eine geringe Standardabweichung mit kleiner 10 %. Dieses Messverfahren wird aber z. B. an der extrem belasteten Messstation DDB nicht durchgeführt. Deshalb sind die Mittelungsergebnisse der einzelnen Messgrößen in Tabelle 9 nur begrenzt vergleichbar.

Tabelle 8: Jahresmittelwerte an den Messstationen im Jahr 2011

Stationstyp	Städtische Straße					Städtischer Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
PM ₁₀ in µg/m ³	29,4	31,2	34,9	33,8		22,0	22,0		24,1	18,8	15,4	21,6	18,0
PM _{2,5} in µg/m ³	18,5	20,3	20,4			17,1	15,5		20,1	13,0			
NO ₂ in µg/m ³	39,5	49,8	47,7	40,4		24,2	20,0		11,7	11,6	10,9	16,6	12,6
NO _x in µg/m ³	79,4	155,7	131,9	90,4		32,5	27,0		14,7	13,5	13,1	20,2	15,6
EC _{PM10} in µg/m ³	2,89	3,98	3,15	3,06		2,10	2,10		1,27	1,61		1,65	
BC _{PM1} in µg/m ³	2,41		2,82		2,10		1,30	1,22	0,88				
PN _{30-200nm} in 1/cm ³	7.141		7.654		6.670	4.480	4.252	4.473	3.156				
PM _{30-200nm} in µg/m ³	4,98		5,01		4,75	3,51	3,27	3,02	2,47				
PKW pro Tag	32.563	24.623	37.910	14.629									
SV pro Tag	1.217	1.025	1.069	412									
SV-Anteil in %	3,6	4,0	2,7	2,7									

Legende

Grau unterlegte Felder: keine Messung
 Braun unterlegte Felder: Maximaler Jahresmittelwert der Messgröße

Tabelle 9: Mittlere Jahresmittelwerte für Stationstypen 2011, deren relative Standardabweichung (RS) und Anzahl an Messstationen (N)

Messstationstyp	Städtische Straße			Städtischer Hintergrund			Regionaler Hintergrund		
Parameter	Mittelwert	N	RS	Mittelwert	N	RS	Mittelwert	N	RS
PM ₁₀ in µg/m ³	32,3	4	8%	22,0	2	0%	19,6	5	17%
PM _{2,5} in µg/m ³	19,8	3	5%	16,3	2	7%	16,5	2	30%
NO ₂ in µg/m ³	44,4	4	12%	22,1	2	13%	12,7	5	18%
NO _x in µg/m ³	114,3	4	31%	29,8	2	13%	15,4	5	18%
EC _{PM10} in µg/m ³	3,27	4	15%	2,10	2	0%	1,51	3	14%
BC _{PM1} in µg/m ³	2,44	3	15%	1,26	2	4%	0,88	1	-
PN _{30-200nm} in 1/cm ³	7.155	3	7%	4.402	3	3%	3.156	1	-
PM _{30-200nm} in µg/m ³	4,91	3	3%	3,27	3	7%	2,47	1	-
PKW pro Tag	27.431	4	37%						
SV pro Tag	931	4	38%						

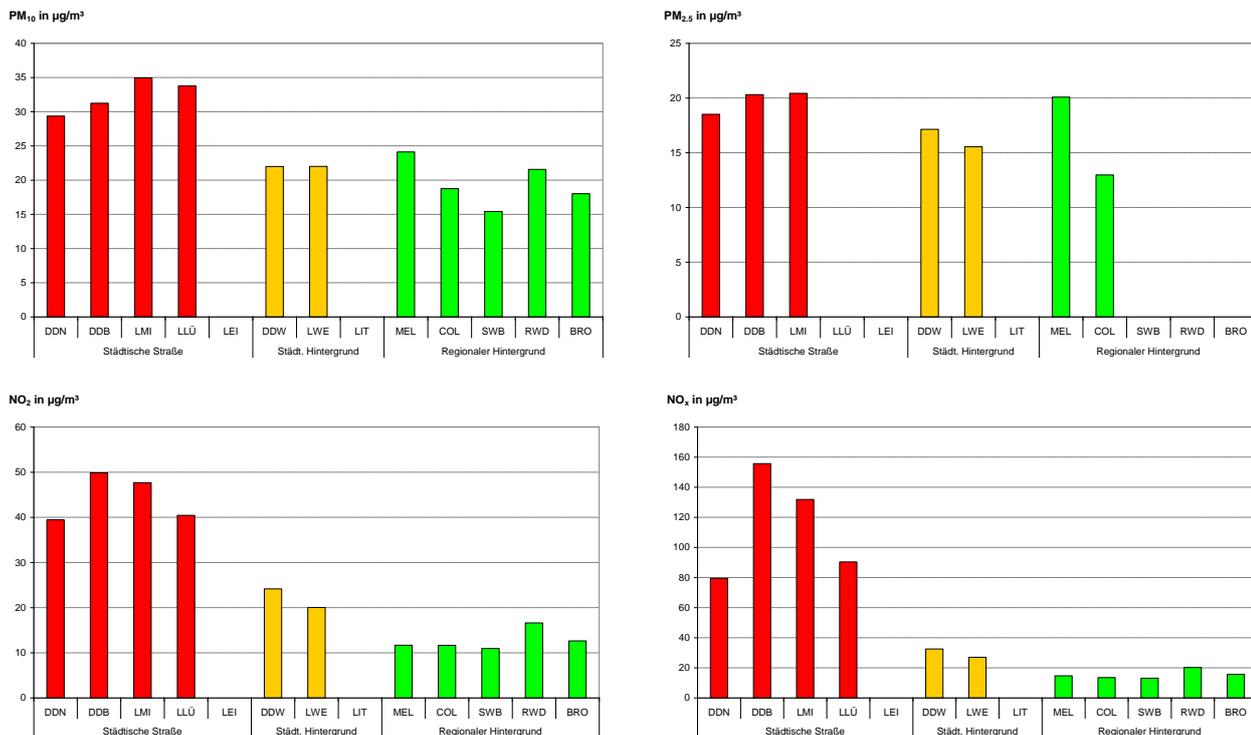


Abbildung 3: Jahresmittelwerte 2011 für PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ und NO_x (gesetzliche Immissionsüberwachung)

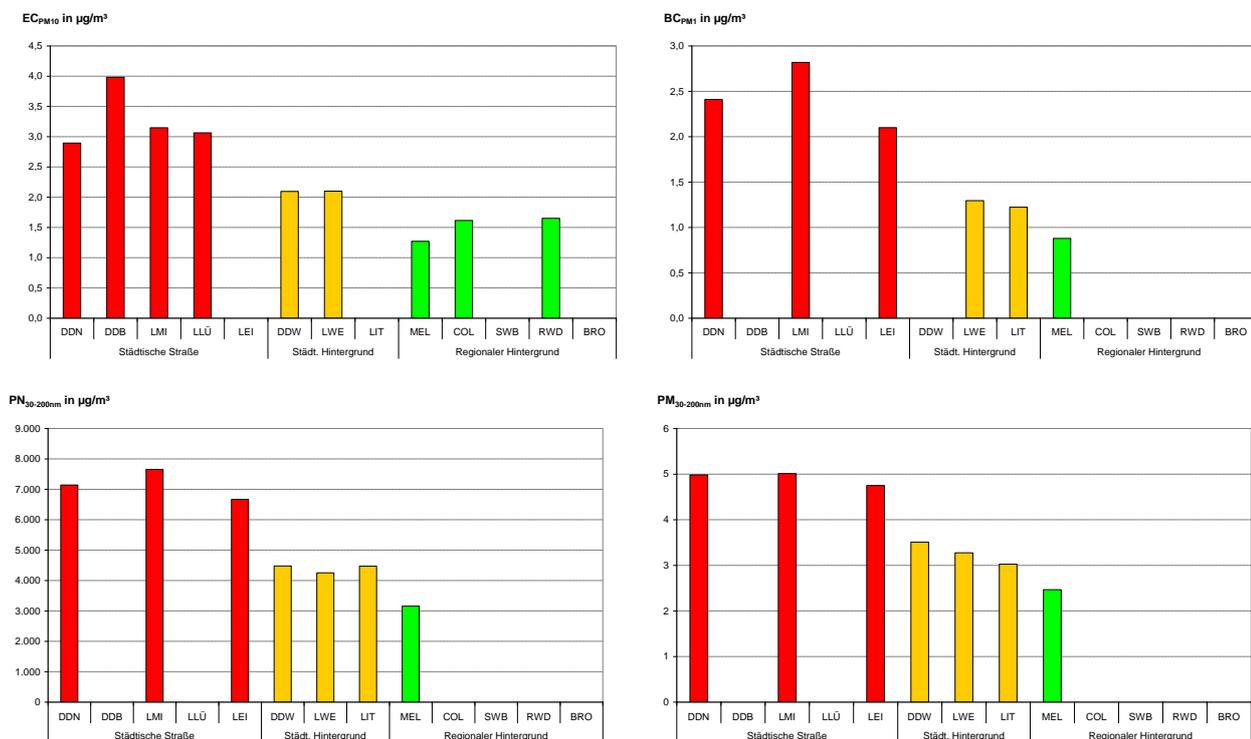


Abbildung 4: Jahresmittelwerte 2011 für EC_{PM10}, BC_{PM1}, PN_{30-200nm} und PM_{30-200nm} (wissenschaftliche Messungen)

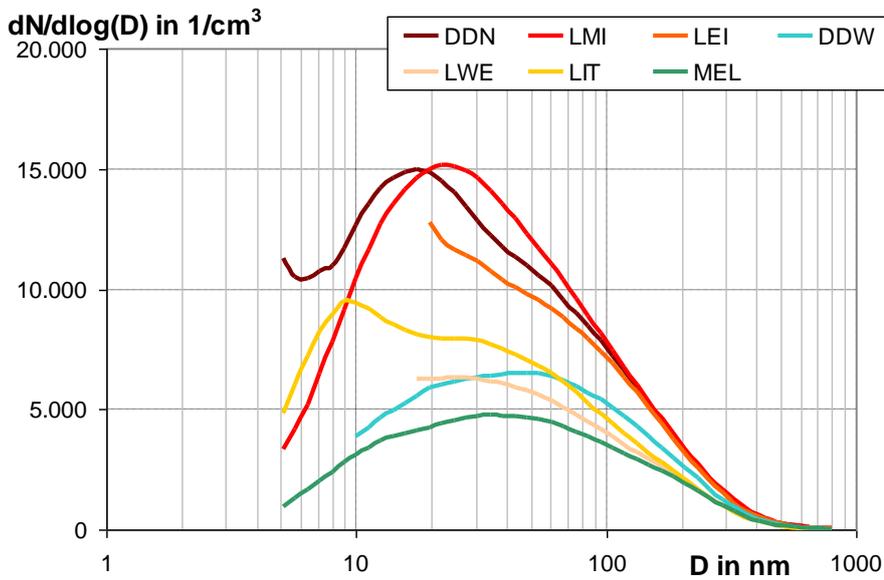


Abbildung 5: Jahresmittelwerte 2011 für die Partikelgrößenverteilung (wissenschaftliche Messung)

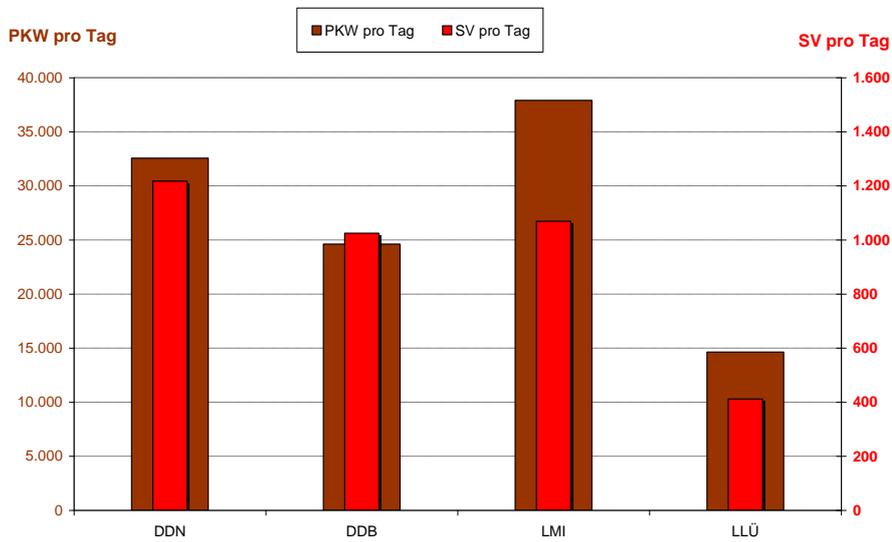


Abbildung 6: Jahresmittelwerte 2011 für die Anzahl der Fahrzeuge pro Tag als SV und PKW [S-DD, S-L]

4.1.2 Mittlerer Wochengang 2011 für Tagesmittelwerte

Der mittlere Wochengang als statistische Auswertung wird genutzt, um ein allgemeingültiges Muster (Signatur) der Wochentage darzustellen. Dafür wurden alle Daten des Jahres 2011 ausgewertet. Dabei wurde jeweils ein Mittelwert aus allen Montagen, allen Dienstagen usw. gebildet.

Die **Kfz-Zahlen** an den verkehrsnahen Messstellen sind eine wichtige Interpretationsgrundlage für die verkehrsbezogenen Schadstoffemissionen. Abbildung 7 zeigt die Kfz-Zahlen, wie sie von Montag bis Sonntag im Mittel auf die Wochentage im Jahr 2011 verteilt waren. Die mittlere PKW-Anzahl (linke Seite) stieg von Montag bis Freitag in der Nähe der Messstationen mit Ausnahme von LLÜ an und erreichte am Freitag das Maximum. An LLÜ wurde von Montag bis Freitag ein konstantes Niveau an PKW registriert. An allen Stationen reduzierte sich am Samstag die Kfz-Anzahl und erreichte am Sonntag das Minimum. Für den Schwerverkehr ist die Steigerung von Montag bis Freitag nicht so ausgeprägt. Das wenig signifikante Maximum wurde nicht am Freitag, sondern am Dienstag oder Donnerstag erreicht. Die Reduzierung der SV-Anzahl am Samstag war deutlich stärker ausgeprägt als die der PKW-Anzahl. Das Minimum am Sonntag betrug etwa $\frac{1}{4}$ des Niveaus von Montag bis Freitag für DDN (27 %), DDB (25 %) und LMI (24 %). An der Lützner Straße (LLÜ) wurde eine drastische Reduzierung am Sonntag auf 6 % gegenüber Montag bis Freitag registriert.

In der Abbildung 8 wird der mittlere Wochengang für **Feinstaub PM₁₀** gezeigt. Die linke Abbildung enthält alle einzelnen Messstationen und die rechte Abbildung enthält die Ergebnisse der Mittelung für die drei Messstationstypen. Dieses Schema der Darstellung wird nachfolgend auf alle Schadstoffe übertragen. Die Messstationen im regionalen Hintergrund (MEL, COL, SWB, RWD, BRO) zeigten deutlich niedrigere Konzentrationen als die verkehrsnahen Messstationen. Im Jahr 2011 wurde an quellenfernen Messstationen im regionalen Hintergrund ein signifikanter Verlauf ermittelt. Vom Montag zum Dienstag wurde der größte Konzentrationssprung zum Maximum am Dienstag registriert. Danach fallen die Konzentrationen bis zum Sonntag leicht ab (linke Seite von Abbildung 8). Die gleiche Signatur der Konzentrationen an den Wochentagen wurde auf leicht erhöhtem Niveau im städtischen Hintergrund gefunden. An den verkehrsnahen Messstationen wurde ein ähnlicher Verlauf auf hohem Niveau mit höheren Konzentrationsunterschieden ermittelt. Vergleicht man den PM₁₀-Verlauf mit den Verkehrszahlen (Abbildung 7), so wird an den verkehrsnahen Messstationen das Minimum am Sonntag wiedergefunden. Die Reduzierung am Sonntag ist für PM₁₀ jedoch deutlich geringer als für die Verkehrszahlen. Die von Montag bis Freitag steigenden Kfz-Zahlen wurden in den PM₁₀-Werten nicht abgebildet. Grund dafür ist der meteorologische Einfluss auf die PM₁₀-Konzentration, der an den quellenfernen Messstellen im regionalen Hintergrund registriert wurde. Dieser Einfluss überlagert die gefundenen Konzentrationen im städtischen Hintergrund und an den verkehrsnahen Messstationen. Die vorhandenen lokalen Quellen in der Stadt und an der städtischen Straße werden dabei verwaschen.

Abbildung 9 zeigt den mittleren Wochengang für **PM_{2,5}** auf der linken Seite für alle einzelnen Messstationen und auf der rechten Seite für die drei Messstationstypen. Der prägende Einfluss durch die meteorologischen Rahmenbedingungen auf den mittleren Wochengang von PM_{2,5} wird ebenfalls an den regionalen Hintergrund-Messstellen anschaulich gezeigt. Analog zum PM₁₀ ist auch für PM_{2,5} das Maximum am Dienstag. Die Konzentrationserhöhung vom regionalen Hintergrund zur städtischen Straße ist für PM_{2,5} geringer als für PM₁₀. Die Partikel von PM₁₀ sind größer als von PM_{2,5} und verweilen deshalb nicht so lange in der Atmosphäre wie für PM_{2,5}. Dies sind Gründe, dass eine noch stärkere Prägung durch die meteorologischen Rahmenbedingungen auf den PM_{2,5}-Verlauf als auf den PM₁₀-Verlauf verursacht wird.

In der Abbildung 10 wird der mittlere Wochengang für die Sondermessgröße **BC** gezeigt. Das Maximum der regionalen Hintergrundbelastung war ebenfalls am Dienstag. Es wurde auch in der städtischen Hintergrundbelastung wiedergefunden. An den städtischen Straßen ist es nicht mehr vorhanden. Die lokalen Rußemissionen der Kfz dominieren dort den mittleren Wochengang für BC stärker als für PM₁₀ und PM_{2,5}. Am Wochenende ist auch die Reduzierung für BC deutlich stärker als für PM₁₀ und PM_{2,5}. Der BC-Verlauf ist stärker an den Verlauf der Kfz-Zahlen gekoppelt, wie der Vergleich mit Abbildung 7 zeigt.

In der Abbildung 11 wird der mittlere Wochengang für **PN_{30-200n}** dargestellt. Die regionale Hintergrundmessstation MEL zeigte einen sehr ausgeglichenen Konzentrationsverlauf. Bis auf Freitag sind die Konzentrationen nahezu konstant. Im Konzentrationsverlauf der Messstationen im städtischen Hintergrund ist mehr Bewegung. Auffällig ist, dass das Maximum an DDW und LWE am Samstag registriert wurde. An den verkehrsnahen Messstationen wurde das Minimum konsequent am Sonntag gefunden, an dem auch die geringsten Kfz-Zahlen vorlagen. Das Maximum für jede Messstation in Leipzig war stets am Mittwoch, sowohl straßennah (LMI, LEI) als auch im Hintergrund (LWE, LIT), obwohl weder bei der Anzahl der PKW noch der LKW am Mittwoch ein ausgeprägtes Maximum registriert wurde.

Der mittlere Wochengang für **NO₂** und **NO_x** wird in Abbildung 12 und Abbildung 13 gezeigt. Im Vergleich mit dem Kfz-Wochengang (Abbildung 7) wird die starke Abhängigkeit der NO₂- und vor allem der NO_x-Konzentrationen von den Abgasemissionen der Kfz insbesondere an den städtischen Messorten deutlich. Auffällig ist jedoch, dass das Maximum für NO₂ an vier regionalen Hintergrund-Messstationen (COL, SWB, RWD, BRO) am Sonntag erreicht wurde. Für NO_x traf diese Auffälligkeit nicht zu.

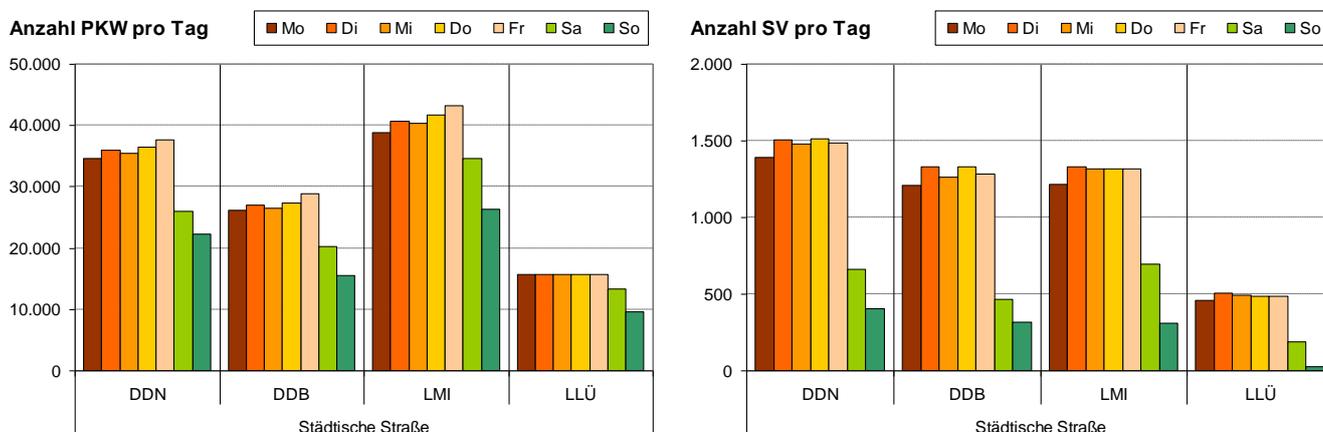


Abbildung 7: Mittlerer Wochengang 2011 für die tägliche Anzahl der Fahrzeuge unterteilt in PKW (links) und Schwerverkehr (rechts) in der Nähe der verkehrsnahen Luftgüte-Messstationen

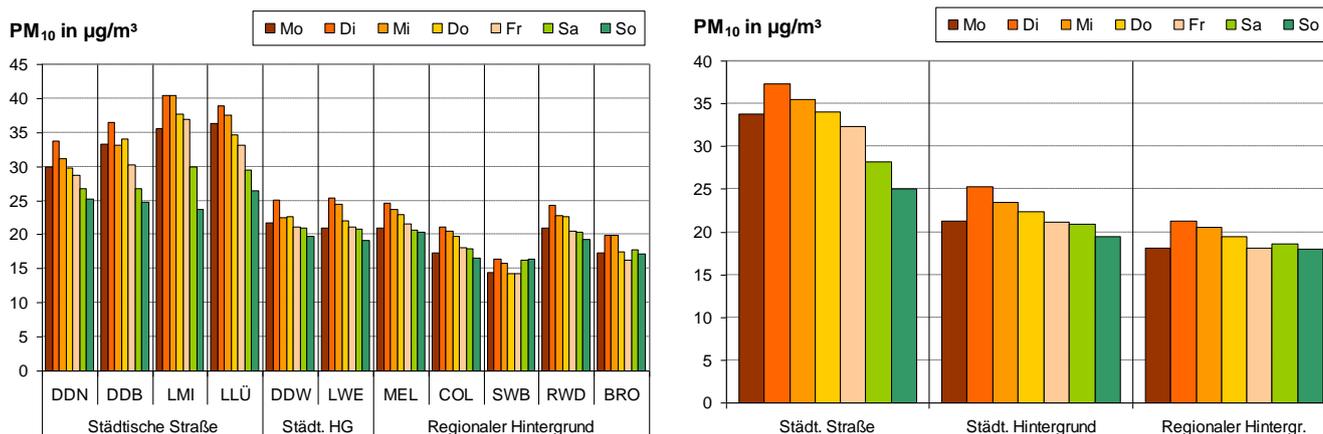


Abbildung 8: Mittlerer Wochengang 2011 für PM₁₀ an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

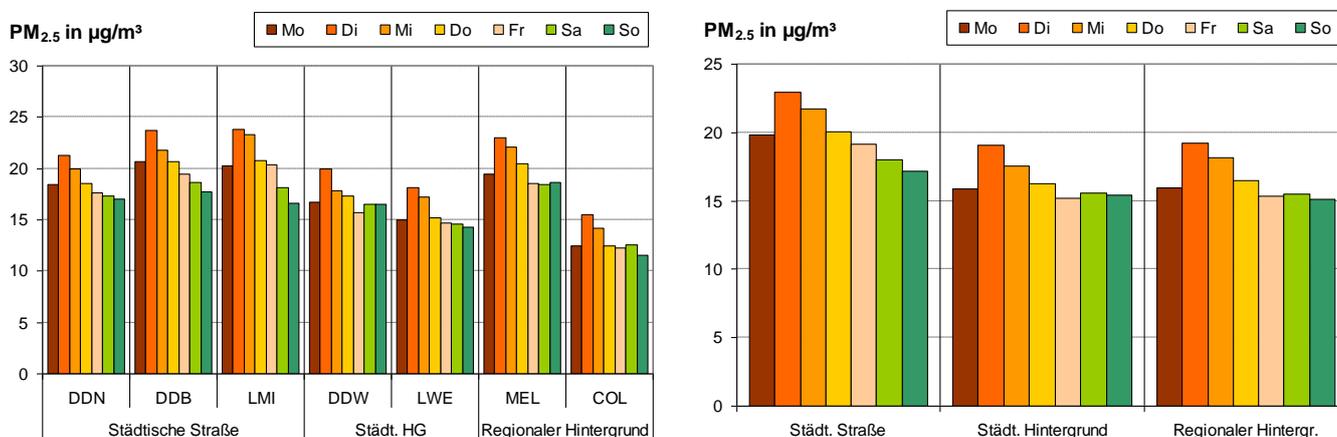


Abbildung 9: Mittlerer Wochengang 2011 für PM_{2.5} an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

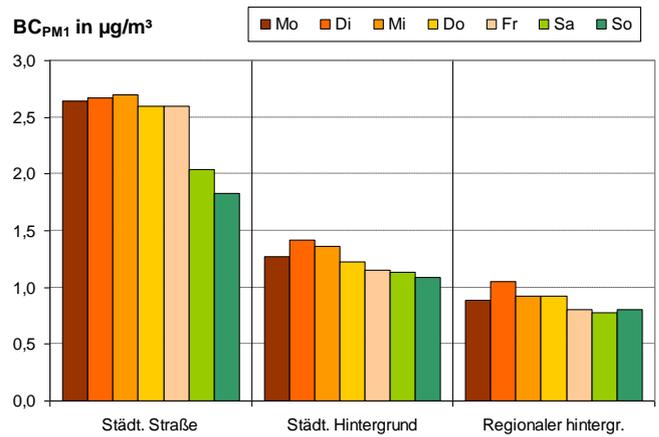
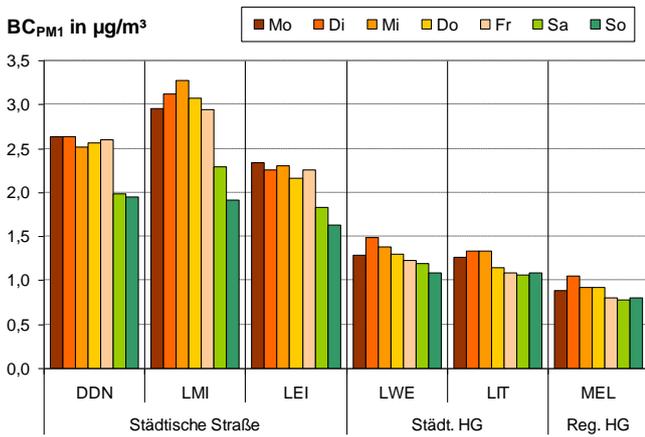


Abbildung 10: Mittlerer Wochengang 2011 für BC_{PM1} an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

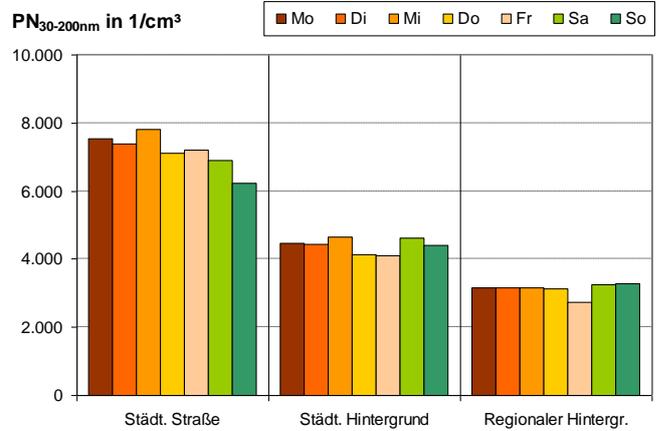
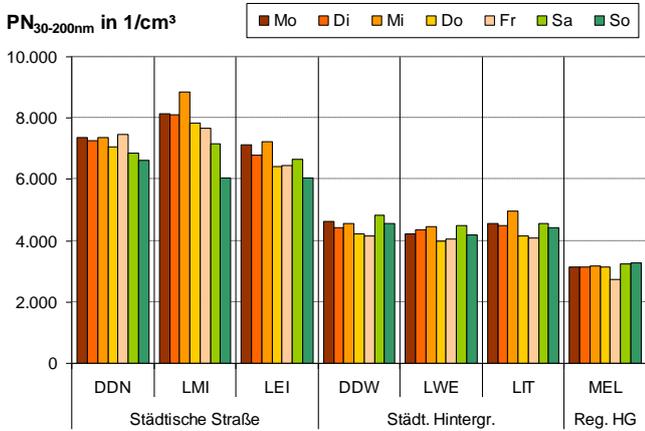


Abbildung 11: Mittlerer Wochengang 2011 für PN_{30-200nm} an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

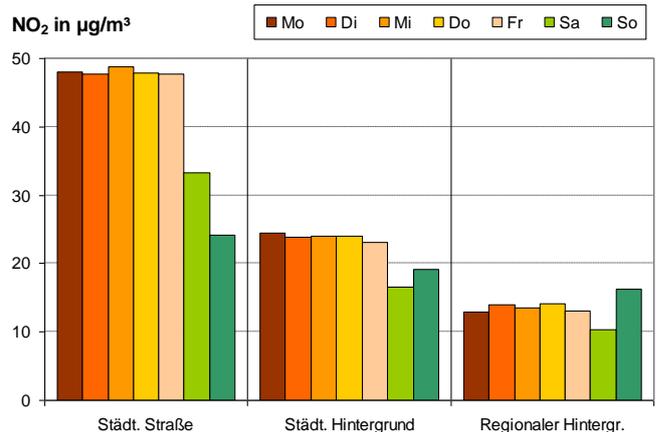
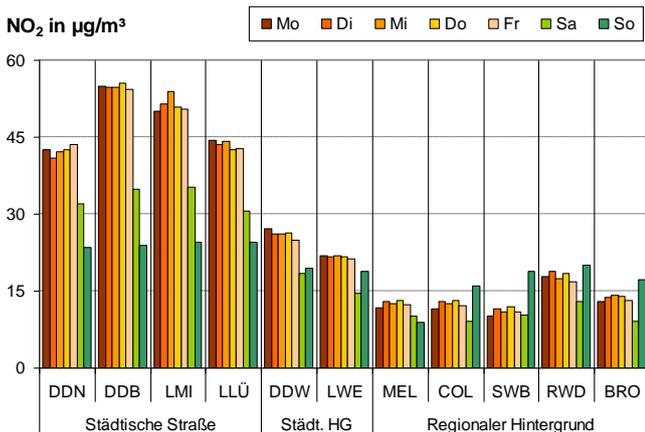


Abbildung 12: Mittlerer Wochengang 2011 für NO₂ an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

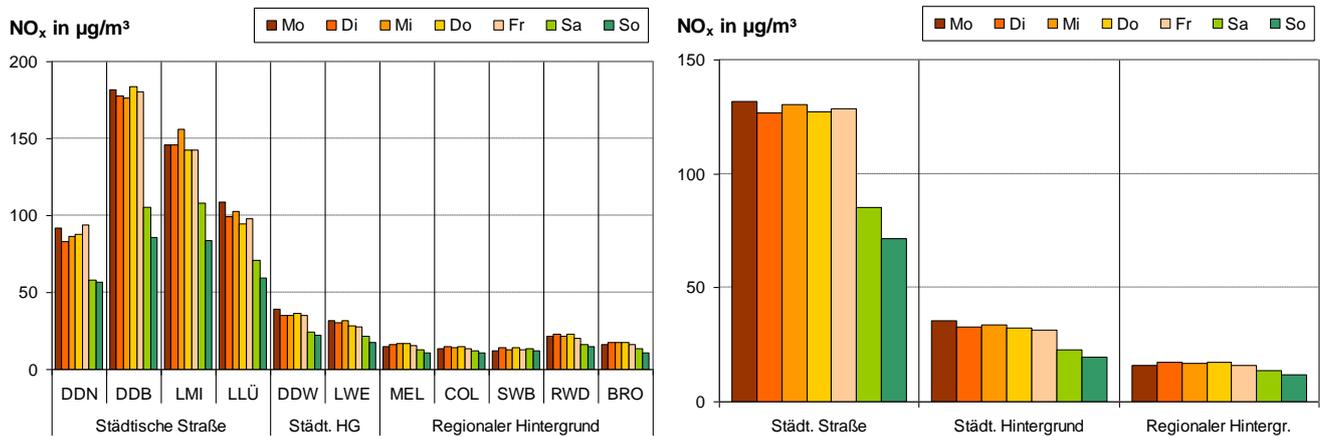


Abbildung 13: Mittlerer Wochengang 2011 für NO_x an den einzelnen Luftgüte-Messstationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

4.1.3 Mittlerer Wochengang 2011 für ½-Stundenwerte

Der mittlere Wochengang, der in Kapitel 4.1.2 mit Tagesmittelwerten dargestellt wurde, kann zeitlich weiter aufgelöst werden. Meist liegen ½ h-Werte vor. Der mittlere Wochengang für die einzelnen Messgrößen wird in Abbildung 14 bis Abbildung 19 gezeigt.

Die **Kfz-Zahlen** für PKW und SV werden in Abbildung 14 dargestellt. In der Nacht sinken die Kfz-Zahlen. Für PKW und SV wird in der Mittagszeit ein unterschiedlicher Verlauf registriert. Der SV erreicht dort das Maximum des Tages, während die PKW-Zahlen in der Mittagszeit ein lokales Minimum erreichen.

Der mittlere Konzentrationsverlauf für **PM₁₀** für jede einzelne Messstation und für die drei Stationstypen ist in Abbildung 15 zu finden. Der morgendliche Anstieg der PM₁₀-Konzentrationen der verkehrsnahen Messstationen fällt mit dem Anstieg der Kfz-Zahlen zusammen. Hingegen bleiben die PM₁₀-Werte im städtischen Hintergrund davon wenig und im regionalen Hintergrund gar nicht beeinflusst. An den verkehrsnahen Messstellen werden die hohen PM₁₀-Werte zum größeren Teil durch nicht motorbedingte Emissionen (wie Aufwirbelungen) und zum kleineren Teil durch motorbedingte Emissionen verursacht.

Der Verlauf der Sondermessgröße **BC** in Abbildung 16 und **PN_{30-200nm}** in Abbildung 17 zeigen eine stärkere Bindung an die Kfz-Zahlen als PM₁₀. In der Nacht vom Samstag zum Sonntag werden sowohl an den verkehrsnahen Messstellen als auch an den Messstellen im städtischen Hintergrund (DDW, LWE, LIT) hohe BC- und vor allem hohe PN₃₀₋₂₀₀-Konzentrationen registriert. Da sind allerdings die Kfz-Zahlen gegenüber den Wochentagen leicht zeitlich verschoben, aber nicht auffällig. Die Verbrennungsprozesse der Kfz verursachen also nicht diese BC- und PN₃₀₋₂₀₀-Erhöhung. Dafür sind andere thermische Prozesse verantwortlich. Deshalb liegt die Vermutung nahe, dass das „Nachtleben“ von Samstag zu Sonntag in Leipzig und Dresden einen Beitrag leistet. So sind Heizungen intensiver und länger in Betrieb. Der Betrieb von Heizungen mit Festbrennstoffen, wie z. B. Scheitholz-Heizungen (Kamine), Holzpellet-Heizungen verursacht hohe Partikelemissionen [KPK 2013]. Mögliche Verursacher könnten auch Einzelereignisse, wie z. B. Feuerwerke und Grillfeste sein. So wird in Abbildung 17 (rechts) gezeigt, dass das ½ h-Maximum der Woche für die Partikelanzahl PN₃₀₋₂₀₀ an allen drei Stationstypen (Städtische Straße, Städtischer Hintergrund und Regionaler Hintergrund) stets in der Nacht vom Samstag zum Sonntag registriert wird.

Aus den Konzentrationsverläufen ist zu erkennen, dass Ruß als BC ein sehr verkehrsspezifischer Indikator ist und die Partikelanzahl PN₃₀₋₂₀₀ auch vom Verkehr dominiert wird, aber zusätzlich sehr empfindlich auf die Verbrennungsprodukte anderer thermischer Prozesse in der Außenluft reagiert.

In Abbildung 18 und Abbildung 19 werden die Konzentrationsverläufe für **NO₂** und **NO_x** dargestellt. An den verkehrsnahen Messstationen ist der bekannte Zusammenhang zu den Kfz-Emissionen über die Kfz-Anzahl (Abbildung 14) sehr deutlich zu erkennen. Auch im städtischen Hintergrund sind Ansätze dazu noch zu sehen.

Die aufgenommenen Daten bieten die Möglichkeit, umfangreiche wissenschaftliche Auswertungen folgen zu lassen.

