

## Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 3

Auftraggeber

Amt der Burgenländischen Landesregierung  
Abteilung 4 - Ländliche Entwicklung, Agrarwesen und Naturschutz  
Hauptreferat - Natur-, Klima- und Umweltschutz  
Landhaus, Europaplatz 1  
7000 Eisenstadt

Durchführung

Kundenservice Fachabteilung Umwelt

Erstellt von

Mag. Claudia Flandorfer

Geprüft von

Dr. Kathrin Baumann-Stanzer

Wien, am 30.12.2022

Zahl: 2019/UM/001237

[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 .....	8
2.3 Emissionsszenarien.....	8
2.4 Analyse der Modellsimulationen .....	16
2.5 Abschätzung des PM10-Transports.....	17
2.6 Lokale Ausbreitungsmodellierung: LASAT.....	17
2.7 Klug-Manier Ausbreitungsklassen .....	18
2.8 Emissionsaufbereitung für LASAT .....	19
2.8.1 Aufbereitung der Verkehrsemissionen.....	21
2.8.2 Aufbereitung der Haushaltsemissionen .....	22
2.8.3 Zeitliche Disaggregation .....	23
<b>3 Analyse der Feinstaubspitzen</b> .....	<b>24</b>
3.1 Überblick Feinstaubepisoden .....	24
3.2 Episode 1: 14.12. bis 20.12.2016.....	25
3.2.1 Messung.....	25
3.2.2 Burgenlandweite Auswertung .....	25
3.2.3 Regionale Auswertung.....	30
3.2.4 Lokale Auswertung .....	32
3.3 Episode 2: 11.2. bis 18.2.2017.....	36
3.3.1 Messung.....	36
3.3.2 Burgenlandweite Auswertung .....	36
3.3.3 Regionale Auswertung.....	40
3.3.4 Lokale Auswertung .....	42
3.4 Episode 3: 6.4. bis 12.4.2019.....	46
3.4.1 Messung.....	46
3.4.2 Burgenlandweite Auswertung .....	46
3.4.3 Regionale Auswertung.....	50
3.4.4 Lokale Auswertung .....	52
<b>4 Interpretation</b> .....	<b>56</b>
<b>5 Zusammenfassung</b> .....	<b>58</b>
<b>6 Literatur und Quellen</b> .....	<b>63</b>



# 1 Einleitung

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik wurde beauftragt, die Maßnahmen des „Feinstaubprogramms Burgenland 2016“ zu evaluieren.

Zur Reduktion der Feinstaubimmission wurden diverse Maßnahmen im Rahmen des Feinstaubprogramms definiert. Die Evaluierung des Feinstaubprogrammes fand in 3 Phasen statt:

In der ersten Phase wurden die PM10-Immissionssituation der letzten 5 Jahre (2015 bis 2019) analysiert. Dafür wurden die Messungen der Luftgütemessstationen der Burgenländischen Landesregierung herangezogen. Ziel der Analyse war es, Feinstaubepisoden zu detektieren. Zusätzlich wurden diese Jahre klimatologisch betrachtet (ZAMG, 2020).

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 potentielle Verursacher (z.B. ein bestimmter Emittent oder eine außergewöhnliche meteorologische Situation) zu lokalisieren (ZAMG, 2022b).

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 unter Berücksichtigung verschiedener Emissionsszenarien (z.B. mit Maßnahmen im Bereich Verkehr, etc.) durchgeführt. Schwerpunkt dabei ist die Evaluierung der Maßnahmen aus dem Feinstaubprogramm der Burgenländischen Landesregierung. Die Emissionsdaten für die verschiedenen Szenarien wurden von der Emissionsforschung Austria GmbH (EFA) 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 wurde auf 3 Modelldomänen, welche ineinander verschachtelt („genestet“) sind, durchgeführt.

Die äußere Modelldomäne (Abbildung 2-1, „d01“) erstreckt sich über Europa bis nach Nordafrika und Russland. Dieses Gitter wurde mit einer horizontalen Auflösung von 13,5 x 13,5 km gerechnet. Das erste Nest (Abbildung 2-1, „d02“) zeigt die regionale Umgebung vom Burgenland und wurde mit einer horizontalen Auflösung von 4,5 x 4,5 km gerechnet. Um das Burgenland hoch aufzulösen, wurde noch ein weiteres Rechengebiet mit einer horizontalen Auflösung von 1,5 x 1,5 km eingefügt (Abbildung 2-1, „d03“).

Für die meteorologischen Anfangs- und Randbedingungen der Modellsimulationen werden Vorhersagemodelldaten des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW, [www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int)) verwendet.

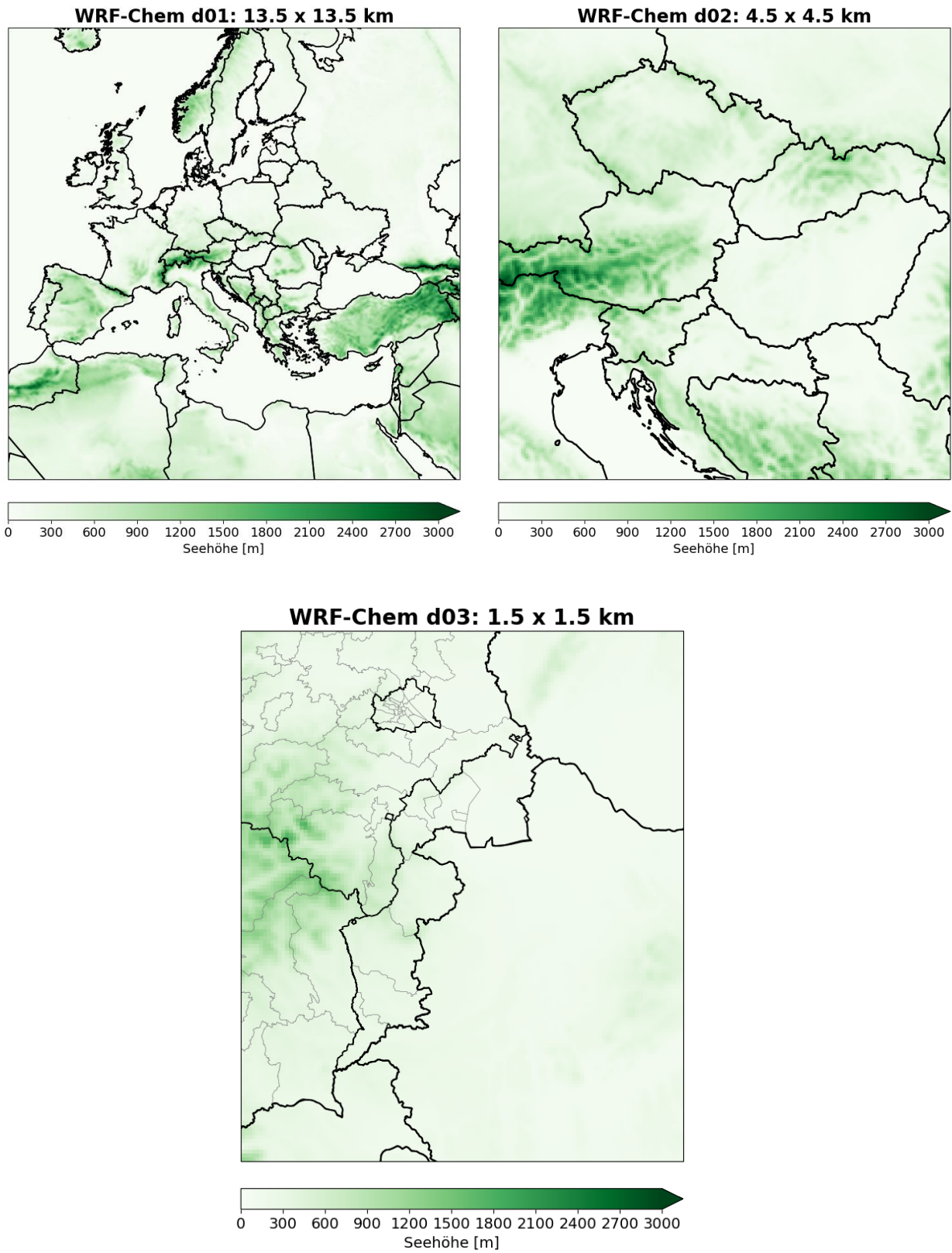


Abbildung 2-1: WRF-Chem Modellgebiete

## 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 (Kuenen et al., 2014, [www.tno.nl](http://www.tno.nl)). Die Emissionen außerhalb Europas werden dem EMEP Emissionskataster entnommen ([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 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, ZAMG 2021 und ZAMG 2022a).

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 die burgenländischen Emissionsdaten für die verschiedenen Szenarien zur Verfügung gestellt.

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



Tabelle 2-1: Emissionsszenarien (EFA, 2023)

Szenario	anthropogene PM10-Emissionen	Beschreibung
<b>0</b>	1.234 t/a	Basis-Szenario Keine Maßnahmen in Kraft Szenario mit den höchsten Emissionen
<b>1</b>	1.151 t/a	Basis-Szenario – Maßnahmen im Bereich Haushalte
<b>2</b>	1.094 t/a	Basis-Szenario – Maßnahmen im Bereich Verkehr
<b>3</b>	1.038 t/a	Emissionen nach Umsetzung des Maßnahmenplans Alle Maßnahmen (Haushalte, Verkehr, Landwirtschaft und andere) sind berücksichtigt. Szenario mit den niedrigsten Emissionen

Das Szenario 0 wird als „Basis-Szenario“ verwendet, da es die Emissionen vor Umsetzung des Feinstaubmaßnahmenprogramms enthält.

Die Emissionsdaten der Szenarien wurden mit dem Emissionsmodell der ZAMG für die Modellgitter aufbereitet. In den 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 nicht-spezifiziertes PM2,5, OC und BC aufgespalten. Unter nicht-spezifiziertem PM2,5 versteht man alle PM2,5-Anteile, die nicht direkt OC und BC zugeordnet werden können. Weiters benötigt das Modell auch nicht-spezifiziertes PM10 als Emissionsangabe, welches im Emissionsmodell berechnet wird: nicht-spezifiziertes PM10 = PM10 – nicht-spezifiziertes PM2,5 – OC – BC.

Um die PM10-Emissionsdaten aus dem Modell mit den Emissionsdatendaten von EFA Emissionsforschung Austria GmbH vergleichen zu können, ist es notwendig die Summe aller Aerosol-Emissionen zu bilden (nicht-spezifiziertes PM10 + nicht-spezifiziertes PM2,5 + OC + BC).

In den nachfolgenden Abbildungen ist die absolute Differenz der Aerosol-Emissionen der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) auf dem 1,5 x 1,5 km Gitter dargestellt.

Das Szenario 1 weist eine gegenüber dem Basis-Szenario um 7 % (83 t/Jahr) reduzierte PM10-Jahresemission auf. Der Unterschied zwischen den Szenarien liegt in den Maßnahmen im Bereich Haushalt. In Abbildung 2-2 sind die größten Differenzen in den Städten zu sehen. Die positiven Abweichungen (Emissionszunahme im Vergleich zum Basis-Szenario) sind durch den vermehrten Einsatz von Holzheizungen erklärbar (Eisenstadt, Neufeld, Strem).

Szenario 2 beinhaltet die Maßnahmen im Bereich Verkehr (Straßenverkehr und Offroad). Das Szenario zeigt eine Reduktion der PM10-Emissionen gegenüber dem Basis-Szenario um 11 % bzw. 140 t/Jahr. Die größten Differenzen treten entlang der Autobahnen (A4 im Norden und A2 im Südwesten des Burgenlands) bzw. in den größeren Städten (z.B. Eisenstadt, Oberwart, Pinkafeld, Oberpullendorf) auf. Eine geringe Zunahme in den Emissionen zeigt die Gemeinde Neuberg im Burgenland, welche auf eine marginale Zunahme in den PKW-Zahlen zurückzuführen ist (Abbildung 2-3).

Im Szenario 3 sind nicht nur die Maßnahmen in den Bereichen Verkehr und Haushalt, sondern auch alle anderen Maßnahmen, die im Rahmen des Feinstaubprogramms umgesetzt worden sind, inkludiert. Dieses Szenario zeigt großflächig die größte Reduktion der PM10-Emissionen im Vergleich zum Basis-Szenario (Abbildung 2-4). In Summe beträgt der Unterschied 195 t/Jahr, was einer Reduktion der Emissionen um 16 % entspricht. Die geringen Zunahmen der PM10-Emissionen werden durch die Emissionsänderungen im Sektor Landwirtschaft bewirkt (siehe übernächste Seite).

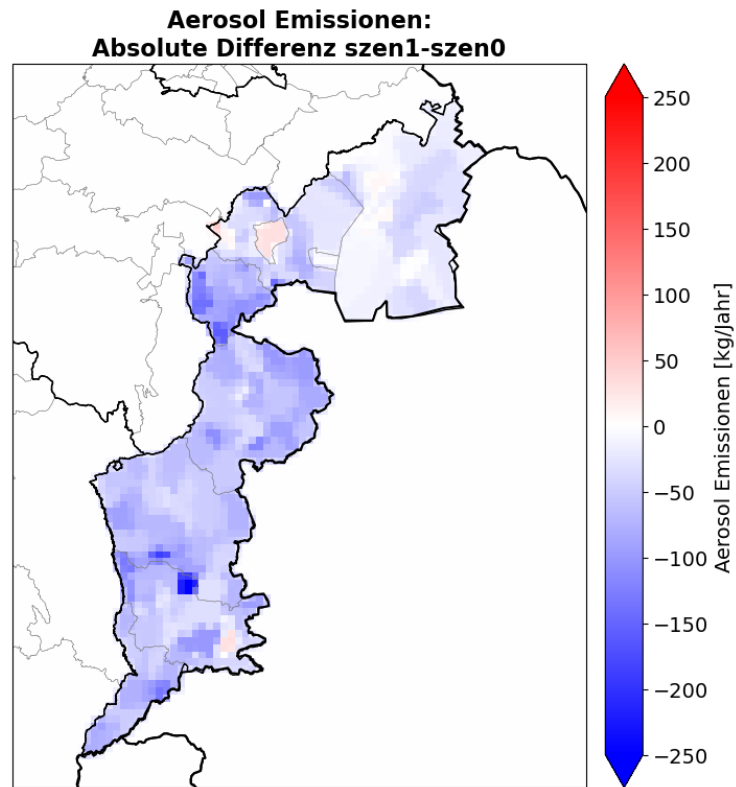


Abbildung 2-2: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 1 – Szenario 0.

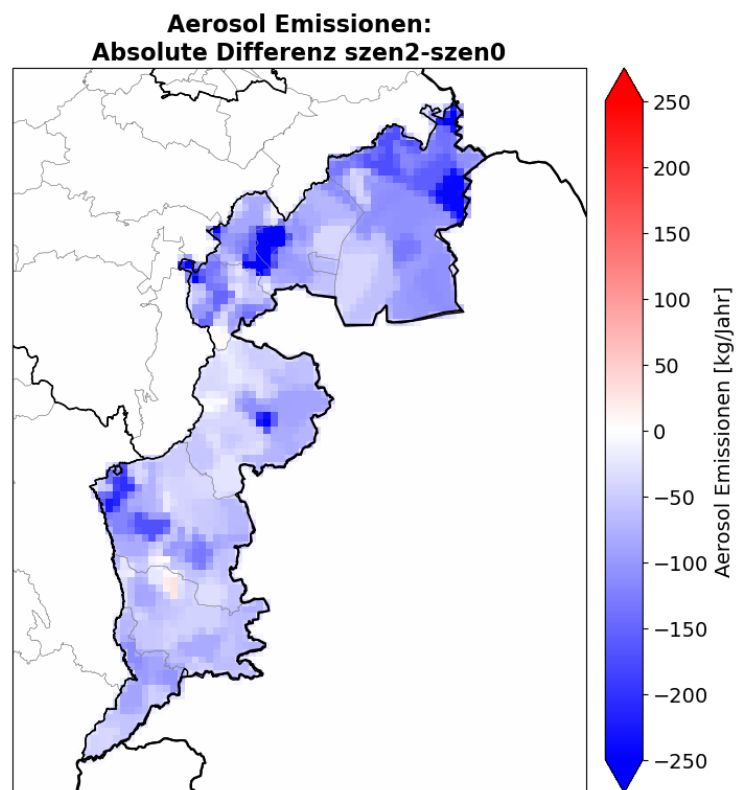
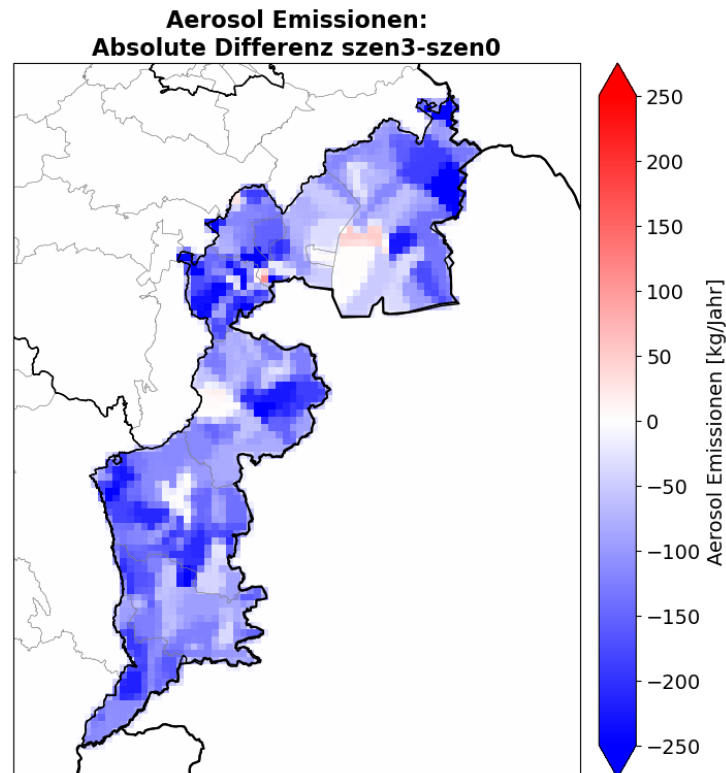


Abbildung 2-3: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 2 – Szenario 0.



**Abbildung 2-4: Absolute Differenz der Aerosol-Emissionen Szenario 3 – Szenario 0.**

Aerosole setzen sich aus primären und sekundären Partikeln zusammen. Primäre Aerosole werden direkt freigesetzt. Sekundäre Aerosole werden durch luftchemische Prozesse aus gasförmigen Vorläufersubstanzen (z.B. Ammoniak, Schwefeldioxid, Stickstoffoxide) gebildet.

In UBA (2014a) wurde gezeigt, dass Ammoniumnitrat (Bildung aus Stickstoffoxiden (Hauptquelle Straßenverkehr) und Ammoniak (Hauptquelle Landwirtschaft)) einen Anteil von 15 % – 25 % am PM<sub>10</sub> hat. Im Winter kann dieser Anteil sogar bis zu 40 % betragen. Schwefeldioxid (Hauptquelle sind große kalorische Kraftwerke und Schwerindustriebetriebe im östlichen Zentraleuropa) und Ammoniak sind die Vorläufersubstanzen für Ammoniumsulfat, welches überwiegend durch Ferntransport nach Ostösterreich verfrachtet wird. Der Anteil von Ammoniumsulfat am PM<sub>10</sub> variiert zwischen 15 % und 25 %.

Der Anteil der sekundären Aerosole an der PM<sub>10</sub>-Konzentration ist regional unterschiedlich. Generell ist die Belastung im außeralpinen Raum aufgrund höherer Emissionen bzw. höherem Anteil am Ferntransport höher als in alpinen Tälern und Becken (UBA, 2014b).

In UBA (2014b) wurde der Anteil der sekundären anorganischen Aerosole am PM<sub>10</sub> in Kittsee und Heiligenkreuz untersucht. In Kittsee liegt der Anteil mit 34 % höher als in Heiligenkreuz

(28 %). Dies liegt an dem höheren Ferntransportanteil sowie dem regionalen Umfeld (Ballungsräume Wien und Bratislava) in Kittsee. Je nachdem welche Quellen der gasförmigen Vorläufersubstanzen dominieren, desto größer ist der Anteil dieser Substanzen am PM<sub>10</sub>. So ist z.B. die Nitrat-Konzentration in Kittsee im österreichweiten Vergleich relativ hoch, wofür die Emissionen im Raum Bratislava verantwortlich sein dürften.

Das Modell WRF-Chem (Kapitel 2.1) simuliert das Zusammenspiel von meteorologischen Prozessen und Wechselwirkungen zwischen den chemischen Spezies, wie auch beispielsweise die Bildung sekundärer Aerosole aus gasförmigen Luftbeimengungen. Emissionsänderungen in den Vorläufersubstanzen haben daher einen Einfluss auf die Simulationsergebnisse.

Nachfolgend sind die absoluten Emissionsänderungen der Vorläufersubstanzen NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> des Szenarios 1 (Abbildung 2-5), Szenarios 2 (Abbildung 2-6) und Szenarios 3 (Abbildung 2-7) jeweils zum Basis-Szenario dargestellt.

Das Szenario 1 (Maßnahmen im Bereich Haushalte) weist geringe Reduktionen der NH<sub>3</sub>- und NO<sub>2</sub>-Emissionen zum Basis-Szenario auf. NH<sub>3</sub> spielt keine große Rolle bei den Haushaltsemissionen, die geringen Emissionsreduktionen sind durch die Aktualisierung des Emissionsfaktors für Steinkohle/Koks entstanden. Die Änderungen im NO<sub>2</sub> sind direkt auf die Maßnahmen im Bereich Haushalte zurückzuführen, diese beruhen nämlich auf geringeren Emissionen aus v.a. Heizöl- und Erdgaszentralheizungen. Die deutliche Reduktion der SO<sub>2</sub>-Emissionen ist durch die Entschwefelung des Heizöls bedingt und somit ebenfalls direkt auf die Maßnahmen zurückzuführen.

Der Hauptverursacher der Stickoxid-Emissionen ist der Straßenverkehr. Die Maßnahmen im Bereich Verkehr (Szenario 2) zeigen sich dementsprechend auch in den NO<sub>2</sub>-Emissionen. Großflächig ist eine Abnahme zu erkennen, nur einzelne Gemeinden weisen eine Zunahme in den NO<sub>2</sub>-Emissionen auf, welche auf eine moderate Verkehrszunahme sowie durch angepasste Emissionsfaktoren (Stichwort Dieselskandal) zu erklären sind. Die NH<sub>3</sub>-Emissionen spielen im Bereich Verkehr eine eher untergeordnete Rolle. Im Vergleich zum Basis-Szenario zeigt sich burgenlandweit eine leichte Zunahme, was auf höhere NH<sub>3</sub>-Emissionen der Fahrzeuge mit höheren EURO-Klassen zurückzuführen ist. Der burgenlandweite Rückgang der SO<sub>2</sub>-Emissionen kann durch die Reduktion des Schwefelanteils in den Verbrennungsmotoren erklärt werden.

