

## Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 3

Auftraggeber

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung  
Abteilung BD4 Anlagentechnik  
Landhausplatz 1, Haus 13,  
3109 St. Pölten

Durchführung

Kundenservice Fachabteilung Umwelt

Erstellt von

Mag. Claudia Flandorfer

Geprüft von

Dr. Kathrin Baumann-Stanzer

Dr. Martin Piringer

Wien, am 27. Mai 2019

Zahl: 2017/UM/001221

[www.zamg.at](http://www.zamg.at)

1191 Wien, Hohe Warte 38  
Tel +43 (0) 1 360 26 - 2403  
Fax +43 (0) 1 360 26 - 74  
E-Mail: [umwelt@zamg.ac.at](mailto:umwelt@zamg.ac.at)



# Inhalt

<b>Inhalt.....</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Grundlagen.....</b>	<b>6</b>
2.1 WRF-Chem.....	6
2.2 Emissionsaufbereitung für WRF-Chem .....	7
2.3 Emissionsszenarien.....	8
2.4 Analyse der Modellsimulationen .....	13
2.5 Lokale Ausbreitungsmodellierung: LASAT.....	14
2.6 Klug-Manier Ausbreitungsklassen .....	15
<b>3 Analyse der Feinstaubspitzen .....</b>	<b>16</b>
3.1 Überblick Feinstaubepisoden .....	16
3.2 Episode 1: 8.11. bis 16.11.2014.....	18
3.2.1 Messung.....	18
3.2.2 Niederösterreichweite Analyse .....	18
3.2.3 Regionale Auswertung.....	24
3.3 Episode 2: 8.8. bis 16.8.2015.....	28
3.3.1 Messung.....	28
3.3.2 Niederösterreichweite Analyse .....	29
3.3.3 Regionale Auswertung.....	34
3.4 Episode 3: 23.10 bis 1.11.2015.....	37
3.4.1 Messung.....	37
3.4.2 Niederösterreichweite Analyse .....	38
3.4.3 Regionale Auswertung.....	42
3.5 Lokale Auswertung .....	46
3.6 Reduktion der PM10-Immissionen durch das Maßnahmenprogramm .....	54
<b>4 Interpretation .....</b>	<b>58</b>
<b>5 Zusammenfassung .....</b>	<b>59</b>
<b>6 Literatur und Quellen.....</b>	<b>63</b>



# 1 Einleitung

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurde beauftragt, die Maßnahmen des niederösterreichischen Feinstaubprogramms 2013 – 2017 zu evaluieren.

Zur Reduktion der Feinstaubimmissionen v.a. in den Sanierungsgebieten wurden diverse Maßnahmen im Rahmen des NÖ Feinstaubprogramms 2013 definiert. Die Evaluierung des Feinstaubprogramms findet in 3 Phasen statt:

In der ersten Phase wurde die PM10-Immissionssituation der letzten 5 Jahre (2013 bis inkl. Winter 2017/18) analysiert. Dafür wurden die Messungen der Luftgütemessstationen der Niederösterreichischen Landesregierung herangezogen. Ziel der Analyse war es, Feinstaubepisoden zu detektieren. Zusätzlich wurden diese Jahre klimatologisch betrachtet (ZAMG, 2018a).

Im zweiten Teil der Evaluierung wurden ausgewählte Feinstaubepisoden genauer betrachtet. Dafür wurden für diese Episoden die meteorologischen Bedingungen sowie die groß- und kleinräumigen Ausbreitungsbedingungen beschrieben. Mittels Modellrechnungen wurden Herkunftsanalysen durchgeführt, um potenzielle Verursacher (z.B. bestimmte Regionen) zu lokalisieren beziehungsweise Ursachen für die erhöhten Feinstaubkonzentrationen (z.B. eine außergewöhnliche meteorologische Situation) festzustellen (ZAMG, 2018b).

In der dritten Phase der Evaluierung, welche im gegenständlichen Bericht erläutert wird, wird für ausgewählte PM10-Spitzen (basierend auf den Ergebnissen aus Phase 2) eine vertiefende Analyse in Hinblick auf Maßnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung durchgeführt. Für diese Analyse werden Ausbreitungsrechnungen für eine bestimmte Region unter Berücksichtigung verschiedener Emissionsszenarien (z.B. mit/ohne LKW-Fahrverbot) durchgeführt. Schwerpunkt dabei ist die Evaluierung der Maßnahmen aus dem Feinstaubprogramm der Niederösterreichischen Landesregierung. Die Emissionsdaten für die verschiedenen Szenarien wurden von EFA Emissionsforschung Austria GmbH bereitgestellt.

## 2 Grundlagen

### 2.1 WRF-Chem

Das on-line gekoppelte chemische Transportmodell WRF-Chem (Grell et. al., 2005) wird an der ZAMG für die täglichen Luftqualitätsvorhersagen verwendet (Hirtl et. al., 2013). Die Meteorologie wird gleichzeitig mit den Emissionen, der Turbulenz, dem Transport und den Umwandlungsprozessen der chemischen Substanzen simuliert.

Die Simulationen für die Evaluierung des Feinstaubprogramms wurden auf zwei unterschiedlichen Modellgittern durchgeführt:

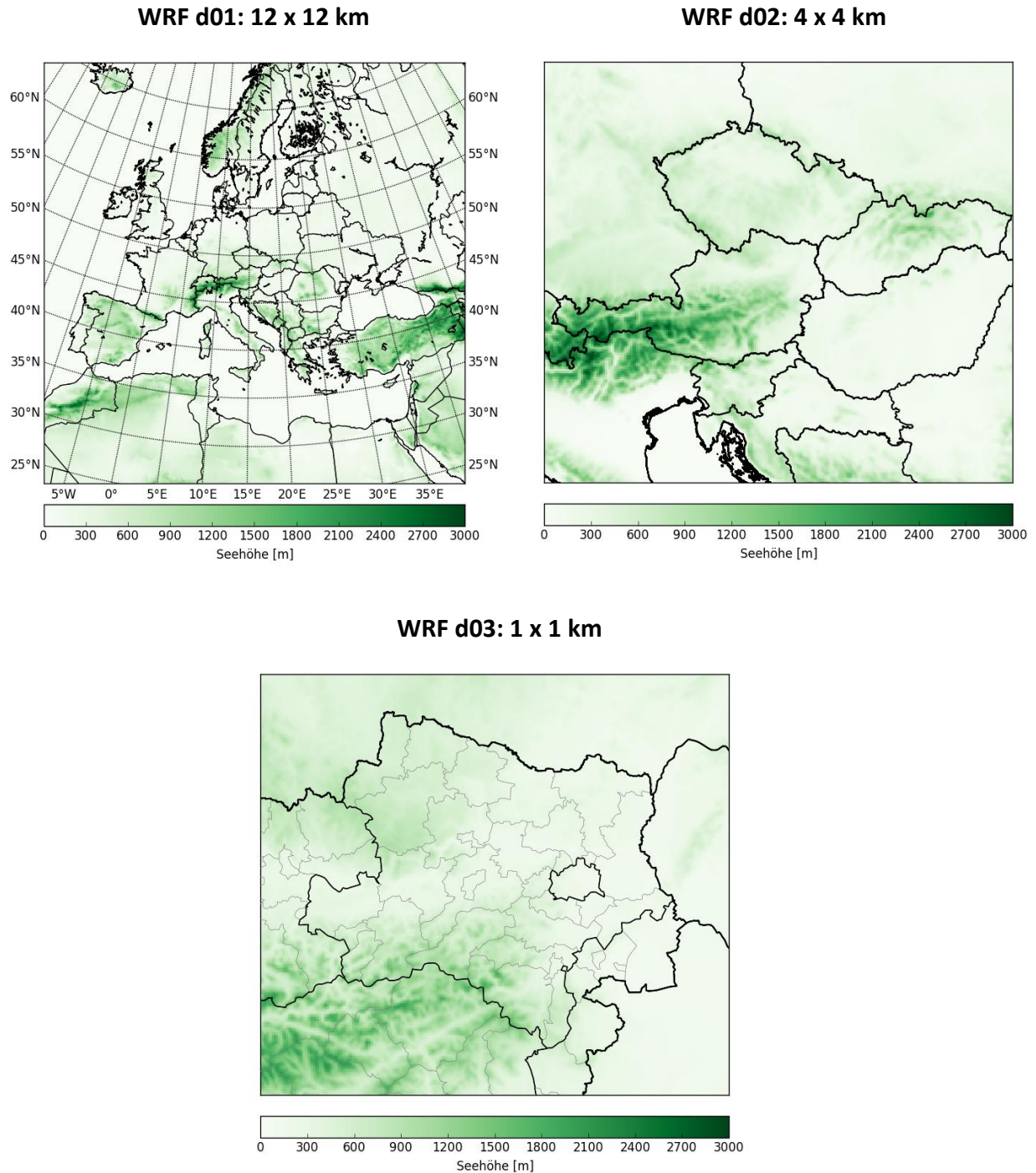
- WRF-Chem: großräumiger Transport (WRF\_gT)
- WRF-Chem: regionaler Transport (WRF\_rT)

#### **WRF-Chem: großräumiger Transport (WRF\_gT)**

Um den großräumigen Transport von PM<sub>10</sub> nach Österreich zu berücksichtigen, wurden die Simulationen auf 3 ineinander verschachtelten („genesteten“) Modellgittern durchgeführt: Die äußere Domäne (Abbildung 2-1, WRF d01) erstreckt sich über Europa bis nach Nordafrika und Russland. Dieses Gitter wurde mit einer horizontalen Auflösung von 12 x 12 km gerechnet. Das erste Nest (Abbildung 2-1, WRF d02) zeigt die regionale Umgebung von Niederösterreich und wurde mit einer horizontalen Auflösung von 4 x 4 km gerechnet. Um Niederösterreich hoch aufzulösen, wurde noch ein weiteres Rechengebiet mit einer horizontalen Auflösung von 1 x 1 km eingefügt (Abbildung 2-1, WRF d03).

#### **WRF-Chem: regionaler Transport (WRF\_rT)**

Um nur den regionalen Transport zu berücksichtigen, wurde die Domäne d01 (Abbildung 2-1) nicht mitsimuliert. Das Hauptgitter der WRF-Chem Simulationen „WRF rT“ ist also das Gitter d02 (Abbildung 2-1), welches mit einer horizontalen Auflösung von 4 x 4 km gerechnet wird. Es werden keine chemischen Randbedingungen verwendet, weshalb keine Schadstoffe „von außen“ in das Gebiet gelangen. Das genestete Gitter beinhaltet ganz Niederösterreich und wird mit einer Auflösung von 1 x 1 km gerechnet.



**Abbildung 2-1: WRF-Chem Modellgebiete**

Für die meteorologischen Anfangs- und Randbedingungen beider Modellläufe werden ECMWF Vorhersagen ([www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int)) verwendet.

## 2.2 Emissionsaufbereitung für WRF-Chem

Die anthropogenen Emissionen werden aus verschiedenen Emissionskatastern generiert. Für die österreichischen Emissionen werden die Emissionskataster der Landesregierungen herangezogen. Die europäischen Emissionen stammen aus dem TNO Emissionskataster

(Visschedijk et al., 2007, [www.tno.nl](http://www.tno.nl)). Die Emissionen außerhalb Europas werden aus dem EMEP Emissionskataster genommen ([www.ceip.at/ceip](http://www.ceip.at/ceip)). Die Emissionsinventare liefern Emissionsdaten auf verschiedenen Gittern bzw. auf Gemeinde-/Wahlsprengelbene. Mit dem Emissionsdatenaufbereitungstool der ZAMG werden die verschiedenen Emissionsdaten auf das verwendete Modellgitter gebracht. Da die Emissionsdaten nur als Jahresemissionen vorliegen, müssen diese noch zeitlich disaggregiert werden. Den Emissionsdaten werden Jahres- / Monats- / Wochen- und Tagesgänge aufgeprägt, um schlussendlich stündliche Emissionsdaten zu erhalten. Die verwendeten Daten stellen daher nur eine Abschätzung der tatsächlichen Emissionen dar und können z.B. außergewöhnliche kurzfristige Emissionssituationen nicht berücksichtigen. Im Allgemeinen können mit diesen Emissionsdaten jedoch die großräumigen Schadstoffverteilungen räumlich und zeitlich qualitativ sehr gut reproduziert werden (Berichte der ZAMG zur Evaluierung der Ozonvorhersagen, Hirtl, 2014, Flandorfer, 2015, Flandorfer, 2016, Flandorfer 2017 und Flandorfer 2018).

Die biogenen Emissionen werden anhand der meteorologischen Gegebenheiten und Landnutzungsdaten mithilfe des Modells MEGAN bestimmt (Guenther et al., 2006).

### 2.3 Emissionsszenarien

Für die Evaluierung des Feinstaub-Maßnahmenprogramms wurden der ZAMG von EFA Emissionsforschung GmbH die niederösterreichischen Emissionsdaten für sechs verschiedene Szenarien zur Verfügung gestellt. Die Szenarien unterscheiden sich durch die folgenden Maßnahmen:

- LKW-Fahrverbot Stufe 1 (Euro 0-1)
- LKW-Fahrverbot Stufe 2 (Euro 0-2)
- Haushalte
- Kraftwerke und Industrie

Die einzelnen Szenarien sind in Tabelle 2-1 angegeben und kurz beschrieben.



Tabelle 2-1: Emissionsszenarien (EFA, 2018)

Szenario	anthropogene PM10-Emissionen	Beschreibung
1	5.250 t/a	Alle Maßnahmen sind in Kraft (LKW Fahrverbot Stufe 1 (Euro 1) und Stufe 2 (Euro 2), Haushalte, Kraftwerke und Industrie). Szenario mit den geringsten Emissionen.
2	5.309 t/a	Alle Maßnahmen, außer das LKW Fahrverbot (weder Stufe 1 noch Stufe 2), sind in Kraft.
3	5.267 t/a	Alle Maßnahmen mit Ausnahme des LKW Fahrverbotes Stufe 2 (Euro 2) sind in Kraft. Dieses Szenario wird als Referenz Szenario („Basis-Szenario“) verwendet.
4	5.723 t/a	Alle Maßnahmen außer das LKW-Fahrverbot Stufe 1 und Kraftwerke und Industrie sind in Kraft.
5	5.765 t/a	Nur Maßnahmen für Kraftwerke & Industrie sind in Kraft.
6	5.868 t/a	Keine Maßnahmen sind in Kraft (höchste Emissionen).

Das Szenario 3 wird als „Basis-Szenario“ verwendet, da dieses Szenario die realen Verhältnisse und Maßnahmen während der ausgewählten Episoden beschreibt.

Die Emissionsdaten der sechs Szenarien wurden mit dem Emissionsmodell der ZAMG für die Modellgitter aufbereitet. In den nachfolgenden Abbildungen ist die absolute Differenz der Aerosol-Emissionen der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 3) auf dem 1 x 1 km Gitter dargestellt. Zu den Aerosol-Emissionen zählen PM10, PM2.5, OC („organic carbon“) und BC („black carbon“).

In den von EFA Emissionsforschung Austria GmbH übermittelten Daten sind u.a. die Emissionen von PM10 und PM2.5 auf Gemeindeebene angegeben. Im Emissionsmodell der ZAMG werden diese Feinstaubanteile auf mehrere Emissionsstoffe, die das Modell als Eingangsdaten benötigt, aufgeteilt. So werden beispielsweise die PM2.5-Freisetzungen zu gewissen Anteilen in PM2.5, OC und BC aufgespalten. Aus diesem Grund können die vom Emissionsmodell der ZAMG ausgegebenen PM2.5-Emissionen nicht direkt mit den von EFA Emissionsforschung Austria GmbH übermittelten Daten verglichen werden.

Um die Unterschiede der einzelnen Szenarien in den aufbereiteten Emissionsdaten sehen zu können, ist es deshalb notwendig, alle Feinstaubemissionen (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, OC, BC) zu addieren.

Im Szenario 1 sind niedrigere Emissionen als im Szenario 3 zu sehen (Abbildung 2-2). Die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien liegen im LKW-Fahrverbot Stufe 2 (Euro 2), welches im Szenario 3 noch nicht in Kraft ist. In der Abbildung 2-2 zeigen sich deshalb die Unterschiede in den Emissionen vor allem auf den Hauptverkehrswegen. Die gesamten anthropogenen Jahresemissionen von Szenario 1 sind um 0,3 % niedriger als die Emissionen des Basis-Szenarios (Szenario 3).

Szenario 2 zeigt geringfügig höhere Jahresemissionen (+0,8 %) als das Basis-Szenario. Der Unterschied zwischen diesen beiden Szenarien liegt nur im LKW-Fahrverbot, welches im Szenario 2 noch nicht in Kraft war. Auch hier lassen sich die Unterschiede vor allem entlang der Hauptverkehrswege erkennen (Abbildung 2-3).

Die Unterschiede der Emissionen zwischen den drei bisher beschriebenen Szenarien sind als gering zu bewerten. Szenario 4 bis Szenario 6 zeigen deutlich höhere Emissionen als das Basis-Szenario 3, weshalb die Skala in den Abbildungen angepasst wurde. In diesen 3 Szenarien sind nur wenige bzw. gar keine Maßnahmen in Kraft.

Im Szenario 4 sind das LKW-Fahrverbot Stufe 1 (Euro 1) und die Maßnahmen für Kraftwerke und Industrie in Kraft. Dieses Szenario zeigt um 8,7 % höhere anthropogene PM<sub>10</sub>-Emissionen als das Szenario 3 (Abbildung 2-4).

Im Szenario 5 sind nur Maßnahmen für Kraftwerke und Industrie in Kraft. Der Unterschied zum Szenario 3 beträgt +9,5 % (Abbildung 2-5).

Szenario 6 zeigt die höchsten Emissionen, da hier gar keine Maßnahmen berücksichtigt wurden. Mit +11,4 % weist dieses Szenario die größten Abweichungen zum Basis-Szenario auf (Abbildung 2-6). Die negative Abweichung zum Szenario 3 in der Gemeinde Schwechat ist auf eine Änderung der Emissionen im Sektor Sachgütererzeugung zurückzuführen.

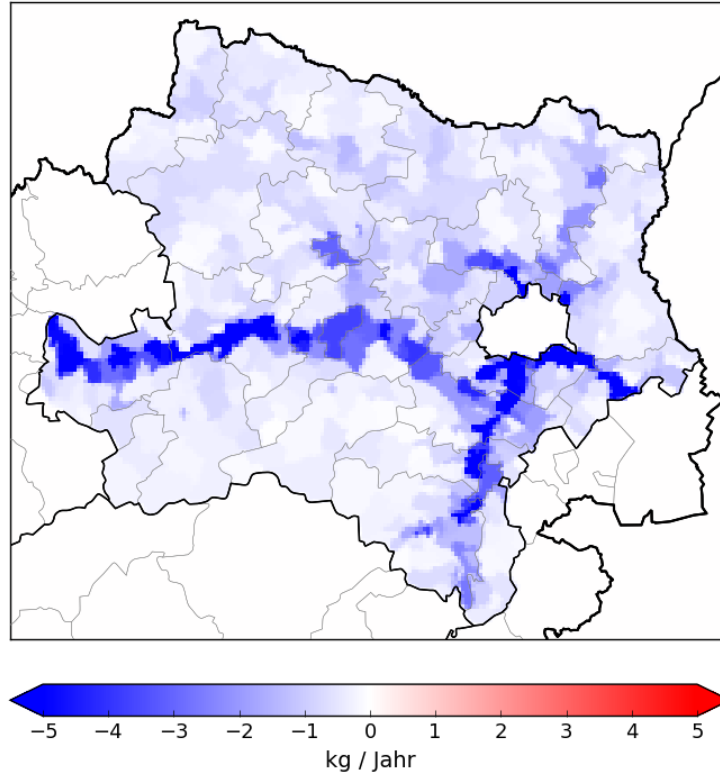
**Aerosol Emissionen: Absolute Differenz Szen1-Szen3**

Abbildung 2-2: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 1 – Szenario 3.

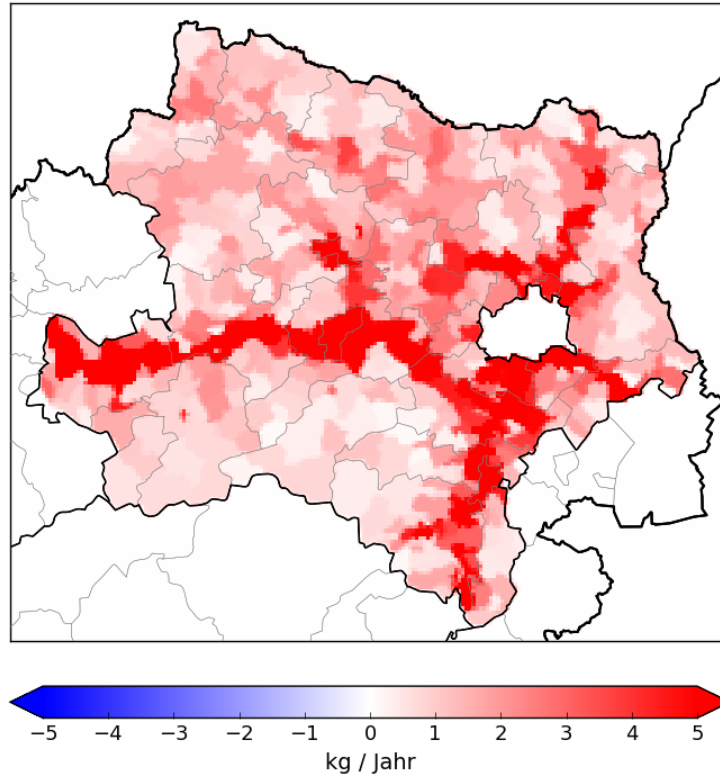
**Aerosol Emissionen: Absolute Differenz Szen2-Szen3**

Abbildung 2-3: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 2 – Szenario 3.

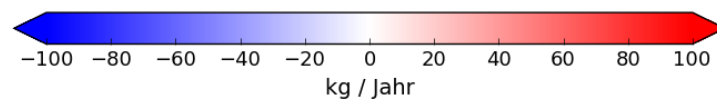
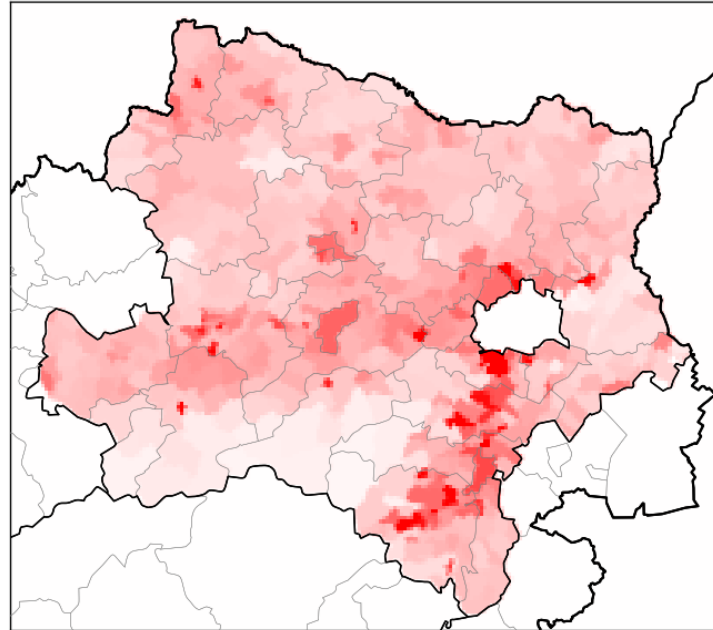
**Aerosol Emissionen: Absolute Differenz Szen4-Szen3**

Abbildung 2-4: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 4 – Szenario 3.

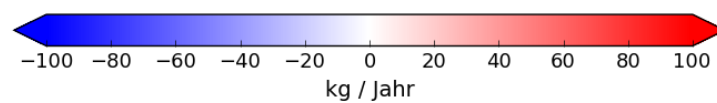
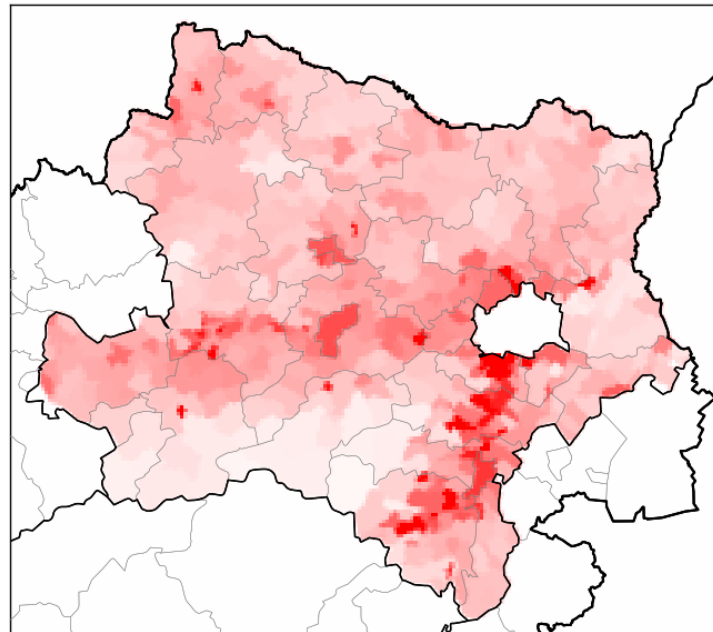
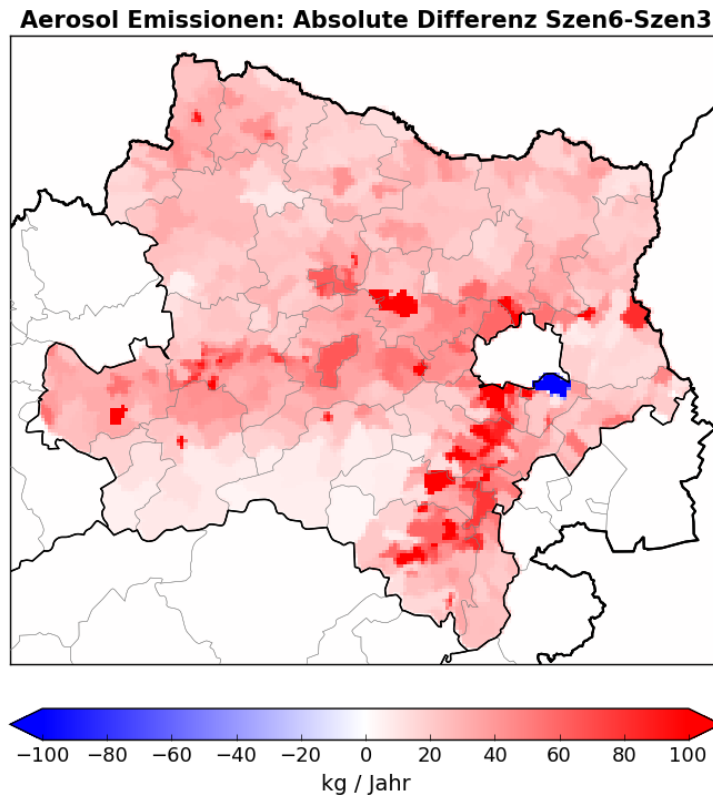
**Aerosol Emissionen: Absolute Differenz Szen5-Szen3**

Abbildung 2-5: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 5 – Szenario 3.



