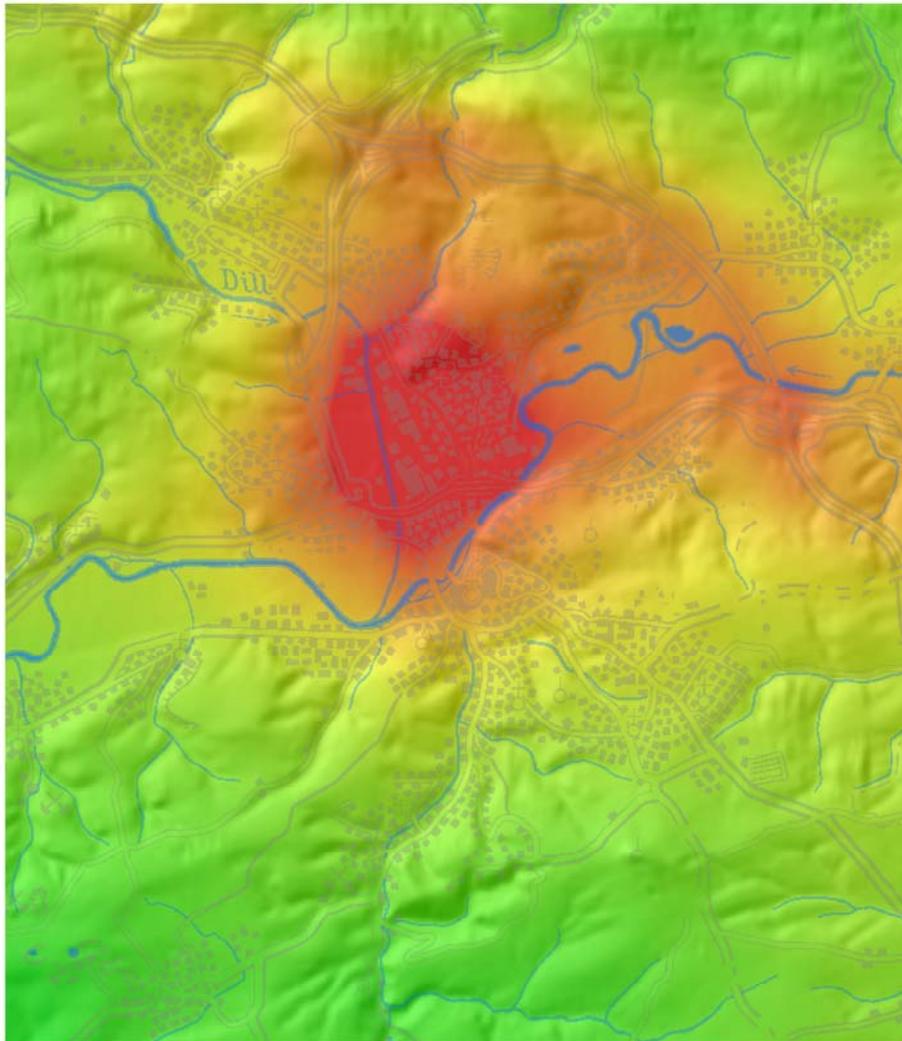


Ausbreitungsrechnungen zum Luftreinhalteplan Lahn-Dill



für

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum
und Verbraucherschutz

Postfach 3109

D-65021 Wiesbaden

von

IVU Umwelt GmbH

Burgweg 10 · D-79350 Sexau

G. Wiegand, F. Pfäfflin

TRUMF Troposphärische Umweltforschung

Inst. f. Meteorologie, Freie Universität Berlin

R. Stern, E. Reimer, A. Kerschbaumer

Februar 2006

1 Einführung

Im Ballungsraum Wetzlar wurde im Jahr 2003 der Immissionsgrenzwert der 22.BImSchV überschritten. Nach Artikel 8 der EU-Rahmenrichtlinie 96/62/EG (EU-RRL) zur Luftqualität (EU, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 1996) bzw. §13 der 22. BImSchV müssen für Gebiete, in denen Grenzwerte überschritten werden, Luftreinhaltepläne erarbeitet werden, aufgrund derer die betreffenden Grenzwerte zukünftig eingehalten werden können. In der EU-RRL sind dazu neben Messungen erstmalig auch Modellrechnungen zur Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität vorgesehen.

Nach der EU-Rahmenrichtlinie (siehe EU, 1996) müssen Ausbreitungsrechnungen zur flächendeckenden Bestimmung der Luftqualität die folgenden vier Raumskalen abdecken:

- europaweit,
- großräumig (national)
- regional (Ballungsraum)
- lokal/städtisch (Stadtquartier, Straßenschlucht).