Im Szenario 3 sind alle Maßnahmen des Feinstaubprogramms umgesetzt, somit zeigen sich hier die größten Emissionsänderungen in den PM<sub>10</sub>-Vorläufersubstanzen. Die Reduktion der SO<sub>2</sub>-

Emissionen beruht auf den Maßnahmen im Bereich Haushalte (Szenario 1, vgl. Abbildung 2-5). Die NO<sub>2</sub>-Emissionen widerspiegeln die Maßnahmen aus dem Bereich Verkehr (Szenario 2, vgl. Abbildung 2-6). Die größten Unterschiede treten in den NH<sub>3</sub>-Emissionen auf. Der Emissionsdatensatz des Sektors Landwirtschaft (Hauptverursacher von NH<sub>3</sub> Emissionen) wurde überarbeitet, so beruhen die Daten des Szenarios 3 auf dem Stand der Technik entsprechenden Emissionsfaktoren, Statistiken, Aktivitätsdaten, etc. Die Änderungen stammen größtenteils aus realen Veränderungen der Emissionen, wie z.B. den erhöhten Einsatz von Mineraldünger sowie einer deutlichen Veränderung der Viehzahlen in der Nutztierhaltung. Teilweise sind die Änderungen aber auch durch den Einsatz neuer Bestimmungsmethoden sowie der Erweiterungen der Datengrundlage bedingt. Die dargestellten Änderungen der NH<sub>3</sub>-Emissionen dürfen also nicht zur Gänze als tatsächliche Zu- bzw. Abnahmen gesehen werden.

Für die Modellierung werden die jährlichen Emissionsdaten zeitlich disaggregiert (Kapitel 2.2). Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft werden hauptsächlich im Frühjahr und im Sommer freigesetzt. Die Auswirkung der NH<sub>3</sub>-Emissionsänderung auf die betrachteten Winterepisoden (Dezember 2016 und Februar 2017) ist daher eher geringer. In der April-Episode (Jahr 2019) werden höhere NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Modellierung berücksichtigt, diese können die Immissionsreduktionen durch die Maßnahmen vor allem in Gemeinden mit hohen positiven NH<sub>3</sub>-Emissionsdifferenzen mindern.

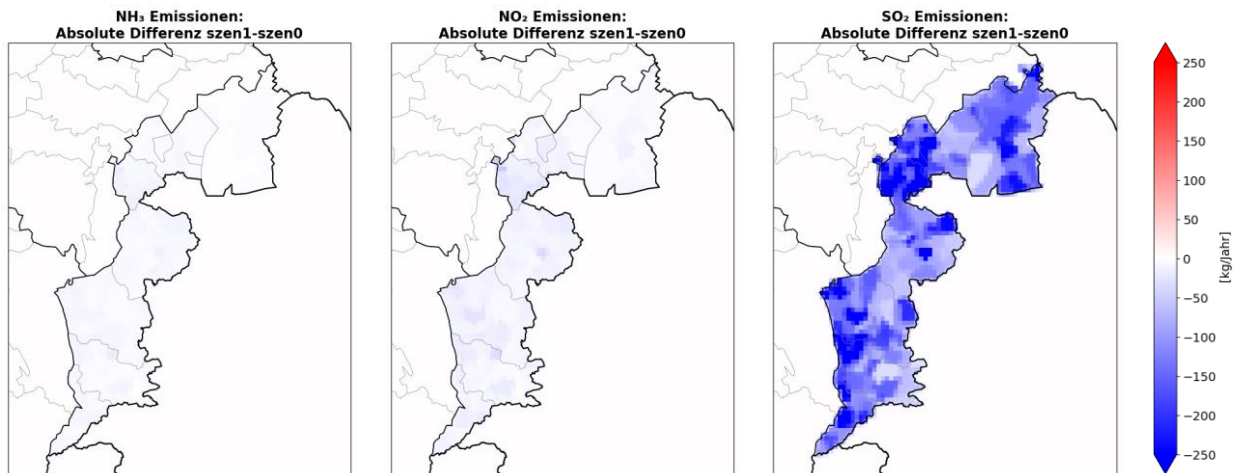


Abbildung 2-5: Absolute Differenz der NH<sub>3</sub>-Emissionen (links), NO<sub>2</sub>-Emissionen (Mitte) und SO<sub>2</sub>-Emissionen (rechts) für Szenario 1 – Szenario 0.

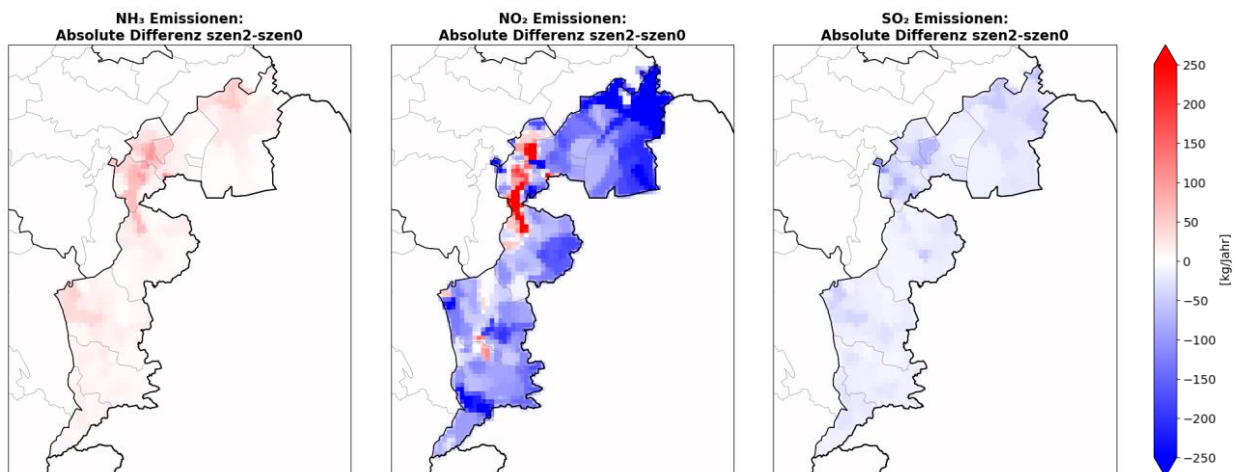


Abbildung 2-6: Absolute Differenz der NH<sub>3</sub>-Emissionen (links), NO<sub>2</sub>-Emissionen (Mitte) und SO<sub>2</sub>-Emissionen (rechts) für Szenario 2 – Szenario 0.

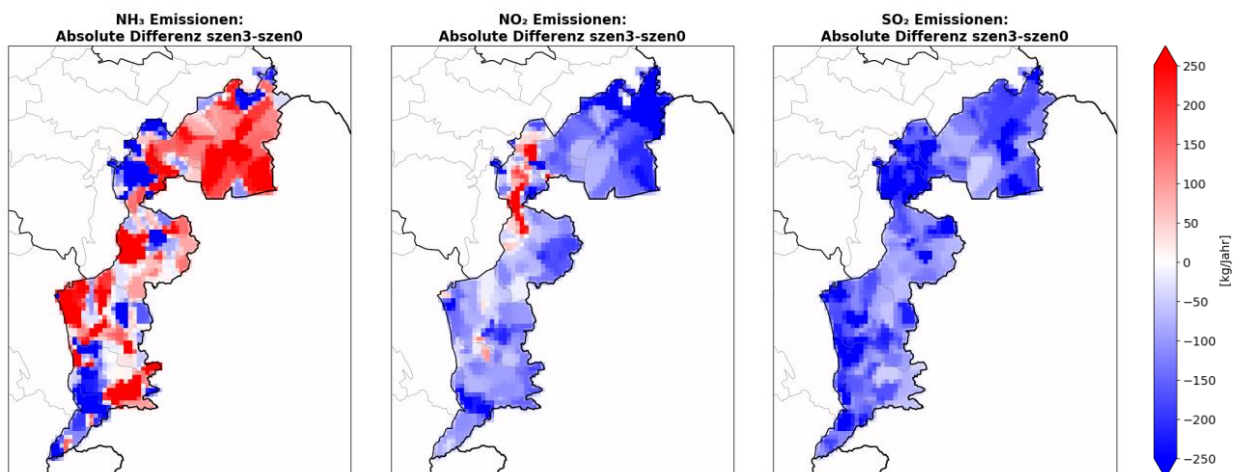


Abbildung 2-7: Absolute Differenz der NH<sub>3</sub>-Emissionen (links), NO<sub>2</sub>-Emissionen (Mitte) und SO<sub>2</sub>-Emissionen (rechts) für Szenario 3 – Szenario 0.

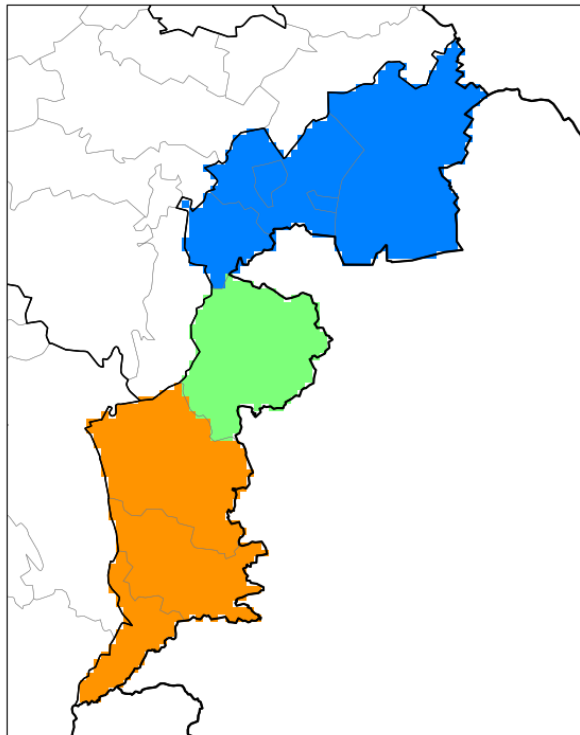
## 2.4 Analyse der Modellsimulationen

Für die 3. Phase der Evaluierung wurde das Burgenland in drei Regionen aufgeteilt:

- Nordburgenland  
Bezirke: Eisenstadt, Eisenstadt-Umgebung, Mattersburg, Neusiedl am See, Rust
- Mittelburgenland  
Bezirk: Oberpullendorf
- Südburgenland  
Bezirke: Oberwart, Güssing, Jennersdorf

Abbildung 2-8 zeigt die Gitterzellen (horizontale Auflösung 1,5 x 1,5 km), die für die Analysen in den drei Regionen herangezogen wurden.

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



**Abbildung 2-8: Gitterzellen des Modells (1,5 x 1,5 km) für die Region Nordburgenland (blau), die Region Mittelburgenland (grün) und die Region Südburgenland (orange).**



## 2.5 Abschätzung des PM10-Transports

Um den Anteil des Transports von PM10 ins Burgenland abschätzen zu können, wurde eine weitere Simulation durchgeführt, in der die anthropogenen Emissionen innerhalb des Burgenlands auf null gesetzt worden sind. Der Anteil des PM10-Transports wurde durch Differenzbildung dieser Simulation und den Simulationen der Emissionsszenarien (Kapitel 2.3) berechnet.

Zur Berechnung des PM10-Transports wurden aus den Modellläufen nur jene Gitterzellen, die in der jeweiligen Region liegen (Kapitel 2.4), verwendet und die PM10-Konzentrationen räumlich gemittelt.

## 2.6 Lokale Ausbreitungsmodellierung: LASAT

Lagrange'sche Partikelmodelle wie LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol – Transport), Version 3.4 (Janicke Consulting, 2019) simulieren eine Abgasfahne als Wolke kleiner Stoffteilchen (Partikel), wobei jedes Stoffteilchen eine bestimmte Masse eines Schadstoffs repräsentiert. Für jedes Teilchen wird 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.

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).

## 2.7 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 des Ceilometers in Eisenstadt verwendet. Die Winddaten wurden von der TAWES-Station Eisenstadt 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.

## 2.8 Emissionsaufbereitung für LASAT

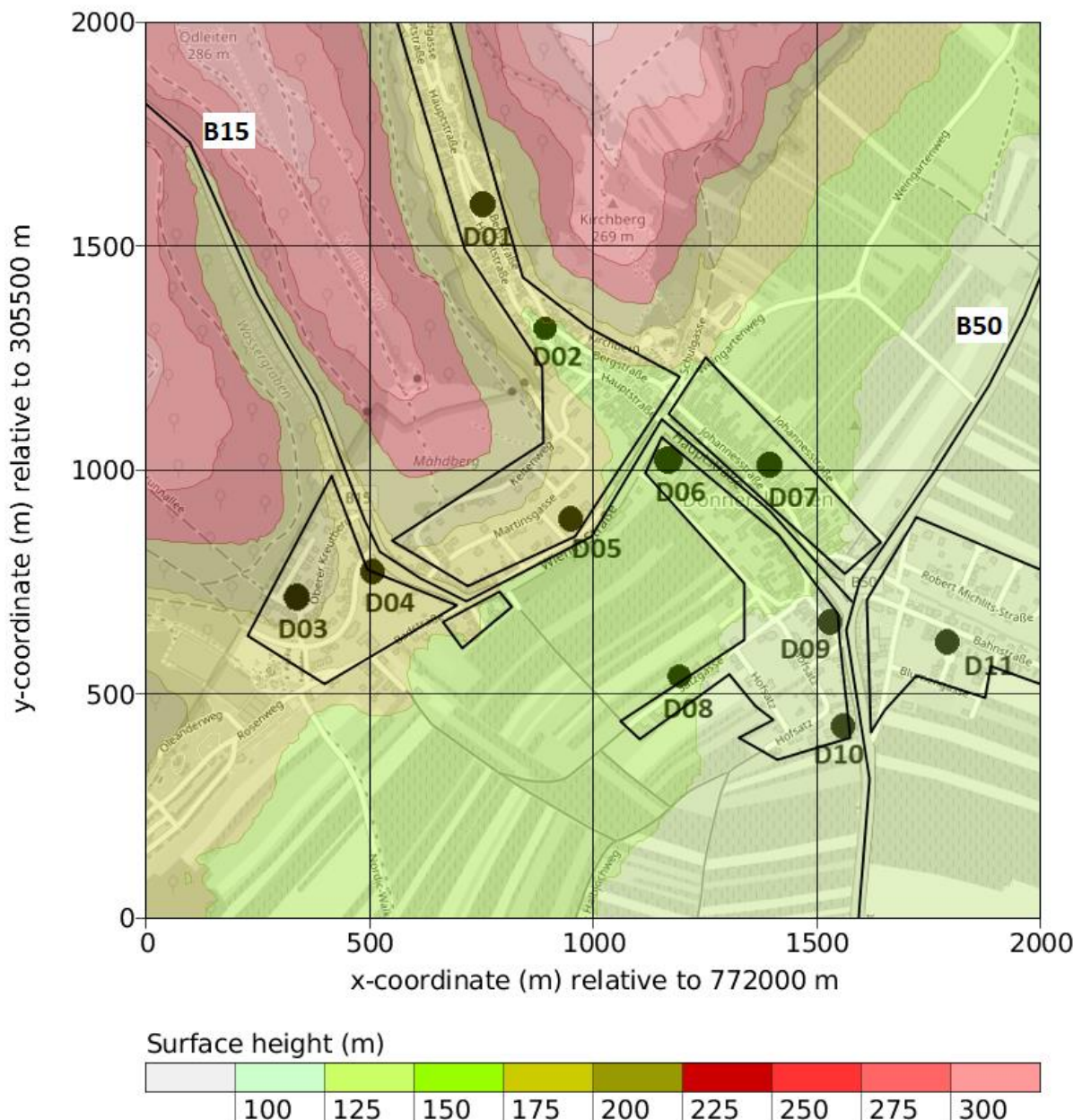
Die lokale Ausbreitungsmodellierung wurde exemplarisch für den Ort Donnerskirchen durchgeführt. Für die drei Episoden wurde jeweils eine Simulation mit den Emissionen des Basis-Szenarios und des Szenarios 3 (niedrigste Emissionen) durchgeführt, um den lokalen Einfluss der Maßnahmen zeigen zu können. Die Emissionsdaten wurden dabei aus den auf gemeindeebene vorliegenden Daten extrahiert. Es wurden die Emissionen aus den Kategorien Verkehr und Haushalte verwendet (Tabelle 2-2).

**Tabelle 2-2: PM10- und PM2,5-Jahresemissionen für die Gemeinde Donnerskirchen.**

	Szenario 0		Szenario 3	
	PM10 [kg/a]	PM2,5 [kg/a]	PM10 [kg/a]	PM2,5 [kg/a]
Haushalte	2067	1952	1684	1598
Verkehr	1868	1272	1131	783

In der Tabelle wurde PM2,5 angegeben, da das Modell LASAT als Input sowohl PM2,5-Emissionen als auch PMcoarse (PM10 – PM2,5) benötigt. Aufgrund der verschiedenen Partikelgrößen wird den beiden Spezies in der Modellierung eine unterschiedliche Sedimentationsgeschwindigkeit zugewiesen. Für die Auswertung des Modellergebnisses werden die einzeln simulierten Spezies (PM2,5 und PMcoarse) addiert, um PM10 zu erhalten.

In Abbildung 2-9 ist die LASAT Modelldomäne mit den verwendeten Linien- und Volumenquellen sowie der Modelltopographie dargestellt. Die Straßen B50 und B15 wurden als Linienquellen im Modell eingetragen. Die Haushalte wurden exemplarisch als großflächige Volumenquellen über dem Großteil der besiedelten Gebiete mit einer Höhe von 10 m berücksichtigt. Es wurden 11 Aufpunkte definiert, für die in der Auswertung die Differenzen der PM10-Konzentrationen ausgegeben werden.



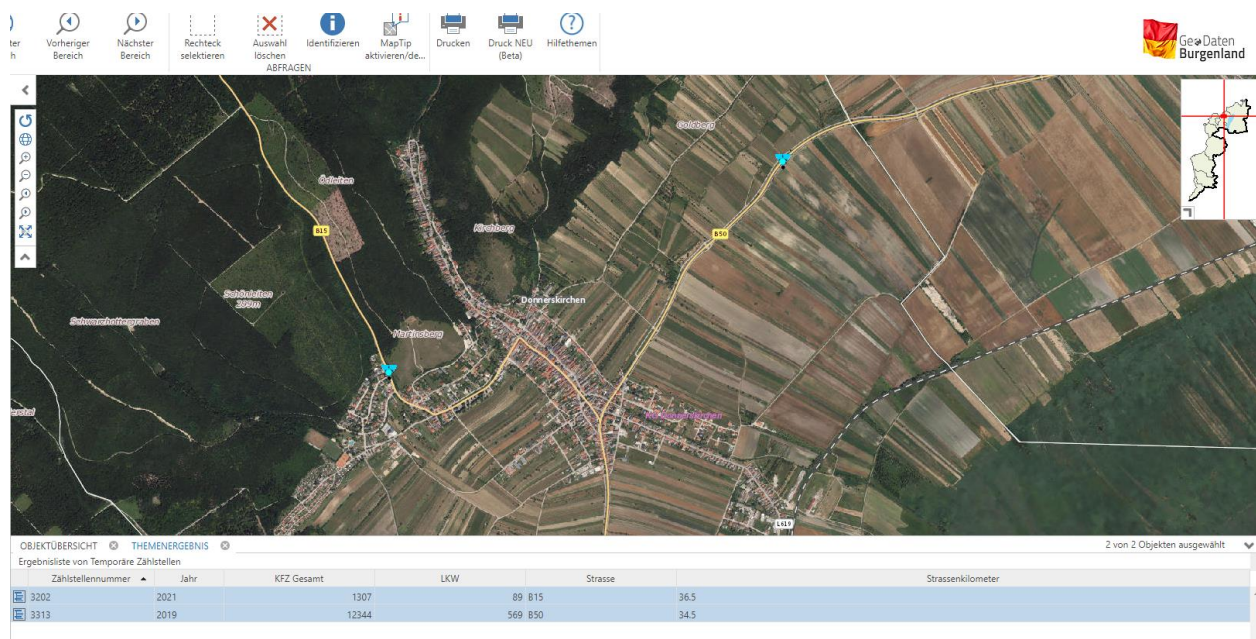
**Abbildung 2-9: LASAT Modelldomäne mit der Modelltopographie, den verwendeten Linien- und Volumenquellen und den Aufpunkten D01 – D11.**

Es wurde angenommen, dass die in Tabelle 2-2 angegebenen Emissionen für die Gemeinde Donnerskirchen zur Gänze von den Quellen in dem modellierten Ausschnitt freigesetzt werden.

### 2.8.1 Aufbereitung der Verkehrsemissionen

Die Verkehrsemissionen wurden anhand von den Verkehrszählungen in Donnerskirchen und dem Verhältnis PM<sub>10</sub>-/PM<sub>2,5</sub>-Emissionen aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren – HBEFA 4.2.2 (INFRAS, 2022) auf die Straßen B50 und B15 aufgeteilt.

Aus den Verkehrszählungen der Zählstellen (Abbildung 2-10) auf der B15 (Nummer: 3202) und auf der B50 (Nummer: 3313) wurde der relative Anteil der PKW- und LKW-Fahrzeuge für beide Straßen abgeleitet (Tabelle 2-3). Als Referenz wurde die Summe der PKW- bzw. LKW-Zahlen der B15 und B50 verwendet.



**Abbildung 2-10: Verkehrsmessstellen Donnerskirchen, Quelle: GIS Burgenland (<https://gis.bgl.d.gv.at/WebGIS/synserver>).**

**Tabelle 2-3: Anteil der PKWs/LKWs auf den Straße B15 bzw. B50.**

	PKW	LKW
B15	9 %	14 %
B50	91 %	86 %

Die Jahressumme der Verkehrsemissionen inkludiert alle KFZ-Emissionen (Tabelle 2-2). LKW-Emissionen sind aber meist höher als PKW-Emissionen. Um dieses Verhältnis ebenfalls zu berücksichtigen, wurden aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA Version 4.2) die durchschnittlichen Emissionsfaktoren (innerorts) für PKW und LKW für das Basisjahr 2020

extrahiert. Der Emissionsfaktor für PM10 wurde aus der Summe PM + PM (non-exhaust) und der Emissionsfaktor für PM2,5 aus der Summe PM2,5 + PM2,5 (non-exhaust) jeweils für PKW und LKW berechnet. Der jeweilige Anteil für PKW und LKW wurde aus der Summe der PM10- bzw. PM2,5-Emissionen ermittelt (Tabelle 2-4).