**Abbildung 2-6: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 6 – Szenario 3.**

## 2.4 Analyse der Modellsimulationen

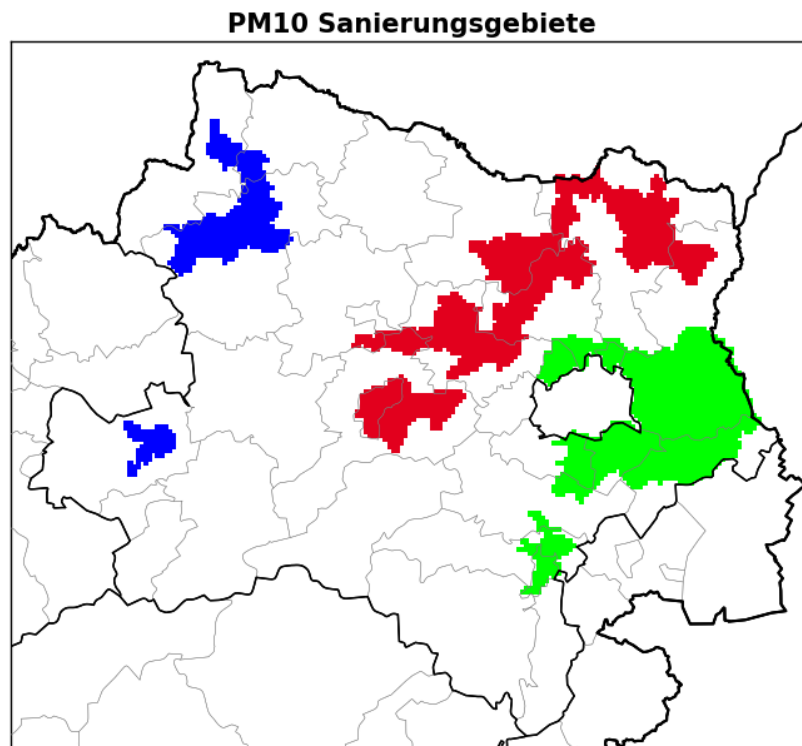
In den Berichten zur 1. und 2. Phase der Evaluierung wurden die Messstationen in die Regionen West, Mitte und Ost eingeteilt (ZAMG, 2018a und 2018b). Auch für die 3. Phase der Evaluierung wird die Einteilung in diese drei Regionen beibehalten. Die Sanierungsgebiete sind in der NÖ Sanierungsgebiets- und Maßnahmenverordnung Feinstaub (LGBl. 8103/1-0, zuletzt geändert in LGBl. Nr. 29/2016) festgelegt, der eine detaillierte Auflistung der Gemeinden zu entnehmen ist. Für die Auswertungen wurden nur die Modellgitterzellen, die in den PM<sub>10</sub>-Sanierungsgebieten liegen, verwendet.

Die PM<sub>10</sub>-Sanierungsgebiete wurden wie folgt in die Regionen eingeteilt:

- Region West  
Sanierungsgebiet Waldviertel, Sanierungsgebiet Mostviertel
- Region Mitte  
Sanierungsgebiet NÖ Mitte, Sanierungsgebiet Weinviertel
- Region Ost  
Sanierungsgebiet Industrieviertel, Sanierungsgebiet Wiener Umland

Abbildung 2-7 zeigt die Gitterzellen (horizontale Auflösung 1 x 1 km), die für die Analysen herangezogen wurden. Die PM10-Sanierungsgebiete sind wie folgt eingefärbt: Region West in blau, Region Mitte in rot und Region Ost in grün.

Aus den PM10-Konzentrationen aller Gitterzellen pro Region wurde der Mittelwert für die Analyse herangezogen. Um den Tagesmittelwert zu erhalten, wurden diese Stundenmittelwerte pro Region über den Tag gemittelt.



**Abbildung 2-7: Gitterzellen des Modells (1 x 1 km) in den niederösterreichischen PM10-Sanierungsgebieten für die Region West (blau), die Region Mitte (rot) und die Region Ost (grün).**

## 2.5 Lokale Ausbreitungsmodellierung: LASAT

Lagrange'sche Partikelmodelle wie LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol – Transport), Version 3.4 (Janicke Consulting, 2017) simulieren eine Abgasfahne als Wolke kleiner Stoffteilchen (Partikel), wobei jedes Stoffteilchen eine bestimmte Masse eines Schadstoffs repräsentiert. Für jedes Teilchen werden der Transport unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Änderungen der Windverhältnisse und die turbulente Diffusion durch einen Zufallsprozess simuliert (Lagrange – Simulation). LASAT ist konform mit der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (Partikelmodell) und ist Grundlage des Ausbreitungsmodells AUSTAL 2000 der TA Luft (2002).

Das zu LASAT gehörende massenerhaltende diagnostische Windfeldmodell kann komplexes Gelände und auch die Umströmung von Gebäuden berechnen und dabei die im Lee auftretende Rezirkulation und die erhöhte Turbulenz modellieren.

LASAT verwendet als Maß für die vertikale Durchmischung (Turbulenz) der bodennahen Atmosphäre die Obukhov Länge (früher auch als Monin-Obukhov-Länge bezeichnet). Die Obukhov-Länge entspricht jener Höhe über Grund, in der sich die mechanische Turbulenzproduktion (an Hindernissen) und die thermische Turbulenzdämpfung (durch stabile Schichtung) gerade die Waage halten. Bei stabiler Schichtung ist die Obukhov-Länge größer als 0 m (vertikale Durchmischung stark herabgesetzt), bei neutraler Schichtung (die Atmosphäre setzt vertikalen Luftbewegungen keinen Widerstand entgegen) geht sie gegen unendlich. Bei labiler Schichtung (gute vertikale Durchmischung) ist die Obukhov-Länge kleiner als 0 m.

Eine exakte Bestimmung der Obukhov-Länge kann aus den vorhandenen routinemäßigen meteorologischen Messdaten der TAWES-Station Großenzersdorf nicht erfolgen. Die Ermittlung der Obukhov-Länge aus den Klug-Manier-Klassen erfolgt nach TA-Luft (2002). Die Zuordnung erfolgte für eine Rauigkeitslänge von 0,5 m (Dörfer, kleine Städte, unebenes Gelände).

LASAT wurde für diverse Anwendungen mit einer Reihe von Testdatensätzen evaluiert. Zu diesen zählen das Prairie-Grass- und das Kopenhagen-Experiment, Experimente im komplexen Gelände und am Kernforschungszentrum Karlsruhe (z.B. Hirtl und Baumann-Stanzer, 2007; Hirtl et al., 2007; Baumann-Stanzer et al., 2008; Piringer und Baumann-Stanzer, 2009; Schatzmann et al., 2010; Baumann-Stanzer et al., 2014).

## 2.6 Klug-Manier Ausbreitungsklassen

Für die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre ist neben der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit vor allem auch die vertikale Durchmischung der Atmosphäre (Turbulenz) von Bedeutung. Sie wird mittels Ausbreitungsklassen charakterisiert. Die Ausbreitungsklassen sind von I bis V nummeriert und stellen ein Maß für das turbulente Verhalten (vertikales Austauschvermögen) der bodennahen Atmosphäre dar.

Die Klug-Manier-Klassen werden folgendermaßen den meteorologischen Schichtungsverhältnisse zugeordnet:

- Stabil: Die Klassen II und I kommen bei stabilen beziehungsweise sehr stabilen Schichtungen vor und treten daher überwiegend, aber nicht ausschließlich, nachts auf.

Sie beschreiben vermindertes Austauschvermögen mit zum Teil weiträumigen Verfrachtungen.

- Neutral: Die Klassen III/2 und III/1 stehen für neutrale Verhältnisse. III/2 tritt vorwiegend tagsüber auf, III/1 vorwiegend nachts beziehungsweise während Sonnenauf- und -untergangszeiten. Die Austauschbedingungen sind dann durchschnittlich, dies ist typisch für bewölktes und/oder windiges Wetter.
- Labil: Die Klassen V und IV stehen für sehr labile beziehungsweise labile Verhältnisse, was gute vertikale Durchmischung bedeutet. Die Klassen V und IV treten in der Nacht nicht auf, Klasse V kann nur von Mai bis September (tagsüber) vorkommen.

Die Ausbreitungsklassen nach Klug Manier können alternativ gemäß VDI 3782 Blatt 1 (Anhang) (2009) aus Bewölkungsdaten oder gemäß KTA 1508 (2006) aus der Strahlungsbilanz oder aus dem vertikalen Temperaturgradienten in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit bestimmt werden. Die betreffenden Daten werden üblicherweise von der nächstgelegenen meteorologischen Station unter Bedachtnahme einer genügend genauen zeitlichen Auflösung und einer räumlichen Übertragbarkeit der Beobachtungen genommen.

Im gegenständlichen Fall wurden die Bewölkungsdaten der Station Flughafen Wien-Schwechat verwendet. Die Winddaten wurden von der TAWES-Station Großenzersdorf genommen. Die Rauigkeitslänge wurde mit 0,5 m angesetzt, dies entspricht einer Landschaft mit Dörfern, kleinen Städten und unebenem Gelände.

Die Bestimmungsmethode gemäß VDI 3782 Blatt 1 (2009) bezieht sich generell auf eine Windgeschwindigkeitsmessung in 10 m Höhe über Grund und eine Rauigkeitslänge  $z_0$  von 0,1 m. Für die abweichende Rauigkeitslänge (0,5 m am Standort) wurde eine in dieser Richtlinie angeführte Transformation vorgenommen.

### **3 Analyse der Feinstaubspitzen**

#### **3.1 Überblick Feinstaubepisoden**

In den Wintermonaten treten fallweise großräumige Grenzwertüberschreitungen mit PM10-Konzentrationen weit über dem Tagesmittel-Grenzwert ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) auf. Diese hohen PM10-Konzentrationen werden hauptsächlich durch die vorherrschenden meteorologischen Gegebenheiten (Temperaturinversion, verminderte Austauschbedingungen) verursacht. Die im



Feinstaubprogramm vorgeschriebenen Maßnahmen verringern diese großräumigen hohen Feinstaubkonzentrationen, verhindern aber nicht in jedem Fall Grenzwertüberschreitungen. Die Maßnahmen können bei knappen Grenzwertüberschreitungen in der lokalen Umgebung jedoch ausschlaggebend sein. Für die 3. Phase der Evaluierung wurden deshalb auf Basis des Berichts der 2. Phase der Evaluierung (ZAMG, 2018b) jahreszeitenunabhängig drei Episoden mit Tagesmittelwerten der Feinstaubkonzentration knapp über dem Grenzwert ausgewählt.

Für die ausgewählten Episoden wurden mit dem Modell WRF-Chem für beide im Kapitel 2.1 beschriebenen Modellgitter Simulationen durchgeführt. Das Gitter WRF\_gT (großräumiger Transport) berücksichtigt den PM10-Transport aus der europäischen Domäne nach Österreich bzw. Niederösterreich. Die Simulationen auf dem Gitter WRF\_rT zeigen vor allem den Beitrag der lokalen Emissionen auf die Immissionsituation in Niederösterreich.

Für jede Episode wurden dabei die im Kapitel 2.3 beschriebenen Emissionsszenarien simuliert. Für die Analysen wurden dabei für jede Episode 10-Tage rund um die gemessenen Grenzwertüberschreitung simuliert. Folgende Episoden wurden für die Evaluierung ausgewählt:

- Episode 1  
erhöhte PM10-Konzentration am 12.11.2014  
Auswertezeitraum: 8.11. bis 16.11.2014
- Episode 2  
erhöhte PM10-Konzentration am 14.8.2015  
Auswertezeitraum: 8.8. bis 16.8.2015
- Episode 3:  
erhöhte PM10-Konzentration am: 29.10.2015  
Auswertezeitraum: 23.10. bis 1.11.2015

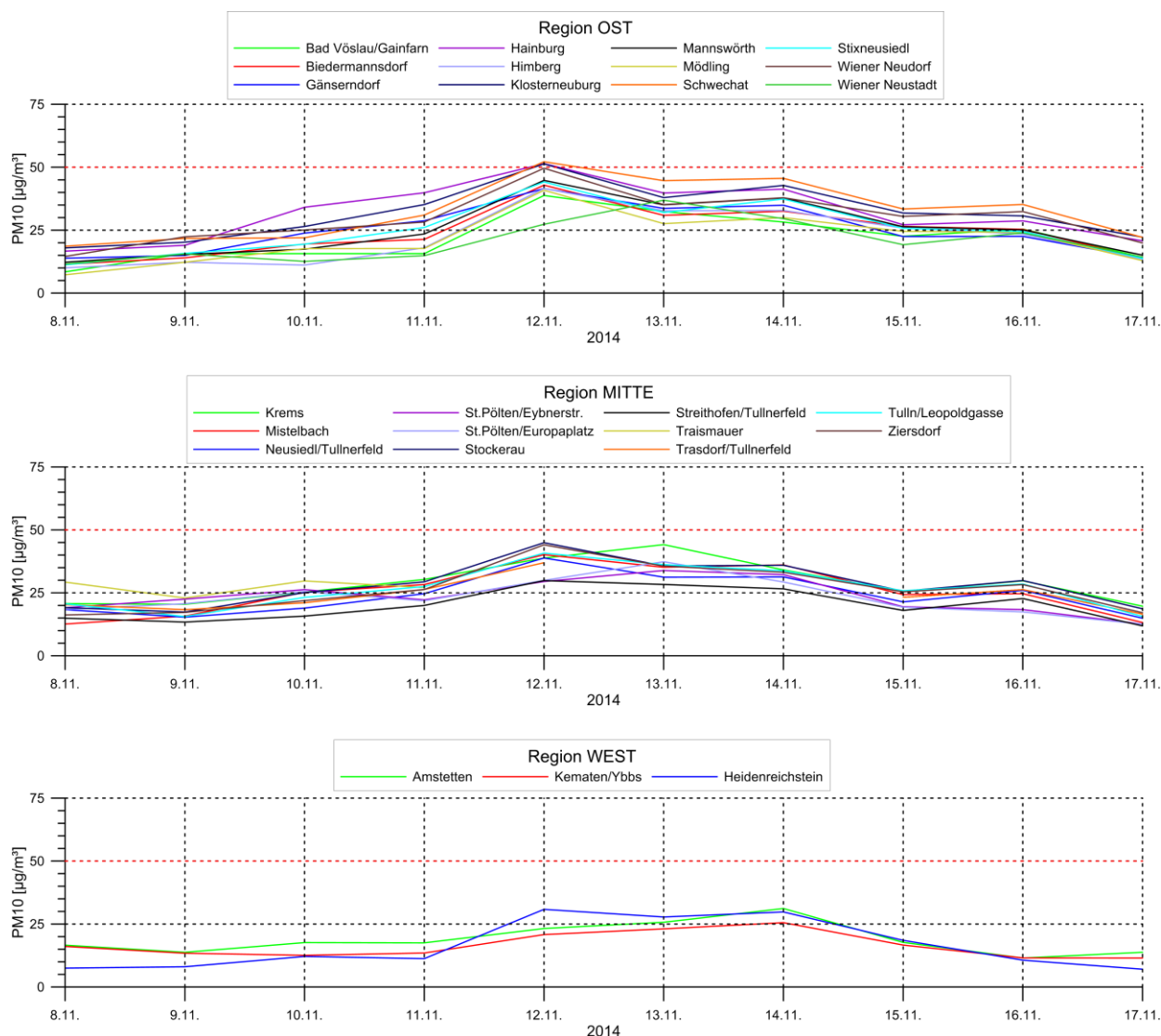
Zusätzlich wurde exemplarisch für eine Linienquelle eine Ausbreitungsrechnung mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell LASAT durchgeführt, um die lokale Verteilung der PM10-Immissionen im Nahbereich einer Quelle zeigen zu können.

Im folgenden Kapitel wird gezeigt, wie die unterschiedlichen Emissionsszenarien die PM10-Immissionssituation während der ausgewählten Episoden in Niederösterreich verändert hätten.

## 3.2 Episode 1: 8.11. bis 16.11.2014

### 3.2.1 Messung

Am 12.11.2014 wurde in der Region Ost von den Stationen Hainburg ( $51,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Klosterneuburg ( $51,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Schwechat ( $52,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) eine knappe Überschreitung des PM10-Tagesmittelgrenzwerts gemessen. Alle anderen Stationen in der Region Ost und in den anderen Regionen zeigten ebenfalls einen Anstieg der PM10-Konzentration. Nach dieser Spitze gingen die Konzentrationen nur langsam zurück. In der Region West blieben die PM10-Konzentration von 12.11. bis 14.11. sogar nahezu konstant (Abbildung 3-1).

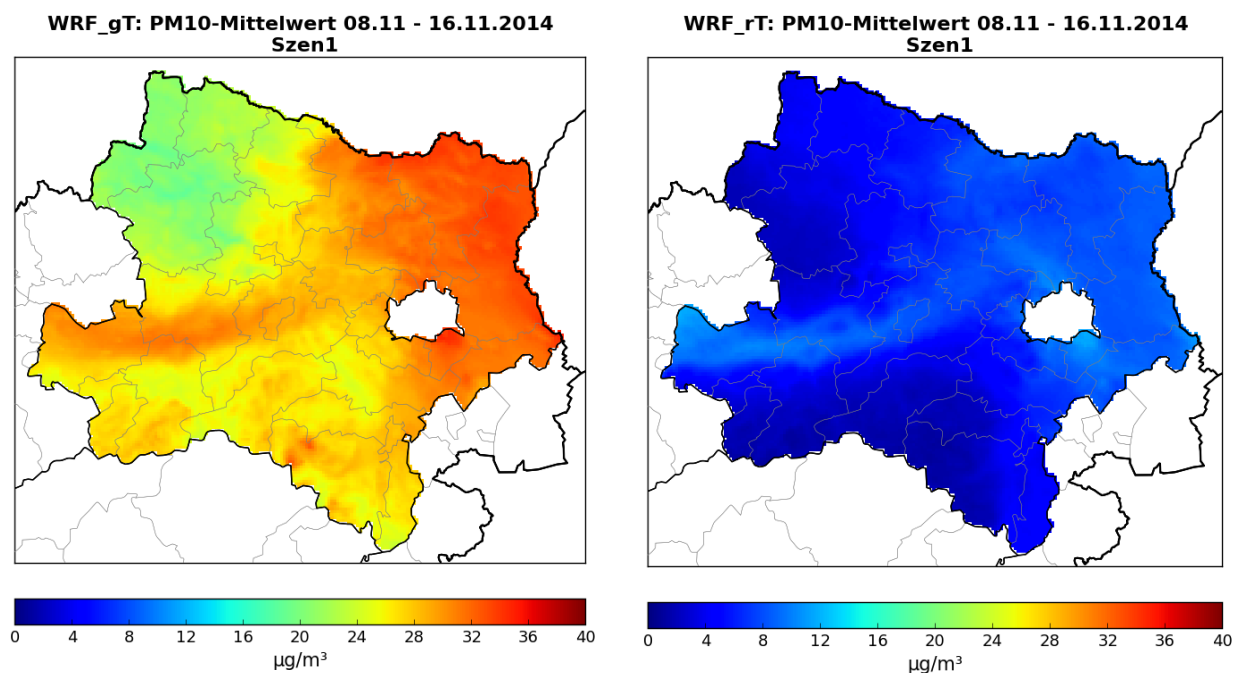


**Abbildung 3-1: Episode 1: PM10-Tagesmittelwerte der niederösterreichischen Luftgütestationen eingeteilt in die Regionen Ost (oben), Mitte (Mitte) und West (unten).**

### 3.2.2 Niederösterreichweite Analyse

In Abbildung 3-2 ist exemplarisch für das Szenario 1 mit den geringsten Emissionen der Mittelwert der PM10-Konzentration über den gesamten betrachteten Zeitraum 8.11. –

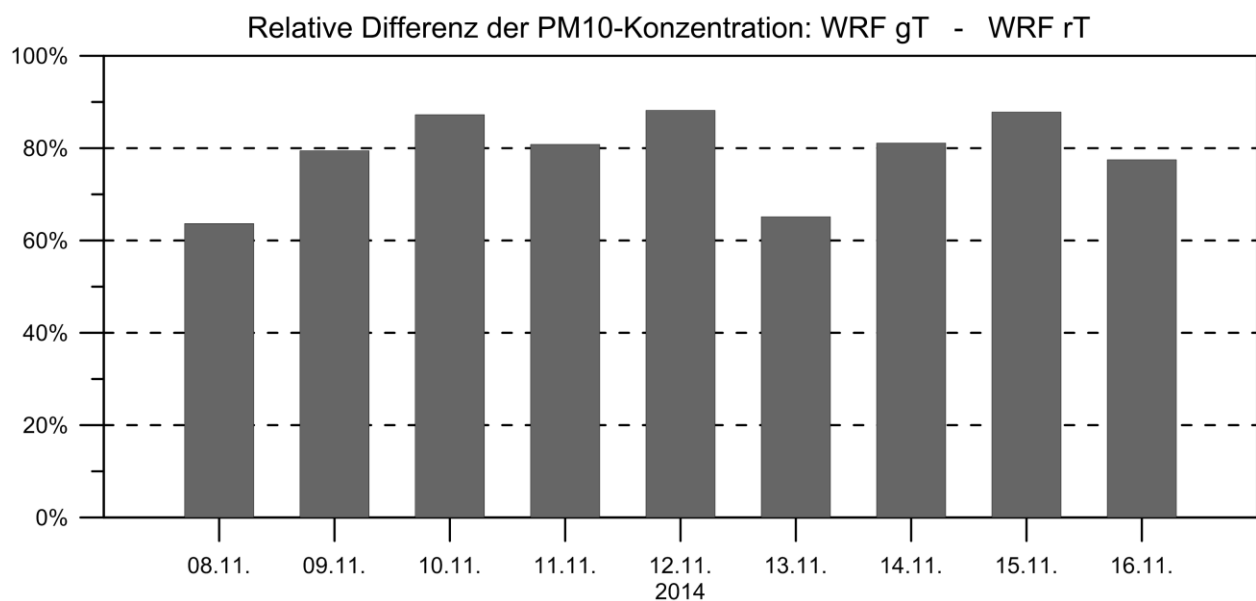
16.11.2014 dargestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass die PM10-Konzentration für WRF\_rT wesentlich niedriger ist als für WRF\_gT. Diese niedrigen Immissionswerte werden durch großräumigen PM10-Transport verursacht, der nur in WRF\_gT, nicht jedoch in WRF\_rT erfasst ist. Die Simulationen, die den großräumigen PM10-Transport berücksichtigen (WRF\_gT), zeigen PM10-Konzentrationen, die dem normalen Wertebereich für diese Jahreszeit entsprechen. Das bedeutet, dass während dieser Episode der großräumige Beitrag bei weitem dominiert. Beide Simulationen ergeben, dass im Osten Niederösterreichs und entlang des Donautals die höchsten PM10-Konzentrationen zu finden sind. Niedrigere Konzentrationen sind in diesem Fall im Waldviertel zu sehen.



**Abbildung 3-2: PM10-Mittelwert 8.11.-16.11.2014 (Szenario 1) für die Domäne WRF\_gT (links) und WRF\_rT (rechts).**

In Abbildung 3-3 ist exemplarisch der Anteil des „Ferntransportes“ an der modellierten Feinstaubimmission in Niederösterreich in der betrachteten Episode dargestellt. Aus beiden Modellläufen wurden nur jene Gitterzellen, die in Niederösterreich liegen, verwendet und die PM10-Konzentrationen räumlich gemittelt. Aus der ermittelten Zeitreihe der mittleren PM10-Konzentrationen wurden jeweils Tagesmittelwerte gebildet. Da es zwischen den einzelnen Szenarien kaum Unterschiede hinsichtlich des Beitrags durch PM10-Transport gibt, wurde über alle Szenarien gemittelt. Dargestellt sind die relativen Differenzen der ermittelten Tagesmittelwerte.

Der Anteil an herantransportiertem PM10 schwankt aufgrund der meteorologischen Gegebenheiten natürlich täglich. In der betrachteten Episode liegen die Anteile zwischen 64 % und 88 %. Diese Zahlen stellen nur Richtwerte dar. Mit dem derzeitigen Setup für WRF\_rT werden zwar die PM10-Transporte reduziert (keine chemischen Randbedingungen; kleine Haupt-Domäne, Kapitel 2.1), aber nicht zur Gänze ausgeschlossen (z.B. Transporte aus anderen österreichischen Bundesländern bzw. von angrenzenden Nachbarländern). Dennoch zeigen diese Richtwerte, dass der PM10-Ferntransport während dieser Episode einen sehr hohen Anteil an den niederösterreichischen Feinstaubkonzentrationen hat.

