

Evaluierung des NÖ Feinstaubprogramms 2013

Zusammenfassung



EFA EMISSIONSFORSCHUNG AUSTRIA GMBH





Impressum:

Amt der NÖ Landesregierung
Abteilung Anlagentechnik
Fachbereich Luftgüteüberwachung
Landhausplatz 1
3109 St. Pölten

Tel: +43 - 2742 - 9005 - 14251
Fax: +43 - 2742 - 9005 - 14985
E-Mail: post.bd4numbis@noel.gv.at

www.numbis.at

Für den Inhalt verantwortlich: DI Manfred Brandstätter, Mag. Elisabeth Scheicher,
Mag. Christoph Urbanek

Juni 2019





Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
PM ₁₀ Immissionen in Niederösterreich und der Trend	5
PM ₁₀ -Emissionen in Niederösterreich und der Trend	9
Szenariobasierte Maßnahmenbetrachtung im NÖ Emissionskataster	11
Zusammenfassung	13
Analyse der PM ₁₀ -Immissionssituation in Niederösterreich.....	14
Detailanalyse von Feinstaubepisoden in Hinblick auf die umgesetzten Maßnahmen.....	15





Einleitung

Die Messungen von Feinstaub PM₁₀ begannen 2001 im NÖ Luftgütemessnetz mit neun automatischen Messgeräten. In den nachfolgenden Jahren wurde das Netz sukzessive ausgebaut, sodass derzeit an 26 fixen und vier mobilen Standorten PM₁₀ erfasst wird. Zu Beginn der Messungen überschritten die Messwerte deutlich den Grenzwert für das Tagesmittel gemäß Immissionsschutzgesetz Luft. Um die Belastungen abzusenken, wurde daraufhin 2005/06 das erste Feinstaubpaket erarbeitet und in den Jahren danach umgesetzt. Mit dem NÖ Feinstaubprogramm 2013/14 gem. §9 IG-L wurden weitere Maßnahmen aufgenommen, da es in den Jahren davor zur Überschreitungen des Grenzwertes für das Tagesmittel gekommen war.

Dieses vorliegende Maßnahmenpaket 2013, das in den letzten Jahren umgesetzt wurde, ist ein weiterer Schritt in Richtung saubere Luft. Das Feinstaubprogramm 2013 ist ein Paket mit vielen Einzelmaßnahmen in allen Emittentengruppen, die in Form von Verordnungen, Förderungen, Richtlinien und Aktionen zur Bewusstseinsbildung umgesetzt werden.

Nachfolgend der Überblick über die Maßnahmen in den einzelnen Sektoren:

Bereich Haushalte und Kleinverbraucher:

- Ausbau der Informations- und Beratungsangebote
- Maßnahmen zur Feinstaubreduktion bei Landesbauten
- Verankerung hoher energetischer und ökologischer Standards im Baurecht
- Neubau- und Sanierungsförderung
- Feinstaubreduzierte Wärmeerzeugung
- Sanierungsoffensive im Bereich Nicht-Wohngebäude für Unternehmen
- Feinstaubreduktionsmaßnahmen bei Gebäuden der Gemeinden

Bereich Energie und Industrie:

- Energieerzeugung und Verteilung
- Alternativenergie
- Feinstaubreduktion bei Industrie und Gewerbebetriebe

Bereich Mobilität und Verkehr:

- Ökologisierung im Beschaffungswesen von Fahrzeugen
- Straßenreinigung
- Optimierung des Streusplittmanagements
- Feinstaubvermeidung (nicht-pyrogen) alternativ
- Baustellen-Staubmanagement
- Verkehrstelematik
- Mobilitätsmanagement und Mobilitätsberatung
- Spritsparen





- Information von Besitzern schadstoffreicher Fahrzeuge
- Forcierung von alternativen Antrieben
- Weiterer Ausbau und qualitative Verbesserung des öffentlichen Verkehrs
- Richtlinien und Grundlagen für die Raumordnung hinsichtlich Verkehrsreduktion
- Offensives Mobilitätskonzept zur Förderung des Alltagsradverkehrs und Fußgängerverkehrs
- NÖ-Güterverkehrsinitiative
- Einschränkung für Einsatz von LKW

Bereich Land und Forstwirtschaft:

- Staubvermeidung bei landwirtschaftlichen Flächen und Tätigkeiten
- Viehhaltung
- Verbesserung des Düngermanagements

5

PM₁₀ Immissionen in Niederösterreich und der Trend

Die Konzentrationen von Feinstaub PM₁₀ sind in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. In der Abbildung 1 ist der Trend der Jahresmittelwerte (gemittelt über alle Stationen) seit 2005 dargestellt.

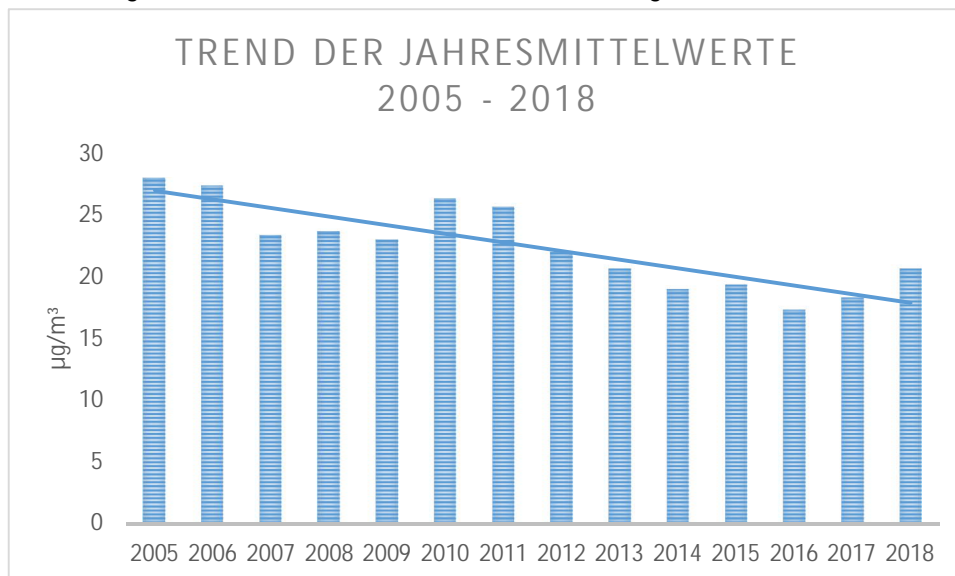


Abbildung 1: Trend der Jahresmittelwerte von Feinstaub PM₁₀ [µg/m³] von 2005 - 2018

Schön zu sehen ist der Einfluss der meteorologischen Verhältnisse. In Jahren mit kalten Wintern steigt die Feinstaubbelastung an und erhöht so die mittlere Belastung im Jahr. In einer Studie des





Umweltbundesamt [1] wurden die Ursachen des Rückgangs der Feinstaubbelastung in Österreich untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass zwar die milden Winter zur Entspannung der Feinstaubbelastung beigetragen haben, aber die Reduktion auch auf emissionsmindernde Maßnahmen zurückzuführen ist.

Um bei der Bewertung eines Trends statistisch signifikante Aussagen zu erhalten, wird als Hilfsmittel bei der Trendanalyse ein Mann-Kendall –Test kombiniert mit einem Test, der die Steigung des Trends überprüft, herangezogen. Für diesen Test wird das vom Finnischen Meteorologie Institut (FMI) zur Verfügung gestellte Excel-Tool zum Einsatz gebracht.[2]

Für die Untersuchung wurden die Stationen des NÖ Luftgütemessnetzes in folgende Regionen zusammengefasst.

