

TEXTE

68/2013

Bewertung von Emissionsminderungsszenarien mit Hilfe chemischer Transportberechnungen

PM10- und NO₂-Immissionsbeiträge in Deutschland:

- Holzverbrennung in Kleinf Feuerungsanlagen
- Anlagen der 13. und 17. BImSchV

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 206 43 200/01
UBA-FB 001524/ANH,32

**Bewertung von
Emissionsminderungsszenarien mit
Hilfe chemischer
Transportberechnungen:
PM10- und NO₂-Immissionsbeiträge in
Deutschland:**

- Holzverbrennung in
Kleinf Feuerungsanlagen**
- Anlagen der 13. und 17. BImSchV**

**Teilbericht zum F&E-Vorhaben „Strategien zur
Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“**

von

Rainer Stern

Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie, Troposphärische
Umweltforschung, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4543.html>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie:	Freie Universität Berlin Institut für Meteorologie Troposphärische Umweltforschung Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10 12165 Berlin
Abschlussdatum:	März 2010
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: info@umweltbundesamt.de Internet: http://www.umweltbundesamt.de http://fuer-mensch-und-umwelt.de/
Redaktion:	Fachgebiet II 4.1 Grundsatzfragen der Luftreinhaltung Johanna Appelhaus

Dessau-Roßlau, Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Quantifizierung des Emissionsänderungspotentials.....	2
3.	Basislauf für das Referenzjahr 2005	9
4.	Szenariolauf: Holzfeuerungen.....	11
5.	Szenariolauf: Anlagen der 13. und 17. BImSchV	13
6.	Literatur.....	16

1. Einleitung

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen des Forschungs-und Entwicklungsvorhabens „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“ (PAREST, www.parest.de) erstellt. In dem Beitrag werden mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID (RCG, siehe Stern, 2003, 2004; Stern et al., 2008) folgende Fragestellungen untersucht:

- Wie hoch ist der Beitrag der mit Holz beheizten Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland zu den PM₁₀- und den NO₂-Konzentrationen?
- Wie hoch ist der Beitrag der von der 13. und 17. BImSchV erfassten Anlagen zu den PM₁₀-und NO₂-Konzentrationen in Deutschland?

Die im Folgenden präsentierten Berechnungen mit dem RCG-Modell basieren auf Modell Anwendungen für Deutschland in einer Auflösung von 0.0625° Breite und 0.125° Länge. Dies entspricht in Mitteleuropa einer Maschenweite von circa 7 bis 8 km. Die Bestimmung des Beitrags lokaler Emissionen zur lokalen Belastung ist nicht Ziel der hier präsentierten Modell Anwendungen. Dazu sind höher auflösende Berechnungen notwendig. Die hier vorgestellten Rechnungen repräsentieren damit einen regionalen Hintergrund, auf den die von lokalen Emissionen verursachten Immissionsbeiträge aufsetzen. Der europäische Hintergrund fließt in die Berechnungen über die Randbedingungen der deutschlandweiten Rechnung ein. Die Randbedingungen stammen aus einer ganz Mitteleuropa umfassenden Modell Anwendung. Als meteorologisches Basisjahr wird das Jahr 2005 verwendet. Die meteorologischen Daten für die meteorologische Referenz 2005 wurden mit dem diagnostischen Analysesystem TRAMPER erstellt (Kerschbaumer und Reimer, 2003).

Die für die Ausbreitungsrechnungen verwendete europaweite Emissionsdatenbasis wurde von der TNO erstellt und ist in Denier van der Gon et al. (2010) beschrieben. Für Deutschland wurde von IER und IZT für 2005 ein Energiereferenzszenario (Jörß et al., 2010) entwickelt, das hier als Referenzdatensatz verwendet wird. Zur Anwendung des RCG-Modells auf die oben definierten Fragestellungen wurden von IER zwei weitere Datensätze entwickelt. Der eine unterstellt einen vollständigen Ersatz der Holzfeuerungen in Privathaushalten durch Ölfeuerungen, der andere setzt die Emissionen aller von der 13. und 17. BImSchV erfassten Anlagen auf Null. Diese Daten wurden in die europaweite Datenbasis eingearbeitet und für die hier präsentierten Szenario-Rechnungen verwendet.

Es wurden folgende Rechenläufe durchgeführt:

- Basislauf für das Referenzjahr 2005,
- Szenariolauf für das Referenzjahr 2005 mit dem Emissions-Szenario „Ersatz der Holzfeuerungen in Privathaushalten durch Ölfeuerungen“,
- Szenariolauf für das Referenzjahr 2005 mit dem Emissions-Szenario „Keine Emissionen der in der 13. und 17. BImSchV erfassten Anlagen“.

Eine zusammenfassende Darstellung aller im Rahmen des F&E-Vorhabens ausgeführten Arbeiten kann in Builtjes et al. (2010) gefunden werden.