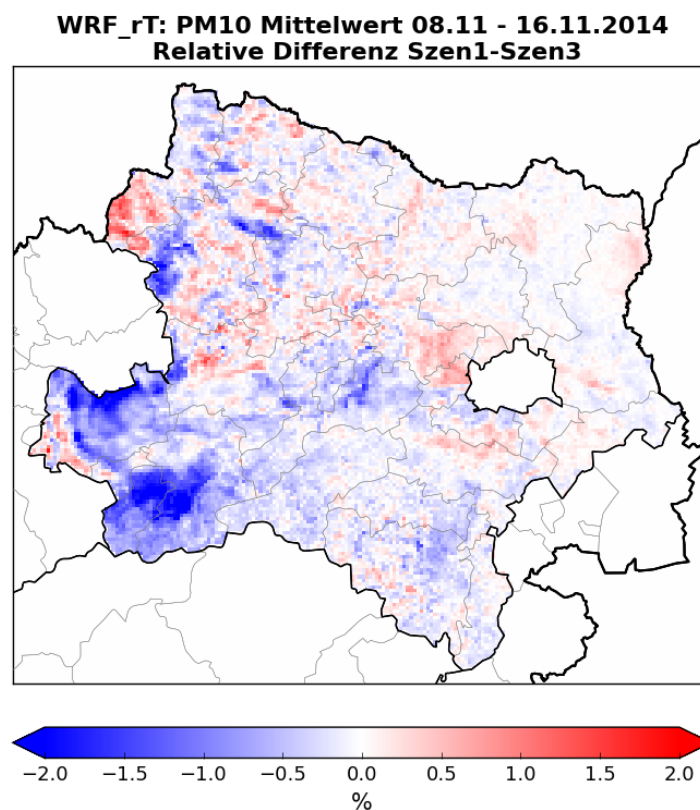


**Abbildung 3-3: Relative Differenz des PM10-Tagesmittelwerts WRF\_gT – WRF\_rT für Niederösterreich.**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die relativen Differenzen des PM10-Mittelwerts (8.11. bis 16.11.2014) der einzelnen Szenarien zum Szenario 3. Die Differenzen wurden nur für die Ergebnisse der WRF\_rT Simulationen gebildet, da bei WRF\_gT der Ferntransport von PM10 überwiegt und die Differenzen, die durch die verschiedenen Emissionsszenarien in Niederösterreich bedingt werden, von diesem überlagert werden. In WRF\_rT werden diese Differenzen sichtbar, da der Anteil an herantransportiertem PM10 vernachlässigbar ist.

Wie schon beim Vergleich der Emissionen (Kapitel 2.3) gezeigt wurde, sind die Differenzen zwischen Szenario 1 bzw. 2 zum Szenario 3 erwartungsgemäß relativ gering. Diese kleinen Unterschiede sind auch in den Immissionen erkennbar. In weiten Teilen Niederösterreichs zeigt sich für Szenario 1 und 2 ein „geflecktes“ Muster in den relativen Differenzen. Diese kleinräumigen Unterschiede treten aufgrund der zeitlichen Mittelung und der geringen

Unterschiede in den Emissionsdaten auf. Die Szenarien 4 bis 6 zeigen ein einheitlicheres Bild: In fast allen Bereichen Niederösterreichs zeigen sich hier im Mittel höhere Immissionen als im Szenario 3. Ausnahme ist das Szenario 6, welches in der Gemeinde Schwechat niedrigere Emissionen als im Szenario 3 zeigt (Abbildung 2-6), was natürlich auch in niedrigen Immissionen resultiert. Durch die vorherrschende Meteorologie treten natürlich auch kleinräumige Transportprozesse von PM10 auf, weshalb sich der Einfluss der niedrigeren Emissionen der Gemeinde Schwechat auch auf die umliegenden Gemeinden ausdehnt. In der betrachteten Episode sind deshalb niedrigere PM10-Immissionen vor allem südlich der Gemeinde Schwechat zu finden.



**Abbildung 3-4: Relative Differenz (Szenario 1 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.11. bis 16.11.2014 für WRF\_rT.**

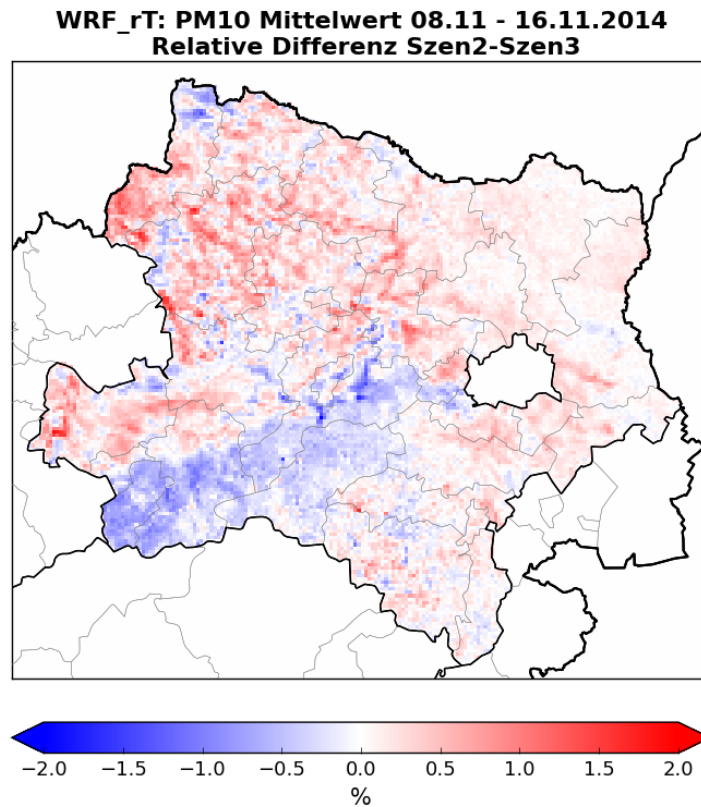


Abbildung 3-5: Relative Differenz (Szenario 2 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.11. bis 16.11.2014 für WRF\_rT.

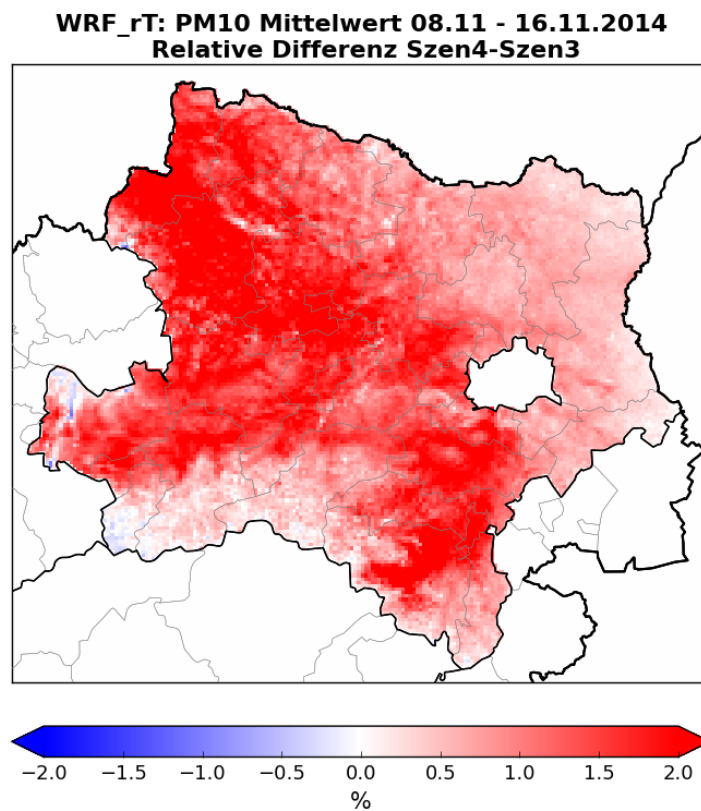


Abbildung 3-6: Relative Differenz (Szenario 4 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.11. bis 16.11.2014 für WRF\_rT.

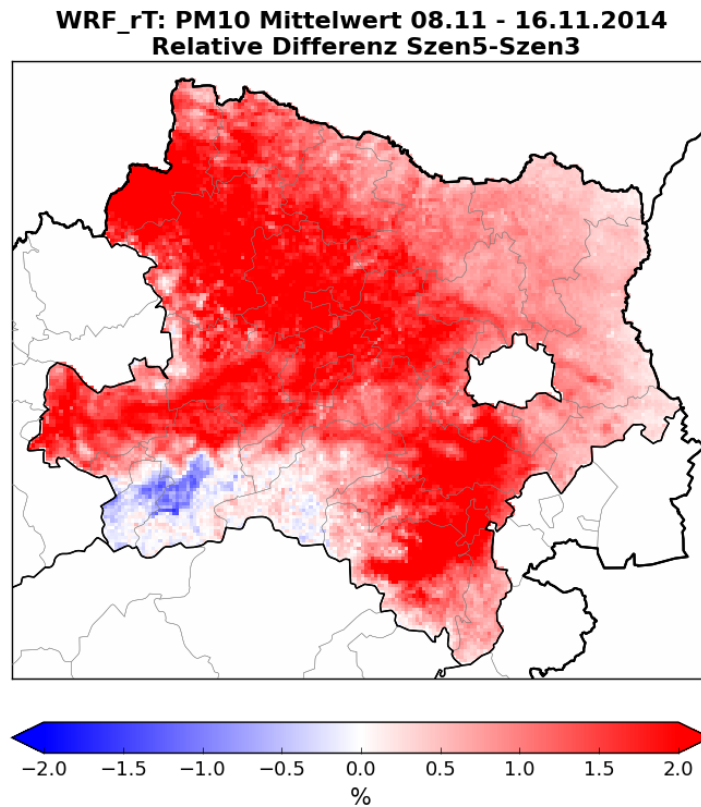


Abbildung 3-7: Relative Differenz (Szenario 5 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.11. bis 16.11.2014 für WRF\_rT.

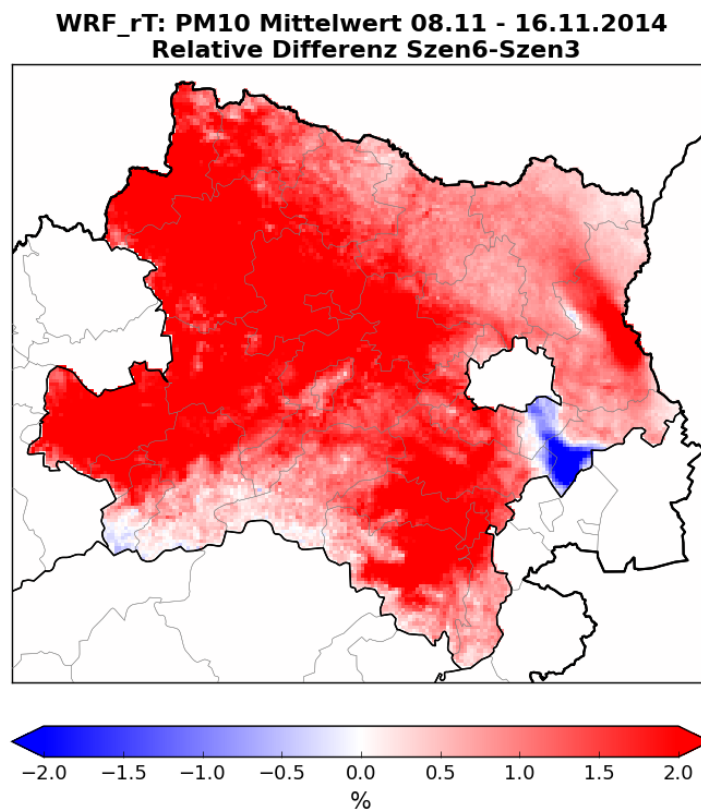


Abbildung 3-8: Relative Differenz (Szenario 6 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.11. bis 16.11.2014 für WRF\_rT.

### 3.2.3 Regionale Auswertung

Aus den simulierten PM10-Konzentrationen wurden für jedes Szenario PM10-Tagesmittelwerte für die Sanierungsgebiete in Niederösterreich berechnet. Dazu wurden die Sanierungsgebiete in die Regionen West, Mitte und Ost eingeteilt (Kapitel 2.4).

Die Abbildungen zeigen, um wie viel Prozent die Immissionswerte der einzelnen Szenarien im Vergleich zum Basis-Szenario in der betrachteten Region höher oder niedriger sind. So bedeutet eine Abweichung um z.B. +2,0 %, dass in diesem Szenario die Immissionswerte am betrachteten Tag um 2,0 % höher sind als im Basis-Szenario.

Durch die meteorologischen Gegebenheiten sind die Unterschiede zwischen den Szenarien für die einzelnen Tage natürlich nicht gleich. Wie schon im vorherigen Kapitel in den flächenhaften Darstellungen erkennbar ist, ist im Westen Niederösterreichs die Differenz zwischen den Szenarien meist am größten. Dies spiegelt sich natürlich auch in den täglichen Differenzen der PM10-Konzentration wieder.

Die Ergebnisse der WRF\_rT Simulationen (Abbildung 3-9 bis Abbildung 3-11) zeigen die potenziellen Änderungen in den PM10-Immissionen, wenn der PM10-Ferntransport nahezu ausgeblendet wird.

Wie erwartet, zeigt in der Region West Szenario 1 aufgrund niedrigerer Emissionswerte meist negative Abweichungen zum Szenario 3 (Abbildung 3-9). Die negativen Abweichungen bewegen sich zwischen -0,2 % und -2,2 %. Für den ersten Tag zeigt dieses Szenario geringfügig positive Abweichungen (+0,3 %). Niedrigere Emissionen bedingen nicht unbedingt niedrigere Immissionen, vor allem, wenn sich die Szenarien nur sehr geringfügig voneinander unterscheiden. Die Simulation der Ausbreitung von chemischen Spezies inkl. chemischer Umwandlungsprozesse ist sehr komplex und rechenaufwändig. Im Zusammenspiel mit den meteorologischen Prozessen sowie den Wechselwirkungen zwischen den chemischen Spezies und der Meteorologie können auch geringfügig niedrigere Emissionen in höheren Immissionen resultieren. Allgemein gilt jedoch, dass diese kleinen Differenzen nicht überbewertet werden dürfen.

Im Szenario 2 liegt, bis auf einen Tag, eine positive Abweichung zum Basis-Szenario 3 vor. Die Abweichungen liegen zwischen -0,1 % bis +0,6 %. Deutlich höhere Differenzen zeigen die Szenarien 4 bis 6. In diesen Szenarien sind die größten Unterschiede in den Emissionsdaten zum Basis-Szenario zu finden, weshalb diese auch die größten Änderungen in den simulierten PM10-



Konzentrationen zeigen. Für Szenario 4 zeigen sich über alle Tage hinweg positive Abweichungen, d.h. Szenario 4 liefert höhere PM10-Konzentrationen als das Basis-Szenario 3. Die Abweichungen bewegen sich zwischen +1,1 % und +3,1 %. Die Emissionen im Szenario 5 sind etwas höher als im Szenario 4, weshalb auch die positiven Abweichungen der PM10-Konzentrationen zum Basis-Szenario etwas höher ausfallen. Die Abweichungen liegen zwischen +0,9 % und +4,2 %. Szenario 6 zeigt mit +1,5 % bis +6,1 % die größten Abweichungen zum Basis-Szenario.

In der Region Mitte (Abbildung 3-10) fallen die Abweichungen der Szenarien zum Basis-Szenario im Allgemeinen niedriger aus als für die Region West. Szenario 1 zeigt den betrachteten Zeitraum über sehr geringe Differenzen (-0,3 % und +0,2 %). Szenario 2 zeigt mit -0,2 % bis +0,3 % ebenfalls nur sehr geringe Abweichungen. Die höchsten Abweichungen zum Basis-Szenario zeigen wie erwartet die Szenarien 4 bis 6. Die Abweichungen der PM10-Tagesmittelwerte des Szenarios 4 liegen zwischen +0,6 % und +1,9 %, die des Szenarios 5 zwischen +0,7 % und +2,1 % und die des Szenarios 6 zwischen +0,9 % und +4,1 % (Abbildung 3-10).

Die simulierten PM10-Tagesmittelwerte der Region Ost (Abbildung 3-11) zeigen mit Abstand die niedrigsten Unterschiede der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario. Szenario 1 zeigt hier sehr niedrige Differenzen zwischen -0,2 % und +0,1 %. Auch Szenario 2 zeigt mit 0,0 % bis +0,3 % nur sehr niedrige Abweichungen der Immission zum Basis-Szenario. Etwas größere Abweichungen (bis zu +1,7 %) zeigen die Szenarien 4 bis 6.

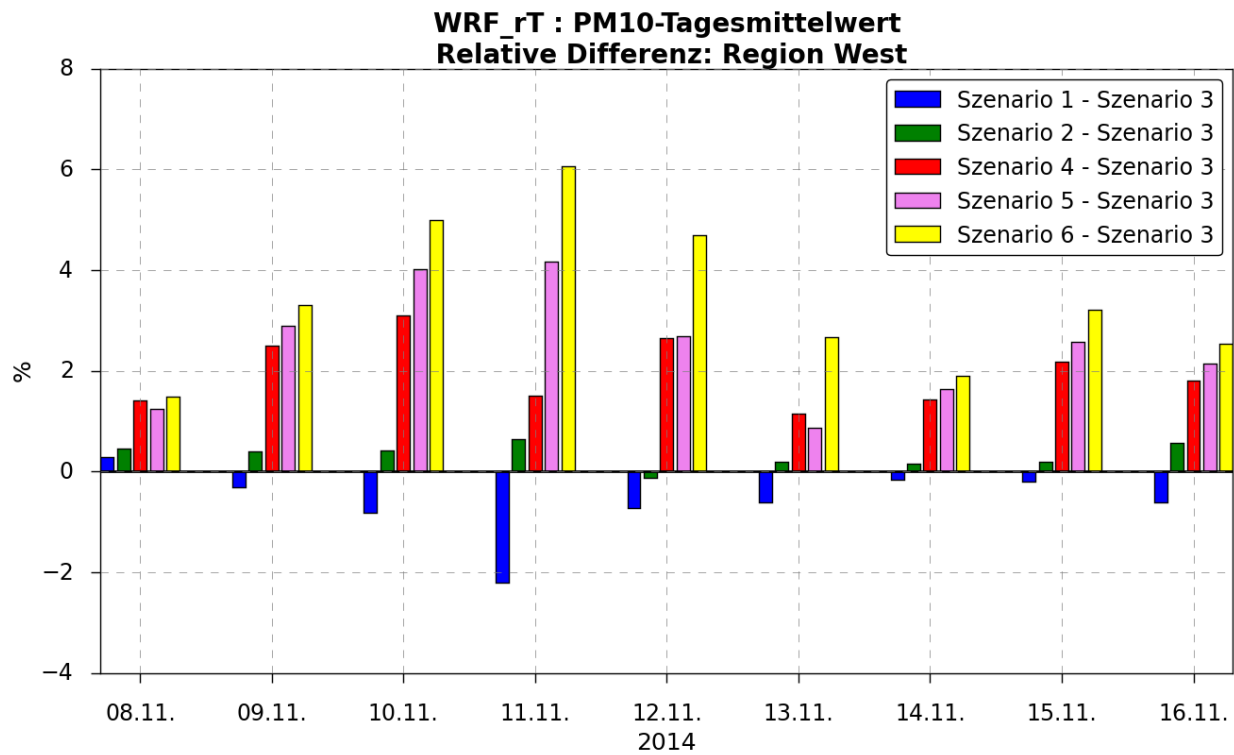


Abbildung 3-9: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region West.

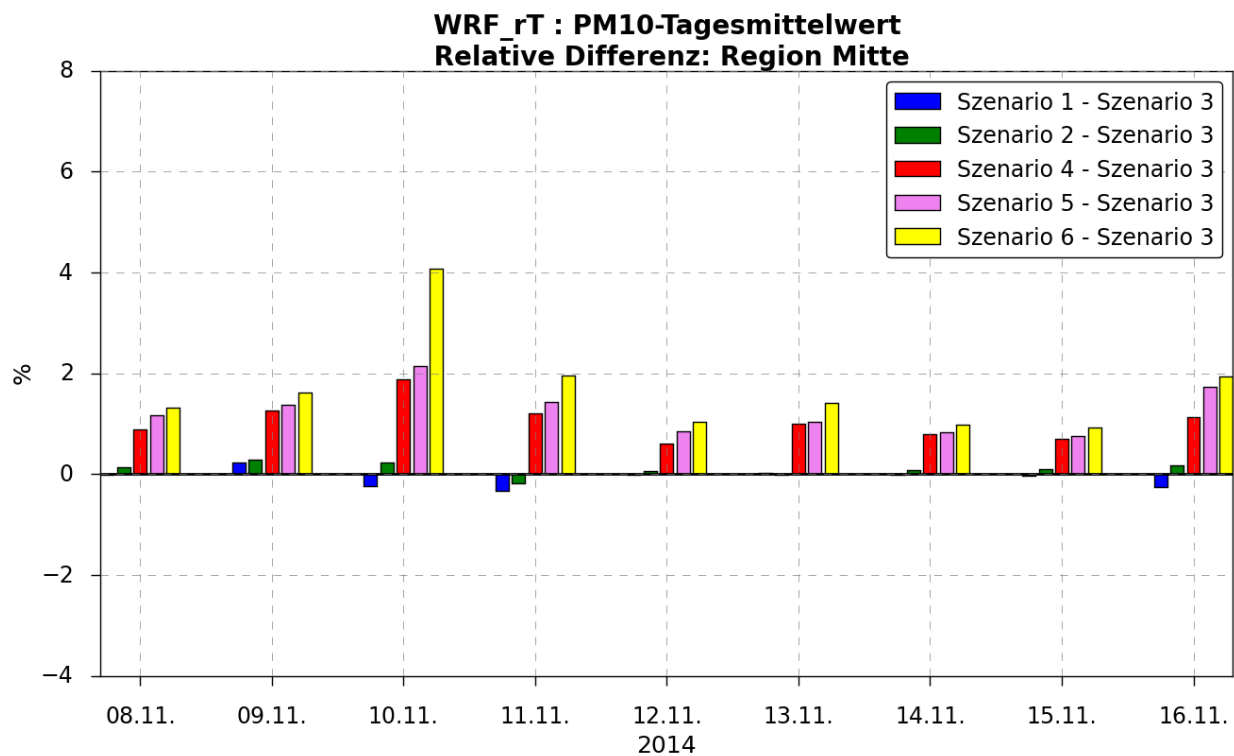
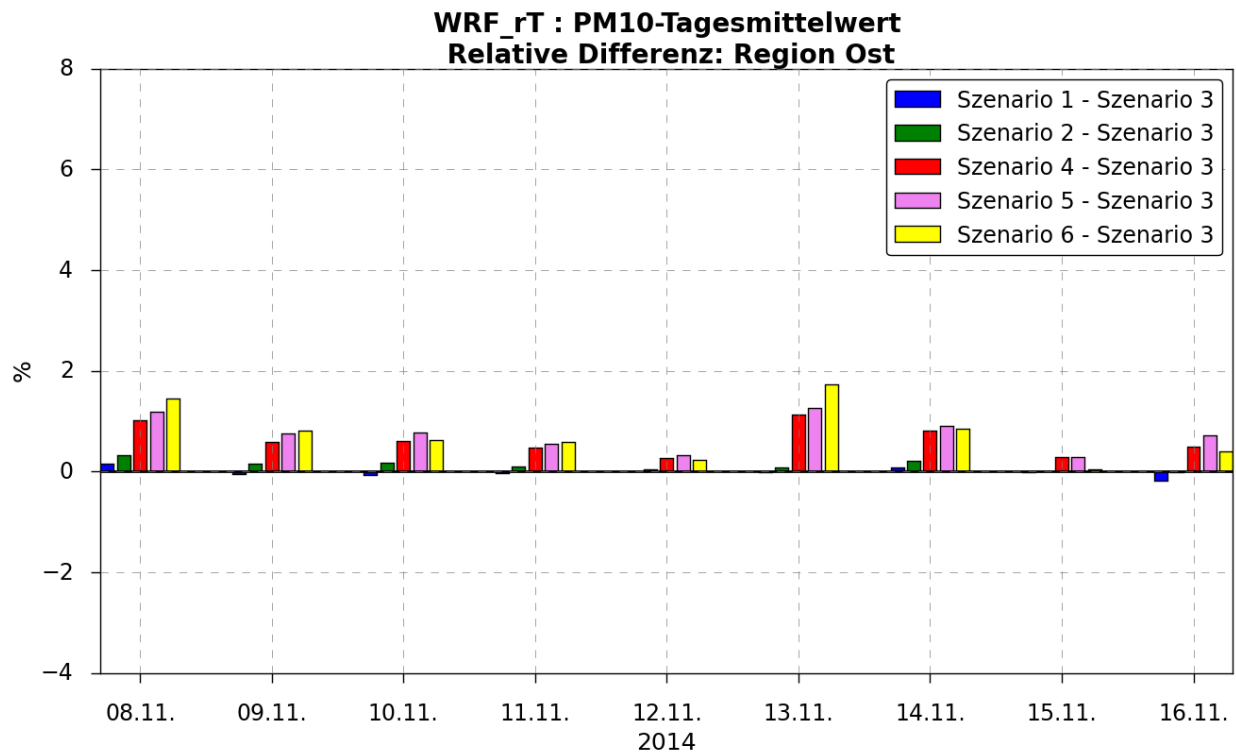


Abbildung 3-10: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Mitte.