Region West die Stationen Amstetten, Heidenreichstein, Kematzen/Ybbs und St. Valentin A1

Region Mitte die Stationen Krems, Mistelbach, St.Pölten, St. Pölten Verkehr, Stockerau, Streithofen, Traismauer, Tulln, Ziersdorf

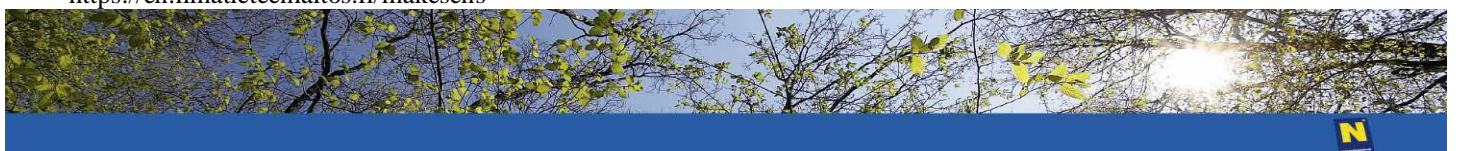
Region Ost die Stationen Bad Vöslau, Hainburg, Biedermannsdorf, Gänserndorf, Gr. Enzersdorf II, Himberg, Klosterneuburg Verkehr, Mannswörth, Mödling, Schwechat, Stixneusiedl, Wiener Neudorf, Wiener Neustadt,

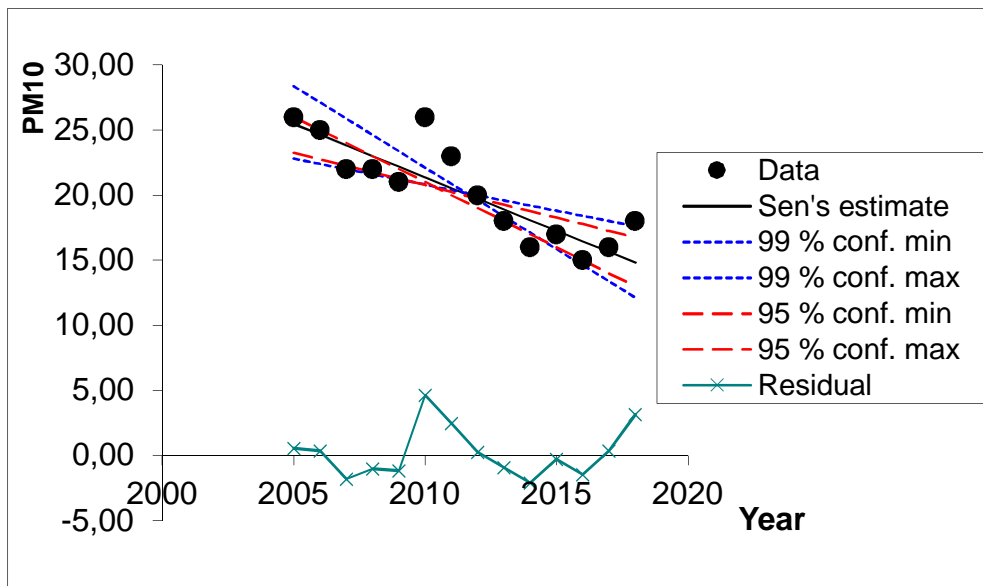
Der Mann-Kendall Test prüft die Nullhypothese, dass es keinen Trend gibt, versus der Hypothese, dass es einen fallenden/steigenden Trend gibt. Wenn die Menge der Daten mehr als 10 beträgt wird mit Hilfe der Varianz der Residuen der statistische Parameter Z berechnet, mit dem ein signifikanter statistischer Trend festgestellt wird. Ein positiver / negativer Wert von Z bedeutet einen aufsteigenden / abnehmenden Trend. Die nachgeschaltete Sen's Methode überprüft dann die Steigung des Trends, wobei vorausgesetzt wird, dass der Trend linear ist. (Q bedeutet in der Tabelle die Steigung, B den Achsenabschnitt). Weiters wird untersucht, ob die Werte für Q und B im 99% und 95% Konfidenzintervall liegen.

¹ Umweltbundesamt: Analyse Feinstaub-Belastung 2009-2017; Wien, 2018, Reports, Band 0646

https://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=2246

² <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/makesens>

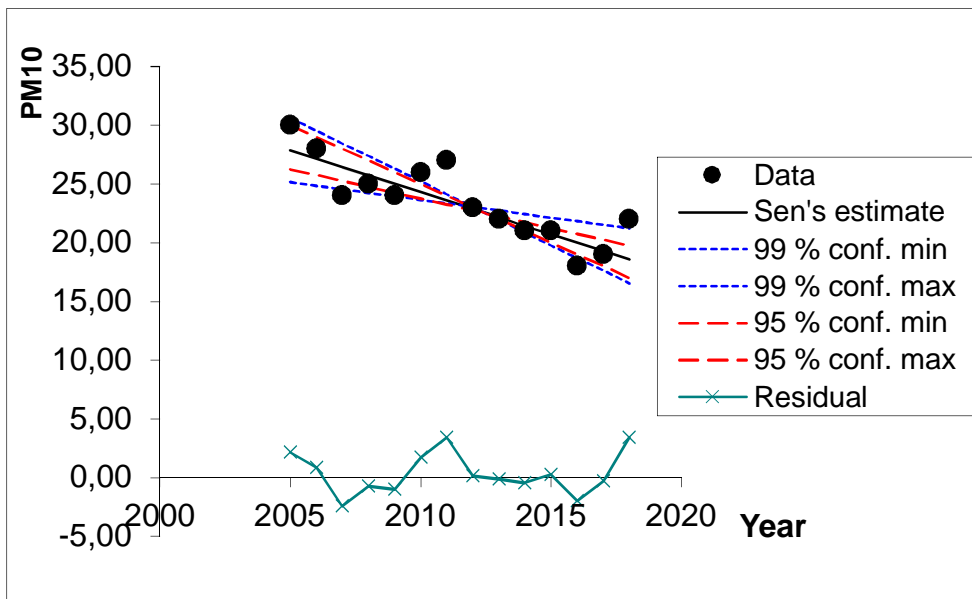




Name	PM ₁₀
Years	2005 - 2018
n	14
Test Z	-3,30
Q	-0,81818
Qmin99	-1,25
Qmax99	-0,4
Qmin95	-1
Qmax95	-0,5
B	25,4545
Bmin99	28,375
Bmax99	22,8
Bmin95	26
Bmax95	23,25

7

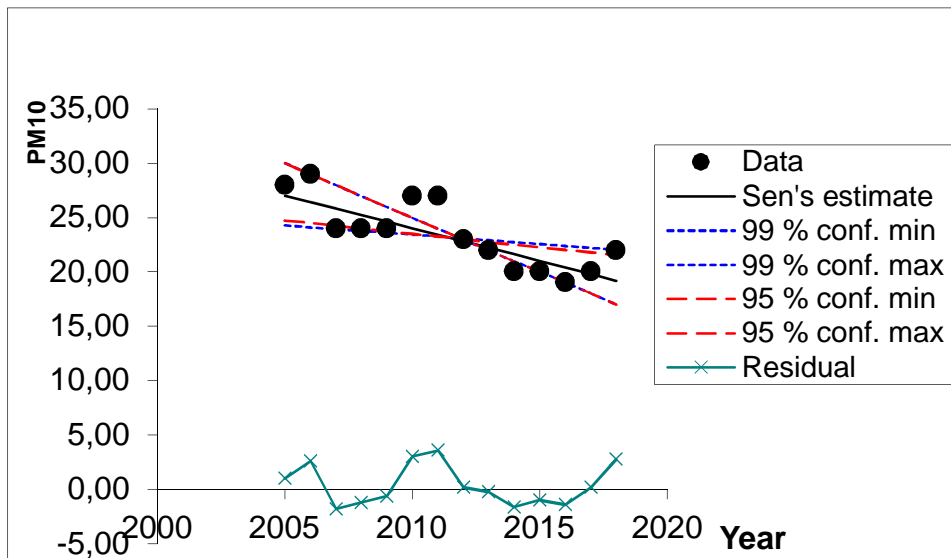
Abbildung 2: PM₁₀ Jahresmittelwerte der Stationen in der Region West, sowie Sens Schätzung der Regressionsgeraden und die Residuen (grün)



Name	PM ₁₀
Years	2005 - 2018
n	14
Test Z	-3,35
Q	-0,714
Qmin99	-0,108
Qmax99	-0,303
Qmin95	-1
Qmax95	-0,5
B	27,857
Bmin99	30,62
Bmax99	25,16
Bmin95	30
Bmax95	26,25

Abbildung 3: PM₁₀ Jahresmittelwerte der Stationen in der Region Mitte, sowie Sens Schätzung der Regressionsgeraden und die Residuen (grün)





Name	PM10
Years	2005 - 2018
n	14
Test Z	-3,22
Q	-0,6
Qmin99	-1
Qmax99	-0,171
Qmin95	-1
Qmax95	-0,246
B	27
Bmin99	30
Bmax99	24,28
Bmin95	30
Bmax95	24,73

Abbildung 4: PM₁₀ Jahresmittelwerte der Stationen in der Region Ost, sowie Sens Schätzung der Regressionsgeraden und die Residuen (grün)

Der abnehmende Trend ist nicht nur bei den Jahresmittelwerten festzustellen, sondern auch bei der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes. Wurden in den Anfangsjahren die gesetzlich erlaubte Anzahl von Tagen noch deutlich überschritten, so gab es ab 2011 einen deutlichen Rückgang an Überschreitungstagen.