2. Quantifizierung des Emissionsänderungspotentials

Um die Auswirkungen der Holzfeuerungen auf die Luftschadstoffkonzentrationen zu untersuchen, wurden in einem hypothetischen Szenario für das Referenzjahr 2005 die Emissionen der Quellgruppe „Kleinfeuerungsanlagen in Privathaushalten mit einer Feuerungswärmeleistung < 50 MW und dem Energieträger „naturbelassenes Brennholz“ in ganz Deutschland durch Emissionen entsprechender Feuerungsanlagen mit dem Energieträger Heizöl EL ersetzt. Unterschiede zwischen den Wirkungsgraden von Holz- und Ölfeuerungen wurden vernachlässigt. Deutschlandweit wurde in dieser Quellgruppe ein Endenergieeinsatz von insgesamt 204 PJ pro Jahr angenommen. Je nach Energieträger und den zugehörigen Emissionsfaktoren ergeben sich für die betrachtete Quellgruppe unterschiedliche jährliche Emissionsfrachten, die in Tabelle 2-1 absolut und relativ, d.h. in Prozent der gesamten deutschen Emissionen des jeweiligen Schadstoffs dargestellt sind.

Die Tabelle 2-2 zeigt die Emissionen der Referenz 2005, die für den Basislauf, d.h. den Lauf für die Ausgangssituation verwendet wurden. Der Tabelle 2-3 kann entnommen werden, dass der Ersatz der Holzfeuerungen in privaten Haushalten sich nur in SNAP 2, Haushalte und Kleinverbraucher, auswirkt. In diesem Sektor würden die PM10-Emissionen durch den Ersatz um circa 22 kt/a oder circa 75% absinken. Summiert über alle Sektoren bedeutet dies eine deutschlandweite Minderung der PM10-Emissionen um circa 8%. Bei den anderen Stoffen käme es wegen der Umstellung auf Ölfeuerungen ebenfalls zu Änderungen, die bis auf die Änderung der NMVOC-Emissionen aber gering ausfallen.

Der Tabelle 2-4 kann entnommen werden, dass sich die Herausnahme der unter die 13. und 17. BImSchV fallenden Anlagen in den Emissionen der Sektoren SNAP 1 („Energy transformation“) und SNAP 3 („Industrial combustion“) auswirkt. In SNAP 1 kommt es zu einem Rückgang aller betrachteten Schadstoffe zwischen 80 und 95%. In SNAP 3 sind die Abnahmen geringer. Insgesamt vermindern sich die Emissionen in Deutschland bei Nichtberücksichtigung der Anlagen um circa 50% für SO₂, um circa 18% für NO_x und circa 4 % für PM10.

Die Abbildung 2-1 zeigt den Beitrag der Holzfeuerungen zu den PM10-Emissionen in Deutschland. Der Schwerpunkt der Holzverbrennung liegt im Süden Deutschlands. Lokal kann der Beitrag insbesondere in Bayern und Baden-Württemberg bis zu knapp 50% der gesamten PM10-Emissionen reichen.

Die absoluten und relativen Beiträge der 13. und 17. BImSchV-Anlagen zu den NO_x-, PM10- und SO₂-Emissionen in Deutschland zeigen Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3. Der Schwerpunkt der Emissionsbeiträge liegt im Ruhrgebiet. Generell gibt es aber in allen Industriestandorten Deutschlands Anlagen, die unter die 13. und 17. BImSchV fallen.

		Schadstoff				
		NO _x (als NO ₂)	NM VOC	SO _x (als SO ₂)	NH ₃	PM ₁₀
Basisszenario	Emissionsfaktor(kg/TJ)	50,9	332,4	6,6	0,5	107,8
	Emissionsfracht absolut (kt/a)	10,4	67,7	1,3	0,1	22
Ölszenario	Emissionsfaktor(kg/TJ)	40,4	1,5	59,3	2,5	1,5
	Emissionsfracht absolut (kt/a)	8,2	0,3	12,1	0,5	0,3
Differenz	Differenz (Öl-Holz) (kt/a)	- 2,2	-67,4	10,8	0,4	-21,7

Tabelle 2-1 Herleitung der Emissionsfrachten und der Unterschiede von Holz- und Ölszenario für das Bezugsjahr 2005 (alle Angaben von IER).

Germany Emissions 2005 kt/y	NOX	NM VOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	282.5	8.4	290	3	10	11.3
Small combustion sources	101.9	84.7	77.6	2.7	27.4	29.4
Industrial combustion	71.4	3.9	64.6	1.4	8.8	19.5
Industrial process emissions	90.6	86.2	117.6	9.6	16.4	52.5
Extraction of fossil fuels	0	25.1	7.9	0	0.9	4.4
Solvent and product use	0	742.6	0	1.7	9.1	9.1
Road transport gasoline	112.2	91.9	0.4	10	0	0
Road transport diesel	571.4	38.2	0.4	0.5	21.1	21.1
Road transport lpg	0	0	0	0	0	0
Brake and tyrewear	0	0	0	0	10.6	19.6
Volatilisation losses	0	23.4	0	0	0	0
Traffic resuspension	0	0	0	0	4.9	48.9
Non road transport	233.1	78.3	3.1	1.1	21.1	21.1
Waste handling and disposal	0.1	0	0	0	0	0
Agriculture	80.8	254.7	0	576.9	5.7	25.7
SUM OVER ALL SECTORS	1544	1437.5	561.6	606.9	135.8	262.5