**Tabelle 2-4: HBEFA PM10-/PM2,5-Emissionsfaktoren für PKW und LKW sowie der Anteil der Emissionen an der Summe der PM10- bzw. PM2,5-Emissionsfaktoren (PKW+LKW).**

		PM10	PM2,5
PKW	Emissionsfaktor [g/km.Fzg]	0,045003464	0,025412778
	Anteil [%]	7 %	19 %
LKW	Emissionsfaktor [g/km.Fzg]	0,598065827	0,107666526
	Anteil [%]	93 %	81 %

Der Gesamtfaktor für PM10- und PM2,5 für die zwei Straßen wurde durch Multiplikation der beiden ermittelten Faktoren berechnet. Da es, wie vorher erwähnt, keine Aufteilung der Emissionen für PKW und LKW in den Jahresemissionen gibt, wurden die Faktoren für PKW und LKW für die beiden Straßen zusammengefasst. Die ermittelten Faktoren für PM10 und PM2,5 sind für die Straßen B15 und B50 nahezu ident. Die PM10-/ PM2,5-Jahresemissionen (Tabelle 2-2) wurden mit den ermittelten Faktoren (Tabelle 2-5) auf die Straßenzüge der B15 und B50 aufgeteilt.

**Tabelle 2-5: Anteil der Jahressumme der PM10-/PM2,5 Emissionen auf den Straßen die B15 und B50.**

		PKW	LKW	Summe
B15	PM10	0,7 %	12,6 %	<b>13,3 %</b>
	PM2,5	1,8 %	10,9 %	<b>12,7 %</b>
B50	PM10	6,3 %	80,4 %	<b>86,7 %</b>
	PM2,5	17,3 %	70,0 %	<b>87,3 %</b>

### 2.8.2 Aufbereitung der Haushaltsemissionen

Beruhend auf der Annahme, dass die Haushaltsemissionen der Gemeinde Donnerskirchen (Tabelle 2-2) aus den im Modellgebiet eingefügten Volumenquellen emittiert werden, wurde die Jahresemission folgendermaßen auf die Quellen aufgeteilt: Es wurde die Fläche der Quellen berechnet und die Jahresemission relativ zum Flächeninhalt den einzelnen Quellen zugeordnet.

### 2.8.3 Zeitliche Disaggregation

Aus den Jahresemissionen müssen für die Modellierung stündliche Werte generiert werden. Wie auch bei der Simulation mit WRF-Chem (Kapitel 2.2) werden die jährlichen Emissionsdaten dafür mit mittleren Faktoren für Monats-/Wochen-/Tagesgängen zeitlich disaggregiert.

### 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 können diese großräumigen hohen Feinstaubkonzentrationen verringern, 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, 2022b) jahreszeitenunabhängig drei Episoden mit Tagesmittelwerten der Feinstaubkonzentration nahe dem Grenzwert ausgewählt.

Mit dem Modell WRF-Chem wurden für die ausgewählten Episoden Simulationen durchgeführt. Für jede Episode wurden die im Kapitel 2.3 beschriebenen Emissionsszenarien modelliert:

- Episode 1  
erhöhte PM10-Konzentration am 16.12. bis 19.12.2016  
Auswertezeitraum: 14.12. bis 20.12.2016
- Episode 2  
erhöhte PM10-Konzentration am 13.2. bis 17.2.2017  
Auswertezeitraum: 11.2. bis 18.2.2017
- Episode 3:  
erhöhte PM10-Konzentration am: 10.4.2019  
Auswertezeitraum: 6.4. bis 12.4.2019

Zusätzlich wurde eine Ausbreitungsrechnung mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell LASAT durchgeführt, um den lokalen Einfluss durch die Maßnahmen zeigen zu können.



## 3.2 Episode 1: 14.12. bis 20.12.2016

### 3.2.1 Messung

Von 14.12. bis 20.12.2016 wurden an allen Stationen erhöhte Feinstaubkonzentrationen gemessen, welche jedoch meist knapp unterhalb des Grenzwerts blieben. An der Station Kittsee wurden am 17.12. ( $51,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und am 19.12. ( $66,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwerts gemessen (Abbildung 3-1).

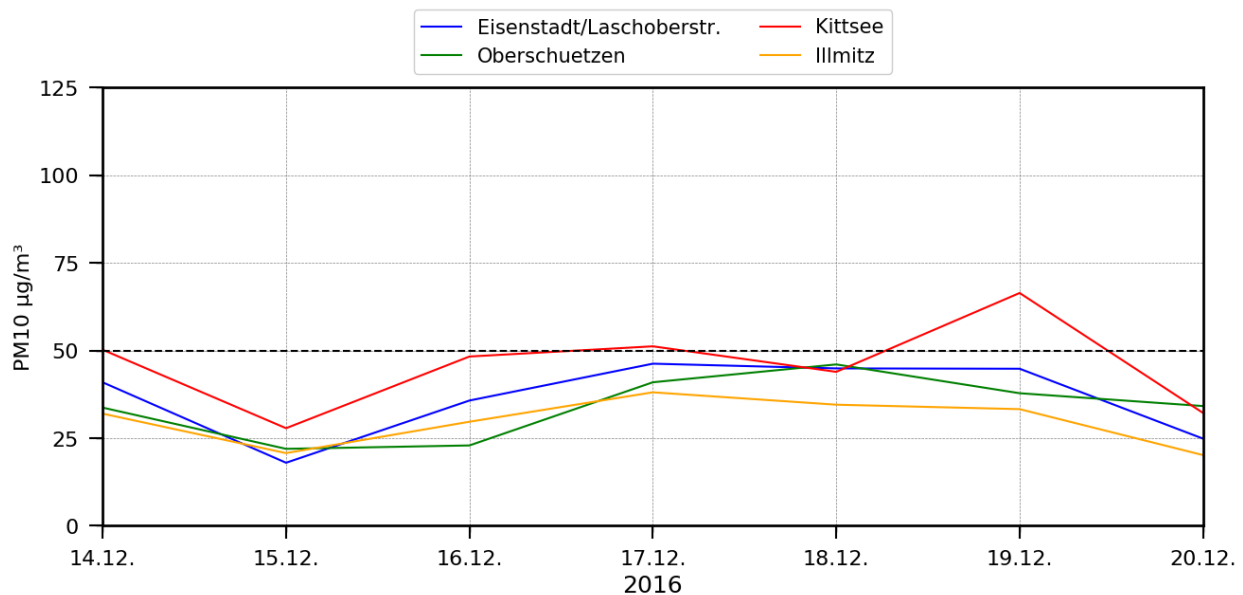


Abbildung 3-1: Episode 1: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen.

### 3.2.2 Burgenlandweite Auswertung

In Abbildung 3-2 ist exemplarisch für das Basis-Szenario (Szenario mit den höchsten Emissionen) der Mittelwert der PM10-Konzentration über den gesamten betrachteten Zeitraum 14.12. – 20.12.2016 dargestellt. Die höchsten PM10-Konzentrationen wurden für das Nordburgenland simuliert. Geringere Immissionen sind im mittleren Burgenland zu finden.

### PM10-Mittelwert 14.12 - 20.12.2016 Szenario 0

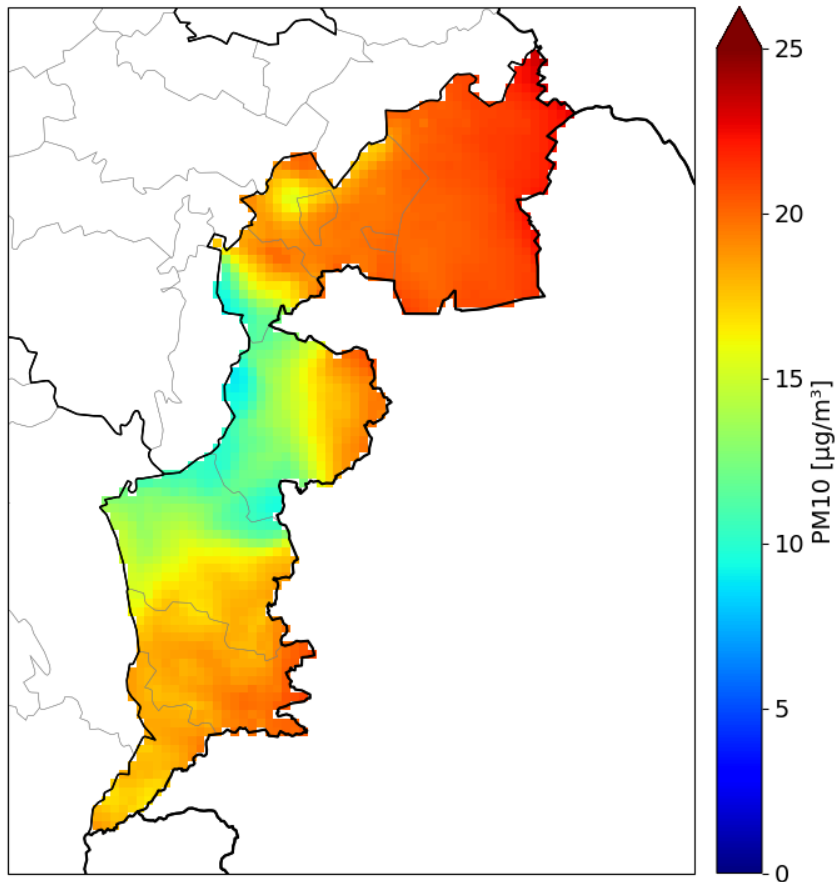
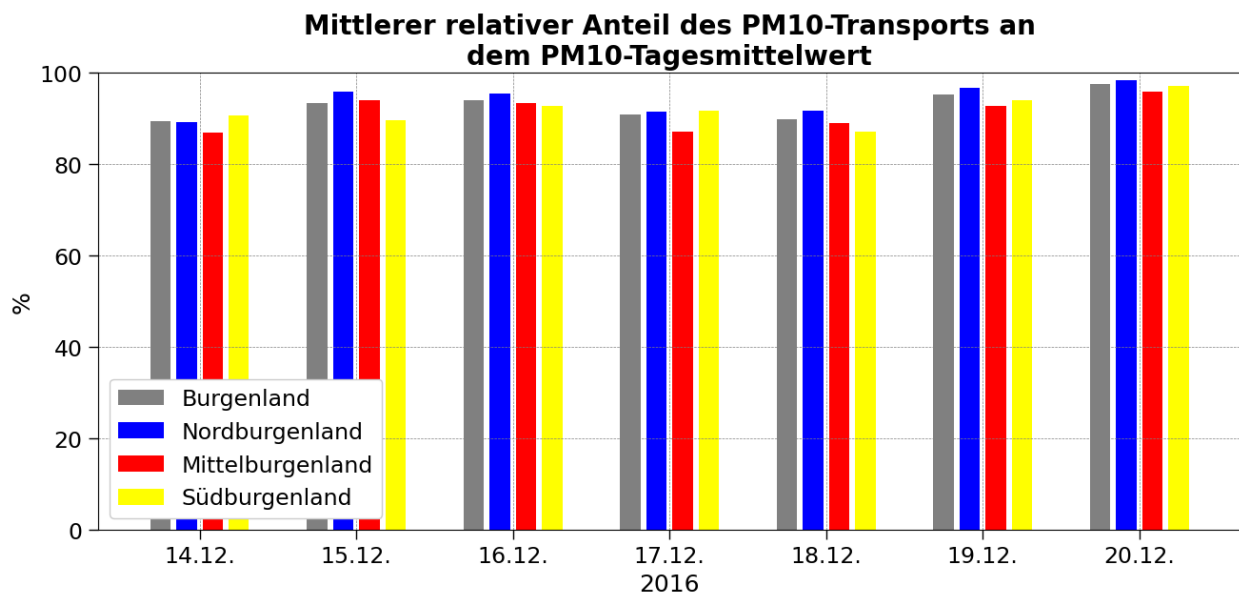


Abbildung 3-2: Episode 1: PM10-Mittelwert 14.12 bis 20.12.2016 (Basis-Szenario).

In Abbildung 3-3 zeigt den Anteil des Transports an der modellierten Feinstaubimmission im Nord-, Mittel- und Südburgenland sowie im gesamten Burgenland in der betrachteten Episode. Durch Differenzbildung der Simulationsergebnisse der Szenarien und der Simulation ohne anthropogene Emissionen (Kapitel 2.5) wurde der Anteil des PM10-Transports in dieser Episode abgeschätzt. Aus den Modellläufen wurden nur jene Gitterzellen, die in der jeweiligen Region liegen, verwendet und die PM10-Konzentrationen räumlich gemittelt. Aus der ermittelten Zeitreihe der mittleren stündlichen PM10-Konzentrationen wurden Tagesmittelwerte gebildet. Da es zwischen den einzelnen Szenarien kaum Unterschiede hinsichtlich des Beitrags durch PM10-Transport gibt, wurde über alle Szenarien gemittelt.

Der Anteil an herantransportiertem PM10 schwankt aufgrund der meteorologischen Gegebenheiten täglich. In der betrachteten Episode liegen die Anteile deutlich über 80 %.

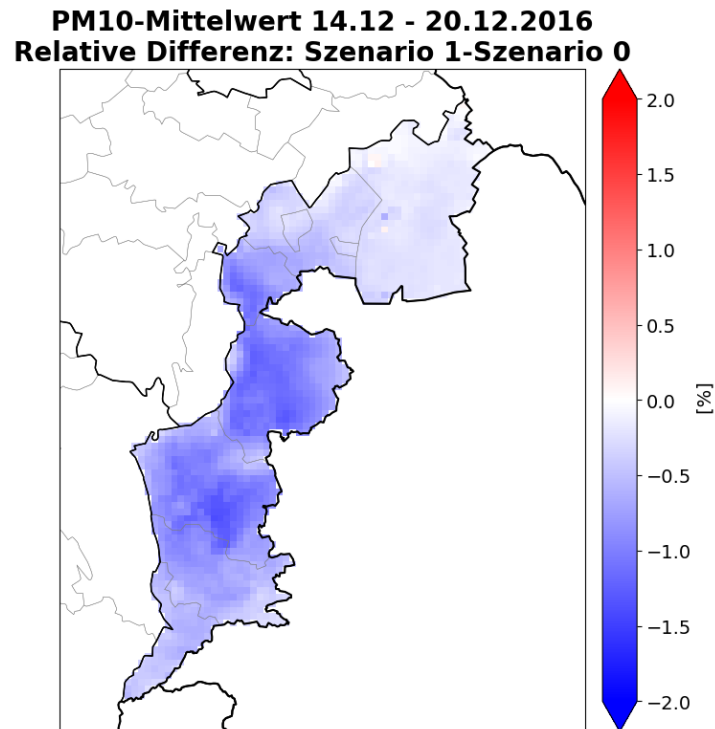


**Abbildung 3-3: Episode 1: Mittlerer relativer Anteils des PM10-Transports in den Regionen Nord-, Mittel- und Südburgenland sowie für das gesamte Burgenland.**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die relativen Differenzen des modellierten PM10-Mittelwerts (14.12. bis 20.12.2016) der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario.

Die Maßnahmen im Bereich Haushalte (Szenario 1, Abbildung 3-4) und Verkehr (Szenario 2, Abbildung 3-5) wirken sich relativ gleichmäßig auf die Immissionsreduktion im Burgenland aus. Im Szenario 1 erkennt man etwas größere Reduktionen der PM10-Immissionen im Mittel- und Südburgenland und eine geringere Reduktion im Nordburgenland, diese Struktur ist auch in den absoluten Emissionsdifferenzen zu sehen (Abbildung 2-2). Die Maßnahmen im Verkehr wirken sich emissionsseitig (Abbildung 2-3) erwartungsgemäß vor allem in den Gemeinden mit Hauptverkehrsstraßen aus. In den Immissionen zeigt sich der Effekt dieser Emissionsreduktion etwas stärker im Nord- und Südburgenland (Abbildung 3-5). Die höchsten negativen Differenzen zum Basis-Szenario zeigt ebenfalls erwartungsgemäß das Szenario 3, sowohl in den Emissionen (Abbildung 2-4) als auch in den modellierten Immissionen (Abbildung 3-6). Neben großflächigen negativen Abweichungen zeigen einzelne Regionen im Nordburgenland und Mittelburgenland auch leicht positive Abweichungen. Diese leicht positiven Abweichungen sind auch in den PM10-Emissionen erkennbar (Abbildung 2-4) und resultieren aus der Überarbeitung der Emissionen im Sektor Landwirtschaft (Kapitel 2.3). Zusätzlich könnte die Immissionszunahme auf die Bildung sekundärer Aerosole aus gasförmigen Vorläufersubstanzen zurückzuführen sein. Im Nord- und Mittelburgenland weisen die NH<sub>3</sub>-Emissionen teils große

positive Abweichungen zum Basis-Szenario auf (Kapitel 2.3). Allgemein sind im Winter die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft (Hauptquelle der  $\text{NH}_3$ -Emissionen) eher geringer, dennoch können sie den Effekt der Maßnahmen reduzieren bzw. umkehren.



**Abbildung 3-4: Episode 1: Relative Differenz (Szenario 1 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 14.12. bis 20.12.2016.**

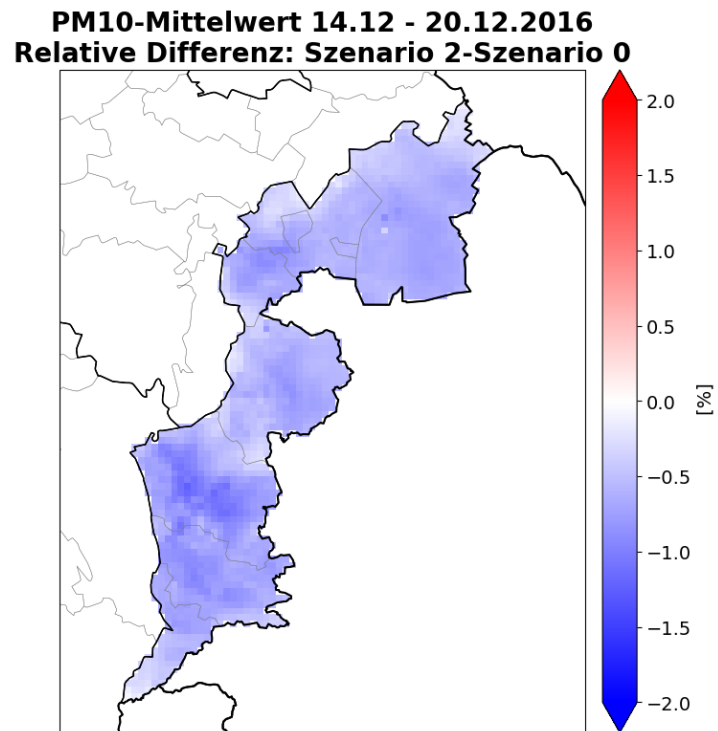


Abbildung 3-5: Episode 1: Relative Differenz (Szenario 2 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 14.12. bis 20.12.2016.

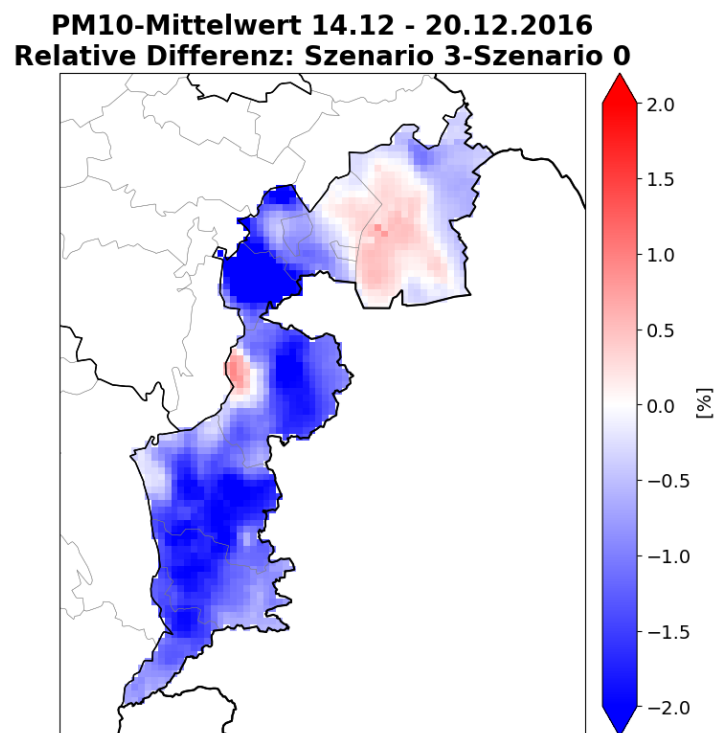


Abbildung 3-6: Episode 1: Relative Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 14.12. bis 20.12.2016.

### 3.2.3 Regionale Auswertung

Aus den simulierten PM10-Konzentrationen wurden für jedes Szenario PM10-Tagesmittelwerte für die Regionen Nord-, Mittel- und Südburgenland berechnet (Kapitel 2.4).

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die tägliche prozentuale Änderung der Immissionen der einzelnen Szenarien im Vergleich zum Basis-Szenario. So bedeutet eine Abweichung um z.B. -1,0 %, dass die Immissionswerte an dem betrachteten Tag für das betrachtete Szenario um 1,0 % niedriger sind als im Basis-Szenario.

Wie schon im vorherigen Kapitel in den flächenhaften Darstellungen erkennbar ist, sind im Mittel- und Südburgenland die Differenz zwischen den Szenarien meist am größten. Dies spiegelt sich auch in den täglichen Differenzen der PM10-Konzentration wieder.

Erwartungsgemäß zeigt das Szenario 3 in allen betrachteten Regionen an den meisten Tagen die größten Immissionsreduktionen im Vergleich zum Basis-Szenario.

Im Nordburgenland sind die Differenzen in den Immissionen mit maximal -1 % relativ niedrig. Die Maßnahmen in den Haushalten (Szenario 1) wirken sich im Nordburgenland nicht so stark aus wie die Maßnahmen für den Verkehr (Szenario 2), welche ähnliche tägliche Immissionsreduktionen zeigen wie das Szenario 3.

Im Mittelburgenland hingegen zeigen die Emissionsreduktionen durch die Maßnahmen im Bereich Haushalte eine höhere Auswirkung auf die PM10-Immissionen als die Maßnahmen im Verkehr. Das liegt daran, dass im Mittelburgenland im Vergleich zum Nord- und Südburgenland kaum große Hauptverkehrsstraßen situiert sind. Je nach meteorologischen Bedingungen kann die Immissionsreduktion für Szenario 3 bis zu 2,5 % erreichen.

Auch im Südburgenland zeigt das Szenario 3 im betrachteten Zeitraum eine Reduktion der PM10-Immissionen um bis zu -2,5 %. Die Maßnahmen im Bereich Haushalte (Szenario 1) und Verkehr (Szenario 2) zeigen im Südburgenland eine annähernd idente Auswirkung in den PM10-Immissionen.