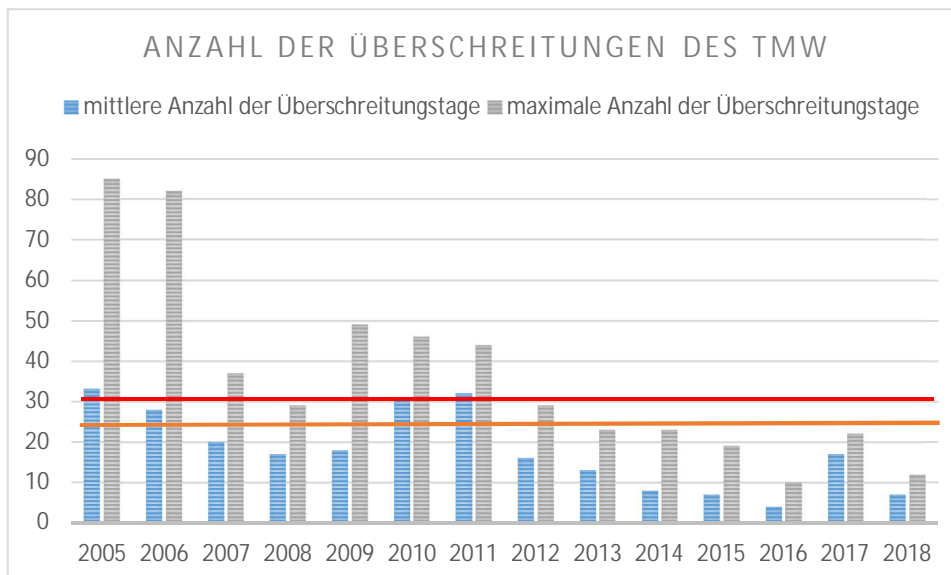


Abbildung 5: mittlere und maximale Anzahl der Überschreitungstage pro Jahr

Wie aus der Abbildung 5 ersichtlich wird seit 2013 das Kriterium von 25 erlaubten Überschreitungstagen eingehalten.

Somit wurden seit sechs Jahren die gemäß Immissionsschutzgesetz Luft gültigen Grenzwerte für Feinstaub PM₁₀ eingehalten.





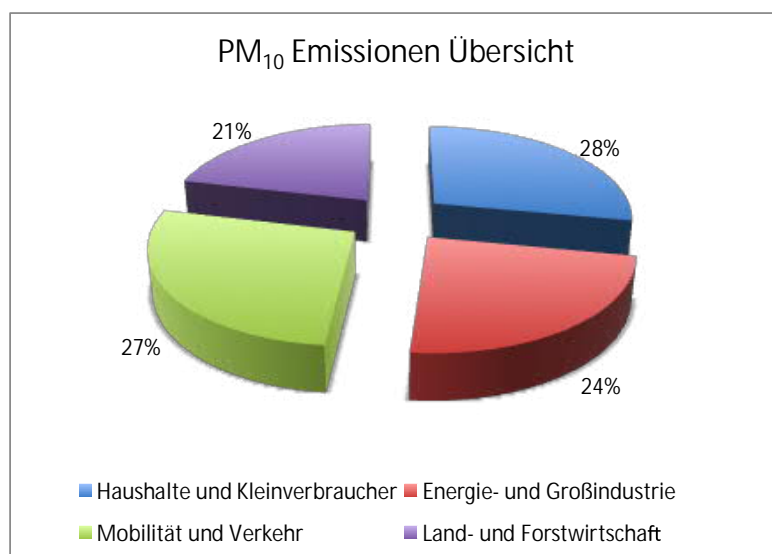
PM₁₀-Emissionen in Niederösterreich und der Trend

Im Rahmen dieser Studie wird jeweils die Summe der anthropogenen Emissionen betrachtet. Diese setzt sich zusammen aus stationären und mobilen Emissionsquellen. Mobile Emissionsquellen sind allesamt den verschiedenen Verkehrsbereichen zuzuordnen, wie beispielsweise Straßenverkehr, Bahn-Flug- oder Schiffsverkehr. Stationäre Emissionsquellen umfassen Haushalte, Betriebe wie Kraft- und Fernheizwerke und industrielle oder gewerbliche Anlagen.

Neben den anthropogenen Emissionen gibt es noch natürliche Emissionen, die meist gar nicht oder nur gering vom Menschen beeinflussbar sind. Beispiele dafür sind Emissionen aus dem Bereich der Vegetation, dem Wald, aus diversen mikrobiologischen Tätigkeiten, von Blitzen oder die Winderosion bei unbedeckten Böden.

Anthropogene Emissionen stehen deshalb im Brennpunkt, da sie ausschließlich durch verschiedenste Tätigkeiten vom Menschen erzeugt werden und durch entsprechende Maßnahmen direkt beeinflussbar sind.

Vergleicht man innerhalb der anthropogenen Gesamtemission von PM₁₀ die verschiedenen Beiträge der Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher, Energie- und Industrie, Mobilität und Verkehr sowie die



Land- und Forstwirtschaft wie sie auch im NÖ-Feinstaubprogramm definiert sind, erhält man eine beinahe Viertelung der Beiträge. Die Bereiche Haushalte und Kleinverbraucher sowie Mobilität und Verkehr liegen darin mit 28% bzw. 27% über dem Viertel, die Land- und Forstwirtschaft mit 21% etwas darunter.

Die detailliertere Aufspaltung und Zusammensetzung dieser vier Sektoren im Bereich PM₁₀ findet sich in den fachspezifischen Kapiteln. Der

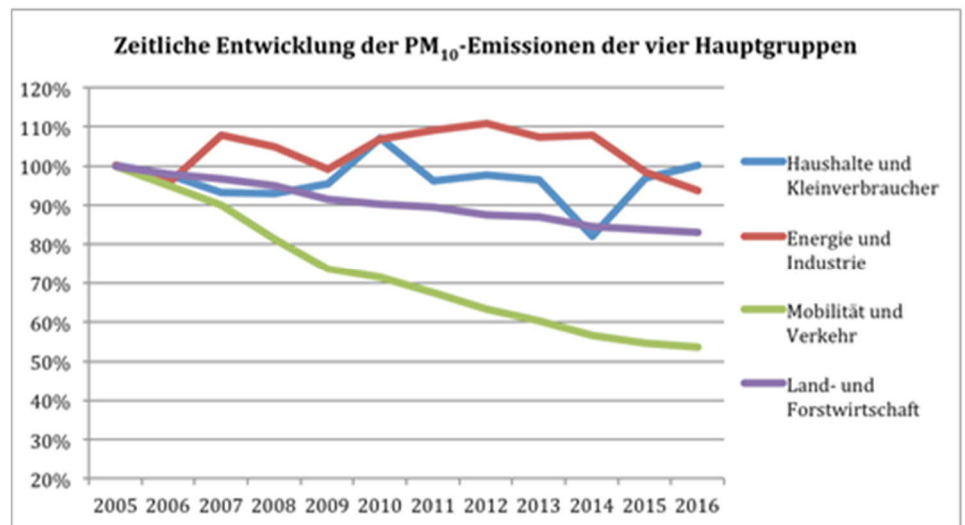
Schwerpunkt dieser Studie wird auf die Schadstoffspezies PM₁₀ gelegt, da das NÖ-Feinstaubprogramm aufgrund von PM₁₀-Grenzwertüberschreitungen erstellt wurde.

Für PM₁₀ erfolgte ab diesem Zeitraum eine Reduktion der Emissionen um 16%, nimmt man das Jahr 2013 für das zweite Niederösterreichische Feinstaubprogramm als Basis, dann ergibt sich eine Gesamtreduktion von 6%.





Sieht man sich die zeitlichen Verläufe der PM₁₀-Emissionen der vier Hauptgruppen an, so erkennt man, dass in der Zeitspanne 2005 bis 2016 in den Gruppen Haushalte und Kleinverbraucher sowie Energie und Industrie deutliche, jährliche Schwankungen auftreten, die durch klimatologische bzw.