Das Umweltbundesamt hat an die FU Berlin FE-Vorhaben vergeben, in denen ein Modellinstrumentarium entwickelt wurde, das den in der EU-RRL definierten Anforderungen an die Ausbreitungsrechnung genügt. Kern des Systems ist das chemische Transportmodell REM-CALGRID (RCG), das für die vorliegende Studie eingesetzt wurde (Stern, 2003, Stern et al., 2003). Die Ergebnisse des RCG-Modells dienen als Vorbelastung für ein sich anschließendes Straßenschlucht-Modell.

Ebenfalls durch FE-Vorhaben des Umweltbundesamtes (Ostmann et al., 1996) wurde die Entwicklung des Canyon-Plume-Box-Modell, im folgenden CPB, gefördert. CPB wurde in zahlreichen Forschungsvorhaben validiert und in Gutachten eingesetzt. Mit CPB wird der Einfluss der Emissionen der Straße unter Berücksichtigung der Randbebauung berechnet.

Dieser Kurzbericht ist die Zusammenfassung einer Studie, die von der IVU-Umwelt GmbH gemeinsam mit der Arbeitsgruppe TRUMF am Institut für Meteorologie der Freien Universität im Auftrag des Hessisches Landesamts für Umwelt und Geologie (HLUG) erstellt wurde (IVU, 2005; Stern et al., 2005). Ziel der Untersuchung war die rechnerische Ermittlung der Immissionen in 15 hoch belasteten Straßenräumen im Großraum Wetzlar.

Zusätzlich zu dem Basislauf 2003, einer status-quo-Berechnung, werden drei Emissionsszenarien mit den meteorologischen Daten von 2003 gerechnet:

- 1 Emissionsszenario "ohne Autobahnen" ,
- 2 Emissionsszenario "ohne Buderus-Emissionen" und
- 3 Emissionsszenario "NEC/CLE".

2 Die 15 Straßenräume

Die 15 Straßenräume wurden von den verantwortlichen Behörden vorgegeben. Für die ausgewählten Straßenräume (siehe Abbildung 1 und Tabelle 1) sind die NO₂- und PM₁₀-Immissionen an der Bordsteinkante in 3 m Höhe mit den Modellen zu ermitteln.

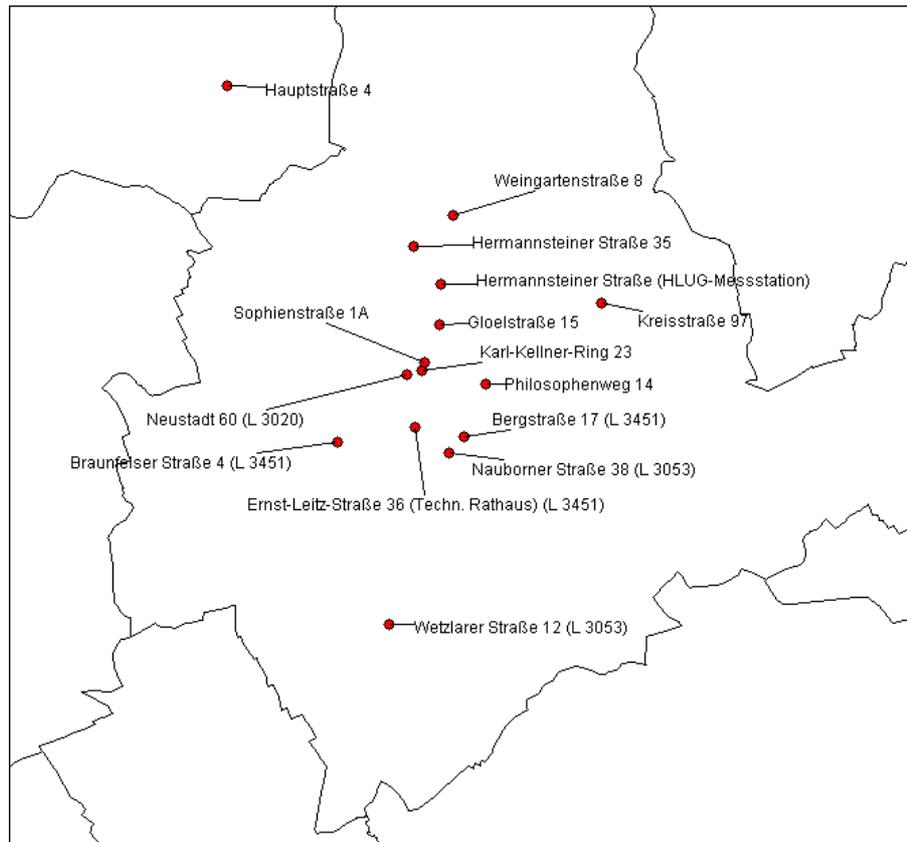


Abbildung 1 Ausgewählte Straßenräume in Wetzlar und den umliegenden Gemeinden

Tabelle 1 Übersicht über die 15 Straßenräume und Ortsteile.