Tabelle 2-2 Emissionen in Deutschland in kt/a. Referenz 2005

Change Ref2005-Oil-Scen %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy_Transformation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Small_Combustion_Sources	-2.1	-79.6	13.8	14.9	-73.3	-73.7
Industrial_Combustion	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Industrial_Process_Emissions	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Extraction_of_Fossil_Fuels		0.0	0.0		0.0	0.0
Solvent_and_Product_Use		0.0		0.0	0.0	0.0
Road_Transport_Gasoline	0.0	0.0	0.0	0.0		
Road_Transport_Diesel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Road_Transport_LPG						
Brake_and_Tyrewear					0.0	0.0
Volatilisation_Losses		0.0				
Road_Dust_Resuspension					0.0	0.0
Non_Road_Transport	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Waste_Handling_and_Disposal	0.0		0.0		0.0	0.0
Agriculture	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
Int_Shipping						
SUM OVER ALL SECTORS	-0.1	-4.7	1.9	0.1	-14.8	-8.2

Tabelle 2-3 Änderungen der Referenzemissionen 2005 in % infolge der Implementierung des Szenarios „Ersatz von Holzfeuerungen durch Ölfeuerungen in Privathaushalten“

Change R2005-BImSchV13_17 %	NOX	NMVOC	SOX	NH3	PM25	PM10
Energy transformation	-89.3	-85.8	-90.3	-79.6	-94.3	-94.0
Small combustion sources	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Industrial combustion	-37.6	-22.6	-31.9	-47.9	-6.0	-3.1
Industrial process emissions	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Extraction of fossil fuels		0.0	0.0		0.0	0.0
Solvent and product use		0.0				
Road transport gasoline	0.0	0.0	0.0	0.0		
Road transport diesel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Road transport lpg						
Brake and tyrewear					0.0	0.0
Volatilisation losses		0.0				
Traffic resuspension					0.0	0.0
Non road transport	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Waste handling and disposal	0.0		0.0		0.0	0.0
Agriculture	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0
SUM OVER ALL SECTORS	-18.1	-0.6	-50.3	-0.5	-7.3	-4.3

Tabelle 2-4 Änderungen der Referenzemissionen in % infolge der Implementierung des Szenarios „Keine Anlagen der BImSchV 13 und 17“.

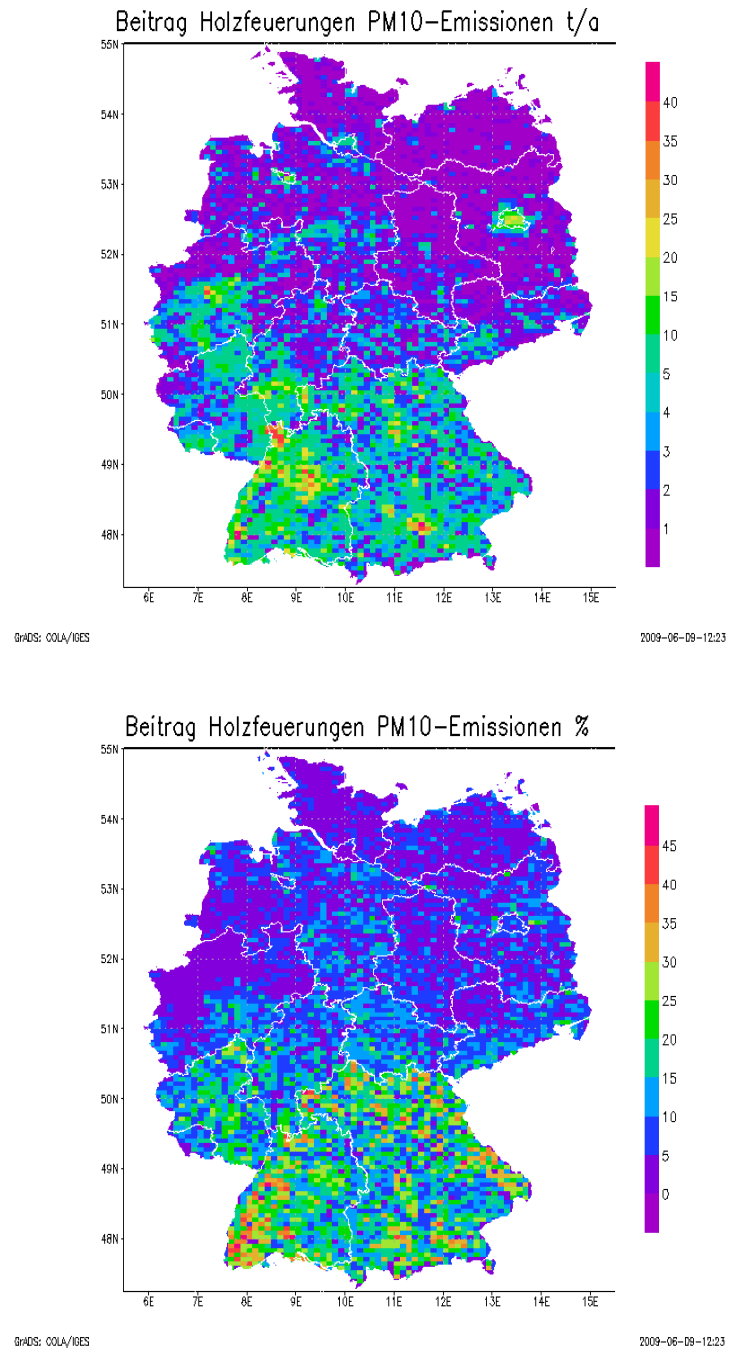


Abbildung 2-1 Beitrag der Holzfeuerungen (oben in t/a, unten in %) in privaten Haushalten zu den PM10-Emissionen in Deutschland. Emissionsreferenz 2005. Auflösung 0.125° Länge, 0.0625° Breite.