**Abbildung 3-11: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Ost.**

### 3.3 Episode 2: 8.8. bis 16.8.2015

#### 3.3.1 Messung

Der langsame Anstieg der Feinstaubkonzentration in ganz Niederösterreich ist während dieser Episode über etwa 2 Wochen hinweg zu erkennen (ZAMG, 2018b). Am 14.8.2015 wurde dann an zwei Stationen in der Region Ost (Klosterneuburg  $52,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Wiener Neudorf  $53,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und zwei Stationen in der Region Mitte (Neusiedl/Tullnerfeld  $53,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Stockerau  $50,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) eine Überschreitung des PM10-Tagesmittelwerts gemessen. Die Station Biedermannsdorf zeigte mit  $50,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ebenfalls eine erhöhte PM10-Konzentration. Alle anderen Stationen zeigten niedrigere Werte (zwischen  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

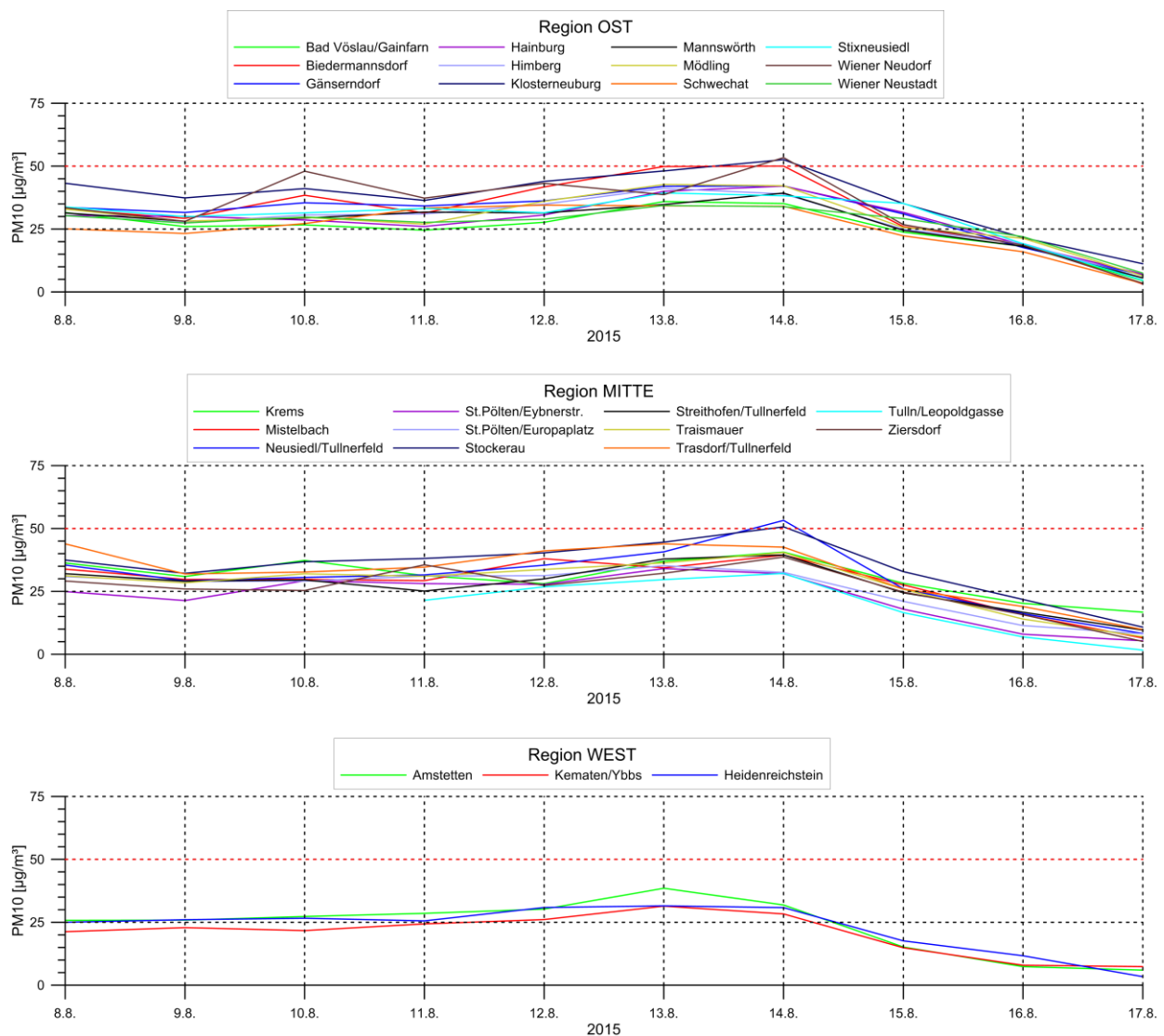


Abbildung 3-12: Episode 1: PM10-Tagesmittelwerte der niederösterreichischen Luftgütestationen eingeteilt in die Regionen Ost (oben), Mitte (Mitte) und West (unten).

### 3.3.2 Niederösterreichweite Analyse

In Abbildung 3-13 ist exemplarisch für das Szenario 1 mit den geringsten Emissionen der Mittelwert der PM<sub>10</sub>-Konzentration über den gesamten betrachteten Zeitraum 8.8. – 16.8.2015 dargestellt. Im Vergleich zur vorher beschriebenen Episode 1 (Kapitel 3.2), zeigt diese Episode zwar ebenfalls für WRF\_gT höhere Konzentrationen als für WRF\_rT, jedoch sind die Unterschiede zwischen den zwei WRF-Chem Simulationen deutlich geringer.

Im Sommer sind die Feinstaubkonzentrationen im Allgemeinen niedriger als im Winter, da es durch die typischen konvektiven Wetterlagen zu einem guten vertikalen Austausch der Luftmassen kommt. Dieser Austausch bedingt eine gute Durchmischung der Luftschichten und wirkt so einem Ansammeln der Schadstoffe entgegen.

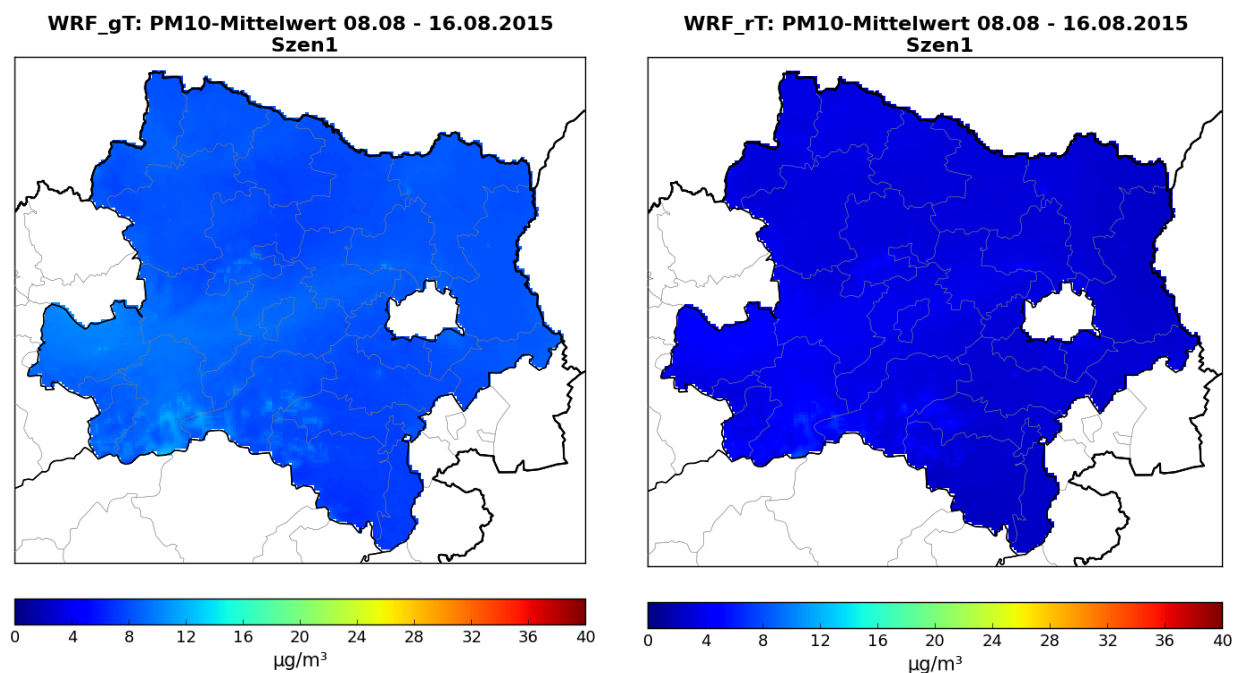
Während der betrachteten Feinstaubepisode herrschte in Österreich eine gradientschwache Druckverteilung mit sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten, sehr sonnigem Wetter und kaum Niederschlägen. Diese Wetterlage führte zu einer langanhaltenden Hitzewelle in Ostösterreich. Durch diese austauscharme Situation konnten sich die Aerosole in der Grenzschicht ansammeln.

Das Modell zeigt sowohl für WRF\_gT als auch für WRF\_rT sehr niedrige PM<sub>10</sub>-Konzentrationen. Die simulierten Konzentrationen von WRF\_gT liegen im Mittel bei ca. 10 µg/m<sup>3</sup> (im Osten) bis 15 µg/m<sup>3</sup> (im Südwesten). Das Modell WRF-Chem kann normalerweise die PM<sub>10</sub>-Konzentration im Sommer relativ gut wiedergeben, unterschätzte jedoch die Konzentrationen während dieser Episode deutlich.

Wie im Kapitel 2.2 beschrieben wurde, werden den Emissionen mittlere Jahres-/ Monats-/ Wochen-/ Jahresgänge aufgeprägt, um stündliche Emissionsdaten zu erhalten. Diese mittleren stündlichen Emissionen stellen eine Abschätzung der tatsächlichen Emissionen dar. Außergewöhnliche Ereignisse können damit nicht abgedeckt werden.

Während der Hitzeperiode kann es durch die langanhaltende Trockenheit und der daraus resultierenden Austrocknung der Böden zu zusätzlichen Emissionen gekommen sein. Wenn trockene Ackerflächen mit landwirtschaftlichen Maschinen bewirtschaftet werden, können große Staubmengen in die Grenzschicht gelangen. Im Modell wird zwar die Austrocknung der Böden simuliert, jedoch nicht die Aufwirbelung durch die Bewirtschaftung der Böden. Eine zusätzliche Emissionsquelle könnte die Staubaufwirbelung von trockenen Böden durch Wind (Winderosion) sein. Das Modell berücksichtigt die Winderosion auf Basis von

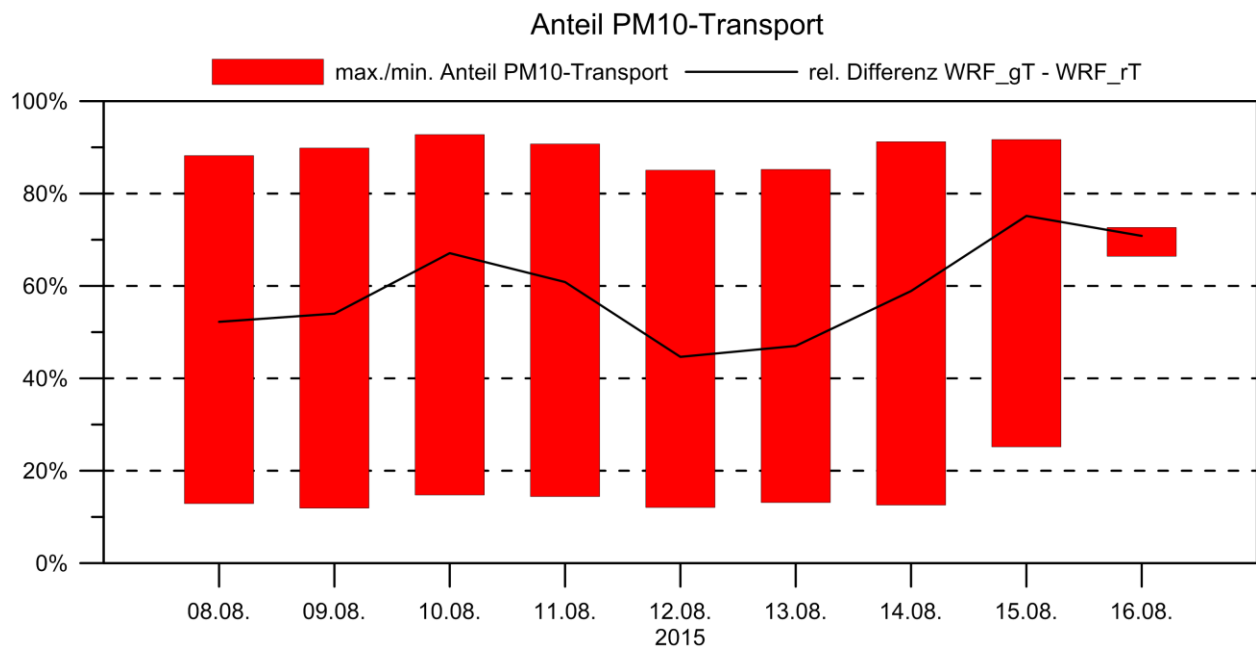
Landnutzungsdaten und Windgeschwindigkeit. Es könnte jedoch sein, dass diese außergewöhnliche Trockenheit nicht in diesem Ausmaß im Modell berücksichtigt wurde, wodurch ein zu niedriger Beitrag durch die Staubaufwirbelung im Modell enthalten wäre. Diese zusätzlichen Emissionsquellen werden natürlich auch in den restlichen Teilen Europas nicht berücksichtigt, weshalb der Anteil an herantransportiertem PM10 ebenfalls unterschätzt wurde.



**Abbildung 3-13:** PM10-Mittelwert 8.8.-16.8.2015 (Szenario 1) für die Domäne WRF\_gT (links) und WRF\_rT (rechts).

Aufgrund der vorher beschriebenen Defizite in den Emissionen ist die Angabe des Anteils des PM10-Transports an den PM10-Konzentrationen schwierig. Es ist jedoch möglich die Spanne zwischen dem minimal und maximal möglichen Anteil des PM10-Transports an den PM10-Konzentrationen auszurechnen. Die simulierten PM10-Konzentrationen sind um etwa  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu niedrig. Diese  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  können entweder zu 100 % aus dem PM10-Transport oder zu 100 % aus lokalen Quellen (Landwirtschaft, Staubaufwirbelung) stammen. Berechnet man mit diesen Annahmen nun den Anteil am PM10-Transport (rote Balken in Abbildung 3-14), ergibt sich leider eine sehr große Spanne für den PM10-Transport (etwa 10 % bis 90 %). Nur für den letzten Tag zeigt sich eine deutlich kleinere Spanne, da an diesem Tag das Modell und die Messung gut übereingestimmt haben.

In der Abbildung 3-14 ist zusätzlich noch der Anteil an PM10-Transport, der aus den Simulationsergebnissen ( $WRF_{gT} - WRF_{rT}$ ) berechnet worden ist, als schwarze Linie dargestellt. Dieser Anteil stellt zwar nicht die Realität dar, zeigt aber den PM10-Transport, wenn diese außergewöhnlichen Emissionsereignisse nicht eingetroffen wären.



**Abbildung 3-14: Spanne zwischen maximal und minimal möglichen Anteil an PM10-Transport sowie die relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte  $WRF_{gT} - WRF_{rT}$  für gesamt Niederösterreich.**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die relativen Differenzen des PM10-Mittelwerts (8.8. bis 16.8.2015) der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario 3 für  $WRF_{rT}$ . In allen Abbildungen ist ein „geflecktes“ Muster in den Differenzen zu erkennen. Wie schon in Kapitel 3.2.2 beschrieben wurde, liegt dies an den kleinräumigen Unterschieden und der zeitlichen Mittelung der Daten. Im Gegensatz zur ersten Episode zeigen in dieser Episode aber alle Szenarien dieses gefleckte Muster. Dies liegt zum einen an den meteorologischen Bedingungen (konvektive Wetterlagen) und auch an den niedrigen simulierten PM10-Konzentrationen. Bei niedrigen Konzentrationen können oft schon geringe Unterschiede in einer hohen relativen Differenz resultieren, was den optischen Eindruck des gefleckten Musters unterstützt.

Es ist aber gut erkennbar, dass in Abbildung 3-15 (Szenario 1 – Szenario 3) die negativen Differenzen überwiegen. Ebenso zeigen die Abbildungen für die anderen Szenarien eine

überwiegende Rotfärbung, wenngleich auch manche Regionen deutlich negative Differenzen zeigen können.

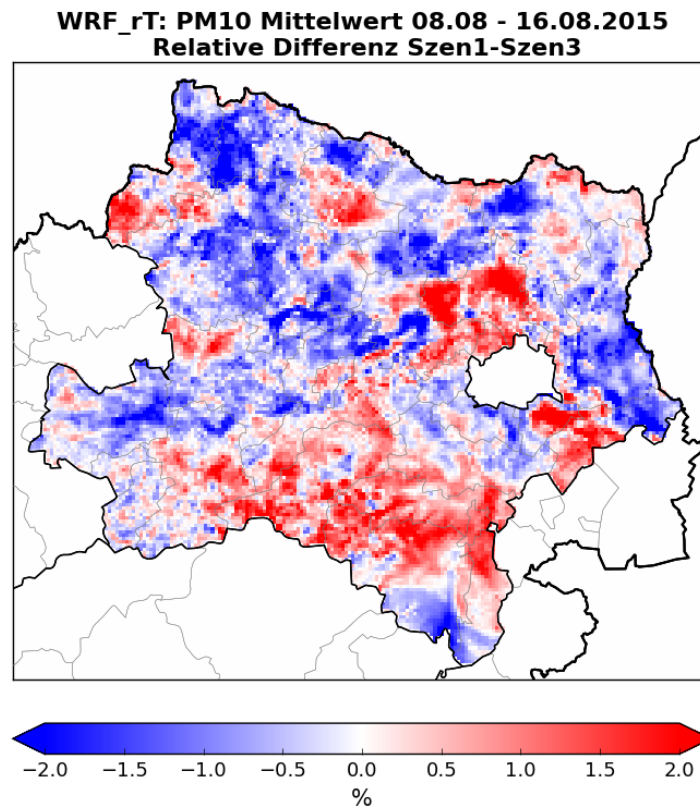


Abbildung 3-15: Relative Differenz (Szenario 1 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.8. bis 16.8.2015 für WRF\_rT.

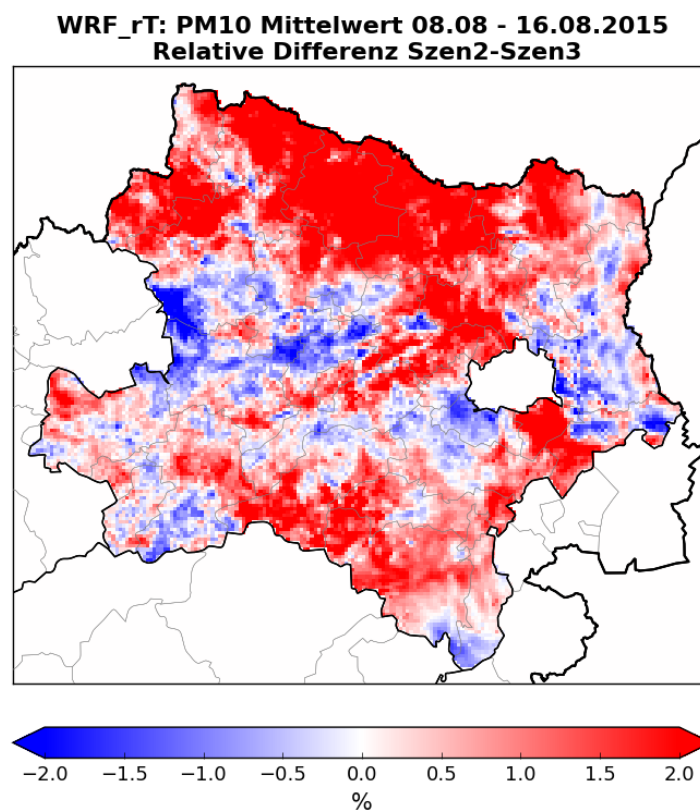




Abbildung 3-16: Relative Differenz (Szenario 2 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.8. bis 16.8.2015 für WRF\_rT.

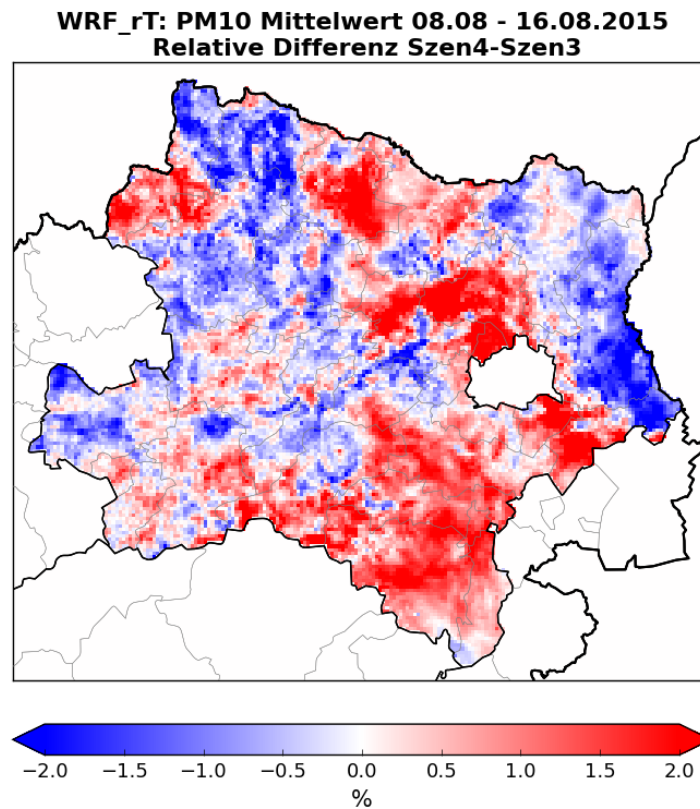


Abbildung 3-17: Relative Differenz (Szenario 4 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.8. bis 16.8.2015 für WRF\_rT.

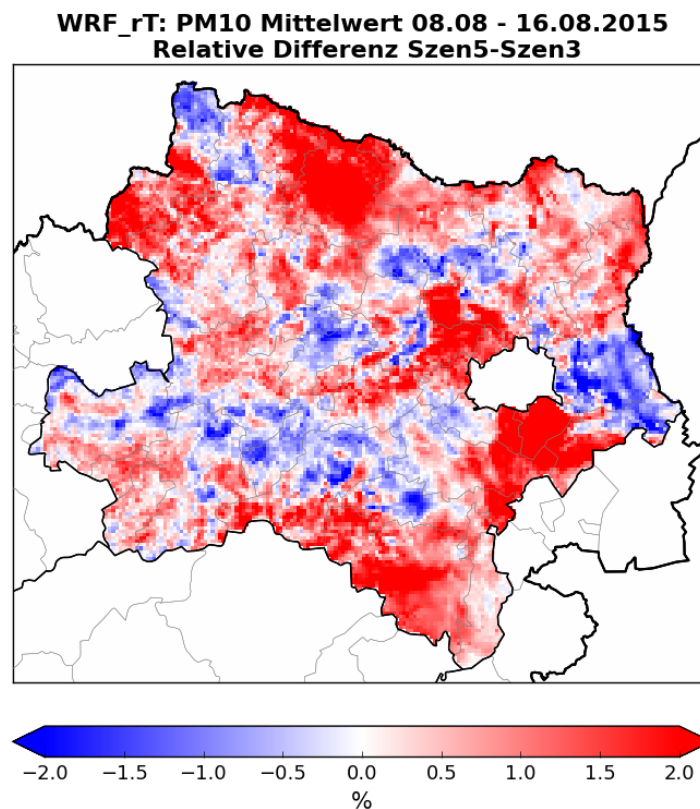


Abbildung 3-18: Relative Differenz (Szenario 5 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.8. bis 16.8.2015 für WRF\_rT.

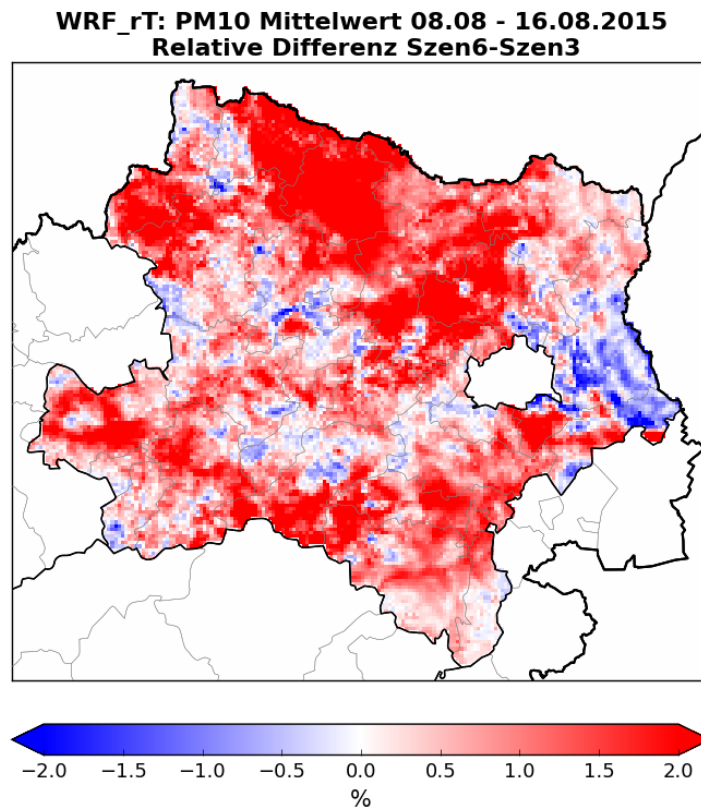


Abbildung 3-19: Relative Differenz (Szenario 6 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 8.8. bis 16.8.2015 für WRF\_rT.

### 3.3.3 Regionale Auswertung

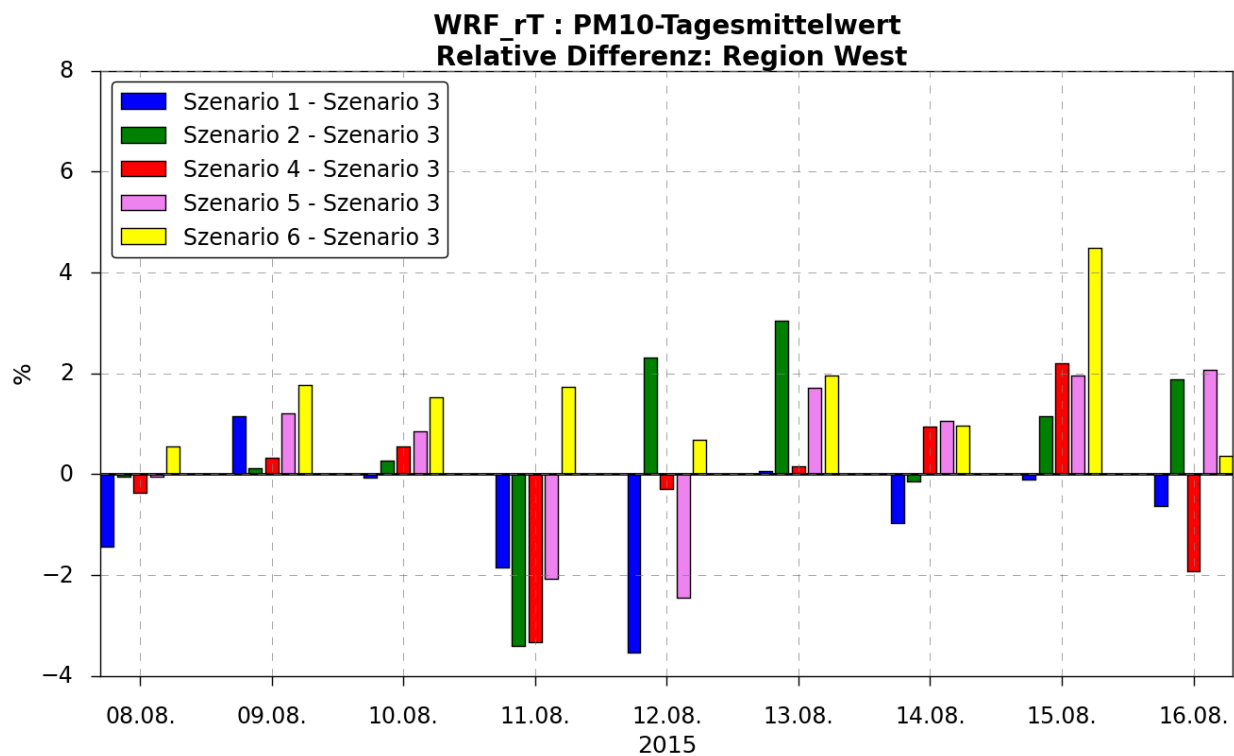
Aus den simulierten PM10-Konzentrationen wurden für jedes Szenario PM10-Tagesmittelwerte für die Sanierungsgebiete in Niederösterreich berechnet. Dazu wurden die Sanierungsgebiete in die Regionen West, Mitte und Ost eingeteilt (Kapitel 2.4).