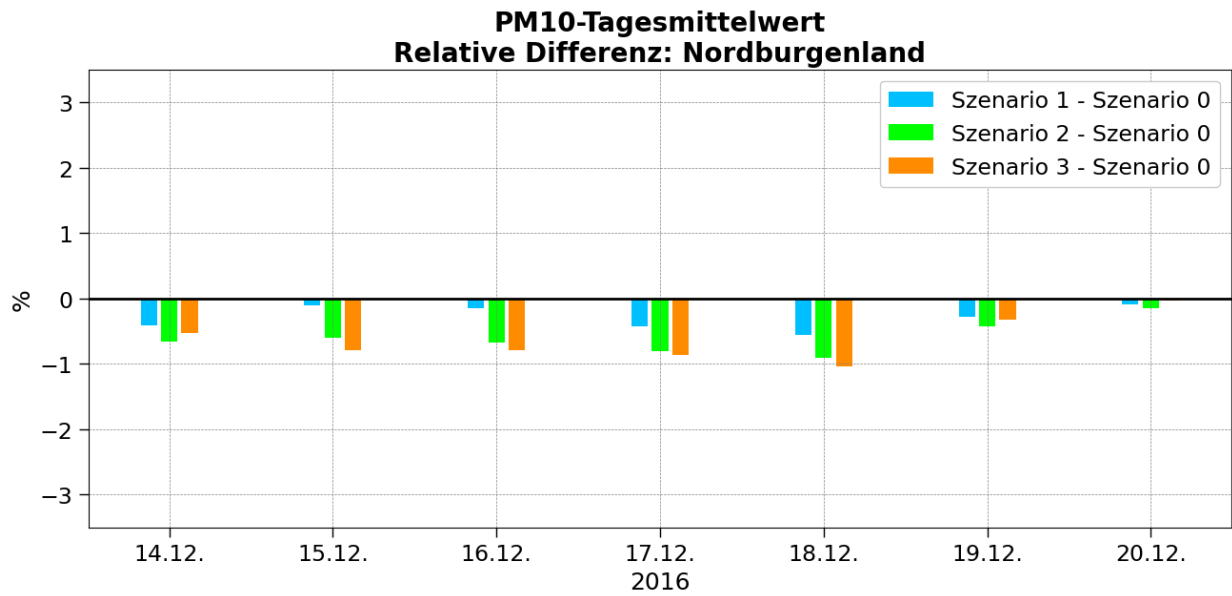


Abbildung 3-7: Episode1: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Nordburgenland.

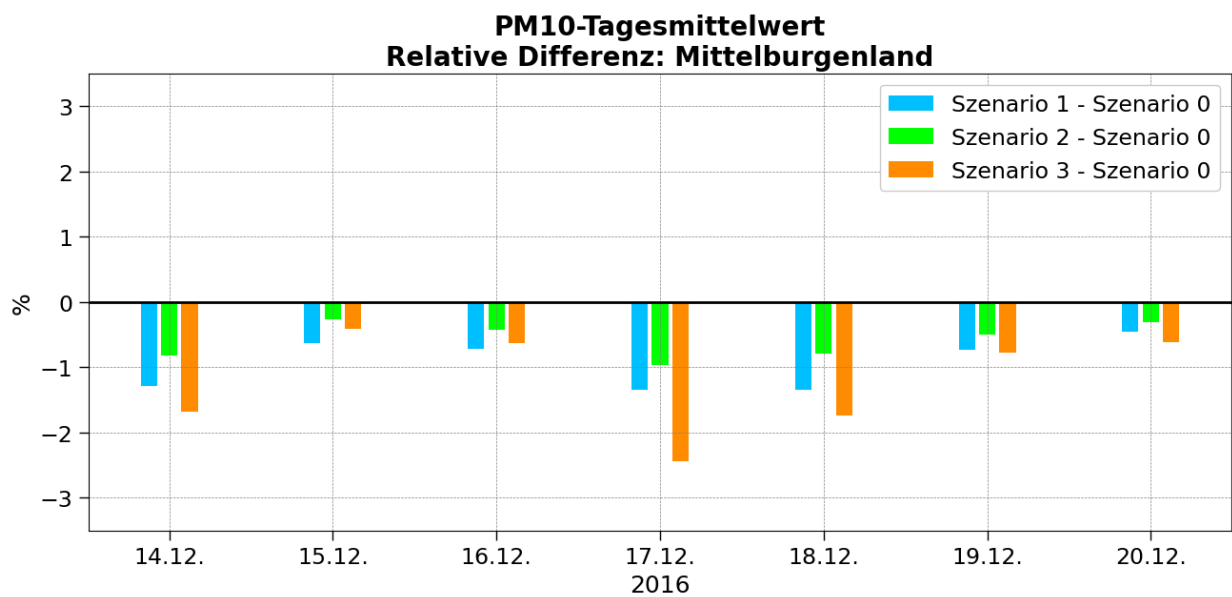
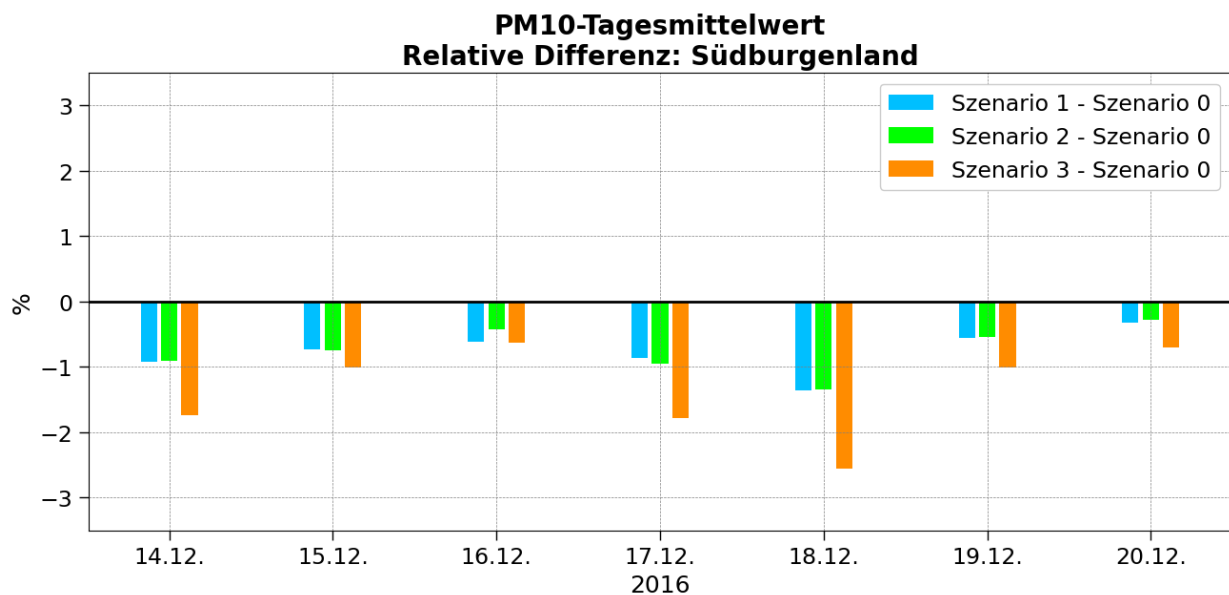


Abbildung 3-8: Episode 1: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Mittelburgenland.



**Abbildung 3-9: Episode 1: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Südburgenland..**

### 3.2.4 Lokale Auswertung

Mit dem Modell LASAT (Kapitel 2.8) wurde der Zeitraum 14.12. bis 20.12.2016 mit den Emissionen des Basis-Szenarios und des Szenarios 3 (Kapitel 2.8) simuliert. Die Differenz der mittleren PM10-Konzentrationen für den genannten Zeitraum ist in Abbildung 3-10 dargestellt. In der Simulation sind nur die Emissionsdaten für Verkehr und Haushalte berücksichtigt. Aufpunkte nahe der Straßen zeigen den kombinierten Einfluss der Maßnahmen im Bereich Haushalt und Verkehr, wobei die Reduktionsmaßnahmen im Bereich Verkehr meist überwiegen. An Aufpunkten, die weiter entfernt von den Straßenzügen liegen, wie z.B. D01 und D02, überwiegt der Einfluss der Emissionsreduktionen aus dem Bereich Haushalte.

Die höchsten mittleren Reduktionen weisen die Aufpunkte nahe der B50 auf (Aufpunkte D09 und D10 mit  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Die restlichen Aufpunkte zeigen einen Rückgang der PM10-Immission um  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Abbildung 3-11 zeigt die Differenzen zwischen Szenario 3 und dem Basis-Szenario für die simulierten PM10-Tagesmittelwerte. Aufgrund der meteorologischen Gegebenheiten weisen die einzelnen Tage unterschiedliche Differenzen auf. Am 14.12., 15.12. und 18.12. sind die Auswirkungen der Verkehrs- und Haushalts-Emissionsreduktionen am höchsten. Nahe der B50 werden an diesen Tagen PM10-Differenzen von meist über  $-3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  simuliert. Aufpunkte abseits der B50 und B15, wie z.B. D01 und D02, zeigen einen Rückgang der PM10-Immission bis



zu  $-0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Am 16.12. und 20.12. sind die Auswirkungen der Maßnahmen am geringsten. Dennoch zeigen sich nahe der B50 PM10-Reduktionen von  $-0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $-1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , die weiteren Aufpunkte weisen eine Abnahme von bis zu  $-0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf.

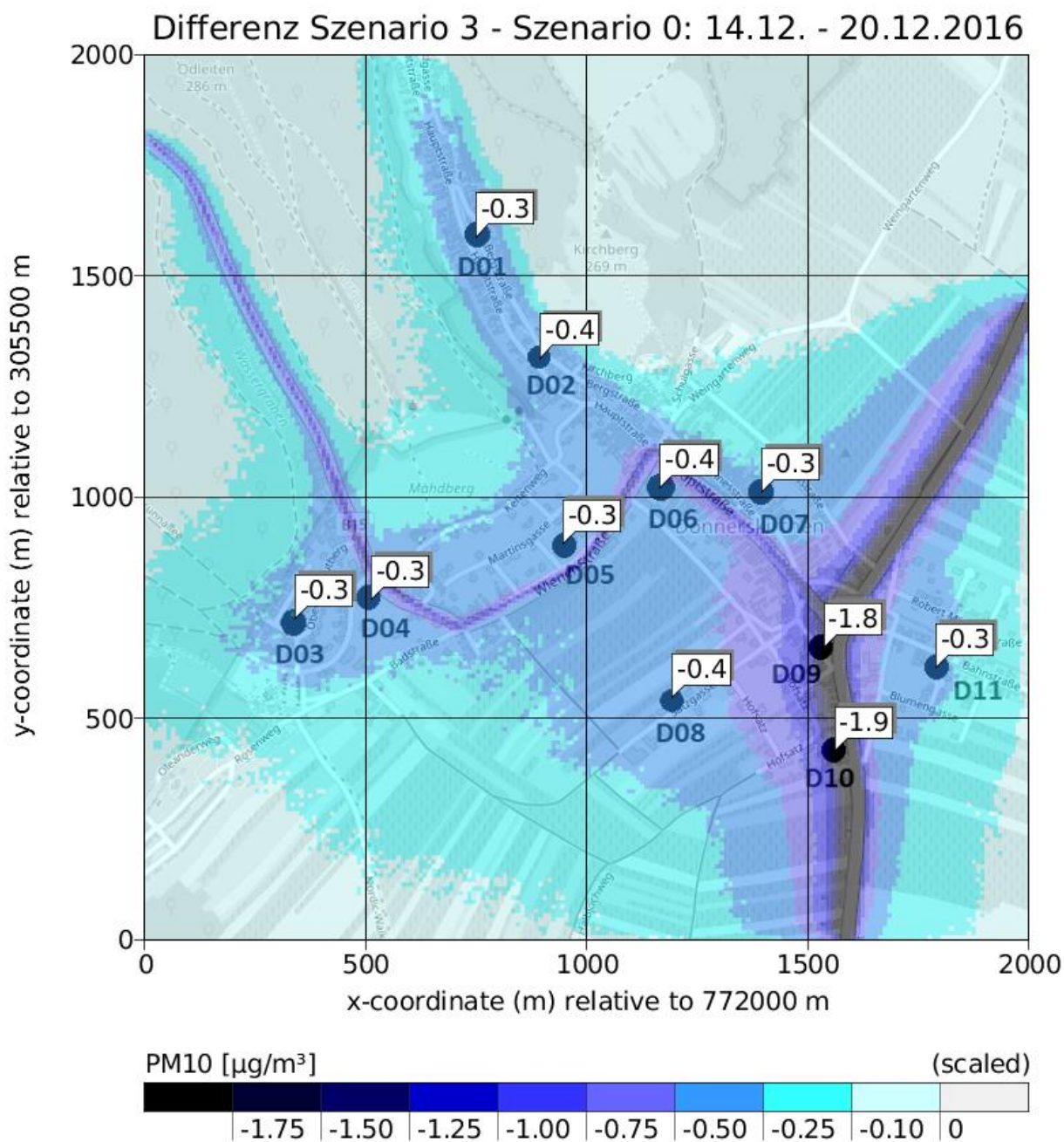


Abbildung 3-10: Episode 1: Mittlere PM10-Differenz zwischen Szenario 3 und Szenario 0 im Zeitraum 14.12. – 20.12.2016.

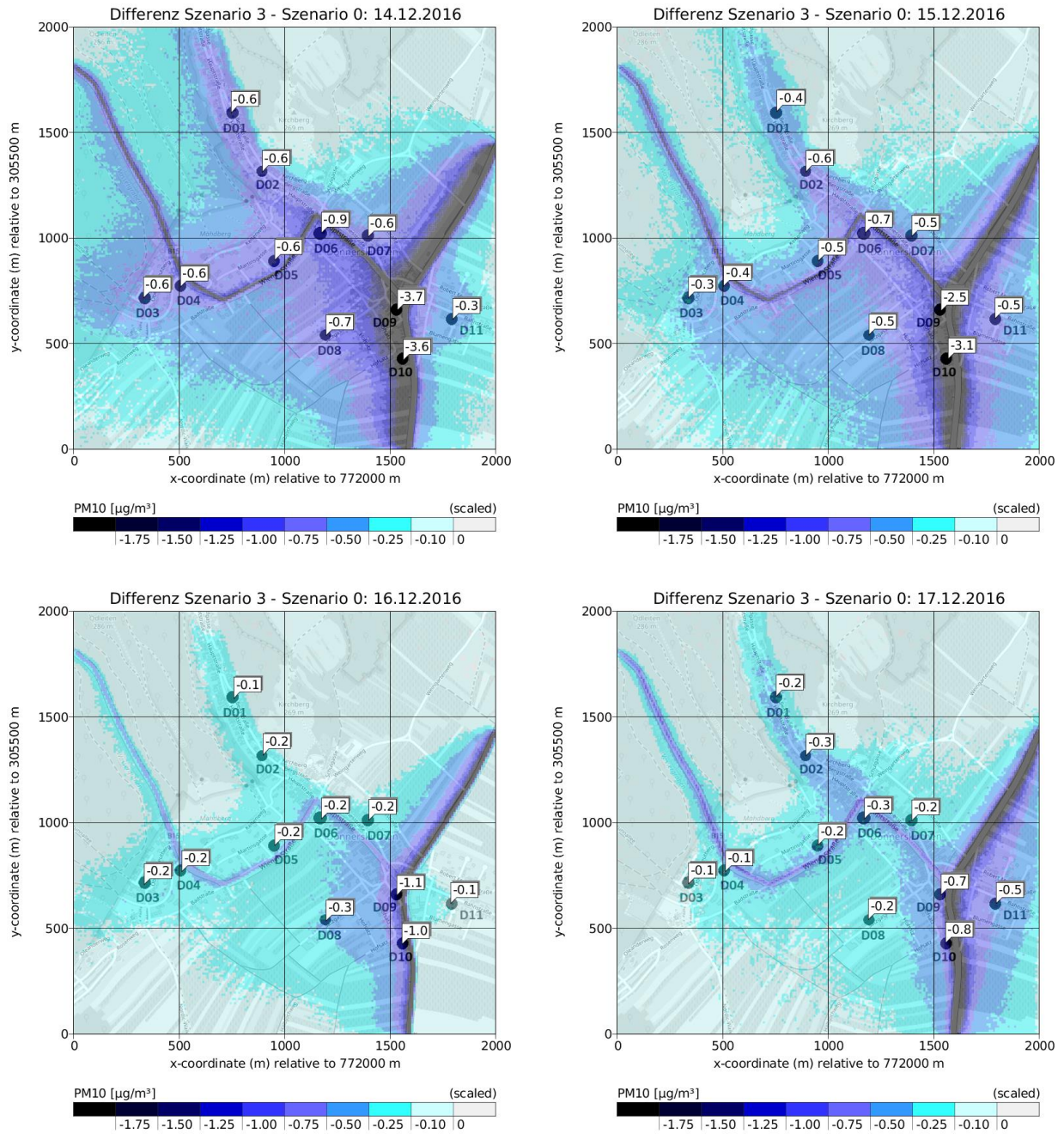


Abbildung 3-11: Episode 1: Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) der PM10-Tagesmittelwerte, 14.12. – 17.12.2016.

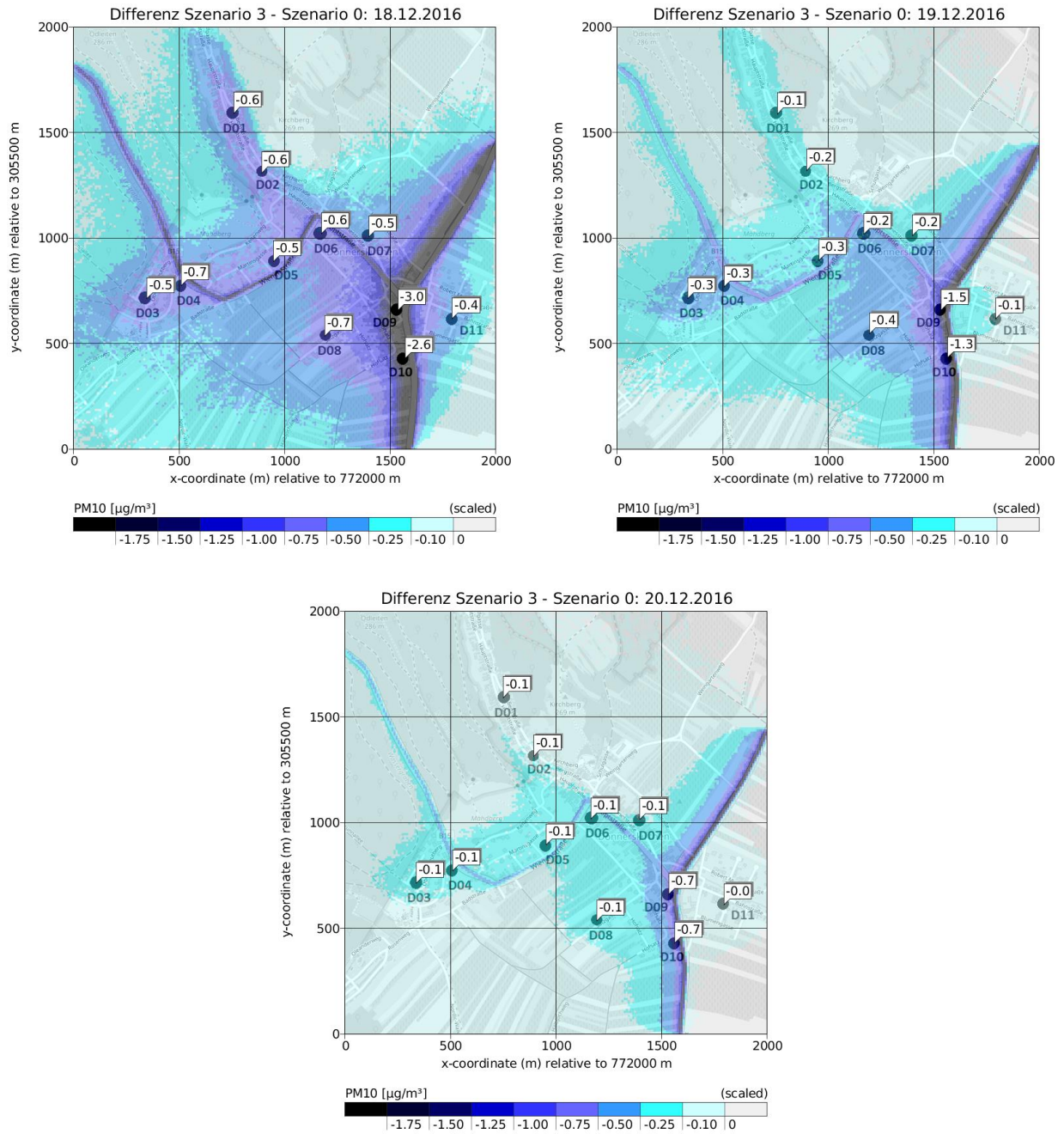


Abbildung 3-12: Episode 1: Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) der PM10-Tagesmittelwerte, 18.12. – 20.12.2016.

### 3.3 Episode 2: 11.2. bis 18.2.2017

#### 3.3.1 Messung

Im Zeitraum 13.2. bis 17.2.2017 wurde von allen burgenländischen Luftgütemessstationen zumindest ein PM10-Tagesmittelwert über dem Grenzwert gemessen. Während dieser Zeit herrschte Hochdruckeinfluss, die Aerosole konnten sich während dieser austauscharmen, stabilen Wetterlage unterhalb der Temperaturinversion ansammeln (ZAMG, 2022b). Die höchsten Konzentrationen wurden dabei am 15.2. in Kittsee ( $99,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10), am 16.2. in Eisenstadt ( $88,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10) und in Illmitz ( $71,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10), und am 17.2. in Oberschützen ( $77,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10) gemessen (Abbildung 3-13).

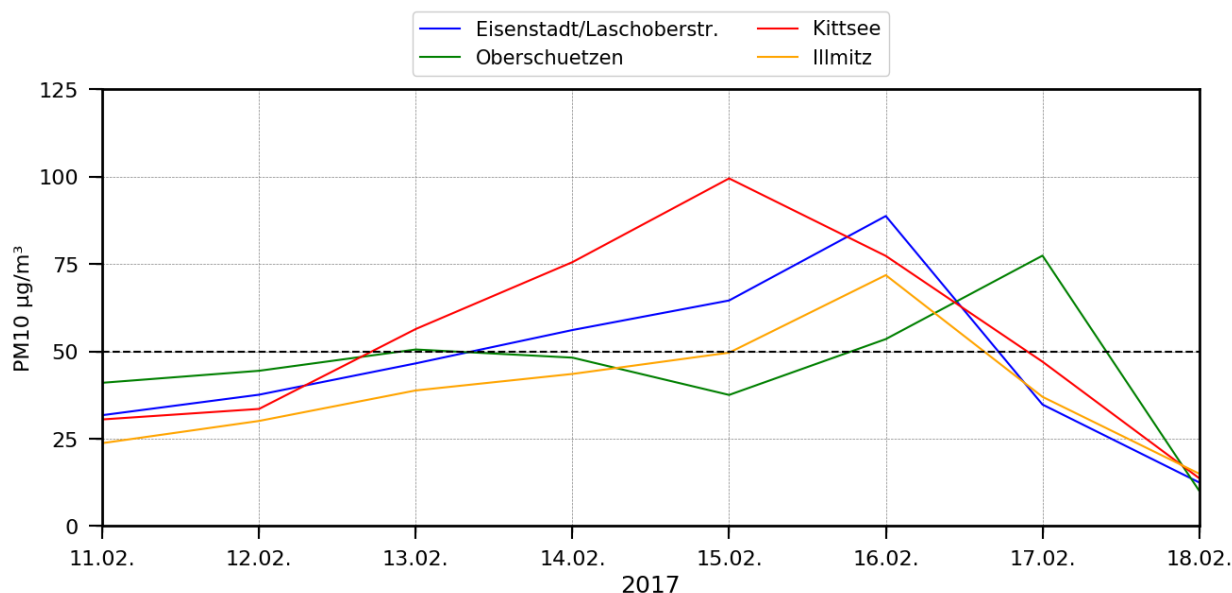


Abbildung 3-13: Episode 2: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen.