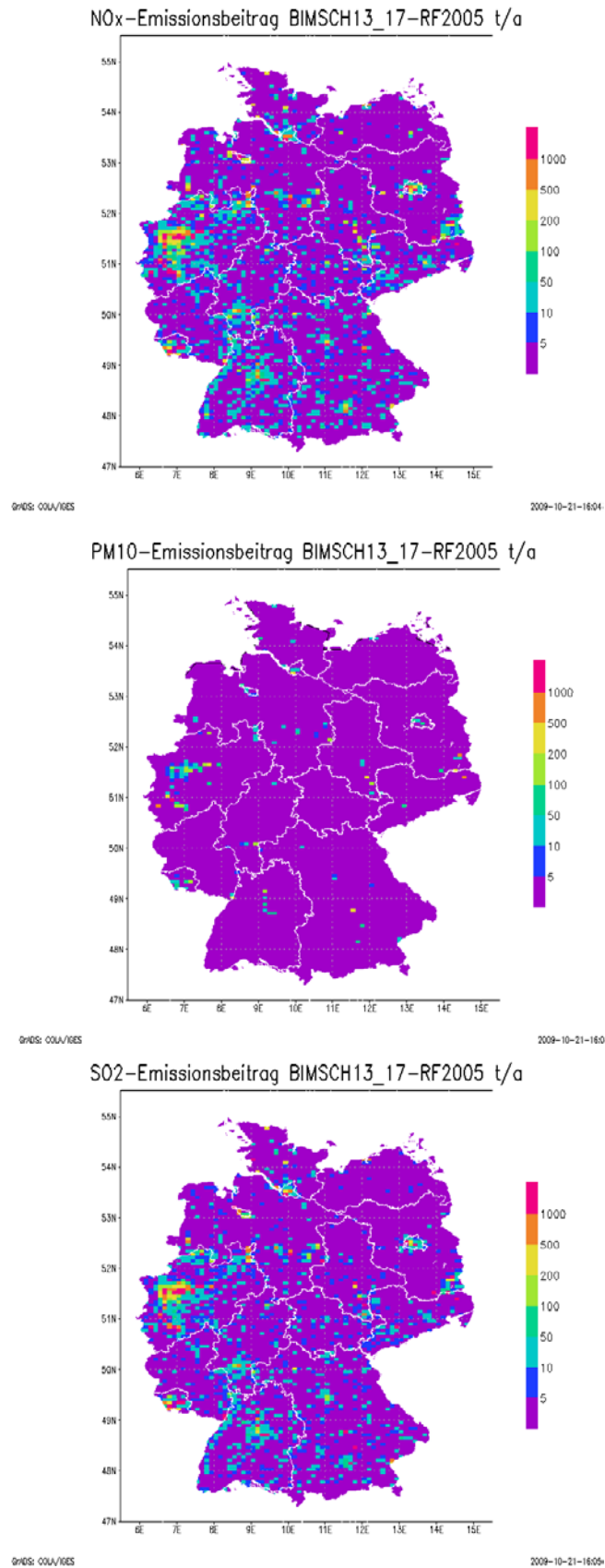


Abbildung 2-2 Beitrag in t/a der Anlagen BImSchV 13 und 17 zu den NO_x-, PM10- und SO₂-Emissionen in Deutschland. Emissionsreferenz 2005. Auflösung 0.125° Länge, 0.0625° Breite.