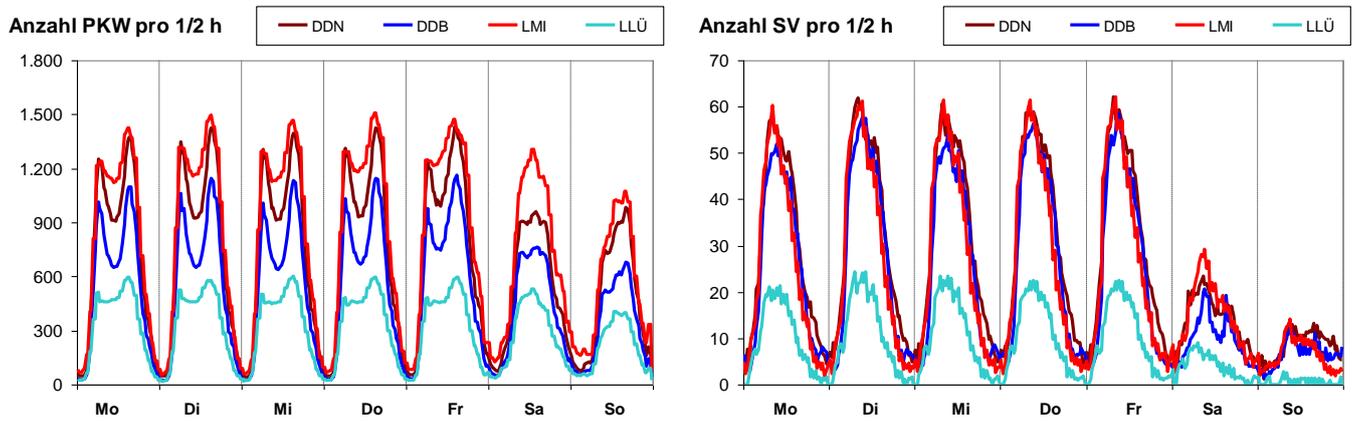


Abbildung 14: Mittlerer Wochengang 2011 für die tägliche Anzahl der Fahrzeuge unterteilt in PKW (links) und Schwerverkehr (rechts) in der Nähe der verkehrsnahen Luftgüte-Messtationen

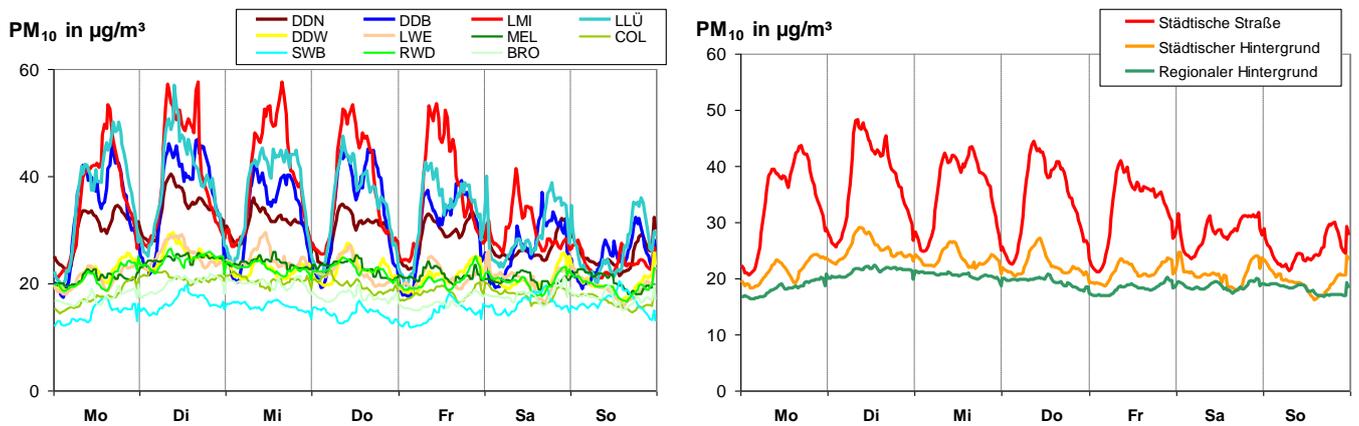


Abbildung 15: Mittlerer Wochengang 2011 für PM₁₀ an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

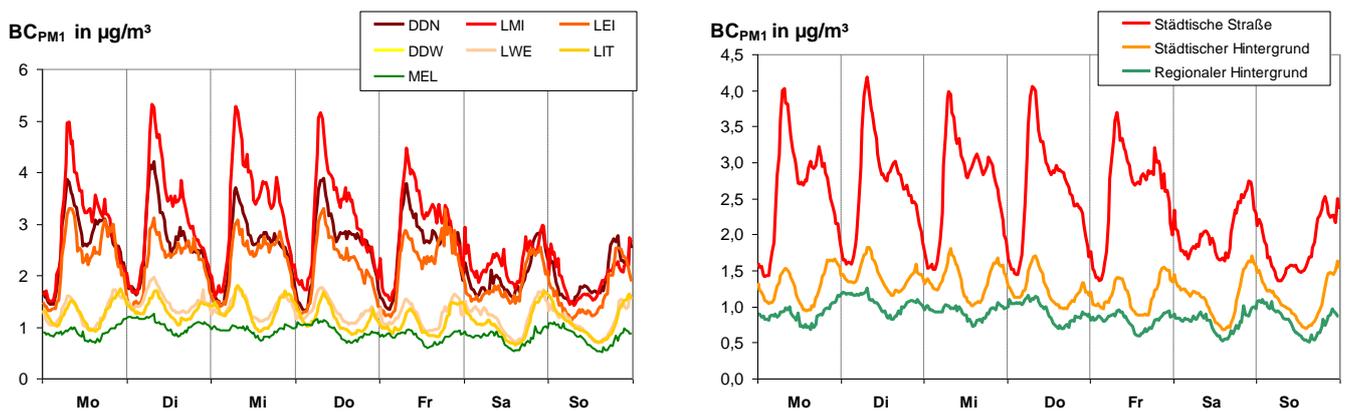


Abbildung 16: Mittlerer Wochengang 2011 für BC an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

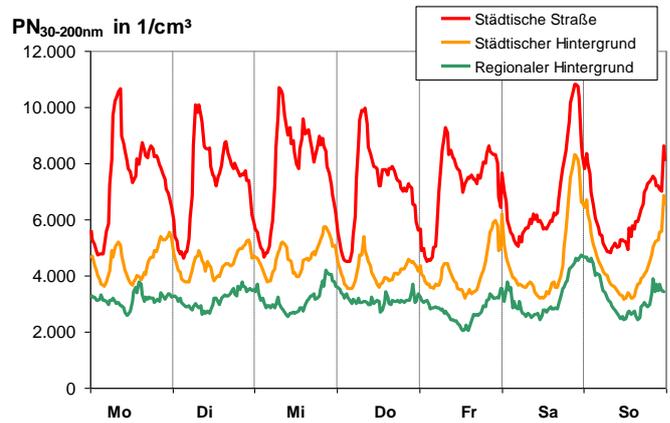
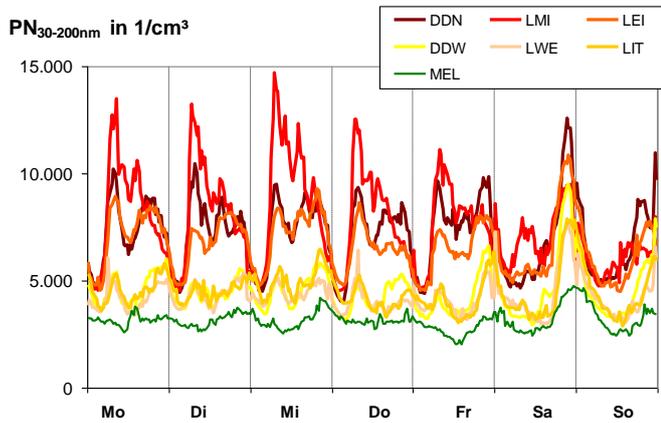


Abbildung 17: Mittlerer Wochengang 2011 für $PN_{30-200nm}$ an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

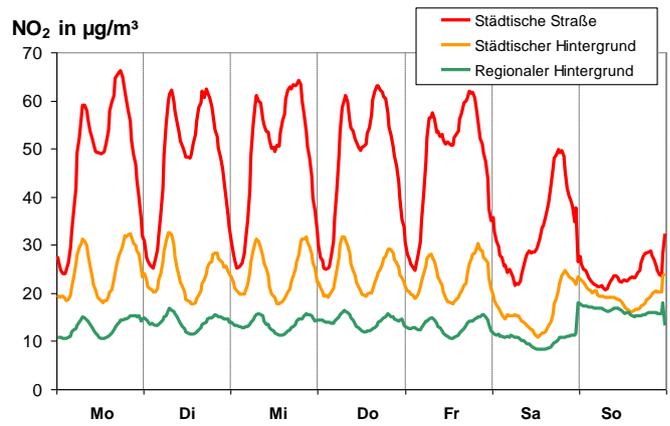
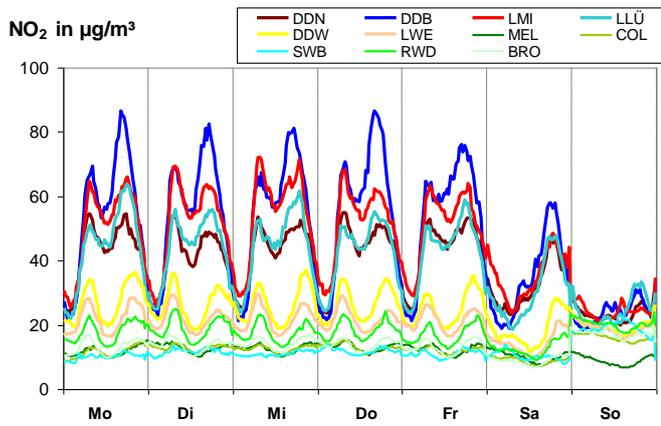


Abbildung 18: Mittlerer Wochengang 2011 für NO_2 an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

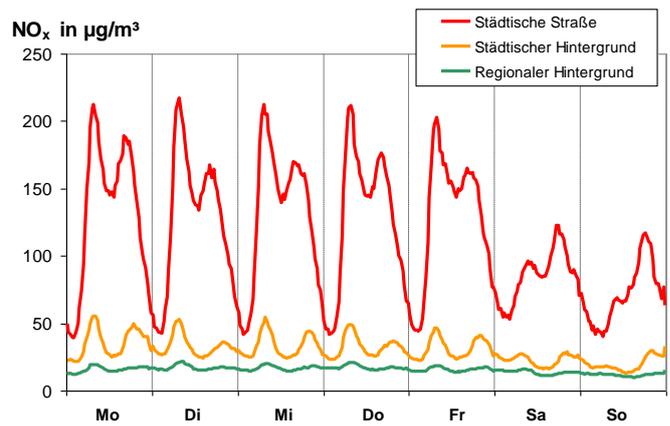
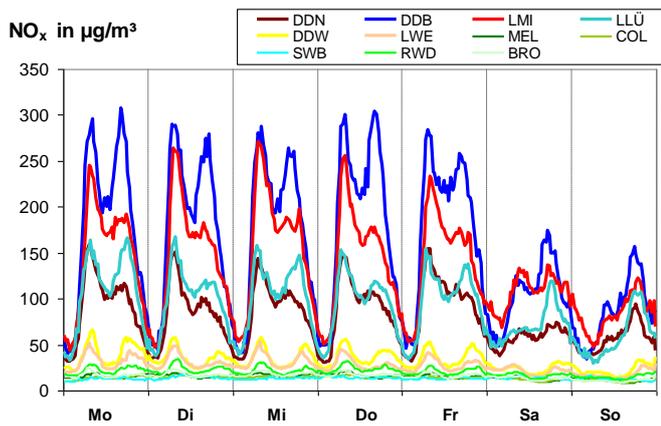


Abbildung 19: Mittlerer Wochengang 2011 für NO_x an den einzelnen Luftgüte-Messtationen (links) und an den drei Stationstypen (rechts)

4.1.4 Sommermittelwerte 2011

Der Sommermittelwert wurde für den Zeitraum vom 1. Mai bis 31. Oktober festgelegt. Die Sommermonate Mai bis Oktober sind weitgehend frei von winterspezifischen zusätzlichen Emissionen und haben meist günstigere Ausbreitungsbedingungen als die Wintermonate. Deshalb liegt es nahe, die Untersuchungen für den gesamten Datensatz des Jahres 2011 analog auf den reduzierten Datensatz des Sommerhalbjahres 2011 zu übertragen. Dies geschieht wohl wissend, dass die Aussagen dann nicht mehr für das Kalenderjahr gelten und damit die Bezugsbasis der bisherigen Beurteilung, insbesondere die der gesetzlichen Immissionsüberwachung verlassen wird. Auch werden die Aussagen mit einer geringeren statistischen Sicherheit ausfallen, da der verfügbare Datensatz nur noch halb so groß ist.

Die Sommermittelwerte 2011 sind in Tabelle 10 zu finden. Es ist bekannt, dass die Konzentrationen der meisten Luftschadstoffe durch eine Reihe von Ursachen im Winter höher als im Sommer sind. Die maximalen Werte für den Sommermittelwert pro Messgröße wurden an den gleichen Messstationen registriert wie für den Jahresmittelwert mit Ausnahme von PM_{2,5} an MEL. Damit liegen im Sommer die gleichen Belastungsschwerpunkte (Ausnahme PM_{2,5}) wie im kompletten Kalenderjahr vor.

Die prozentualen Änderungen der Daten vom Jahresmittelwert 2011 zum Sommermittelwert 2011 sind in Tabelle 11 aufgelistet. Die größten Reduzierungen traten erwartungsgemäß an den Hintergrundmessstationen auf.

Die Ergebnisse für die Messstationstypen für den Sommermittelwert 2011 sind in Tabelle 12 und dessen Änderung zum Jahresmittelwert in Tabelle 13 zu finden.

Tabelle 10: Sommermittelwerte an den Messstationen im Jahr 2011

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
PM ₁₀ in µg/m ³	21,2	23,7	28,9	24,9		14,9	15,3		19,0	12,9	12,7	14,9	12,7
PM _{2,5} in µg/m ³	11,8	14,0	14,3			10,3	9,4		14,9	7,8			
NO ₂ in µg/m ³	35,9	49,0	44,9	37,3		19,9	16,2		8,8	8,4		12,5	9,8
NO _x in µg/m ³	69,3	148,8	116,0	76,6		25,0	20,3		11,4	10,0		14,8	12,3
EC _{PM10} in µg/m ³	2,19	3,44	2,49	2,29		1,42	1,34		0,79	0,87		1,07	
BC _{PM1} in µg/m ³	2,10		2,48		1,82		0,92	0,95	0,50				
PN _{30-200nm} in 1/cm ³	7.494		7.749		6.402	4.908	4.428	4.830	3.588				
PM _{30-200nm} in µg/m ³	4,77		4,70		4,11	3,34	2,75	3,03	2,55				
PKW pro Tag	30.735	25.100	37.828	12.353									
SV pro Tag	1.307	1.090	1.075	358									
SV-Anteil in %	4,1	4,2	2,8	2,8									

Legende

Grau unterlegte Felder: keine Messung
 Braun unterlegte Felder: Maximaler Sommermittelwert der Messgröße

Tabelle 11: Prozentuale Änderung vom Jahresmittelwert 2011 zum Sommermittelwert 2011

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
PM ₁₀ in µg/m ³	-28%	-24%	-17%	-26%		-32%	-30%		-21%	-31%	-18%	-31%	-29%
PM _{2,5} in µg/m ³	-36%	-31%	-30%			-40%	-40%		-26%	-40%			
NO ₂ in µg/m ³	-9%	-2%	-6%	-8%		-18%	-19%		-25%	-28%	-18%	-25%	-22%
NO _x in µg/m ³	-13%	-4%	-12%	-15%		-23%	-25%		-22%	-26%	-15%	-27%	-21%
EC _{PM10} in µg/m ³	-24%	-14%	-21%	-25%		-32%	-36%		-38%	-46%		-35%	
BC _{PM1} in µg/m ³	-13%		-12%		-13%		-29%	-22%	-43%				
PN _{30-200nm} in 1/cm ³	5%		1%		-4%	10%	4%	8%	14%				
PM _{30-200nm} in µg/m ³	-4%		-6%		-13%	-5%	-16%	0%	3%				
PKW pro Tag	-6%	2%	0%	-16%									
SV pro Tag	7%	6%	1%	-13%									
SV-Anteil in %	13%	4%	1%	3%									

Tabelle 12: Mittlere Sommermittelwerte für Stationstypen 2011, deren relative Standardabweichung (RS) und Anzahl an Messstationen (N)

Messstationstyp	Städtische Straße			Städtischer Hintergrund			Regionaler Hintergrund		
	Mittelwert	N	RS	Mittelwert	N	RS	Mittelwert	N	RS
PM ₁₀ in µg/m ³	24,7	4	13%	15,1	2	2%	14,5	5	19%
PM _{2,5} in µg/m ³	13,4	3	10%	9,8	2	6%	11,3	2	44%
NO ₂ in µg/m ³	41,8	4	15%	18,0	2	14%	9,7	4	20%
NO _x in µg/m ³	102,7	4	36%	22,6	2	15%	11,9	4	17%
EC _{PM10} in µg/m ³	2,60	4	22%	1,38	2	4%	0,91	3	16%
BC _{PM1} in µg/m ³	2,13	3	16%	0,94	2	3%	0,50	1	-
PN _{30-200nm} in 1/cm ³	7.215	3	10%	4.722	3	5%	3.588	1	-
PM _{30-200nm} in µg/m ³	4,53	3	8%	3,04	3	10%	2,55	1	-
PKW pro Tag	26.504	4	41%						
SV pro Tag	957	4	43%						
SV-Anteil in %	3,5	4	22%						

Tabelle 13: Prozentuale Änderung der Mittelwerte der Messstationstypen vom Jahresmittelwert 2011 zum Sommermittelwert 2011

Messstationstyp	Städtische Straße	Städtischer Hintergrund	Regionaler Hintergrund
PM ₁₀ in µg/m ³	-24%	-31%	-26%
PM _{2,5} in µg/m ³	-32%	-40%	-31%
NO ₂ in µg/m ³	-6%	-18%	-24%
NO _x in µg/m ³	-10%	-24%	-23%
EC _{PM10} in µg/m ³	-20%	-34%	-40%
BC _{PM1} in µg/m ³	-13%	-26%	-43%
PN _{30-200nm} in 1/cm ³	1%	7%	14%
PM _{30-200nm} in µg/m ³	-8%	-7%	3%
PKW pro Tag	-3%		
SV pro Tag	3%		

4.2 Schätzung der Immissionsanteile der Hauptverursacher an den verkehrsnahen Messorten

4.2.1 Vorgehensweise

Die Kenntnis der Hauptverursacher der Luftverschmutzung ist wichtig, um gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität/Luftreinhaltung einzuleiten.

Verursachergruppen der Luftschadstoffe können u. a. aus der Bilanz der festgestellten Konzentrationsniveaus der kategorisierten Messorte nach dem sogenannten Lenschow-Ansatz [Lenschow 2001] abgeschätzt werden. An den verkehrsnahen Messstellen wurden die Immissionsanteile für folgende Hauptverursacher ermittelt:

- Verkehr
- Baustellentätigkeit
- restliche Quellen der Stadt
- regionaler Hintergrund

Dabei wird unter dem **Immissionsanteil Verkehr** der Belastungsanteil verstanden, der durch die Emissionen der an der Messstation vorbeifahrenden Kraftfahrzeuge verursacht wird. Der **Immissionsanteil Bautätigkeit** wurde speziell für die Messstation Leipzig-Mitte eingeführt. Durch das Baugeschehen in unmittelbarer Nähe der verkehrsbezogenen Messstelle trat eine Erhöhung der partikelförmigen Schadstoffbelastung auf, die z. B. auch lokal sichtbar festgestellt wurde (Anlage X).

Der **Immissionsanteil der restlichen Quellen der Stadt** umfasst alle Verursacher in der Stadt mit Ausnahme dem Verkehr und der Baustellentätigkeit an der Messstation Leipzig-Mitte.

Im **regionalen Hintergrund** werden alle Verursacheranteile zusammengefasst, die für die regionale Hintergrundbelastung verantwortlich sind. Diese Hintergrundbelastung entsteht z. B. durch Ferntransporte von Luftschadstoffen aus Emissionsquellen anderer Regionen und Länder, aber auch durch Nahtransporte der Luftschadstoffe von Emissionen aus Quellen im ländlichen Raum und in den Städten von Sachsen sowie durch Reaktionsprozesse von Bestandteilen in der Außenluft.

Die Ergebnisse der Immissionsanteile sind als Schätzungen einzuordnen, weil eine Reihe von Randbedingungen nur unvollkommen gilt, wie bereits in Umweltzone Teil 1 beschrieben wurde. Diese Immissionsanteile können nur für ausreichend lange Zeiträume abgeschätzt werden, da u. a. auch Wetterlagen eingehen und eine robuste Statistik notwendig ist. Es ist üblich, Immissionsanteile für Jahresmittelwerte auszugeben.

Die Immissionsanteile der Jahresmittelwerte liefern dabei grundlegende Aussagen für die Diskussion von Maßnahmen, um die Luftqualität zu verbessern. Diese Aussagen können differenziert werden, wenn z. B. die Verursacheranalyse auf den mittleren Wochengang für Tagesmittelwerte oder gar Stundenmittelwerte übertragen wird. Dabei ist jedoch zu beachten, dass für diese differenzierten Ergebnisse sich die statistische Sicherheit verringert und deshalb muss mit einer zusätzlichen Unsicherheit der Aussagen gerechnet werden.

4.2.2 Hauptverursacheranalyse für Jahresmittelwerte 2011

Die Immissionsanteile für die Hauptverursacher wurden für die Komponenten PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_x , $EC_{PM_{10}}$, $BC_{PM_{10}}$, $PN_{30-200nm}$ und $PM_{30-200nm}$ ermittelt und in Abbildung 20 bis Abbildung 26 grafisch dargestellt.

Die Immissionsanteile der Hauptverursacher für die gesetzlich vorgeschriebene **Überwachungsgröße PM_{10}** sind in Abbildung 20 dargestellt. Im Jahr 2011 lag die regionale Hintergrundbelastung bei etwa 60 % der PM_{10} -Gesamtbelastung. Die Emissionsquellen der Stadt Leipzig und Dresden trugen zu etwa 40 % zur PM_{10} -Belastung bei. Dies bedeutet, dass die Städte Leipzig und Dresden mit Maßnahmen auf maximal etwa 40 % der PM_{10} -Belastung Einfluss nehmen könnten. Der lokale Verkehrsanteil verursachte einen Immissionsanteil im Bereich von 25 bis 35 % je nach verkehrsnaher Messstation. Die größte Verkehrsbelastung wurde in der Straßenschlucht Lützner Straße in Leipzig (LLÜ) ermittelt. Dort wurden etwa $12 \mu g/m^3$ PM_{10} durch den lokalen Verkehr in der Lützner Straße verursacht. Der Immissionsanteil Verkehr setzt sich dabei aus zwei Teilen zusammen, dem Immissionsanteil Motor (Auspuff) und den Immissionsanteil Aufwirbelungen und Abriebe. Beide Immissionsanteile können mit dem PM_{10} -Messverfahren jedoch nicht unterschieden werden. Die Maßnahme Umweltzone zielt auf eine Reduzierung der Motoremissionen und damit auf die Reduzierung des Immissionsanteils Motor ab. Aus Modellierungen ist die Größenordnung der Aufteilung beider Anteile bekannt. Der Immissionsanteil Motor liegt bei etwa 30 % und der Immissionsanteil Aufwirbelungen und Abriebe bei 70 % des Immissionsanteils Verkehr. Das exakte Verhältnis ist jedoch von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, wie z. B. der Flottenzusammensetzung, dem Fahrmodus der Fahrzeuge, dem Fahrbahnbelag, der Randbebauung und den Wetterbedingungen. Weiterhin wäre die Unsicherheit bei der Modellierung zu beachten. Die Angabe des PM_{10} -

Immissionsanteils Motor, der für die Ermittlung des Minderungspotenzials der Umweltzone notwendig wäre, ist für die vier verkehrsnahen Messstellen mit den hier vorliegenden Mitteln nicht möglich.

Die Immissionsanteile der Hauptverursacher für die gesetzlich vorgeschriebene **Überwachungsgröße PM_{2,5}** sind in Abbildung 21 dargestellt. Die regionale Hintergrundbelastung lag bei etwa 80 % der PM_{2,5}-Gesamtbelastung 2011. Die Emissionsquellen der Stadt Leipzig und Dresden trugen zu etwa 20 % zur PM_{2,5}-Gesamtbelastung bei. Dies bedeutet, dass die Städte Leipzig und Dresden im Idealfall maximal 20 % der Belastung beeinflussen können. Der Immissionsanteil Verkehr wurde mit 12 bis 20 % oder 2 bis 4 µg/m³ ermittelt. Die absoluten Werte für den PM_{2,5}-Immissionsanteil Verkehr sind deutlich kleiner als die für den PM₁₀-Anteil Verkehr. Der Immissionsanteil Motor wird im PM_{2,5} genauso wie im PM₁₀ erfasst, weil die Motorenemissionen deutlich kleiner 1 µm sind. Hingegen wird der Verkehrsanteil Aufwirbelungen und Abriebe durch den PM_{2,5}-Einlass auf die Teilmenge von Partikeln mit einem Durchmesser kleiner 2,5 µm anstelle kleiner 10 µm im PM₁₀ reduziert. Für die Komponente PM_{2,5} ist man an dem Immissionsanteil Motor zwar näher dran, aber die große Unsicherheit der Unterteilung von Immissionsanteil Motor und Immissionsanteil Aufwirbelung und Abriebe ist auch für PM_{2,5} vorhanden. Deshalb wird auf die Angabe des PM_{2,5}-Immissionsanteils Motor, der für die Ermittlung des Minderungspotenzials der Umweltzone notwendig, aber mit einer zu großen Unsicherheit verbunden wäre, verzichtet.

Die Immissionsanteile der Hauptverursacher für die gesetzliche **Überwachungsgröße NO_x** sind in Abbildung 22 dargestellt. Im Gegensatz zu den partikelförmigen Komponenten ist für NO_x die regionale Hintergrundbelastung sehr gering. Im Jahr 2011 lag sie bei 10 bis 20 % der PM_x-Gesamtbelastung 2011. Die Quellen der Stadt verursachen etwa 80 bis 90 % der NO_x-Belastung an den verkehrsnahen Messstellen. Die unmittelbar an der Messstation vorbeifahrenden Fahrzeuge tragen zu 60 bis 81 % der festgestellten NO_x-Gesamtbelastung (Abbildung 22, rechts) bei. An der Messstelle Dresden-Bergstraße (DDB) wurde der größte Verkehrsanteil mit 126 µg/m³ oder 81 % der NO_x-Gesamtbelastung festgestellt. Durch Verkehrsmaßnahmen kann damit der größte Einfluss auf eine NO_x- und damit NO₂-Reduzierung in der Stadt genommen werden. Die NO_x-Emissionen der Fahrzeuge stammen ausschließlich aus den Motoren (Auspuffemissionen). Fahrzeuge mit weniger NO_x- und NO₂-Ausstoß werden über die Euro-Normen geregelt.

Nachdem die Immissionsanteile der Hauptverursacher für die gesetzlich vorgeschriebenen Überwachungsgrößen dargestellt wurden, erfolgt nun eine Übertragung der Methode auf die wissenschaftliche Ergänzungsmessung EC_{PM10}, BC_{PM1}, PN_{30-200nm} und PM_{30-200nm}.

Die Immissionsanteile für die Hauptverursacher für den **elementaren Kohlenstoff EC_{PM10}** sind in Abbildung 23 dargestellt. Die regionale Hintergrundbelastung lag bei etwa 40 bis 50 % der Gesamtbelastung. Etwa 15 bis 20 % der Immissionsbelastung wird durch städtische Quellen ohne den Verkehr an der Messstation verursacht. Der Verkehr an der Messstation trug mit 0,8 bis 1,9 µg/m³ EC oder etwa 30 bis fast 50 % der Gesamtbelastung bei. An DDB wurde der Spitzenwert von 1,9 µg/m³ EC bzw. 47 % bestimmt.

Die Immissionsanteile für die Hauptverursacher für den **schwarzen Kohlenstoff BC_{PM1}** sind in Abbildung 24 dargestellt. Die regionale Hintergrundbelastung war mit 30 bis 40 % leicht geringer als für EC. Der Verkehrsanteil war mit 40 bis 50 % hingegen leicht höher als für EC. An LMI lag die höchste Gesamtbelastung mit 2,8 µg/m³ BC und der höchste Verkehrsanteil mit 1,6 µg/m³ BC vor. An DDB wurde kein BC bestimmt. Nur an DDN und LMI können die EC-Daten mit den BC-Daten verglichen werden. Der Verkehrsanteil wurde an beiden Messstationen für BC deutlich höher als für EC bestimmt.

Die Immissionsanteile für die Hauptverursacher für die **Partikelanzahl der Partikelgrößenklasse von 30 bis 200 nm PN_{30-200nm}** sind in Abbildung 25 dargestellt. Die regionale Hintergrundbelastung betrug rund 3.100 Partikel pro cm³. Sie war mit 40 bis 50 % leicht höher als für BC und ähnlich wie für EC. Die städtischen Quellen außer dem Verkehr an der Messstation machten weniger als 20 % aus. Der Verkehrsanteil wurde mit 2.300 bis 3.300 Partikel pro cm³ ermittelt. An den drei Messstationen DDN, LMI und LEI werden sowohl BC als auch PN_{30-200nm} bestimmt. Die Stufungen der Gesamtbelastung und des Verkehrsanteils sind für PN_{30-200nm} und BC ähnlich.

Aus der gemessenen Partikelanzahlverteilung der Größenklasse PN_{30-200nm} kann die Partikelmasse PM_{30-200nm} berechnet werden. Die Immissionsanteile für die Hauptverursacher für die **Partikelmasse der Partikelgrößenklasse von 30 bis 200 nm PM_{30-200nm}** sind in Abbildung 26 dargestellt. Die regionale Hintergrundbelastung lag 2011 bei etwa 50 % an den drei verkehrsnahen Messstellen. Die Gesamtbelastung PM_{30-200nm} an DDN und LMI war mit 5 µg/m³ nahezu gleich. Auch der Verkehrsanteil war mit 1,7 µg/m³ oder 35 % gleich.

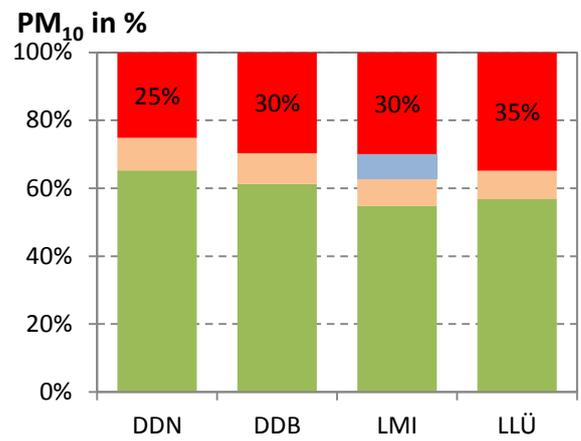
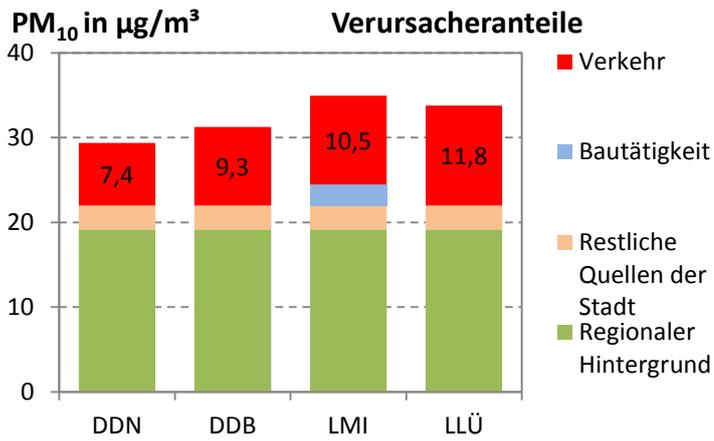


Abbildung 20: PM₁₀-Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011

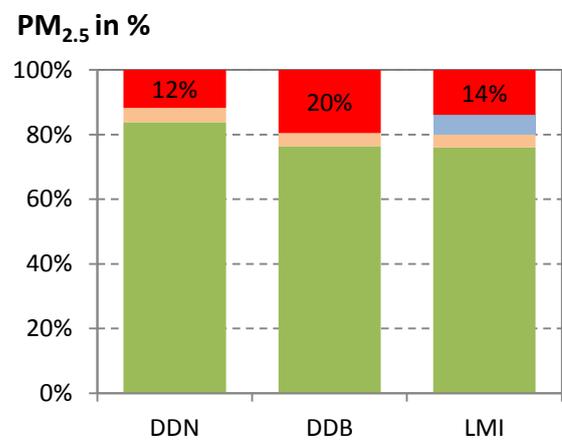
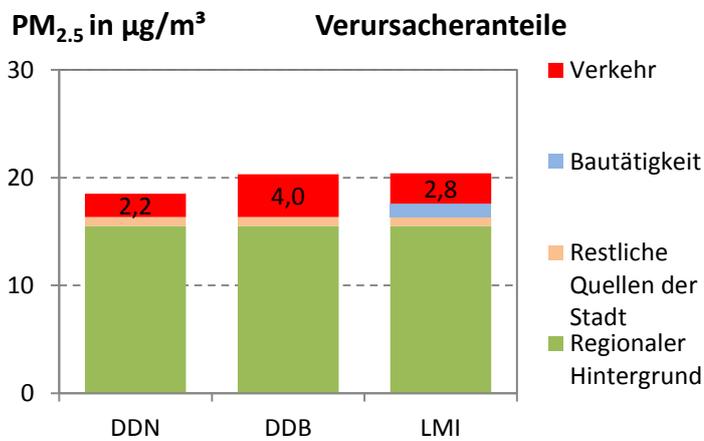


Abbildung 21: PM_{2,5}-Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011

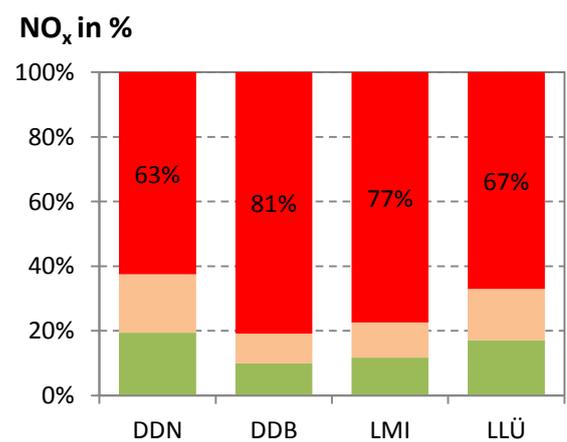
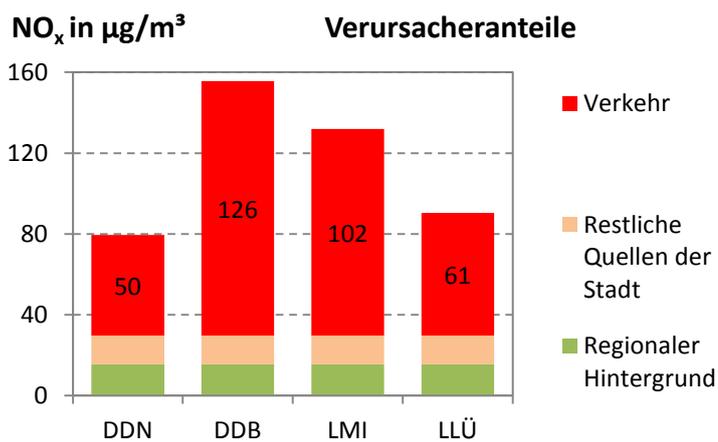


Abbildung 22: NO_x-Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011

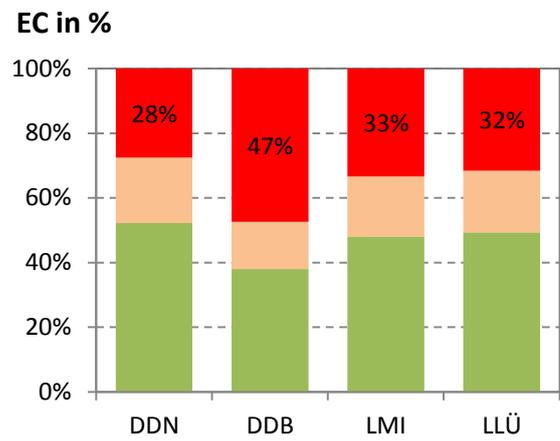
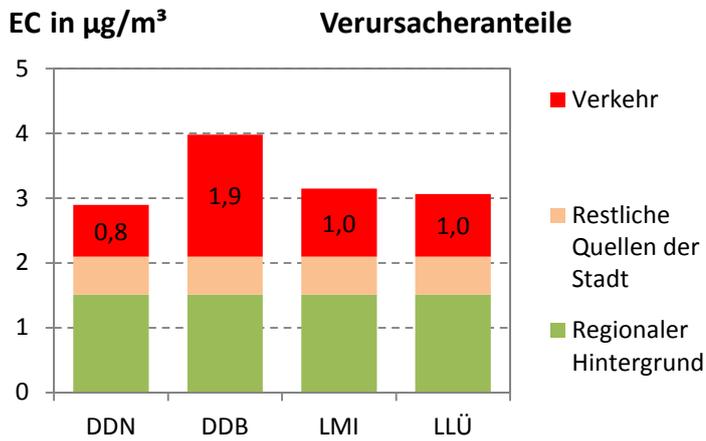


Abbildung 23: $\text{EC}_{\text{PM}_{10}}$ -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011

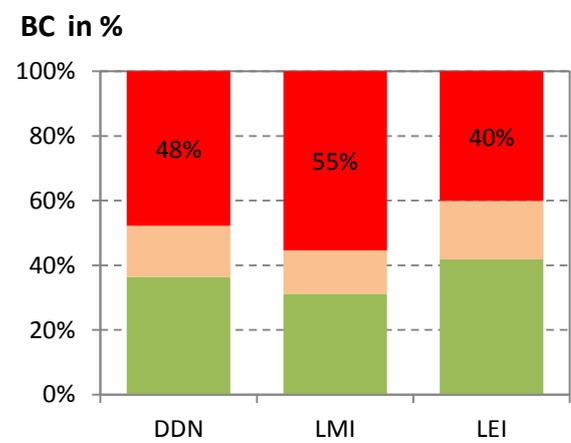
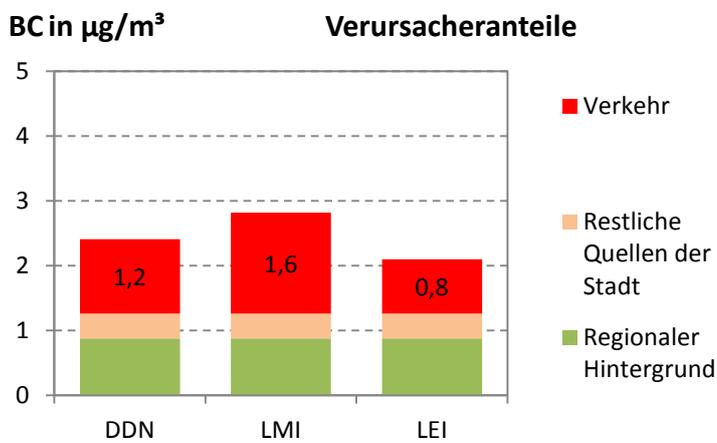


Abbildung 24: $\text{BC}_{\text{PM}_{10}}$ -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011

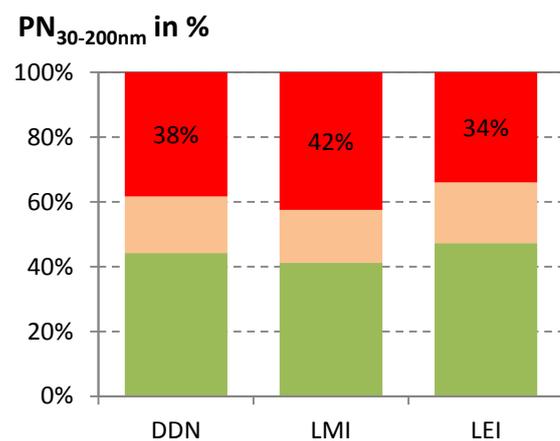
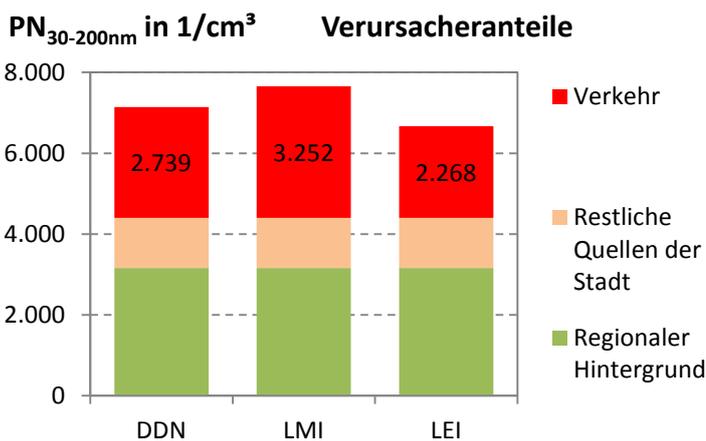
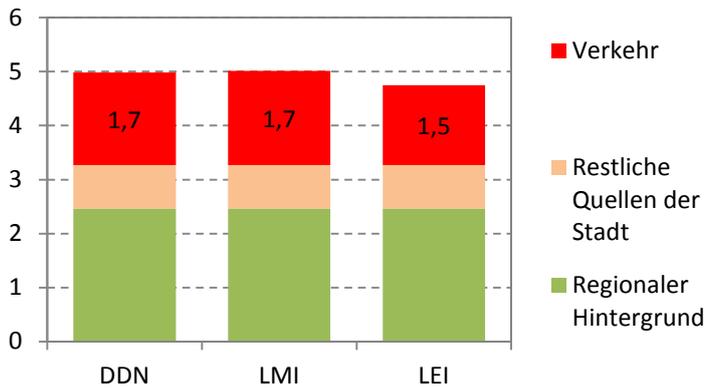


Abbildung 25: $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ -Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011

PM_{30-200nm} in µg/m³ Verursacheranteile



PM_{30-200nm} in %

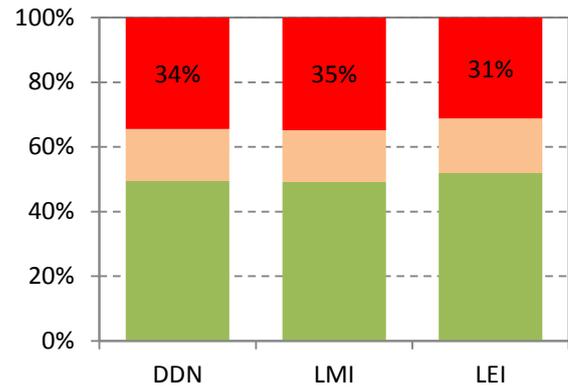


Abbildung 26: PM_{30-200nm}-Immissionsanteile der Hauptverursacher 2011

4.2.3 Hauptverursacheranalyse im mittleren Wochengang 2011 für Tagesmittelwerte

Der mittlere Wochengang mit Tagesmittelwerten kann ebenfalls für eine grobe Abschätzung der Verursacheranteile genutzt werden. Die Unsicherheit der Aussage steigt jedoch, weil sich die Anzahl der Daten für die Statistik auf $\frac{1}{7}$ pro mittleren Wochentag gegenüber dem Jahresmittelwert reduziert.

Die Immissionsanteile für die Hauptverursacher der mittleren Wochentage des Jahres 2011 wurden für die Komponenten NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, BC_{PM1} und PN_{30-200nm} ermittelt. Für die Komponente EC_{PM10} ist die Ermittlung nicht möglich, da die Analyse nur für jeden 6. Tag erfolgt.

In Abbildung 27 im oberen Teil wird der **mittlere Tagesgang für NO_x** an vier verkehrsnahen Messstationen gezeigt. Von Montag bis Freitag variiert die NO_x-Konzentration nur wenig, aber auf sehr unterschiedlichem Niveau je nach Messstation. Am Samstag ist dann eine deutlich geringere NO_x-Belastung und am Sonntag stets das Minimum vorhanden. Die regionale Hintergrundbelastung ist sehr klein gegenüber dem Immissionsanteil durch den Verkehr an der Messstation. Der Verkehrsanteil am Samstag und besonders am Sonntag (Minimum) ist geringer als an den Tagen Montag bis Freitag.

Für NO_x ist der Verkehrsanteil durchweg größer als der regionale Hintergrund. Der NO_x-Verkehrsanteil wird ausschließlich durch die Motoremissionen der Fahrzeuge verursacht. Lokale Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in der Stadt werden damit sehr empfindlich abgebildet, weil die regionale Hintergrundbelastung als „fremdbestimmter Anteil“ sehr klein ist.