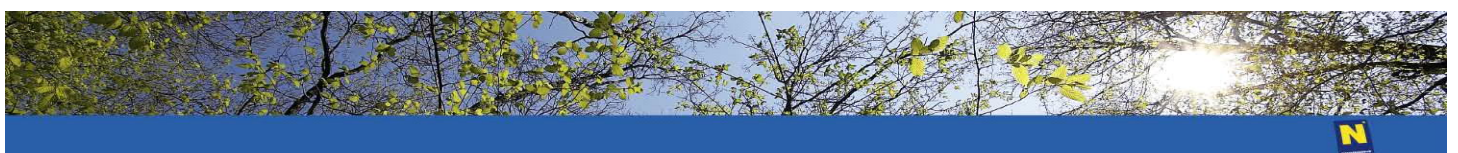


konjunkturbedingte Einflüsse geprägt sind. Die Emissionen dieser Sektoren weisen eine annähernd gleichbleibende Höhe bzw. eine geringe Abnahme auf. Bei den anderen beiden Sektoren Mobilität und Verkehr sowie Land- und Forstwirtschaft gibt es keine ausgeprägten jährlichen Schwankungen, eine kontinuierliche Abnahme der Emission ist erkennbar. Bei der Land- und Forstwirtschaft ist es eine Reduktion von 17% in Bezug auf das Jahr 2005, im Bereich Mobilität und Verkehr hingegen eine starke Reduktion von 47% der Ausgangsemission.

PM ₁₀ -Emissionen	2005	2013	2014	2015	2016	2005-2016	2013-2016
	t	t	t	t	t	%	%
Haushalte und Kleinverbraucher	2.067	1.990	1.697	2.004	2.071	0%	4%
Energie und Industrie	2.690	2.884	2.901	2.643	2.518	-6%	-13%
Mobilität und Verkehr	1.934	1.168	1.097	1.058	1.034	-47%	-12%
Land- und Forstwirtschaft	2.286	1.989	1.935	1.917	1.899	-17%	-5%
Summe	8.977	8.031	7.629	7.621	7.522	-16%	-6%

Obige Tabelle führt zur zeitlichen Darstellung der Emissionsverläufe die Bundesländerinventur Niederösterreich 2018 an, darin sind Emissionswerte bis zum Jahr 2016 enthalten. Die Gründe für die Veränderungen der Emissionen von 2005 bis 2016 und 2013 bis 2016 werden in den Kapiteln der einzelnen Sektoren näher beleuchtet.

In weiterer Folge werden die sektoralen PM₁₀-Emissionen im Detail analysiert - im Kapitel 3.2 der Studie erfolgt die Darstellung von einzelnen „Leuchtturmprojekten“ aus den letzten Jahren in jedem Sektor sowie der Gesamtüberblick aller Einzelmaßnahmen im Kapitel 3.3 der Untersuchung.





Die Einstufung in den Umsetzungsstatus der Maßnahme sowie die bisherige und zukünftige Emissionsbewertung in Form der Relevanz des Reduktionspotentials der Maßnahme sind ebenfalls angegeben.

Szenariobasierte Maßnahmenbetrachtung im NÖ Emissionskataster

Zur Immissionsberechnung durch die ZAMG wurden vier verschiedenen Maßnahmen herangezogen und dazu sechs verschiedene Szenarien durch teilweise Kombination von Maßnahmen festgelegt. Die zahlreichen Einzelmaßnahmen wurden in den entsprechenden Sektoren, v.a. im Bereich Haushalte sowie Kraftwerke und Industriebetriebe, zu Maßnahmenbündel zusammengefasst, um eine Analyse ihrer Auswirkungen auf Immissionswerte zu ermöglichen. Nur im Bereich des LKW Fahrverbotes, da dies eine äußerst wirkungsvolle Einzelmaßnahme ist, wurde diese Maßnahme einzeln in ihren beiden Stufen betrachtet. Als Maßnahmen wurden somit ausgewählt:

11

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

Das LKW-Fahrverbot betrifft, wie gesetzlich vorgesehen, schwere Nutzfahrzeuge (SNF) und leichte Nutzfahrzeuge (LNF) in den Euro-Normen 0-2, die in zwei Stufen schrittweise im Feinstaubsanierungsgebiet Wiener Umland verboten wurden.

Die „Sammelmaßnahme Haushalte“ hat sämtliche Tätigkeiten im Bereich der Wohnbauförderung und Bauordnung zum Inhalt. Das Nichtsetzen dieser Maßnahme dient zur Abschätzung, wie hoch die Emissionen gewesen wären, wenn es keine derartigen Tätigkeiten gegeben hätte (Wohnbauförderungen, Heizkesseltausch, Althaussanierungen, Förderungen alternativer Energien u.v.m.).

Das Maßnahmenbündel Kraftwerke und Industrie umfasst alle Maßnahmen und Fortschritte, die es bei Kraftwerken und Industriebetrieben seit 2008 gegeben hat. Das Nichtsetzen dieser Maßnahme beinhaltet Emissionsdaten von Kraftwerken und Industriebetrieben, wenn es keine Verbesserungen in der Verbrennungs- und Abgastechnologie sowie keine weiteren Fortschritte seit dem Jahr 2008 gegeben hätte.





Folgende sechs Szenarien ergeben sich durch den Ansatz und Kombination der Maßnahmen:

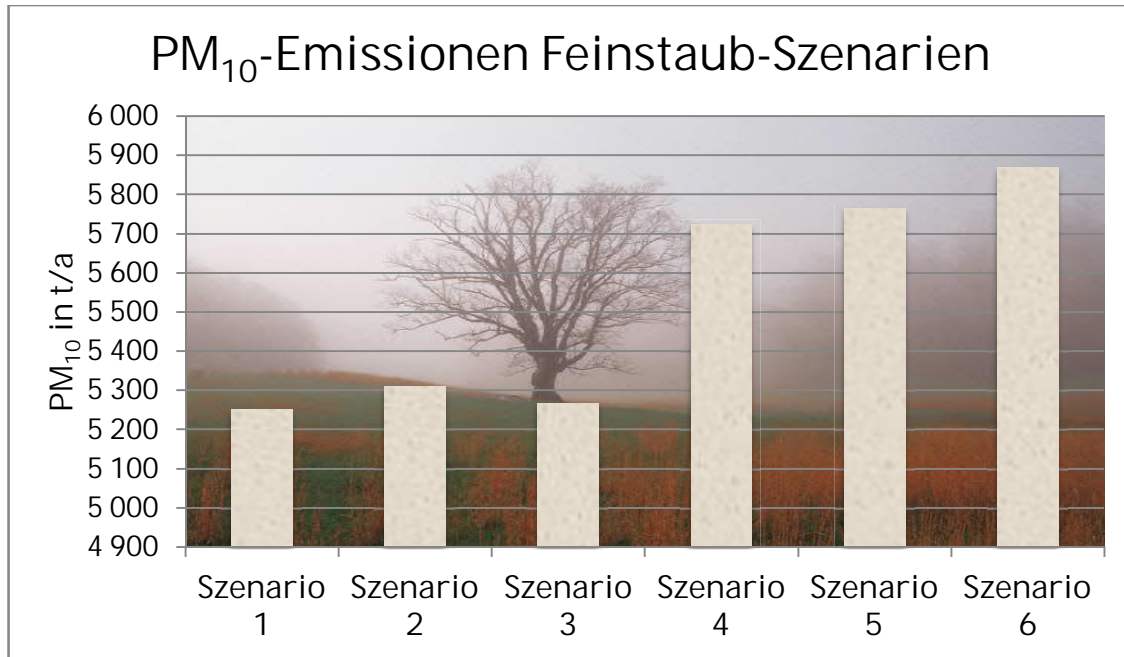
Szenario	Maßnahmenbeschreibung
Szenario 1	alle Maßnahmen in Kraft (LKW Fahrverbot, Haushalte, Kraftwerke & Industrie)
Szenario 2	alle Maßnahmen außer LKW Fahrverbot in Kraft
Szenario 3	alle Maßnahmen außer LKW Fahrverbot, Stufe 2 (Euro 2) in Kraft
Szenario 4	alle Maßnahmen außer LKW Fahrverbot, Stufe 2 (Euro 2) und Haushalte in Kraft
Szenario 5	alle Maßnahmen außer LKW Fahrverbot und Haushalte in Kraft
Szenario 6	gar keine Maßnahmen in Kraft

Schließlich ergeben sich in den einzelnen Szenarien die folgenden Bundeslandemissionen für PM₁₀ in Niederösterreich, nach anthropogenem und biogenem Ursprung getrennt sowie als Gesamtsumme ausgewiesen. Im darauffolgenden Diagramm sind nur mehr die für die Maßnahmenbetrachtung relevanten und ausschlaggebenden anthropogenen Emissionen dargestellt.