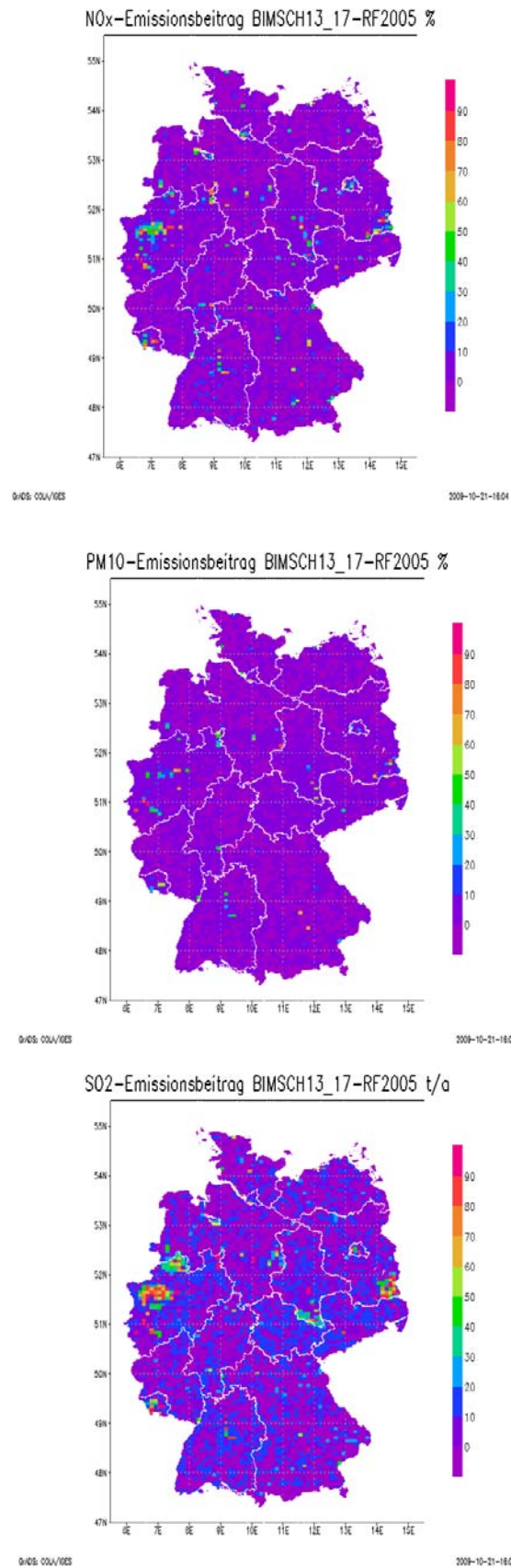


Abbildung 2-3 Beitrag (%) der Anlagen BImSchV 13 und 17 zu den NO_x-, PM10- und SO₂-Emissionen in Deutschland. Emissionsreferenz 2005. Auflösung 0.125° Länge, 0.0625° Breite.

3. Basislauf für das Referenzjahr 2005

Die Abbildung 3-1 zeigt die mit dem RCG-Modell berechneten PM₁₀- und NO₂-Jahresmittelwerte für Deutschland in der Auflösung von circa 7 x 8 km². Die Ballungsräume heben sich insbesondere im Ruhrgebiet deutlich vom Konzentrationsniveau der Umgebung ab. Da PM₁₀ zu einem großen Teil aus Sekundäraerosolen besteht, die während des Transports über komplexe physikalisch/chemische Zusammenhänge aus den gasförmigen Vorläuferstoffen Ammoniak, Schwefeldioxid und Stickoxid gebildet und daher großflächig über weite Strecken transportiert werden, sind die Konzentrationsunterschiede zwischen Gebieten mit hohen Emissionen und solchen mit niedrigen Emissionen aber nicht so deutlich wie beim NO₂.

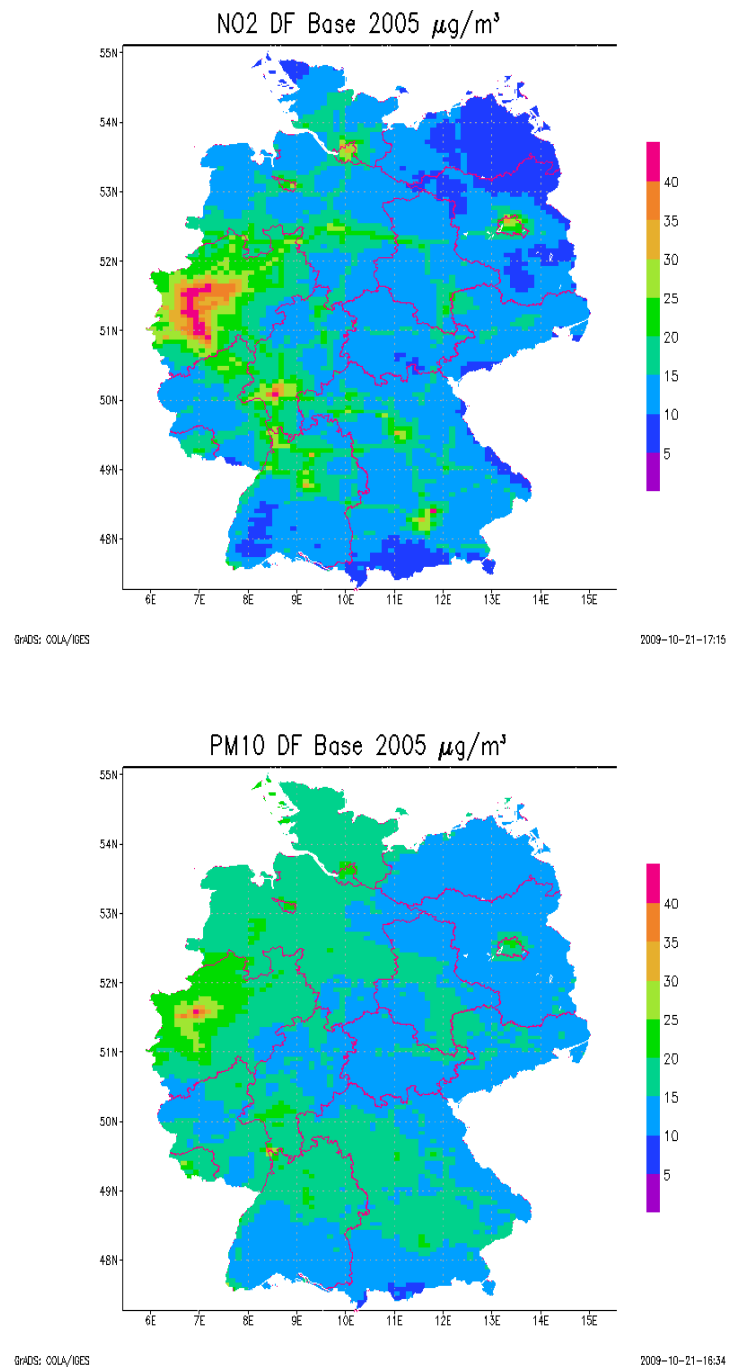


Abbildung 3-1 Berechnete NO_2 - und PM_{10} -Konzentrationsverteilung in Deutschland, Jahresmittelwert 2005 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Modellauflösung 0.125° Länge, 0.0625° Breite.