Der **mittlere Tagesgang für PM₁₀** an vier verkehrsnahen Messstationen wird in Abbildung 27 im mittleren Teil gezeigt. Im Gegensatz zu NO_x ist die regionale Hintergrundbelastung für PM₁₀ groß gegenüber dem Immissionsanteil durch den Verkehr an der Messstation. Die Hintergrundbelastung ist am Dienstag am größten und nimmt dann bis zum Minimum am Sonntag kontinuierlich ab. Der Verkehrsanteil verhält sich ähnlich. Die Reduzierung am Sonntag fällt jedoch deutlich größer aus. Der Verkehrsanteil besteht hier aus dem Immissionsanteil durch Motoremissionen und Aufwirbelungen und Abriebe. Der für die Umweltzone relevante Immissionsanteil Motor beträgt jedoch nur etwa $\frac{1}{3}$ des Verkehrsanteils (= $\frac{1}{3}$ des roten Balkens). Damit ist die Komponente PM₁₀ wenig empfindlich im Nachweis der Wirkung der Umweltzone.

In Abbildung 27 im unteren Teil wird der **mittlere Tagesgang für PM_{2,5}** an drei verkehrsnahen Messstationen dargestellt. Die regionale Hintergrundbelastung für PM_{2,5} ist größer als für PM₁₀ und der Immissionsanteil durch den Verkehr an der Messstation verhältnismäßig klein. Wie schon beim PM₁₀ ist auch hier die Hintergrundbelastung am Dienstag am größten und nimmt dann bis zum Minimum am Sonntag kontinuierlich ab. Der Verkehrsanteil verhält sich ähnlich. Die Reduzierung am Sonntag fällt ebenfalls deutlich größer aus.

Der Verkehrsanteil besteht auch hier aus dem Immissionsanteil durch Motoremissionen und Aufwirbelungen und Abriebe. Der für die Umweltzone relevanten Immissionsanteil Motor beträgt jedoch nur etwa $\frac{1}{2}$ des Verkehrsanteils. Damit ist die Komponente PM_{2,5} wenig empfindlich im Nachweis der Wirkung der Umweltzone.

Insgesamt sieht der Verlauf der Verursacheranteile zwischen PM₁₀ und PM_{2,5} sehr ähnlich aus. Für PM_{2,5} ist jedoch der regionale Hintergrundanteil (Ferntransport) durchweg größer und damit können Verbesserungen in der Stadt nur wenig empfindlich im PM_{2,5} abgebildet werden. Lokale Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in der Stadt wie z. B. Verkehrsreduzierungen, die zu weniger Aufwirbelungen von Bodestaub führen, werden damit durch PM₁₀ empfindlicher als durch PM_{2,5} abgebildet.

Durch den großen Hintergrundanteil für PM_{2.5} wird hingegen gezeigt, dass vor allem überregionale Maßnahmen notwendig sind, um die PM_{2.5}-Konzentrationen wirksam zu senken.

Der **mittlere Tagesgang für BC_{PM1}** an drei verkehrsnahen Messstationen wird in Abbildung 28 im oberen Teil gezeigt. Die Verkehrsanteile an DDN und LMI sind größer als die regionalen Hintergrundanteile. Die höchsten Konzentrationen im Verkehrsanteil sind an den Tagen Montag bis Freitag an allen Stationen festzustellen. Am Samstag folgt eine deutliche Reduzierung und am Sonntag wird das Minimum erreicht.

In Abbildung 28 im unteren Teil wird der **mittlere Tagesgang für PN_{30-200nm}** an den gleichen drei verkehrsnahen Messstationen wie für BC dargestellt. Die Aufteilung der Anteile und der Verlauf über die Wochentage sind dem BC-Anteilen und BC-Verlauf ähnlich. Es ist jedoch der Verkehrsanteil geringfügig kleiner. Weiterhin erscheint auf den ersten Blick der Rückgang der Konzentration vom Niveau Montag bis Freitag zum Samstag nicht so deutlich wie für BC. Dies wird jedoch durch das Absinken der regionalen Hintergrundbelastung am Freitag gegenüber allen anderen Tagen verursacht.

Fazit

Die Verursacheranteile des mittleren Wochenganges lassen eine mittlere wochentaggenaue Analyse der Verkehrsanteile unter Beachtung der Hintergrundbelastung zu. Für die einzelnen Tage der Woche kann klar zwischen Belastungen in der Stadt und regionaler Hintergrundbelastung unterschieden werden. Die regionale Hintergrundbelastung kann kaum oder praktisch nicht durch die Maßnahmen in der Stadt beeinflusst werden. Lokale verkehrsbezogene Maßnahmen zur Luftreinhaltung in der Stadt hingegen beeinflussen den Verkehrsanteil an der Messstation und die restlichen Quellen der Stadt. Die Komponenten NO_x, EC, BC und PN_{30-200nm} sollten zur Beurteilung und für den Erfolgsnachweis dieser Maßnahmen herangezogen werden. Die Komponenten PM₁₀ und PM_{2.5} sind dazu eher weniger geeignet, weil sie zu unempfindlich sind und einen großen Hintergrundanteil aufweisen.

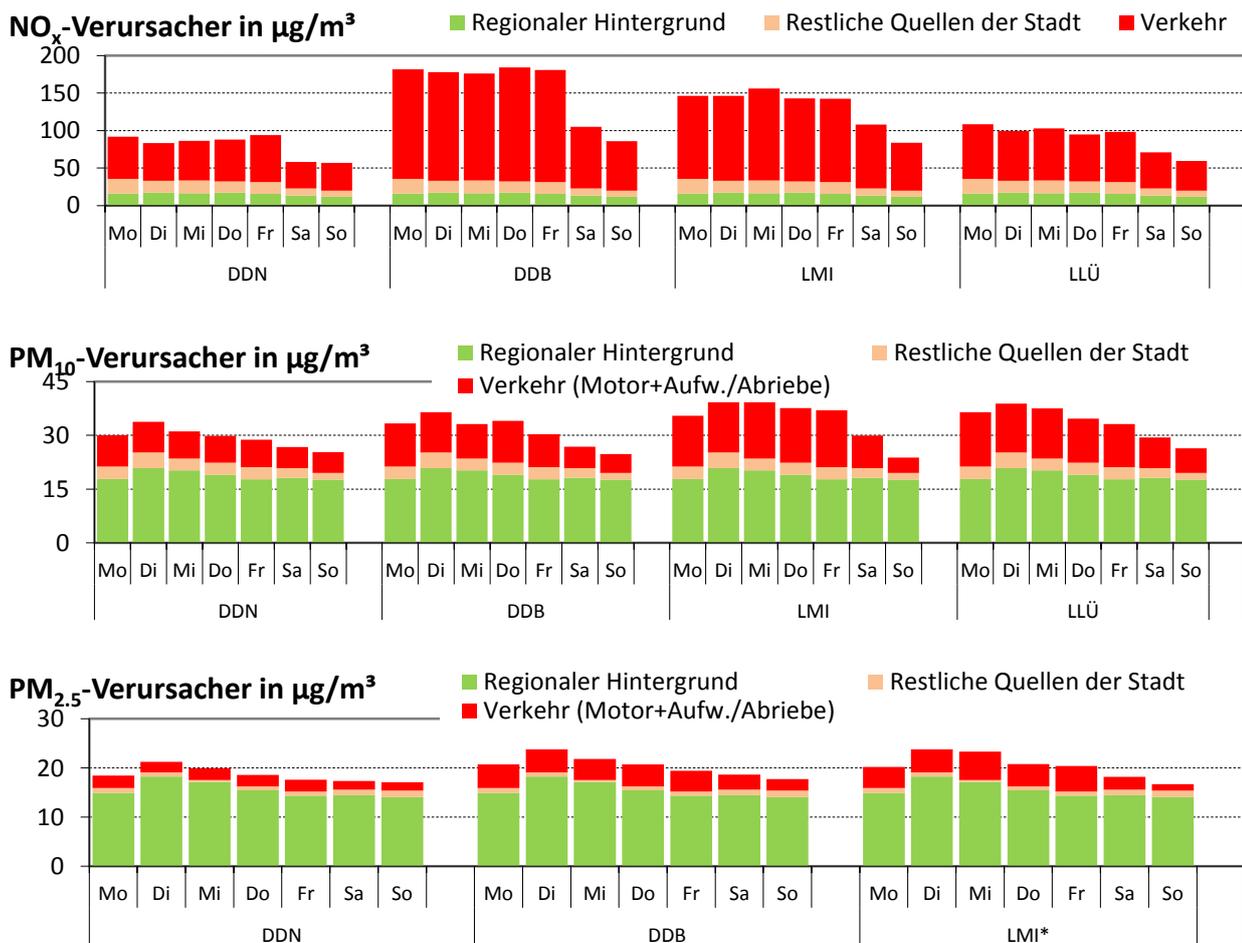


Abbildung 27: Verursacheranteile im mittleren Wochengang 2011 für NO_x, PM₁₀ und PM_{2.5}

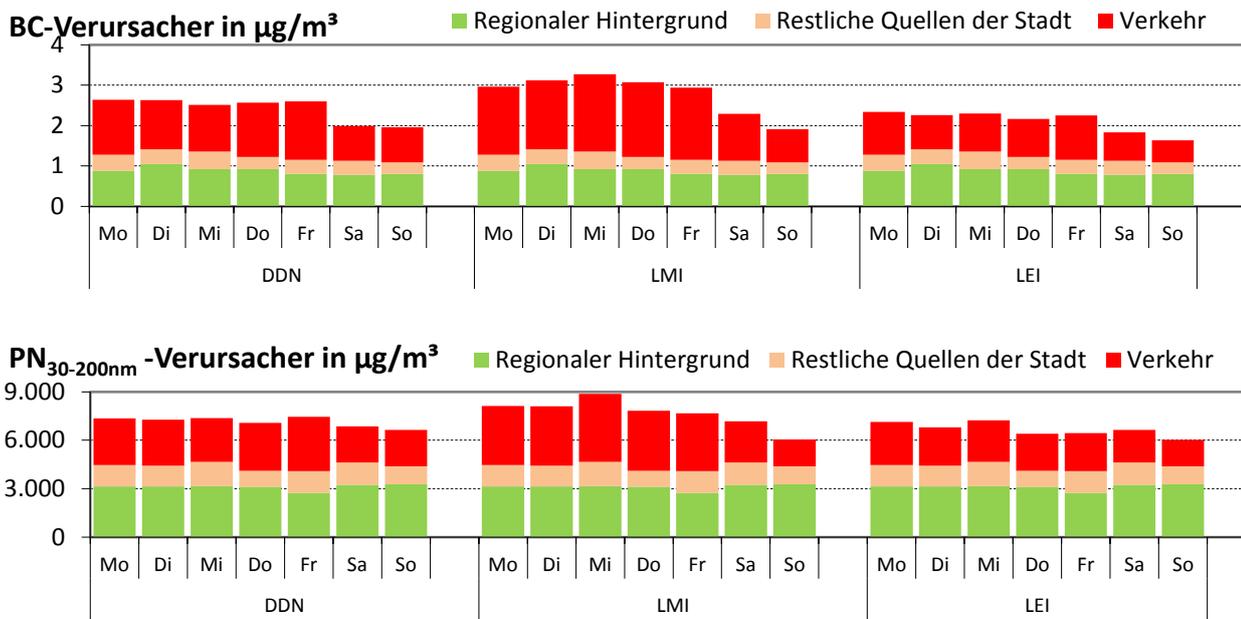


Abbildung 28: Verursacheranteile im mittleren Wochengang 2011 für BC_{PM1} und PN_{30-200nm}

4.2.4 Hauptverursacheranalyse im mittleren Wochengang 2011 für ½-Stundenwerte

Nachdem der mittlere Wochengang mit Tagesmittelwerten zur Verursacheranalyse erfolgreich angewendet wurde, wird nun der mittlere Wochengang mit ½ h-Werten zeitlich hoch aufgelöst und dazu die Verursacheranteile nach dem gleichem Algorithmus ermittelt. Dabei muss klar sein, dass die Unsicherheit der Ergebnisse weiter anwächst.

Die Immissionsanteile für die Hauptverursacher der mittleren Wochentage mit ½-Stundenmittelwerten des Jahres 2011 wurden für die Komponenten NO_x, PM₁₀, BC_{PM1} und PN_{30-200nm} ermittelt. Diese Berechnung ist nur für die kontinuierlich gemessenen Komponenten möglich, bei denen auch ½ h-Messwerte gewonnen wurden.

In Abbildung 29 wird der **mittlere Tagesgang für NO_x** an den vier verkehrsnahen Messstationen gezeigt. Der Immissionsanteil für den regionalen Hintergrund ist an den einzelnen Wochentagen recht gleichmäßig und konstant.

Die Aktivitäten in der Stadt sind im Immissionsanteil Verkehr und Immissionsanteil der restlichen Quellen der Stadt gut zu erkennen. In den frühen Morgenstunden von Montag ist ein Belastungsminimum sichtbar. In der morgendlichen Verkehrsspitze stiegen die Anteile für die restlichen Quellen der Stadt und noch steiler der Verkehrsanteil. Das Maximum wird gegen 07:00 bis 08:30 Uhr je nach Messstation erreicht. Danach sinken die Immissionsanteile Verkehr und die restliche Quellen der Stadt und erreichen um die Mittagszeit ein lokales Minimum. Am Nachmittag steigen die Konzentrationen wieder leicht an. Das morgendliche Maximum wird bis auf DDB jedoch nicht wieder erreicht. Am Abend sinken die Konzentrationsanteile bis in die frühen Morgenstunden des folgenden Tages ab. Die Tage Montag bis Freitag haben einen sehr ähnlichen Verlauf der drei Verursacheranteile.

Der Samstag und Sonntag zeigt deutlich geringere und zeitlich verschobene städtische Aktivitäten. Die morgendliche Verkehrsspitze mit einem Maximum fehlt. Am Sonntagmorgen wird das Minimum entsprechend dem späteren Aufstehen des Großteils der Stadtbevölkerung deutlich später erreicht. An LLÜ wird jeweils am Nachmittag vom Samstag und Sonntag ein Maximum im Verkehrsanteil erreicht.

Der **mittlere Tagesgang für PM₁₀** an vier verkehrsnahen Messstationen wird in Abbildung 30 dargestellt. Im Gegensatz zu NO_x ist die regionale Hintergrundbelastung für PM₁₀ groß gegenüber dem Immissionsanteil durch den Verkehr an der Messstation. Der Verkehrsanteil verhält sich ähnlich. Die Reduzierung am Samstag/Sonntag ist vorhanden, fällt aber an DDN und LLÜ relativ aus. Nur an LMI sind deutliche Reduzierungen am Samstag/Sonntag sichtbar.

Der Verkehrsanteil besteht hier aus dem Immissionsanteil durch Motoremmissionen und Aufwirbelungen und Abriebe. Der für die Umweltzone relevanten Immissionsanteil Motor beträgt jedoch nur etwa 1/3 des Verkehrsanteils. Damit ist die Komponente PM₁₀ wenig empfindlich im Nachweis der Wirkung der Umweltzone.

Der **mittlere Tagesgang für BC_{PM1}** an drei verkehrsnahen Messstationen wird in Abbildung 31 gezeigt. Die Aktivitäten der Stadt werden gut abgebildet. Werden die Messstationen DDN und LMI verglichen, so ist ein ähnlicher Verlauf der drei Immissionsanteile von BC und NO_x erkennbar.

In Abbildung 32 wird der **mittlere Tagesgang für $PN_{30-200nm}$** an den drei gleichen verkehrsnahen Messstationen wie für BC dargestellt. Die Aufteilung der Anteile und der Verlauf über die Wochentage sind dem BC- und NO_x -Anteilen und dem BC- und NO_x -Verlauf ähnlich. Anders ist jedoch der Verlauf und die Konzentrationshöhe am Abend des Samstages, an dem an DDN und LEI das Maximum der Wert der Woche erreicht wird. Dies trifft jedoch nicht für LMI zu. Das Immissionsmaximum an DDN und LEI ist möglicherweise auf Partikelemissionen aus Kaminen zurückzuführen, die vorzugsweise am Samstagabend betrieben werden.

Fazit

Die Verursacheranteile des mittleren Wochenganges für $\frac{1}{2}$ -Stundenwerte lassen eine noch differenzierte Analyse der Verkehrsanteile der einzelnen Wochentage unter Beachtung der Hintergrundbelastung zu. Der Tagesverlauf wird gegenüber den Tagesmittelwerten in Kapitel 4.2.3 zeitlich hoch aufgelöst wiedergegeben. Auch hier kann noch klar zwischen Belastungen in der Stadt und regionaler Hintergrundbelastung unterschieden werden. Die Wirkungen von lokalen verkehrsbezogene Maßnahmen zur Luftreinhaltung in der Stadt hingegen können zeitlich hochaufgelöst analysiert werden. Die Komponenten NO_x , BC und $PN_{30-200nm}$ sollten zur Beurteilung und für den Erfolgsnachweis dieser Maßnahmen herangezogen werden. Die Komponente PM_{10} ist dazu eher weniger geeignet, weil sie zu unempfindlich ist und einen zu großen Hintergrundanteil aufweist.

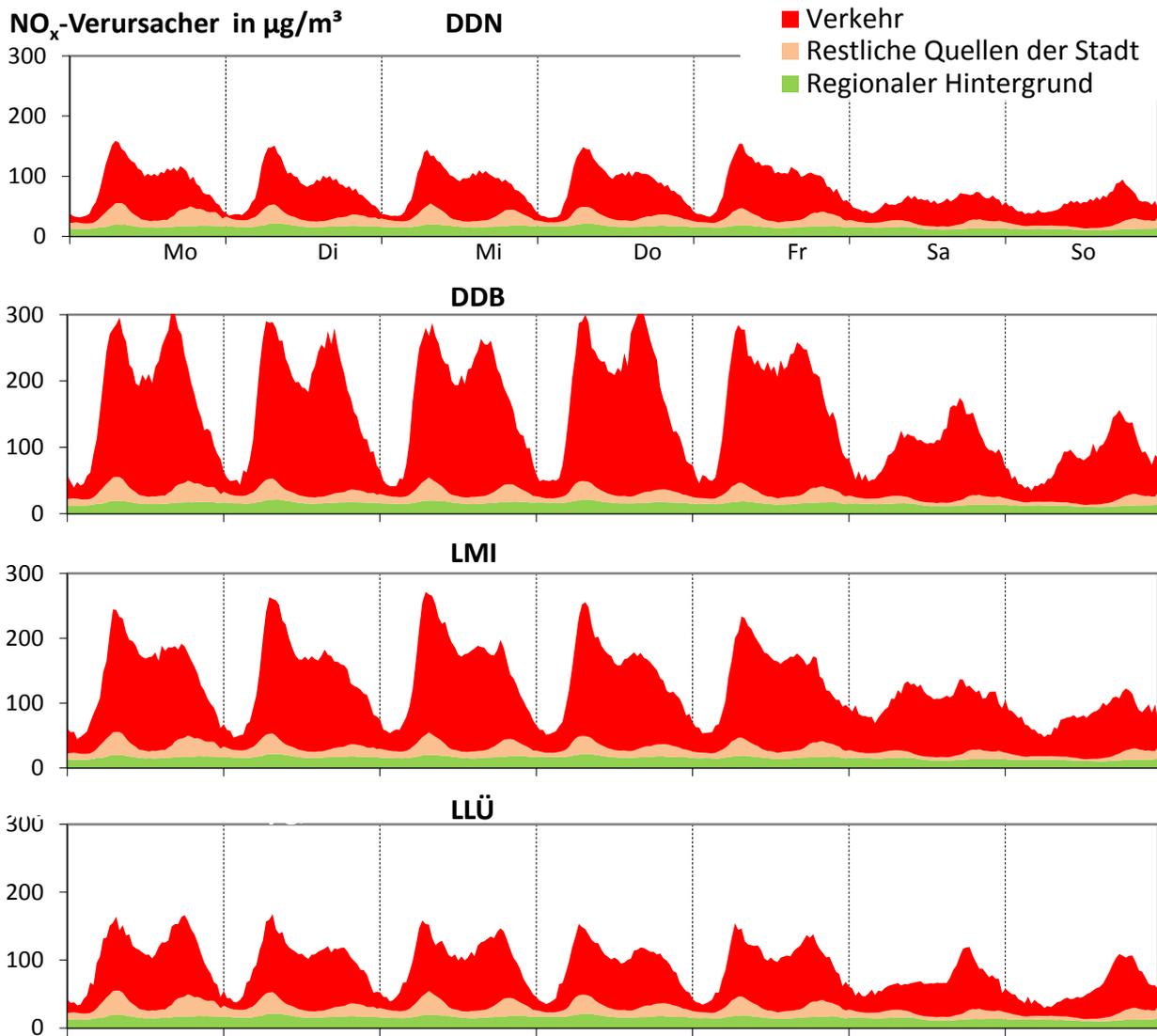


Abbildung 29: NO_x-Verursacheranteile im mittleren Wochengang für ½-h-Werte 2011

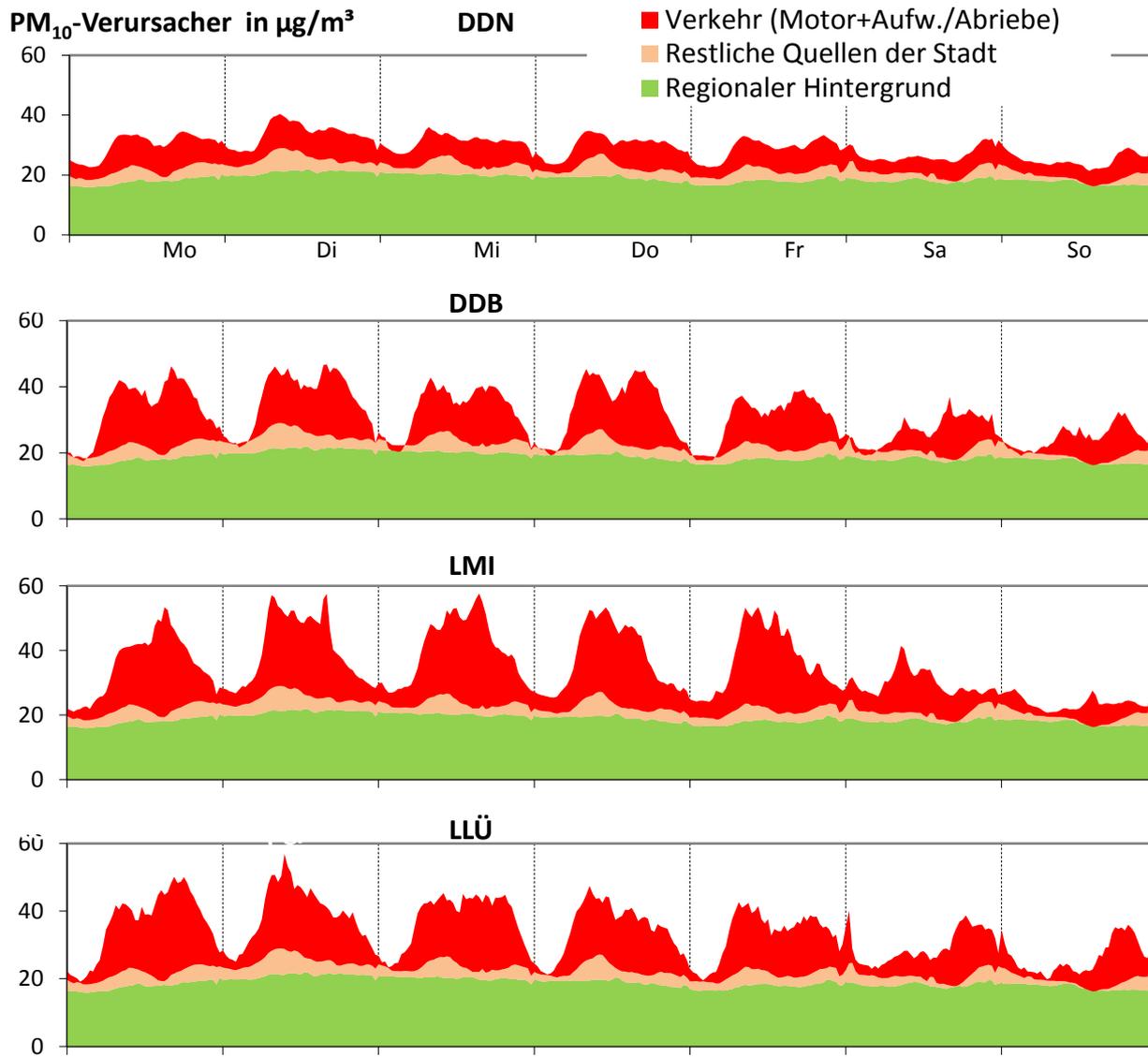


Abbildung 30: PM₁₀-Verursacheranteile im mittleren Wochengang für ½-h-Werte 2011

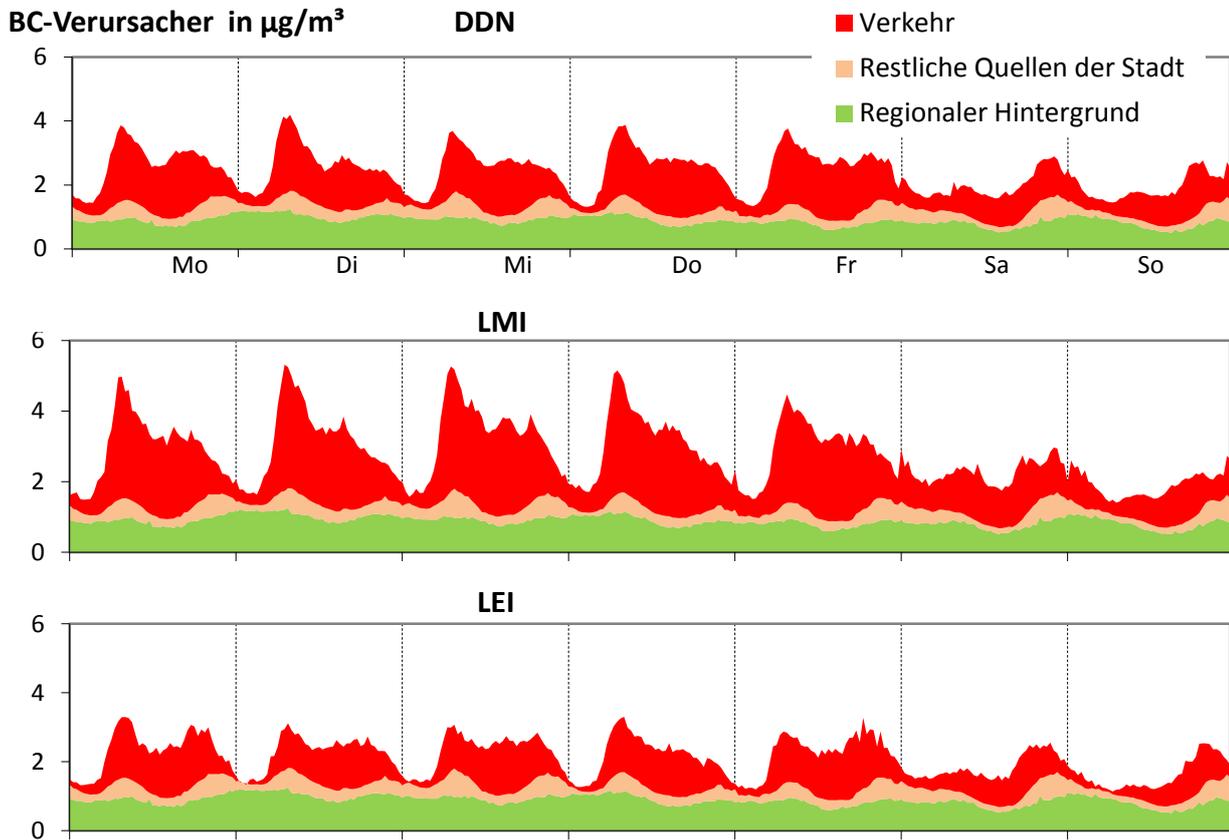


Abbildung 31: BC-Verursacheranteile im mittleren Wochengang für $\frac{1}{2}$ -h-Werte 2011

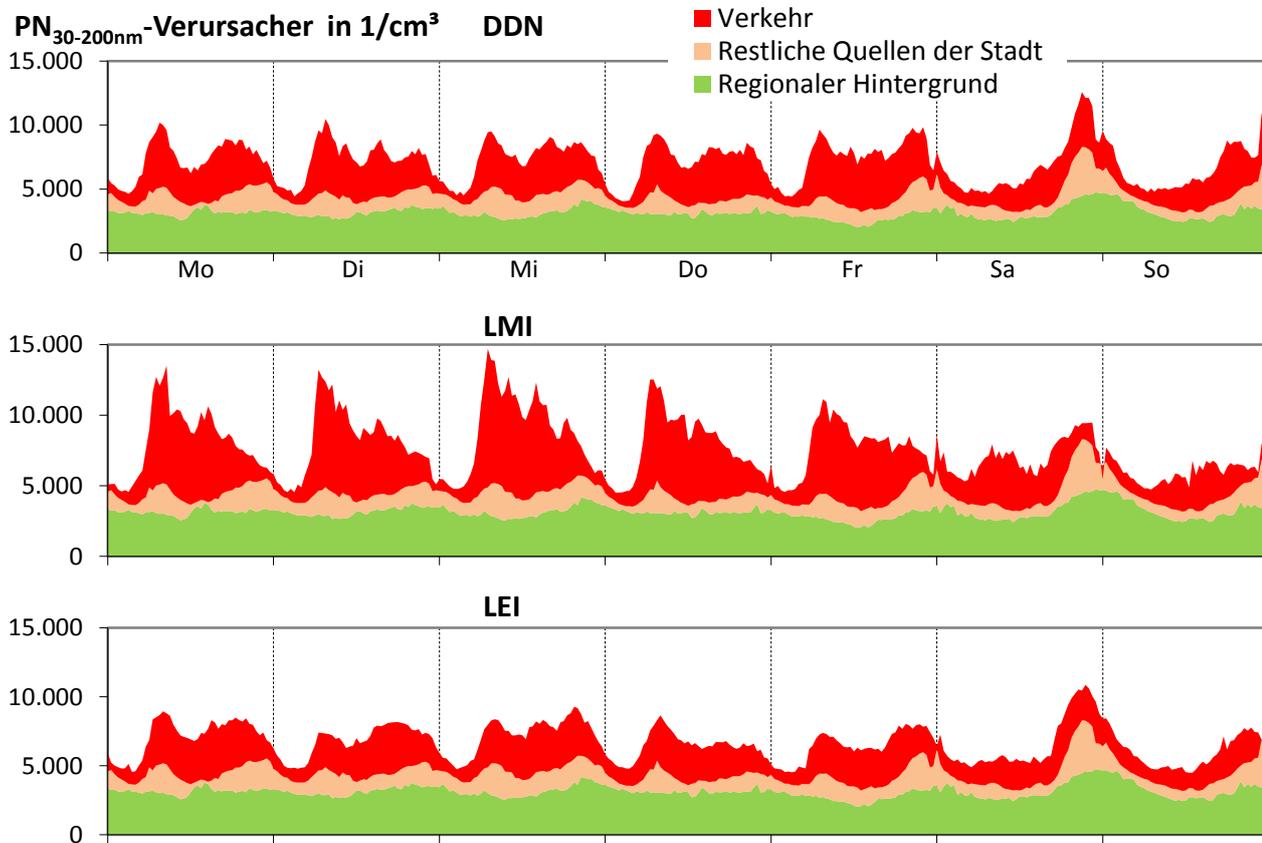


Abbildung 32: PN_{30-200nm}-Verursacheranteile im mittleren Wochengang für $\frac{1}{2}$ -h-Werte 2011

4.2.5 Sommermittelwerte

Für die Sommermittelwerte wurden ebenfalls die Immissionsanteile für die Hauptverursacher ermittelt. Es sollte geprüft werden, ob im Sommerhalbjahr ggf. der Verkehrsanteil besser getrennt von den winterspezifischen Zusatzquellen analysiert werden kann. Die Verursacheranteile wurden für die Komponenten PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, EC_{PM10}, BC_{PM1}, PN_{30-200nm} und PM_{30-200nm} ermittelt und in Abbildung 33 bis Abbildung 39 grafisch dargestellt.

Die meisten Komponenten mit Ausnahme PN_{30-200nm} besitzen im Sommer eine geringere Gesamtbelastung als über das Kalenderjahr (Kapitel 4.1.4). Unter der Annahme, dass sich die Kfz-Zahlen im Sommer gegenüber dem Kalenderjahr nicht wesentlich ändern, sollte sich der relative Verkehrsanteil im Sommer erhöhen. Damit könnten die Veränderungen im Verkehrsanteil besser darstellbar werden.

Für den Verkehrsanteil im Sommer gegenüber dem Kalenderjahr werden eher geringe Änderungen festgestellt. Sie sind meist kleiner +/-10 %. Tatsächlich steigen auch die relativen Verkehrsimmisionsanteile im Sommer für PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, EC_{PM10}, BC_{PM1} und PM_{30-200nm}, wie der Vergleich mit den Abbildungen in Kapitel 4.2.2 zeigt.

Gleichzeitig wird deutlich, dass es ein Problem für die Ermittlung der PM_{2,5}-Verursacheranteile gibt, wie Abbildung 34 zeigt. Ein negativer Immissionsanteil für die restlichen Quellen der Stadt wurde ermittelt. Im Sommer sind zwar die Immissionsanteile, die durch z. B. Heizungsemissionen in der Stadt entstehen, sehr gering. Damit verkleinert sich der Anteil der restlichen Quellen der Stadt, wie z. B. für PM₁₀ in Abbildung 33 deutlich wird. Doch negativ kann dieser Anteil natürlich nicht werden. Für die negativen Werte kann es zwei wesentliche Gründe geben. Aufgrund des verkürzten Untersuchungszeitraums stößt hier ggf. die Bilanz nach Lenschow auf Grenzen. Weiterhin ist es möglich, dass im Sommer im regionalen Hintergrund zusätzliche Emissionsquellen (z. B. durch Landwirtschaft) für zusätzliche Immissionsanteile sorgen, die in der Stadt nicht vorhanden sind. Die Verursacheranalysen für die Komponenten NO_x, EC_{PM10}, BC_{PM1}, PN_{30-200nm} und PM_{30-200nm} erscheinen plausibel.

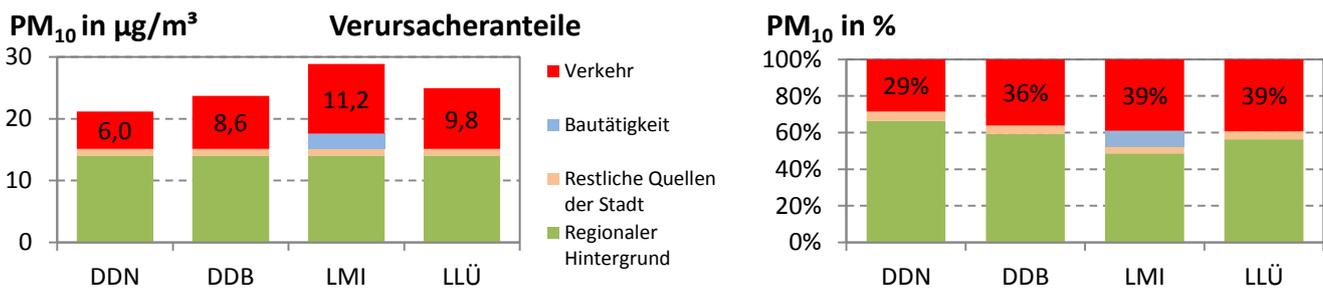


Abbildung 33: PM₁₀-Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011

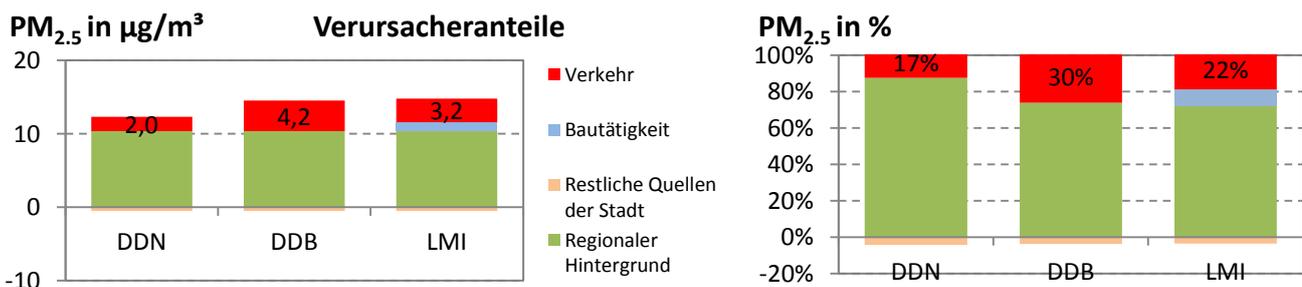


Abbildung 34: PM_{2,5}-Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011

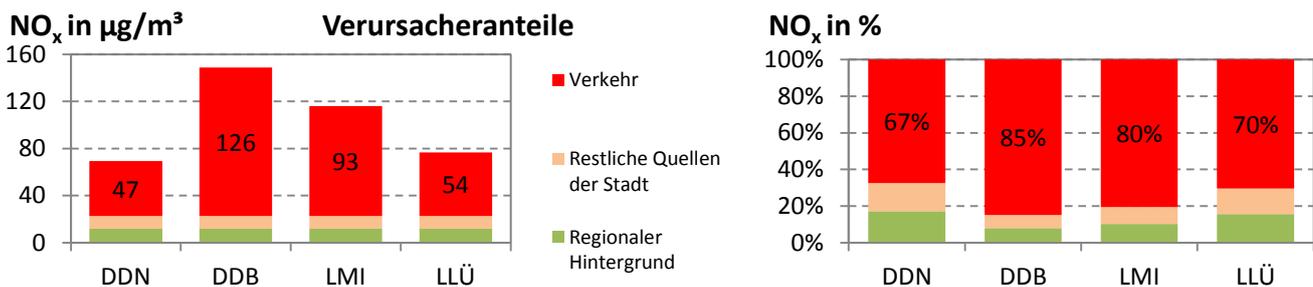


Abbildung 35: NO_x-Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011

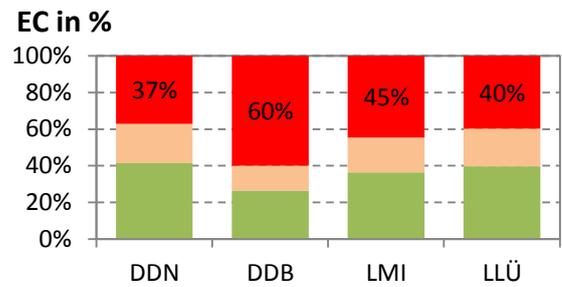
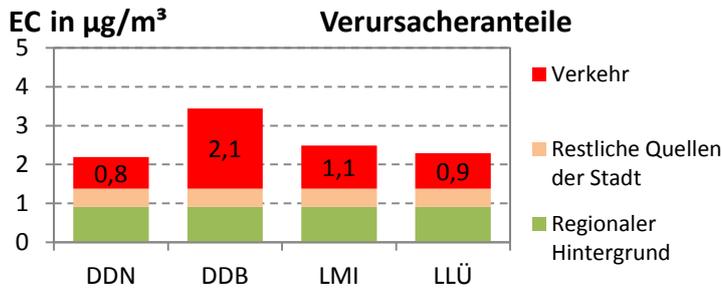


Abbildung 36: $\text{EC}_{\text{PM}_{10}}$ -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011

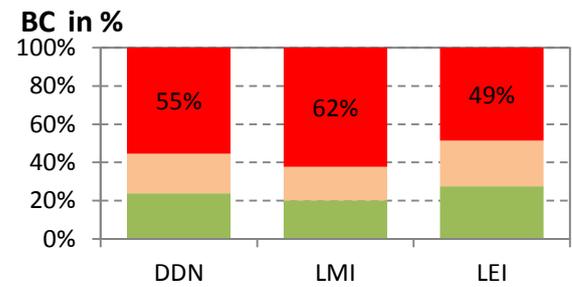
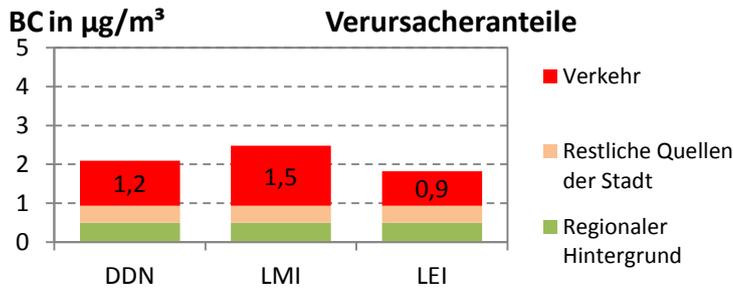


Abbildung 37: $\text{BC}_{\text{PM}_{10}}$ -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011

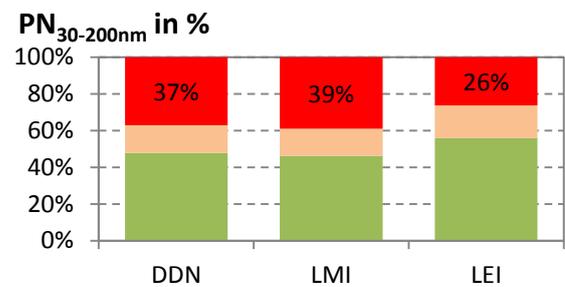
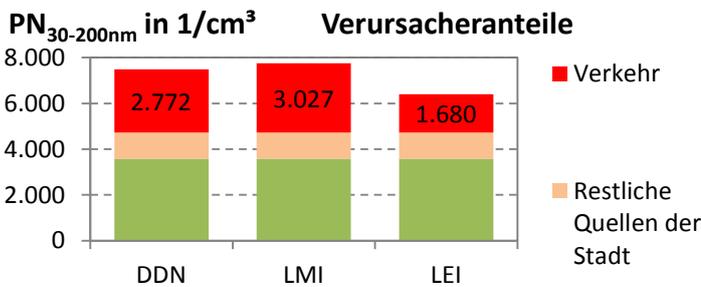


Abbildung 38: $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011

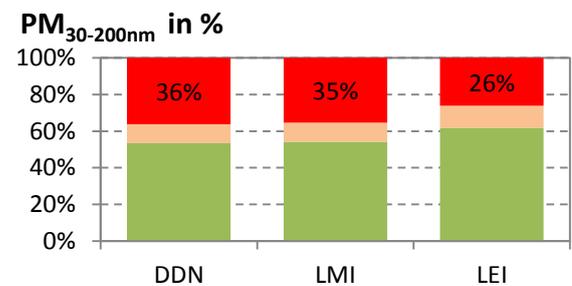
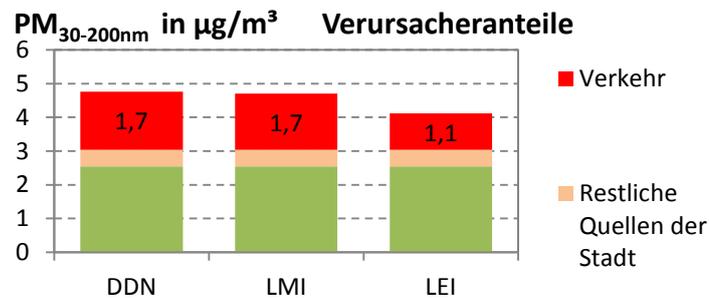


Abbildung 39: $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$ -Immissionsanteile der Hauptverursacher im Sommer 2011

4.3 Schätzung des Immissionsanteiles Motor 2011

4.3.1 Vorgehensweise

Der Immissionsanteil Motor entsteht durch die motorbedingten Emissionen der vorbeifahrenden Kfz. Der Immissionsanteil Motor wurde im Jahr 2011 an den fünf verkehrsnahen Messstellen nach der gleichen Methode wie im Bericht „Umweltzone Leipzig-Teil 1“, Kap. 4.3.1 [LfULG 2012a] für bis zu sieben Messgrößen bestimmt. Die Anzahl der Messgrößen richtet sich dabei nach der Anzahl der verfügbaren Messverfahren an der verkehrsnahen Messstelle. Das Ergebnis für eine Messgröße resultiert dabei sowohl aus dem Ergebnis der Messung an der verkehrsnahen Messstelle als auch aus den Ergebnissen der Messungen an Hintergrund-Messstellen. Die Berechnung (Bilanz) wurde dabei als Immissionsdifferenz nach dem sogenannten Lenschow-Ansatz [Lenschow 2001] vorgenommen. In der Bilanz wurden weiterhin in Abhängigkeit von der Messgröße Aufwirbelungen und Abriebe¹ und vom Messort ggf. lokale Bautätigkeit (Anlage 3) berücksichtigt.