Nr	Straßenname	Ortsteil
1	Neustadt 60 (L 3020)	Neustadt
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn. Rathaus) (L 3451)	Wetzlar
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	Wetzlar
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	Nauborn
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	Wetzlar
6	Bergstraße 17 (L 3451)	Wetzlar
7	Philosophenweg 14	Wetzlar
8	Kreisstraße 97	Garbenheim
9	Gloelstraße 15	Wetzlar
10	Karl-Kellner-Ring 23	Wetzlar
11	Sophienstraße 1A	Wetzlar
12	Hauptstraße 4	Aßlar
13	Hermannsteiner Straße 35	Niedergirmes
14	Weingartenstraße 8	Niedergirmes
15	Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	Niedergirmes

3 Modelle

3.1 Meteorologische Daten

Die von den Modellen benötigten meteorologischen Daten wurden aus meteorologischen Beobachtungen mit dem am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin betriebenen Programmsystem TRAMPER (Tropospheric Realtime Applied Meteorological Procedures for Environmental Research, Reimer und Scherer, 1992) erstellt. Abbildung 2 zeigt die Windrosen über dem Gelände von Wetzlar. Die Information wurde durch Clusterbildung verdichtet. Die kleinen verschiedenen Zahlen von 1 bis 5 geben an, für welchen Bereich die jeweilige Windrose repräsentativ ist.

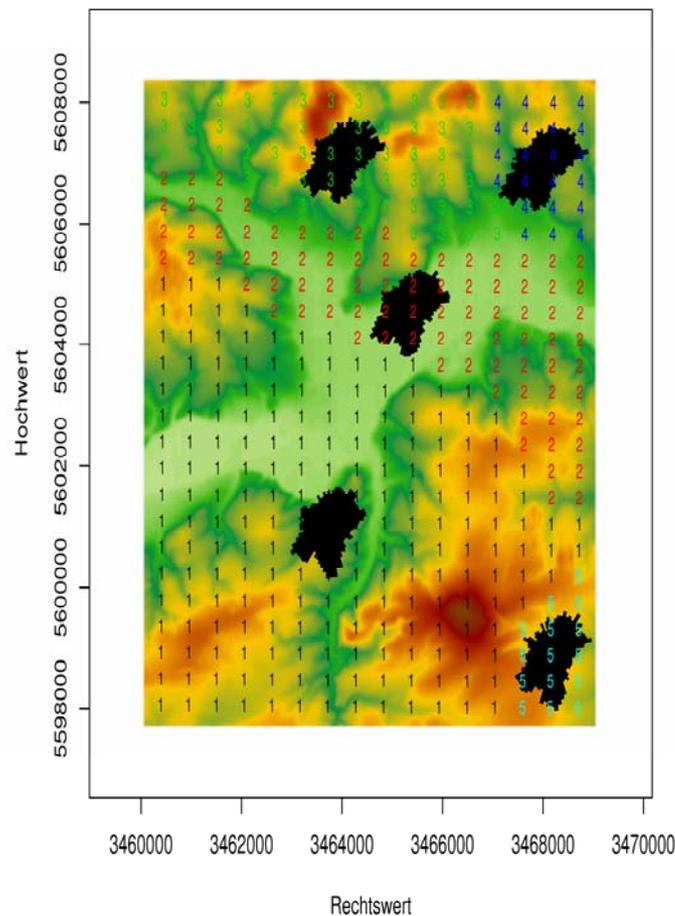


Abbildung 2 Windrosen im Nest3 über dem Gelände von Wetzlar

3.2 Vorbelastungsrechnungen

Die Vorbelastungsrechnungen wurden von Stern et al. (2004) mit dem REM-CALGRID-Modell (RCG) durchgeführt. Das RCG-Modell ist ein chemisches Transportmodell, das die dreidimensionale Ausbreitung und Entfernung von Schadstoffen in der Atmosphäre unter Berücksichtigung der Oxidantien- und Aerosolbildung simuliert (siehe Stern, 2003). Das Modell ist in der Lage, für alle in den EU-Richtlinien definierten Schadstoffe die entsprechenden Beurteilungsgrößen zu berechnen. Die Berechnung erfolgt dabei auf Stundenbasis für das ganze Jahr, so dass auch die in den Richtlinien verlangten Überschreitungshäufigkeiten direkt berechnet werden können. Bei den Aerosolen können neben der Gesamtsumme der Partikel $< 10 \mu\text{m}$ auch die Einzelkomponenten der wichtigsten primären und sekundären Aerosole getrennt ausgewiesen werden.