4. Szenariolauf: Holzfeuerungen

Abbildung 4-1 zeigt die berechneten absoluten und relativen Beiträge der Holzfeuerungen in Deutschland zu den PM10-Konzentrationen. In den Hauptemissionsgebieten im Süden Deutschlands reichen die Beiträge bis zu $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit Spitzenwerten in den Ballungsräumen München, Stuttgart und Mannheim/Ludwigshafen. Um diese Beiträge würden die Konzentrationen im Bereich der Hauptverwendungsgebiete von Holzfeuerungen sinken, falls alle Holzheizungen auf Ölheizungen umgestellt werden würden. Bezogen auf die gesamten PM10-Konzentrationen des Basislaufs entspricht dies 3 bis 9%. Bei der Bewertung des relativen Beitrags muss berücksichtigt werden, dass der hier verwendete Basislauf in den Ballungsräumen im Süden Deutschlands eher eine untere Abschätzung der PM10-Immissionsverteilung liefert. Geht man davon aus, dass die Emissionen für die Kleinfeuerungsanlagen eine gute Abschätzung der realen Emissionen darstellen, ist der relative Beitrag der Holzfeuerungen an den gemessenen PM10-Konzentrationen daher eher niedriger anzusetzen.

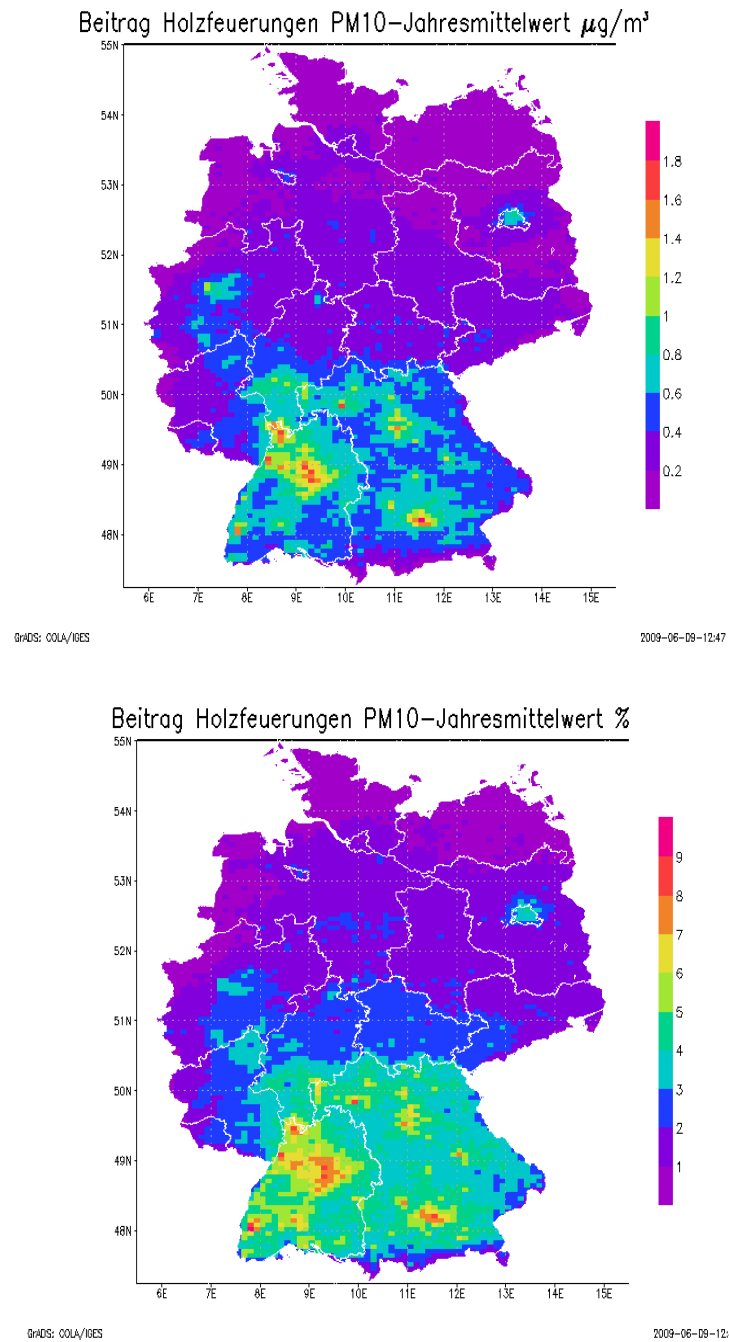
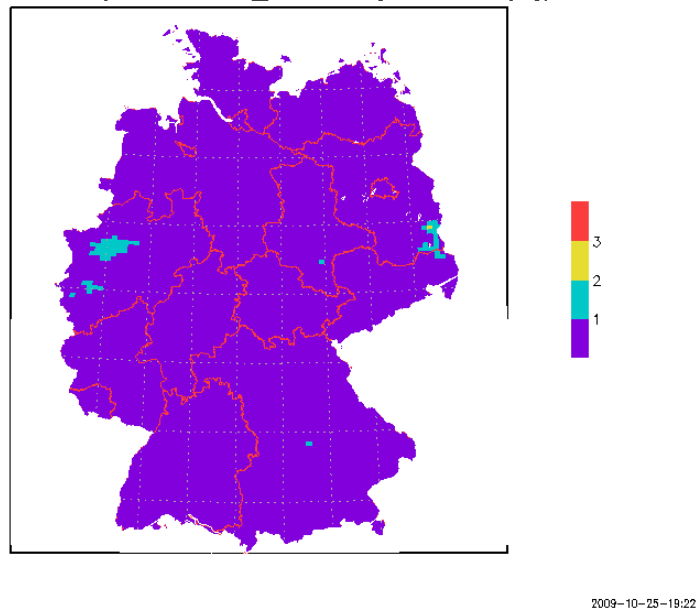