Die Ergebnisse für den Immissionsanteil Motor sind als Schätzung zu werten, weil die Messwerte an mehreren Orten eingehen und die Berechnung auf einer Reihe von Annahmen beruht.

4.3.2 Immissionsanteil Motor 2011 für den Jahresmittelwert

Überblick

Die Ergebnisse für den Immissionsanteil Motor sind in Tabelle 14 zusammengefasst. Der Index „Mot“ für „Motor“ soll verdeutlichen, dass nicht der Immissionsanteil Kfz-Gesamt, sondern nur der Immissionsanteil Kfz-Motor (=Auspuff) angegeben wird.

Der Maximalwert für jede Größe wurde braun unterlegt. Die Maximalwerte konzentrierten sich im Wesentlichen auf die Messstationen DDB und LMI. PM₁₀ an LLÜ bildete die einzige Ausnahme.

Dresden-Bergstraße (DDB) besaß die Maximalwerte für PM_{2,5Mot}, NO_{xMot} und EC_{Mot}. Es waren drei der vier gemessenen Parameter (75 % der Parameter). Dies deutet darauf hin, dass an DDB die höchste Belastung durch Kfz-Motoremissionen 2011 vorlag. An DDB wurden 81 % von der NO_x-Gesamtbelastung durch den unmittelbar vorbeifahrenden Kfz-Verkehr an der Messstelle verursacht.

Die zweithöchste Belastung 2011 scheint in Leipzig-Mitte (LMI) gewesen zu sein. Drei von sieben bestimmten Parametern (43 %) besitzen Maximalwerte. An LMI wurde der höchste Wert für BC_{Mot} und PN_{30-200nmMot}/PM_{20-300nmMot} bestimmt, wobei zu beachten ist, dass diese Größen an DDB nicht gemessen wurden.

Tabelle 14: Immissionsanteil Motor 2011 für bis zu sieben Parameter an den verkehrsnahen Messstellen. Links: absolute Werte. Rechts: prozentualer Anteil an der jeweiligen Gesamtbelastung

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
PM _{10,Mot} in µg/m ³	2,2	2,8	3,1	3,5		PM ₁₀	8%	9%	9%	10%	
PM _{2,5,Mot} in µg/m ³	1,1	2,0	1,9			PM _{2,5}	6%	10%	7%		
NO _{x,Mot} in µg/m ³	50	126	102	61		NO _x	63%	81%	77%	67%	
EC _{PM10,Mot} in µg/m ³	0,72	1,70	0,94	0,87		EC _{PM10}	25%	43%	30%	28%	
BC _{PM1,Mot} in µg/m ³	0,99		1,44		0,69	BC _{PM1}	41%		48%		33%
PN _{30-200nm,Mot} in 1/cm ³	2,7*10 ³		3,3*10 ³		2,3*10 ³	PN _{30-200nm}	38%		42%		34%
PM _{30-200nm,Mot} in µg/m ³	1,71		1,74		1,48	PM _{30-200nm}	34%		35%		31%

Legende

Grau unterlegte Felder: keine Messung
Braun unterlegte Felder: Maximalwert des Parameters

Diskussion der Empfindlichkeit für den Immissionsanteil Motor der einzelnen Messverfahren

Jeder Parameter in Tabelle 14 gibt nur den Immissionsanteil Motor an. Es ist also nur ein Teil der am verkehrsnahen Messort bestimmten Gesamtmission. Dieser Anteil ist ein Maß für die Empfindlichkeit oder den Messeffekt des Parameters in Bezug auf die Zielgröße Immissionsanteil Motor. Der relative Anteil zur Gesamtmission für jeden Parameter wird in Tabelle 14 auf der rechten Seite angegeben. Die ermittelten Empfindlichkeiten der Messverfahren liegen in einem weiten Bereich, der von 6 bis 81 % reicht. Um sichere Ergebnisse zu erzielen, sollte der prozentuale Wert (= Empfindlichkeit oder Messeffekt) möglichst groß sein.

¹ Der Immissionsanteil durch nicht motorbedingte Emissionen der Fahrzeuge am Immissionsanteil Verkehr wurde mit 70 % für PM₁₀, mit 50 % für PM_{2,5}, mit 0 % für NO_x, mit 10 % für EC_{PM10}, mit 5 % für BC_{PM1}, mit 0 % für PN_{30-200nm} angenommen.

Den größten relativen Anteil an der Gesamtbelastung erzielte das NO_x-Messverfahren mit 63 bis 81 %. Für diesen Parameter war die Belastung durch den Kfz-Verkehr an DDB am größten und DDN am kleinsten. Der Parameter NO_x ist eine wichtige Größe, um die Gasemissionen der Kfz zu beurteilen.

Die für die Wirkung der Umweltzone im Fokus stehenden Partikelemissionen der Kfz-Motoren werden hingegen in der gesetzlichen Immissionsüberwachung mit PM₁₀ und PM_{2,5} beurteilt (Kapitel 3). Die Empfindlichkeit für den Immissionsanteil Motor wurde für PM₁₀ und PM_{2,5} im Bereich von 6 bis 10 % bestimmt. Die ermittelten absoluten Werte für die PM₁₀- und PM_{2,5}-Anteile von 1,1 bis 3,5 µg/m³ sind dabei groß gegenüber den anderen Verfahren, wie Abbildung 40 zeigt. Doch in diesem Fall ist das Ergebnis für PM₁₀ und PM_{2,5} nicht verwertbar, denn die Messunsicherheit der Jahresmittelwerte für PM₁₀- und PM_{2,5} beträgt 10 % (Tabelle 32). Damit liegen der prozentuale Anteil des Parameters an der Gesamtbelastung und die Messunsicherheit des Messverfahrens in der gleichen Größenordnung. Dadurch wird die Unsicherheit der Ergebnisse für den Immissionsanteil Motor PM_{10,Mot} und PM_{2,5,Mot} extrem groß und die Aussagekraft der ermittelten Werte geht verloren. Auswertungen mit PM₁₀ und PM_{2,5} für den Immissionsanteil Motor sind deshalb nicht sinnvoll.

Für die Parameter EC, BC und PN_{30-200nm} und PM_{30-200nm} wurden Empfindlichkeiten im Bereich von 25 bis 48 % des Jahresmittelwertes registriert.

Aufgrund der ermittelten spezifischen Empfindlichkeiten der einzelnen Parameter werden in die weitere Auswertung für den Immissionsanteil Motor nur noch die empfindlicheren Partikel-Parameter EC, BC und PM_{30-200nm} einbezogen.

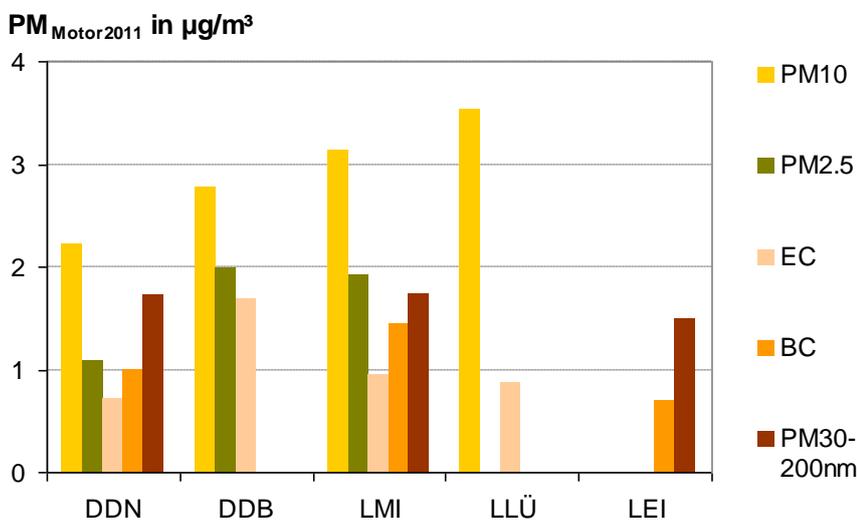


Abbildung 40: Partikelmassebezogener Immissionsanteil Motor 2011 für die Verfahren PM_{10,Mot}, PM_{2,5,Mot}, EC_{Mot}, BC_{Mot} und PM_{30-200nm,Mot}

Ergebnisse der Parameter EC, BC und PM_{30-200nm}

Die Abschätzung des Immissionsanteiles Motor reduziert sich damit auf die Parameter EC, BC und PM_{30-200nm}. Diese Ergebnisse werden in Abbildung 41 dargestellt. Durch die präziseren Parameter wird der mögliche Bereich der Werte gegenüber Abbildung 40 auf kleiner 2 µg/m³ reduziert. Die Immissionsanteile Motor 2011 lagen je nach Messort und Parameter im Bereich von 0,7 bis 1,7 µg/m³.

Abbildung 42 zeigt die ermittelten Immissionsanteile Motor bezogen auf den vor Ort gemessenen PM₁₀-Jahresmittelwert. Die ermittelten Immissionsanteile Motor waren 2011 in einem Bereich von 2 bis 6 % des PM₁₀-Niveaus.

Eine Umweltzone könnte damit maximal etwa 2 bis 6 % des PM₁₀-Jahresmittelwertes mindern.

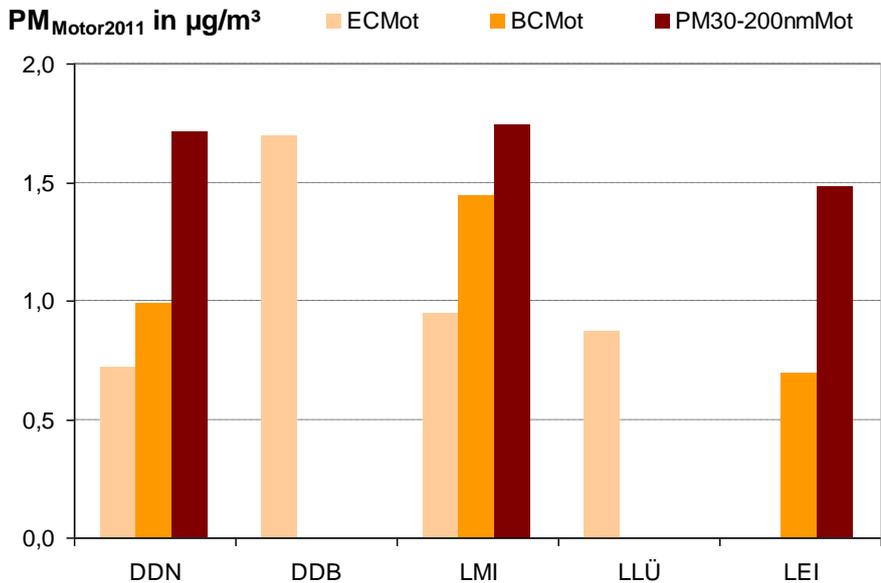


Abbildung 41: Partikelmassebezogener Immissionsanteil Motor 2011 für die wissenschaftlichen Verfahren EC_{Mot} , BC_{Mot} und $PM_{30-200nmMot}$

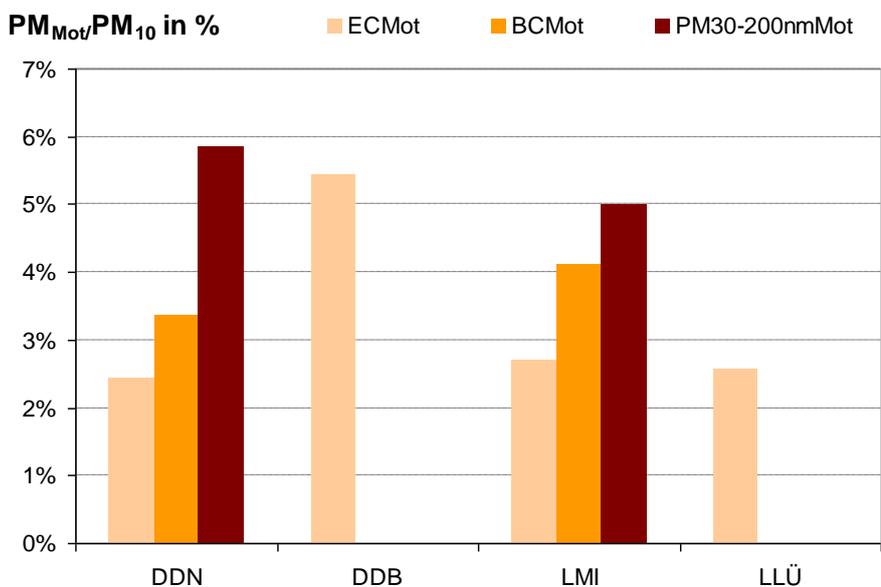


Abbildung 42: Relativer Anteil des Immissionsanteiles Motor an der PM_{10} -Gesamtbelastung 2011

Stufung der Ergebnisse für EC, BC und $PM_{30-200nm}$

Die Verfahren EC, BC und $PM_{30-200nm}$ lieferten erwartungsgemäß keine übereinstimmenden Ergebnisse für einen Messort, wie die Ergebnisse z. B. an DDN und LMI in Abbildung 41 zeigen. Der Immissionsanteil Motor wird durch drei verfahrensspezifische Parameter bestimmt, die verschiedene Merkmale der aus dem Kfz-Verbrennungsprozess stammenden Außenluftpartikel beschreiben.

Der Parameter EC liefert die Masse der Rußpartikel, die über die chemische Analyse des Feinstaubes bestimmbar ist. Der Parameter BC nutzt die optische Eigenschaft von Ruß und bestimmt den schwarzen Kohlenstoff. Der Parameter $PM_{30-200nm}$ wird berechnet aus der gemessenen Anzahl und Größe der Partikel. Gemeinsam ist allen drei Parametern die Methodik der Bilanz über den Lenschow-Ansatz, wobei auch da schon Unterschiede zwischen den drei Parametern durch Luftchemie und Alterung der Partikel auftreten können. Das Fehlen eines anerkannten, standardisierten Verfahrens wird deutlich.

Das **PM_{30-200nm}-Verfahren** lieferte die jeweils größten Jahresmittelwerte für den Immissionsanteil Motor an den Messorten. Die Werte für die drei Messorte lagen im Bereich von 1,5 bis 1,7 µg/m³. Die Variation zwischen den Messorten ist gering.

Das **BC-Verfahren** wird an den gleichen Orten wie das PM_{30-200nm}-Verfahren durchgeführt. BC-Werte von 0,7 bis 1,7 µg/m³ wurden registriert. Die Variation zwischen den Messorten war deutlich größer als für PM_{30-200nm}.

Das **EC-Verfahren** lieferte an DDN und LMI die jeweils geringsten Werte unter den drei Verfahren. Sie lagen im Bereich von 0,7 bis 1,7 µg/m³. Der EC-Maximalwert an DDB war mit 1,7 µg/m³ etwa doppelt so groß wie an den anderen Orten. Es sind mit LLÜ und DDB jedoch zwei Messorte dabei, die keine BC und PM_{30-200nm}-Verfahren besitzen. Hingegen werden an den Orten DDN und LMI alle Sonderverfahren durchgeführt. An diesen beiden Orten wurde eine signifikante Stufung zwischen den Ergebnissen der drei Verfahren sichtbar. Es ist stets EC < BC < PM_{30-200nm}. Damit wird an LMI und DDN eine verfahrensbedingte Verzerrung des bestimmten Immissionsanteils Motor deutlich. Der EC-Maximalwert an DDB erscheint damit in einem neuen Licht. Wenn die Relation EC < BC < PM_{30-200nm} auch für DDB gelten sollte, wären auch die höchsten Werte für BC und PM_{30-200nm} in DDB zu erwarten.

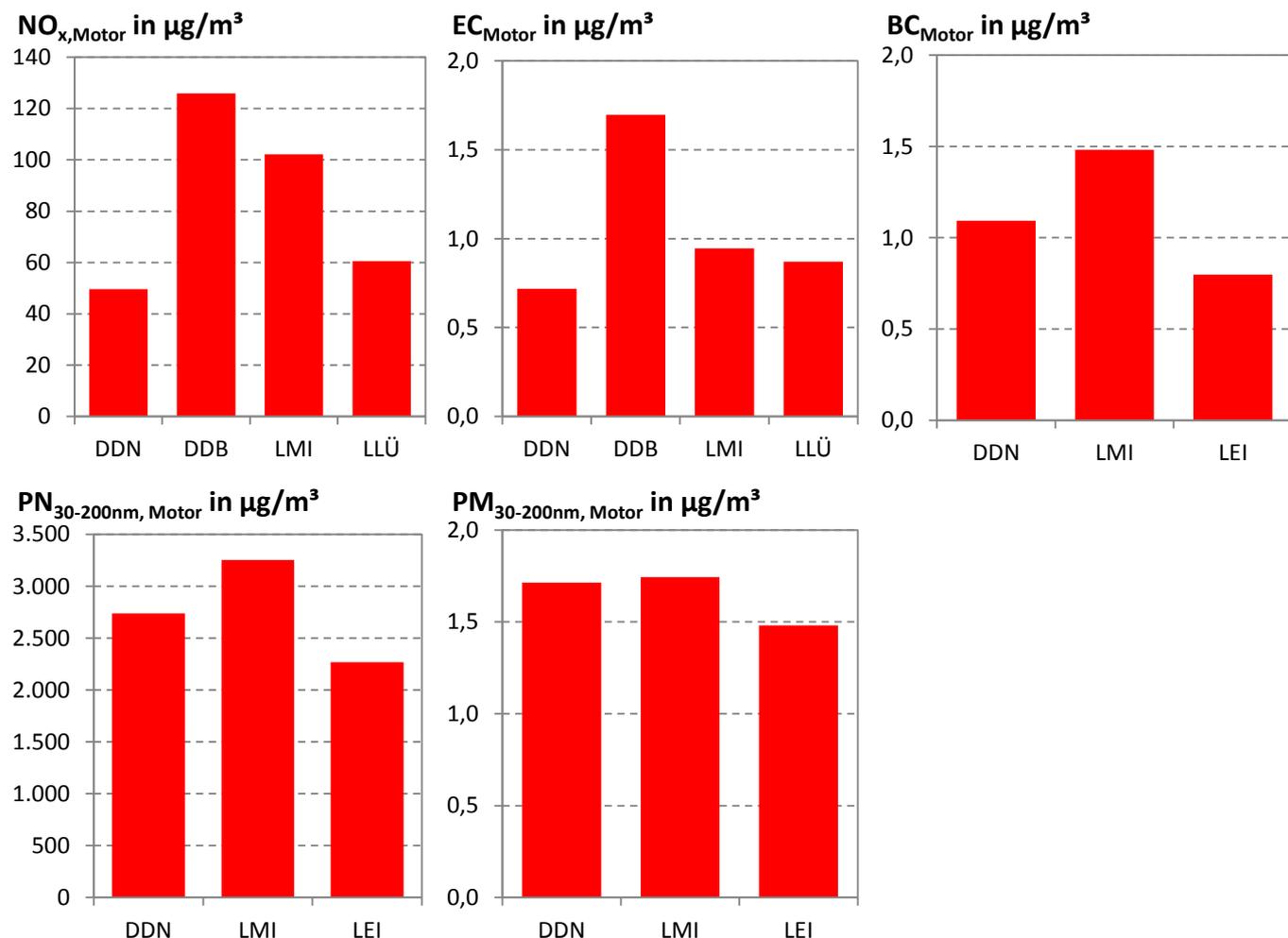


Abbildung 43: Zusammenfassung der ermittelten Immissionsanteile Motor an den verkehrsnahen Messstellen 2011 für NO_x, EC, BC, PN_{30-200nm}- und PM_{30-200nm}

Fazit

Der Immissionsanteil Motor durch motorbedingte Kfz-Emissionen wurde durch maximal sieben Parameter an den fünf verkehrsnahen Messstationen DDN, DDB, LMI, LLÜ und LEI ermittelt. Die Parameter waren PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x, EC, BC, PN_{30-200nm} und PM_{20-300nm}. In die Ermittlung gingen die Jahresmittelwerte 2011 der Messungen an den verkehrsnahen Messorten unter Berücksichtigung von Hintergrundmessungen ein.

Die höchsten Werte für den Immissionsanteil Motor 2011 wurden an DDB und LMI ermittelt. An DDB lag wahrscheinlich die höchste Verkehrsbelastung vor, weil dort Maximalwerte für drei (PM_{2,5}, NO_x, EC) von vier bestimmten Parametern registriert wurden. An LMI waren es drei (BC, PN_{30-200nm}, PM_{30-200nm}) von sieben bestimmten Parametern.

Die einzelnen Parameter lieferten erwartungsgemäß keine übereinstimmenden Immissionsanteile Motor. So erhält man mit NO_x eine Aussage über den Gas-Immissionsanteil Motor durch die Gasemissionen der Fahrzeuge. Von den verkehrsnahen Mess-

stationen wurde der größte Anteil mit 126 µg/m³ NO_x an DDB ermittelt. Dies sind 81 % der NO_x-Gesamtbelastung an diesem Ort.

Der für die Umweltzone besonders interessante Partikel-Immissionsanteil Motor wird durch PM₁₀ und PM_{2.5} zu unempfindlich und damit zu unsicher wiedergegeben. PM₁₀ und PM_{2.5} scheiden deshalb für diese Betrachtung aus. Die Ermittlung stützt sich damit auf die Parameter EC, BC und PM_{30-200nm}/PM_{30-200nm}. Diese Parameter lieferten einen massebezogenen Partikel-Immissionsanteil Motor von 0,7 bis 1,7 µg/m³ und einen Partikelanzahl-Immissionsanteil von 2.300 bis 3.300 Partikel pro cm³.

Der Partikel-Immissionsanteil Motor entspricht dem maximalen Minderungspotenzial der Umweltzone.

Damit wäre das maximale Minderungspotenzial einer Umweltzone 2011 an den untersuchten verkehrsnahen Messorten in folgenden Bereichen anzugeben:

- von 0,7 bis 1,7 µg/m³ Partikelmasse PM10
- von 2 bis 6 % des PM₁₀-Jahresmittelwertes 2011
- von 2.300 bis 3.300 Partikel pro cm³ für 30 bis 200 nm große Partikel

Das größte Minderungspotenzial 2011 durch eine Umweltzone wäre an der Messstation DDB gewesen.

Der hohe Immissionsanteil Motor für den Parameter NO_x zeigt, dass weitere verkehrsbezogene Maßnahmen erforderlich sind. Neben verkehrsplanerischen Maßnahmen lässt die weitere Verschärfung der Abgasnorm mit Euro 6 für Dieselfahrzeuge eine Verbesserung für NO_x und NO₂ erwarten.

4.3.3 Immissionsanteil Motor 2011 im mittleren Wochengang für Tagesmittelwerte

Der mittlere Wochengang mit Tagesmittelwerten kann ebenfalls für eine grobe Abschätzung der Immissionsanteile Motor genutzt werden. Die Unsicherheit der Aussage steigt jedoch wieder gegenüber dem Jahresmittelwert.

Die Immissionsanteile Motor der mittleren Wochentage des Jahres 2011 wurden für die Komponenten NO_x, BC und PN_{30-200nm} ermittelt. Die Komponenten PM₁₀ und PM_{2.5} wurden wegen der zu geringen Empfindlichkeit nicht in die Betrachtung einbezogen.

Die Ergebnisse für den Immissionsanteil Motor der Komponenten NO_x, BC und PN_{30-200nm} werden in Abbildung 44 dargestellt. An den zwei Messstationen DDN und LMI liegen für alle drei Komponenten die Ergebnisse vor.

An DDN ist ein Gleichlauf für die drei unabhängigen Komponenten zu beobachten. Die Woche beginnt am Montag mit einem Konzentrationsabfall zum Dienstag. Am Donnerstag steigen die Konzentrationen zum Freitag und erreichen dort das Maximum der Woche. Am Samstag fallen die Konzentrationen und sind auch am Sonntag auf etwa gleichem Niveau.

An LMI ist auch ein ähnlicher Gleichlauf der Tagesmittelwerte zu erkennen. Jedoch ist der Maximalwert für NO_x am Donnerstag und für BC und PN am Mittwoch.

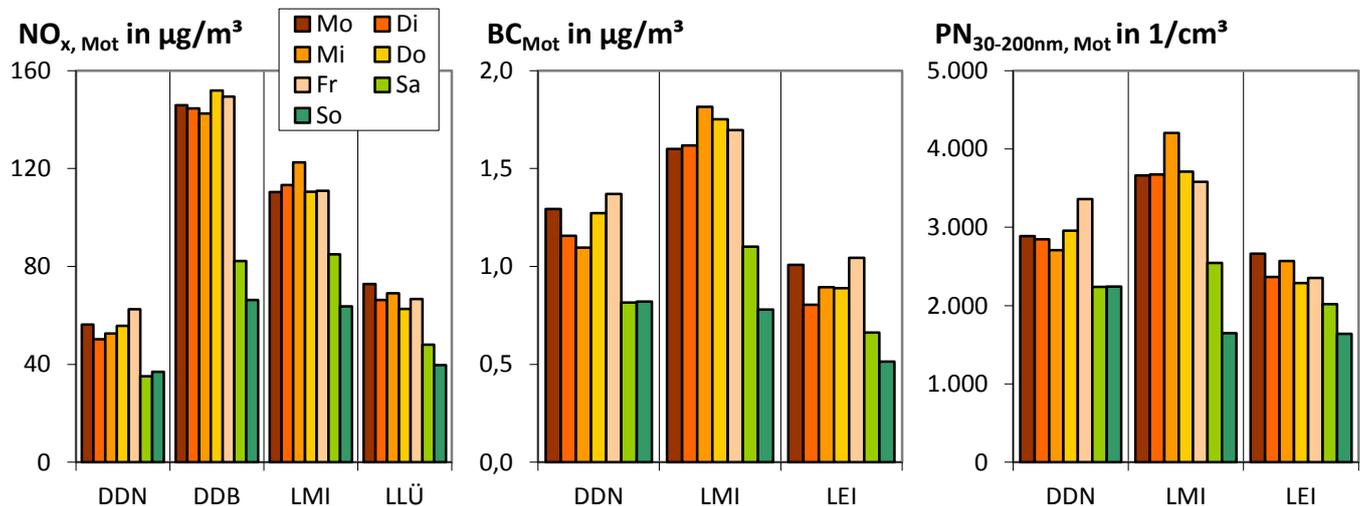


Abbildung 44: Immissionsanteil Motor 2011 für NO_x, BC und PN_{30-200nm} im mittleren Wochengang für Tagesmittelwerte

4.3.4 Immissionsanteil Motor 2011 im mittleren Wochengang für ½-Stundenwerte

Der mittlere Wochengang mit ½-Stundenwerten kann ebenfalls für eine grobe Abschätzung der Immissionsanteile Motor genutzt werden. Die Unsicherheit der Aussage steigt jedoch gegenüber den mittleren Tagesmittelwerten.

Die Immissionsanteile Motor im mittleren Wochengang für die zeitlich hoch aufgelösten Werte des Jahres 2011 wurden für die Komponenten NO_x , BC und $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ ermittelt und in Abbildung 45 dargestellt. Ergänzend wurden die Verläufe der Kfz-Zählraten in gleicher Weise in die Abbildung integriert, damit der Verlauf der Immissionsanteile Motor mit Blick auf die Kfz-Zählergebnisse verglichen werden kann.

Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass der abgeschätzte Verlauf des Immissionsanteiles Motor für NO_x , BC und $\text{PN}_{30-200\text{nm}}$ dem Verlauf der Kfz-Zählergebnisse folgt.

Der Immissionsanteil Motor besitzt in den frühen Morgenstunden aller Tage das Minimum. Samstag und Sonntag ist es einige Stunden später als Montag bis Freitag. Dies entspricht auch den Erwartungen aus den Verkehrszählergebnissen. In der morgendlichen Verkehrsspitze von Montag bis Freitag kommt es sehr schnell zu einem steilen Anstieg des Immissionsanteils Motor, der auch durch die Zählergebnisse belegt wird. Die Kfz-Zählwerte um die Mittagszeit sind für Pkw und SV von der Tendenz unterschiedlich. Während die Pkw-Zahlen um die Mittagszeit zurückgehen, wird für den SV das Tagesmaximum erreicht.

An DDB folgt daraus, dass der Verlauf der $\text{NO}_{x,\text{Motor}}$ -Werte um die Mittagszeit bis hin zum Abend von Montag bis Freitag vorrangig durch die Pkw-Emissionen geprägt wird. An DDB wird erneut eine überdurchschnittlich hohe $\text{NO}_{x,\text{Motor}}$ -Belastung sichtbar. Leider werden dort BC und PN nicht gemessen. Der zeitlich hochaufgelöste $\text{NO}_{x,\text{Motor}}$ -Verlauf zeigt gegenüber den anderen drei Messstationen deutliche höhere Werte in den Nachmittags- und Abendstunden an allen Tagen der Woche. Meist wird das $\text{NO}_{x,\text{Motor}}$ -Tagesmaximum in dieser Zeit erreicht.

Eine Vielzahl vertiefender Auswertungen erscheint hier möglich.

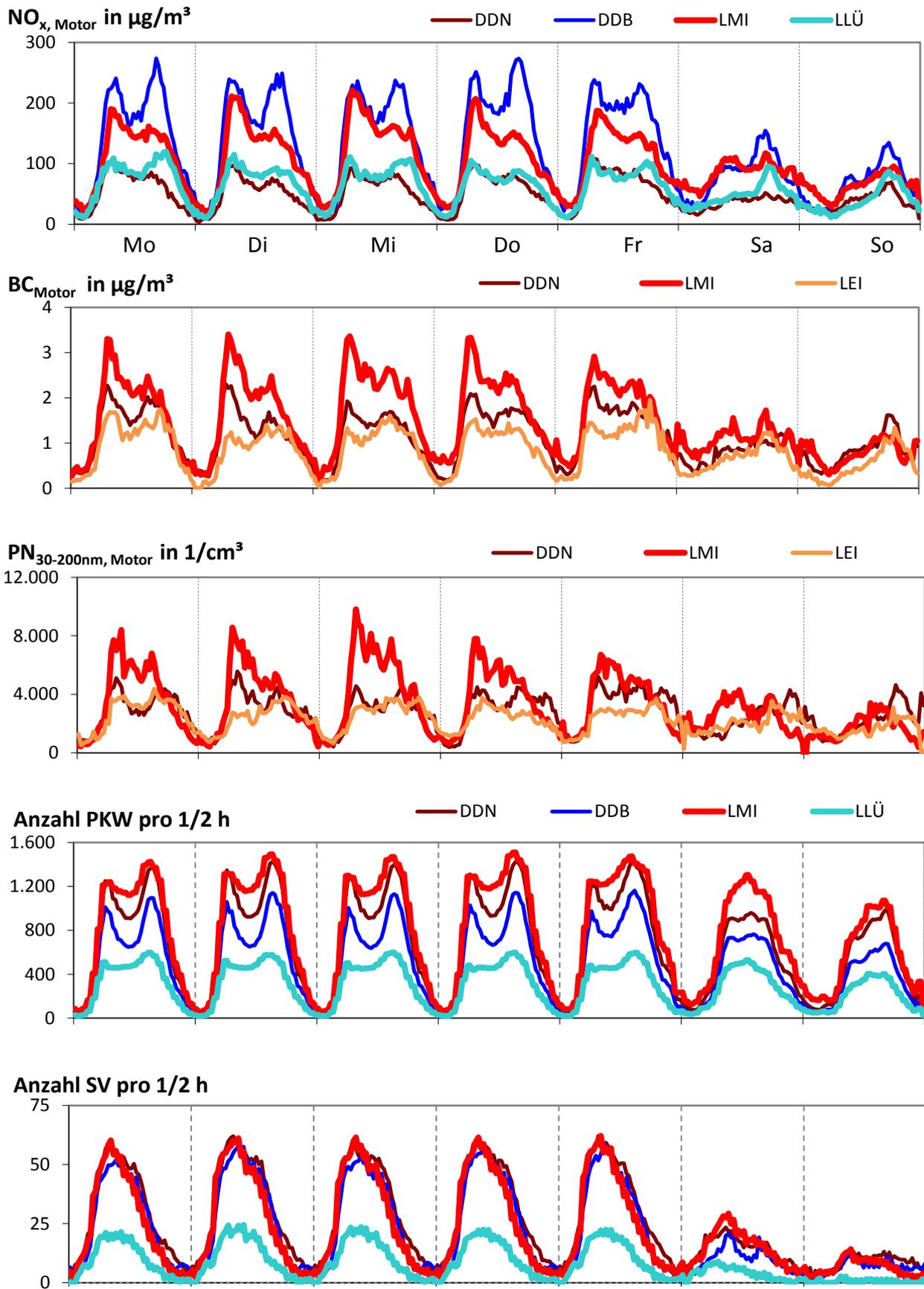


Abbildung 45: Immissionsanteil Motor 2011 für NO_x, BC und PN_{30-200nm} und Kfz-Zahlen im mittleren Wochengang für die ½-Stundenwerte

4.3.5 Immissionsanteil Motor für den Sommermittelwert 2011

Die Verfahrensweise im Kapitel 4.3.1 zur Ermittlung des Immissionsanteils Motor für das Kalenderjahr 2011 wurde analog auf den reduzierten Datensatz vom Sommer 2011 im Kapitel 4.1.4 übertragen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 zu finden. Die höchsten Werte für den Immissionsanteil Motor im Sommer 2011 konzentrieren sich auf die Messstationen DDN, DDB und LMI.

Die Werte im Sommer 2011 haben gegenüber den Jahresmittelwerten 2011 in der Regel sehr geringe Abweichungen mit meist <10 % (Tabelle 16). Die einzige Ausnahme bildet PN/PM_{30-200nm} an LEI. Die meist geringen Abweichungen sind umso erstaunlicher, da die Gesamtbelastungen an den einzelnen Messstationen vom Jahresmittelwert 2011 zum Sommer 2011 um bis 43 % abweichen (Vergl. Tabelle 11). Gleichzeitig sind die Verkehrszahlen bis auf LLÜ über das Jahr und den Sommer recht konstant (Tabelle 11). Deshalb sind die annähernd gleich ermittelten Immissionsanteile Motor trotz der deutlich unterschiedlichen Gesamtbelastung im Sommer und über das Jahr plausibel.

Tabelle 15: Immissionsanteil Motor im Sommer 2011

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
NO _x in µg/m ³	46,7	126,2	93,4	54,0	
EC _{PM10} in µg/m ³	0,73	1,86	1,00	0,82	
BC _{PM1} in µg/m ³	1,10		1,47		0,84
PN _{30-200nm} in 1/cm ³	2.772		3.027		1.680
PM _{30-200nm} in µg/m ³	1,73		1,66		1,08

Tabelle 16: Prozentuale Abweichung für den Immissionsanteil im Kalenderjahr 2011 gegenüber dem Sommer 2011

Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
NO _{x, Mot}	-6%	0%	-9%	-11%	
EC _{Mot}	2%	9%	6%	-6%	
BC _{Mot}	1%		-1%		5%
PN _{30-200nm, Mot}	1%		-7%		-26%
PM _{30-200nm, Mot}	1%		-5%		-27%

4.4 Verkehr und Umweltzone Leipzig 2011

4.4.1 Fahrzeugbestand 2011

Allgemeines

Die Zulassungszahlen der Kraftfahrzeuge wurden vom Kraftfahrt-Bundesamt bezogen [KBA 2012]. Aus den Zahlen vom Fahrzeugbestand am 31.12.2011 und 31.12.2012 wurde der Mittelwert gebildet, um einen Bezug zum Analysenjahr 2011 der Luftschadstoffe herzustellen. Es ist zu beachten, dass die zugelassenen Fahrzeuge zwar eine erste Orientierung, aber keine Aussage über die tatsächlich fahrenden Fahrzeuge in Leipzig liefern.

Bestand an PKW

In Sachsen waren 2011 mehr als 2 Millionen PKW zugelassen. Der Anteil der Diesel-Pkw betrug 20 % und war damit deutlich geringer als der deutschlandweite Durchschnitt von 28 %. Dies kann als ein Vorteil für die Luftqualität in Sachsen gewertet werden, weil ältere Dieselfahrzeuge den hoch toxisch wirkenden Dieselruß im Feinstaub verursachen und bekannt wurde, dass Dieselfahrzeuge mit Euro 5 durch Oxidationskatalysator und Partikelfilter im realen Fahrbetrieb höhere NO_x/NO_2 -Emissionen als Diesel-Fahrzeuge mit Euro 1 besitzen [Hausberger 2010].

In Dresden und Leipzig waren jeweils rund 200.000 PKW zugelassen, d. h. etwa 10 % von Sachsen pro Stadt. In Dresden lag der Anteil der Diesel-Pkw mit 22 % geringfügig höher als in Leipzig mit 20 %. Die Aufteilung des Pkw-Bestandes für Sachsen, Dresden und Leipzig in einzelne Emissionsklassen für Diesel- und Benzin-Pkw ist in Tabelle 17 zu finden.

Durch die Umweltzone sollen Fahrzeuge mit hohen Abgasemissionen ausgeschlossen werden. In der Umweltzone mit Stufe „Grüne Plakette“ dürfen Diesel-Pkw ab Euro 4 und Benzin-Pkw ab Euro 1 fahren. Alle unter diesen Normen liegende Fahrzeuge bilden das Reduzierungspotenzial der Umweltzone. Zur besseren Veranschaulichung wurde dieser Fahrzeugbestand in Tabelle 17 grün unterlegt und in Abbildung 46 grafisch dargestellt. Die Diesel-Pkw mit den Emissionsklassen Euro 2 und 3 bilden zahlen- und anteilmäßig das größte Reduzierungspotenzial unter den PKW mit hohen Partikelemissionen. 2009 und 2010 wurde bei insgesamt 4.180 Leipziger PKW der Einbau eines DPF gefördert [Leipzig, 2013]. Die mit Dieselpartikelfilter nachgerüsteten Fahrzeuge werden jedoch nicht in eine neue Schadstoffklasse eingeordnet. Unter der Annahme, dass die Förderung vorrangig für Fahrzeuge mit Emissionsklasse Euro 3 in Anspruch genommen wurde, wären in Leipzig bereits 41 % der hier ausgewiesenen Fahrzeuge mit Euro 3 mit einem DPF nachgerüstet und dürfen deshalb in die Umweltzone einfahren.

Die hoch emittierenden Fahrzeuge aus dem Fahrzeugbestand zu verdrängen, bleibt die Herausforderung der nächsten Jahre.