Die folgenden Abbildungen zeigen die relativen Differenzen der modellierten PM10-Tagesmittelwerte zwischen den Emissionsszenarien zum Basis-Szenario 3. Wie schon vorher beschrieben wurde, sind die modellierten PM10-Konzentrationen, da Emissionen aus Staubaufwirbelung und Landwirtschaft im Modell nicht berücksichtigt werden konnten, sehr niedrig. Dieser Umstand zusammen mit den sommerlichen Witterungsverhältnissen und den relativ geringen Unterschieden zwischen den Emissionsszenarien macht den Vergleich der berechneten Immissionen schwierig.

Bei niedrigen PM10-Konzentrationen zeigen schon geringe Änderungen teilweise „hohe“ relative Differenzen. Insgesamt überwiegen erwartungsgemäß positive Differenzen, also Immissionszunahmen, mit Ausnahme beim Vergleich Szenario 1 mit Szenario 3. Allerdings

zeigen auch Emissionsszenarien, die eigentlich höhere Emissionen (z.B.: Szenario 5) als das Basis-Szenario 3 aufweisen, teilweise negative Abweichungen in den simulierten PM10-Konzentrationen. Wie schon in Kapitel 3.2.3 beschrieben wurde, können höhere Emissionen auch in niedrigen Immissionen resultieren: In der betrachteten Episode spielen neben der räumlichen und zeitlichen Mittelung der PM10-Konzentrationen auch die sommerlichen Witterungsverhältnisse eine entscheidende Rolle.

Die Differenzen für die betrachtete Episode sollten wegen der genannten Gründe nicht überbewertet werden.



**Abbildung 3-20: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region West.**

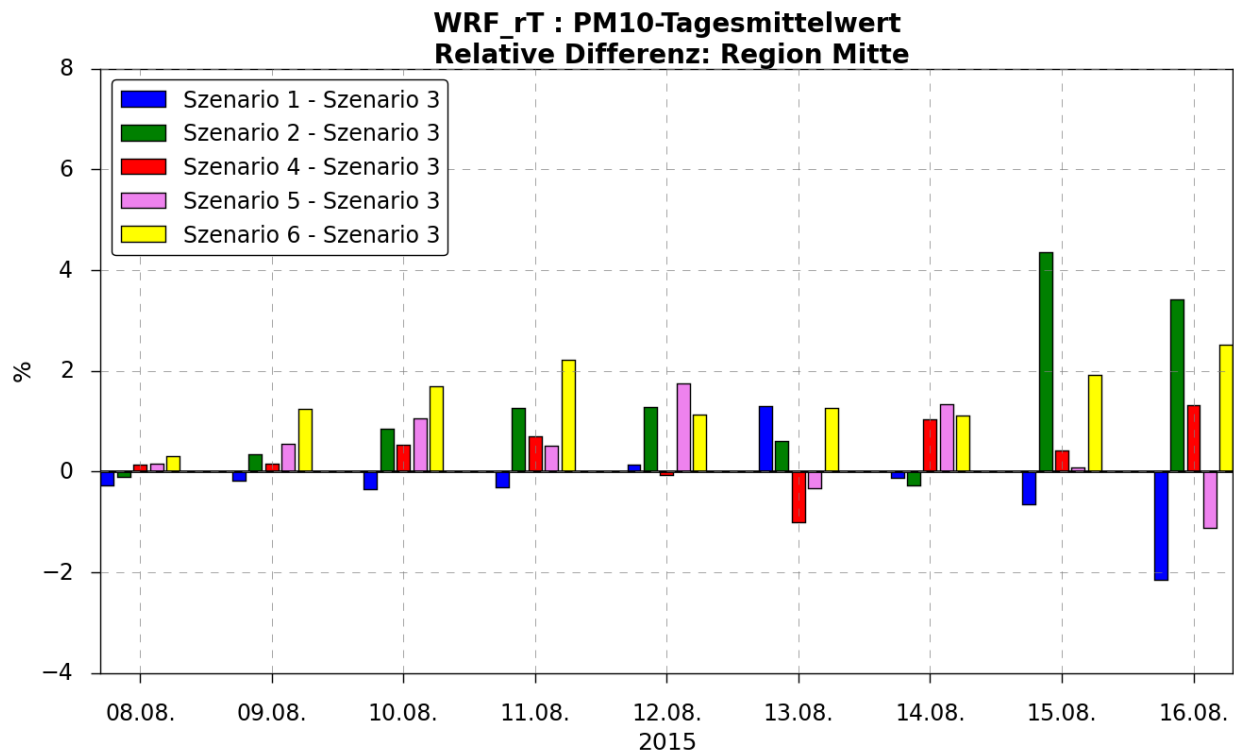


Abbildung 3-21: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Mitte.

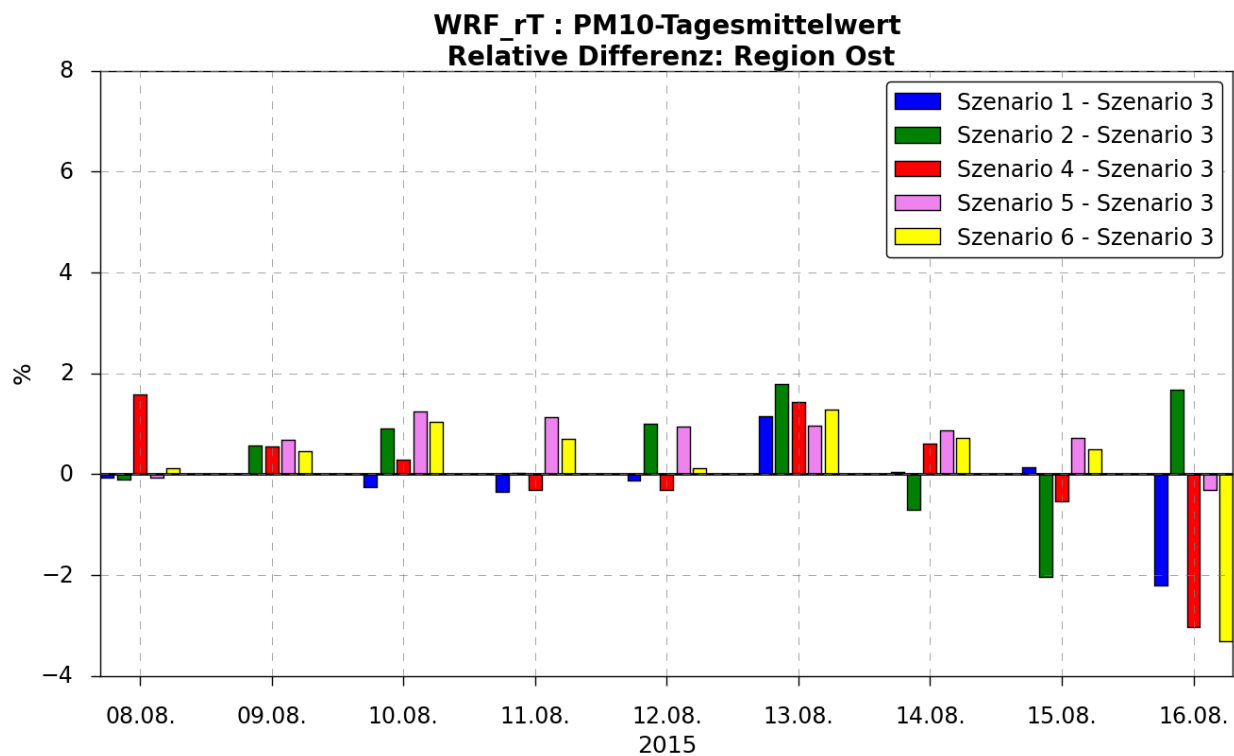


Abbildung 3-22: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Ost.

### 3.4 Episode 3: 23.10 bis 1.11.2015

#### 3.4.1 Messung

Ab dem 23.10.2015 zeigen alle Luftgütestationen in Niederösterreich einen Anstieg in den PM10-Tagesmittelwerten. Die höchste PM10-Konzentration wurde in der Region West schon ein bzw. zwei Tage vor der Spitze in den anderen Regionen gemessen. Am 29.10. wurde dann an der Station Klosterneuburg mit  $55,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine Überschreitung des PM10-Tagesmittelgrenzwerts gemessen. Die Messungen der restlichen Stationen blieben unterhalb des Grenzwerts.

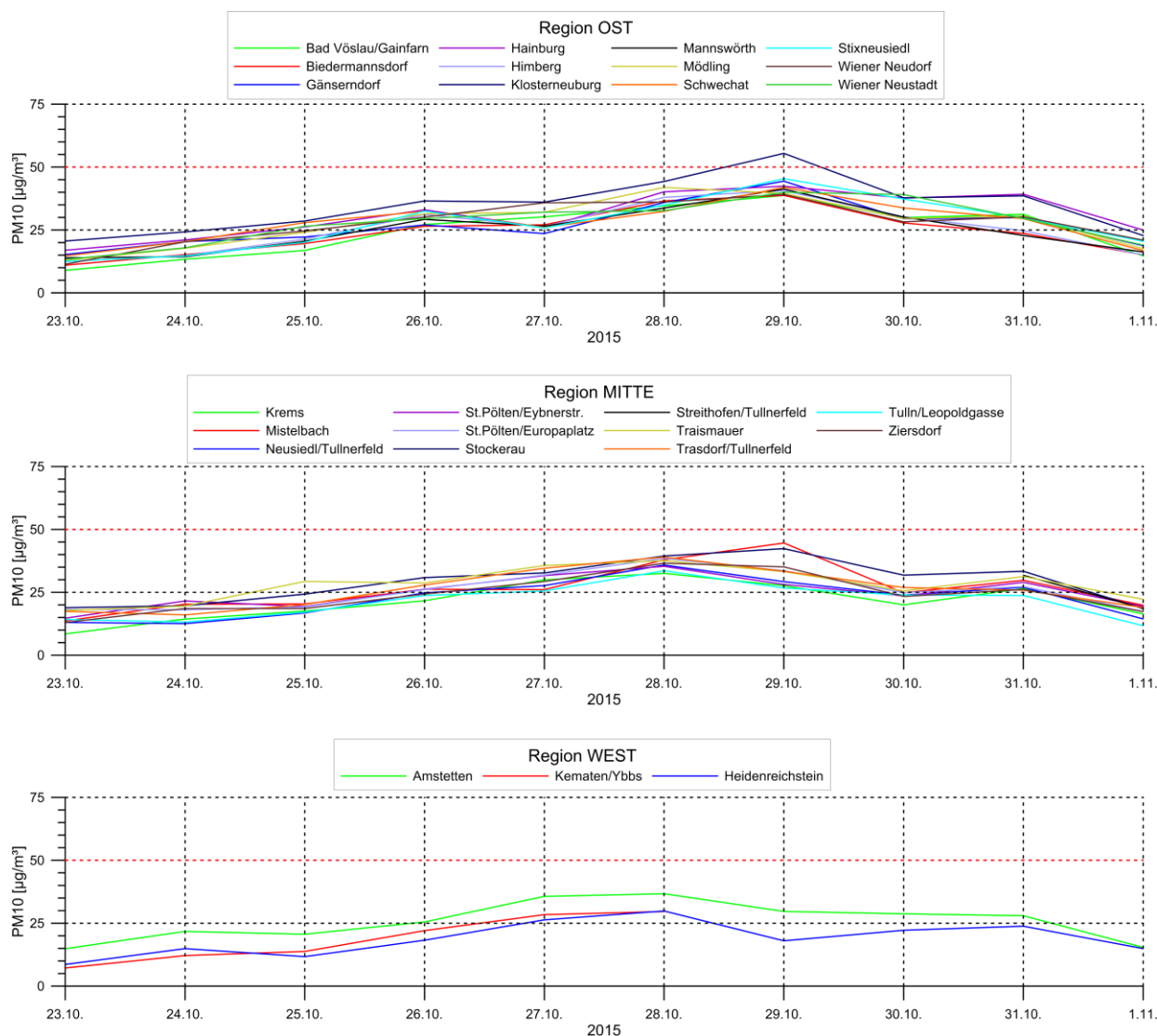
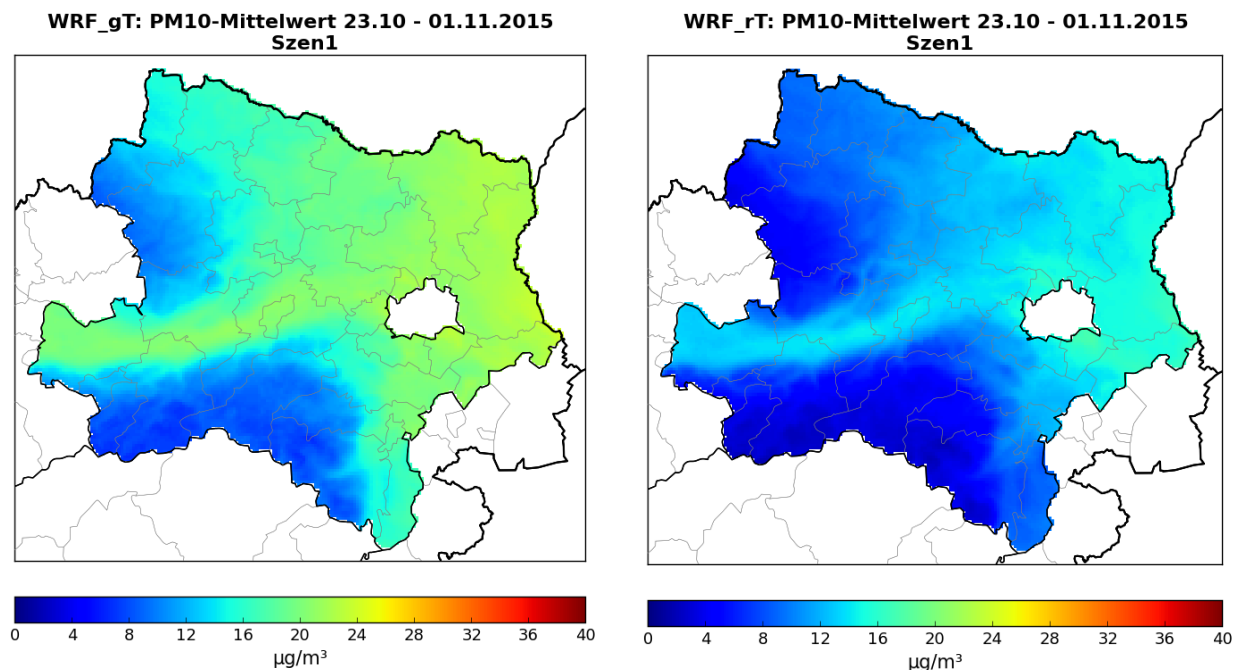


Abbildung 3-23: Episode 1: PM10-Tagesmittelwerte der niederösterreichischen Luftgütestationen eingeteilt in die Regionen Ost (oben), Mitte (Mitte) und West (unten).

### 3.4.2 Niederösterreichweite Analyse

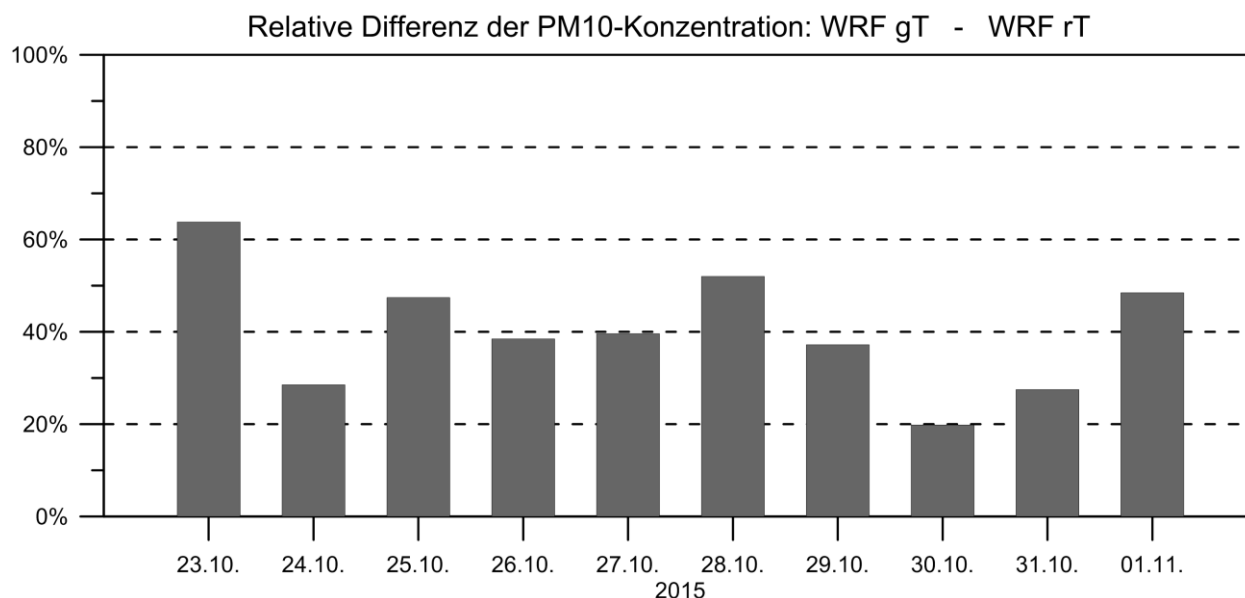
Der Mittelwert der PM10-Konzentrationen über den gesamten betrachteten Zeitraum 23.10. bis 1.11.2015 ist in Abbildung 3-24 für WRF\_gT (links) und WRF\_rT (rechts) exemplarisch für das Szenario 1 mit den geringsten Emissionen dargestellt. Die modellierten PM10-Konzentrationen (WRF\_gT) passen sehr gut zu den gemessenen Konzentrationen: In der Region Ost werden die höchsten PM10-Konzentrationen ermittelt. In der Region Mitte ist das Konzentrationsniveau geringfügig niedriger als in der Region Ost, und für die Region West werden die niedrigsten Konzentrationen bestimmt. WRF\_rT zeigt deutlich niedrigere Konzentrationen, da hier der großräumige PM10-Transport nicht berücksichtigt wird; die räumliche Verteilung ist allerdings ähnlich wie für WRF\_gT.



**Abbildung 3-24: PM10-Mittelwert 23.10.-1.11.2015 (Szenario 1) für die Domäne WRF\_gT (links) und WRF\_rT (rechts).**

Durch die Differenzbildung der modellierten Konzentrationen von WRF\_gT und WRF\_rT kann der Anteil des PM10-Transports an den PM10-Konzentrationen gezeigt werden (Abbildung 3-25). Dazu wurden alle in Niederösterreich liegenden Gitterzellen von beiden Modellläufen räumlich gemittelt. Aus diesen stündlichen Werten wurden Tagesmittelwerte gebildet. Dargestellt sind die relativen Differenzen dieser Tagesmittelwerte.

Aufgrund der meteorologischen Bedingungen schwankt der Anteil an herantransportiertem PM10 natürlich täglich. In der betrachteten Episode liegt der Anteil zwischen etwa 20 % und 64 %. Diese Prozentangaben sind als Richtwerte zu sehen, da bei den Simulationen für WRF\_rT der PM10-Transport zwar minimiert, aber nicht zur Gänze ausgeschlossen wird.



**Abbildung 3-25: Relative Differenz des PM10-Tagesmittelwerts WRF\_gT – WRF\_rT für gesamt Niederösterreich.**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die relativen Differenzen der mittleren PM10-Konzentrationen (23.10. bis 1.11.2015) der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario 3.

Die Differenzen der Szenarien 1 und 2 zum Basis-Szenario 3 sind erwartungsgemäß relativ gering. Szenario 1 zeigt großflächig etwas niedrigere, Szenario 2 etwas höhere PM10-Konzentrationen als das Basis-Szenario 3. Die Unterschiede zwischen den Szenarien 4 bis 6 zum Basis-Szenario 3 sind etwas ausgeprägter, da auch in den Emissionsdaten größere Unterschiede auftreten. In der betrachteten Episode zeigen die niedrigeren Emissionen von der Gemeinde Schwechat im Szenario 6 im Vergleich zur Episode 1 (Kapitel 3.2.2) nur einen kleinräumigeren Einfluss auf die PM10-Konzentrationen.

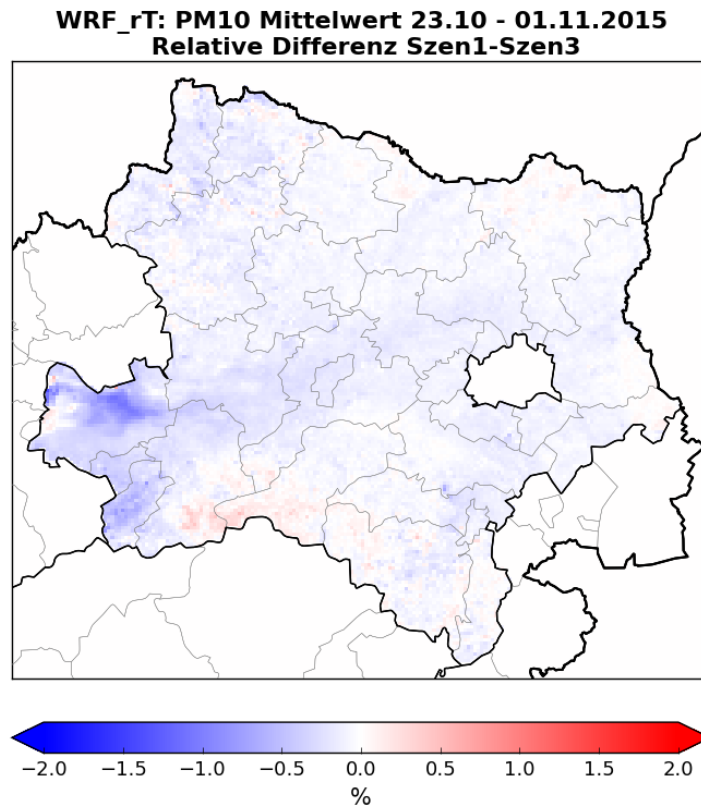


Abbildung 3-26: Relative Differenz (Szenario 1 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 23.10. bis 1.11.2015 für WRF\_rT.

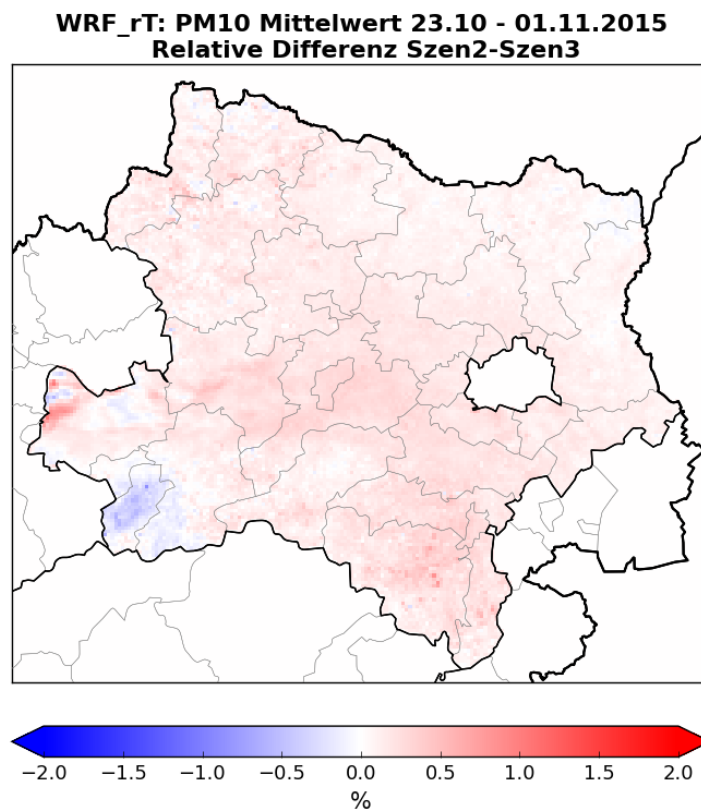


Abbildung 3-27: Relative Differenz (Szenario 2 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 23.10. bis 1.11.2015 für WRF\_rT.



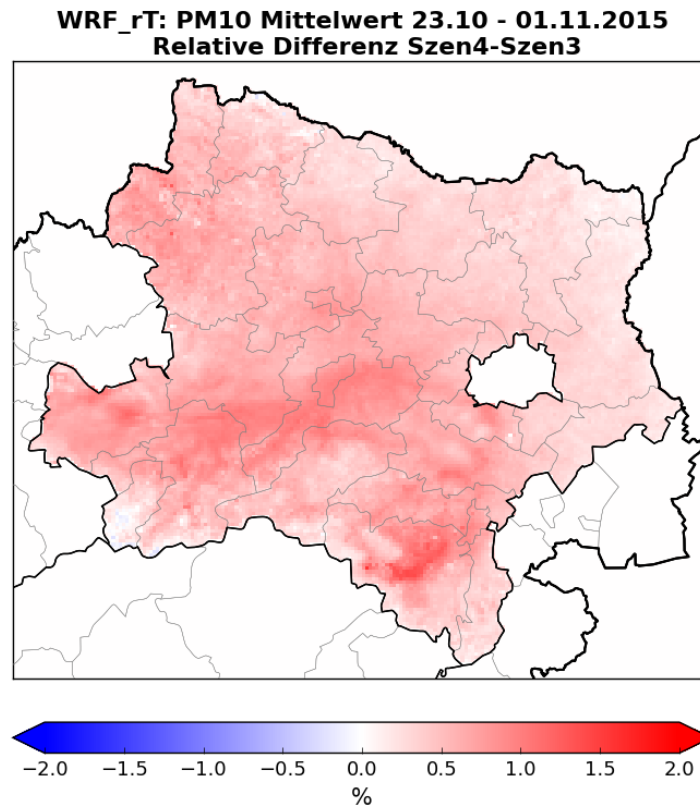


Abbildung 3-28: Relative Differenz (Szenario 4 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 23.10. bis 1.11.2015 für WRF\_rT.