Abbildung 4-1 Berechneter Beitrag (oben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, unten in %) der Holzfeuerungen zu der PM10-Konzentrationsverteilung in Deutschland, Jahresmittelwert 2005 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Modellauflösung 0.125° Länge, 0.0625° Breite.

5. Szenariolauf: Anlagen der 13. und 17. BImSchV

Abbildung 5-1 zeigt die absoluten und relativen Beiträge der Emissionen der Anlagen nach der 13. und der 17. BImSchV zu den PM₁₀-Jahresmittelwerten der Emissionsreferenz 2005. Beiträge größer $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werden nur im Bereich einiger Anlagen im Ruhrgebiet sowie im südlichen Brandenburg und im nördlichen Sachsen berechnet. Dort liefern diese Anlagen lokal auch über 10% der gesamten PM₁₀-Immission. Im Ruhrgebiet sind die relativen Beiträge wegen der Vielfalt der Quellen niedriger.

Der Beitrag der Anlagen zu den NO₂-Jahresmittelwerten ist deutlich höher (Abbildung 5-2). Im Ruhrgebiet können lokal über $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den Anlagen nach der 13. und der 17. BImSchV zugeordnet werden. Großflächig werden in dieser Region Beiträge um die $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Auch im Osten Deutschlands (südliches Brandenburg und nördliches Sachsen) erreichen die Beiträge diese Größenordnung. Dies entspricht zwischen 20 und 40% der gesamten NO₂-Belastung. Im Ruhrgebiet liegen die relativen Beiträge wieder niedriger.

PM10 DF Beitrag BlmSch13_17-Anlagen 2005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

PM10 DF Beitrag BlmSch13_17-Anlagen 2005 %

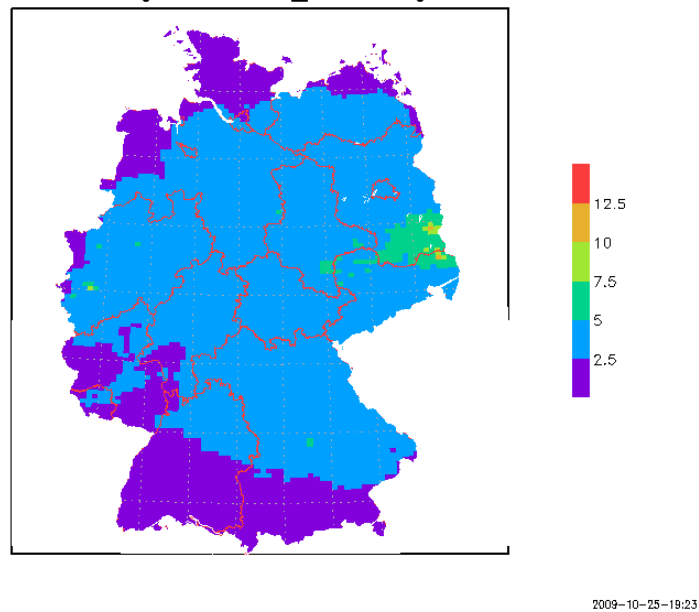


Abbildung 5-1 Berechneter Beitrag (oben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, unten in %) der Anlagen nach der 13. und 17. BImSchV zu der PM10-Konzentrationsverteilung in Deutschland, Jahresmittelwert 2005 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Modellauflösung 0.125° Länge, 0.0625° Breite.