In **Sachsen** besaßen 10 % der zugelassenen PKW 2011 zu hohe Abgasemissionen für eine Umweltzone. Diese PKW waren im Wesentlichen Diesel-PKW. Es waren 43 % des Bestandes an Diesel-PKW und 1 % der Benzin-PKW, die die Anforderungen an eine Umweltzone nicht erfüllten.

In **Dresden** waren es ebenfalls 10 % der zugelassenen PKW mit zu hohen Abgasemissionen. Der Bestand an Diesel-PKW mit zu hohen Abgasemissionen ist mit 38 % um 5 % geringer als im Sachsendurchschnitt.

In **Leipzig** besaßen 8 % der zugelassenen PKW zu hohe Abgasemissionen. Der Anteil in Leipzig lag damit unter sowohl dem Sachsendurchschnitt als auch dem von Dresden. Der Anteil an Diesel-PKW mit zu hohen Abgasemissionen war in Leipzig mit 37 % am geringsten und gleichzeitig 9 % unter dem Sachsendurchschnitt. Auch die absoluten Bestandszahlen belegen, dass die Anzahl der PKW mit zu hohen Abgasemissionen in Leipzig geringer war als in Dresden.

Im Jahr 2011 waren rund 14.500 Diesel-PKW und 1.800 Benzin-PKW in Leipzig zugelassen, für die das Verkehrsverbot für die Umweltzone bestand, wenn keine Ausnahmereglung galt. Diese Fahrzeuge bilden gleichzeitig das weitere Reduzierungspotenzial der Umweltzone.

Bestand an Nutzfahrzeugen (NFZ)

In Sachsen waren 2011 rund 240.000 Nutzfahrzeuge (NFZ) zugelassen. Davon waren in Dresden mit 17.500 NFZ leicht mehr registriert als in Leipzig mit 16.800 (Tabelle 18). Die Städte haben je einen Anteil von 7 % der NFZ von Sachsen.

In der Umweltzone mit Stufe „Grüne Plakette“ dürfen NFZ ab Euro 4 (SKL S4) fahren. Alle unter diesen Normen liegenden Fahrzeuge bilden das Reduzierungspotenzial der Umweltzone. Diese wurden in Tabelle 18 grün unterlegt. Der Anteil mit zu hohen Motoremissionen betrug 2011 in Sachsen 82 %, in Dresden 76 % und in Leipzig 75 %. Damit lag Leipzig 7 % unter dem Sachsendurchschnitt. Nur 18 % der Nutzfahrzeuge, die in Sachsen 2011 zugelassen waren, konnten damit in die Umweltzone ungehindert einfahren.

In der Stadt Leipzig waren rund 11.900 NFZ mit zu hohen Emissionen zugelassen, die das weitere Reduzierungspotenzial der Umweltzone bilden. Ausgenommen sind 673 NFZ, für die 2010 in Leipzig der Einbau eines DPF gefördert wurde [Leipzig, 2013].

Die Kraftomnibusse sind eine Teilmenge der NFZ. Der Bestand an Kraftomnibussen war in Dresden 2,7-mal so groß wie in Leipzig. In Sachsen betrug der Anteil der Omnibusse mit für eine Umweltzone zu hohen Emissionen 72 %, in Dresden waren es 67 % und in Leipzig 55 %. Damit lag Leipzig 17 % unter dem Sachsendurchschnitt und 12 % unter dem von Dresden.

Tabelle 17: Bestand an PKW nach Emissionsklassen in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig für das Analysejahr 2011* [KBA 2012]

	Sachsen			Dresden			Leipzig		
	Gesamt	Diesel	Benzin ¹	Gesamt	Diesel	Benzin ¹	Gesamt	Diesel	Benzin ¹
Nicht schadstoffreduziert ²	17.685	1.177	16.508	2.076	262	1.815	1.526	123	1.404
Sonstige ³	10.098	2.448	7.650	609	248	362	656	256	400
Euro 1	113.168	5.109	108.059	10.232	503	9.729	11.017	367	10.650
Euro 2	456.872	47.212	409.661	42.545	4.610	37.936	40.941	3.400	37.541
Euro 3	378.161	121.248	256.913	37.159	12.040	25.120	35.054	10.308	24.746
Euro 4	912.458	169.489	742.969	92.376	18.820	73.557	88.136	16.663	71.474
Euro 5	188.293	66.178	122.115	23.559	9.631	13.928	20.582	7.683	12.899
Euro 6	277	277	0	40	40	0	37	37	0
Summe	2.077.010	413.137	1.663.874	208.595	46.151	162.444	197.948	38.836	159.112
Aufteilung Diesel-Benzin		20%	80%		22%	78%		20%	80%
Reduzierungspotenzial	201.351	177.193	24.158	19.837	17.661	2.176	16.257	14.453	1.804
Anteil an Summe	10%	43%	1%	10%	38%	1%	8%	37%	1%

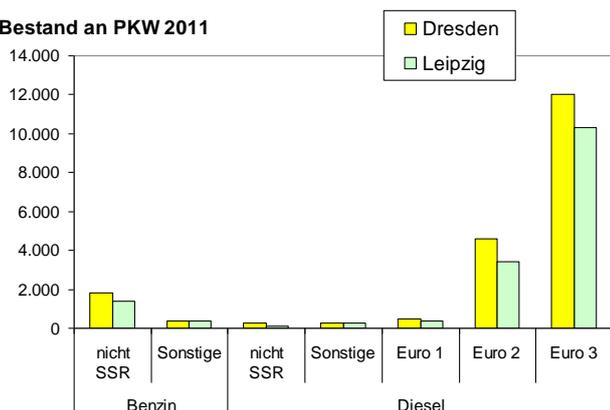
¹ im Wesentlichen Benzin, aber auch Gas und andere

² Nicht schadstoffreduziert (nicht SSR) = Differenz aus Anzahl der PKW insgesamt minus Anzahl schadstoffreduziert

³ Nicht bzw. bedingt schadstoffreduziert, Emissionsklasse unbekannt und Oldtimer

* Mittelwert aus Kfz-Bestand 1.1.2011 und Kfz-Bestand 1.1.2012, um Kfz-Bestand dem Jahresmittelwert 2011 für die Luftschadstoffe zuordnen zu können
 Grün unterlegte Felder: Fahrzeuge mit zu hohen Emissionen für die Umweltzone Stufe „Grüne Plakette“ = Kfz-Bestand entspricht dem Minderdungspotenzial einer Umweltzone. Ausnahmen bilden jedoch die bereits mit Dieselpartikelfilter (DPF) nachgerüsteten Fahrzeuge, die jedoch keine Einordnung in eine neue Schadstoffklasse erhalten. In 2009 und 2010 wurde bei insgesamt 4.180 Leipziger PKW der Einbau eines DPF gefördert [Leipzig, 2013].

Bestand an PKW 2011



Relativer Bestand an PKW 2011

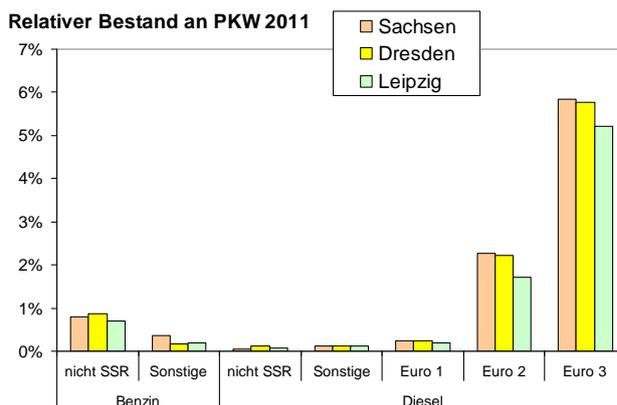


Abbildung 46: PKW-Bestand der Emissionsklassen mit hohen Motoremissionen 2011 (Links: Anzahl der PKW in Dresden und Leipzig; rechts prozentualer Anteil bezogen auf den jeweiligen Bilanzraum)

Tabelle 18: Bestand an Nutzfahrzeugen (links) und Teilmenge Kraftomnibusse (rechts) nach Emissionsklassen in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig für das Analysejahr 2011* [KBA 2012]

NFZ	Sachsen	Dresden	Leipzig	Kraftomnibusse	Sachsen	Dresden	Leipzig
nicht schadstoffreduziert ¹	56.419	2.235	1.525	nicht schadstoffreduziert ¹	458	30	35
Sonstige ²	12.328	256	510	Sonstige ²	226	6	8
SKL-S1	20.676	1.561	1.227	SKL-S1	64	4	2
SKL-S2	36.804	2.918	2.426	SKL-S2	835	92	34
SKL-S3	67.687	6.382	6.244	SKL-S3	1.079	192	21
SKL-S4	19.507	2.024	1.885	SKL-S4	432	55	10
SKL-S5	20.793	1.856	1.618	SKL-S5	425	91	28
SKL-EEV	3.580	318	370	SKL-EEV	204	16	43
Euro 6	0	0	0	Euro 6	0	0	0
Summe	237.792	17.549	15.804	Summe	3.723	483	178
Anteil an Summe Sachsen		7%	7%	Anteil an Summe Sachsen		13%	5%
Reduzierungspotenzial	193.913	13.352	11.932	Reduzierungspotenzial	2.662	322	98
Anteil an Summe	82%	76%	75%	Anteil an Summe	72%	67%	55%

¹ Nicht schadstoffreduziert = Differenz aus Anzahl der NFZ insgesamt minus Anzahl NFZ schadstoffreduziert

² Nicht bzw. bedingt schadstoffreduziert, Emissionsklasse unbekannt und Oldtimer

* Mittelwert aus Kfz-Bestand 1.1.2011 und Kfz-Bestand 1.1.2012, um Kfz-Bestand dem Jahresmittelwert 2011 für die Luftschadstoffe zuordnen zu können
 Grün unterlegte Felder: Fahrzeuge mit zu hohen Emissionen für die Umweltzone Stufe „Grüne Plakette“ = Kfz-Bestand entspricht dem Minimierungspotenzial einer Umweltzone. Ausnahmen bilden jedoch die bereits mit Dieselpartikelfilter (DPF) nachgerüsteten Fahrzeuge, die jedoch keine Einordnung in eine neue Schadstoffklasse erhalten. In 2010 wurde bei 673 LNfz der Einbau eines DPF gefördert [Leipzig, 2013].

4.4.2 Regelungen zur Umweltzone Leipzig 2011

Die Stadt Leipzig hat im Jahr 2011 eine Reihe von Ausnahmen zum Fahrverbot in der Umweltzone erteilt. Zum Stichtag 31.12.2011 waren es 1.658 PKW und 5.198 NFZ. Diese Zahlen beinhalten sowohl innerhalb als auch außerhalb der Stadt Leipzig zugelassene Fahrzeuge [Leipzig, 2012].

Zu berücksichtigen sind außerdem die per Allgemeinverfügung vom Fahrverbot befreiten Fahrzeuge. Hierzu zählen insbesondere Fahrzeuge der Schadstoffklasse Euro 3/III, soweit diese derzeit nicht mit handelsüblichen Partikelfiltersystemen nachrüstbar sind (kostenpflichtiger Nachweis durch DEKRA, TÜV etc.). Ebenso sind bis Ende 2014 die Reisebusse der Schadstoffklasse Euro III vom Fahrverbot befreit [Leipzig, 2012].

Alle Ausnahmen sind befristet bis zum 31.12.2014. Hiervon ausgenommen sind die Busse im öffentlichen Personennahverkehr. Bei Abschluss eines öffentlich-rechtlichen Vertrages mit der Stadt Leipzig ist für die ÖPNV-Busse längstens eine Frist zur Umrüstung/Erneuerung bis 31.12.2016 möglich [Leipzig, 2012].

Hinsichtlich der Einhaltung des Fahrverbots liegen Zahlen der Polizeidirektion Leipzig vor. Danach wurden im Zeitraum vom 1.3.2011 bis 31.12.2011 insgesamt 7.180 Anhaltekontrollen aus unterschiedlichen Anlässen durchgeführt. Bei diesen Kontrollen wurden 1.339 Anzeigen im Zusammenhang mit der Umweltzone Leipzig gefertigt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch Anzeigen erstattet werden, wenn ein Fahrzeug über keine Plakette verfügt, dem Fahrzeug aber eine grüne Plakette zuteilbar wäre. [Leipzig, 2012].

Ausnahmeregelungen und Verstöße mindern die Wirkung der Umweltzone.

5 Vergleich der Daten im Jahr 2011 mit der Ausgangssituation 2010

5.1 Rahmenbedingungen

Am 1.3.2011 wurde in Leipzig die Umweltzone mit Stufe „grün“ von der Stadt Leipzig angeordnet. Damit durften nur emissionsärmere Fahrzeuge große Teile der Stadt Leipzig befahren, wenn sie keine Ausnahmegenehmigung besaßen.

Gleichzeitig wurden in Leipzig und Dresden weitere Maßnahmen der Luftreinhaltepläne zur Minderung der Luftbelastung umgesetzt, über die die Städte berichten werden.

5.2 Änderung der Messwerte

5.2.1 Vorgehensweise bei der Auswertung der Daten

Im Bericht „Umweltzone Teil 1“ [LfULG 2012a] wurde die Ausgangssituation im Jahr 2010 vor Einführung der Umweltzone dargestellt. Die Daten für das Jahr 2011 wurden nun in diesem Bericht im Kapitel 4 dokumentiert. Die Änderung der Luftqualität und der Verkehrszahlen kann nun aus den Daten der Jahre 2010 und 2011 gebildet werden. Die Bezugsbasis bilden die Daten des Jahres 2010, weil dies die Ausgangslage oder Ausgangsbeurteilung bilden soll.

Folgende Gleichungen wurde für Jahresmittel genutzt:

$$\text{Absolute Änderung 2011} = \text{Jahresmittelwert 2011} - \text{Jahresmittelwert 2010} \quad (1)$$

$$\text{Prozentuale Änderung 2011} = \text{Absolute Änderung 2011} / \text{Jahresmittelwert 2010} \quad (2)$$

Diese Gleichungen zur Änderung des Jahresmittelwertes für Kapitel 5.2.2 gilt analog auch für andere Kenngrößen wie z. B. den mittleren Wochengang und den Sommermittelwert.

Die Ergebnisse sind absolute Änderungen und relative Änderungen aufgelistet oder dargestellt. Es wurde ein „Δ“ an den Messgrößen eingefügt, um die Änderung von 2010 nach 2011 eindeutig zu kennzeichnen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass sehr kleine Änderungen, die ja auf Messungen im Jahr 2010 und Messungen im Jahr 2011 basieren, auch unsichere Aussagen liefern, weil jede Messung auch mit einer Messunsicherheit (Anlage 1) behaftet ist.

5.2.2 Änderung der Jahresmittelwerte

Die Ergebnisse sind in Tabelle 19 als absolute Änderungen und Tabelle 20 als relative Änderungen aufgelistet. Änderungen für Jahresmittelwerte im Bereich +/-5 % sind als nicht signifikante Änderungen zu betrachten.

Die Jahresmittelwerte für **PM₁₀** haben sich 2011 an den meisten Messstellen leicht erhöht. Im regionalen Hintergrund waren es durchgängig 2 bis 3 %. Dies zeigt, dass im Jahr 2011 die meteorologischen Rahmenbedingungen leicht schlechter als 2010 waren. Im städtischen Hintergrund und an den verkehrsnahen Messstellen wurden mehr oder weniger ähnliche Änderungen gefunden, wobei LMI als Ausnahme auffällig wird. Dort nahm die **PM₁₀**-Konzentration um 10 % zu. Der signifikant erhöhte Wert an LMI wurde durch die 2011 verstärkte Bautätigkeit in unmittelbarer Nähe der Messstation LMI verursacht (Anlage 4). Eine Zusatzbelastung von 2,5 µg/m³ **PM₁₀** bzw. ein Anteil von 7 % am **PM₁₀** wurde für die Bautätigkeit ermittelt. Die gegenüber 2010 erhöhte **PM₁₀**-Belastung geht vorwiegend auf größere Partikel im Bereich von 2,5 bis 10 µm zurück, weil für **PM_{2,5}** keine Vergrößerung, sondern eine Verkleinerung festgestellt wurde. Auch die an LMI festgestellte Abnahme für **BC** und **PN_{30-200nm}/PM_{30-200nm}** weist darauf hin, dass die wesentliche Ursache nicht in einer erhöhten motorbedingten Partikelemission liegt. Die groben Feinstaubpartikel, die durch mechanische Prozesse bei der Bautätigkeit entstehen, sedimentieren recht schnell. Sie haben direkten und indirekten Einfluss auf die **PM₁₀**-Immission. Wenn die Bauarbeiten sehr dicht an der Messstelle erfolgten, haben sie direkten Einfluss auf **PM₁₀**. Wenn die Bauarbeiten Partikel verursachten, die auf der Straße oder unmittelbaren Umgebung der Messstelle sedimentierten, dann können diese Partikel als Bodenstaub durch Wind oder vorbeifahrende Fahrzeuge aufgewirbelt worden sein und verursachten so eine erneut erhöhte **PM₁₀**-Belastung.

Für **PM_{2,5}** gab es einen leichten Rückgang bis auf MEL.

Für die Luftschadstoffgase **NO₂ und NO_x** wurde keine einheitliche Änderung 2011 gegenüber 2010 festgestellt. An LLÜ sank die Konzentration um 9 %. Der starke Rückgang der Kfz-Zahlen für PKW um 1/3 und LKW um 1/2 hätte eine größere Reduzierung erwarten lassen. An LMI nahm die NO_x-Konzentration auffällig um 7 % bei gleichzeitiger NO₂-Stagnation zu. Auch dort steht dies nicht im Einklang mit den gesunkenen Verkehrszahlen.

Die Komponente **EC** reduzierte sich im Bereich von 6 bis 14 % durchgängig an den verkehrsnahen Messstationen. Im städtischen und regionalen Hintergrund ergab sich ein differenziertes Bild, das möglicherweise von lokalen Besonderheiten beeinflusst wurde.

Die Jahresmittelwerte **BC** zeigten ebenfalls an allen verkehrsbezogenen Messstationen Reduzierungen im Bereich von 8 bis 19 %. Reduzierungen wurden mit Ausnahme von LWE auch an den Hintergrundmessstationen festgestellt. An LWE wurde neben einer Erhöhung für BC und EC auch eine Erhöhung von PN/PM_{30-200nm} registriert.

Für die Werte von **PN_{30-200nm}** wurde 2011 gegenüber 2010 eine Reduzierung um 11 bis 18 % in Leipzig und eine Stagnation in Dresden (+2%) registriert. Die Änderung der Hintergrundwerte war uneinheitlich.

Die aus der Partikelgrößenverteilung berechnete Komponente **PM_{30-200nm}** zeigte Reduzierungen in Leipzig (LMI -20 %, LEI -12 %), aber keine signifikante Änderung in Dresden (DDN +4 %).

Eines der Hauptziele der Untersuchungen bestand im Nachweis von Trends der Partikelkonzentrationen durch die Einführung der Umweltzone. Da die Jahresmittelwerte der Partikelanzahlgrößenverteilung für 2010 und 2011 nun vorliegen, können erste Änderungen dargestellt und diskutiert werden. Abbildung 47 zeigt die Änderung der Partikelanzahlgrößenverteilung von 2010 nach 2011 an der Straße (DDN, LMI, LEI), im städtischen Hintergrund (LWE, LIT) und im regionalen Hintergrund (MEL).

Die absoluten Änderungen der Partikelanzahlgrößenverteilung als Vergleich der größen aufgelösten Anzahldichten in dN/dlogDp wird dargestellt. Die Grundaussage aus Abbildung 47 ist, dass an den Hintergrundmessstationen MEL, LIT und LWE nur mäßige Änderungen (<1.000 1/cm³) in der mittleren Partikelanzahlgrößenverteilung beobachtet wurden. Stärkere Abweichungen ergaben sich für LMI und LEI in Form einer deutlichen Abnahme sowie in DDN in Form einer Zunahme. Die Änderungen sind auch partikelgrößenabhängig und weisen die größten Anzahlkonzentrationsänderungen im Bereich 10-300 nm auf, also dort, wo auch die absoluten Konzentrationswerte am höchsten sind (vgl. Abbildung 5).

Es fällt auf, dass die starken Abnahmen an den verkehrsorientierten Messstellen in Leipzig (LMI, LEI) auftraten. Die Zunahme trat hingegen an der verkehrsorientierten Messstelle in Dresden (DDB) auf. Konzentriert man sich auf den Partikelgrößenbereich 60-200 nm, den bevorzugten Bereich der Dieselrußemissionen, so stellt man in LMI eine Abnahme um ca. 20 % fest, in LEI um ca. 13 %. DDN verzeichnet hingegen eine Zunahme um ca. 25 %. An den ländlichen Messstationen und im städtischen Hintergrund sind die Änderungen im Partikelgrößenbereich 60-200 nm geringer.

An LIT und MEL fällt eine relative Abnahme größerer Partikeldurchmesser (v. A. 200-600 nm) auf. Eine derartige Abnahme als Folge von Veränderungen der Emissionen erscheint unwahrscheinlich. Im Gegenteil, dies deutet auf Unterschiede im Hintergrundaerosol hin.

Zusammenfassend findet man die in der Rußmassenkonzentration beobachtete Abnahme 2010-2011 an den verkehrsnahen Messstationen in Leipzig auch in der Partikelanzahlverteilung wieder.

Die **Kfz-Zahlen** änderten sich in Dresden wenig, aber in Leipzig deutlich. An DDN fuhren leicht weniger und an DDB leicht mehr Kfz. An LMI waren es 10 % weniger PKW und 28 % weniger SV-Fahrzeuge. An LLÜ wurde die größte Reduzierung mit 34 % weniger PKW und 49 % weniger SV festgestellt. Die Reduzierung an LLÜ wurde zu einem ganz erheblichen Teil durch das Baugeschehen verursacht. Dabei erfolgte eine abschnittsweise komplette Sperrung der Lützner Straße für den Straßenverkehr (Anlieger ausgenommen) mit einer weiträumigen Umleitung des Verkehrs.

An den zwei Leipziger Zählstellen wurde insgesamt eine signifikante Reduzierung der Kfz-Zahlen festgestellt. Dafür kann es verschiedene Ursachen gegeben haben, wie z. B. das Baugeschehen mit partiellen Sperrungen, die Einführung der Umweltzone oder andere verkehrsbezogene Maßnahmen in Leipzig (Durchfahrtsverbot).

Tabelle 19: Absolute Änderung der Jahresmittelwerte 2011 gegenüber 2010

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund			
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD
ΔPM_{10} in $\mu g/m^3$	-0,2	-0,1	3,2	0,6		-0,1	0,6		0,7	0,3	0,3	0,6
$\Delta PM_{2,5}$ in $\mu g/m^3$	-0,7	-0,6	-1,6			-0,6	-0,2		0,8	-0,7		
ΔNO_2 in $\mu g/m^3$	0,0	-0,2	-0,7	-4,2		1,0	-1,4		0,4	-1,0		-0,2
ΔNO_x in $\mu g/m^3$	1,2	3,9	8,6	-8,8		2,3	0,2		0,7	-1,0		-0,1
ΔEC_{PM10} in $\mu g/m^3$	-0,18	-0,54	-0,28	-0,50		-0,17	0,14		-0,33	0,03		-0,19
ΔBC_{PM1} in $\mu g/m^3$	-0,21		-0,68		-0,36		0,05	-0,33	-0,13			
$\Delta PN_{30-200nm}$ in $1/cm^3$	165		-1.706		-841		233	-208	-110			
$\Delta PM_{30-200nm}$ in $\mu g/m^3$	0,17		-1,22		-0,66		0,36	-0,41	-0,43			
ΔPKW pro Tag	-2.421	422	-4.059	-7.626								
ΔSV pro Tag	-40	38	-412	-401								

Tabelle 20: Prozentuale Änderung der Jahresmittelwerte 2011 gegenüber 2010

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund			
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD
ΔPM_{10}	-1%	0%	10%	2%		0%	3%		3%	2%	2%	3%
$\Delta PM_{2,5}$	-4%	-3%	-7%			-4%	-1%		4%	-5%		
ΔNO_2	0%	0%	-2%	-9%		4%	-7%		4%	-8%		-1%
ΔNO_x	2%	3%	7%	-9%		7%	1%		5%	-7%		0%
ΔEC_{PM10}	-6%	-12%	-8%	-14%		-8%	7%		-21%	2%		-10%
ΔBC_{PM1}	-8%		-19%		-15%		4%	-21%	-13%			
$\Delta PN_{30-200nm}$	2%		-18%		-11%		6%	-4%	-3%			
$\Delta PM_{30-200nm}$	4%		-20%		-12%		12%	-12%	-15%			
ΔPKW	-7%	2%	-10%	-34%								
ΔSV	-3%	4%	-28%	-49%								

Legende

Grau unterlegte Felder: keine Messung
 Braun unterlegte Felder: Maximalwert der Änderung der jeweiligen Messgröße

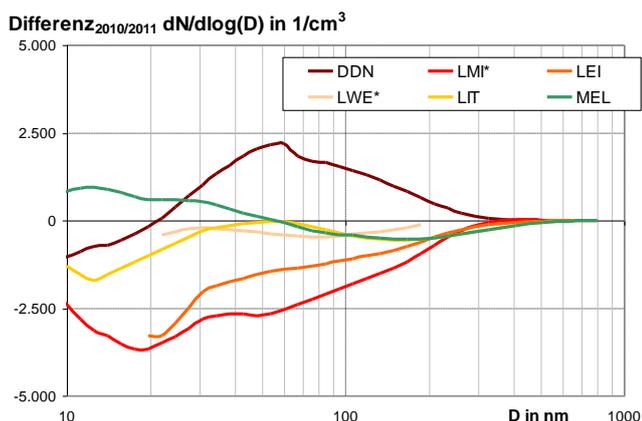


Abbildung 47: Absolute Änderung der Jahresmittelwerte 2011 gegenüber 2010 für die Partikelanzahl-Größenverteilung an den verkehrsnahen Messstationen DDN, LMI und LEI, an den Messstationen im städtischen Hintergrund LWE und LIT und an der regionalen Hintergrund-Messstation MEL

5.2.3 Änderung im mittleren Wochengang für Tagesmittelwerte

Nach der Betrachtung der Änderung der Jahresmittelwerte 2011 gegenüber 2010 wird nun die Änderung im mittleren Wochengang im Jahr 2011 gegenüber 2010 analysiert. Im mittleren Wochengang wird die Änderung differenziert als Mittelwert für jeden Wochentag dargestellt. Damit lassen spezifische Änderungen der Messkomponenten für einzelne mittlere Tage der Woche diskutieren und mit den Änderungen der Kfz-Zahlen von der Tendenz her vergleichen.

Absolute Änderung

Die absoluten Änderungen im mittleren Wochengang 2011 gegenüber 2010 zeigt Abbildung 48 in den einzelnen Grafiken für jede Komponente. Pro Messstation sind die Änderungen vom mittleren Montag bis zum mittleren Sonntag von links nach rechts aufgetragen. Jeweils links die Straßenmessstationen, in der Mitte die Messstationen im städtischen Hintergrund und rechts die regionalen Hintergrundmessstationen.

Für **NO₂** hat sich z. B. am Sonntag (grüne Säule) die Konzentration im regionalen Hintergrund (COL, SWB und RWD) signifikant erhöht. Dies ist wahrscheinlich auf vermehrte Wetterlagen² mit höherer NO₂-Konzentration am Sonntag im Jahr 2011 gegenüber 2010 zurückzuführen. Auch die städtischen Hintergrundmessstationen (DDW, LWE) geben dies in abgeschwächter Höhe wieder und bestärken die Verursacherannahme. Die verkehrsnahen Messstationen besitzen am Sonntag keine erhöhten Werte. Dort wurden an allen vier Messstationen signifikante NO₂-Reduzierungen festgestellt. Diese müssen am mittleren Sonntag auf lokale verkehrsnahen NO₂-Änderungen in den Städten Dresden und Leipzig zurückzuführen sein. An den verkehrsnahen Messstationen wird von Montag bis Freitag keine Veränderung mit Ausnahme LLÜ festgestellt.

Für **PM_{2,5}** hat sich an allen Messstationen am mittleren Mittwoch die Konzentration reduziert und am mittleren Montag erhöht. Auch dies ist ein deutlicher Hinweis auf die Meteorologie. Für **PM₁₀** wird dies tendenziell mit einigen Ausnahmen auch registriert.

Werden die Veränderungen der drei Komponentengruppen NO₂ und NO_x, PM₁₀ und PM_{2,5} sowie BC und PN_{30-200nm} betrachtet, so ergeben sich keine einheitlichen Tendenzen an einzelnen Wochentagen.

Relative Änderung

Relative Änderungen an den einzelnen Wochentagen kleiner 10 % sollten als nicht signifikante Änderungen eingestuft werden, um Überinterpretationen zu vermeiden.

Die relative Änderung der **Kfz-Zählergebnisse** wird in Abbildung 49 dargestellt. In Dresden (DDN, DDB) wurden kaum Änderungen festgestellt. Sie sind kleiner 10 % und werden als nicht signifikant gewertet. Im Gegensatz dazu sind die Änderungen in Leipzig für den SV besonders groß. An den Tagen Montag bis Freitag reduzierte sich die Anzahl der SV-Fahrzeuge im Jahr 2011 gegenüber 2010 an LMI um 24 bis 30 % und an LLÜ um 50 bis 53 %. Am Sonntag wurde jeweils die größte Reduzierung an LMI mit 37 % und an LLÜ mit 85 % registriert. Der PKW-Verkehr reduzierte sich an den Leipziger Messstationen nicht so gravierend wie der SV. An LMI lagen die Reduzierungen im Bereich von 9 bis 12 % waren damit eher nicht signifikant. An LLÜ war die Reduzierung der Anzahl der PKW mit 33 bis 36 % signifikant.

Die relative Änderung der **Immissionen** an den verkehrsnahen Messstationen wird in Abbildung 50 gezeigt. Sie sollten von der Tendenz ähnlich wie die Veränderung der Verkehrszahlen (Abbildung 49) sein, wenn ein großer Verursacheranteil durch den Verkehr an der Gesamtmission vorliegt. Für NO₂ und NO_x kann nur an LLÜ eine ähnliche Tendenz mit den Kfz-Zahlen erkannt werden. Für PM₁₀ und PM_{2,5} kann an keiner Messstation ein Zusammenhang gesehen werden. Der prägende Einfluss durch die Wetterbedingungen auf PM₁₀ und PM_{2,5} wird erneut deutlich. Die Änderungen für BC und PN_{30-200nm} erscheinen von der Tendenz her am ehesten mit den Änderungen der Kfz-Zahlen verbunden zu sein.

² ggf. auch durch die Luftchemie bei Anwesenheit von geringer O₃-Konzentration bedingt

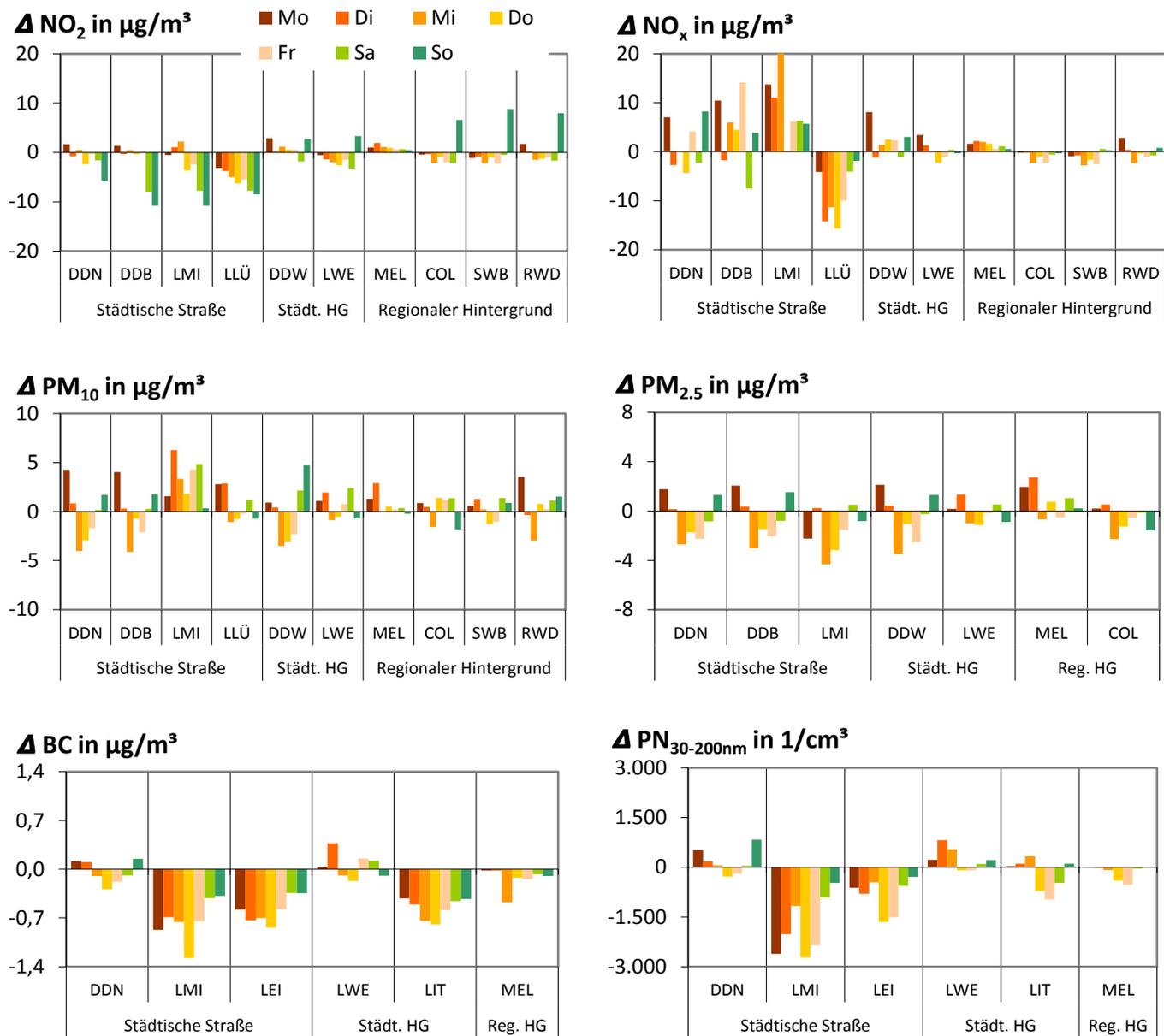


Abbildung 48: Absolute Änderung des mittleren Wochenganges im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 für die Gesamtbelastung NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, BC und PN_{30-200nm}

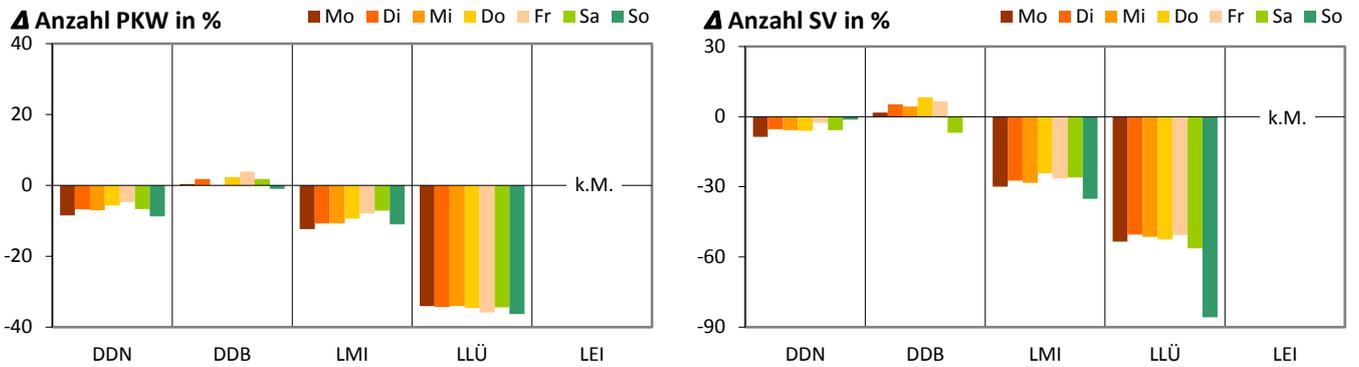


Abbildung 49: Prozentuale Änderung des mittleren Wochenganges im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 für die Anzahl der PKW (links) und des SV (rechts) an den verkehrsnahen Messstellen

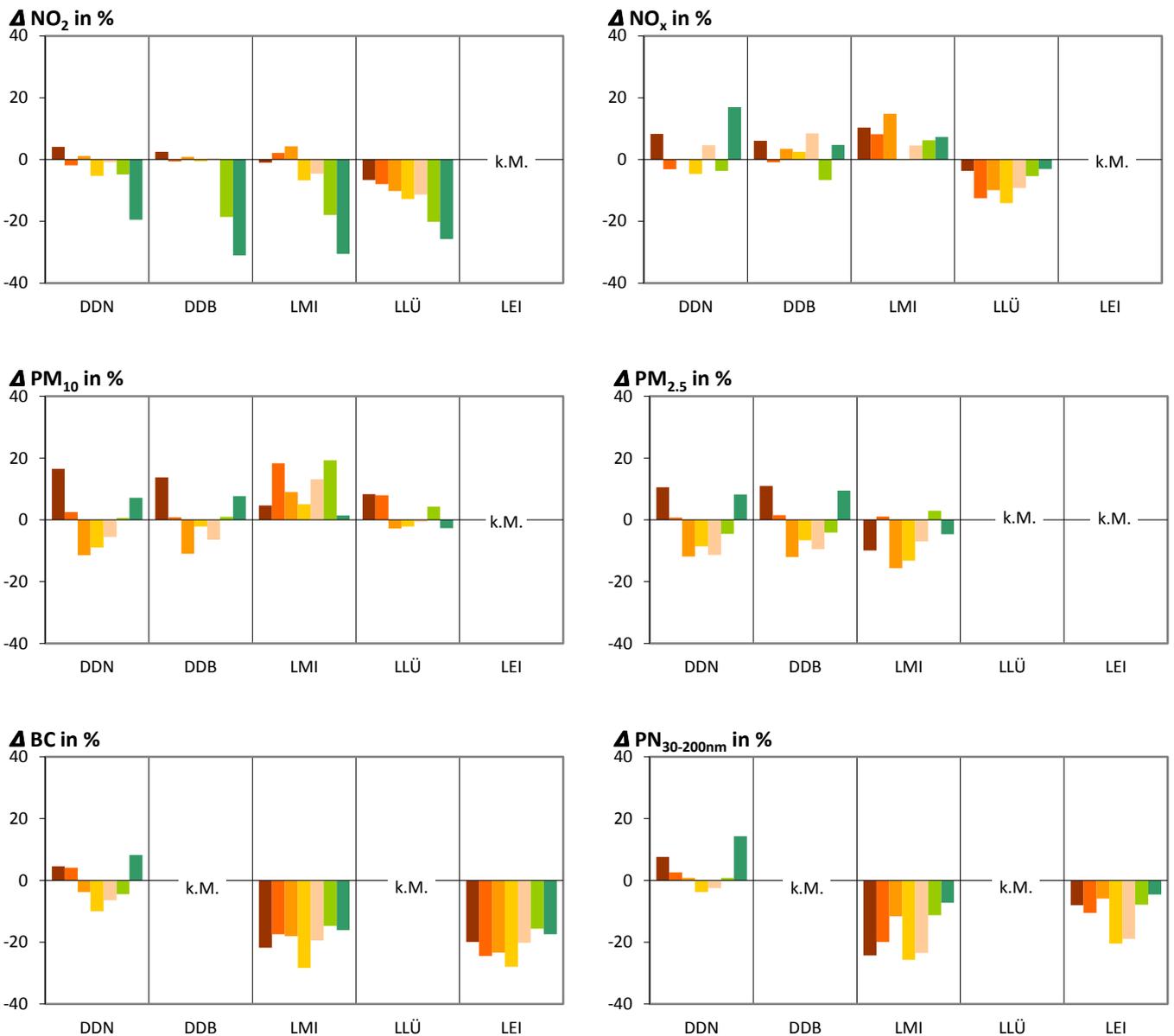


Abbildung 50: Prozentuale Änderung des mittleren Wochenganges im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 für NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, BC und PN_{30-200nm}

5.2.4 Vergleich der mittleren Wochengänge für ½-Stundenmittelwerte der Jahre 2010 und 2011

Der zeitlich hochaufgelöste mittlere Wochengang der Jahre 2010 und 2011 kann nun komponentenweise verglichen werden, um ggf. signifikante Änderungen an einzelnen Wochentagen zu erkennen.

In Abbildung 51 wird der mittlere Wochengang für NO₂ der Jahre 2010 und 2011 gegenübergestellt. An DDB änderte sich an den Wochentagen Montag bis Freitag nahezu nichts. Am mittleren Samstag und Sonntag 2011 wird eine deutliche NO₂-Reduzierung gegenüber 2010 registriert. An LMI ist eine ähnliche Tendenz vorhanden. An LLÜ ist 2011 eine gleichmäßige NO₂-Reduzierung der hohen NO₂-Werte des Tages an allen Wochentagen gegenüber 2010 zu erkennen.