Szenario	PM10 anthropogen t/a	PM10 biogen t/a	PM10 Gesamt t/a
Szenario 1	5.250	5.504	10.754
Szenario 2	5.309	5.504	10.813
Szenario 3	5.267	5.504	10.771
Szenario 4	5.723	5.504	11.227
Szenario 5	5.765	5.504	11.269
Szenario 6	5.868	5.504	11.372

In obiger Tabelle sind nur die Bundeslandsummen ersichtlich. Übermittelt wurden der ZAMG für die Immissionsberechnungen hingegen die Gemeindeemissionen für alle 573 Gemeinden Niederösterreichs für jeweils 37 Emittentengruppen und 28 Schadstoffspezies. Die ZAMG bezieht nicht nur Staubemissionen in ihr Immissionsmodell ein, sondern auch viele andere Schadstoffspezies, da diese mit den Staubemissionen wechselwirken. Damit ergeben sich etwa 600.000 Emissionswerte für ein einzelnes Szenario.





Zusammenfassung

Bezüglich der Maßnahmenevaluierung kann festgehalten werden, dass die meisten Maßnahmen umgesetzt sind oder sich in laufender Umsetzung befinden.

Für die Zukunft gelten folgende Maßnahmen als bedeutend:

- Weiterführung der Sanierungsförderung,
- Förderung verdichteter Siedlungsformen,
- Förderung von Alternativenergien sowie Entwicklung von Speichermöglichkeiten durch bspw. Pilotprojekte,
- Reduktion nicht pyrogener Feinstaubemissionen bei Industriebetrieben,
- Weitere Verbesserung und Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs,
- Ausbau von Park & Ride Anlagen zur Vermeidung von PKW-Fahrten,
- Verlagerung des bestehenden Güterverkehrs auf die Schiene,
- Beibehaltung des LKW Fahrverbotes,
- Deutliche Erweiterung von Windschutzflächen zur Vermeidung von natürlicher Bodenerosion,
- Begrünung von Schwarzbracheflächen zur Vermeidung von Bodenerosion und
- Bodennahe Gülleausbringung.





Analyse der PM₁₀-Immissionssituation in Niederösterreich

Die Analyse der PM₁₀-Immissionssituation in Niederösterreich in den Jahren 2013 bis Winter 2017/18 wurde auf Basis der Tagesmittelwerte der PM₁₀-Messungen aller niederösterreichischen Luftgütemessstationen durchgeführt. Um die regionale Verteilung der Messwerte zu untersuchen, wurden die Luftgütemessstationen in 3 Regionen („West“, „Mitte“ und „Ost“) eingeteilt und die maximalen Tagesmittelwerte aller Stationen in der jeweiligen Region verglichen. Über alle Jahre hinweg wurden die höchsten Konzentrationen vor allem im östlichen und mittleren Teil Niederösterreichs gemessen. In diesen Bereichen sind auch die meisten Sanierungsgebiete (IG-L, 2010) definiert.

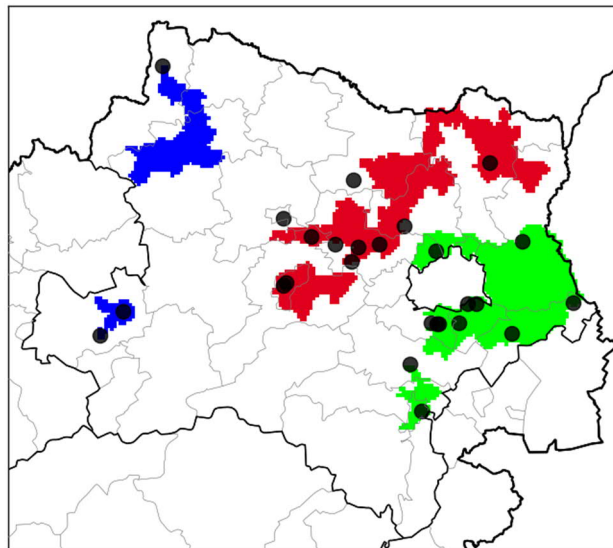


Abbildung 6: Einteilung der niederösterreichischen Luftgütestationen in die Regionen West (blau), Mitte (rot) und Ost (grün).

In den Wintermonaten treten Feinstaubepisoden aufgrund der vorherrschenden Wetterlagen (Inversionswetterlagen), zusätzlicher Emissionsquellen wie z.B. Hausbrand und Straßendienst sowie aufgrund von PM₁₀-Ferntransport häufiger als in den Sommermonaten auf. Die Winterepisoden sind meist grenzwertrelevant, d.h. die Feinstaubkonzentrationen übersteigen den PM₁₀-Tagesmittelgrenzwert. In den betrachteten Jahren stechen vor allem die Monate Jänner und Februar der Jahre 2013 und 2017 hervor.

Die Sommermonate zeigten hingegen meist niedrigere und relativ konstante Feinstaubkonzentrationen mit nur geringen Schwankungsbreiten. Teilweise sind natürlich auch im Sommer Anstiege in der Feinstaubkonzentration erkennbar, jedoch mit weit niedrigeren Werten als in den Wintermonaten. Einzig im Sommer 2015 zeigten sich deutliche Schwankungen in der Feinstaubkonzentration.





Analyse ausgewählter Feinstaubepisoden

Für sechs ausgewählte Feinstaubepisoden (fünf in den Wintermonaten, eine im August) wurde eine detaillierte Untersuchung der meteorologischen Gegebenheiten sowie der groß- und kleinräumigen Ausbreitungsbedingungen durchgeführt. Für diese Analysen wurden die Messungen von TAWES-Stationen (Teilautomatische Wetterstationen), Daten von Radiosondenaufstiegen und Ceilometermessungen herangezogen. Für Herkunftsanalysen wurden Rückwärtsrechnungen mit dem Ausbreitungsmodell FLEXPART durchgeführt, um Herkunftsgebiete eines Beitrags durch Ferntransport von sekundären Aerosolen zu lokalisieren.

Die Analyse hat zeigt, dass in den Feinstaubepisoden im Winter sehr ähnliche Wetterlagen vorherrschen: Hochdruckgebiete über Nord- oder Osteuropa beeinflussten während der Episoden das Wettergeschehen in Österreich. Aufgrund der kalten Luftmassen, die nach Österreich transportiert werden, können ausgeprägte Temperaturinversionen über mehrere Tage bestehen bleiben. Infolge der niedrigen Temperaturen steigen die Emissionen durch Hausbrand und durch den Einsatz von Streumitteln im Straßendienst in Österreich, aber auch in den Nachbarländern deutlich an. Unterhalb der Temperaturinversion, welche den vertikalen Austausch der Luft verhindert, akkumuliert Feinstaub in der bodennahen Grenzschicht. Zusätzlich werden mit der meist nördlich bis südöstlichen Strömung sekundäre Aerosole aus dem Osten Österreichs und aus den angrenzenden Nachbarländern nach Niederösterreich transportiert. Fehlende Niederschläge während der Episoden tragen zusätzlich dazu bei, dass sich hohe Feinstaubkonzentrationen in der Grenzschicht über lange Zeit halten können.

Im Sommer ist die Feinstaubkonzentration meist deutlich geringer als im Winter. Typischerweise herrschen im Sommer konvektive Wetterlagen, die für eine verstärkte Durchmischung der Luftmassen sorgen und die Schadstoffe in der rund 2 bis 2,5 km hoch reichenden Grenzschicht verdünnen. In der betrachteten Episode ist jedoch ein allmählicher Anstieg der Feinstaubkonzentrationen über einige Tage in Niederösterreich erkennbar. Aufgrund eines stationären Hochdruckgebiets über Osteuropa herrschten in dieser niederschlagsfreien, sehr heißen und trockenen Episode in Österreich niedrige Windgeschwindigkeiten sowohl bodennah als auch in größeren Höhen. In dieser austauscharmen Situation sammelte sich Feinstaub langsam in der Grenzschicht an. Ein Beitrag an den Konzentrationen kann aufgrund der Herkunftsanalyse auch dem Transport von Feinstaub aus Wien und dem Burgenland sowie aus den östlichen und südöstlichen Nachbarländern zugeschrieben werden.