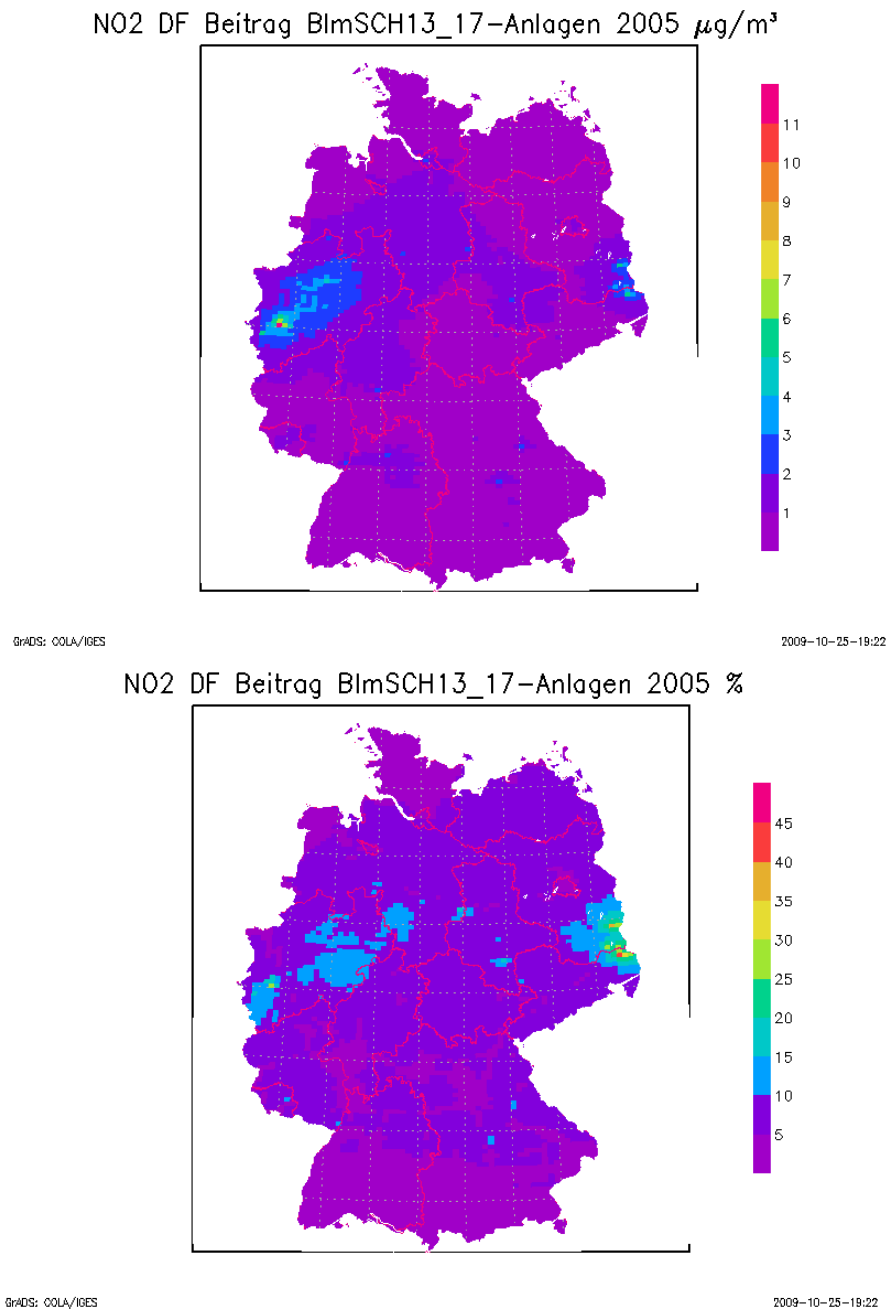


Abbildung 5-2 Berechneter Beitrag (oben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, unten in %) der Anlagen nach der 13. und 17. BImSchV zu der NO_2 -Konzentrationsverteilung in Deutschland, Jahresmittelwert 2005 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Modellauflösung 0.125° Länge, 0.0625° Breite.

6. Literatur

Builtjes, P., W. Jörß, W., R. Stern, J. Theloke (2010). Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung . PAREST-Endbericht, Schlussbericht an das Umweltbundesamt zum Forschungsvorhabens: FKZ 206 43 200/01

Denier van der Gon, H.A.C., A.J.H. Visschedijk, H. van der Brugh, R. Droge (2010). A high resolution European emission data base for the year 2005. Forschungs-Teilbericht im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, TNO, Niederlande.

Jörß, W., U. Kugler, J. Theloke (2010). Emissionen im PAREST-Referenzszenario 2005 – 2020. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, Berlin: IZT

Kerschbaumer, A. und Reimer, E. (2003). Erstellung der Meteorologischen Eingangsdaten für das REM/Calgrid-Modell: Modellregion Berlin-Brandenburg. Abschlussbericht zum UBA-Forschungsvorhaben 29943246. Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie.

Stern, R. (2003) Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID. Abschlussbericht zum F& E-Vorhaben 298 41 252 des Umweltbundesamts „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“.

Stern, R. (2004). Weitere Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM-CALGRID für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität und ihrer Tochterrichtlinien. Abschlussbericht zum F&E-Vorhaben 201 43 250 des Umweltbundesamts „Anwendung modellgestützter Beurteilungssysteme für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität und ihrer Tochterrichtlinien“

Stern, R., Builtjes, P., Schaap, M., Timmermans, R., Vautard, R., Hodzic, A., Memmesheimer, M., Feldmann, H., Renner, E., Wolke, R., Kerschbaumer, A., (2008) A model inter-comparison study focussing on episodes with elevated PM10 concentrations. Atmospheric Environment 42 4567-4588. 2008.