Abbildung 52 zeigt den mittleren Wochengang für PM₁₀ für 2010 und 2011. Für PM₁₀ sind deutlichere Änderungen als für NO₂ zu erkennen. Schon die Grundbelastung im regionalen Hintergrund variiert zwischen 2011 und 2010. An DDW sind die größten Variationen erkennbar. Die Minima und Maxima der Tage der Woche schwankten 2010 deutlich stärker als 2011 und am mittleren Samstag und Sonntag wurden 2011 höhere PM₁₀-Konzentrationen als 2010 registriert. An der LLÜ wurden 2011 am mittleren Montag und Dienstag ebenfalls höhere Werte als 2010 ermittelt. An LMI sanken 2011 die minimalen Konzentrationen in den frühen Morgenstunden 2011 nicht so tief wie 2010 herunter. Die PM₁₀-Konzentrationen werden durch die meteorologischen Rahmenbedingungen stärker als NO₂ geprägt. Dies ist z. B. an den nicht so ausgeglichenen PM₁₀-Verläufen an RWD gut erkennbar. Weiterhin ist der Anteil, der durch den Verkehr verursacht wird, für PM₁₀ deutlich kleiner als für NO₂ (vergl. Abbildung 20 und Abbildung 22).

In Abbildung 53 wird der mittlere Wochengang für BC der Jahre 2010 und 2011 verglichen. Die auffälligsten Änderungen werden an LMI festgestellt. Insbesondere die hohen BC-Werte aller Wochentage reduzierten sich von 2010 nach 2011. Die BC-Maxima der mittleren Tage Montag bis Freitag reduzierten sich um 1 bis 2 µg/m³ BC. Ähnliche Reduzierungen der hohen BC-Werte von Montag bis Freitag im Jahr 2011 gegenüber 2010 wurden an LEI ermittelt. An der dritten verkehrsnahen Messstation DDN wurden weniger Reduzierungen festgestellt. Sie konzentrieren sich auf Mittwoch bis Freitag in den Nachmittagsstunden. Die regionale Hintergrundbelastung (MEL) war im Wochenverlauf 2011 gleichmäßiger als 2010. Die sicher meteorologisch bedingten höheren Konzentrationen am mittleren Mittwoch 2010 wurden 2011 geglättet. Die städtische BC-Hintergrundbelastung an LWE und LIT veränderte sich von der Tendenz her verschieden. An LIT ist eine Reduzierung über die Woche und an LWE eine Stagnation erkennbar.

Abbildung 54 zeigt den mittleren Wochengang für PN_{30-200nm} für 2010 und 2011. Für PN_{30-200nm} werden ähnlich wie für BC große Reduzierungen an LMI und etwas geringere Reduzierungen an LEI für die Tage Montag bis Freitag festgestellt. Die Maxima für PN_{30-200nm} an LMI reduzierten sich um mehr als 5.000 Partikel pro cm³ am Montag, Donnerstag und Freitag. An DDN gab es wie schon für BC wenig Veränderung.

Auffällig sind die Maximalwerte für PN_{30-200nm} der Woche am Abend des Samstages an den meisten Messstationen. Es sind die verkehrsnahen Messstationen DDN und LEI, die städtischen Hintergrundmessstationen DDW, LWE, LIT und die regionale Hintergrundmessstation MEL. Es wird vermutet, dass es mit Gewohnheiten am Samstagabend zu tun hat, die 2010 und auch 2011 registriert wurden. So sind Heizungen intensiver und länger in Betrieb. Heizungen mit Festbrennstoffen, wie z. B. Scheitholz-Heizungen, Holzpellet-Heizungen und Spaß-Kamine haben hohe Partikelemissionen [KPK 2013]. Mögliche Verursacher könnten auch Einzelereignisse wie z. B. Feuerwerke, Pyro Games und Grillfeste sein. Die Zählergebnisse der Kfz (Abbildung 55) können dieses PN_{30-200nm}-Maximum am Samstagabend jedenfalls nicht erklären. Ein dominierender Verkehrsbezug wird deshalb ausgeschlossen.

In Abbildung 55 wird der mittlere Wochengang für die Anzahl an PKW und SV dargestellt. An den Zählstellen in Dresden (DDN, DDB) gab es keine signifikanten Änderungen im täglichen Verlauf der Kfz-Zahlen. Demgegenüber sind die Änderungen der Kfz-Zahlen an den Leipziger Zählstellen sehr gut erkennbar. Die täglichen PKW-Spitzenwerte sind am Morgen und Nachmittag von Montag bis Freitag. Auch das Maximum am Samstag und Sonntag war 2011 kleiner. Die täglichen Maxima des SV verkleinerten sich konsequent an jedem Wochentag. Diese veränderten Verkehrszahlen 2011 an LMI erklären auch die Tendenz der Veränderung der BC- und PN_{30-200nm}-Messwerte 2011 an LMI. Die wenig veränderten Kfz-Zahlen an DDN spiegeln sich an wenig veränderten BC- und PN_{30-200nm}-Messwerten 2011 an DDN wider.

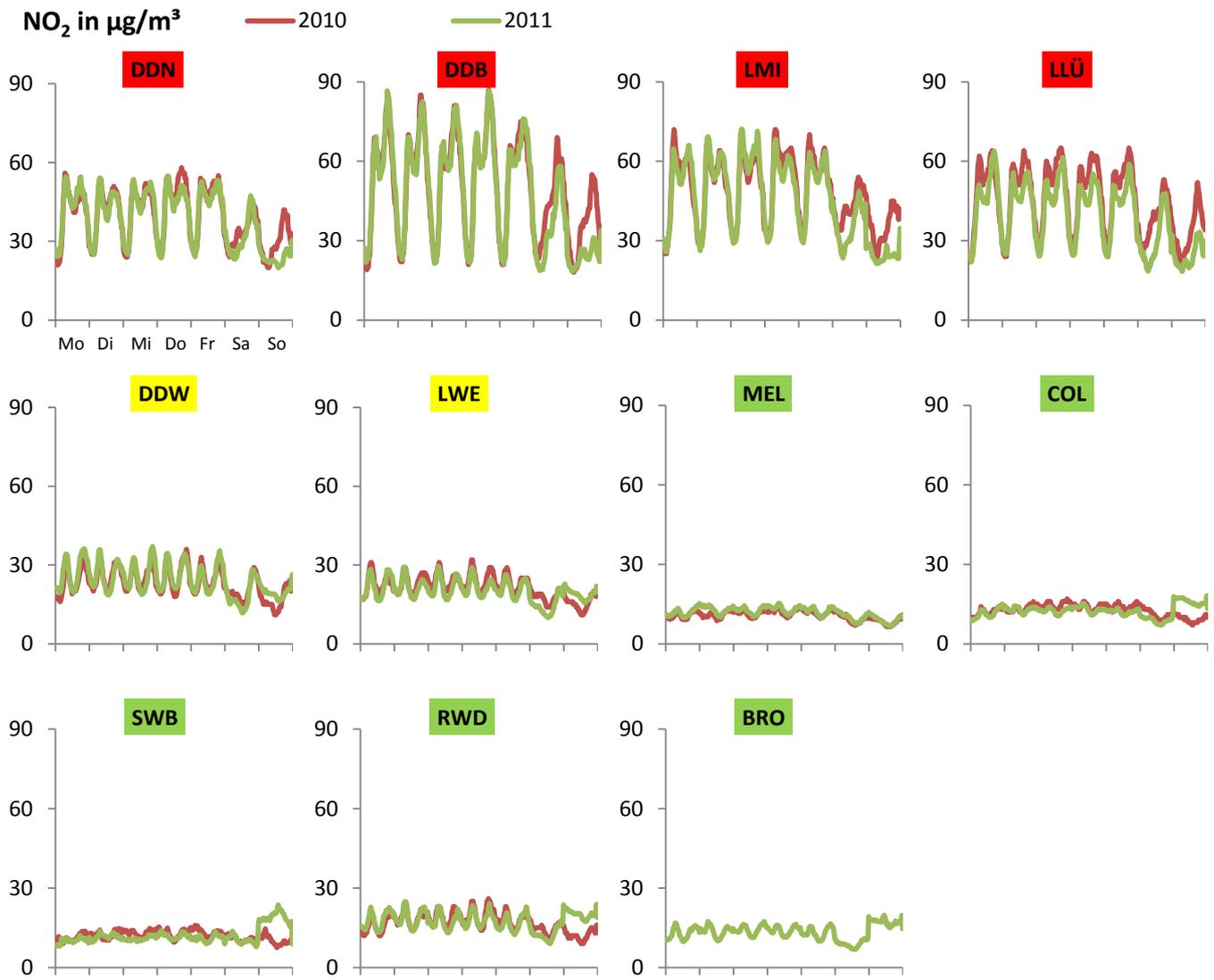


Abbildung 51: Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für NO₂

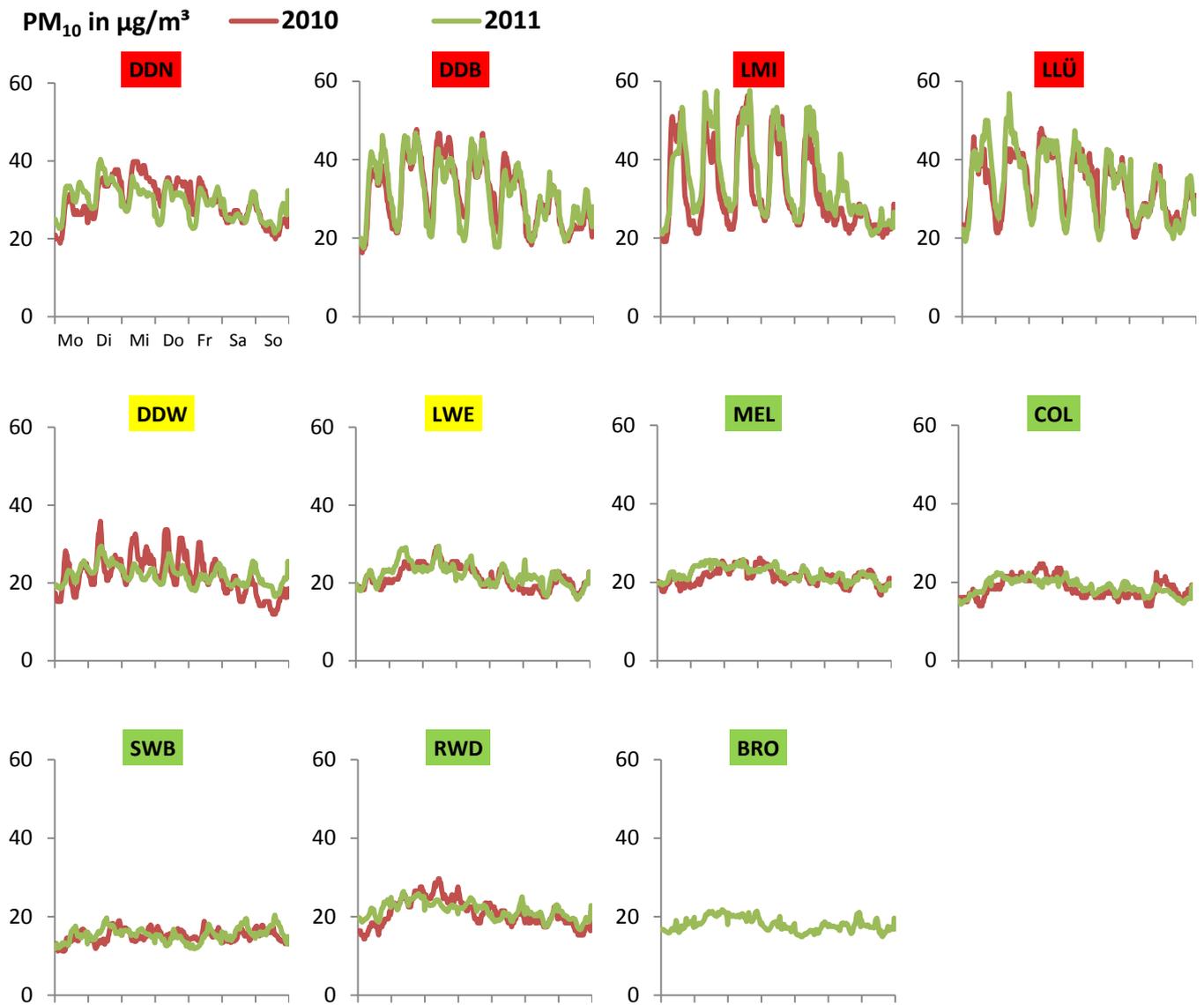


Abbildung 52: Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für PM₁₀

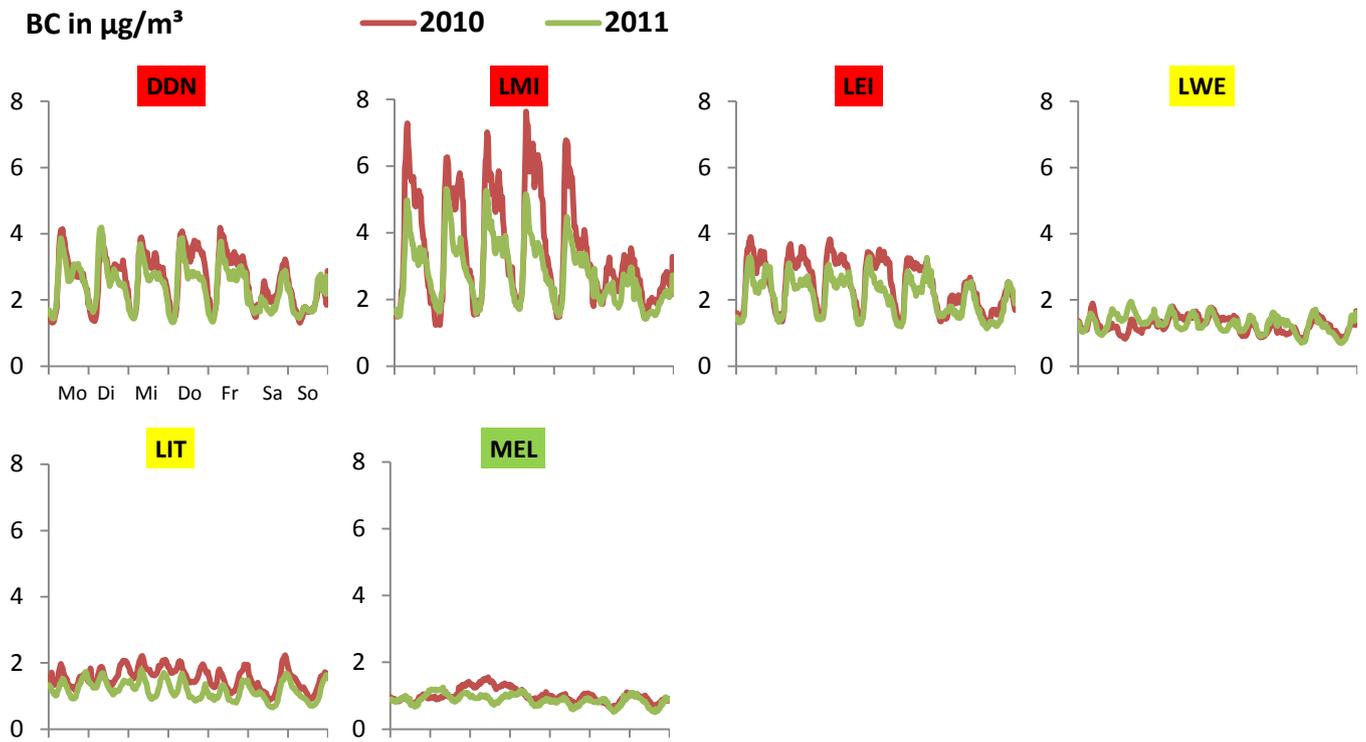


Abbildung 53: Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für BC

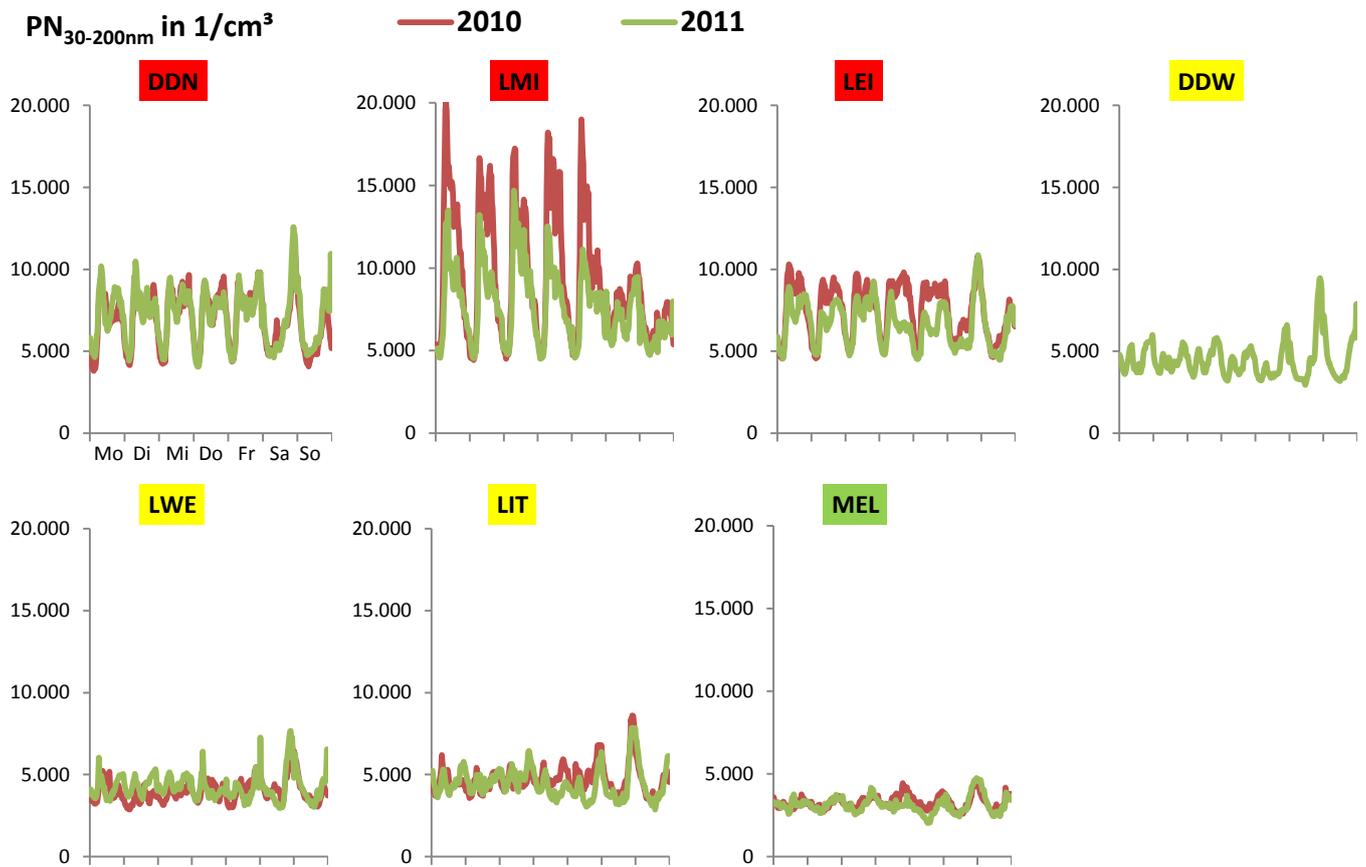


Abbildung 54: Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für PN_{30-200nm}

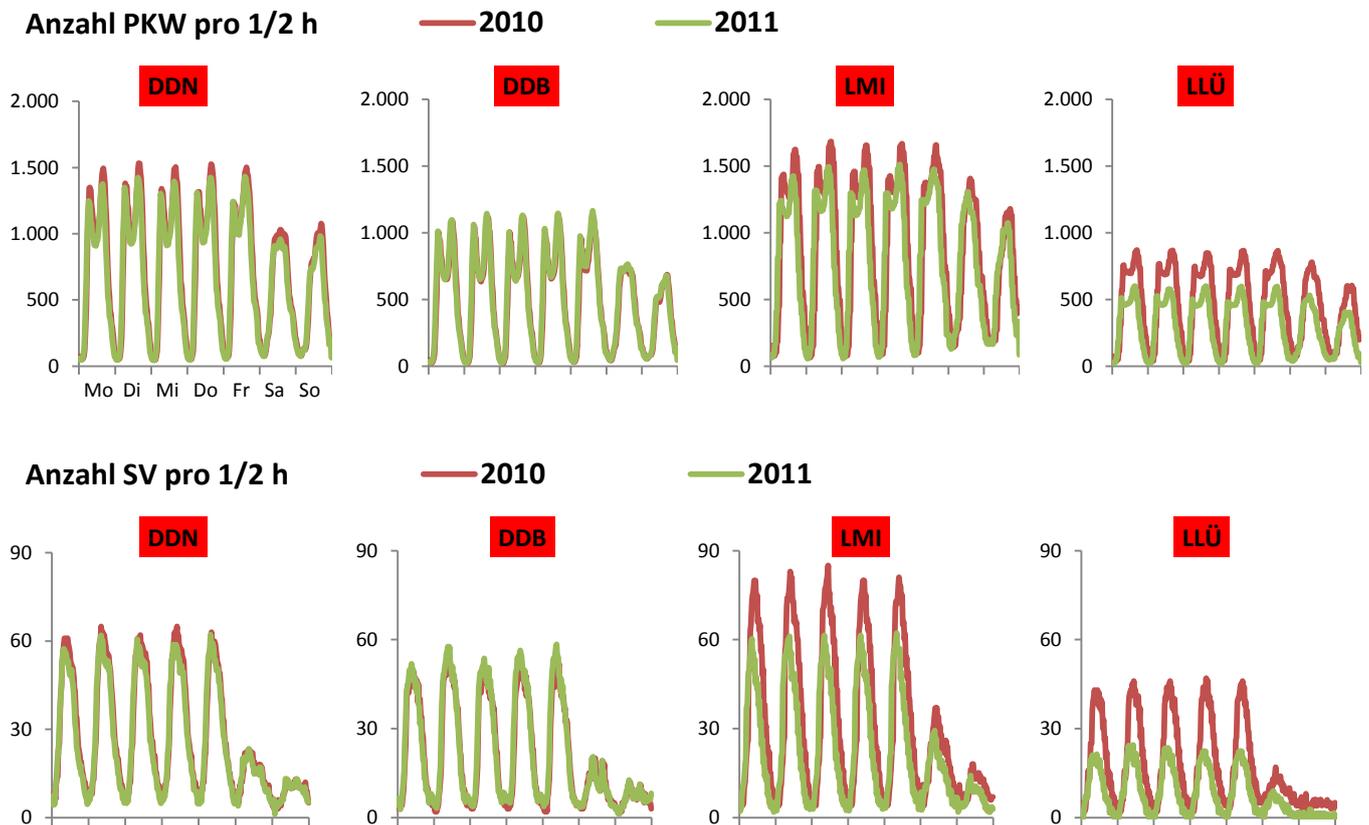


Abbildung 55: Vergleich der mittleren Wochengänge 2010 und 2011 für die Anzahl der PKW (oben) und des SV (unten)

5.2.5 Änderung des Sommermittelwertes 2011 gegenüber Sommermittelwert 2010

Sommermittelwerte können gegenüber Jahresmittelwerten ggf. besser getrennt von den winterspezifischen Zusatzquellen analysiert werden. Deshalb wurden die Änderungen vom Sommermittelwert 2011 gegenüber dem Sommermittelwert 2010 in Tabelle 21 aufgelistet.

Die prozentualen Änderungen der einzelnen Messgrößen sind im Sommerhalbjahr 2011 ähnlich wie für Jahresmittelwerte 2011, die bereits in Tabelle 20 vorgestellt wurden. Das Maß der prozentualen Reduzierungen der Sommermittelwerte 2011 gegenüber den Sommermittelwerten 2010 für PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_x , NO_2 , EC_{PM10} und BC_{PM1} ist an den verkehrsnahen Messstationen (DDN, LMI, LLÜ) meist etwas größer als die Reduzierungen der Jahresmittelwerte 2011/2010. Dies geht mit etwas größeren Reduzierungen der Kfz-Zahlen im Sommerhalbjahr 2011/2010 gegenüber dem Kalenderjahr 2011/2010 an DDN, LMI und LLÜ einher.

Tabelle 21: Prozentuale Änderung der Sommermittelwerte 2011 gegenüber den Sommermittelwerten 2010

Stationstyp	Städtische Straße				Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund					
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
PM_{10} in $\mu g/m^3$	-7%	-4%	4%	-6%		-5%	0%		6%	-3%	1%	-1%	
$PM_{2.5}$ in $\mu g/m^3$	-8%	-6%	-15%			-7%	-4%		13%	-4%			
NO_2 in $\mu g/m^3$	-4%	3%	-5%	-10%		7%	-2%		6%	-9%		3%	
NO_x in $\mu g/m^3$	-3%	3%	-1%	-13%		9%	2%		10%	-8%		3%	
EC_{PM10} in $\mu g/m^3$	-17%	-14%	-21%	-29%		-8%	-7%		-21%	-20%		-13%	
BC_{PM1} in $\mu g/m^3$	-10%		-31%		-18%		-12%	-17%	-8%				
$PN_{30-200nm}$ in $1/cm^3$	6%		-21%		-14%		7%	-1%	3%				
$PM_{30-200nm}$ in $\mu g/m^3$	2%		-27%		-21%		-4%	-8%	-8%				
PKW pro Tag	-15%	1%	-11%	-46%									
SV pro Tag	-7%	0%	-30%	-59%									

5.3 Änderung des Kfz-Bestandes

PKW-Bestand

Die Änderungen der Bestandszahlen für PKW vom Jahr 2010 zum Jahr 2011 sind in Tabelle 22 und Tabelle 23 aufgelistet. Es sind die Daten für Sachsen und die Städte Dresden und Leipzig für die einzelnen Schadstoffklassen enthalten.

Die Anzahl der zugelassenen PKW in Sachsen erhöhte sich um rund 10.000 oder 0,5 %. Dabei reduzierten sich die Benzin-PKW um 12.000 und die Diesel-PKW nahmen um 22.000 zu. Der Anteil der Diesel-PKW erhöhte sich von 19 % im Jahr 2010 auf 20 % im Jahr 2011. Der Bestand an Diesel-PKW erhöhte sich in Dresden um 1.734 und in Leipzig um 1.561. Dabei nahm der Bestand an Euro 5-PKW deutlich zu.

In die Umweltzone dürfen nur Fahrzeuge mit grüner Plakette einfahren. Damit werden Dieselfahrzeuge mit hohem Partikelaustritt (Euro 1, 2, 3 ohne Partikelfilter) und alte Benzin-PKW (ohne Euro-Norm) mit hohen Emissionen ausgeschlossen, wenn keine Ausnahmegenehmigung erteilt wurde. Deshalb wurden die Veränderungen des Fahrzeugbestandes für Diesel-PKW mit Euro 1 bis 3 in Abbildung 56 dargestellt. In Sachsen nahm der Bestand diese Fahrzeugen mit hohem Partikelaustritt um 6 % für Euro 3, um 10 % für Euro 2 und 21 % für Euro 1 ab. Die Reduzierungen in Dresden und Leipzig waren jedoch nicht gleichmäßig. In Dresden war die Abnahme ähnlich wie in Sachsen. Dresden lag für Euro 2 die Abnahme mit 8 % unter dem Durchschnitt von Sachsen. Demgegenüber reduzierte sich der Diesel-PKW-Bestand mit hohen Emissionen in Leipzig überdurchschnittlich. In Leipzig war die Reduzierung des Bestandes an Diesel-PKW mit Euro 1 und Euro 2 doppelt so groß wie in Dresden. Auch für Euro 3 wurde die größte Reduzierung in Leipzig 2011 erzielt.

Bestand an Nutzfahrzeugen (NFZ)

Die Änderung der Bestandszahlen für NFZ vom Jahr 2010 zum Jahr 2011 sind in Tabelle 24 für Sachsen, die Städte Dresden und Leipzig aufgelistet. Links sind die absoluten Änderungen und rechts die prozentualen Änderungen der einzelnen Schadstoffklassen aufgelistet.

Der Gesamtbestand an NFZ nahm in Sachsen und der Stadt Dresden um 2 % zu und in Leipzig um 1 % ab. Der Bestand an NFZ mit hoher Schadstoffemission (Schadstoffklassen SKL S1 und S2) reduzierte sich in Leipzig überdurchschnittlich gegenüber in Dresden und Sachsen (Abbildung 57). Der Bestand an Fahrzeuge mit SKL-S3 in Sachsen als auch den Städten gleichermaßen geringfügig zu.

Fazit

Der Fahrzeugbestand mit hohen Abgasemissionen nahm in Leipzig überdurchschnittlich gegenüber Sachsen und Dresden ab. Dies kann der Wirkung der Umweltzone in Leipzig zugeordnet werden.

Tabelle 22: Differenz des PKW-Bestandes im Jahr 2011 gegenüber 2010 in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig entsprechend Tabelle 17

	Sachsen			Dresden			Leipzig		
	Gesamt	Diesel	Benzin ¹	Gesamt	Diesel	Benzin ¹	Gesamt	Diesel	Benzin ¹
nicht schadstoffreduziert	-1.027	-210	-817	-20	-1.476	1.456	-35	-11	-24
Sonstige ²	-818	-319	-500	-64	-20	-44	-221	-74	-148
Euro 1	-30.279	-1.067	-29.212	-2.564	-109	-2.455	-2.765	-168	-2.597
Euro 2	-50.020	-6.008	-44.012	-4.194	-428	-3.766	-3.385	-930	-2.455
Euro 3	-20.022	-7.463	-12.559	-1.768	-682	-1.086	-1.605	-902	-703
Euro 4	10.296	46	10.250	-161	-769	609	822	-459	1.281
Euro 5	101.887	36.953	64.934	12.594	5.193	7.401	11.206	4.082	7.124
Euro 6	155	155	n.k.v.	25	25	n.k.v.	22	22	n.k.v.
Summe	10.172	22.087	-11.915	3.849	1.734	2.115	4.040	1.561	2.479

¹ im Wesentlichen Benzin, aber auch Gas und andere, ² Nicht bzw. bedingt schadstoffreduziert, Emissionsklasse unbekannt und Oldtimer
n.k.v. = noch keine Fahrzeuge vorhanden

Tabelle 23: Prozentuale Änderung des PKW-Bestandes im Jahr 2011 gegenüber 2010 in Sachsen, der Stadt Dresden und der Stadt Leipzig entsprechend Tabelle 17

	Sachsen			Dresden			Leipzig		
	Gesamt	Diesel	Benzin ¹	Gesamt	Diesel	Benzin ¹	Gesamt	Diesel	Benzin ¹
nicht schadstoffreduziert	-5%	-15%	-5%	-1%	-85%	406%	-2%	-8%	-2%
Sonstige ²	-7%	-12%	-6%	-10%	-7%	-11%	-25%	-22%	-27%
Euro 1	-21%	-17%	-21%	-20%	-18%	-20%	-20%	-31%	-20%
Euro 2	-10%	-11%	-10%	-9%	-8%	-9%	-8%	-21%	-6%
Euro 3	-5%	-6%	-5%	-5%	-5%	-4%	-4%	-8%	-3%
Euro 4	1%	0%	1%	0%	-4%	1%	1%	-3%	2%
Euro 5	118%	126%	114%	115%	117%	113%	120%	113%	123%
Euro 6	126%	126%	n.k.v.	158%	158%	n.k.v.	139%	139%	n.k.v.
Summe	0%	6%	-1%	2%	4%	1%	2%	4%	2%

¹ im Wesentlichen Benzin, aber auch Gas und andere, ² Nicht bzw. bedingt schadstoffreduziert, Emissionsklasse unbekannt und Oldtimer
n.k.v. = noch keine Fahrzeuge vorhanden

Änderung Bestand_{2010/2011} an Diesel-PKW in %

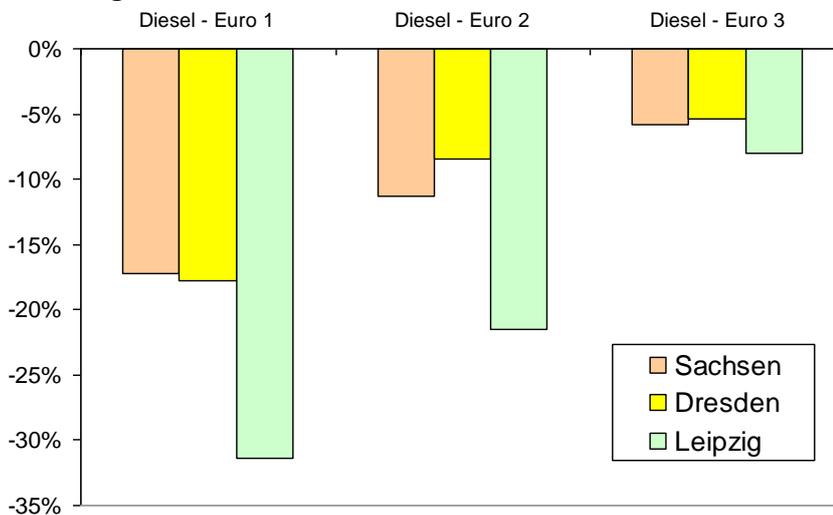


Abbildung 56: Prozentuale Reduzierung des Bestandes an Diesel-PKW mit hoher Motoremission (Euro 1 bis 3) von 2010 nach 2011 in Sachsen, Dresden und Leipzig

Tabelle 24: Prozentuale Änderung des NFZ-Bestandes im Jahr 2011 gegenüber 2010 entsprechend Tabelle 18. Links sind die absoluten Änderungen und rechts die prozentualen Änderungen der einzelnen Schadstoffklassen aufgelistet.

	Sachsen	Dresden	Leipzig
nicht schadstoffreduziert	6.968	651	248
Sonstige ¹	611	17	-69
SKL-S1	-3.157	-236	-506
SKL-S2	-2.844	-309	-424
SKL-S3	2.250	187	199
SKL-S4	211	-62	65
SKL-S5	7.872	881	805
SKL-EEV	2.026	174	178
Euro 6	n.k.v.	n.k.v.	n.k.v.
Summe	4.922	390	-100

	Sachsen	Dresden	Leipzig
nicht schadstoffreduziert	4%	4%	2%
Sonstige ¹	5%	7%	-12%
SKL-S1	-13%	-13%	-29%
SKL-S2	-7%	-10%	-15%
SKL-S3	3%	3%	3%
SKL-S4	1%	-3%	4%
SKL-S5	61%	90%	99%
SKL-EEV	130%	121%	92%
Euro 6	n.k.v.	n.k.v.	n.k.v.
Summe	2%	2%	-1%

¹ Nicht bzw. bedingt schadstoffreduziert, Emissionsklasse unbekannt und Oldtimer
n.k.v. = noch keine Fahrzeuge vorhanden

Änderung Bestand_{2010/2011} an NFZ in %

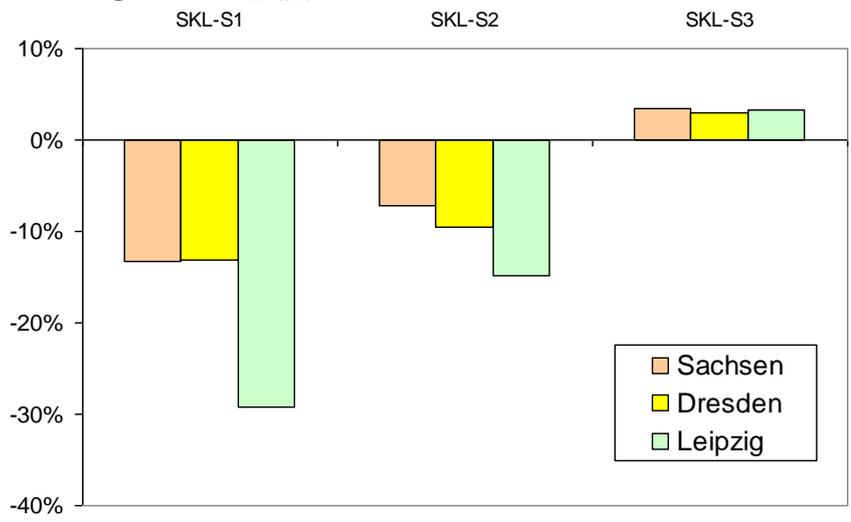


Abbildung 57: Prozentuale Änderung des Bestandes an NFZ mit hoher Motoremission (SKL-S1 bis S3) in Sachsen, Dresden und Leipzig von 2010 nach 2011

5.4 Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 zu 2010

5.4.1 Änderung des Immissionsanteils Motor als Jahresmittelwert 2011 gegenüber 2010

Der Immissionsanteil Motor für das Jahr 2010 wurde im Bericht „Umweltzone Teil 1“ [LfULG 2012a], Kapitel 4.3. abgeschätzt. Für das Jahr 2011 wurde der Immissionsanteil Motor nach der gleichen Methode im Kapitel 4.3 in diesem Bericht ermittelt. Aus den Ergebnissen beider Jahre kann nun die Änderung des Immissionsanteiles Motor 2011 gegenüber 2010 berechnet werden. Die Ergebnisse sind für die verschiedenen Messgrößen aller verkehrsnahen Messstellen in Tabelle 25 aufgelistet.

Bei der Interpretation der Werte für die Änderung des Immissionsanteiles Motor ist zu beachten, dass es sich zwar um numerisch ermittelte Werte handelt, die jedoch eine erhebliche Unsicherheit besitzen. Die Unsicherheit ergibt sich zunächst aus der Differenzbildung der Messergebnisse an verschiedenen Orten bei der Ermittlung des Immissionsanteiles Motor für das jeweilige Jahr. Durch die nicht idealen Verhältnisse nach dem Lenschow-Ansatz und die Messunsicherheit an den einzelnen Orten wird ja auch nur von einer Schätzung gesprochen. Für die geschätzten Ergebnisse der Jahre 2011 und 2010 erfolgt dann eine erneute Differenzbildung, deren Ergebnisse in Tabelle 25 nun vorliegen.

Die rechnerischen Werte für die Änderung des Immissionsanteiles Motor $\Delta\text{PM}_{10\text{Mot}}$ und $\Delta\text{PM}_{2.5\text{Mot}}$ sind nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. Für diese Kenngrößen wurde eine zu große Unsicherheit im Kapitel 4.3.2 eingeschätzt. Deshalb werden sie nicht weiter bewertet.

Die für die Umweltzone relevanten Änderungen der Partikel-Immissionsanteile $\Delta\text{EC}_{\text{Mot}}$, $\Delta\text{BC}_{\text{Mot}}$ und $\Delta\text{PM}_{30-200\text{nmMot}}$ werden als absolute Änderung in Abbildung 58 und als relative Änderung in Abbildung 59 gezeigt. Die Ergebnisse der Änderung unterliegen erwartungsgemäß einer großen Spannweite sowohl für die einzelnen Messorte als auch für die einzelnen Sonderverfahren. An den zwei Dresdner Messstationen wurde eine absolute Änderung im Bereich von +0,1 bis -0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM und an den drei Leipziger Messstationen ein Bereich von -0,2 bis -1,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM ermittelt. Dabei schwanken die Ergebnisse der einzelnen Sonderverfahren für einzelne Messorte wie z. B. an DDN im Bereich von -17 % bis +5 %.

An LMI wurde eine signifikante Reduzierungstendenz für alle Sondermessverfahren im Bereich von -20 bis -43 % ermittelt. Auch LEI lieferte mit -22 bis -34 % eine deutlichere Reduzierungstendenz.

Tendenzielle Unterschiede zwischen Dresden und Leipzig sind zu erkennen. Für $\Delta\text{BC}_{\text{Mot}}$ wird eine Tendenz mit einer kleinen Reduzierung in Dresden (DDN -5 %) und größeren Reduzierungen in Leipzig (LEI -22 % und LMI -26 %) sichtbar. Für $\Delta\text{PM}_{30-200\text{nmMot}}$ wird die gleiche Tendenz mit sogar einer kleinen Erhöhung in Dresden (DDN +5 %) und deutlichen Reduzierungen in Leipzig (LEI -34 % und LMI -43 %) festgestellt. Für $\Delta\text{EC}_{\text{Mot}}$ wird die größte Reduzierung in Leipzig (LLÜ -34 %) und die kleinste Reduzierung in Dresden (DDN -17 %) registriert.

In Abbildung 60 wird diese Tendenz an den verkehrsnahen Messstationen für Leipzig und Dresden grafisch aufgearbeitet. Die Ergebnisse für die Änderung des Immissionsanteils von 2010 nach 2011 besitzen zwar eine große Spannweite, aber die Tendenz, dass die Reduzierungen insgesamt in Leipzig größer sind als in Dresden, wird gut sichtbar. In Dresden wurden Änderungen im Bereich von +5 % bis -22 % und in Leipzig von -20 % bis -43 % ermittelt. Die Größenordnung für die mittlere Reduzierung des Immissionsanteils $\Delta\text{PM}_{\text{Mot}}$ betrug 2011 gegenüber 2010 in Dresden 10 % und in Leipzig 30 %. Gleichzeitig wurden 2011 in Leipzig rückläufige Kfz-Zahlen in der Nähe der Messstationen registriert.

Der Immissionsanteil Motor besitzt eine überdurchschnittliche große Bedeutung für die Gesundheit (vgl. Kap.1.1). Die Reduzierung dieses Anteils ist deshalb von sehr großem gesundheitlichen Interesse. Die Ergebnisse der Sonderverfahren EC, BC und $\text{PM}_{30-200\text{nm}}$ zeigten, dass im Jahr 2011 in Leipzig und Dresden Verbesserungen in der Luftqualität eintraten. Die größeren Fortschritte wurden dabei in Leipzig gegenüber Dresden nachgewiesen.