Detailanalyse von Feinstaubepisoden in Hinblick auf die umgesetzten Maßnahmen

Für eine Untersuchung der Wirksamkeit von feinstaubreduzierenden Maßnahmen sind Feinstaubepisoden mit hohen Grenzwertüberschreitungen weniger geeignet, da diese hohen Feinstaubkonzentrationen meist durch die großräumige meteorologische Situation sowie durch einen erhöhten Anteil an Ferntransport hervorgerufen werden. Aus diesem Grund wurden drei Zeiträume mit Feinstaubkonzentrationen nahe des PM₁₀-Tagesmittelgrenzwerts ausgewählt, da für derartige Situationen untersucht werden kann, ob Maßnahmen erfolgreich eine Überschreitung des Grenzwertes



verhindert haben bzw., ob durch weitere Maßnahmen derartige Grenzwertüberschreitungen verhindert werden könnten. Folgende Episoden wurden für die Evaluierung ausgewählt:

- Episode 1: 8.11. bis 16.11.2014
- Episode 2: 8.8. bis 16.8.2015
- Episode 3: 23.10. bis 1.11.2015

Mit dem chemischen Transportmodell WRF-Chem wurden für die ausgewählten Zeiträume Simulationen mit 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 (Tabelle 1).

Tabelle 1: Emissionsszenarien

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.
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).

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) Emissionszunahme. 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 (Gitter-Auflösung 12 x 12 km) den großräumigen PM₁₀-Transport (Abbildung 77). Die zweite Simulation WRF_rT (WRF regionaler Transport) wurde auf zwei





Gittern (ohne europäische Domäne, 12 x 12 km) durchgeführt und gibt somit die Immissionsituation, welche durch die regionalen und vor allem durch die lokalen Emissionen dominiert wird, wieder.

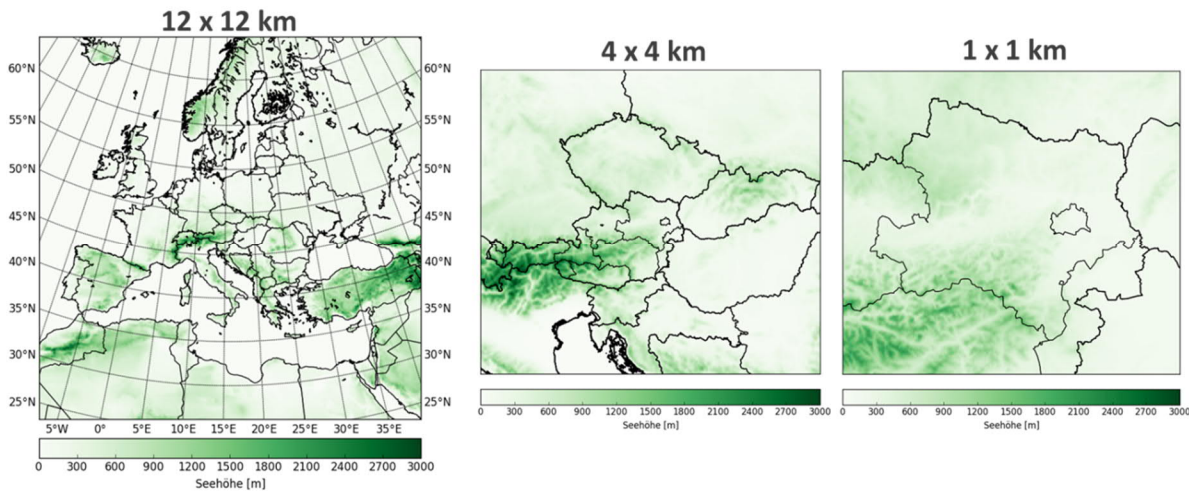


Abbildung 7: WRF-Chem Modellgebiete

Durch Differenzbildung der zwei Simulationen kann auf den PM_{10} -Ferntransport 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 PM_{10} zwischen 64 % und 88 %. Diese Zahlen stellen Richtwerte dar, da mit dem derzeitigen Setup für WRF_rT zwar die PM_{10} -Transporte reduziert, aber nicht zur Gänze ausgeschlossen werden (z.B. Transporte aus den anderen österr. Bundesländern bzw. von angrenzenden Nachbarländern). Dennoch zeigen diese Richtwerte, dass der PM_{10} -Ferntransport während dieser Episode einen sehr hohen Anteil an den niederösterreichischen Feinstaubkonzentrationen hat.

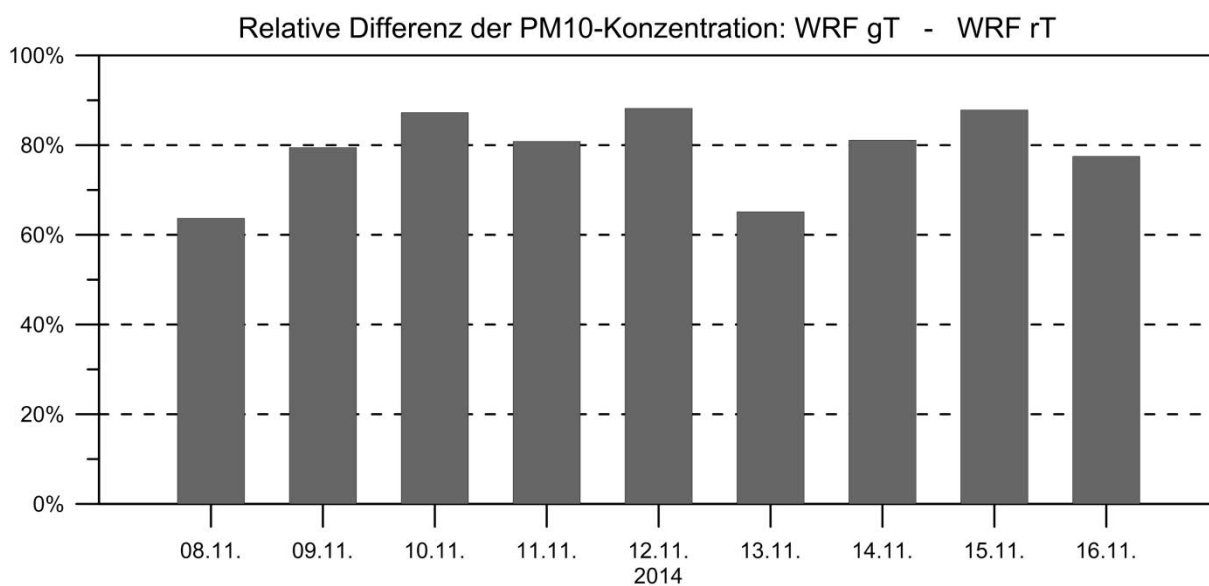


Abbildung 8: Relative Differenz des PM_{10} -Tagesmittelwerts: Richtwerte für den Anteil des PM_{10} -Ferntransports.





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.

In Abbildung 9 bis Abbildung 9 11 sind die Änderungen des PM₁₀-Tagesmittelwerts für jedes Szenario im Vergleich zum Basis-Szenario 3 für die erste Episode dargestellt. 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. In den anderen Regionen liegen die Differenzen zwischen den PM₁₀-Konzentrationen meist unter $\pm 2\%$.