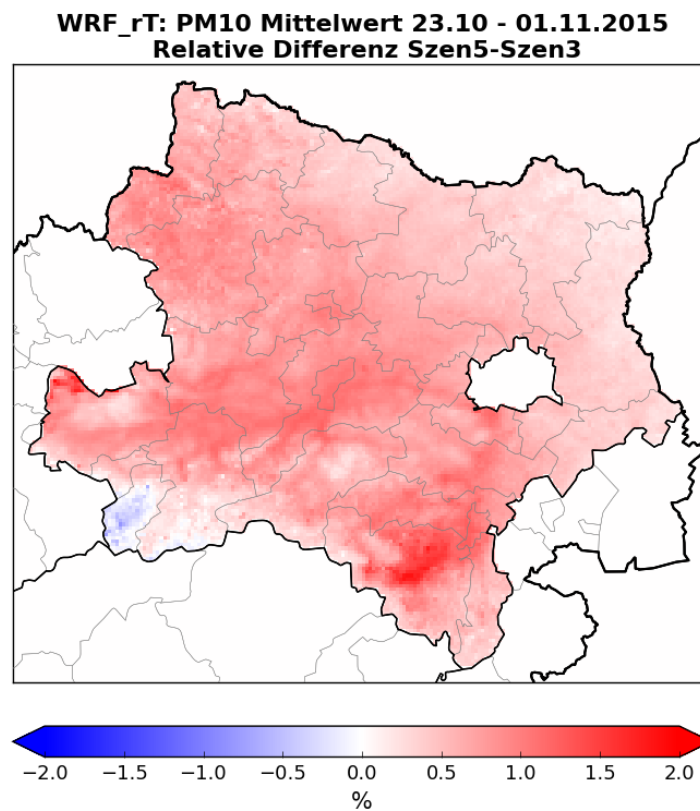
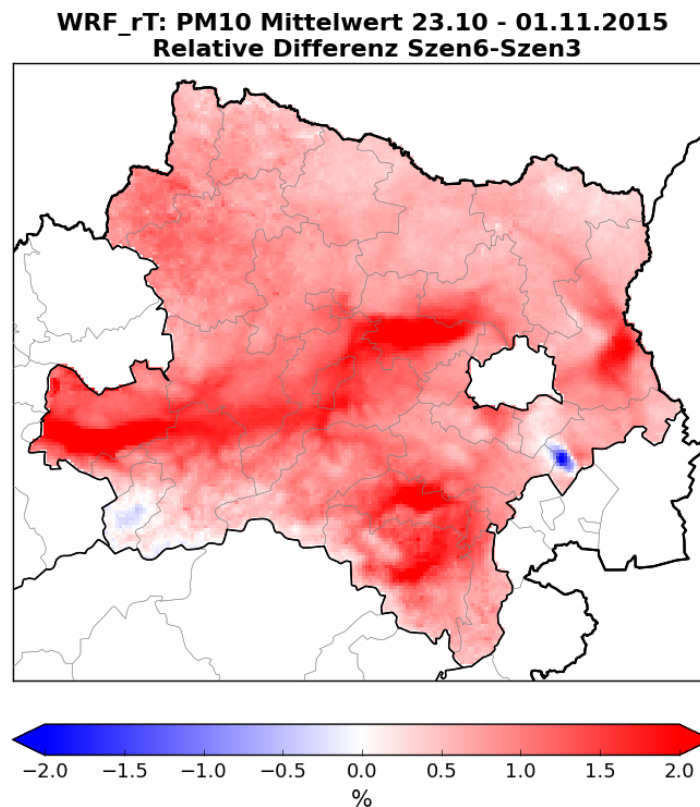


Abbildung 3-29: Relative Differenz (Szenario 5 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 23.10. bis 1.11.2015 für WRF\_rT.



**Abbildung 3-30: Relative Differenz (Szenario 6 – Szenario 3) des PM10-Mittelwerts vom 23.10. bis 1.11.2015 für WRF\_rT.**

### 3.4.3 Regionale Auswertung

Aus den simulierten PM10-Konzentrationen wurden für jedes Szenario PM10-Tagesmittelwerte für die Sanierungsgebiete in Niederösterreich berechnet. Dazu wurden die Sanierungsgebiete in die Regionen West, Mitte und Ost eingeteilt (Kapitel 2.4).

Die Abbildungen zeigen, um wie viel Prozent die Immissionswerte der einzelnen Szenarien im Vergleich zum Basis-Szenario in der betrachteten Region höher oder niedriger sind. So bedeutet eine Abweichung um z.B. +2,0 %, dass in diesem Szenario die Immissionswerte am betrachteten Tag um 2,0 % höher sind als im Basis-Szenario.

Die Ergebnisse der WRF\_rT Simulationen für die einzelnen Regionen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Durch die meteorologischen Gegebenheiten variieren die Unterschiede zwischen den Szenarien täglich.

In der Region West (Abbildung 3-31) zeigen sich für das Szenario 1 meist negative Abweichungen der PM10-Konzentrationen im Vergleich zum Basis-Szenario 3. Die Differenzen bewegen sich zwischen -0,1 % und -1,6 %. Die Differenzen zum Szenario 2 liegen hauptsächlich

positive Abweichungen zum Basis-Szenario 3 vor. Nur am 23.10. (-0,8 %) treten negative Abweichungen auf. Wie schon bei der Analyse der Ergebnisse der ersten Episode (Kapitel 3.2.3) beschrieben wurde, können auch niedrigere Emissionen zu höheren Immissionen führen. Die Szenarien 4 bis 6 zeigen die größten Abweichungen zum Basis-Szenario 3. Jedoch liegen die Differenzen meist unter +2 %. Szenario 4 zeigt positive Abweichungen zwischen +0,4 % und +3,2 %. Für Szenario 5 liegen die Differenzen zwischen +0,6 % und +3,7 %, nur am ersten Tag treten negative Differenzen von -0,3 % auf. Szenario 6 zeigt die höchsten Abweichungen (0,8 % bis 4,7 %).

Für die Region Mitte (Abbildung 3-32) zeigt sich ein ähnliches Bild. Geringe Differenzen zeigen sich für das Szenario 1 (0 % bis -0,2 %) und Szenario 2 (+0,1 % bis 0,3 %). Die höchsten Abweichungen zeigen, wie erwartet, die Szenarien 4 bis 6. Szenario 4 zeigt relative Differenzen zwischen +0,2 % und +1,3 %. Szenario 5 liegt mit 0,3 % bis 1,6 % etwas höher als Szenario 4. Für das Szenario 6 zeigen sich wieder die höchsten Abweichungen (0,5 % bis 2,5 %).

In der Region Ost (Abbildung 3-33) zeigen 2 Tage (28.10. und 29.10.) kaum Differenzen zwischen den verschiedenen Szenarien zum Basis-Szenario. Für Szenario 1 sind die Differenzen, wie auch in den anderen Regionen, relativ gering, nämlich zwischen 0 % und -0,3 %. Szenario 2 zeigt ebenfalls geringe Differenzen (0 % bis +0,4 %). Die Szenarien 4 bis 6 zeigen auch in der Region Ost die höchsten Differenzen. Im Szenario 4 liegen die Differenzen zwischen +0,1 % und +0,8 % und im Szenario 5 zwischen +0,1 % und +1,3 %. Szenario 6 zeigt wieder die höchsten Differenzen (+0,1 % bis 2,1 %).

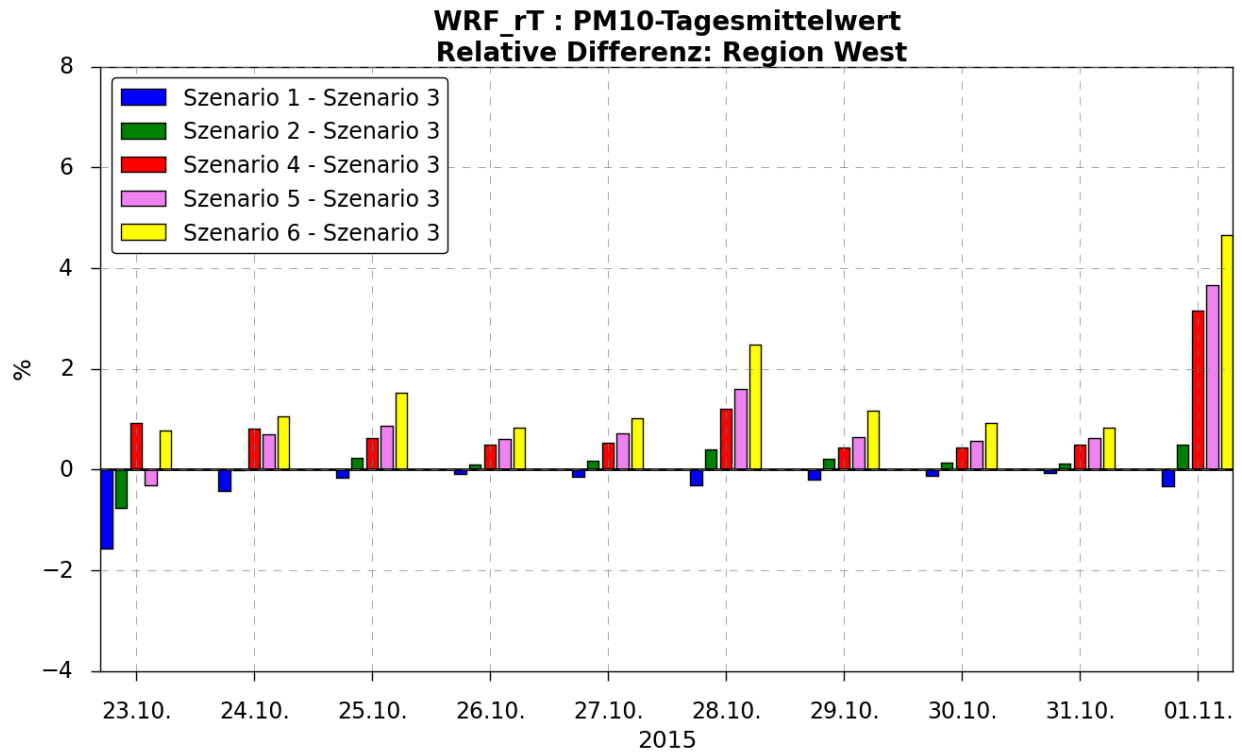


Abbildung 3-31: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region West.

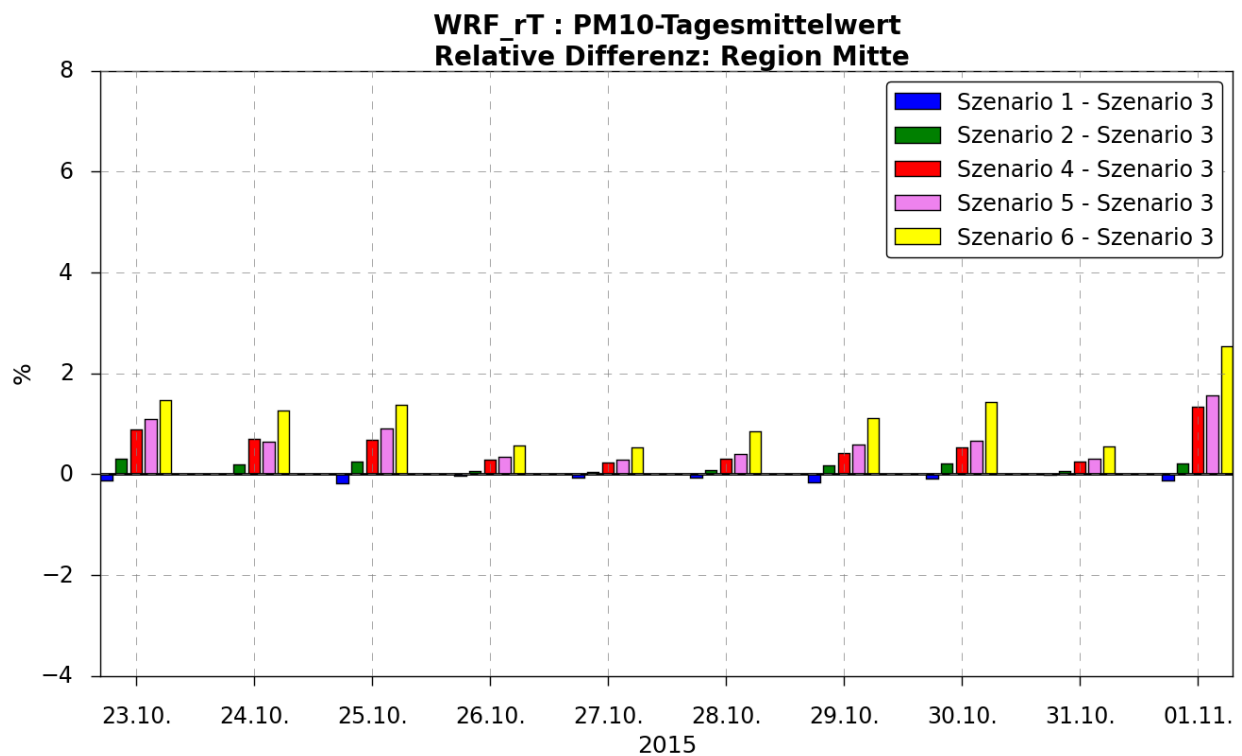
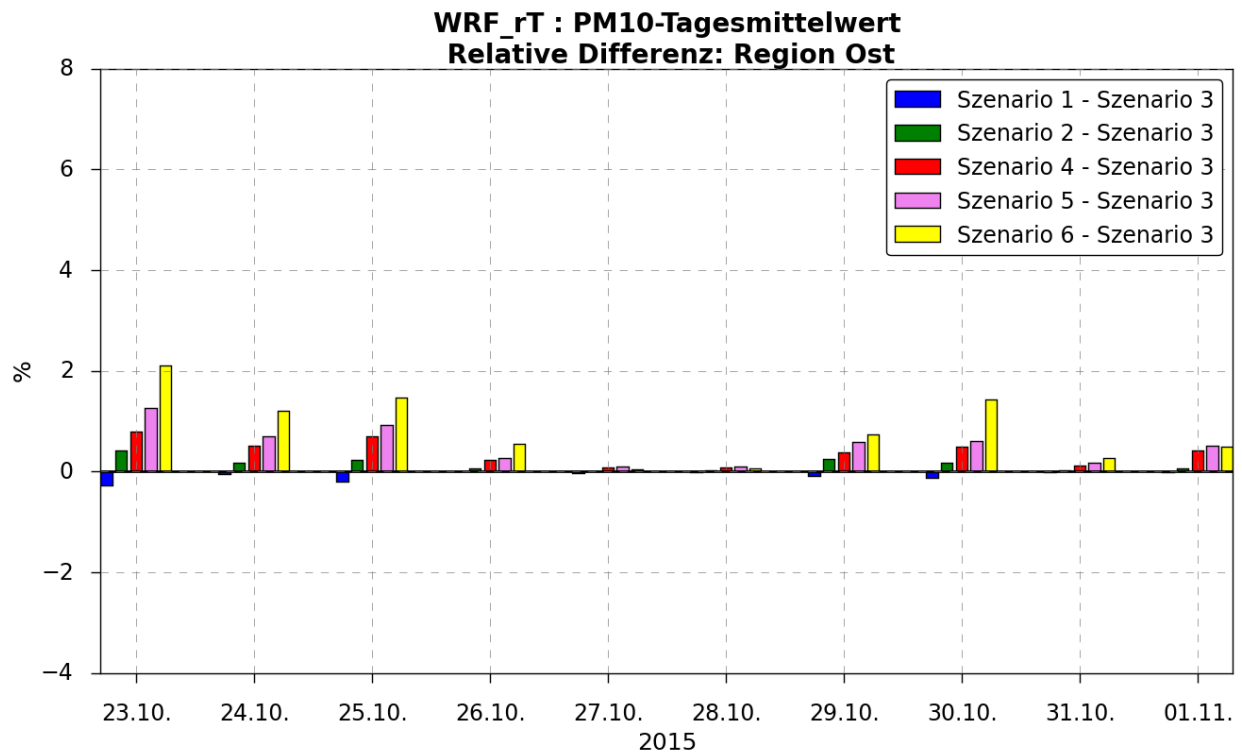


Abbildung 3-32: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Mitte.



**Abbildung 3-33: WRF\_rT: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Ost.**

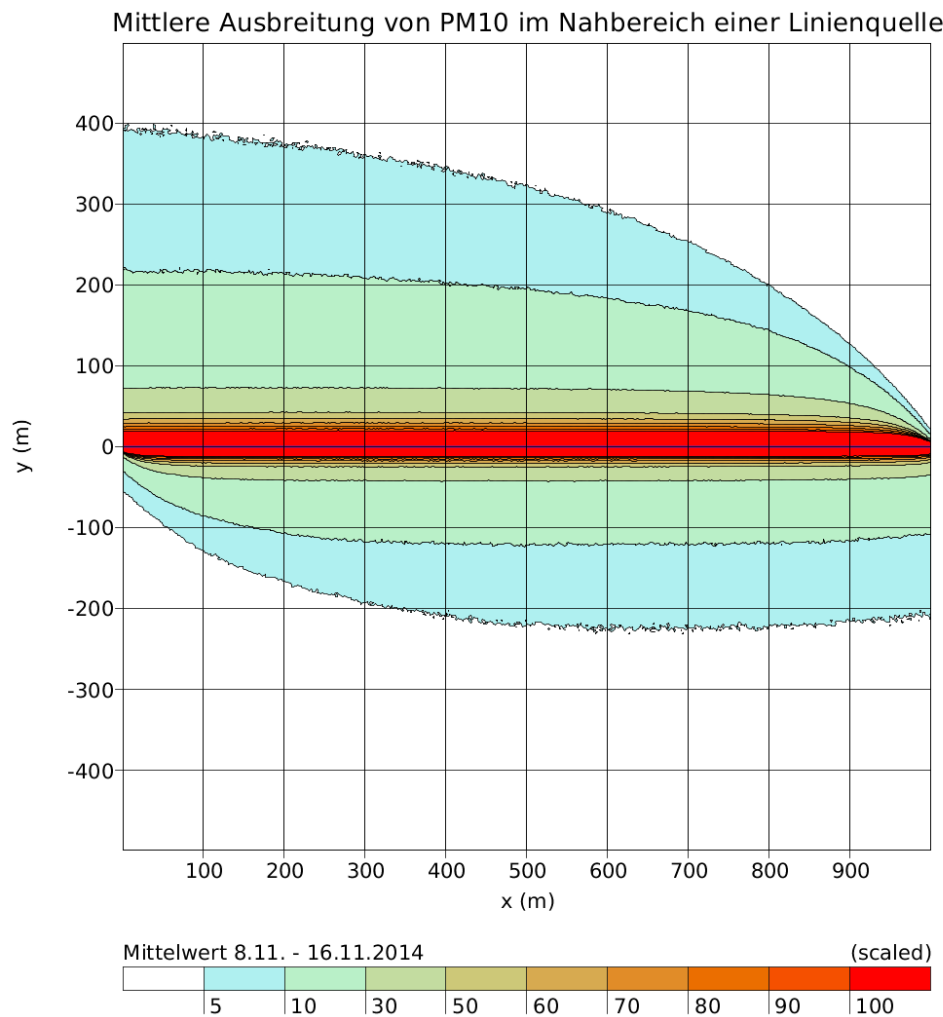
### 3.5 Lokale Auswertung

Die anthropogenen niederösterreichischen Emissionen für die einzelnen Szenarien liegen auf Gemeindeebene vor, d.h. die Emissionen einzelner Quellen, wie von Straßen oder Autobahnen, werden der Gemeinde zugeordnet, in der die Quelle liegt. Für die Simulationen mit WRF-Chem wurden diese Emissionen dann auf das Modellgitter (z.B. 1 x 1 km) gebracht. Durch diese Vorgangsweise werden die Emissionen sowohl für den Kataster als auch für die Modellrechnungen auf größere Flächen verteilt als auf die, von denen sie emittiert werden (z.B. Straßen).

Mit der Modellauflösung von 1 x 1 km können die regionalen Unterschiede sehr gut erfasst werden. Will man aber die lokalen Unterschiede zwischen den Szenarien betrachten, ist eine horizontale Auflösung von 1 x 1 km zu grob.

Aus diesem Grund wurde mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell LASAT (Kapitel 2.5) exemplarisch für eine Linienquelle eine Simulation für eine WRF-Chem Gitterzelle durchgeführt. Das LASAT-Modellgebiet hat deswegen eine Größe von 1 x 1 km und wurde mit einer horizontalen Auflösung von 2 x 2 m gerechnet. Die Linienquelle verläuft von West nach Ost, ist 10 m breit und repräsentiert somit eine befahrene Straße. Als meteorologische Eingangsdaten (Windrichtung und Windgeschwindigkeit) wurden die Messungen der TAWES-Station Großenzersdorf verwendet. Die Ausbreitungsklassen wurden mit diesen Winddaten und der Bewölkung vom Flughafen Wien Schwechat bestimmt (Kapitel 2.6).

Die Ausbreitung von PM<sub>10</sub> wurde exemplarisch für den Zeitraum von 8. bis 16.11.2014 (Episode 1) mit einer Einheitsemission von 1 g/s simuliert. In Abbildung 3-34 ist der Mittelwert der Immission über den gesamten simulierten Zeitraum dargestellt. Die absolute Höhe der Immission ist nicht relevant, da hier mit einer Einheitsemission gerechnet wurde. Wichtig ist die Verteilung der Immission. In Quellnähe sind die höchsten Immissionen zu finden. Je weiter man sich von der Quelle entfernt, desto niedriger wird die Immission.



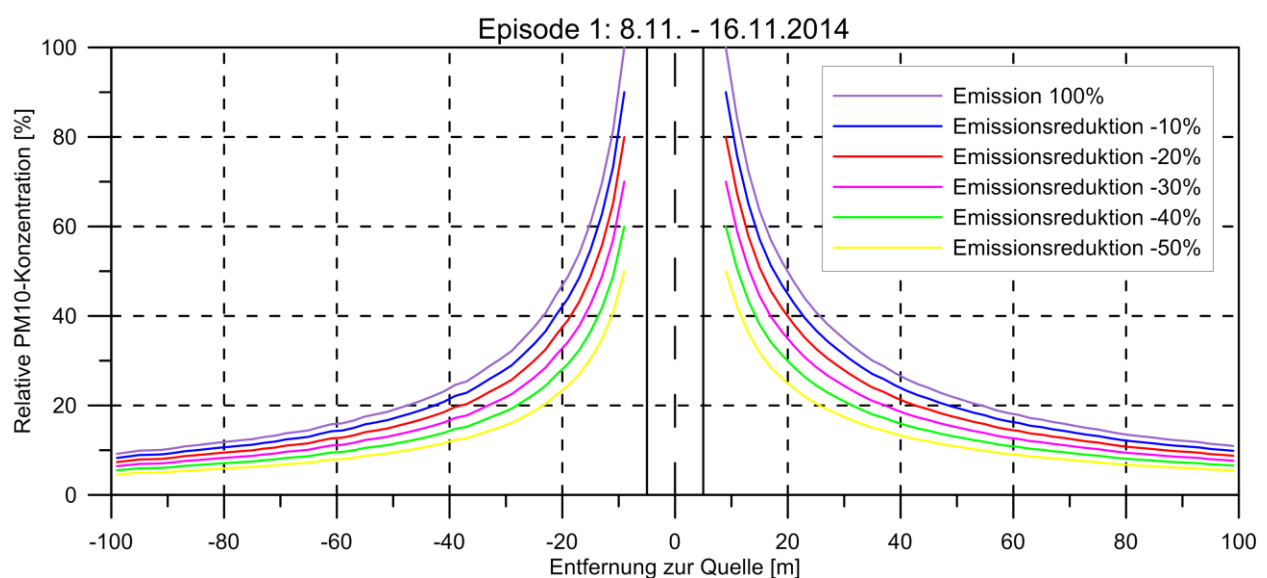
**Abbildung 3-34: Lokale Ausbreitungsmodellierung; Mittelwert der PM10-Konzentration von 8.11. bis 16.11.2014 bei einer Einheitsemission von 1 g/s.**

In Abbildung 3-35 ist die Abnahme der PM10-Konzentrationen (gemittelt von 8.11. bis 16.11.2014) mit der zunehmenden seitlichen Entfernung zur Linienquelle dargestellt. Dafür wurden die Konzentrationswerte entlang Gitterlinie  $x = 500$  m aus dem Dispersionsfeld extrahiert. Als Referenzwert wurde die PM10-Konzentration der Simulation mit der Einheitsemission von 1 g/s in  $\pm 5$  m Entfernung von der Quelle verwendet.

Die violette Linie (Emission 100 %) zeigt die Abnahme der Immission mit zunehmendem Abstand von der Linienquelle für die Einheitsemission von 1 g/s. Die weiteren Linien zeigen die potenzielle Änderung der PM10-Konzentration bei einer Reduktion der Emission um 10 % bis 50 % (in 10 % Schritten). Mit steigender Entfernung zur Quelle fällt die Konzentration rasch ab. In 100 m Entfernung von der Quelle hat sich die Immission bereits um etwa 90 % reduziert. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, können Maßnahmen zur Emissionsreduktion im Nahbereich

einer Quelle eine große Wirkung erzielen. Wird die Emission um z.B. 30 % reduziert, kann in 20 m Entfernung von der Quelle eine Immissionsreduktion von über 10 % im Vergleich zur Einheitsemission (Emission 100 %) erreicht werden.

Festzuhalten ist, dass es sich hier um eine exemplarische Darstellung der Immissionsituation im Nahbereich einer Quelle handelt. Die Simulationsergebnisse können nicht direkt auf den „Realfall“ umgelegt werden, da bei der Simulation keine Hintergrundbelastung berücksichtigt und nur ein sehr kurzer Zeitraum simuliert wurde. Die Simulation kann aber zeigen, welche Immissionsreduktion durch eine Emissionsreduktion an einer west-ost-verlaufenden Straßenquelle im betrachteten Zeitraum erreicht werden könnte.