Die Änderungen für die Überwachungsgröße PM_{10} sind extrem klein. Tabelle 26 zeigt die Ergebnisse der Sonderverfahren im Prozentsatz zur PM_{10} -Gesamtmission aus dem Jahr 2010. Der Anteil lag im Bereich von 0 bis 4 % vom PM_{10} .

Erst wenn in den kommenden Jahren diese Tendenz der kleinen Änderungen der Sondergrößen bestätigt wird, können daraus Schlussfolgerungen gezogen werden.

Tabelle 25: Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 gegenüber 2010

Messstation	Absolute Änderung					Relative Änderung				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
$\Delta PM_{10 \text{ Mot}}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-0,1	-0,1	-0,3	-1,1		-6%	-3%	-10%	-32%	
$\Delta PM_{2,5 \text{ Mot}}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-0,1	-0,1	-1,1			-12%	-4%	-42%		
$\Delta NO_x \text{ Mot}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0	2,7	7,4	-10,0		0%	2%	8%	-14%	
$\Delta EC \text{ Mot}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-0,15	-0,48	-0,24	-0,44		-17%	-22%	-20%	-34%	
$\Delta BC \text{ Mot}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-0,05		-0,50		-0,20	-5%		-26%		-22%
$\Delta PN_{30-200\text{nm} \text{ Mot}}$ in $1/\text{cm}^3$	114		-1.757		-892	4%		-35%		-28%
$\Delta PM_{30-200\text{nm} \text{ Mot}}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,08		-1,31		-0,75	5%		-43%		-34%

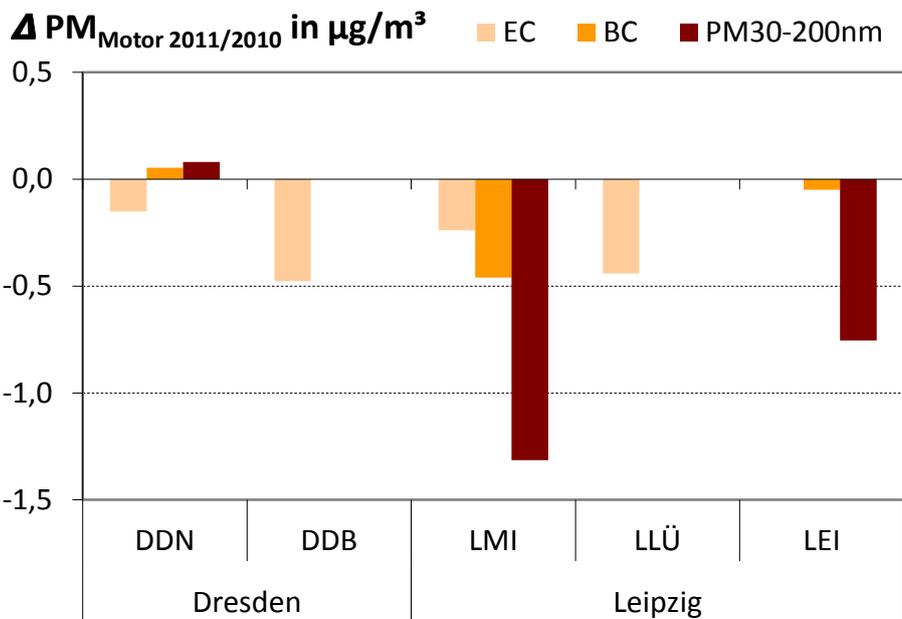


Abbildung 58: Absolute Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 gegenüber 2010 ermittelt mit den Sonderverfahren EC, BC und PM_{30-200nm}

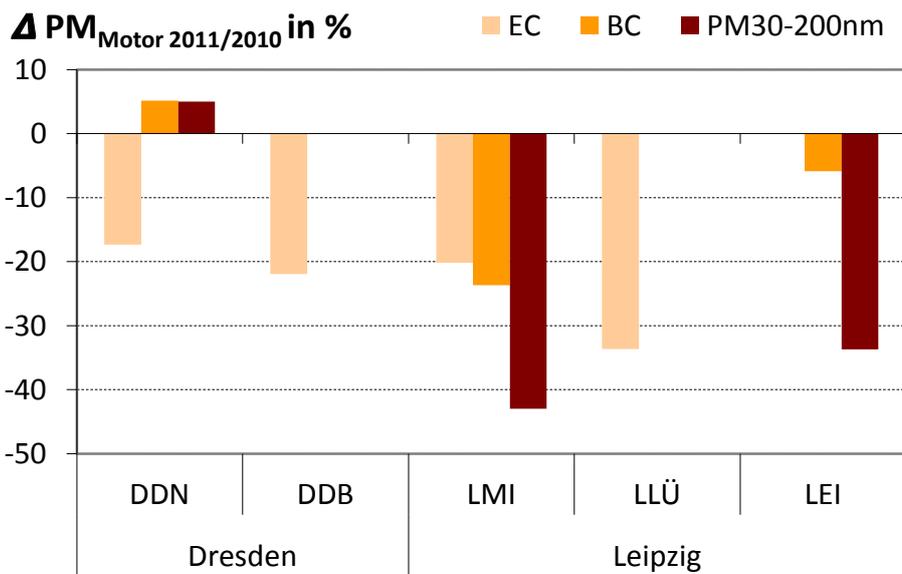


Abbildung 59: Prozentuale Änderung des Immissionsanteils Motor 2011 gegenüber 2010 ermittelt mit den Sonderverfahren EC, BC und PM_{30-200nm}

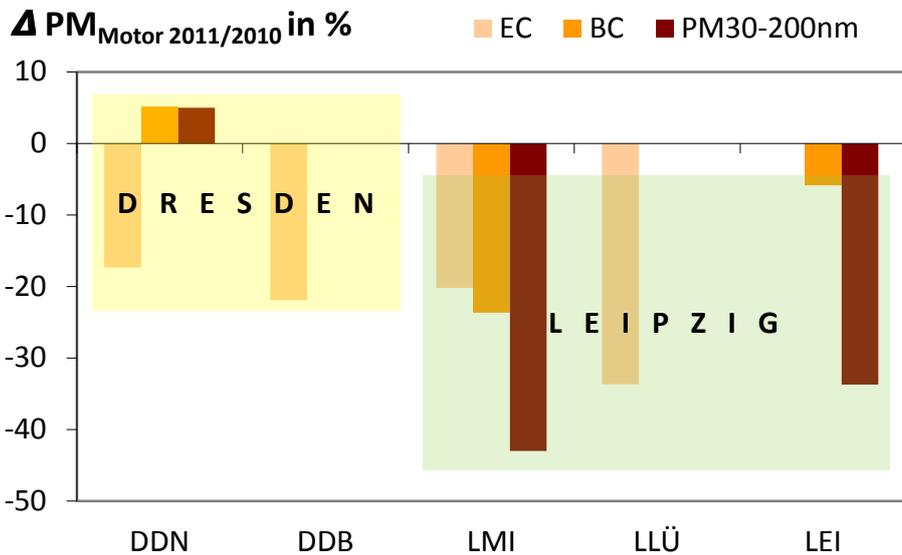


Abbildung 60: Ergebnisfeld der prozentualen Änderung des Immissionsanteils Motor durch motorbedingte Kfz-Partikelemissionen im Jahr 2011 gegenüber dem Jahr 2010 in Dresden und Leipzig

Tabelle 26: Anteil der Veränderung des Immissionsanteils PM_{10} Motor_{2010/2011} an der PM_{10} -Gesamtbelastung 2010 für die Ergebnisse der Sonderverfahren EC, BC und $PM_{30-200nm}$

Messtation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
$\Delta EC_{\text{Motor 2011/2010}}$	-0,5%	-1,5%	-0,8%	-1,3%	
$\Delta BC_{\text{Motor 2011/2010}}$	-0,2%		-1,6%		
$\Delta PM_{30-200nm \text{ Motor 2011/2010}}$	0,3%		-4,1%		

5.4.2 Änderung des Immissionsanteiles Motor im Sommer 2011 gegenüber Sommer 2010

Die Sommermittelwerte lassen sich ggf. besser analysieren, weil die winterspezifischen Bedingungen eliminiert werden. Die Änderungen des Immissionsanteils Motor für den Sommermittelwert 2011 gegenüber dem Sommermittelwert 2010 sind deshalb in Tabelle 27 für die drei Sondermessverfahren EC, BC und PM_{30-200nm} sowie für die Routineüberwachung NO_x aufgelistet.

Die absoluten Reduzierungen des Immissionsanteils Motor vom Sommermittelwert 2011 gegenüber Sommermittelwert 2010 sind ähnlich wie die absoluten Reduzierungen für das Kalenderjahr 2011 gegenüber Kalenderjahr 2010 (Tabelle 25), wobei das Maß der Reduzierung beim Sommergeleich meist etwas größer ausfällt.

Die relativen Änderungen für den Immissionsanteil Motor werden in Abbildung 61 gezeigt. Auch dort ist das Maß der relativen Änderung des Immissionsanteils Motor im Sommer größer als beim Kalenderjahr (Abbildung 60). An den Leipziger Messstationen lag z. B. die Änderung für den Immissionsanteil Motor für die Partikel (EC, BC, PM_{30-200nm}) im Kalenderjahr im Bereich von -20 bis -43 % und im Sommerhalbjahr im Bereich von -33 bis -50 %.

Tabelle 27: Änderung des Immissionsanteils Motor im Sommer 2011 gegenüber dem Sommer 2010

Messtation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI		DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI
$\Delta EC_{\text{Motor Som11/Som10}}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-0,31	-0,38	-0,49	-0,72		EC	-30%	-17%	-33%	-47%	
$\Delta BC_{\text{Motor Som11/Som10}}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-0,07		-0,91		-0,23	BC	-6%		-38%		-22%
$\Delta PN_{30-200nm \text{ Motor Som11/Som10}}$ in $1/\text{cm}^3$	227		-2.233		-1.302	PN _{30-200nm}	9%		-42%		-44%
$\Delta PM_{30-200nm \text{ Motor Som11/Som10}}$ in $1/\text{cm}^3$	0,13		-1,69		-1,02	PM _{30-200nm}	8%		-50%		-49%
$\Delta NO_x \text{ Motor Som11/Som10}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-3,3	3,4	-2,8	-12,5		NO _x	-7%	3%	-3%	-19%	

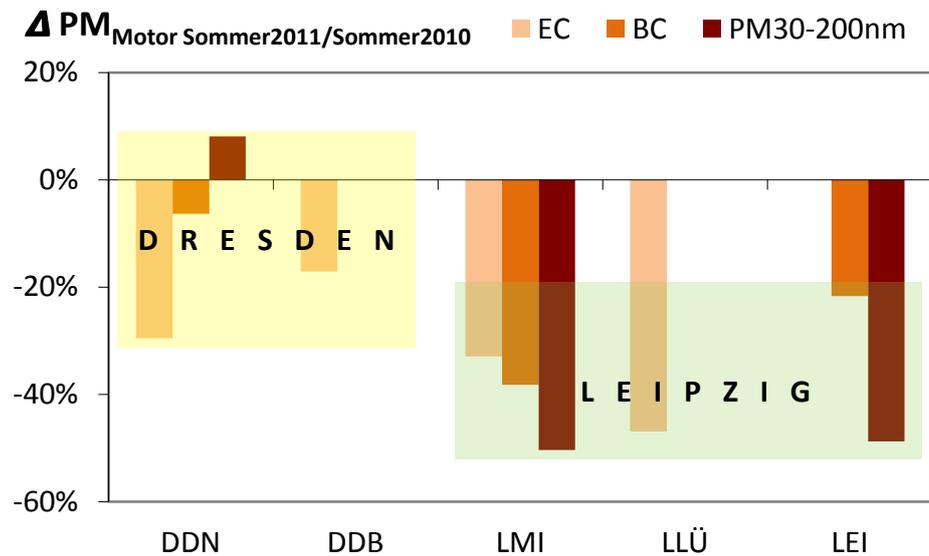


Abbildung 61: Ergebnisfeld der prozentualen Änderung des Immissionsanteils Motor durch motorbedingten Kfz-Partikelemissionen im Sommer 2011 gegenüber dem Sommer 2010 in Dresden und Leipzig

6 Zusammenfassung

Grundlagen

Die Luftverschmutzung soll durch Maßnahmenpläne weiter reduziert werden. Die Städte Dresden und Leipzig haben Luftreinhaltepläne beschlossen, um die Einhaltung der EU-Grenzwerte für die Luftschadstoffe PM₁₀ und NO₂ sicherzustellen. Der Luftreinhalteplan Leipzig enthält dazu 48 Maßnahmen. Die Einführung der Umweltzone 2011 ist eine der wichtigsten Maßnahmen. Der Luftreinhalteplan Dresden enthält ebenfalls eine große Anzahl an Maßnahmen, jedoch keine Umweltzone.

Die Umweltzone ist eine verkehrsbezogene Maßnahme, um die Luftverschmutzung besonders an den Straßen zu reduzieren. Die Umweltzone verbietet die Einfahrt von Fahrzeugen mit hohem Schadstoffausstoß. Betroffen sind vor allem ältere Dieselfahrzeuge. Dieselpartikel sind als Verursacher von Krebs, Herzerkrankungen, Blutgerinnseln, Gehirnblutungen und Atemwegserkrankungen bekannt. Die Weltgesundheitsorganisation hat Dieselaabgase 1988 als wahrscheinlich krebserregend und 2012 als krebserregend eingestuft. Gelingt es, durch die Umweltzone diese schädlichen Fahrzeugabgase zu reduzieren, wird ein großer Gesundheitsgewinn für die Bevölkerung in der Umweltzone erreicht.

Die sehr kleinen Dieselpartikel werden in den gesetzlichen Überwachungsgrößen PM₁₀ und PM_{2,5} wegen ihrer extrem kleinen Massen nur ungenügend berücksichtigt. Deshalb sind zur Darstellung der Luftverschmutzung durch Dieselpartikel wissenschaftliche Sondermessungen erforderlich.

Ansatz und Methodik

Zur Abschätzung der Wirkung der Umweltzone wurde vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) in Dresden und dem Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V. (TROPOS) in Leipzig 2009 ein Sondermessprogramm vereinbart. Ziel war es, die gesetzliche Immissionsüberwachung mit den Messgrößen PM₁₀, PM_{2,5} und NO₂ durch wissenschaftliche Sondermessungen zu ergänzen.

Durch die Einführung einer Umweltzone soll der Anteil der Schadstoffe in der Außenluft reduziert werden, der durch die motorbedingten Kfz-Emissionen entsteht. Diese Luftverschmutzung wird hier kurz als „Immissionsanteil Motor“ bezeichnet. Zur schwierigen Ermittlung des partikulären Immissionsanteils Motor gibt es kein standardisiertes und anerkanntes Messverfahren. Deshalb werden zur Ermittlung des Immissionsanteils Motor durch Dieselrußemissionen der Fahrzeuge drei wissenschaftliche Immissionsmessverfahren angewendet. Es sind die Messverfahren für

- Ruß gemessen als EC (elementarer Kohlenstoff),
- Ruß gemessen als BC (schwarzer Kohlenstoff) und
- Anzahlgrößenverteilung ultrafeiner und feiner Partikel.

Es sind drei unabhängige Messverfahren. Sie besitzen nicht das gleiche Messobjekt. Ziel ist es aber, Dieselpartikel in der Außenluft zu messen und Veränderungen zu dokumentieren. Die Messverfahren werden an verschiedenen, kategorisierten Messorten durchgeführt. Fünf verkehrsnahen Messstationen in Leipzig und Dresden sowie drei Messstationen im städtischen Hintergrund und fünf Messstationen im regionalen Hintergrund werden einbezogen. Aus der Bilanz der Ergebnisse an den verschiedenen Messorten wird der Immissionsanteil Motor nach dem Lenschow-Ansatz abgeschätzt. Der Immissionsanteil Motor wird ab 2010 Jahr für Jahr auf diese Weise bestimmt. Veränderungen durch die Wirkung einer Umweltzone sollen so besser als für PM₁₀ oder PM_{2,5} beurteilt werden.

Die gesammelten Messdaten werden systematisch ausgewertet. Ein erster Bericht über die Immissionssituation 2010 wurde erarbeitet. Er stellt das Datenmaterial und Auswertungen vor der Einführung der Umweltzone in Leipzig zusammen. Das Jahr 2010 bildet damit das Basisjahr oder das Referenzjahr für die Beurteilung der Wirkung der später eingeführten Umweltzone. Der Bericht kann im Internet heruntergeladen werden unter: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14411>.

Der hier vorliegende zweite Bericht „Umweltzone Leipzig, Teil 2: Immissionssituation 2011“ schließt daran an und stellt die Belastungssituation 2011 dar. In Leipzig wurde am 1. März 2011 die Umweltzone eingeführt. Erste Veränderungen der Luftqualität in Dresden und Leipzig werden dargestellt und diskutiert. Jährlich ist ein Folgebericht geplant, der u. a. die Veränderungen gegenüber dem Referenzjahr 2010 aufzeigen soll.

Ergebnisse der Ausgangsbeurteilung 2010 vor Einführung der Umweltzone

Die Überwachungsgröße PM₁₀ erfasst Partikel in der Außenluft aus sehr verschiedenen Quellen. Im Jahr 2010 wurde an den verkehrsnahen Messstellen in Dresden und Leipzig ein Anteil von 15 bis 25 % der PM₁₀-Gesamtbelastung durch den lokalen Kfz-Verkehr verursacht. Dieser Immissionsanteil durch vorbeifahrende Kfz wird in motorbedingte Emissionen und nicht motorbedingte Emissionen untergliedert. Die nicht motorbedingten Emissionen entstehen durch Aufwirbelung von Bodenstaub sowie

durch Abriebe von Reifen, Bremsen und Fahrbahn. Die motorbedingten Emissionen kommen aus dem Auspuff der Kfz und werden hier als partikulärer Immissionsanteil Motor PM_{Motor} bezeichnet.

Der Immissionsanteil PM_{Motor} ist sehr klein gegenüber der festgestellten PM_{10} -Gesamtbelastung. Im Jahr 2010 wurden 1,4 bis 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder 5 bis 8 % des PM_{10} -Jahresmittelwertes dem Immissionsanteil PM_{Motor} zugeordnet. Gleichzeitig können die PM_{10} -Jahresmittelwerte um +/-16 % durch den Einfluss der jährlichen Schwankungen der Meteorologie abweichen. Damit ist für PM_{10} die jährlich mögliche Schwankungsbreite durch die meteorologischen Rahmenbedingungen deutlich größer als das Minderungspotenzial einer Umweltzone. Deshalb werden die Fortschritte mit der Überwachungsgröße PM_{10} erst nach mehreren Jahren (mindestens 5 Jahre) statistisch sicher nachweisbar sein.

Der Immissionsanteil Motor wurde an den verkehrsnahen Messstellen nach dem Lenschow-Ansatz abgeschätzt. Danach lassen sich folgende Bereiche für den Immissionsanteil Motor je nach Messort und Messkomponente angeben:

- EC 0,9 bis 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
- BC 0,9 bis 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
- $PN_{30-200\text{nm}}$ 2.600 bis 5.000 Partikel/ cm^3 ,
- $PM_{30-200\text{nm}}$ 1,6 bis 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und
- NO_x 78 bis 152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Komponente $PN_{30-200\text{nm}}$ wurde als Partikelgrößenklasse von Partikeln mit einem Durchmesser von 30 bis 200 nm festgelegt. Aus der gemessenen Partikelgrößenverteilung feiner und ultrafeiner Partikel wurde diese Partikelgrößenklasse herausgeschnitten, weil bekannt ist, dass in diesem Partikelgrößenbereich das Maximum der Partikelemissionen der Dieselfahrzeuge liegt. Die Komponente $PM_{30-200\text{nm}}$ wurde aus der Partikelanzahl-Größenverteilung der Partikeldurchmesser von 30 bis 200 nm berechnet.

Die ermittelten Immissionsanteile Motor für die einzelnen verkehrsnahen Messstellen sind in Tabelle 28 aufgelistet. Im Jahr 2010 konzentrierten sich die höchsten Werte für BC, $PN_{30-200\text{nm}}$ und $PM_{30-200\text{nm}}$ auf die Messstation Leipzig-Mitte (LMI). Damit erscheint LMI als Ort mit der höchsten Belastung, weil drei der fünf Messverfahren dies ausweisen. Möglicherweise war die Belastung durch Fahrzeugemissionen in Dresden an der Bergstraße (DDB) noch höher, da dort die Komponenten BC, $PN_{30-200\text{nm}}$ und $PM_{30-200\text{nm}}$ nicht gemessen werden, jedoch für EC sowie NO_x an DDB deutlich höhere Werte als an LMI ermittelt wurden.

Das Minderungspotenzial einer Umweltzone bezieht sich vorrangig auf die partikulären Messkomponenten EC, BC, $PN_{30-200\text{nm}}$ und $PM_{30-200\text{nm}}$. Für diese Komponenten bildet der Immissionsanteil Motor im Jahr 2010 die Ausgangslage zur späteren Beschreibung der Wirkung der Umweltzone. Es ist geplant, diesen Immissionsanteil Motor in den Folgejahren erneut in Dresden und Leipzig zu bestimmen. Die Veränderung dieser Werte soll den messtechnischen Nachweis der Wirkung der Umweltzone in Leipzig liefern.

Tabelle 28: Immissionsanteil Motor 2010 an den fünf verkehrsnahen Messstellen im Referenzjahr 2010 vor der Einführung der Umweltzone in Leipzig

Messstation	Dresden-Nord DDN	Dresden-Bergstraße DDB	Leipzig-Mitte LMI	Leipzig-Lützner Str. LLÜ	Leipzig-Eisenbahnstr. LEI
$EC_{PM_{10}, Motor}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,87	2,17	1,18	1,31	
$BC_{PM_{10}, Motor}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,04		1,94		0,85
$PN_{30-200\text{nm}, Motor}$ in $1/\text{cm}^3$	$2,6 \cdot 10^3$		$5,0 \cdot 10^3$		$3,2 \cdot 10^3$
$PM_{30-200\text{nm}, Motor}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,63		3,06		2,23
$NO_{x, Motor}$ in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	78	152	123	99	

Ergebnisse der gesetzlichen Luftüberwachung 2011

Der PM_{10} -Kurzzeitgrenzwert wurde an allen verkehrsnahen Messstationen in Dresden und Leipzig im Jahr 2011 überschritten. Die zulässige Anzahl von 35 Tagen mit Tagesmittelwerten größer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konnte nicht eingehalten werden. Die bereits 2010 registrierten Grenzwertüberschreitungen setzen sich trotz Maßnahmen der Luftreinhaltepläne fort. Zudem erhöhte sich die Anzahl der Überschreitungstage an allen Messstellen gegenüber dem Vorjahr. In Leipzig wurde eine zusätzliche Erhöhung um 20 bis 24 Tage registriert. Demgegenüber fiel die Erhöhung mit 5 bis 6 zusätzlichen PM_{10} -Überschreitungstagen in Dresden deutlich geringer als in Leipzig aus. Insgesamt stieg in Leipzig die Anzahl der Überschreitungstage auf 63 (LMI) und 69 (LLÜ). Es wurden 2011 in Leipzig fast doppelt so viele Überschreitungstage wie zulässig registriert. In Dresden war die Anzahl der Überschreitungstage 2011 auf 42 (DDN) und 46 (DDB) angestiegen. Nach Einführung der Umweltzone „Grüne Plakette“ in Leipzig wurde keine Reduzierung der PM_{10} -Immissionen festgestellt. Das Gegenteil war der Fall. In Leipzig mit Umweltzone erhöhten

sich die PM₁₀-Immissionen mehr als in Dresden ohne Umweltzone. Im ersten Jahr der Umweltzone Leipzig würde die Beurteilung der Wirkung anhand der gesetzlichen PM₁₀-Messungen damit keinen Erfolgsnachweis liefern.

Weiterhin wurde der NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³ in Leipzig (LMI 48 µg/m³) und Dresden (DDB 50 µg/m³) an verkehrsnahen Messstationen überschritten.

Die ergriffenen Maßnahmen aus den Luftreinhalteplänen in Leipzig und Dresden waren damit im Jahr 2011 wie auch schon im Vorjahr nicht ausreichend, um den Gesundheitsschutz der Bewohner an viel befahrenen Straßen zu gewährleisten.

Vertiefende Auswertungen und Ergebnisse der wissenschaftlichen Sondermessungen 2011

Auch im Jahr 2011 wurden an den verkehrsnahen Messstationen deutlich höhere Luftschadstoffkonzentrationen als an den Messstationen im städtischen oder regionalen Hintergrund ermittelt.

Die Luftverschmutzung PM₁₀ stieg im regionalen Hintergrund um 2 bis 3 % gegenüber dem Vorjahr geringfügig an. Da dies an allen regionalen Hintergrundmessstationen auftrat, ist es sicher auf die ungünstigeren meteorologischen Rahmenbedingungen 2011 gegenüber 2010 zurückzuführen. An der verkehrsnahen Messstation Leipzig-Mitte wurde ein auffällig hoher Anstieg des PM₁₀-Jahresmittelwertes um 10 % registriert, der vor allem durch Bautätigkeit im Umfeld der Messstation verursacht wurde. Die Analyse der zeitlich hochaufgelösten PM₁₀-Daten ergab einen Immissionsanteil durch Bautätigkeit von 2,5 µg/m³ PM₁₀ oder 7 % vom PM₁₀-Jahresmittelwert.

Für die NO₂-Jahresmittelwerte gab es keine signifikanten Änderungen bis auf die Lützner Straße in Leipzig. Dort sank das NO₂-Niveau um 9 %, wobei gleichzeitig ein deutlicher Rückgang des Kfz-Verkehrs an der Messstation registriert wurde. Bei einem Rückgang der Anzahl der PKW um 1/3 und der LKW um 1/2 hätte die NO₂-Minderung jedoch noch größer ausfallen müssen.

Signifikante Änderungen von 2010 nach 2011 gab es für die wissenschaftlichen Messkomponenten BC, PN_{30-200nm} bzw. PM_{30-200nm} an den meisten Messstationen. Ein besonders auffälliges Beispiel wird an LMI für BC in Abbildung 62 gezeigt. Die krebserregende BC-Belastung reduzierte sich um 19 % im Jahr 2011 gegenüber 2010. Besonders die hohen BC-Konzentrationen an den Tagen Montag bis Freitag wurden 2011 vermindert. Die BC-Maximalwerte pro Tag reduzierten sich dabei um 1 bis 2 µg/m³ BC.

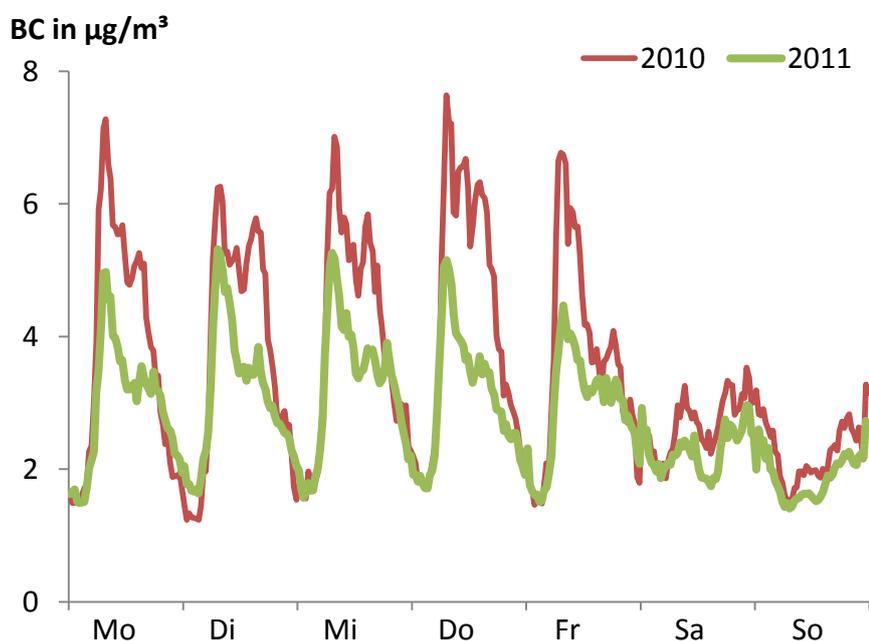


Abbildung 62: Mittlerer Wochengang für 2010 und 2011 für BC an der Messstation Leipzig-Mitte

Analog zum Referenzjahr 2010 wurde für das erste Beurteilungsjahr 2011 der Immissionsanteil Motor an den fünf verkehrsnahen Messstellen bestimmt und in Tabelle 29 aufgelistet. Auch 2011 konzentrieren sich die höchsten Belastungen auf die Messstationen LMI (BC, PN_{30-200nm} und PM_{30-200nm}) und DDB (EC, NO_x). Die Maximalwerte für den Immissionsanteil Motor reduzierten sich konsequent für alle Komponenten an vier von fünf Messstationen. Nur an DDN gab es für BC, PN_{30-200nm} und PM_{30-200nm} eine leichte Erhöhung gegenüber dem Referenzjahr 2010. Die prozentualen Änderungen für 2011 gegenüber 2010 werden in Tabelle 30 für die einzelnen Komponenten angegeben. Die Maximalwerte für die prozentuale Änderung des Immissionsanteils Motor konzentrieren sich nun auf die Messstationen in Leipzig mit LMI und LLÜ.

Tabelle 29: Immissionsanteil Motor 2011 an den fünf verkehrsnahen Messstellen im ersten Beurteilungsjahr der Umweltzone in Leipzig

Messstation	Dresden-Nord DDN	Dresden-Bergstraße DDB	Leipzig-Mitte LMI	Leipzig-Lützner Str. LLÜ	Leipzig-Eisenbahnstr. LEI
EC _{PM10, Motor} in µg/m ³	0,72	1,70	0,94	0,87	
BC _{PM1, Motor} in µg/m ³	0,99		1,44		0,69
PN _{30-200nm, Motor} in 1/cm ³	2,7 * 10 ³		3,3 * 10 ³		2,3 * 10 ³
PM _{30-200nm, Motor} in µg/m ³	1,71		1,74		1,48
NO _{x, Motor} in µg/m ³	50	126	102	61	

Tabelle 30: Prozentuale Änderung des Immissionsanteiles Motor 2011 gegenüber dem Referenzjahr 2010 an den fünf verkehrsnahen Messstellen nach Einführung der Umweltzone in Leipzig 2011

Messstation	Dresden-Nord DDN	Dresden-Bergstraße DDB	Leipzig-Mitte LMI	Leipzig-Lützner Str. LLÜ	Leipzig-Eisenbahnstr. LEI
Δ EC _{PM10, Motor} in µg/m ³	-17 %	-22 %	-20 %	-34 %	
Δ BC _{PM1, Motor} in µg/m ³	+5 %		-24 %		-6 %
Δ PN _{30-200nm, Motor} in 1/cm ³	+4 %		-35 %		-28 %
Δ PM _{30-200nm, Motor} in µg/m ³	+5 %		-43 %		-34 %
Δ NO _{x, Motor} in µg/m ³	-37 %	-17 %	-17 %	-39 %	

Die relativen Änderungen, die für die Umweltzone relevanten partikulären Komponenten zeigt Abbildung 63. Die Änderungen ΔPM_{Motor} lagen in Dresden im Bereich von +5 % bis -22 % und in Leipzig von -6 bis -43 %. Die Variation der Werte für die einzelnen Komponenten ΔEC_{Motor}, ΔBC_{Motor} und ΔPM_{30-200nm, Motor} zeigt gleichzeitig, wie unsicher die Ermittlungsergebnisse sind. Dafür gibt es mehrere Gründe. Erstens sind die Messobjekte für Dieselpartikel der drei Komponenten nicht gleich, zweitens geht die Unsicherheit von mindestens vier Jahresmittelwerten an verschiedenen Messorten pro Ergebnis ein und drittens liegen die idealen Verhältnisse nach dem Lenschow-Ansatz meist nicht vor.

Dennoch ist ein Trend erkennbar, wenn die Spannweite der unabhängigen Messergebnisse als Ergebnisfeld betrachtet wird. An den Messstationen in Leipzig sind die ermittelten Reduzierungen deutlich größer als in Dresden. Die Größenordnung für die mittlere Reduzierung des Immissionsanteiles ΔPM_{Motor} war an Leipzig-Mitte 30 %. Dabei überstreichen die Ergebnisse der einzelnen Messverfahren einen relativ großen Bereich. An LMI waren es -20 % für EC, -24 % für BC, -35 % für PN_{30-200nm} und -43 % für PM_{30-200nm}.

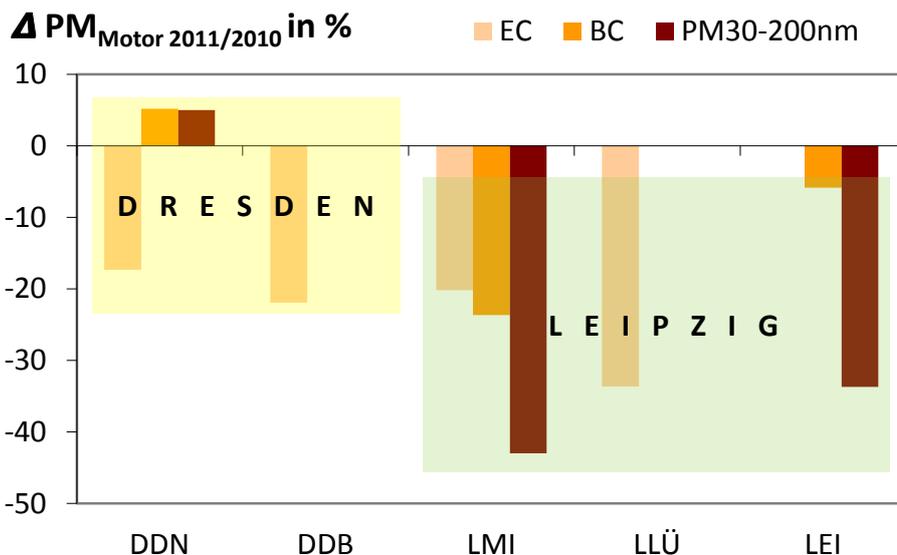


Abbildung 63: Ergebnisfelder für die prozentuale Änderung des Immissionsanteils durch motorbedingte Kfz-Partikelemissionen ΔPM_{Motor} an den verkehrsnahen Messstellen in Dresden und Leipzig für 2011 gegenüber 2010. Leipzig zeigte 2011 von der Tendenz her eine größere Reduzierung als Dresden.

Die absoluten Änderungen des Immissionsanteiles Motor 2011 gegenüber 2010 waren sehr klein und lagen im Bereich von +0,3 bis 4,1 % der PM₁₀-Jahresmittelwerte.

In Sachsen waren 2011 mehr als 2 Millionen PKW zugelassen. Der Anteil der Diesel-Pkw betrug 20 % und war damit deutlich geringer als der deutschlandweite Durchschnitt von 28 %. Der geringe Diesel-PKW-Anteil kann als Vorteil für die Luftqualität in Sachsen gewertet werden, da vorrangig Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter den Dieselruß verursachen und bekannt wurde, dass Dieselfahrzeuge mit Euro 5 im realen Fahrbetrieb höhere NO_x/NO₂-Emissionen als Diesel-Fahrzeuge mit Euro 1 besitzen. Interessant ist der Anteil der Fahrzeuge mit für eine Umweltzone zu hohen Motoremissionen. Er betrug 2011 in Sachsen 82 % der Nutzfahrzeuge, 67 % der Kraftomnibusse und 43 % der Diesel-Pkw. Benzin-Pkw spielten mit 1 % eine untergeordnete Rolle.

Der Fahrzeugbestand mit zu hohen Emissionen war in Leipzig 2011 deutlich geringer als im Sachsen-Durchschnitt und leicht geringer als in Dresden. Gegenüber dem Sachsen-Durchschnitt war in Leipzig der Anteil für Nutzfahrzeuge um 7 %, für Kraftomnibusse um 12% und für Diesel-Pkw um 6 % kleiner. Der unterdurchschnittliche Bestand an Fahrzeugen mit hohen Emissionen in Leipzig ist sicher als Auswirkung der Umweltzone in Leipzig zu werten.

Gleichzeitig sagen die Fahrzeugbestandszahlen 2011 in Leipzig aus, dass rund 16.000 PKW und 12.000 NFZ mit 100 Kraftomnibussen vorhanden sind, die nicht oder nur mit Ausnahmegenehmigung in der Umweltzone fahren dürfen. Eine weitere Reduzierung dieses Kfz-Bestandes ist das Ziel der Umweltzone.

Die Kfz-Zahlen für PKW und Schwerverkehr (SV) änderten sich 2011 gegenüber 2010 in Dresden wenig, aber in Leipzig deutlich. An DDN nahm der Kfz-Verkehr leicht ab (PKW -7 %, SV -3 %) und an DDB leicht zu (PKW 2%, SV 4 %). In Leipzig hingegen reduzierte sich der Kfz-Verkehr an beiden Zählstellen signifikant. Die Reduzierung an LMI betrug für PKW -10 % und SV -28 %. Die größte Reduzierung wurde an LLÜ mit -34 % für PKW und -49 % für SV registriert. Es ist dabei nicht bekannt, ob die Reduzierungen der Kfz in Leipzig im Zusammenhang mit der Einführung der Umweltzone, mit lokalen Umleitungen durch Straßenbaustellen oder anderen Maßnahmen in der Stadt standen.

Der Bestand an Diesel-PKW mit hohen Motoremissionen (Euro 1 bis 3) reduzierte sich in Leipzig 2011 gegenüber 2010 überdurchschnittlich. In Leipzig war die Reduzierung des Bestandes an Diesel-PKW mit Euro 1 und Euro 2 doppelt so groß wie in Dresden. Auch für Euro 3 wurde die größte Reduzierung in Leipzig erzielt.

Der Bestand an NFZ nahm in Sachsen und der Stadt Dresden um 2 % zu. Demgegenüber war in Leipzig eine Abnahme um 1 % zu verzeichnen. Der Bestand an NFZ mit hoher Schadstoffemission (Euro 1 und 2) reduzierte sich in Leipzig überdurchschnittlich gegenüber Dresden und Sachsen. Der Bestand an NFZ mit Euro 3 nahm sowohl in Sachsen als auch in den Städten gleichermaßen leicht zu.

Die überdurchschnittliche Abnahme des PKW- und NFZ-Bestandes mit hohen Abgasemissionen in Leipzig gegenüber Sachsen und Dresden kann als Wirkung der Umweltzone in Leipzig zugeordnet werden.

Fazit und Schlussfolgerungen

Im Jahr 2011 wurde eine Vielzahl von Maßnahmen der Luftreinhaltepläne in Dresden und Leipzig umgesetzt. Eine der wichtigsten war die Einführung der Umweltzone von „Null“ auf „Grüne Plakette“ in Leipzig.

Tendenzen der Verbesserungen der Luftqualität insbesondere für PM₁₀ können nur über einen längeren Zeitraum (mindestens 5 Jahre) statistisch sicher festgestellt werden. Grund dafür sind u. a. die Schwankungen der meteorologischen Rahmenbedingungen, die auch die jährlichen Immissionswerte schwanken lassen. Die ohnehin schwierige Zuordnung von Einzelmaßnahmen zur Luftreinhaltung zu den Veränderungen der Immissionswerte wird dadurch zusätzlich erschwert.

Grenzwertüberschreitungen für PM₁₀ und NO₂ traten erneut 2011 an verkehrsnahen Messstationen in Dresden und Leipzig auf. Eine deutliche Zunahme der PM₁₀-Überschreitungstage wurde 2011 gegenüber 2010 registriert. Diese waren z. T. auf die meteorologischen Rahmenbedingungen zurückzuführen. Die größere Zunahme der PM₁₀-Überschreitungstage in Leipzig gegenüber Dresden wurde durch lokale Bautätigkeit in Leipzig verstärkt.

Trotz höherer PM₁₀-Belastung nahm die Belastung durch ultrafeine und feine Partikel aus dem Verkehr an den verkehrsnahen Messorten in Leipzig 2011 gegenüber 2010 signifikant ab. Der messtechnische Nachweis der Veränderung der Konzentration der Dieselpartikel in der Außenluft wurde über drei Messgrößen geführt. Ruß wurde als elementarer Kohlenstoff (EC) und als schwarzer Kohlenstoff (BC) gemessen. Für die Masse der Dieselrußpartikel wurde die Partikelgröße von 30 bis 200 nm (PM_{30-200nm}) festgelegt und aus der gemessenen Anzahlgrößenverteilung berechnet.

An der Messstation Leipzig-Mitte wurde 2011 eine Reduzierung des Immissionsanteiles Motor um 0,2 bis 1,3 µg/m³ Partikelmasse durch Dieselpartikelemissionen der vorbei fahrenden Fahrzeuge nachgewiesen, obwohl gleichzeitig die PM₁₀-Gesamtbelastung um 3 µg/m³ durch Einfluss von Bautätigkeit und Meteorologie anstieg. Damit hat sich die chemische Zusammensetzung der Feinstaubbelastung 2011 gegenüber 2010 geändert. Der kleine, aber sehr gesundheitsrelevante Anteil durch

Dieselpartikel reduzierte sich im Feinstaub deutlich. Die Reduzierung der lokal erzeugten Dieselpartikel lag in der Größenordnung 30 % an Leipzig-Mitte. Für diese von der WHO als krebserregend eingestufte Schadstoffgruppe wurde das Gesundheitsrisiko für die an Straßen wohnende Stadtbevölkerung im Jahr 2011 deutlich reduziert. Ein sehr großer Gesundheitsgewinn für die Bevölkerung wurde somit in Leipzig erzielt (vgl. Abbildung 1). Die Reduzierung der Dieselpartikel 2011 in Leipzig wurde durch deutlich reduzierte Fahrzeugzahlen an den zwei Verkehrszählstellen und einem überdurchschnittlichen Abbau des Bestandes an Fahrzeugen mit hohen Abgasemissionen in Leipzig verursacht. Es erscheint offensichtlich, dass die Einführung der Umweltzone in Leipzig dazu wesentlich beigetragen hat.