#### 3.3.2 Burgenlandweite Auswertung

In Abbildung 3-14 ist der PM10-Mittelwert der betrachteten Episode (11.2. bis 18.2.2017) dargestellt. Die höchsten Konzentrationen wurden für das Nord- und Südburgenland simuliert. Im Vergleich zur ersten Episode (Kapitel 3.2.2) ergibt die Modellierung im gesamten Burgenland meist höhere Konzentrationswerte, was mit den Immissionsmessungen übereinstimmt.

### PM10-Mittelwert 11.02 - 18.02.2017 Szenario 0

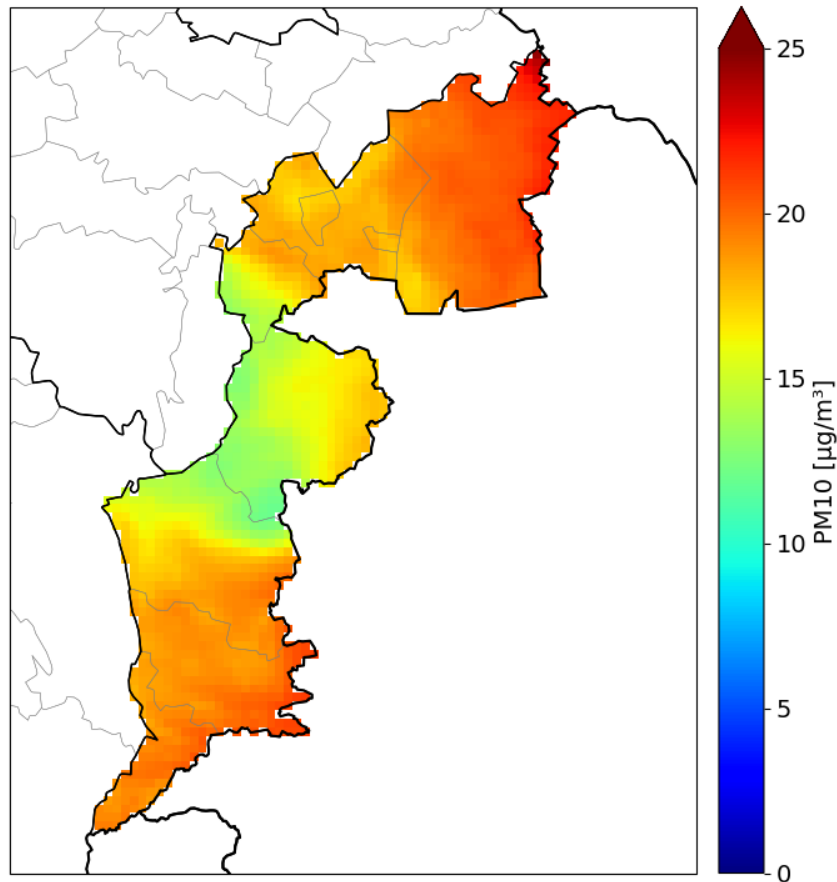
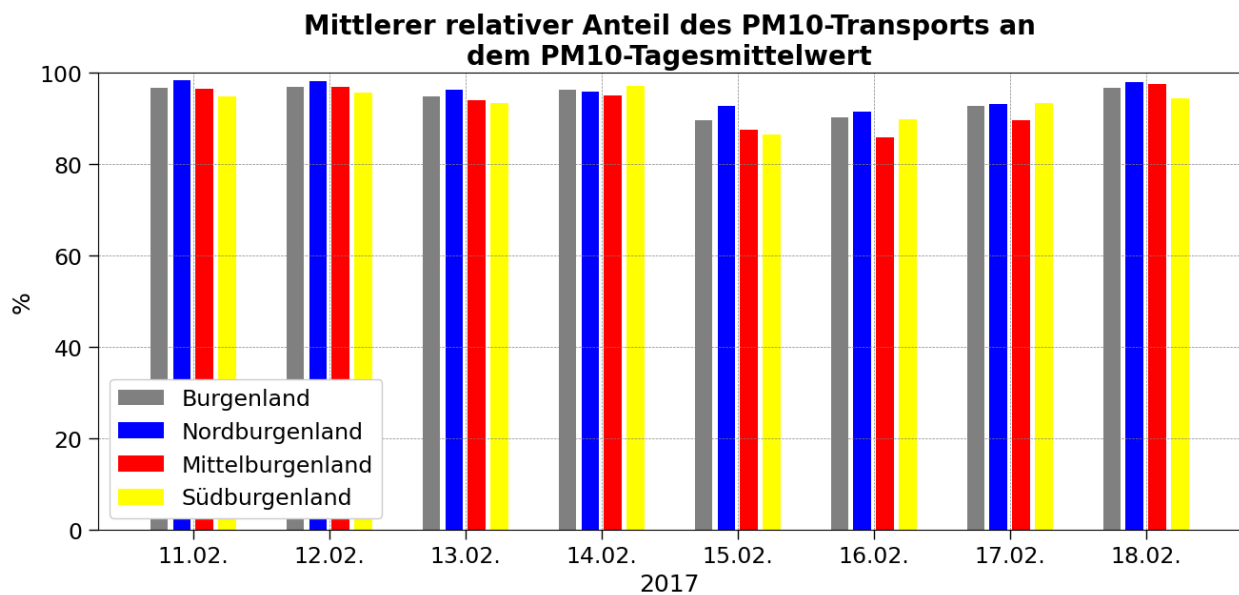


Abbildung 3-14: Episode 2: PM10-Mittelwert 11.2. bis 18.2.2017 (Basis-Szenario).

Zur Abschätzung des PM10-Transports wurde eine WRF-Chem Simulation ohne anthropogene Emissionen durchgeführt und anschließend die Differenz mit den simulierten PM10-Immissionen aus den Simulationen der Emissionsszenarien gebildet. Da der Anteil des PM10-Transports in allen Szenarien relativ ident ist, wurde der Mittelwert des PM10-Transports in Abbildung 3-15 dargestellt.

An fast allen Tagen in der betrachteten Episode ist der Anteil des PM10-Transports relativ hoch und liegt meist über 95 %. Drei Tage (15.2. bis 17.2.) weisen einen etwas geringeren Anteil des PM10-Transports auf, jedoch liegt auch an diesen Tagen der Anteil bei über 90 %.



**Abbildung 3-15: Episode 2: Relativer Anteil des PM10-Transports (gemittelt über alle Szenarien) in den Regionen Nord-, Mittel- und Südburgenland, sowie für das gesamte Burgenland.**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die relativen Differenzen des PM10-Mittelwerts (11.2. – 18.2.2017) der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario. Die Maßnahmen im Bereich Haushalte (Abbildung 3-16) weisen im betrachteten Zeitraum burgenlandweit eine Abnahme in den PM10-Konzentrationen aus. Die größten Abweichungen zeigen sich im Mittel- und Südburgenland. Die Maßnahmen im Bereich Verkehr zeigen ebenfalls bundeslandweit eine PM10-Reduktion. Die Maßnahmen wirken sich stärker im Nord- und Südburgenland aus, da hier die Hauptverkehrsstraßen zu finden sind (Abbildung 3-17). Die größte PM10-Reduktion zeigt das Szenario 3 (Abbildung 3-18). In den meisten Regionen sind negative Abweichungen zu erkennen. Nur einzelne Regionen im Nordburgenland und Mittelburgenland weisen auch leicht positive Abweichungen auf, welche auch in den PM10-Emissionen (Abbildung 2-4) erkennbar sind (Auswirkungen durch die Änderungen im Sektor Landwirtschaft, siehe Kapitel 2.3). Neben der Zunahme in den PM10-Emissionen kann auch die Bildung von sekundären Aerosolen ein Grund für die PM10-Immissionszunahme im Nord- und Mittelburgenland sein. Aufgrund der Aktualisierung der Emissionsdaten im Sektor Landwirtschaft kommt es in einigen Regionen zu einer Zunahme der NH<sub>3</sub>-Emissionen, welche die Minderung der PM10-Immission durch die Maßnahmen kompensieren und teilweise sogar einen Anstieg der PM10-Immission bedingen können. Im Winter sind die Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft jedoch eher niedriger, weshalb der Einfluss der sekundären Aerosolbildung als gering eingeschätzt werden kann.

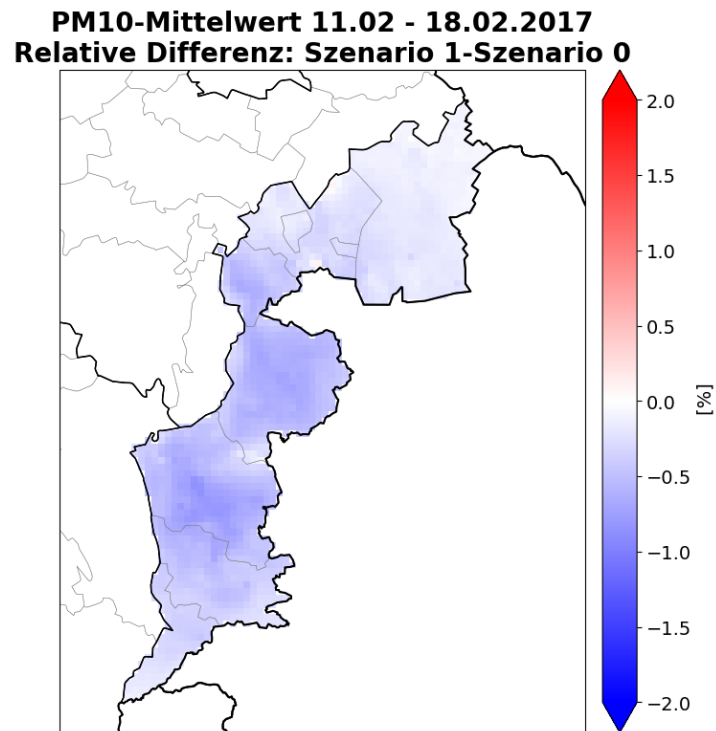


Abbildung 3-16: Episode 2: Relative Differenz (Szenario 1 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 11.2. bis 18.2.2017.

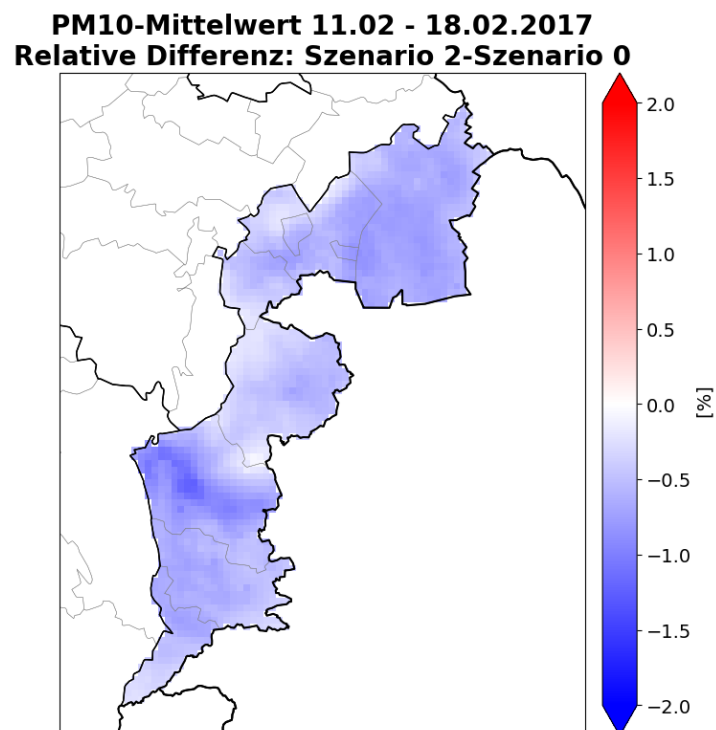
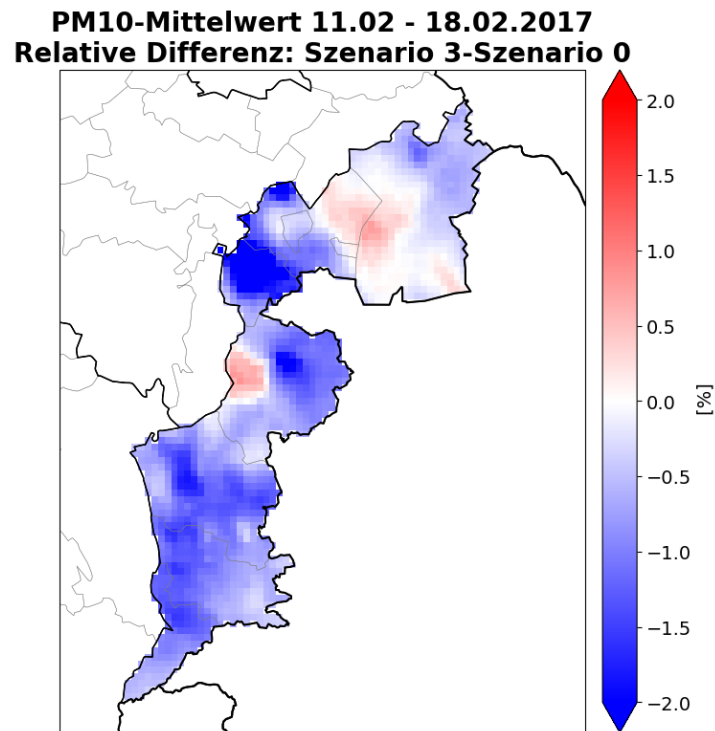


Abbildung 3-17: Episode 2: Relative Differenz (Szenario 2 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 11.2. bis 18.2.2017.



**Abbildung 3-18: Episode 2: Relative Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 11.2. bis 18.2.2017.**

### 3.3.3 Regionale Auswertung

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die relative Änderung der simulierten PM10-Tagesmittelwerte im Vergleich zum Basis-Szenario. Die Auswertung wurde für die Regionen Nord-, Mittel- und Südburgenland durchgeführt (Kapitel 2.4).

Die täglichen Schwankungen der PM10-Differenzen resultieren aus den unterschiedlichen meteorologischen Gegebenheiten.

Im Nordburgenland (Abbildung 3-19) haben die Maßnahmen im Bereich der Haushalte (Szenario 1) kaum Auswirkungen auf die PM10-Konzentration (vgl. Abbildung 3-16). Die Maßnahmen im Bereich Verkehr ergeben an einzelnen Tagen eine PM10-Reduktion um etwa 0,8 % auf. Für das Szenario 3 sind die Reduktionen mit bis zu -1 % am höchsten.

Die Maßnahmen im Bereich Haushalte zeigen im Mittelburgenland an den meisten Tagen eine höhere relative PM10-Reduktion als die Maßnahmen im Bereich Verkehr. Das Szenario 3 weist mit bis zu -1,8 % (am 16.2.) die höchste Immissionsreduktion auf.



Im Südburgenland wirken sich die Maßnahmen im Bereich Verkehr (Szenario 2) an manchen Tagen stärker aus als die Maßnahmen im Bereich Haushalte (Szenario 1). Das Szenario 3 weist auch im Südburgenland mit bis zu -1,8 % die höchsten PM10-Reduktionen auf.

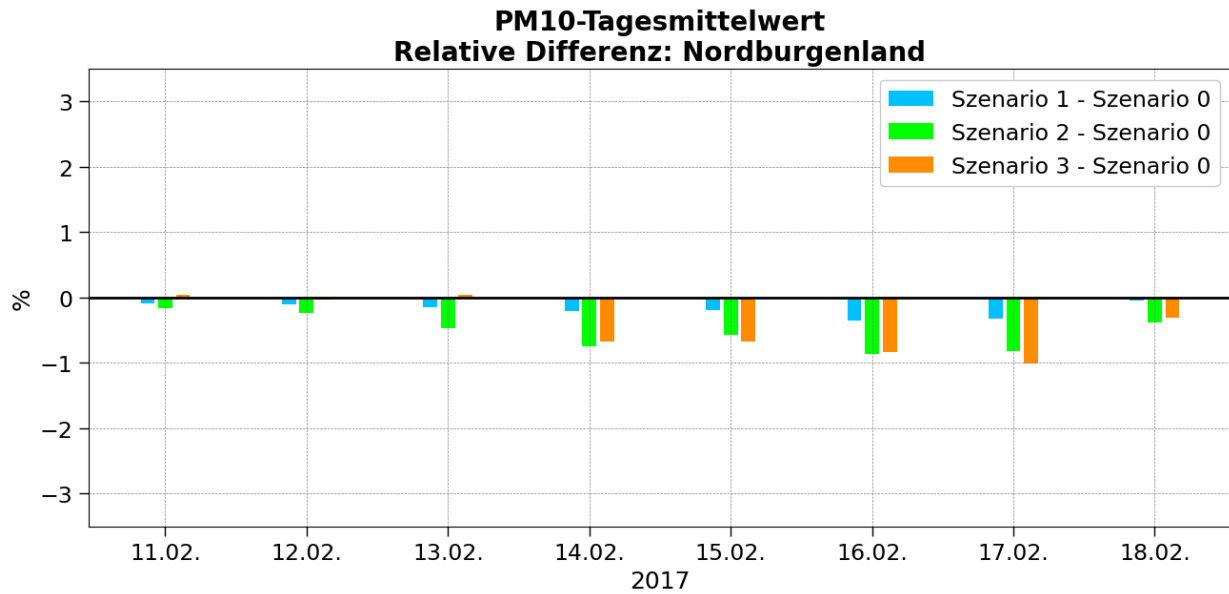


Abbildung 3-19: Episode 2: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Nordburgenland.

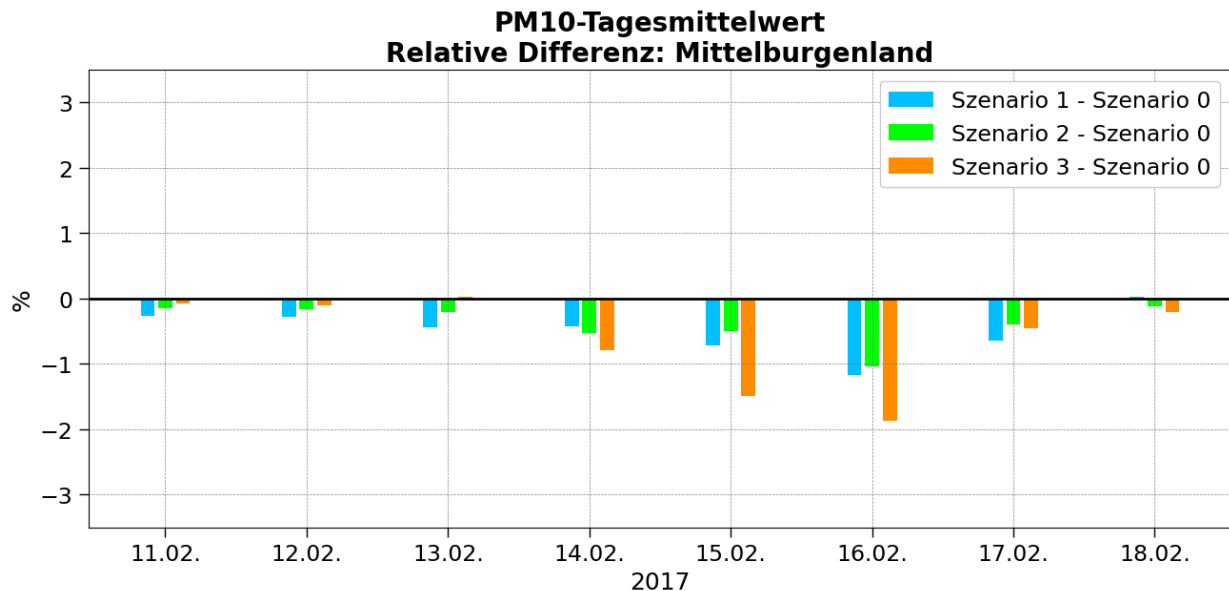
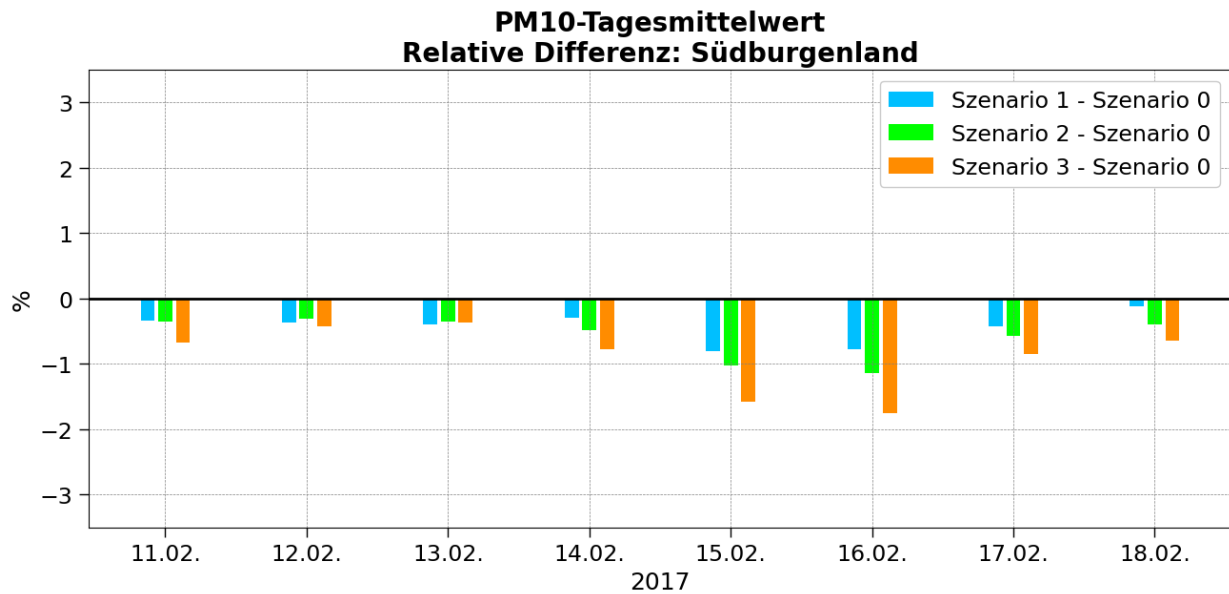


Abbildung 3-20: Episode 2: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Mittelburgenland.