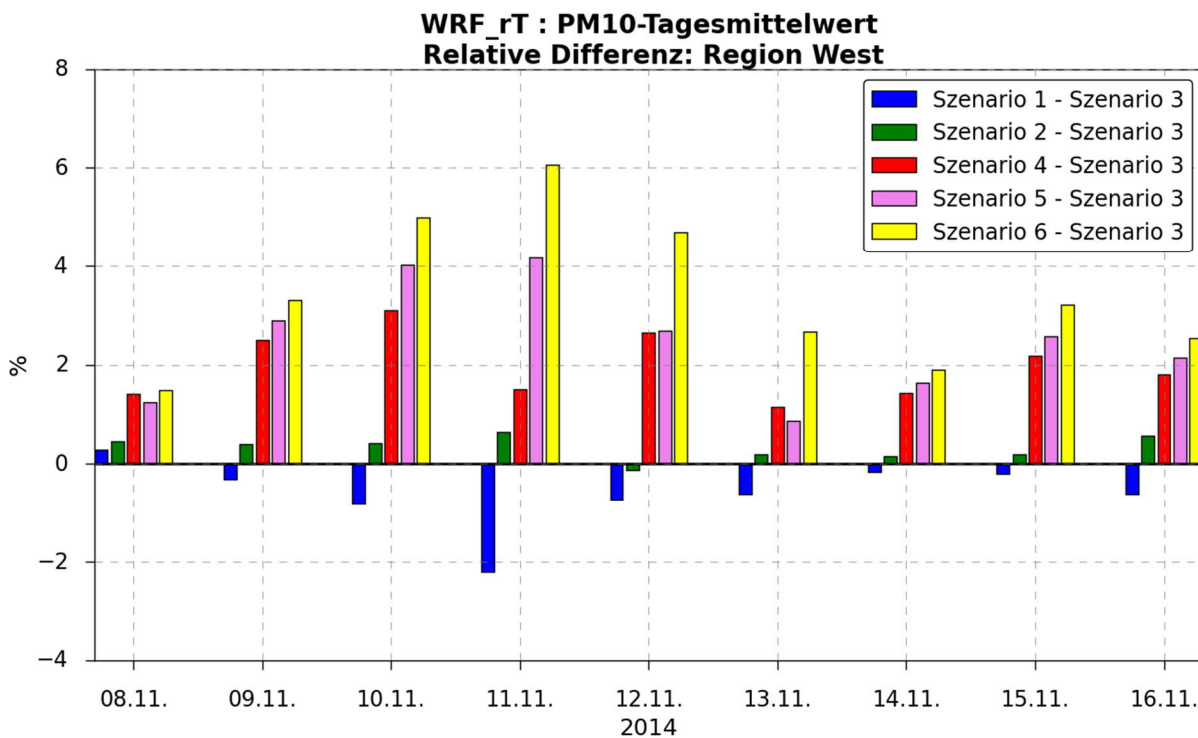


Abbildung 9: Relative Differenz der PM₁₀-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zu Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region West.



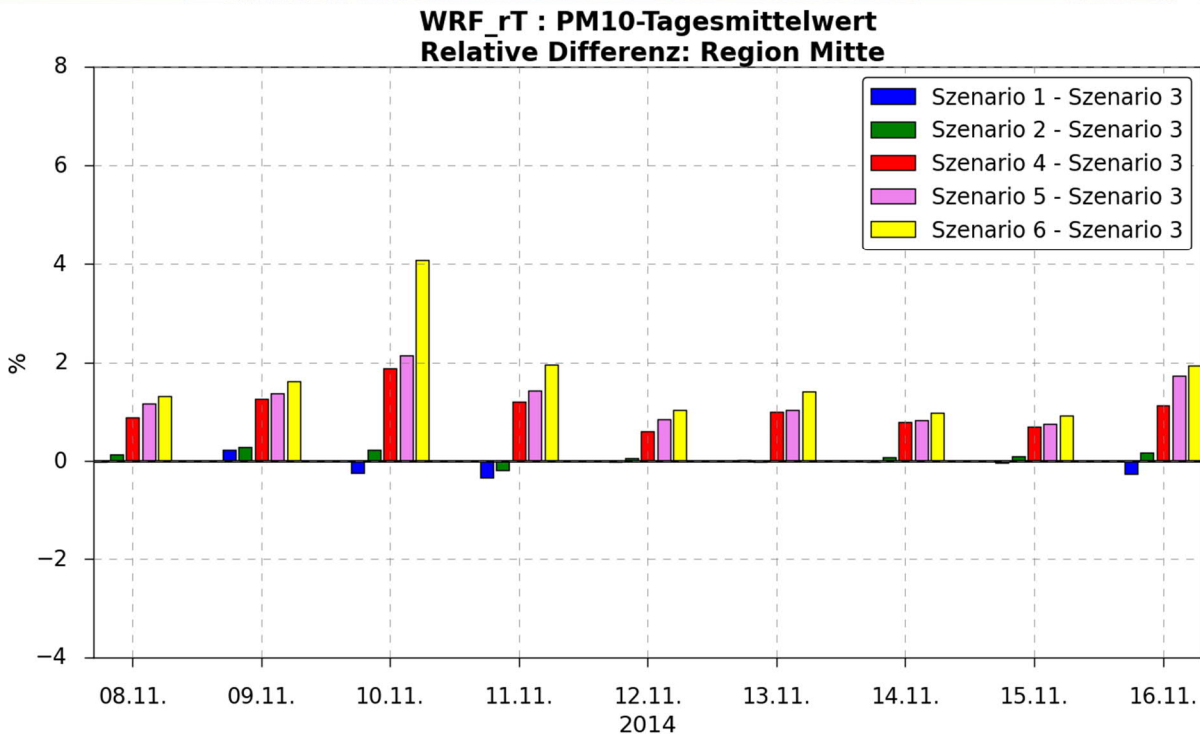


Abbildung 80: Relative Differenz der PM10-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zu Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Mitte.

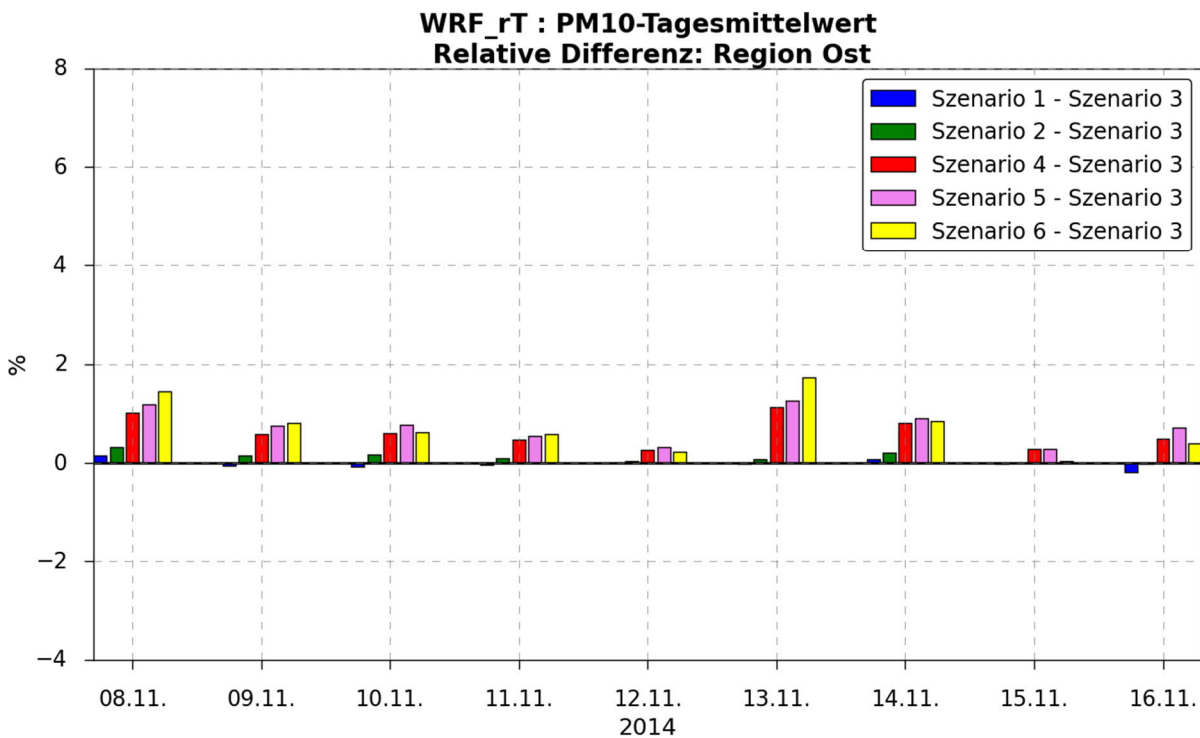


Abbildung 91: Relative Differenz der PM₁₀-Tagesmittelwerte der einzelnen Szenarien zu Basis-Szenario für die Sanierungsgebiete der Region Ost.

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 wurden mit dem Lagrange'schen 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 sind in Abbildung 1012 dargestellt und 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).

Ähnliche Immissionsreduktionen können durch Emissionsreduktionen bei Flächen- (z.B. Parkplätze) oder Volumenquellen (z.B. Haushalte oder Industriegebäude) erreicht werden.