**Abbildung 3-35: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.**

Aufgrund der sich verändernden meteorologischen Gegebenheiten ändert sich auch die Verteilung der PM10-Konzentrationen, weshalb es auch für jeden Tag unterschiedliche Abklingkurven gibt. In Abbildung 3-36 bis Abbildung 3-44 sind die mittleren Abklingkurven für jeden einzelnen Tag in der betrachteten Episode dargestellt. Am 8.11.2014 (Abbildung 3-36) herrschten vorwiegend nordwestliche Winde, weshalb die PM10-Konzentration vor allem südlich der Quelle (in der Abbildung links von der Quelle) zu finden ist. Durch die vorherrschende Windrichtung ist die PM10-Konzentration südlich der Quelle höher, weshalb auch die Abklingkurven der einzelnen Emissionsszenarien weiter auseinander liegen. Bei diesen Windverhältnissen wäre also theoretisch eine höhere Immissionsreduktion in Quellnähe möglich. Die Reduktion der Emission wäre in diesem Fall auch noch in weiterer Entfernung (z.B.



60 m) von der Quelle bemerkbar. Ähnlich verhält es sich auch bei dominanten Südwinden, wie es z.B. am 10.11.2014 der Fall war (Abbildung 3-38). Hier wird die PM<sub>10</sub>-Konzentration in Richtung Norden (in der Abbildung rechts von der Quelle) transportiert. Auch hier sind die Abklingkurven weiter voneinander entfernt, was für eine höhere potenzielle Immissionsreduktion steht. Natürlich gibt es auch Tage, wie z.B. den 13.11. (Abbildung 3-41), an denen beide Windrichtungen vorkommen und auf beiden Seiten der Quelle Immissionsreduktionen möglich wären.

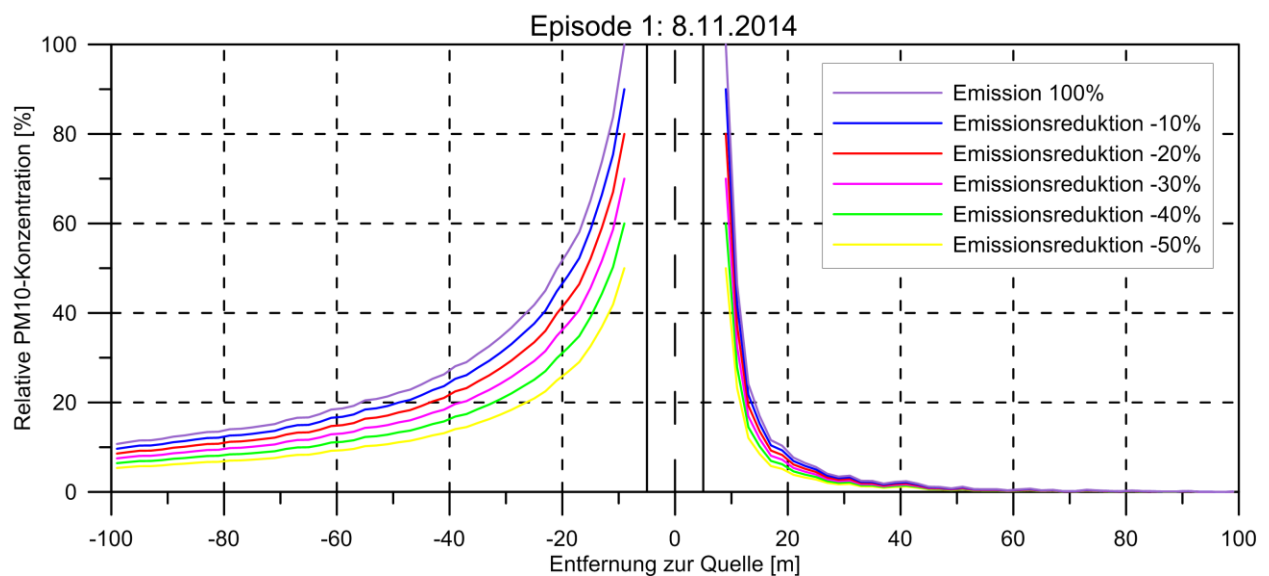


Abbildung 3-36: Relative Änderung der PM<sub>10</sub>-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 8.11.2014. Referenz: PM<sub>10</sub>-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

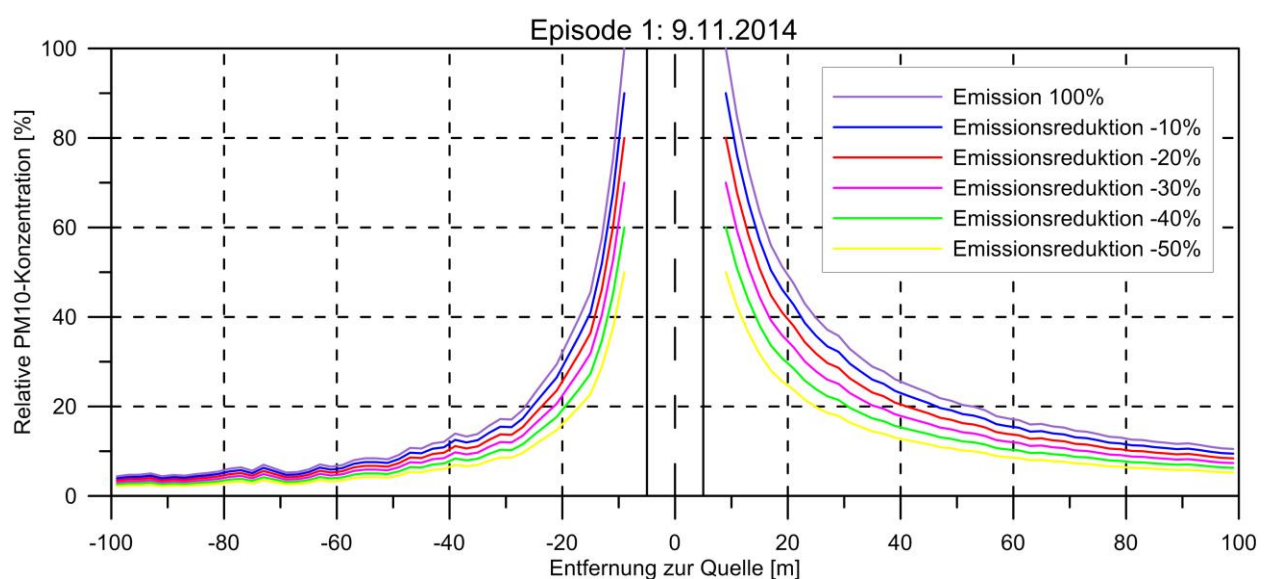


Abbildung 3-37: Relative Änderung der PM<sub>10</sub>-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 9.11.2014. Referenz: PM<sub>10</sub>-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

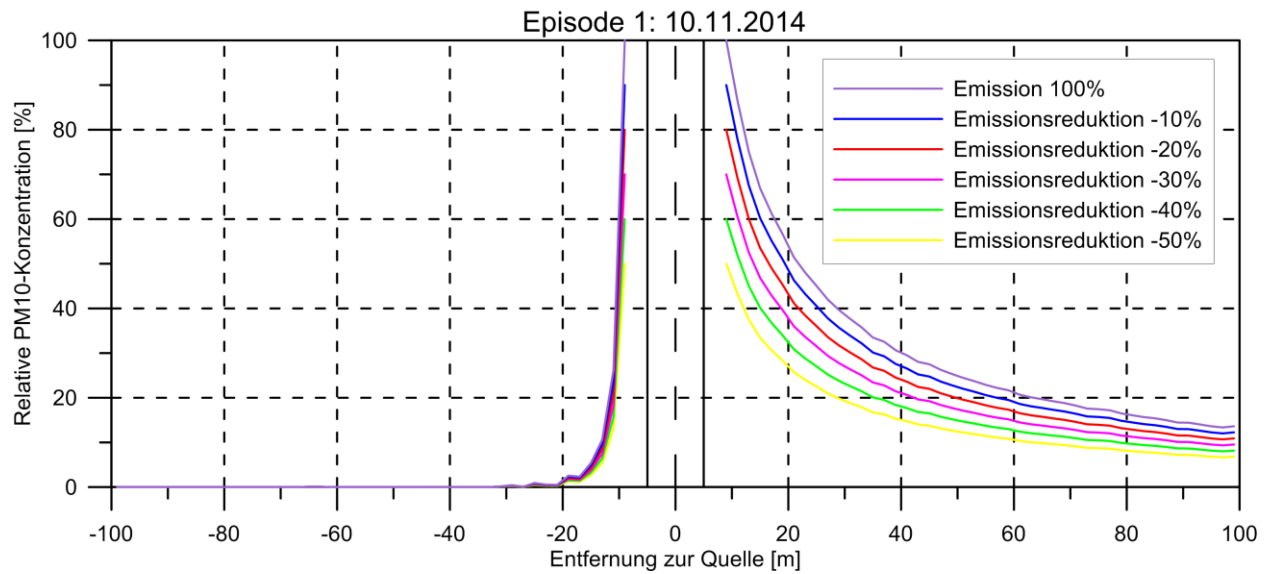


Abbildung 3-38: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 10.11.2014. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

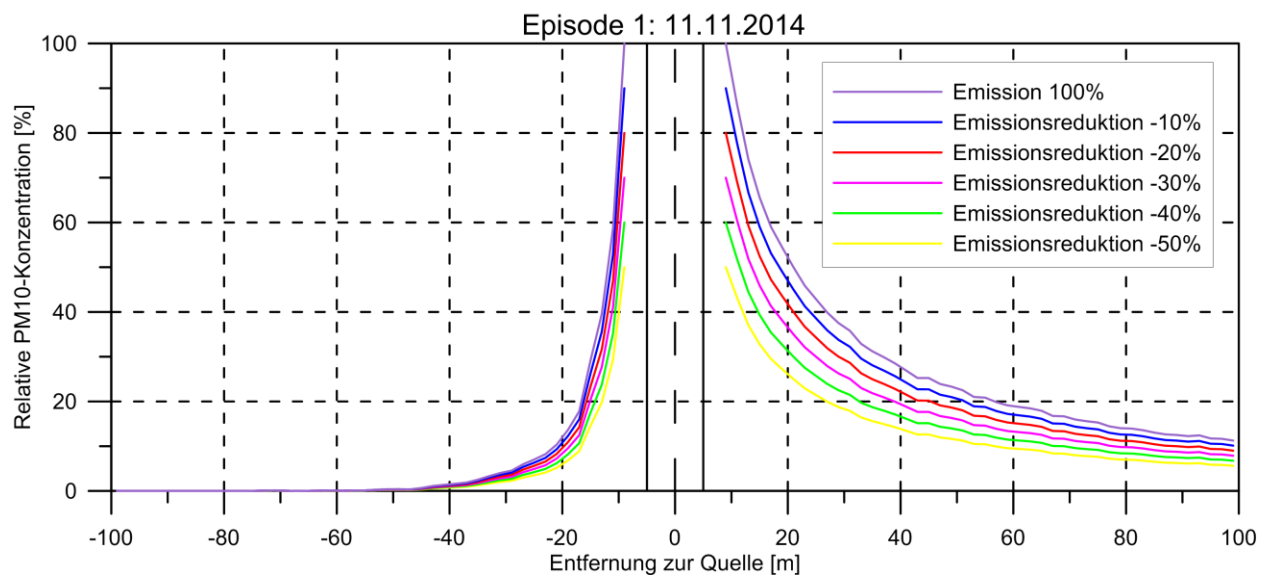


Abbildung 3-39: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 11.11.2014. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

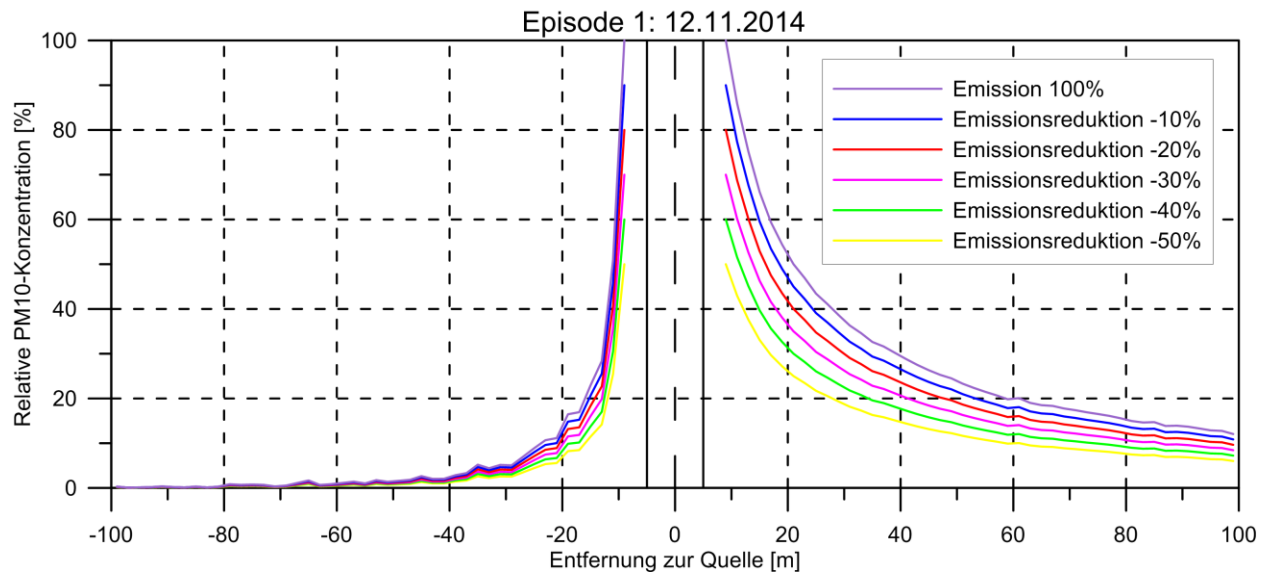


Abbildung 3-40: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 12.11.2014. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

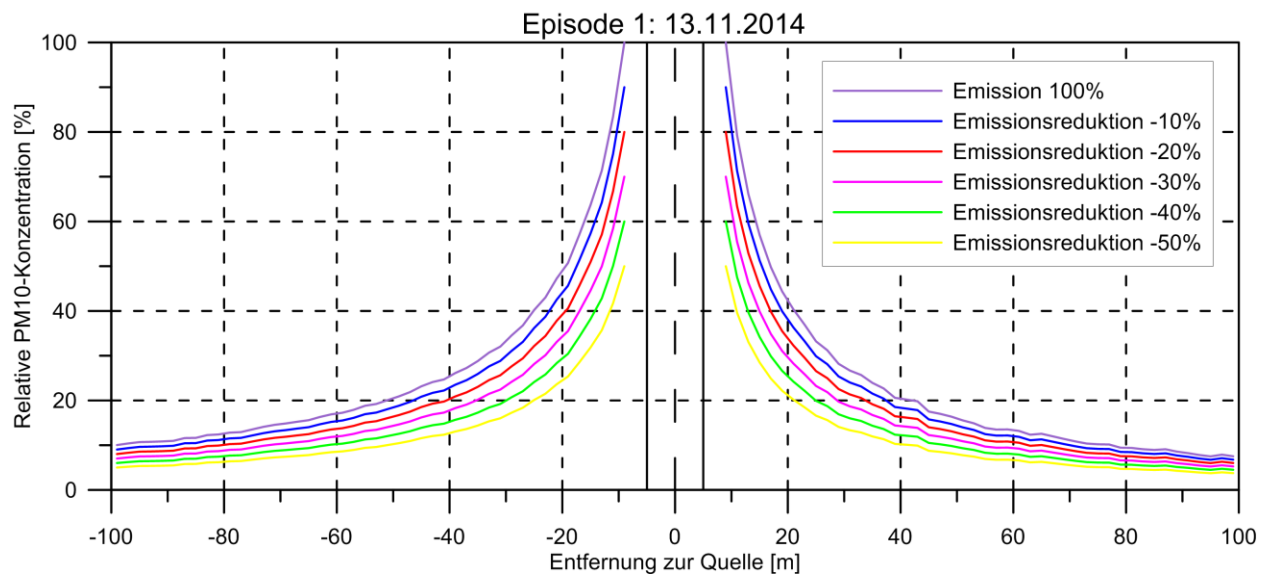


Abbildung 3-41: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 13.11.2014. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

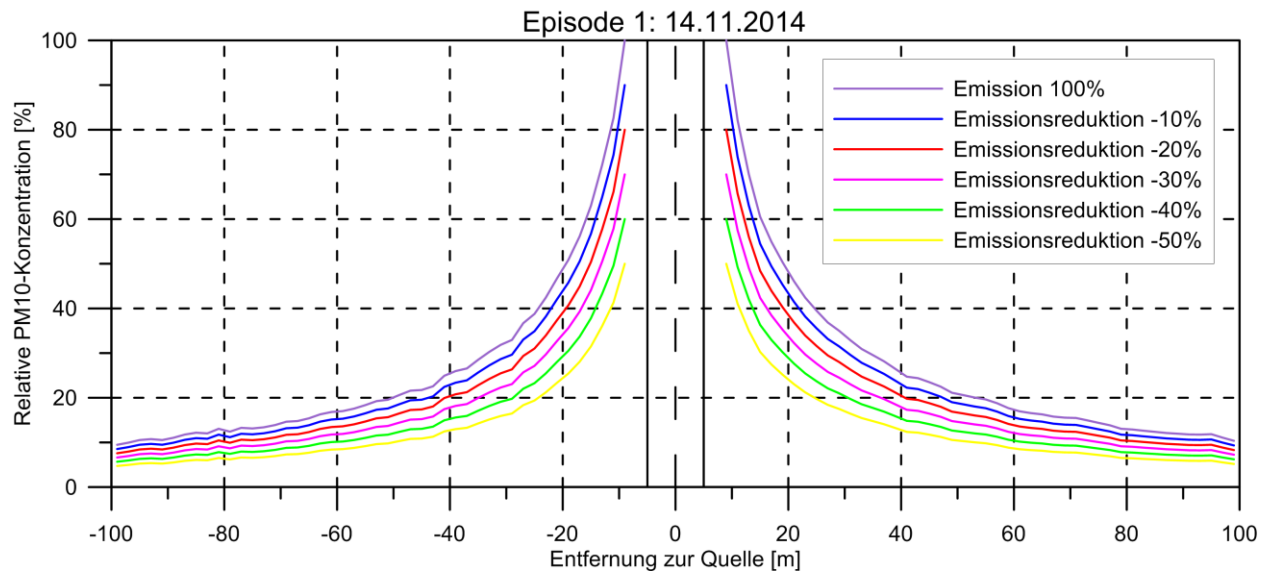


Abbildung 3-42: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 14.11.2014. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

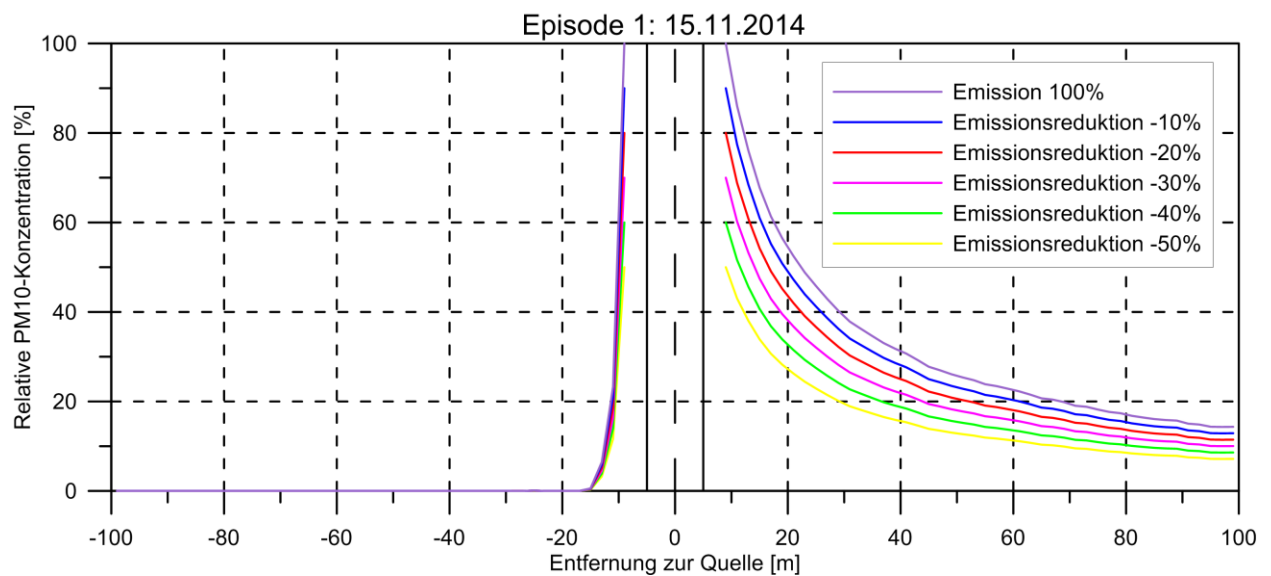


Abbildung 3-43: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 15.11.2014. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

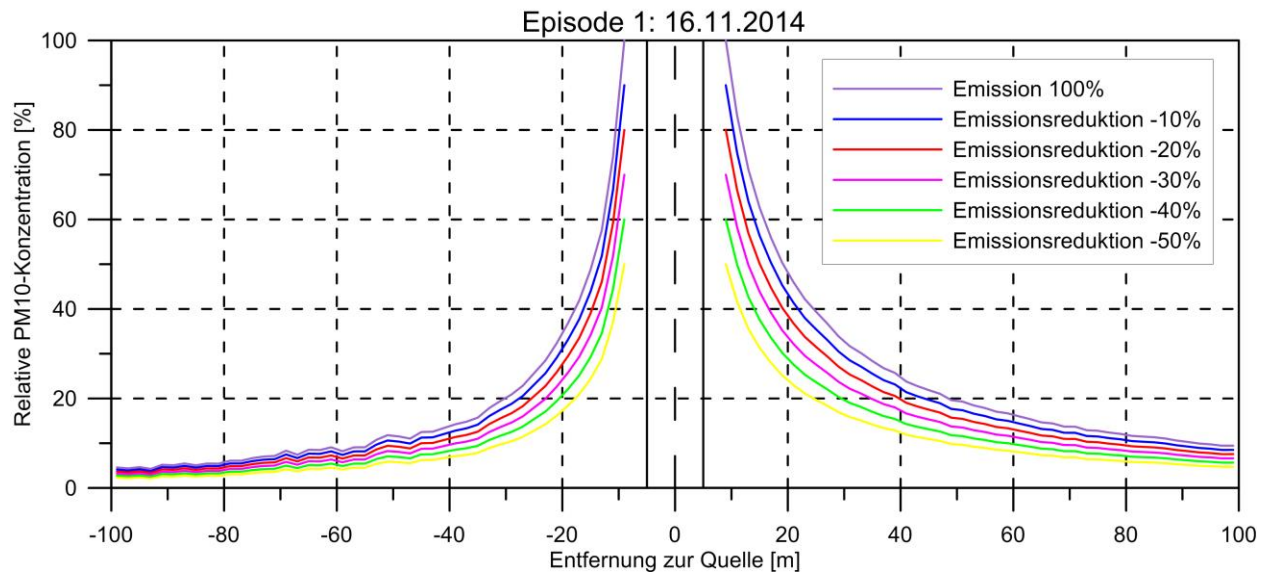


Abbildung 3-44: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) für verschiedene Emissionsszenarien am 16.11.2014. Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

### 3.6 Reduktion der PM10-Immissionen durch das Maßnahmenprogramm

Für die vorher durchgeführten Analysen wurde das Szenario 3 als Basis-Szenario herangezogen, da die ausgewählten Feinstaubspitzen zeitlich genau in das Szenario 3 gefallen sind. Um jedoch die Auswirkungen des Maßnahmenprogramms insgesamt betrachten zu können, müssen die PM10-Emissionen des Szenario 6 mit denen des Szenario 1 verglichen werden, auch wenn zwischen Szenario 1 und Szenario 3 nur geringe Unterschiede auftreten.

In der Tabelle 3-1 ist eine Übersicht der anthropogenen PM10-Emissionen für das Szenario 1 (niedrigste Emissionen; nach dem Maßnahmenprogramm) und das Szenario 6 (höchste Emissionen, vor dem Maßnahmenprogramm) dargestellt. In der ersten Spalte „Anthropogene PM10 Emissionen gesamt“ ist die Summe der niederösterreichischen PM10-Jahresemissionen für die beiden Szenarien sowie die absolute und relative Differenz zwischen den Szenarien dargestellt. Das Feinstaub-Maßnahmenprogramm hat, gemittelt über ganz Niederösterreich, eine Reduktion der PM10-Emissionen um 11 % bewirkt.

In der Tabelle sind zusätzlich noch die Beiträge der Emissionskategorien Verkehr, Haushalte, Industrie und Kraftwerke angegeben. Es wird neben der absoluten und relativen Differenz pro Emissionskategorie auch der Anteil der Emissionsreduktion einzelnen Emissionskategorien an der Gesamtemissionen (Szenario 6) angegeben („Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm relativ zu den gesamten anthropogenen PM10-Emissionen“).

Durch das LKW-Fahrverbot konnten in Niederösterreich die Verkehrsemissionen um 4 % gesenkt werden. An der gesamten Reduktion der PM10-Emissionen (11 %) trägt diese Reduktion mit 1 % bei.

Die Maßnahmen, die in der Emissionskategorie Haushalte gesetzt wurden, konnten die PM10-Emissionen um über ein Viertel (26 %) reduzieren. Damit trägt diese Emissionskategorie den größten Beitrag zur gesamten Reduktion der PM10-Emissionen bei, nämlich 8 %.

In der Emissionskategorien Industrie und Kraftwerke konnten durch die Maßnahmen die PM10-Emissionen um 8 % gesenkt werden. Diese Reduktion trägt mit 2 % zur gesamten Reduktion der PM10-Emissionen (11 %) bei.