**Abbildung 3-21: Episode 2: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Südburgenland.**

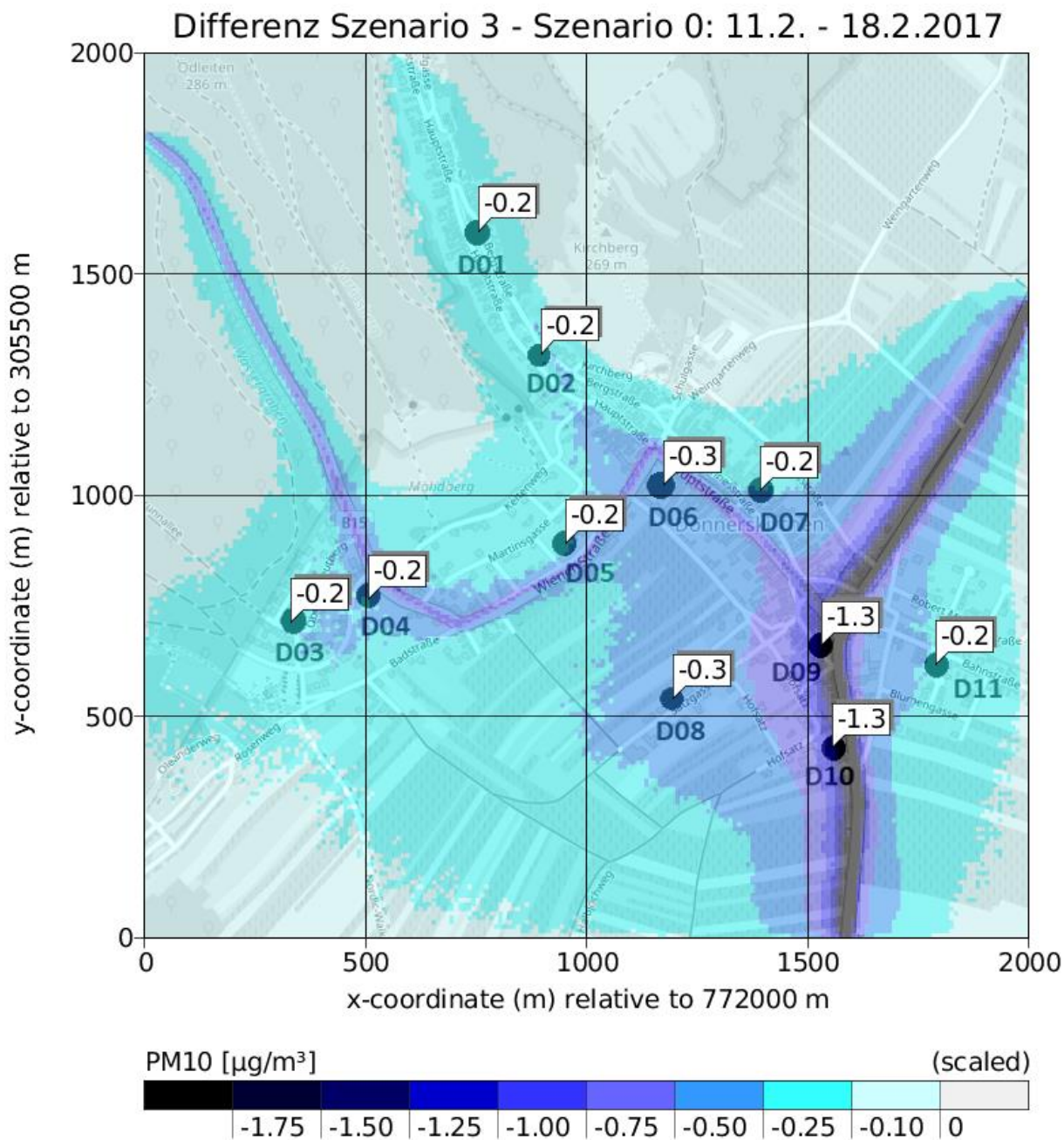
### 3.3.4 Lokale Auswertung

In den LASAT-Simulationen (Kapitel 2.6) wurden die Verkehrs- und Haushaltsemissionen des Basis-Szenarios und des Szenarios 3 (Kapitel 2.8) berücksichtigt. Aufpunkte nahe der Straßen zeigen den kombinierten Einfluss der Maßnahmen im Bereich Haushalt und Verkehr, wobei die Maßnahmen im Verkehr meist überwiegen. Straßenferne Aufpunkte zeigen vorwiegend den Einfluss der Emissionsreduktionen im Bereich Haushalt.

Die mittlere PM10-Reduktion zwischen dem Szenario 3 und dem Basis-Szenario für den Zeitraum 11.2. bis 18.2.2017 ist in Abbildung 3-22 dargestellt. Die Reduktionen sind im Mittel über diese Episode entlang der Straße B50 am stärksten ( $-1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an den Aufpunkten D09 und D10). Entlang der B15 sowie in straßenferneren Bereichen liegen die PM10-Differenzen zwischen  $-0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $-0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10.

Die Differenzen der PM10-Tagesmittelwerte sind in Abbildung 3-23 und Abbildung 3-24 dargestellt. Die einzelnen Tage weisen aufgrund der meteorologischen Bedingungen teilweise große Unterschiede auf. Am 11.2., 12.2., 14.2. und 18.2 sind die Effekte der Maßnahmen eher gering. An diesen Tagen sind die berechneten PM10-Differenzen meist geringer als im Mittel über den gesamten Zeitraum (Abbildung 3-22). Für den 16.2. wurden die stärksten PM10-Reduktionen im betrachteten Zeitraum simuliert. Entlang der B50 weisen die Aufpunkte an diesem Tag um  $4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 reduzierte Immissionswerte auf. Auch beim Aufpunkt D08, der

etwas entfernt von der B50 liegt, zeigt sich mit  $-1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 noch ein deutlicher Einfluss Emissionsreduktionen. Die Aufpunkte entlang der B15 zeigen an dem Tag Reduktionen um  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10.



**Abbildung 3-22: Episode 2: Mittlere PM10-Differenz zwischen Szenario 3 und Szenario 0 im Zeitraum 11.2. – 18.2.2017.**

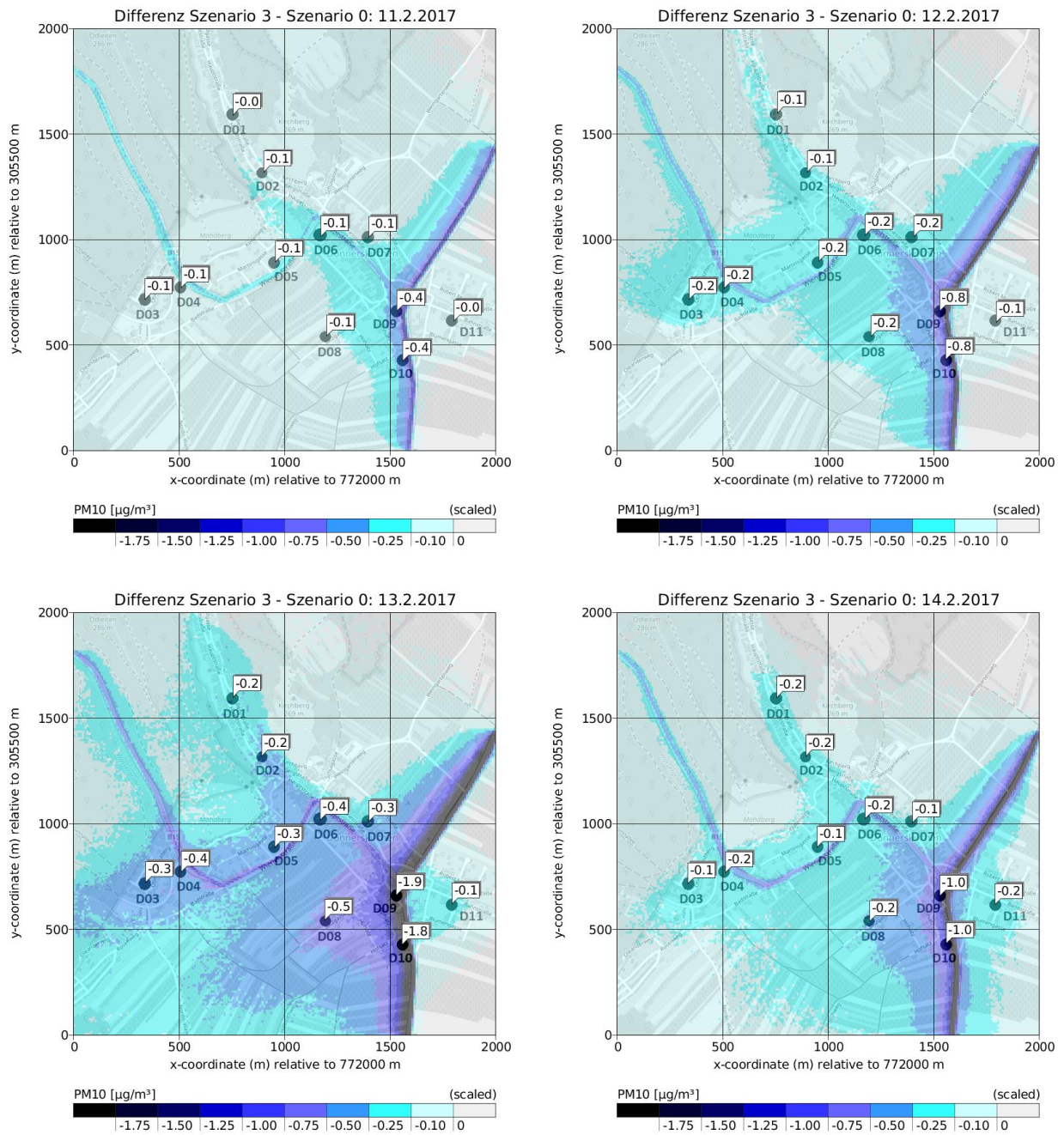


Abbildung 3-23: Episode 2: Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) der PM10-Tagesmittelwerte, 11.2. – 14.2.2017.

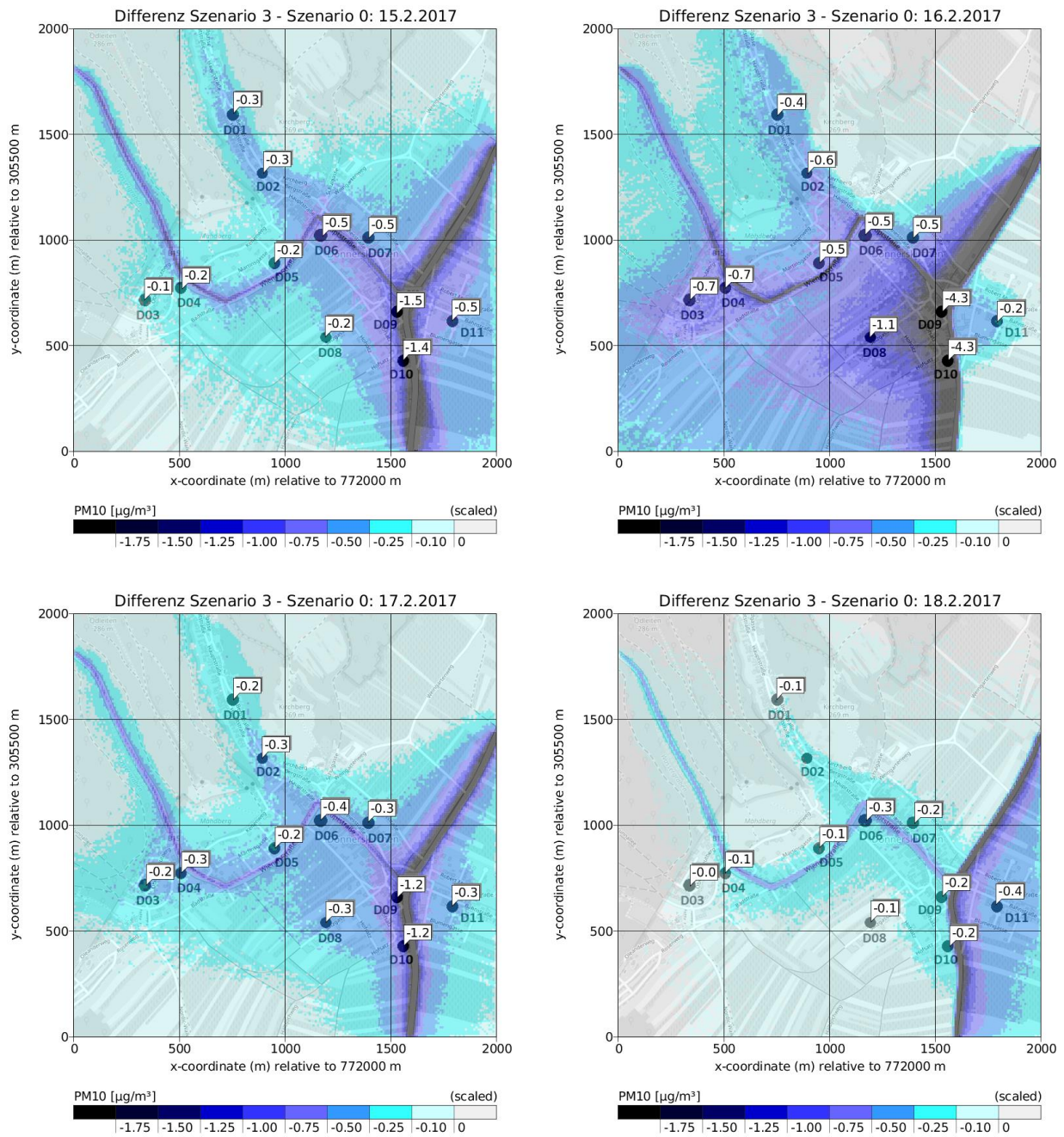


Abbildung 3-24: Episode 2: Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) der PM10-Tagesmittelwerte, 15.2. – 18.2.2017

### 3.4 Episode 3: 6.4. bis 12.4.2019

#### 3.4.1 Messung

Ab dem 6.4.2019 zeigen alle Luftgütestationen im Burgenland einen Anstieg in den PM10-Tagesmittelwerten. In der betrachteten Episode kam es zu keiner Überschreitung des Tagesmittelgrenzwerts, jedoch zeigen alle Stationen am 10.4. eine PM10-Konzentration knapp unterhalb des Grenzwerts. Der höchste Tagesmittelwert wurde an der Station Eisenstadt mit  $45,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 gemessen.

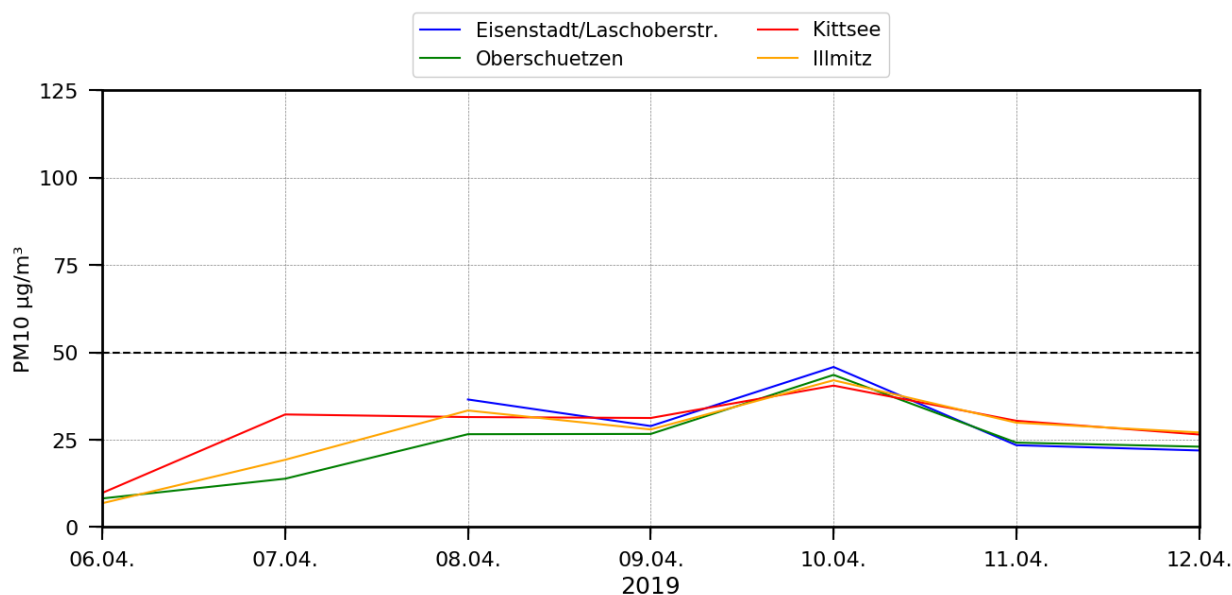


Abbildung 3-25: Episode 3: PM10-Tagesmittelwerte der burgenländischen Luftgütestationen.

#### 3.4.2 Burgenlandweite Auswertung

Der Mittelwert der PM10-Konzentrationen über den gesamten betrachteten Zeitraum 6.4. bis 12.4.2019 ist in Abbildung 3-26 für das Basis-Szenario dargestellt. Im Mittel wurden während der Episode eher niedrigere PM10-Konzentrationen gemessen. Das Modell zeigt im Mittel ebenfalls relativ niedrige Konzentrationswerte, jedoch werden die gemessenen Konzentrationen teilweise unterschätzt.

### PM10-Mittelwert 06.04 - 12.04.2019 Szenario 0

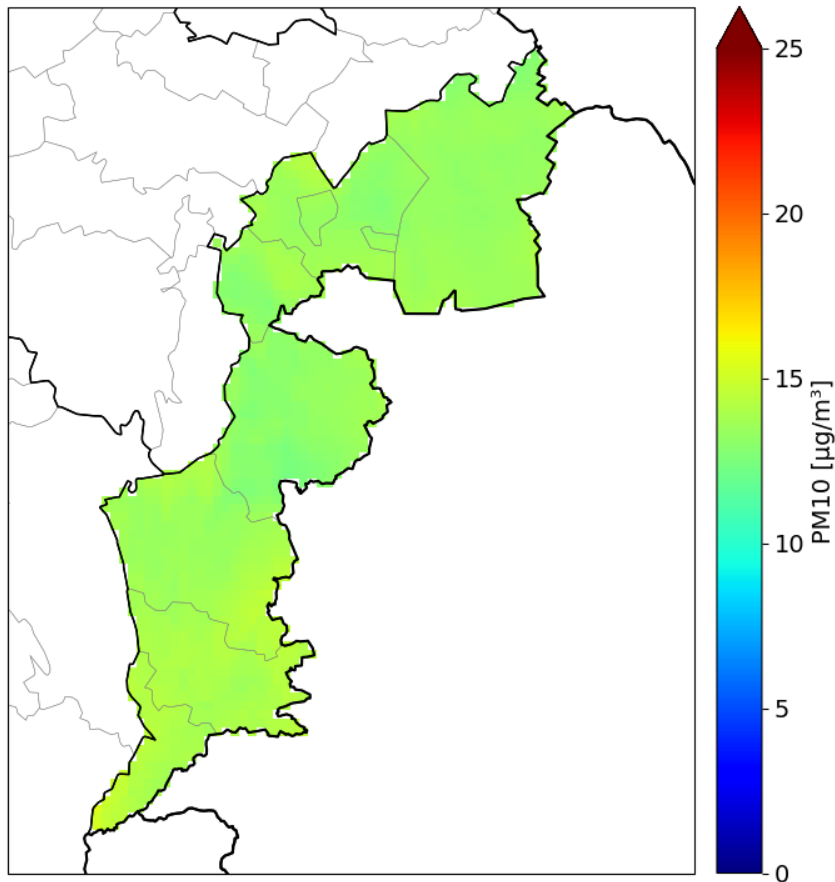
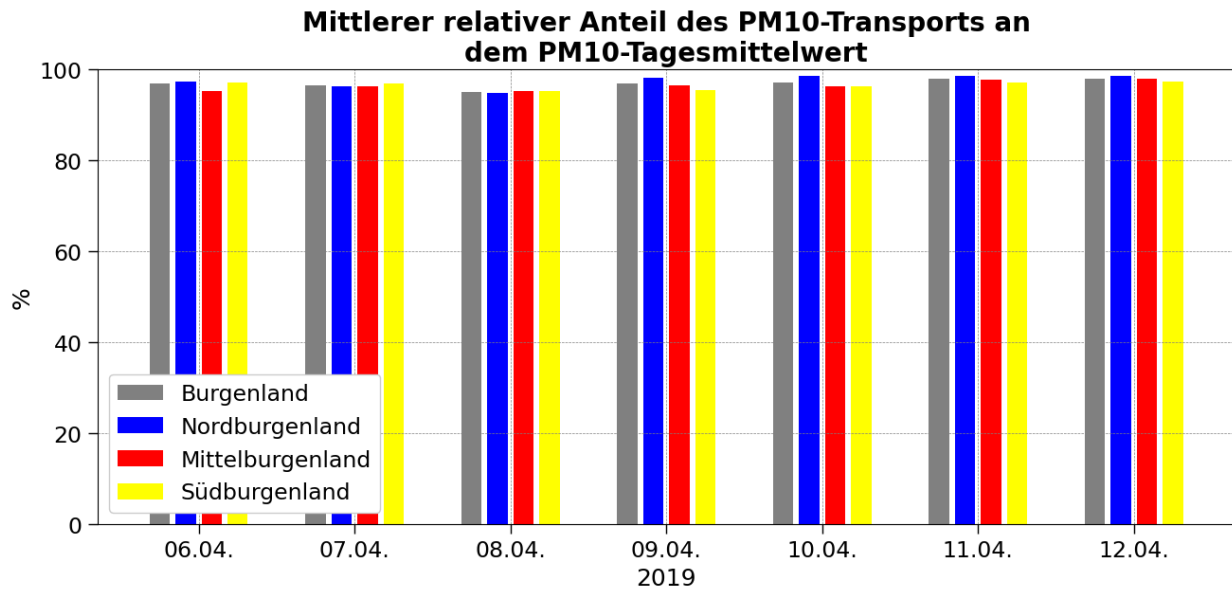


Abbildung 3-26: Episode 3: PM10-Mittelwert 6.4. bis 12.4.2019 (Basis-Szenario).

Der Anteil des Transports an der modellierten Feinstaubimmission im Nord-, Mittel- und Südburgenland sowie im gesamten Burgenland ist in Abbildung 3-27 dargestellt. Mit dem Modell WRF-Chem wurde eine Simulation ohne anthropogene Emissionen im Burgenland durchgeführt und die Differenz zu den Simulationen der einzelnen Szenarien gebildet. Da es kaum Unterschiede beim Anteil des PM10-Transports zwischen den Szenarien gibt, wurde der Mittelwert über alle Szenarien dargestellt.