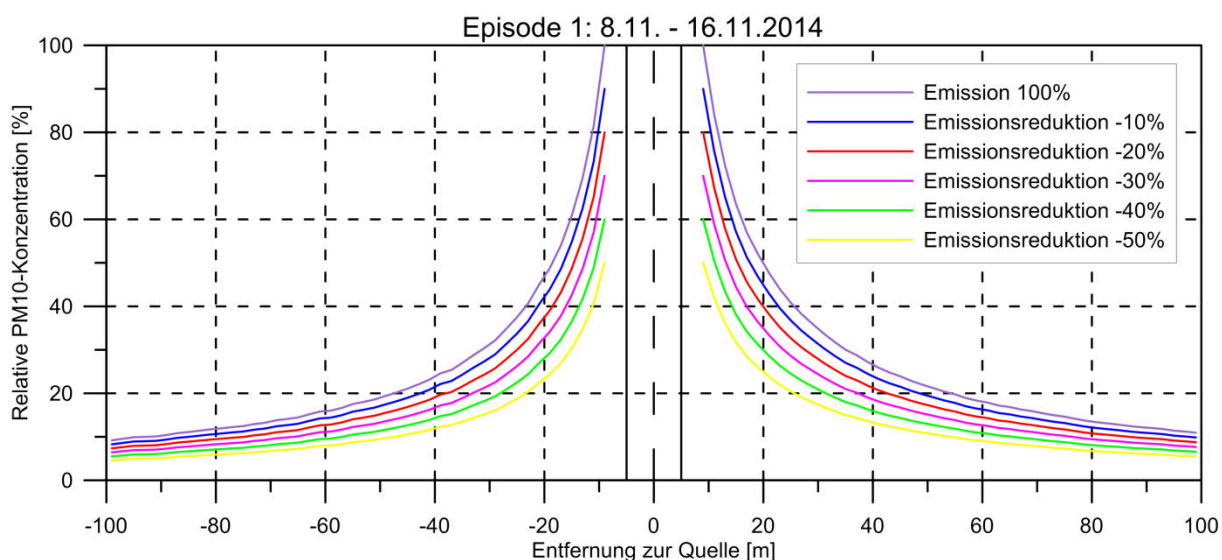


Abbildung 102: Relative Änderung der PM₁₀-Konzentration im Nahbereich einer Quelle (±100 m) für verschiedene Emissionsszenarien. Referenz: PM₁₀-Konzentration ±5 m neben der Quelle.





Änderung der PM₁₀-Immission durch das Maßnahmenprogramm

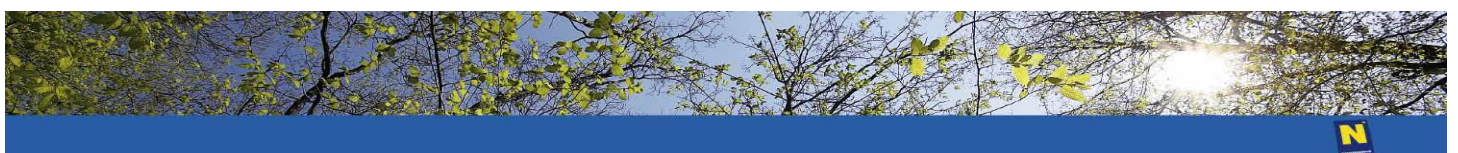
Um die Auswirkungen der betrachteten Maßnahmen des Feinstaubprogramms analysieren zu können, müssen die PM₁₀-Emissionen des Szenarios 6 mit denen des Szenarios 1 verglichen werden.

In der Tabelle 2 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. Die betrachteten Maßnahmen des Feinstaubprogramms haben, gemittelt über ganz Niederösterreich, eine Reduktion der PM₁₀-Emissionen um 11 % bewirkt.

Tabelle 2: 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.

	Anthropogene PM ₁₀ -Emissionen gesamt	Verkehr	Haushalte	Industrie + Kraftwerke	Sonstige Emissionskategorien
Summe Emissionen Szenario 1 (niedrigste Emissionen; nach dem Maßnahmenprogramm)	5250 t/a	1469 t/a	1303 t/a	1253 t/a	1225 t/a
Summe Emissionen Szenario 6 (höchste Emissionen; vor dem Maßnahmenprogramm)	5868 t/a	1528 t/a	1759 t/a	1356 t/a	1225 t/a
absolute Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm pro Emissionskategorie (Szenario 1 - Szenario 6)	-618 t/a	-59 t/a	-456 t/a	-103 t/a	*
relative Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm pro Emissionskategorie (Szenario 1 - Szenario 6)	-11 %	-4 %	-26 %	-8 %	*
Reduktion der Emissionen durch das Maßnahmenprogramm relativ zu den gesamten anthropogenen PM ₁₀ -Emissionen	-11 %	-1 %	-8 %	-2 %	*

* 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 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 Gesamtemission (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.

In Abbildung 1113 sind die Änderungen der PM₁₀-Konzentrationen für die einzelnen Emissionskategorien in Abhängigkeit von der Entfernung der Quelle dargestellt.

Änderung der PM₁₀-Immission im Nahbereich einer Quelle

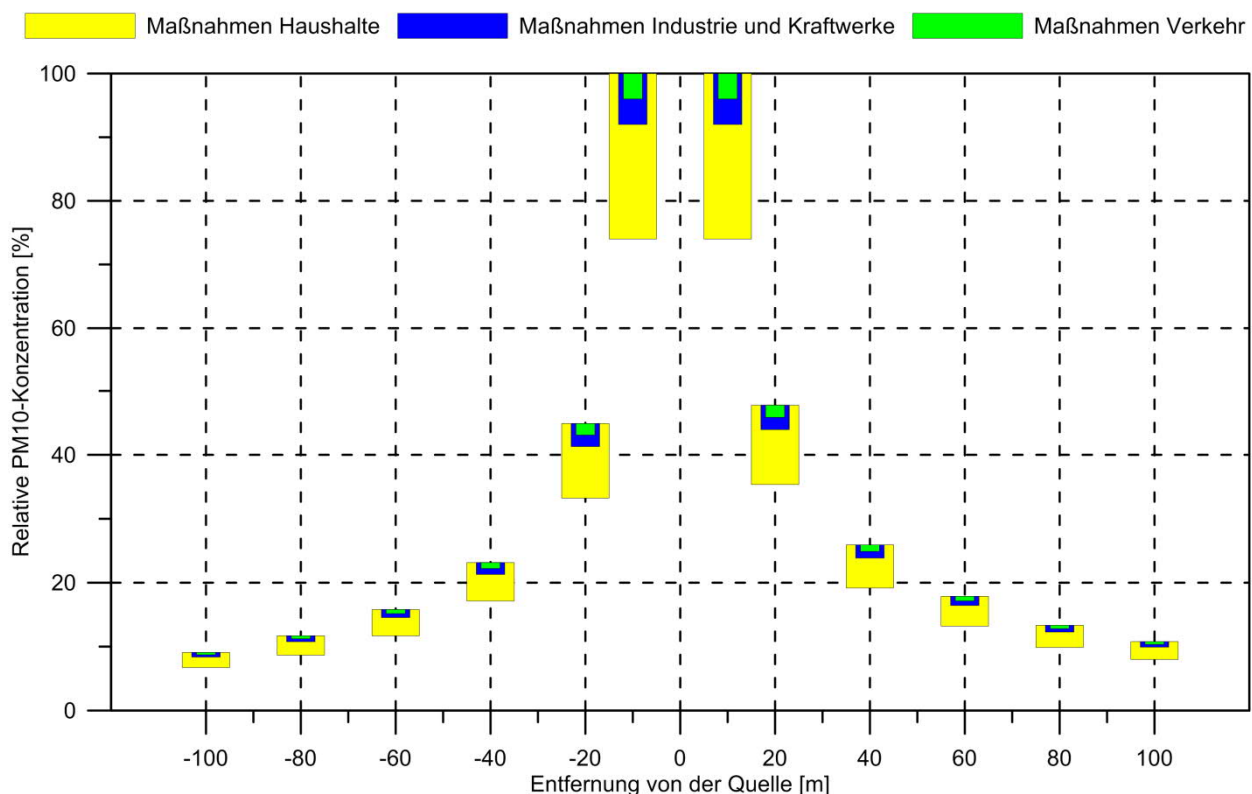


Abbildung 113: Relative Änderung der PM₁₀-Konzentration im Nahbereich einer Quelle (±100 m) ohne (oberer Rand der Balken) und mit (unterer Rand der Balken) emissionsreduzierenden Maßnahmen in den Kategorien Haushalte (gelb), Industrie und Kraftwerke (blau) und Verkehr (grün). Referenz: PM₁₀-Konzentration ±5 m neben der Quelle.





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 Unterschiede geben, so können Regionen höhere, aber auch niedrigere Immissionsreduktionen erreichen. Die Emissionsreduktion in der Emissionskategorie Haushalte 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-Ferntransport keine überdominante Rolle spielt, deutlich vermindern.