**Tabelle 3-1: Summe der anthropogenen PM10-Emissionen für Szenario 1 und Szenario 6 in ganz Niederösterreich; Summen der PM10-Emissionen in den Emissionskategorien Verkehr, Haushalte, Industrie und Kraftwerke sowie die absolute und relative Reduktion der Emissionen pro Emissionskategorie und die Reduktion relativ zu den gesamten anthropogenen PM10-Emissionen.**

	<b>Anthropogene PM10-Emissionen gesamt</b>	<b>Verkehr</b>	<b>Haushalte</b>	<b>Industrie + Kraftwerke</b>	<b>Sonstige Emissionskategorien</b>
<b>Summe Emissionen Szenario 1</b> (niedrigste Emissionen; nach dem Maßnahmenprogramm)	5250 t/a	1469 t/a	1303 t/a	1253 t/a	1225 t/a
<b>Summe Emissionen Szenario 6</b> (höchste Emissionen; vor dem Maßnahmenprogramm)	5868 t/a	1528 t/a	1759 t/a	1356 t/a	1225 t/a
<b>absolute Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm pro Emissionskategorie</b> (Szenario 1 - Szenario 6)	-618 t/a	-59 t/a	-456 t/a	-103 t/a	*
<b>relative Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm pro Emissionskategorie</b> (Szenario 1 - Szenario 6)	-11 %	-4 %	-26 %	-8 %	*
<b>Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm relativ zu den gesamten anthropogenen PM10- Emissionen</b>	<b>-11 %</b>	<b>-1 %</b>	<b>-8 %</b>	<b>-2 %</b>	<b>*</b>

\* In der vorliegenden Studie wurden die Maßnahmen in den Emissionskategorien Verkehr, Haushalte, Industrie und Kraftwerke untersucht. Die Emissionsreduktion in den sonstigen Emissionskategorien wird deshalb nicht angegeben.

In Regionen, in denen PM10-Emissionen durch eine Emissionskategorie dominiert werden, d.h. die Emissionen aus den anderen Kategorien vernachlässigbar klein sind, können die in Kapitel 3.5 gezeigten Abklingkurven angewendet werden.

Die Abbildung 3-45 zeigt die Reduktion der PM10-Immission durch die verschiedenen Maßnahmen in den Emissionskategorien Verkehr (grün), Haushalte (gelb), Industrie und Kraftwerke (blau). Dabei zeigt der untere Rand der Balken die PM10-Reduktion der einzelnen Maßnahmen (Szenario 1). Der obere Rand der Balken gibt die Werte der Abklingkurve ohne getroffene Maßnahmen wieder, dies entspricht Szenario 6.

Die Darstellung ist genauso wie die Abklingkurven in Kapitel 3.5 als exemplarisch anzusehen, da es sich hierbei um einen kurzen Zeitraum und eine Linienquelle handelt. Dennoch ist eine

ähnliche Immissionsminderung bei anderen Quellarten (Flächen-, Volumenquellen) zu erwarten. Für diese Auswertung wurden die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung gemittelt über den gesamten Zeitraum (8.11. bis 16.11.2014, Abbildung 3-34 bzw. Abbildung 3-35) verwendet, und die Abklingkurven wurden mit den in Tabelle 3-1 gezeigten Emissionsreduktionen pro Emissionskategorie (Verkehr -4 %, Haushalte -26 %, Industrie und Kraftwerke -8 %) berechnet. Weiters muss festgehalten werden, dass die gezeigten Reduktionen natürlich nur auf den Anteil der PM10-Immission, der nicht durch Transportprozesse nach Niederösterreich gekommen ist, angewendet werden kann.

Im unmittelbaren Nahbereich zur Quelle ( $\pm 10$  m) entspricht die Immissionsreduktion der Emissionsreduktion, da die PM10-Immissionen in dieser Entfernung als Referenz herangezogen wurden (Kapitel 3.5). In 20 m Entfernung von der Quellmitte, ist die PM10-Immission schon deutlich verringert, nämlich um mehr als 50 %. Durch die gesetzten Maßnahmen kann die Immission jedoch noch weiter reduziert werden.

Durch die Maßnahmen im Verkehr (LKW-Fahrverbot) können im Nahbereich ( $\pm 20$  m) einer dominierenden Straßenquelle Reduktionen der nicht durch Transport verursachten PM10-Immission um 1,8 % bis 1,9 % erreicht werden. In 40 m Entfernung ist der Einfluss der Emissionsreduktion schon etwas geringer, es wird nur mehr eine Reduktion der PM10-Immission um etwa 1 % bewirkt.

Die Maßnahmen im Bereich Industrie und Kraftwerke konnten die PM10-Emissionen aus dieser Emissionskategorie um 8 % senken. Bezogen auf die Immissionen bedeutet das in 20 m Entfernung von der Quelle eine Verringerung um 3,6 % bis 3,8 %. In 40 m Entfernung von der Quelle ist der Einfluss der Emissionsreduktion ebenfalls noch mit einer Immissionsreduktion von 1,9 % bis 2,1 % zu erkennen. Je größer die Entfernung zur Quelle wird, desto niedriger wird der Einfluss der Emissionsreduktion. So reduzieren sich die PM10-Immissionen in 80 m Entfernung nur mehr um 1 %.

In der Emissionskategorie Haushalte konnte durch die getroffenen Maßnahmen eine Reduktion der PM10-Emissionen um 26 % bewirkt werden. Diese hohe Reduktion spiegelt sich natürlich auch in der Reduktion der PM10-Immission wieder. Im Nahbereich der Quelle ( $\pm 20$  m) kann die PM10-Immission um über 10 % reduziert werden (11,7 % bis 12,4 %). Auch in 40 m Entfernung ist mit 6,0 % bis 6,7 % eine deutliche Reduktion der PM10-Immission erreichbar.



## Änderung der PM10-Immission im Nahbereich einer Quelle

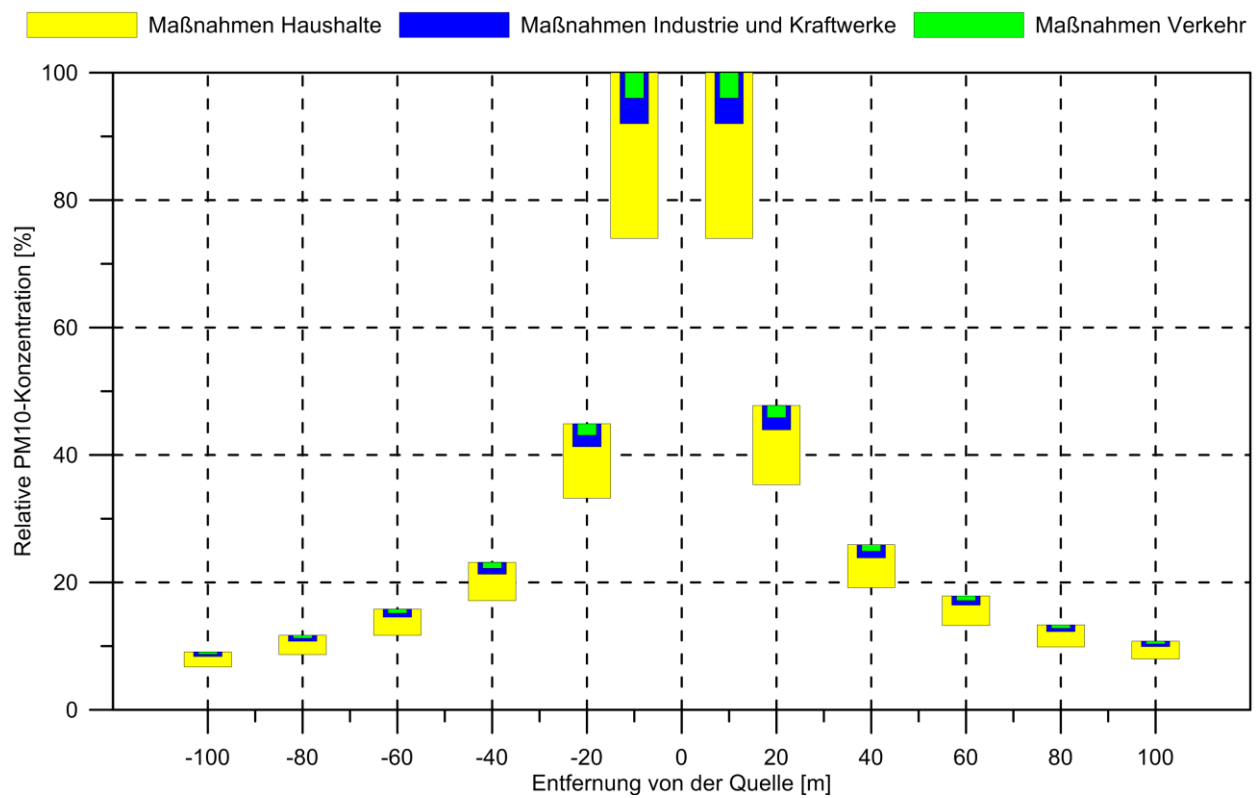


Abbildung 3-45: Relative Änderung der PM10-Konzentration im Nahbereich einer Quelle ( $\pm 100$  m) ohne (oberer Rand der Balken) und mit (unterer Rand der Balken) emissionsreduzierenden Maßnahmen in den Kategorien Haushalte (gelb), Industrie und Kraftwerke (blau) und Verkehr (grün). Referenz: PM10-Konzentration  $\pm 5$  m neben der Quelle.

## 4 Interpretation

Landesweit gesehen haben die Emissionsreduktionen nur eine geringe Auswirkung auf die PM10-Immissionsituation in Niederösterreich. Die PM10-Konzentrationen werden teilweise zu einem relativ hohen Anteil aus PM10-Ferntransport bestimmt, weshalb geringe Änderungen in den lokalen Emissionen nur zu geringen Änderungen in den Immission führen.

Die Emissionsreduktionen durch die untersuchten Maßnahmen können hingegen lokal zu relevanten Immissionsreduktionen führen. Im Nahbereich einer Quelle bewirken bereits geringe Emissionsreduktionen eine Entlastung der Anrainer. Je nach meteorologischer Situation können die Auswirkungen mehr oder weniger spürbar sein. Im gezeigten Beispiel (Kapitel 3.5) wurde die Immissionssituation an einer ost-west verlaufenden Linienquelle ohne Berücksichtigung von Hintergrundbelastung oder anderen Quellen simuliert. Eine ähnliche Verminderung der Immission ließe sich auch durch Emissionsreduktionen bei Flächen- (z.B. Parkplätze) oder Volumenquellen (z.B. Haushalte oder Industriegebäude) erreichen.

In Niederösterreich stellt die Emissionskategorie Haushalte in vielen Gemeinden die dominante Emissionsquelle dar. Mit einer mittleren Reduktion der PM10-Emissionen um 26 % zeigt diese Kategorie die höchste Reduktion von allen betrachteten Maßnahmen. Diese hohe Emissionsreduktion bedingt im Nahbereich der Quelle eine hohe Reduktion der PM10-Immissionen (z.B. in 20 m Entfernung etwa 12 % Immissionsreduktion). In Realität werden diese Werte jedoch zwischen den einzelnen Gemeinden variieren, so wird es Gemeinden geben, die höhere Reduktionswerte erreichen, jedoch auch Gemeinden mit niedrigeren Reduktionen.

Die Maßnahmen für die Haushalte zielen vor allem auf die Wärmeversorgung ab, weshalb die Immissionsreduktion vor allem in den Wintermonaten zu spüren ist. Da in der kalten Jahreszeit die meisten Episoden mit hohen Feinstaubkonzentrationen auftreten, wirkt sich diese Maßnahme sehr positiv aus und kann die Feinstaubbelastung, sofern der PM10-Ferntransport keine dominierende Rolle spielt, deutlich vermindern.

## 5 Zusammenfassung

In der 3. Phase der Evaluierung des Feinstaubprogramms wurden die Auswirkungen der Maßnahmen auf die PM10-Immissionen untersucht. Auf Basis der vorangegangenen Auswertungen in der 1. und 2. Phase der Evaluierung des Feinstaubprogramms, wurden drei Zeiträume, in denen ein größtmöglicher Einfluss der Maßnahmen voraussehbar war, ausgewählt. Episoden mit sehr hohen Feinstaubkonzentrationen, welche vor allem im Winter auftreten, wurden von vornherein ausgeschlossen, da in diesen Episoden vor allem die vorherrschenden meteorologischen Gegebenheiten (Temperaturinversion, verminderte vertikale Austauschbedingungen) sowie der PM10-Ferntransport für die erhöhten PM10-Konzentrationen verantwortlich sind. Für die gegenständliche Untersuchung wurden drei Zeiträume mit PM10-Konzentrationen nahe des Tagesmittelgrenzwerts ausgewählt, da in diesen Fällen die untersuchten Maßnahmen ausschlaggebend für eine Verhinderung einer Überschreitung sein könnten.

Für diese drei Episoden wurden mit dem chemischen Transportmodell WRF-Chem Simulationen der Immissionssituation in Niederösterreich unter Berücksichtigung der sechs verschiedenen Emissionsszenarien durchgeführt. Die Emissionsszenarien unterscheiden sich durch folgende Maßnahmen: LKW-Fahrverbot Stufe 1 (Euro 0-1), LKW-Fahrverbot Stufe 2 (Euro 0-2), Haushalte, Kraftwerke und Industrie.

Für die Auswertungen der Ergebnisse wurde das Szenario 3, welches die Emissionssituation während der betrachteten Episoden beschreibt, als Basis-Szenario verwendet. Szenario 1 und Szenario 2 unterscheiden sich von Basis-Szenario 3 nur geringfügig (-0,3 % Emissionsabnahme bzw. +0,8 % Emissionszunahme). Größere Unterschiede zum Szenario 3 zeigen die Szenarien 4 bis 6, nämlich +8,7 % (Szenario 4), +9,5 % (Szenario 5) und +11,4 % (Szenario 6). Im Szenario 1 sind alle Maßnahmen in Kraft (niedrigste Emissionen). Im Szenario 6 sind keine Maßnahmen in Kraft (höchste Emissionen).

Jedes Emissionsszenario wurde mit dem Modell WRF-Chem zwei Mal simuliert: Die erste Simulation WRF\_gT (WRF großräumiger Transport) wurde auf drei Gittern durchgeführt und berücksichtigt durch die mitsimulierte europäische Domäne den großräumigen PM10-Transport. Die zweite Simulation WRF\_rT (WRF regionaler Transport) wurde auf zwei Gittern (ohne europäische Domäne) durchgeführt und gibt somit die Immissionssituation, welche durch die regionalen und vor allem durch die lokalen Emissionen dominiert wird, wieder.

Durch Differenzbildung der zwei Simulationen kann auf den PM10-Transport nach Niederösterreich geschlossen werden. Der Anteil variiert natürlich aufgrund der meteorologischen Gegebenheiten teilweise stark. In der ersten Episode (8.11. bis 16.11.2014) liegt der Anteil an herantransportiertem PM10 zwischen 64 % und 88 %. In der dritten Episode (23.10. bis 1.11.2015) sind zwar ähnliche meteorologische Verhältnisse vorherrschend, der Anteil an herantransportiertem PM10 liegt jedoch deutlich unter dem der ersten Episode (20 % bis 64 %).

Die Auswertung der Sommerepisode (Episode 2, 8.8. bis 16.8.2015) gestaltet sich aufgrund der außergewöhnlichen Emissions- und Witterungsbedingungen schwierig. Durch die langanhaltende Hochdruckwetterlage, mit sonnigem, niederschlagsfreiem Wetter kam es zu zusätzlichen Emissionen (Aufwirbelung von Staub von den ausgetrockneten Böden, Staubaufwirbelung durch die Bewirtschaftung von trockenen Ackerflächen), die im Modell nicht adäquat berücksichtigt werden können. Das Modell unterschätzt aus diesem Grund die PM10-Konzentrationen deutlich. Aus diesem Grund konnte in diesem Fall der Anteil an herantransportiertem PM10 nicht genau bestimmt werden.

Für alle Episoden wurden die Differenzen der simulierten PM10-Tagesmittelwerte sowie des Episodenmittels gebildet, um die Änderungen der PM10-Konzentrationen für jedes Szenario im Vergleich zum Basis-Szenario 3 zeigen zu können. Die Szenarien 1 und 2 zeigen meist nur sehr geringe Differenzen zum Basis-Szenario 3, was vor allem an den geringen Differenzen in den Emissionen liegt. Die Szenarien 4 bis 6 zeigen die größten Differenzen in den PM10-Konzentrationen. Regional betrachtet sind im westlichen Niederösterreich die höchsten Differenzen zu finden, das liegt aber auch daran, dass in dieser Region meist die niedrigsten PM10-Konzentrationen auftreten und sich schon kleinere Änderungen der Konzentrationen in teilweise hohen relativen Differenzen widerspiegeln. Meist liegen die Differenzen zwischen den PM10-Konzentrationen unter  $\pm 2$  %. In der Sommerepisode können diese Differenzen durch die vorher genannten Gründe (zu niedrige Emissionen, außergewöhnliche Wetterlage) keine eindeutigen Ergebnisse liefern.

Durch die Auflösung der Emissionsdaten (auf Gemeindeebene) und auch durch das Modellgitter von 1 x 1 km werden Emissionsquellen, wie Straßenzüge, auf ganze Gemeinden bzw. auf eine Modellgitterzelle gebracht. Dadurch werden die Emissionen von viel größeren Flächen freigesetzt, als von denen sie tatsächlich emittiert werden. Mit den WRF-Chem Simulationen können zwar die großräumigen Unterschiede erfasst werden, lokale Unterschiede

zwischen den Szenarien können aber nicht wiedergegeben werden. Aus diesem Grund wurden mit dem Ausbreitungsmodell LASAT exemplarisch für eine ost-west verlaufende Linienquelle eine Simulation einer WRF-Chem Gitterzelle (1 x 1 km) durchgeführt. Als meteorologische Eingangsdaten wurden die Messungen der TAWES-Station Großenzersdorf für den Zeitraum der ersten Episode (8.11. bis 16.11.2014) herangezogen. Für diesen Zeitraum wurde mit einer Einheitsemission von 1 g/s die Ausbreitung von PM10 simuliert. Die Ergebnisse zeigen, dass die über den betrachteten Zeitraum gemittelte PM10-Konzentration in Quellnähe relativ rasch abnimmt. Schon 100 m abseits der Quelle ist die PM10-Konzentration um etwa 90 % gesunken (relativ zum PM10-Konzentrationswert 5 m neben der Quelle). Durch fiktive Emissionsreduktionen um 10 bis 50 % konnte gezeigt werden, dass bei einer Reduktion der Emission um z.B. 30 % im Nahbereich der Quelle (20 m) eine zusätzliche Immissionsreduktion von etwa 15 % erreicht werden kann (gemittelt über den gesamten betrachteten Zeitraum). Betrachtet man die täglichen Abklingkurven der PM10-Tagesmittelwerte, zeigt sich, dass je nach Meteorologie auch höhere Immissionsreduktionen möglich sind. Ähnliche Immissionsreduktionen können durch Emissionsreduktionen bei Flächen- (z.B. Parkplätze) oder Volumenquellen (z.B. Haushalte oder Industriegebäude) erreicht werden.

Durch die untersuchten Maßnahmen des Feinstaubprogramms in den betrachteten Emissionskategorien konnten die niederösterreichischen Emissionen wie folgt verringert werden:

- Verkehr: -4 %
- Haushalte: -26 %
- Industrie und Kraftwerke: -8 %

Insgesamt konnten durch das Maßnahmenprogramm die niederösterreichischen Feinstaubemissionen um 11 % verringert werden. In Regionen, in denen die Hauptemissionsquelle die Emissionskategorie Verkehr bzw. Industrie und Kraftwerke ist, kann die Reduktion der Emissionen um 4 % (Verkehr) bzw. 8 % (Industrie und Kraftwerke) zu einer verbesserten Luftqualität führen. In weiten Teilen Niederösterreichs ist die Hauptemissionsquelle die Emissionskategorie Haushalte. Durch die Reduktion dieser Emissionen um 26 % kann im Nahbereich der Quelle eine deutliche Immissionsreduktion erreicht werden. In 20 m Entfernung von der Quelle zeigt sich somit eine zusätzliche Reduktion der PM10-Immissionen von über 10 %. In 40 m Entfernung kann die PM10-Immission um etwa 6 % verringert werden. Da es sich hier um mittlere Werte für ganz Niederösterreich handelt,

kann es regional deutliche Unterschiede geben, so können Regionen höhere, aber auch niedrigere Immissionsreduktionen erreichen. Die Emissionsreduktion in den Haushalten wirkt sich hauptsächlich im Winter aus, da die Maßnahmen vor allem auf die Emissionsreduktion bei der Wärmeversorgung abzielen. Da Episoden mit erhöhten Feinstaubkonzentrationen Großteils im Winter auftreten, kann diese Maßnahme die Feinstaubbelastung, sofern der PM10-Transport keine dominante Rolle spielt, deutlich vermindern.

**Die niederösterreichischen PM10-Immissionswerte werden teilweise zu einem hohen Anteil vom PM10-Ferntransport bestimmt. Episoden mit hoher Feinstaubkonzentration, wie sie oft im Winter vorkommen, werden hauptsächlich durch die meteorologischen Gegebenheiten und den damit verbundenen PM10-Ferntransport bestimmt. Durch die Maßnahmen des Feinstaubprogramms können die von PM10-Ferntransport bestimmten Episoden nicht verhindert werden. In Quellnähe können die Maßnahmen jedoch einen großen Einfluss auf die PM10-Konzentrationen haben und somit zur Entlastung der Anrainer führen.**

Durch die gesetzten Maßnahmen konnten die PM10-Emissionen aus den Emissionskategorien Verkehr, Haushalte, Industrie und Kraftwerke gesenkt werden. Die höchste Reduktion zeigt die Kategorie Haushalte, welche in weiten Teilen Niederösterreichs die Hauptemissionsquelle darstellt. Die Emissionsreduktion in den Haushalten wirkt sich vor allem im Winter aus, da die Maßnahmen eine Emissionsreduktion bei der Wärmeversorgung erwirken. Da im Winter häufig Episoden mit erhöhten Feinstaubkonzentrationen auftreten, wirkt sich diese Maßnahme sehr positiv aus und kann die Feinstaubbelastung, sofern der PM10-Ferntransport keine dominante Rolle spielt, deutlich vermindern.

Zentralanstalt für Meteorologie  
und Geodynamik

Mag. Claudia Flandorfer (Gutachterin)

Dr. Kathrin Baumann-Stanzer (Prüferin)

## 6 Literatur und Quellen

- Baumann-Stanzer, K., B. Leitl, S. Trini-Castelli, Millies, M., Rau, G. and all COST ES1006 members, 2014: Local-scale modelling of accidental releases in built environments – selected results of the „Michelstadt“ model evaluation exercise in COST Action ES1006. Proc. 9th Int. Conf. on Air Quality – Science and Application, Garmisch-Partenkirchen, 24 – 28 March 2014, p. 106.
- Baumann-Stanzer, K., M. Piringer, E. Polreich, M. Hirtl, E. Petz, M. Bügelmayer, 2008: User experience with model validation exercises. Ext. abstract of the 12th Int. Conf. on harmonization within atmospheric dispersion modeling for regulatory purposes, Cavtat, Croatia, 6 – 10 Oct. 2008. In: Croatian Meteorological Journal 43, Vol. 1, 52 – 56, ISSN 1330-0083.
- EFA Emissionsforschung Austria GmbH, 2018: Analyse des Feinstaub-Maßnahmenprogramms NÖ, Bericht im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung BD4 Anlagentechnik
- Flandorfer, C., M. Hirtl, 2015: Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2015. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 2015/UM/003125.
- Flandorfer, C., M. Hirtl, 2016: Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2016. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 2016/UM/000036.
- Flandorfer, C., M. Hirtl, 2017: Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2017. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 2017/UM/000113.
- Flandorfer, C., M. Hirtl, 2018: Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2018. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 2018/UM/000073.
- Grell G. A., S. E. Peckham, R. Schmitz, S. A. McKeen, G. Frost, W. C. Skamarock, and B. Eder, 2005: Fully coupled 'online' chemistry in the WRF model. Atmos. Environ., 39:6957-6976.
- Guenther, A., T. Karl, P. Harley, C. Wiedinmyer, P.I. Palmer, and C. Geron, 2006: Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature), Atmospheric Chemistry and Physics, 6, 3181-3210.
- Hirtl, M. and K. Baumann-Stanzer, 2007: Evaluation of two dispersion models (ADMS-Roads and LASAT) applied to street canyons in Stockholm, London and Berlin. Atmos. Env. 41, 5959 – 5971.
- Hirtl, M., C. Flandorfer, 2014: Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2014. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 2013/UM/003204.

- Hirtl, M., K. Baumann-Stanzer, A. Kaiser, E. Petz, G. Rau, 2007: Evaluation of three dispersion models for the Trbovlje power plant, Slovenia. Proc. of the 11th Int. Conf. on harmonization within atmospheric dispersion modeling for regulatory purposes, Cambridge, UK, 2 – 5 July 2007, 21 – 25.
- Hirtl, M., S. Mantovani, B.C. Krüger, G. Triebnig, C. Flandorfer, M. Bottoni, M. Cavicchi, 2013: Improvement of air quality forecasts with satellite and ground based particulate matter observations. Atmos. Environ., 84: 20-27.
- Janicke Consulting, 2017: Dispersion Model LASAT Version 3.4 Reference book.
- KTA 1508, 2006: Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre. Sicherheitstechnische Regel des KTA, Fassung 11/06.
- LGBI. 8103/1-0, zuletzt geändert in LGBI. Nr. 29/2016: NÖ Sanierungsgebiets- und Maßnahmenverordnung Feinstaub (PM10), <https://www.ris.bka.gv.at/eli/lgb/ni/2016/29/20160518> (4.3.2019)
- Piringer, M., K. Baumann-Stanzer, 2009: Selected results of a model validation exercise. Adv. Sci. Res. 3, 13 - 16.
- Schatzmann, M., H. Olesen and J. Franke (Eds), 2010: COST 732 model evaluation case studies: approach and results. 121 pp. COST Office Brussels, ISBN: 3-00-018312-4.
- TA Luft, 2002. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft).
- VDI 3782, 2009, Blatt 1: Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung.
- VDI 3945 Blatt 3, 09/2000 „Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Partikelmodell“, Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss.
- Visschedijk, A.J.H., Zandveld, P.Y.J., Denier van der Gon, H.A.C., 2007. A High Resolution Gridded European Emission Database for the EU Integrate Project GEMS. TNO-report 2007-A-R0233/B.
- ZAMG, 2018a: Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 1. Bericht im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung BD4 Anlagentechnik.
- ZAMG, 2018b: Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 2. Bericht im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung BD4 Anlagentechnik.