Während dieser Episode kam ein relativ hoher Teil des simulierten PM10 von außerhalb des Burgenlands. An fast jedem Tag lag der PM10-Transport bei über 95 %, wobei der Anteil des Transports an allen Tagen und für alle betrachteten Regionen etwa gleich hoch war.



**Abbildung 3-27: Episode 3: Relativer Anteils des PM10-Transports (gemittelt über alle Szenarien) in den Regionen Nord-, Mittel- und Südburgenland, sowie für das gesamte Burgenland.**

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die relativen Differenzen des mit WRF-Chem modellierten PM10-Mittelwerts (6.4. – 12.4.2019) der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario.

Die Maßnahmen im Bereich Haushalte (Szenario 1, Abbildung 3-28) zeigen im Nordburgenland eine leichte Zunahme in den PM10-Konzentrationen. Im Mittel- und Südburgenland überwiegen die Regionen mit leicht negativen Abweichungen. Die Maßnahmen im Bereich Verkehr (Abbildung 3-30) führen bundeslandweit zu einer Reduktion der PM10-Immission. Die größten Auswirkungen ergibt erwartungsgemäß das Szenario 3 unter Berücksichtigung aller emissionsmindernden Maßnahmen.

In den Ergebnissen des Szenarios 3 ist der Effekt der sekundären Aerosolbildung durch gasförmige Vorläufersubstanzen zu erkennen. Wie in Kapitel 2.3 erklärt wurde, wurden die Emissionsdaten des Sektors Landwirtschaft überarbeitet, was zu positiven und negativen Abweichungen in den NH<sub>3</sub>-Emissionen führte. In den meisten Regionen, die eine Zunahme der NH<sub>3</sub>-Emission zeigen (Abbildung 2-7), sind Zunahmen in der PM10-Immission erkennbar (Abbildung 3-30). Dies verdeutlicht, dass die Änderungen in den Vorläufersubstanzen die Effekte der Reduktion der direkten PM10-Emissionen (Maßnahmen) mindern oder sogar überkompensieren können.

Allgemein sind in dieser Episode die PM10-Differenzen in allen Emissionsszenarien sehr gering und sollten deshalb nicht überbewertet werden.



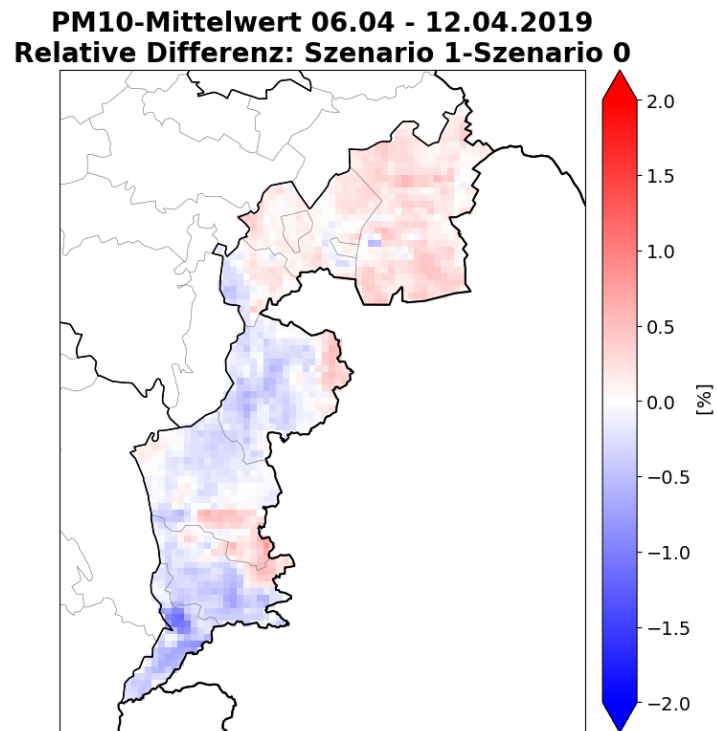


Abbildung 3-28: Episode3: Relative Differenz (Szenario 1 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 6.4. bis 12.4.2019.

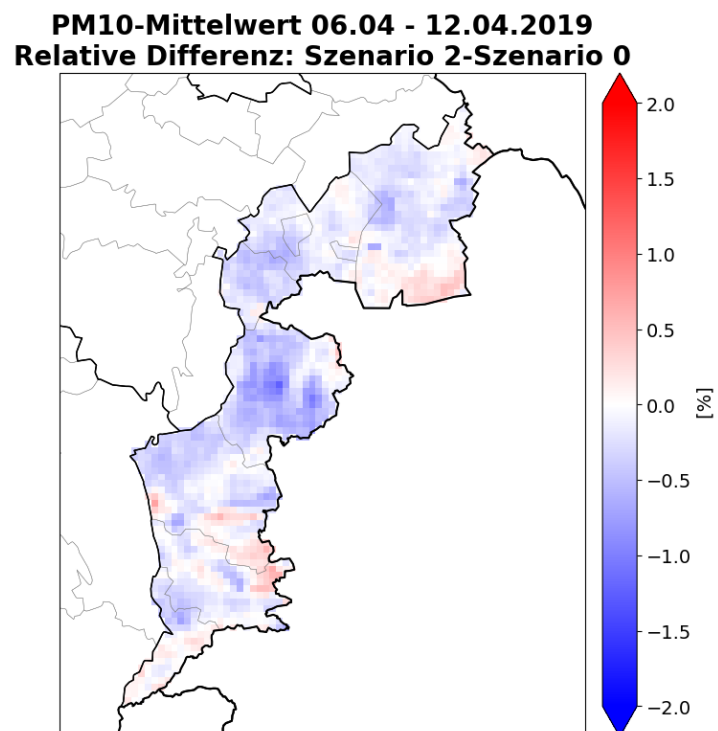
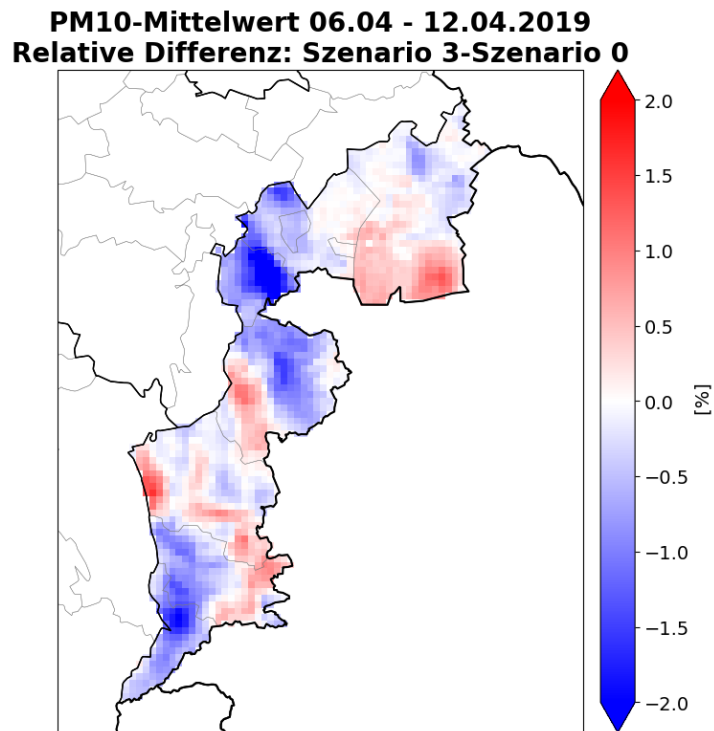


Abbildung 3-29: Episode 3: Relative Differenz (Szenario 2 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 6.4. bis 12.4.2019.



**Abbildung 3-30: Episode 3: Relative Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) des PM10-Mittelwerts vom 6.4. bis 12.4.2019.**

### 3.4.3 Regionale Auswertung

Aus den simulierten PM10-Konzentrationen wurden für jedes Szenario PM10-Tagesmittelwerte für die Regionen Nord-, Mittel- und Südburgenland gebildet. 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.

Wie in den mittleren relativen Differenzen der PM10-Immissionen (Abbildung 3-28 bis Abbildung 3-30) erkennbar ist, ergeben die Simulationen für diese Episode nur geringe immissionsseitige Unterschiede zwischen den betrachteten Szenarien. Auch die tagesweise Auswertung zeigt, dass die Emissionsszenarien an diesen Tagen in allen Regionen relativ geringe PM10-Änderungen bewirken.

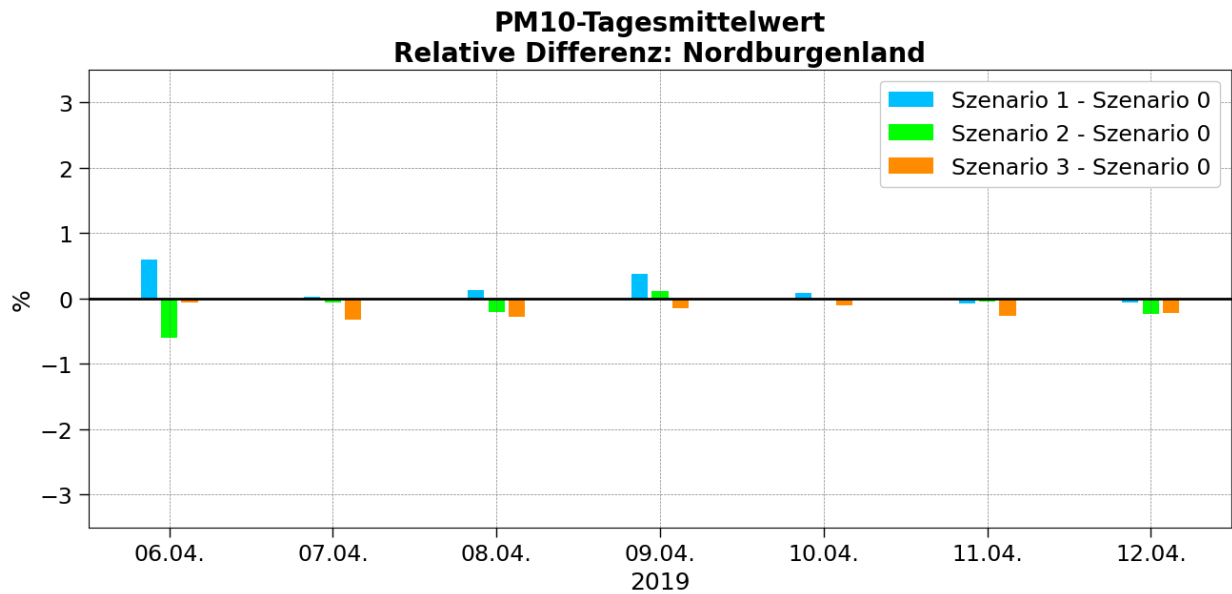


Abbildung 3-31: Episode 3: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Nordburgenland.

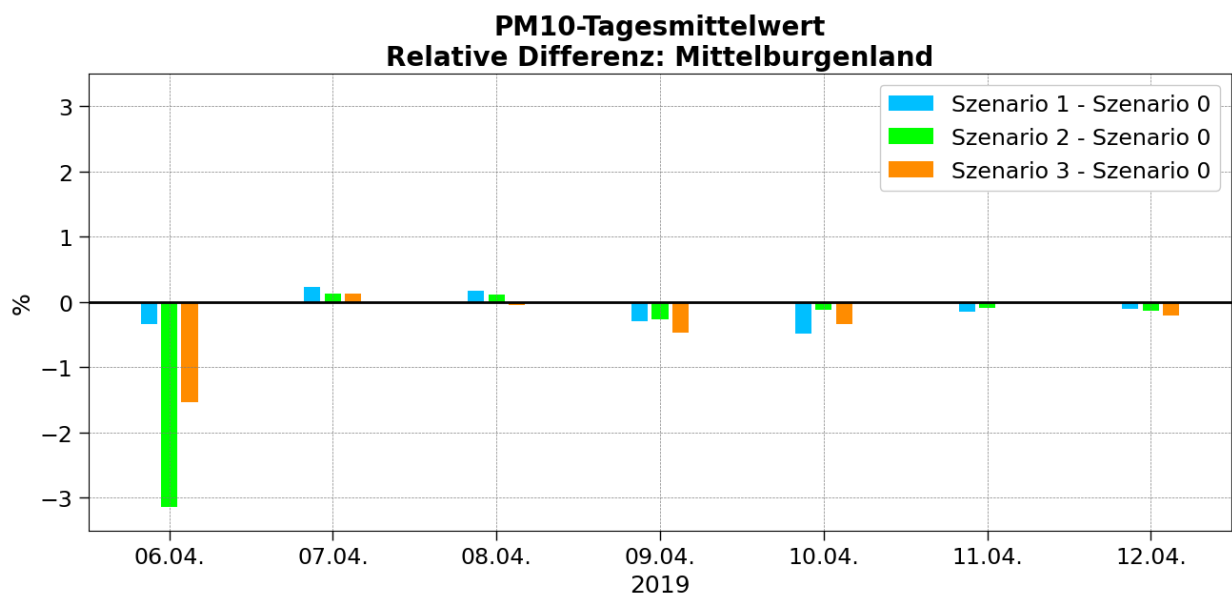
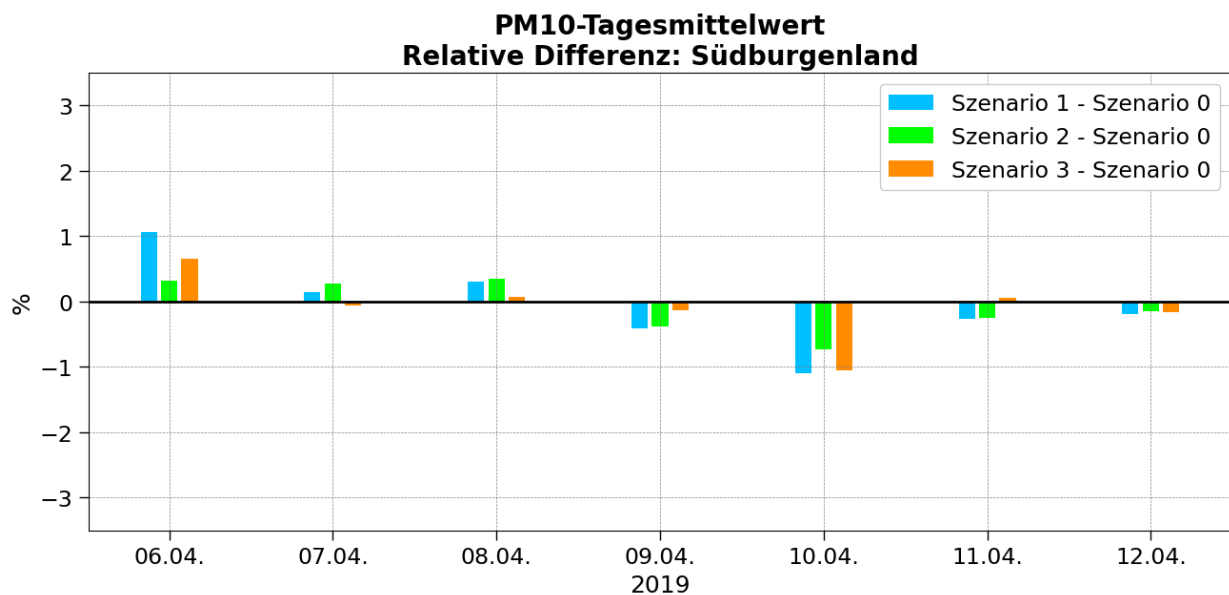


Abbildung 3-32: Episode 3: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Mittelburgenland.



**Abbildung 3-33: Episode 3: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zum Basis-Szenario (Szenario 0) für das Südburgenland.**

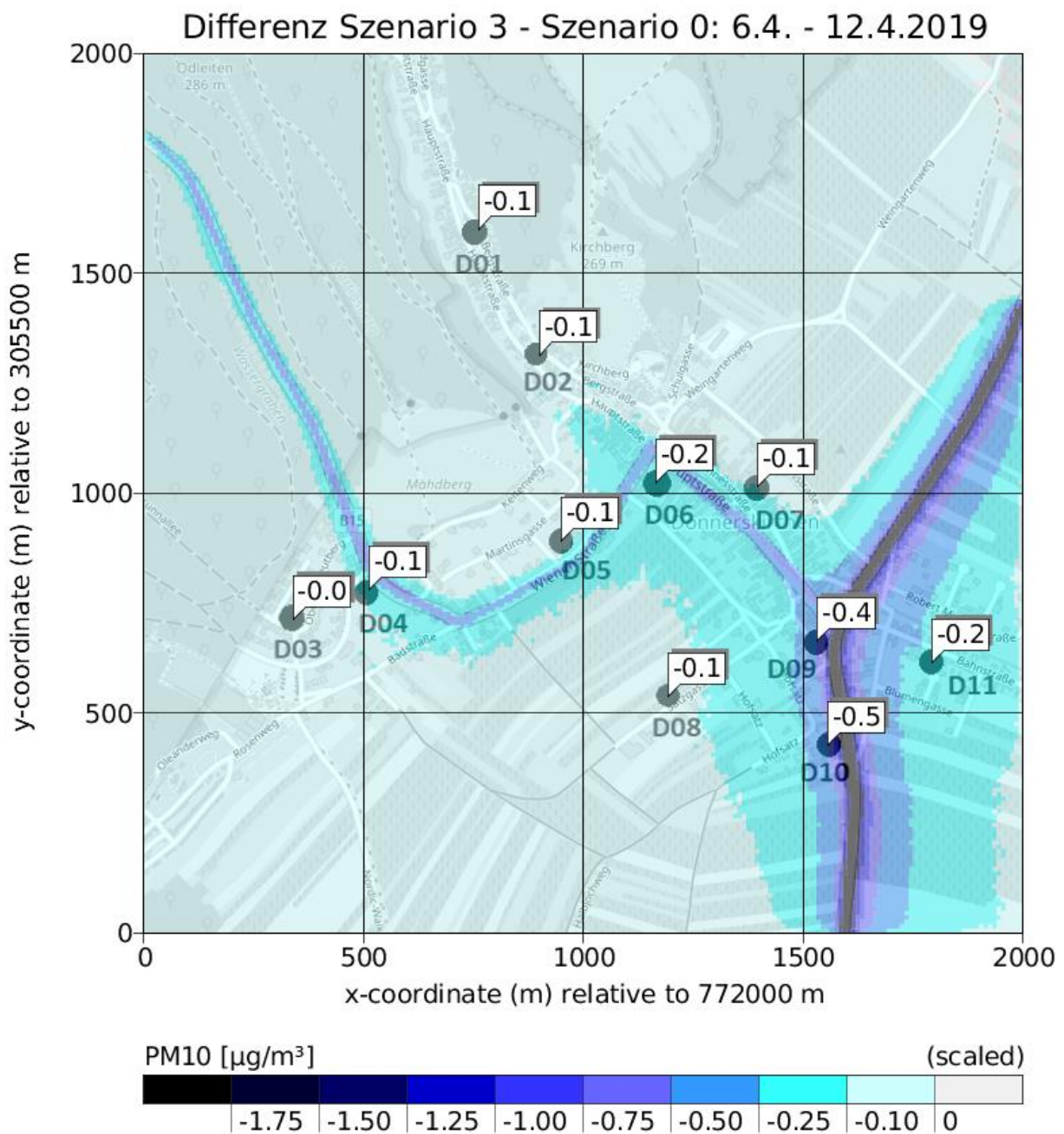
#### 3.4.4 Lokale Auswertung

Die mittlere modellierte PM10-Immissionsänderung zwischen Szenario 3 und Szenario 0 für den Zeitraum 6.4. bis 12.4.2019 ist in Abbildung 3-34 dargestellt. In der hier gezeigten LASAT-Simulation (Methodik in Kapitel 2.6) wurden die Verkehrs- und Haushaltsemissionen (Kapitel 2.8) berücksichtigt. In Bereichen, die weiter entfernt von den Straßen B15 und B50 liegen, zeigt das Berechnungsergebnis hauptsächlich den Einfluss der Reduktionsmaßnahmen im Bereich der Haushalte. In Straßennähe sind die Effekte der emissionsmindernden Maßnahmen beider Sektoren (Verkehr und Haushalte) zu erkennen, wobei die Auswirkung der Maßnahmen im Verkehr entlang der Straßen erwartungsgemäß meist überwiegen.

Entlang der B50 ist die PM10-Immissionsreduktion mit  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 in diesem einwöchigen Zeitraum im Mittel am höchsten. Entlang der B15 und in straßenfernen Bereichen liegt die Reduktion bei rund  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10. Es ist gut erkennbar, dass der Bereich mit der stärksten Immissionsreduktion in diesem Fall östlich der B50 liegt (violette Flächen). Auch am Aufpunkt D11 ist eine stärkere Immissionsreduktion von  $-0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 zu sehen.

Anhand der räumlichen Verteilung der Differenzen der PM10-Tagesmittelwerte (Abbildung 3-35 bzw. Abbildung 3-36) ist erkennbar, dass an den ersten zwei Tagen (6.4. und 7.4.2019) Ostwind vorherrschend war. Die Abgasfahne der Straßenzüge und Haushalte zieht deutlich nach Westen, weshalb an diesen Tagen die Wirkung der Emissionsreduktion westlich der B50 stärker

zu erkennen ist (Abbildung 3-34). Ab dem 8.4. waren Winde aus West vorherrschend. Am Aufpunkt D11 sind an diesen Tagen die Differenzen in den PM10-Tagesmittelwerten meist am höchsten (bis zu  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10). Die Modellergebnisse an den restlichen Aufpunkte zeigen an diesen Tagen mit meist  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 relativ niedrige Differenzen.