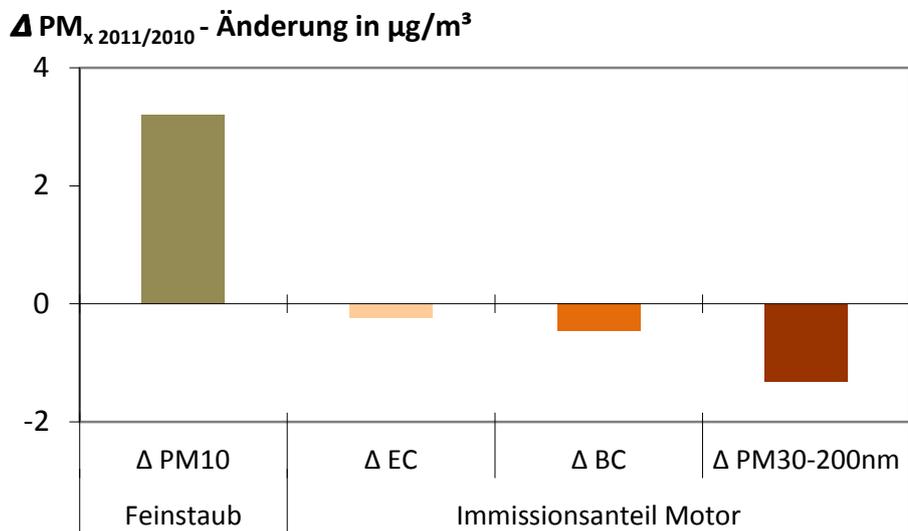


Abbildung 64: Absolute Änderung der PM_{10} -Gesamtimmission und des Immissionsanteils Motor an der Messstation Leipzig-Mitte im Jahr 2011 nach Einführung der Umweltzone gegenüber dem Referenzjahr 2010

Die Tendenz zur Reduzierung des Immissionsanteiles Motor durch Kfz-Dieselpartikelemissionen war 2011 in Dresden nicht oder nicht so stark ausgeprägt wie in Leipzig. Die zwei Verkehrszählstellen in Dresden wiesen keine signifikante Änderung der Anzahl der an den Messstationen vorbeifahrenden Fahrzeuge aus und auch der Bestand der Fahrzeuge mit hohen Abgasemissionen ging nicht so deutlich wie in Leipzig zurück.

Zum Befahren der Umweltzone in Leipzig gelten Ausnahmeregelungen. Die Wirkung der Umweltzone wird dadurch gemindert. Da die Ausnahmeregelungen zeitlich begrenzt sind sollte eine weitere Reduzierung des Immissionsanteils Motor im Feinstaub in den nächsten Jahren folgen.

Die vereinbarten wissenschaftlichen Sondermessungen enden 2013.

Danksagung

Der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) in Radebeul, dem Geschäftsbereich „Luftmessnetz“ unter Leitung von Dr. Horst-Günter Kath und seinen Mitarbeitern Frank Rothe, Uwe Müller, Klemens Regir und Beate Schimmel wird für die präzise Durchführung und Qualitätssicherung der Messungen gedankt. Unser Dank gilt weiterhin den Mitarbeitern Kay Weinhold, Maik Merkel und André Sonntag vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS) für die Durchführung, Qualitätssicherung und Datenvalidierungen der wissenschaftlichen Sonderimmissionsmessungen. Dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft wird für den Weitblick zur Durchführung dieses Projektes gedankt.

Literatur

- Bastian, 2012 Bastian, Susanne: 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/>
- BlmSchV, 2010 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BlmSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. S. 1065)
- Birmili, 2009 W. Birmili: Erfassung der Zahl feiner und ultrafeiner Partikel in der Außenluft. Zwischenbericht Nr. 3 zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 3703 43 200. Ift im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. August 2009.
- Birmili, 2012 W. Birmili: Persönliche Mitteilung am 5.10.2012
- 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.
- 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, 2010 Hausberger, Stefan: Neue Emissionsfaktoren und deren Auswirkungen auf die Belastung an NO₂ und Feinstaub. KRdL-Expertenforum am 2.12.2010, Bonn. ISBN 978-3-931384-70-8
- Hausmann, 2010 Hausmann, A.: Holzkleinfeuerungsanlagen in Sachsen Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Dresden 2010, Schriftenreihe Heft 17/2010 http://jaguar.smul.sachsen.de/flf/publikationen/download/4822_4.pdf
- KBA, 2012 Statistik des Kraftfahrzeugbundesamt. <http://www.kba.de>
- KPK, 2013 Kaare Press Kirstenson: Wood burning in Denmark. The Danish Ecocouncil. Bratislava, 11.2.13
- Leipzig, 2009 Luftreinhalteplan für die Stadt Leipzig. Hrsg.: Stadt Leipzig. Der Oberbürgermeister. Amt für Umweltschutz. 18. Dezember 2009.
- Leipzig, 2012 Anhalt: Antwort zur Anfrage des LfULG zu den Ausnahmeregelungen der Umweltzone. Email vom 25.6.2012. Persönliche Mitteilung. Stadtverwaltung Leipzig
- Lenschow, 2001 Lenschow, P., Abraham, H.-J., Kutzner, K., Lutz, M. Preuß, J.-D., Reichenbacher, W.: Some ideas about the sources of PM₁₀. *Atmospheric Environment*, 35 (Supplement No. 1), S23-S33. 2001
- LfULG, 2012a Löschau, G.; Wiedensohler, A.; Birmili, W.; Rasch, F.; Spindler, G.; Müller, K.; Wolf, U.; Hausmann, A.; Herrmann, H.

Umweltzone Leipzig, Teil 1 – Ausgangsbeurteilung. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Mai 2012. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14411>
- LfULG, 2012b Luftqualität in Sachsen. Jahresbericht 2010. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Juli 2012. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15158>
- Ntziachristos, 2004 Ntziachristos, L., Mamakos, A., Samaras, Z., et al.: Overview of the European Particulates project on the characterization of exhaust particulate emissions from road vehicles: Results for light-duty vehicles, SAE Trans., 113, 1354–1373, 2004.
- Rasch, 2011 F. Rasch: Verkehrsbedingte Effekte auf die Feinstaubbelastung in der Stadt Leipzig. Diplomarbeit im Fach Meteorologie. 17. Juli 2011, Leipzig
- Schladitz, 2012 Schladitz, Alexander: UltraSchwarz. Ultrafeinstaub und Gesundheit im Erzgebirgskreis und Region Usti. <http://www.ultraschwarz-ziel3.de/>
- Spindler, 2012 Spindler, G., Gnauk, T., Grüner, A., Iinuma, Y., Müller, K., Scheinhardt, S., Herrmann, H.: Size-segregated characterization of PM₁₀ at the EMEP site Melpitz (Germany) using a five-stage impactor: a six year study. *J Atmos Chem* (2012) 69: 127-157
- Wichmann, 2008 Wichmann, H-E.: *Umweltmed Forschung Prax* 13(1) 7 – 10 (2008)
- Wichmann, 2011 Wichmann, H-E.: Umweltzonen aus der Sicht des Gesundheitsschutzes. Pressekonferenz Deutsche Umwelthilfe 7.4.2011 Berlin.
- Wiedensohler, 2012 A. Wiedensohler, W. Birmili, A. Nowak, A. Sonntag, K. Weinhold, M. Merkel, B. Wehner, T. Tuch, S. Pfeifer, M. Fiebig, A. M. Fjåraa, E. Asmi, K. Sellegri, R. Depuy, H. Venzac, P. Villani, P. Laj, P. Aalto, J. A. Ogren, E. Swietlicki, P. Williams, P. Roldin, P. Quincey, C. Hüglin, R. Fierz-Schmidhauser, M. Gysel, E. Weingartner, F. Riccobono, S. Santos, C. Grüning, K. Faloon, D. Beddows, R. Harrison, C. Monahan, S. G. Jennings, C. D. O'Dowd, A. Marinoni, H.-G. Horn, L. Keck, J. Jiang, J. Scheckman, P. H. McMurry, Z. Deng, C. S. Zhao, M. Moerman, B. Henzing, G. de Leeuw, G. Löschau, and S. Bastian: 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>
- WHO, 2012 IARC: Diesel engine exhaust carcinogenic. World Health Organization. Press release N° 213. 12 June 2012.

Anlage 1:

Datenqualität 2011

Tabelle 31: Datenverfügbarkeit für Tagesmittelwerte 2011

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund					Bemerkung
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO	
PM ₁₀	100%	100%	100%	99%		100%	99%		100%	99%	99%	99%	98%	
PM _{2,5}	99%	98%	99%			99%	97%		100%	99%				
EC	16%	16%	16%	16%		16%	16%		100%	16%				1)
BC	94%		96%		98%		96%	88%	96%					
PN _{30-300nm}	96%		93%		90%	93%	83%	89%	80%					
NO ₂ /NO _x	97%	100%	98%	99%		98%	100%		100%	99%		99%	97%	
Kfz-Anzahl	99%	92%	82%	81%										

1) Einsatzzeit MEL tägliche Probenahme, sonst alle 6 Tage

Grau unterlegte Felder = keine Messung

Tabelle 32: Messunsicherheit und Vergleichbarkeit der Daten

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

* für die Messstationen im Sächsischen Luftgüte-Messnetz (DDN, DDB, LMI, LLÜ, DDW, LWE, COL, SWB, RWD, BRO)

¹⁾ Kein Referenzmessverfahren vorhanden

Anlage 2:

Statistik der Tagesmittelwerte 2011

1. Routinemessungen

Tabelle 33: Statistik 2011 für PM₁₀ in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	100%	100%	100%	99%		100%	99%		100%	99%	99%	99%	98%
JMW	29,4	31,2	34,9	33,8		22,0	22,0		24,1	18,8	15,4	21,6	18,0
Stabw	19	19	20	21		16	16		14	15	12	16	13
Rel.St.	63%	61%	56%	63%		75%	74%		57%	81%	77%	76%	75%
Maximum	108	112	102	120		97	102		87	85	76	96	90
98-Perzentil	91	97	90	95		69	69		66	66	50	72	59
90-Perzentil	53	54	64	63		45	44		42	40	29	43	34
75-Perzentil	35	37	44	43		27	28		28	23	20	26	23
50-Perzentil	23,5	26,0	30,0	27,0		17,0	16,0		19,5	14,0	12,0	16,0	14,0
25-Perzentil	17	19	21	18		11	11		16	9	7	11	9
10-Perzentil	13	15	15	13		8	8		13	7	5	8	6
2-Perzentil	9	8	10	9		5	5		10	4	2	5	4
Minimum	5	4	5	5		2	4		9	1	0	2	2
Sommer	21,2	23,7	28,9	24,9		14,9	15,3		19,0	12,9	12,7	14,9	12,7
Winter	37,6	38,9	41,1	42,6		29,1	28,8		29,3	24,6	18,2	28,3	23,3
PM ₁₀ -Grenzwert-Überschreitungstage	42	46	63	69		29	24		26	19	7	26	13

Tabelle 34: Statistik 2011 für PM_{2,5} in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	99%	98%	99%			99%	97%		100%	99%			
JMW	18,5	20,3	20,4			17,1	15,5		20,1	13,0			
Stabw	15	15	14			15	14		13	12			
Rel.St.	79%	71%	70%			86%	90%		65%	94%			
Maximum	87	82	80			83	83		87	67			
98-Perzentil	65	66	63			61	58		59	52			
90-Perzentil	38	41	41			38	34		37	30			
75-Perzentil	22	25	26			22	21		23	17			
50-Perzentil	13,4	15,7	15,4			12,1	10,2		15,7	8,2			
25-Perzentil	9	11	10			7	6		12	5			
10-Perzentil	7	8	7			5	4		10	4			
2-Perzentil	4	5	5			3	3		8	2			
Minimum	3	4	3			2	2		7	0			
Sommer	11,8	14,0	14,3			10,3	9,4		14,9	7,8			
Winter	25,4	26,6	26,7			24,2	21,6		25,3	18,3			

Tabelle 35: Statistik 2011 für NO₂ in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	97%	100%	98%	99%		98%	100%		100%	99%	98%	99%	97%
JMW	39,5	49,8	47,7	40,4		24,2	20,0		11,7	11,6	10,9	16,6	12,6
Stabw	11	16	13	15		10	9		5	6	6	9	6
Rel.St.	27%	32%	28%	38%		43%	43%		46%	54%	56%	54%	51%
Maximum	77	101	90	98		67	55		38	39	36	64	42
98-Perzentil	63	86	76	73		49	40		26	31	28	40	31
90-Perzentil	54	73	65	61		38	33		19	20	20	28	21
75-Perzentil	47	60	56	50		30	25		14	14	14	20	15
50-Perzentil	38,3	48,9	48,4	40,3		21,7	18,1		10,0	9,8	9	14,0	10,8
25-Perzentil	31	39	39	29		17	14		8	8	7	10	8
10-Perzentil	27	29	30	21		13	10		6	6	5	8	7
2-Perzentil	23	22	20	13		10	8		5	5	4	6	5
Minimum	19	17	13	10		7	7		4	4	3	5	4
Sommer	35,9	49,0	44,9	37,3		19,9	16,2		8,8	8,4	9,0	12,5	9,8
Winter	43,2	50,7	50,4	43,6		28,7	23,9		14,6	14,9	12,9	20,9	15,4

Tabelle 36: Statistik 2011 für NO_x in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	97%	100%	98%	99%		98%	100%		100%	99%	98%	99%	97%
JMW	79,4	155,7	131,9	90,4		32,5	27,0		14,7	13,5	13,1	20,2	15,6
Stabw	33	71	56	54		21	20		8	7	7	13	8
Rel.St.	41%	46%	43%	59%		65%	75%		53%	53%	56%	66%	54%
Maximum	260	506	467	381		139	194		78	54	51	106	66
98-Perzentil	158	321	276	232		106	78		35	36	34	63	42
90-Perzentil	120	247	200	156		59	47		24	22	24	33	25
75-Perzentil	99	195	156	118		39	32		18	15	16	24	18
50-Perzentil	74,3	146,7	123,9	79,7		25,5	20,9		12,3	11,3	10,5	16,3	13,5
25-Perzentil	54	101	97	52		19	16		10	9	8	12	10
10-Perzentil	44	73	68	34		14	12		8	8	7	10	8
2-Perzentil	35	54	46	21		11	10		7	6	6	8	7
Minimum	25	38	26	15		9	8		6	5	5	7	6
Sommer	69,3	148,8	116,0	76,6		25,0	20,3		11,4	10,0	11,2	14,8	12,3
Winter	90,1	162,7	147,4	104,3		40,5	33,8		18,0	17,0	15,2	25,8	18,9

2. Ergänzende Sondermessungen

Tabelle 37: Statistik 2011 für die Anzahl der Kraftfahrzeuge als SV oder PKW pro Tag

Stationstyp	Städtische Straße							
Messtation	DDN		DDB		LMI		LLÜ	
KFZ-Art	SV	PKW	SV	PKW	SV	PKW	SV	PKW
Verfügbarkeit	99%	99%	92%	92%	82%	82%	81%	81%
JMW	1.217	32.563	1.025	24.623	1.069	37.910	412	14.629
Stabw	487	7.183	464	5.166	432	7.465	235	4.712
Rel.St.	40%	22%	45%	21%	40%	20%	57%	32%
Maximum	1.869	44.500	1.725	33.115	1.792	51.289	953	26.074
98-Perzentil	1.749	42.743	1.619	31.424	1.636	49.875	839	24.333
90-Perzentil	1.678	40.743	1.487	29.809	1.527	46.662	775	22.523
75-Perzentil	1.617	38.626	1.398	28.226	1.401	44.132	514	15.965
50-Perzentil	1.433	33.419	1.245	26.459	1.223	38.737	429	13.883
25-Perzentil	740	28.012	494	21.237	715	33.065	204	11.631
10-Perzentil	431	22.229	315	15.914	331	26.539	73	8.995
2-Perzentil	263	17.734	239	13.695	242	21.829	48	7.193
Minimum	181	10.162	212	5.955	118	17.838	21	6.021
Sommer	1.307	30.735	1.090	25.100	1.075	37.828	358	12.353
Winter	1.126	34.421	961	24.153	1.062	38.020	480	17.534

Tabelle 38: Statistik 2011 für EC_{PM10} in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messtation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	16%	16%	16%	16%		16%	16%		100%	16%		16%	
JMW	2,89	3,98	3,15	3,06		2,10	2,10		1,27	1,61		1,65	
Stabw	2,0	2,2	2,1	2,4		1,9	2,8		1,6	2,5		1,6	
Rel.St.	68%	54%	66%	77%		91%	133%		125%	158%		96%	
Maximum									10,7				
98-Perzentil									6,3				
90-Perzentil									2,6				
75-Perzentil	3	5	4	4		3	2		1,3	1		1,8	
50-Perzentil	2,3	3,7	2,6	2,4		1,3	1,3		0,7	0,8		1,2	
25-Perzentil	2	3	2	2		1	1		0,5	1		0,7	
10-Perzentil									0,3				
2-Perzentil									0,1				
Minimum									0,0				
Sommer	2,19	3,44	2,49	2,29		1,42	1,34		0,79	0,87		1,07	
Winter	3,60	4,52	3,78	3,82		2,75	2,83		1,76	2,36		2,21	

Tabelle 39: Statistik 2011 für BC_{PM1/PM10} in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messtation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Vorabscheider	PM1		PM10		PM1		PM10	PM10	PM10				
Verfügbarkeit	94%		96%		98%		96%	88%	96%				
JMW	2,41		2,97		2,10		1,41	1,33	0,98				
Stabw	1,0		1,6		1,3		1,2	1,2	1,1				
Rel.St.	43%		55%		64%		88%	87%	111%				
Maximum	7,7		10,0		7,8		7,2	7,6	6,5				
98-Perzentil	5,4		7,1		6,1		5,5	4,6	4,3				
90-Perzentil	3,7		5,4		3,8		3,1	2,8	2,5				
75-Perzentil	2,8		3,6		2,7		1,9	1,6	1,2				
50-Perzentil	2,2		2,7		1,8		0,9	0,9	0,5				
25-Perzentil	1,8		1,9		1,1		0,6	0,6	0,3				
10-Perzentil	1,3		1,3		0,8		0,4	0,4	0,2				
2-Perzentil	0,9		0,8		0,5		0,3	0,3	0,0				
Minimum	0,7		0,6		0,4		0,2	0,2	0,0				
Sommer	2,10		2,61		1,82		1,00	1,04	0,56				
Winter	2,70		3,34		2,38		1,81	1,68	1,37				

Tabelle 40: Statistik 2011 für BC_{PM1} in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Vorabscheider	PM1		PM10*		PM1		PM10*	PM10*	PM10*				
Korrekturfaktor			0,95				0,92	0,92	0,90				
Vorabscheider	PM1		PM1		PM1		PM1	PM1	PM1				
Verfügbarkeit	94%		96%		98%		96%	88%	96%				
JMW	2,41		2,82		2,10		1,30	1,22	0,88				
Stabw	1,0		1,5		1,3		1,1	1,1	1,0				
Rel.St.	43%		52%		63%		87%	86%	112%				
Maximum	7,7		9,5		7,8		6,6	7,0	5,9				
98-Perzentil	5,4		6,8		6,1		5,0	4,2	3,9				
90-Perzentil	3,7		5,1		3,8		2,8	2,6	2,2				
75-Perzentil	2,8		3,4		2,7		1,8	1,5	1,1				
50-Perzentil	2,2		2,5		1,8		0,9	0,8	0,5				
25-Perzentil	1,8		1,8		1,1		0,5	0,5	0,3				
10-Perzentil	1,3		1,2		0,8		0,4	0,4	0,2				
2-Perzentil	0,9		0,8		0,5		0,3	0,3	0,0				
Minimum	0,7		0,5		0,4		0,2	0,2	0,0				
Sommer	2,10		2,48		1,82		0,92	0,95	0,50				
Winter	2,70		3,18		2,38		1,66	1,55	1,23				

*Im PM10 gemessene Werte wurden nachträglich auf PM1 korrigiert

Tabelle 41: Statistik 2011 für PN_{30-200nm} in 1/cm³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Verfügbarkeit	96%		93%		90%	93%	83%	89%	80%				
JMW	7.141		7.654		6.670	4.480	4.252	4.473	3.156				
Stabw	2.884		3.490		3.406	2.498	2.447	2.607	2.042				
Rel.St.	40%		46%		51%	56%	58%	58%	65%				
Maximum	17.143		20.683		17.988	12.118	10.466	12.506	11.748				
98-Perzentil	13.227		14.641		12.781	9.443	8.788	9.841	7.905				
90-Perzentil	10.579		11.655		10.304	7.662	7.098	7.490	5.466				
75-Perzentil	8.469		9.530		8.827	5.889	5.755	6.135	4.004				
50-Perzentil	6.851		7.315		6.490	4.171	4.000	4.109	2.751				
25-Perzentil	5.291		5.549		4.414	2.534	2.572	2.595	1.906				
10-Perzentil	3.999		4.262		3.080	1.803	1.837	1.782	1.412				
2-Perzentil	3.268		2.523		2.085	1.078	1.168	1.047	876				
Minimum	2.243		1.589		1.783	680	759	843	433				
Sommer	7.494		7.749		6.402	4.908	4.428	4.818	3.588				
Winter	6.812		7.571		6.914	4.107	4.112	4.047	2.610				

Tabelle 42: Statistik 2011 für PM_{30-200nm} in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
JMW	4,98		5,01		4,75	3,51	3,27	3,02	2,47				
Sommer	4,77		4,70		4,11	3,34	2,75	3,03	2,55				
Winter													

Anlage 3:

Nachtrag für Statistik der Tagesmittelwerte 2010 für BC

Tabelle 43: Nachtrag der Statistik 2010 für BC_{PM1} in µg/m³

Stationstyp	Städtische Straße					Städt. Hintergrund			Regionaler Hintergrund				
Messstation	DDN	DDB	LMI	LLÜ	LEI	DDW	LWE	LIT	MEL	COL	SWB	RWD	BRO
Vorabscheider	PM1		PM10*		PM1		PM10*	PM10*	PM10*				
Korrekturfaktor			0,95				0,92	0,92	0,90				
Vorabscheider	PM1		PM1		PM1		PM1	PM1	PM1				
Verfügbarkeit	94%		50%		95%		48%	98%	98%				
JMW	2,41		3,49		2,46		1,25	1,55	1,00				
Stabw	1,0		1,6		1,4		1,1	1,5	1,4				
Rel.St.	43%		43%		57%		80%	89%	124%				
Maximum	7,7		11,3		11,1		9,3	12,6	11,0				
98-Perzentil	5,4		7,2		6,5		3,8	5,9	5,6				
90-Perzentil	3,7		5,4		3,8		2,5	3,1	2,2				
75-Perzentil	2,8		4,3		3,1		1,5	1,8	1,0				
50-Perzentil	2,2		3,3		2,2		0,9	1,1	0,6				
25-Perzentil	1,8		2,4		1,6		0,6	0,7	0,3				
10-Perzentil	1,3		1,6		1,1		0,4	0,5	0,2				
2-Perzentil	0,9		0,9		0,7		0,3	0,3	0,2				
Minimum	0,7		0,8		0,5		0,2	0,2	0,1				
Sommer	2,33		3,60		2,22		1,04	1,15	0,55				
Winter	2,91		3,28		2,68		1,62	1,96	1,49				

* Im PM₁₀ gemessene Werte wurden nachträglich auf PM₁ korrigiert

Anlage 4:

Einfluss der Bautätigkeit auf die PM₁₀-Immission an der Messstation Leipzig-Mitte 2011

Ermittlungsmethode

Die Abschätzung der Ermittlung der PM₁₀-Zusatzbelastung durch Bautätigkeit an LMI erfolgte analog wie im Teil 1 zur Umweltzone Leipzig (Löschau et al. [2012]) beschrieben wurde. Doch an dieser Stelle wird die Methode noch einmal kurz wiederholt.

Es werden die ½-h-Mittelwerte für PM₁₀ der Messstation Leipzig-Mitte (LMI) mit denen der drei weiteren verkehrsnahen Messstationen (LLÜ, DDN, DDB) verglichen. Die Kriterien für eine Zusatzbelastung durch Bautätigkeit an LMI sind:

- PM₁₀-Mittelwert LMI ist 50 µg/m³ größer als der PM₁₀-Median aus den drei Vergleichsstationen (LLÜ, DDN, DDB) für den zugehörigen ½ h-Mittelwert
- Mindestens zwei ½ h-Werte PM₁₀ pro Tag erfüllen 1. Anstrich
- Vergleichsstation LLÜ darf keinen ähnlichen Verlauf wie LMI aufweisen

Die Zusatzbelastung für die „lokale Bautätigkeit“ (PM10_ZB_Bau) wird zunächst aus ½-h-Werten berechnet und anschließend auf den Tagesmittelwert bezogen.

Beispiel 1: PM₁₀-Zusatzbelastung durch Bautätigkeit am 26. Oktober 2011 an Leipzig-Mitte

Eine deutliche Zusatzbelastung durch Bautätigkeit lag am 26. Oktober 2011 vor. An der Station Leipzig-Mitte (LMI) wurde für PM₁₀ ein Spitzenwert von knapp 275 µg/m³ gemessen. Durch die extreme Überhöhung der Messwerte an dieser Station gegenüber den anderen verkehrsnahen Stationen im Messnetz DDN, LLÜ und DDB lässt sich der sehr hohe Zusatzbetrag durch die Baustelle nahe von LMI gut erkennen (Abbildung 65). Unweit der Messstation wurde das neue Einkaufszentrum „Höfe am Brühl“ gebaut und es fanden Straßenbauarbeiten im unmittelbar an die Messstation grenzenden Straßenkreuzungsbereich statt. Der 26. Oktober 2011 ist ein extremes Beispiel für die Zusatzbelastung, die von der dortigen Baustelle ausgeht. Während vor allem in den morgendlichen Stunden alle Stationen fast auf einem Niveau sind (um die 25 µg/m³), steigt die Konzentration in LMI noch vor 6 Uhr morgens sprunghaft an, wobei die drei anderen in einem Niveau beieinanderbleiben. Von da an ist die Konzentration in LMI 3- bis 5-mal höher als an den anderen Stationen. Erst zum Abend hin, wenn auch die Arbeit auf der Baustelle eingestellt wird, nähert sich die Konzentration von PM₁₀ wieder den anderen Standorten an. Der scharfe Einbruch zwischen 13 und 15 Uhr lässt sich gut mit der Mittagspause bzw. -ruhe der Bautätigkeit erklären. Der Tagesmittelwert von PM₁₀ beträgt an diesem Tag 108 µg/m³, davon sind allein 69 µg/m³ auf die Zusatzbelastung der Baustelle zurückzuführen. Das sind fast ²/₃ des Tagesmittelwertes.

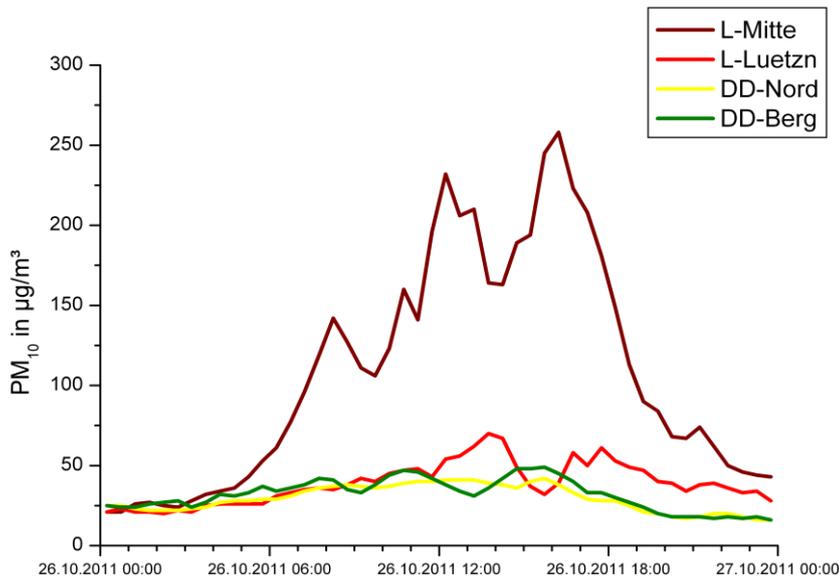


Abbildung 65: Zeitlicher Verlauf der $\frac{1}{2}$ -h-Werte für die PM₁₀-Konzentration am 26. Oktober 2011 an vier verkehrsnahen Messstationen in Leipzig und Dresden. An LMI (L-Mitte) wird die PM₁₀-Konzentration durch Bautätigkeit auffällig erhöht.

Beispiel 2: PM₁₀-Zusatzbelastung durch Bautätigkeit vom 24. bis 29. November 2011 an Leipzig-Mitte

An der Messstation Leipzig-Mitte traten vom 24.11.11 (Montag) bis 29.11.11 (Samstag) erhebliche Grenzwertüberschreitungen für PM₁₀ auf. Der Spitzenwert wurde am Mittwoch mit 108 µg/m³ registriert. Die Überschreitungen sind auf Grund der Einzigartigkeit in Sachsen nicht auf einen erhöhten Ferneintrag zurückzuführen, sondern sehr wahrscheinlich überwiegend durch das aktuelle Baugeschehen. Aus diesem Grund erfolgte am Donnerstagvormittag eine Vor-Ort-Besichtigung durch einen Mitarbeiter der Stadtverwaltung Leipzig, Amt für Umweltschutz. Dabei wurde festgestellt, dass es bei den durchgeführten Straßenbaumaßnahmen teilweise zu extremer Staubeentwicklung kam, die aus dem Trennschneiden (trocken!) von Steinen (Betonbordsteinen) rührte. Die Staubeentwicklung wurde fotografisch dokumentiert. Durch einen an der Richard-Wagner-Straße ansässigen Blumenhändler wurde ebenfalls bestätigt, dass es durch die Arbeiten zeitweise zu deutlich wahrnehmbaren Staubemissionen im Kreuzungsbereich und damit unmittelbaren Umfeld des Messcontainers kam [Leipzig, 2012].



Abbildung 66: Bauarbeiten in der Nähe der Messstation Leipzig-Mitte [Foto: Harald Zech]

Tabelle 44: Tage mit signifikantem Einfluss der Bautätigkeit auf den Tagesmittelwert PM₁₀

Tag	PM10_ZB_Bau in µg/m³	PM10_Andere Quellen in µg/m³	PM10_GB in µg/m³	GW-U durch Bautätigkeit?	Anteil_ZB_Bau
Freitag, 21. Januar 2011	28	24	51	ja	54%
Freitag, 28. Januar 2011	13	51	64	nein	21%
Mittwoch, 9. Februar 2011	10	61	72	nein	14%
Montag, 14. Februar 2011	3	50	53	nein	6%
Dienstag, 15. Februar 2011	3	64	67	nein	5%
Montag, 7. März 2011	6	35	41	nein	16%
Montag, 21. März 2011	4	58	62	nein	6%
Dienstag, 22. März 2011	5	65	70	nein	7%
Mittwoch, 30. März 2011	6	60	65	nein	9%
Donnerstag, 7. April 2011	2	37	39	nein	6%
Freitag, 8. April 2011	11	38	48	nein	22%
Montag, 11. April 2011	7	43	50	ja	14%
Dienstag, 12. April 2011	20	33	54	ja	38%
Dienstag, 26. April 2011	2	39	41	nein	5%
Freitag, 6. Mai 2011	3	37	40	nein	8%
Freitag, 15. Juli 2011	15	28	42	nein	35%
Donnerstag, 28. Juli 2011	1	26	27	nein	4%
Montag, 8. August 2011	7	21	28	nein	25%
Dienstag, 9. August 2011	8	24	32	nein	26%
Mittwoch, 10. August 2011	3	31	34	nein	9%
Donnerstag, 11. August 2011	22	31	53	ja	41%
Montag, 15. August 2011	4	28	32	nein	13%
Mittwoch, 17. August 2011	3	39	42	nein	8%
Donnerstag, 18. August 2011	2	35	38	nein	7%
Freitag, 19. August 2011	10	22	32	nein	32%
Samstag, 20. August 2011	8	29	38	nein	22%
Mittwoch, 24. August 2011	6	29	35	nein	17%
Donnerstag, 25. August 2011	14	29	43	nein	32%
Freitag, 26. August 2011	3	41	44	nein	7%
Montag, 29. August 2011	13	30	43	nein	30%
Dienstag, 30. August 2011	13	35	48	nein	27%
Mittwoch, 31. August 2011	8	45	53	ja	15%
Donnerstag, 1. September 2011	2	41	43	nein	5%
Freitag, 2. September 2011	5	43	48	nein	11%
Montag, 5. September 2011	15	17	31	nein	47%
Dienstag, 6. September 2011	45	28	74	ja	62%
Mittwoch, 7. September 2011	29	18	47	nein	62%
Samstag, 10. September 2011	13	30	43	nein	31%
Montag, 12. September 2011	8	29	37	nein	22%
Dienstag, 13. September 2011	15	32	47	nein	31%
Mittwoch, 14. September 2011	9	36	44	nein	20%
Donnerstag, 22. September 2011	3	41	44	nein	6%
Donnerstag, 6. Oktober 2011	23	31	54	ja	43%
Freitag, 7. Oktober 2011	3	26	29	nein	10%
Montag, 17. Oktober 2011	3	55	57	nein	4%
Dienstag, 18. Oktober 2011	15	35	49	nein	30%
Donnerstag, 20. Oktober 2011	10	31	40	nein	24%
Freitag, 21. Oktober 2011	14	44	57	ja	24%
Samstag, 22. Oktober 2011	5	40	46	nein	12%
Montag, 24. Oktober 2011	5	48	53	ja	9%
Mittwoch, 26. Oktober 2011	69	39	108	ja	64%
Donnerstag, 27. Oktober 2011	6	56	62	nein	9%
Freitag, 28. Oktober 2011	49	46	96	ja	52%
Samstag, 29. Oktober 2011	7	55	62	nein	12%
Dienstag, 1. November 2011	3	53	57	nein	6%
Mittwoch, 2. November 2011	6	44	50	ja	13%
Donnerstag, 3. November 2011	4	45	49	nein	8%
Freitag, 4. November 2011	19	47	66	ja	28%
Samstag, 5. November 2011	11	50	60	nein	18%
Dienstag, 8. November 2011	4	65	69	nein	5%
Mittwoch, 9. November 2011	23	57	81	nein	29%
Samstag, 12. November 2011	33	64	97	nein	34%
Montag, 14. November 2011	22	87	109	nein	20%
Donnerstag, 17. November 2011	9	83	92	nein	10%
Freitag, 18. November 2011	17	73	90	nein	19%
Mittwoch, 23. November 2011	12	58	69	nein	17%
Donnerstag, 24. November 2011	7	52	60	nein	12%
Freitag, 25. November 2011	3	45	48	nein	5%
Sonntag, 27. November 2011	21	26	47	nein	45%
Freitag, 2. Dezember 2011	4	29	33	nein	12%
Donnerstag, 15. Dezember 2011	1	24	25	nein	6%

Ergebnis der Analyse der PM₁₀-Zusatzbelastung durch Bautätigkeit 2011 an Leipzig-Mitte

Es wurden 71 Tage mit PM₁₀-Zusatzbelastung durch Bautätigkeit im Jahr 2011 ermittelt (Tabelle 44). Die PM₁₀-Zusatzbelastung durch Bautätigkeit verursachte an 13 Tagen eine PM₁₀-Grenzwertüberschreitung. Der Immissionsanteil durch Bautätigkeit am Jahresmittelwert betrug 2,5 µg/m³. Dies entspricht 7,0 % vom PM₁₀-Jahresmittelwert an LMI in 2011.

Anlage 5:

Korrektur für BC-Messung mit PM₁₀-Einlass

Im sächsischen Luftgütemessnetz erfolgt die BC-Messung mit dem MAAP5012 mit einem PM₁-Einlass. Die BC-Messung an der Messstation DDN wurde so seit Januar 2010 und an DDW seit Februar 2012 betrieben. An den Messstationen MEL, LWE und LMI hingegen wird ein PM₁₀-Einlass verwendet. Im Bericht „Umweltzone Leipzig, Teil 1 Ausgangsbeurteilung“ wurden die gemessenen Werte für die verschiedenen Einlasssysteme unkorrigiert genutzt. Vielmehr wurde ein Zuschlag zur Messunsicherheit von 10 % für die verschiedenen PM_x-Einlässe festgelegt.

Systematische Untersuchungen an einer verkehrsnahen Messstelle mit zwei parallel laufenden BC-MAAP mit PM₁₀- und PM₁-Einlass (Abbildung 67) belegen, dass eine sehr gute Korrelation zwischen den beiden Einlasssystemen mit einem Bestimmtheitsmaß $R^2=0,99$ und ein Verhältnis der Werte von PM₁ zu PM₁₀ von 1:0,95 gefunden wurden [Birmili 2009]. Für eine Messstation im regionalen Hintergrund wurde ein Verhältnis der Werte von PM₁ zu PM₁₀ von 1:0,90 und eine Messstation im städtischen Hintergrund ein Verhältnis der Werte von PM₁ zu PM₁₀ von 1:0,92 gefunden [Birmili 2012]. Da systematische Abweichungen auftraten, kann korrigiert werden. Die verwendeten Korrekturen sind in Tabelle 40 aufgelistet. Die Daten der Jahre 2010 und 2011 wurden auf diese Weise korrigiert. Weil die Korrektur unvollständig ist, wird ein Restunsicherheitsbeitrag von 5 % für das Einlasssystem pauschal veranschlagt (Anlage 1).

Tabelle 45: Verwendete BC-Korrekturfaktoren für MAAP-Daten, wenn kein PM₁-Einlass verwendet wurde

Messstation	DDN	DDW	LMI	LEI	LWE	LIT	MEL
Absorptionsphotometer	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012	MAAP5012
Vorabscheider	PM ₁₀ -Einlass, PM ₁ -Zyklon	PM ₁₀ -Einlass, PM ₁ -Zyklon	PM ₁₀ -Einlass	PM ₁₀ -Einlass, PM ₁ -Zyklon	PM ₁₀ -Einlass	PM ₁₀ -Einlass	PM ₁₀ -Einlass
BC-Korrekturfaktor für Einlasssystem, wenn nicht PM ₁ verwendet wurde	-	-	0,95	-	0,92	0,92	0,90

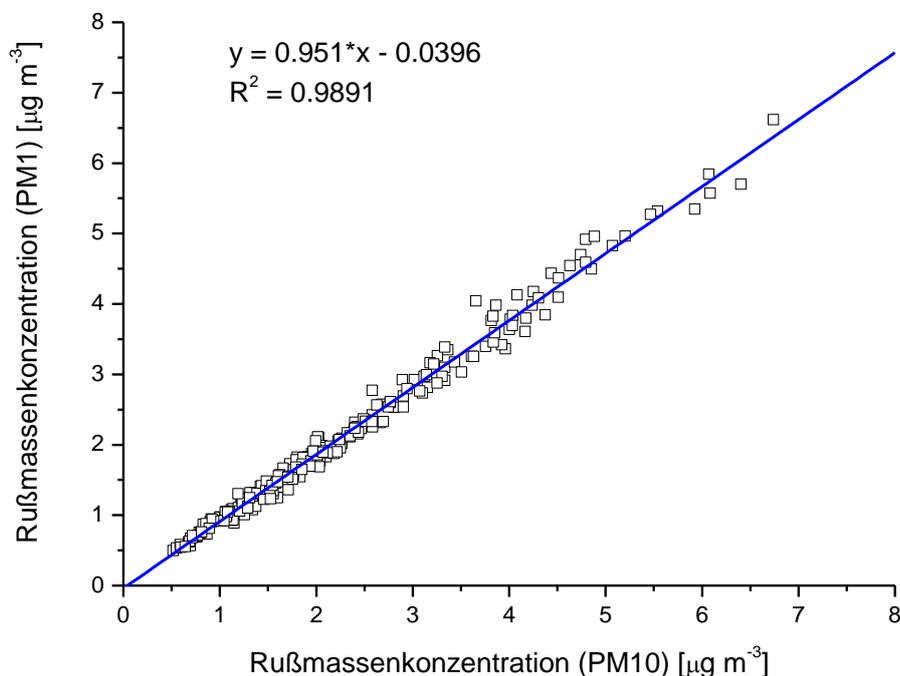


Abbildung 67: Lineare Regression für parallele BC-Bestimmung mit MAAP mit PM₁₀- und PM₁-Einlass in Leipzig Eisenbahnstraße [Birmili 2009]

Herausgeber:

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

Autoren:

Dr. Gunter Löschau, Uwe Wolf, Dr. Andrea Hausmann, Dr. Mathias Böttger
Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
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), Leipzig
Mario Anhalt
Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz

Redaktion:

Dr. Gunter Löschau
LfULG, Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen; Referat Klima, Luftqualität
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-5101
Telefax: +49 351 2612-5099
E-Mail: gunter.loeschau@smul.sachsen.de

Redaktionsschluss:

02.05.2013

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 Parteinarbeit des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

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