**Abbildung 3-34: Episode 3: Mittlere PM10-Differenz zwischen Szenario 3 und Szenario 0 im Zeitraum 6.4. – 12.4.2019.**

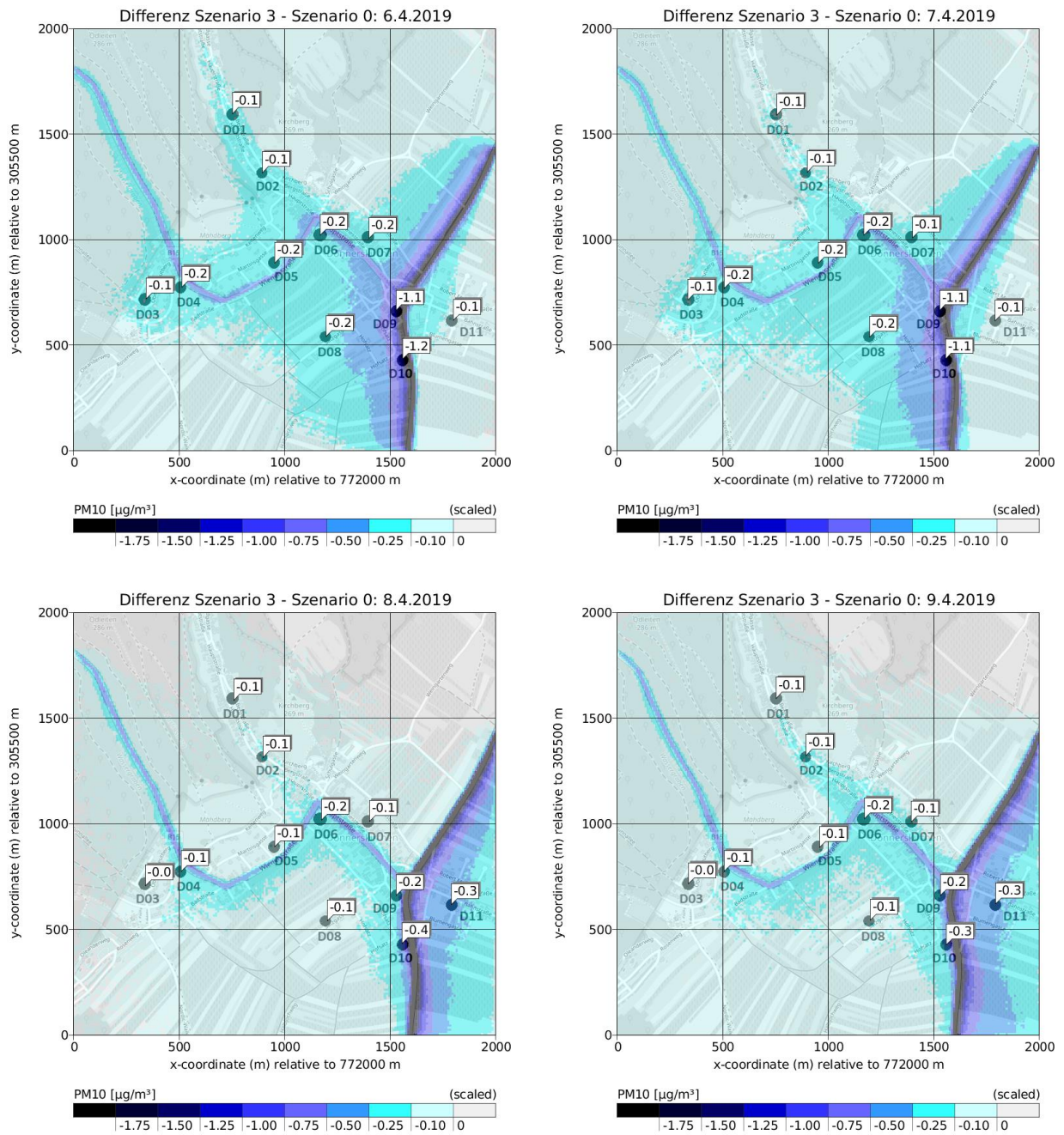


Abbildung 3-35: Episode 3: Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) der PM10-Tagesmittelwerte, 6.4. – 9.4.2019.

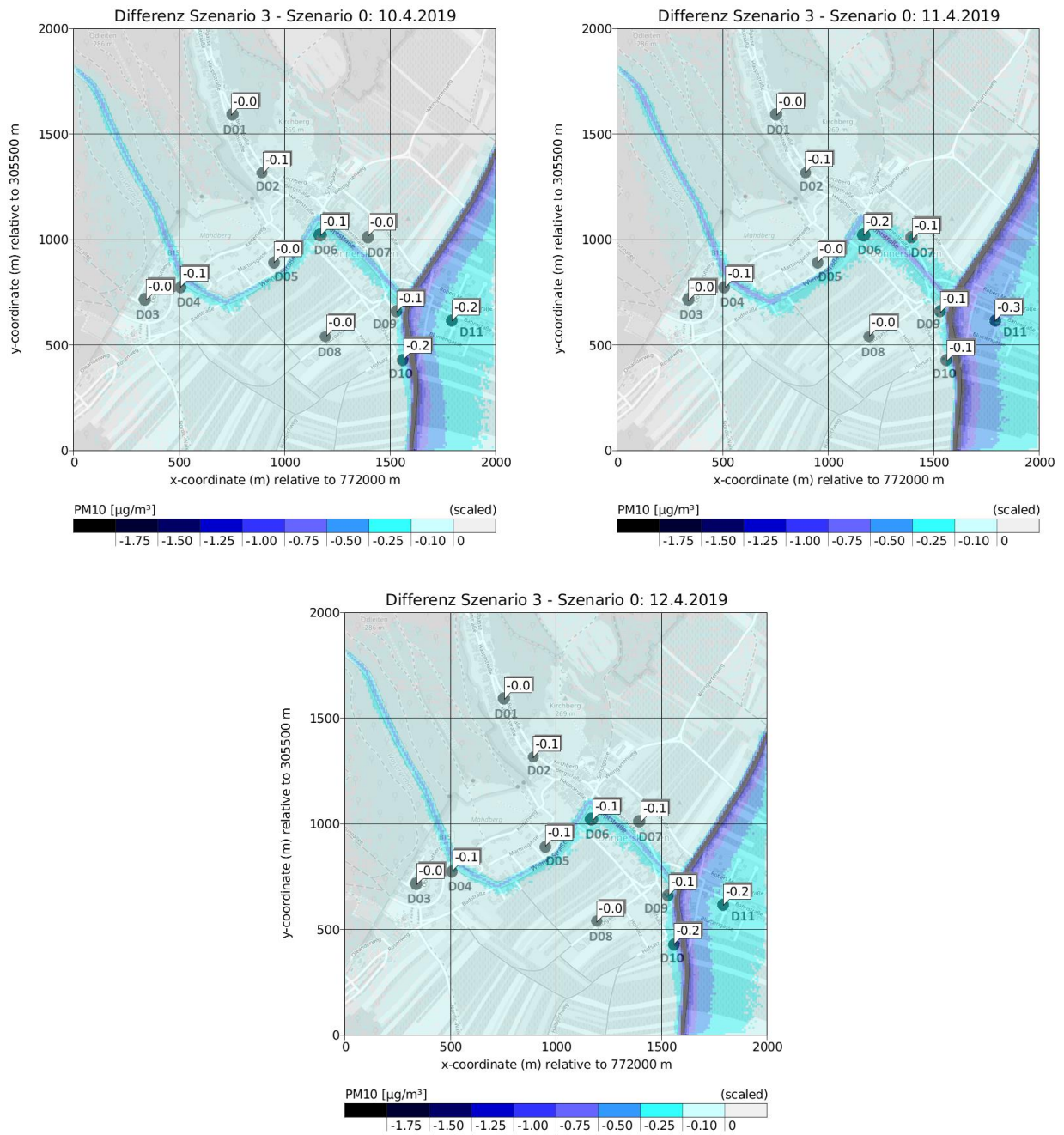


Abbildung 3-36: Episode 3: Differenz (Szenario 3 – Szenario 0) der PM10-Tagesmittelwerte, 10.4. – 12.4.2019.

## 4 Interpretation

Landesweit gesehen haben die hier betrachteten Emissionsreduktionen nur eine geringe Auswirkung auf die PM10-Immissionssituation im Burgenland. Die PM10-Konzentrationen werden zeitweise zu einem relativ hohen Anteil durch regionalen Feinstaubtransport bestimmt, weshalb geringfügige Änderungen in den lokalen Emissionen nur zu geringen Änderungen in den Immissionen führen.

Die Emissionsreduktionen durch die untersuchten Maßnahmen können dennoch lokal zu relevanten Immissionsreduktionen führen. Im Nahbereich einer Quelle bewirken bereits geringe Emissionsreduktionen eine Entlastung der örtlichen Bevölkerung. Je nach meteorologischer Situation können diese Auswirkungen mehr oder weniger deutlich sein. Dies konnte mit der lokalen Ausbreitungsrechnung, welche exemplarisch für Donnerskirchen durchgeführt worden ist (Kapitel 3.2.4, Kapitel 3.3.4 und Kapitel 3.4.4), gezeigt werden.

Tabelle 4-1 gibt eine Übersicht der anthropogenen Emissionen vor und nach Umsetzung des Maßnahmenprogramms (Basis-Szenario und Szenario 3). In der ersten Spalte „Anthropogene PM10 Emissionen gesamt“ ist die Summe der burgenländischen PM10-Jahresemissionen für die beiden Szenarien sowie die absolute und relative Differenz zwischen den Szenarien dargestellt. Das Feinstaubprogramm hat, gemittelt über das ganze Burgenland, eine Reduktion der PM10-Emissionen um 16 % erwirkt. Im Bereich Verkehr konnten die Emissionen um 11 % und im Bereich Haushalte um 7 % reduziert werden. Die anderen Emissionskategorien weisen in Summe eine leichte Emissionszunahme um 2 % auf. Dieser Anstieg ist auf den Sektor Landwirtschaft zurückzuführen, in dem es eine Emissionszunahme in den Bereichen anthropogene Bodenerosion (+31,5 t/a), Glashäuser (+1,9 t/a) sowie Trocknungsanlagen (+0,1 t/a) gegeben hat. Weiters wurden die Nutztiere als neue Emissionsquelle hinzugefügt (+10,6 t/a), die Strohverbrennung hingegen ist als Quelle weggefallen (-17,3 t/a). In Summe ergibt sich dadurch eine Emissionszunahme von gerundet +27 t/a.

Im Burgenland stellt die Emissionskategorie Haushalte in vielen Gemeinden die dominante Emissionsquelle dar. Im Rahmen des Feinstaubprogramms wurde durch die Maßnahmen in diesem Bereich eine Reduktion der Emissionen um -25 % erreicht. Diese hohe Emissionsreduktion bedingt im Nahbereich der Quellen eine deutliche Abnahme der PM10-Immissionen. Je nach Gemeinde werden diese Werte variieren, so werden Gemeinden höhere als auch niedrigere Reduktionswerte erreichen. Die Maßnahmen für die Haushalte zielen vor



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

Durch die Maßnahmen im Bereich Verkehr (Straßenverkehr und Offroad) konnten die verkehrsbedingten Emissionen um insgesamt 39 % reduziert werden. Über die Hälfte der gesamten Verkehrsemissionsreduktion fällt auf den Sektor Straßenverkehr (relative Änderung Szenario 3 – Szenario 0: -22 %), weshalb Wohngebiete in Städten bzw. Ortschaften mit hochfrequentierten Straßen von dieser Reduktion direkt profitieren.

**Tabelle 4-1: Summe der anthropogenen Emissionen für das Basis-Szenario (Emissionen vor dem Maßnahmenprogramm) und das Szenario 3 (Emissionen nach dem Maßnahmenprogramm) im Burgenland; Summe der PM10-Emissionen in den Emissionskategorien Verkehr, Haushalte und sonstige Emissionskategorien sowie die absolute und relative Reduktion der Emissionen pro Emissionskategorie und die Reduktion relativ zu den gesamten anthropogenen Emissionen.**

	<b>Anthropogene PM10-Emissionen gesamt</b>	<b>Verkehr</b>	<b>Haushalte</b>	<b>Sonstige Emissionskategorien</b>
<b>Summe Emissionen Szenario 0</b> (höchste Emissionen; vor dem Maßnahmenprogramm)	1234 t/a	360 t/a	331 t/a	543 t/a
<b>Summe Emissionen Szenario 3</b> (niedrigste Emissionen; nach dem Maßnahmenprogramm)	1038 t/a	221 t/a	248 t/a	569 t/a
<b>absolute Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm pro Emissionskategorie</b> (Szenario 3 - Szenario 0)	-195 t/a	-140 t/a	-83 t/a	27 t/a
<b>relative Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm pro Emissionskategorie</b> (Szenario 3 - Szenario 0)	-16 %	-39 %	-25 %	5 %
<b>Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm relativ zu den gesamten anthropogenen PM10- Emissionen</b>	<b>-16 %</b>	<b>-11 %</b>	<b>-7 %</b>	<b>2 %</b>

## 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 ausgewählt. Episoden mit sehr hohen Feinstaubkonzentrationen, welche vor allem im Winter auftreten, wurden 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. Folgende Episoden wurden gewählt:

- **Episode 1:** 14.12. – 20.12.2014
- **Episode 2:** 11.2. – 18.2.2017
- **Episode 3:** 6.4. – 12.4.2019

Für diese drei Episoden wurde die Immissionssituation im Burgenland mit dem chemischen Transportmodell WRF-Chem unter Berücksichtigung von vier verschiedenen Emissionsszenarien simuliert:

- **Szenario 0:** Keine Maßnahmen sind in Kraft (Basis-Szenario mit den höchsten Emissionen)
- **Szenario 1:** Basis-Szenario – Maßnahmen im Bereich Haushalte
- **Szenario 2:** Basis-Szenario – Maßnahmen im Bereich Verkehr
- **Szenario 3:** Emissionen nach dem Maßnahmenprogramm (Szenario mit den niedrigsten Emissionen)

Für die Auswertungen der Ergebnisse wurde das Szenario 0 als Basis-Szenario verwendet, welches die Emissionssituation vor dem Maßnahmenprogramm beschreibt. Szenario 1 weist eine Emissionsreduktion um 7 % im Vergleich zum Basis-Szenario auf. Im Szenario 2 sind die Emissionen um 11 % reduziert. Die größte Reduktion zeigt das Szenario 3 mit 16 %, da es alle emissionsmindernden Maßnahmen des Maßnahmenprogramms beinhaltet.

Die WRF-Chem Simulation wurde auf drei Modellgittern durchgeführt: Die äußerste Domäne (13,5 x 13,5 km) beinhaltet Europa sowie Teile Nordafrikas. In dieser Domäne wurde eine weitere Domäne mit 4,5 x 4,5 km eingebettet, welche sich über Mitteleuropa erstreckt. Die dritte Domäne liegt zentriert über dem Burgenland und wurde mit einer horizontalen Auflösung von 1,5 x 1,5 km gerechnet. Alle Auswertungen wurden anhand der Modellergebnisse der 1,5 x 1,5 km Domäne durchgeführt.

Um den Anteil des PM<sub>10</sub>-Transports ins Burgenland abschätzen zu können, wurde eine weitere Simulation durchgeführt, in der die anthropogenen Emissionen des Burgenlands auf null gesetzt wurden. Der Anteil des PM<sub>10</sub>-Transports wurde durch Differenzbildung dieser Simulation und der Simulationen der Szenarien berechnet. In den betrachteten drei Episoden ist der Anteil des großräumigen und regionalen PM<sub>10</sub>-Transports an der PM<sub>10</sub>-Konzentration im Burgenland relativ hoch. Je nach meteorologischen Gegebenheiten während der Episoden variiert der Anteil des PM<sub>10</sub>-Transport zwischen 85 % bis über 95 %.

Die simulierten PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte sowie das jeweilige Episodenmittel für jedes Szenario wurde mit dem Basis-Szenario verglichen, um die Änderungen der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen darzustellen. Die Differenzen wurden sowohl flächenhaft analysiert als auch regionsweise (Nord-, Mittel- und Südburgenland) betrachtet.

Im Nordburgenland überwiegt der Einfluss der Maßnahmen aus dem Bereich Verkehr, sowohl in Episode 1 als auch in Episode 2 werden größere PM<sub>10</sub>-Reduktionen aufgrund dieser Maßnahme erreicht als durch die Maßnahmen im Bereich Haushalte. Im Mittelburgenland hingegen zeigen die Maßnahmen im Bereich Haushalte eine größere PM<sub>10</sub>-Immissionsreduktion. Im Südburgenland ist der Einfluss der Maßnahmen beider Bereiche etwa gleich hoch. Die höchsten PM<sub>10</sub>-Reduktionen werden erwartungsgemäß mit dem Emissionsszenario 3 (Szenario mit den geringsten Emissionen) erreicht. In den betrachteten Episoden können in dieser regionsweisen Auswertung an einigen Tagen etwa 2 % PM<sub>10</sub> durch die Maßnahmen des Feinstaubprogramms (Haushalte, Verkehr, Landwirtschaft, ...) reduziert werden. Die Ergebnisse der 3. Episode zeigen nur geringe Änderungen in den Immissionen. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist vor allem zu beachten, dass in der April-Episode jahreszeitbedingt der stärkste Einfluss der sekundären Aerosolbildung durch Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft zum Tragen kommt. Im Emissionsszenario 3 wurden die überarbeiteten Emissionen des Sektors Landwirtschaft (Hauptquelle der NH<sub>3</sub>-Emissionen) verwendet. Dadurch ergeben sich gebietsweise sowohl positive als auch negative

Abweichungen in den Emissionen. Emissionen aus der Landwirtschaft treten vor allem im Frühling und Sommer auf, weshalb sich die  $\text{NH}_3$ -Emissionsänderung hauptsächlich in dieser Episode auswirkt (April 2019). In Gebieten mit höheren  $\text{NH}_3$ -Emissionen als im Basisszenario führt dies dementsprechend zu einer Kompensation der durch die Maßnahmen bedingten  $\text{PM}_{10}$ -Immissionsreduktion und resultiert teilweise sogar in  $\text{PM}_{10}$ -Immissionszunahmen.

Durch die Auflösung der Emissionsdaten (auf Gemeindeebene) und durch das Modellgitter von  $1,5 \times 1,5$  km werden Emissionsquellen, wie Straßenzüge, auf ganze Gemeinden bzw. auf eine Modellgitterzelle verteilt. Die Emissionen werden somit von viel größeren Flächen freigesetzt, als von denen sie tatsächlich emittiert werden. Mit den WRF-Chem Simulationen können zwar die großräumigen/regionalen Unterschiede erfasst werden, lokale Unterschiede zwischen den Szenarien können aber nicht wiedergegeben werden.

Aus diesem Grund wurden mit dem Modell LASAT exemplarisch für die Gemeinde Donnerskirchen lokale Ausbreitungsrechnungen für die drei Episoden durchgeführt. Es wurde ein Modellgebiet von  $2 \times 2$  km zentriert über dem Ort Donnerskirchen gewählt. Die Straßen B50 und B15 wurden als Linienquellen und die Haushalte als Volumenquellen mit 10 m Höhe über den besiedelten Bereichen berücksichtigt. Aus den auf Gemeindeebene vorliegenden Emissionsdaten wurden die Emissionen aus den Kategorien Verkehr und Emission des Basis-Szenarios und des Szenarios 3 extrahiert. Basierend auf der Annahme, dass die ermittelten Emissionen zur Gänze von den Quellen in dem modellierten Ausschnitt freigesetzt werden, wurden die Emissionsdaten auf die Quellen aufgeteilt. Zur Analyse wurden 11 Aufpunkte definiert, für die die Differenz in den  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen ausgegeben wurde. Es wurde sowohl das Mittel über die jeweiligen Episodenzeiträume als auch die Tagesmittelwerte aller betrachteten Tage analysiert.

Mit der Simulation konnte gezeigt werden, dass die gesetzten Maßnahmen in den Bereichen Verkehr und Haushalte lokal zu einer deutlicheren Reduktion der Feinstaubbelastung führen als die regionalen Simulationen zeigen. Vor allem an stärker befahrenen Straßen profitieren nahe Wohngebiete direkt von den emissionsmindernden Maßnahmen. Je nach meteorologischer Situation konnten straßennah die  $\text{PM}_{10}$ -Konzentration um bis zu  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  im Tagesmittel reduziert werden. An straßenfernen Aufpunkten konnten Reduktionen bis zu  $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  erzielt werden. Die Ausbreitungsrechnung wurde exemplarisch für Donnerskirchen durchgeführt, in anderen Gemeinden, in denen die Haushaltsemissionen dominanter sind,

können die Maßnahmen aus diesem Bereich deutlich höhere Reduktionen erzielen und umgekehrt genauso für den Bereich Verkehr.

Insgesamt konnten durch das Feinstaubprogramm die burgenländischen PM10-Emissionen um 16 % verringert werden. In Regionen, in denen die Hauptemissionsquelle die Emissionskategorie Verkehr ist, kann die Reduktion der Emissionen um 22 % (Sektor Straßenverkehr) zu einer verbesserten Luftqualität führen. In weiten Teilen des Burgenlandes sind die Hauptemissionsquellen der Emissionskategorie Haushalte zuzurechnen. Durch die Reduktion dieser Emissionen um 25 % kann im Nahbereich der Quellen eine deutliche Immissionsreduktion erreicht werden. Da es sich hier um einen mittleren Wert für das ganze Burgenland handelt, kann es regional deutliche Unterschiede geben, so können Regionen höhere, aber auch niedrigere Reduktionen 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 lokal deutlich vermindern.

Die burgenländischen PM10-Immissionswerte werden zu einem großen Anteil vom PM10-Transport 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 emissionsmindernden Maßnahmen jedoch einen großen Einfluss auf die PM10-Konzentrationen haben und somit zur Entlastung der Bevölkerung führen.

Durch die gesetzten Maßnahmen konnten die PM10-Emissionen aus den Emissionskategorien Verkehr und Haushalte sowie in weiteren Emissionskategorien gesenkt werden. Die stärkste Reduktion konnte in der Kategorie Haushalte erreicht werden, welche in weiten Teilen des Burgenlandes die Hauptemissionsquelle für lokale Belastungen 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 lokal 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, 2023: Analyse des Feinstaub-Maßnahmenprogramms Burgenland, Bericht im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 4 - Agrarwesen, Natur- und Umweltschutz
- 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., 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.
- INFRAS, 2022: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 4.2.2/23.02.2022, [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)
- Janicke Consulting, 2019: 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.
- Kuenen, J. J. P., Visschedijk, A. J. H., Jozwicka, M., and Denier van der Gon, H. A. C., 2014: TNO-MACC\_II emission inventory; a multi-year (2003–2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling, Atmos. Chem. Phys., 14, 10963–10976, <https://doi.org/10.5194/acp-14-10963-2014>, 2014.
- 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).
- UBA, 2014a: Statuserhebung PM10 Burgenland, Überschreitung des Grenzwertes der RL 2008/50/EG in den Jahren 2010 und 2011, Umweltbundesamt, Report REP-0444, 2014.  
[https://www.burgenland.at/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Umwelt\\_und\\_Agrar/Umwelt/Luftguete/Publikationen/PM10-Statuserhebung\\_2010-2011\\_REP0444.pdf](https://www.burgenland.at/fileadmin/user_upload/Downloads/Umwelt_und_Agrar/Umwelt/Luftguete/Publikationen/PM10-Statuserhebung_2010-2011_REP0444.pdf)
- UBA, 2014b: Sekundäres Anorganisches Aerosol, Beiträge zur PM-Belastung in Österreich, Umweltbundesamt, Report REP-0591, 2014. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0591.pdf>
- 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.
- ZAMG, 2020: Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 1. Bericht im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 4 – Ländliche Entwicklung, Agrarwesen und Naturschutz, Hauptreferat – Natur-, Klima- und Umweltschutz.
- ZAMG, 2021: Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2021. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 21-000407 / 21-000408 / 21-000409.
- ZAMG, 2022a: Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2022. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 22-000278 / 22-000279 / 22-000281.
- ZAMG, 2022b: Evaluierung Feinstaubprogramm – Phase 2. Bericht im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 4 – Ländliche Entwicklung, Agrarwesen und Naturschutz, Hauptreferat – Natur-, Klima- und Umweltschutz.