Das RCG-Modell wurde zunächst auf ein großräumiges Modellgebiet, das ganz Mitteleuropa umfasst, in einem circa $30\text{km} \cdot 30\text{km}$ -Gitter angewandt. Als Emissionsdaten wurden dazu die von der TNO, Niederlande, für Europa erstellten Daten verwendet (Stern, 2003). Die vom Modell benötigten meteorologischen Daten des Modells wurden aus meteorologischen Beobachtungen mit dem am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin betriebenen Programmsystem TRAMPER (Tropospheric Realtime Applied Meteorological Procedures for Environmental Research) erstellt. In das europaweite Gitter ist ein feineres deutschlandweites Gitter eingebettet, das etwa die doppelte Auflösung hat. Das europaweite Gitter liefert die Randbedingungen für das deutschlandweite Gitter.

In das deutschlandweite Modellgebiet ist ein kleinräumiges, urbanes Modellgebiet eingebettet, das den gesamten Großraum Wetzlar in einem $2 \text{ km} \cdot 2 \text{ km}$ -Gitter umfasst. Die deutschlandweite Rechnung liefert die Hintergrundkonzentrationen für die regionale Skala. In das regionale Gitter ist ein urbanes Gitter mit circa 500 Metern Auflösung eingebettet. Wieder liefert das regionale Gitter die Randbedingungen für das urbane Gitter. Die für diese regionale/urbane Ausbreitungsrechnungen benötigten Emissionsdaten wurden aus dem hessischen Emissionskataster 2000 abgeleitet. Die PM₁₀-Emissionen wurden ergänzt um die in dem HLUK-Kataster fehlenden Verursachergruppen "Landwirtschaft" und "sonstige Quellen". Das urbane Gitter liefert dann die Vorbelastungen für die Straßenschluchtrechnungen.

3.3 Straßenschluchtrechnungen

Mit dem Ausbreitungsmodell CPB (Canyon-Plume-Box-Modell) können die verkehrsbedingten Luftschadstoff-Immissionen in einer Straßenschlucht berechnet werden. CPB kann einen weiten Bereich von Straßenschluchtgeometrien behandeln, darunter unterschiedliche Bebauungshöhen auf beiden Seiten, teildurchlässige, "poröse" Bebauung (z.B. offene Parkhäuser) oder gekrümmte Straßen (siehe Yamartino, 1986).

Auch die CPB-Belastung wird stundenfein berechnet. Die meteorologischen Variablen sowie die Vorbelastung liefert das RCG-Modell.

CPB enthält ein Photochemie-Modul, das es erlaubt direkt NO₂-Immissionen zu berechnen. Die erforderlichen Eingangsdaten (stündliche NO-, NO₂- und O₃-

Konzentrationen über dem Straßenraum) stehen als urbane RCG-Modellrechnungen im 0.25 km²-Gitter zur Verfügung.

Die stündlichen Verkehrsemissionen werden für die 15 Straßen mit dem auf den neuen Emissionsfaktoren (INFRAS, 2004) beruhenden Emissionsmodell IMMIS^{em/h} (siehe IMMIS^{luft}, 2004) berechnet.

3.4 Relevanz von Modellrechnungen

Die urbane RCG-Rechnung liefert die Vorbelastungskonzentrationen für die sich anschließenden Straßenschluchtrechnungen. Damit beruhen Hintergrund-, Vor- und Zusatzbelastung komplett auf Modellrechnungen. Dies ist besonders wichtig für die Ursachenanalyse, da die nicht-linearen Zusammenhänge zwischen Emission und Immission unter Berücksichtigung aller relevanten physikalischen und chemischen Prozesse berechnet werden. Insbesondere für die Oxidantien und PM₁₀ ist es nur schwer möglich, das Minderungspotential von Straßenräumen ohne solch eine rechnerische Bestimmung des großräumigen Hintergrunds, der regionalen und urbanen Vorbelastung sowie der Belastung aus der Straße selbst zu quantifizieren.

4 Ergebnisse

4.1 Basislauf

4.1.1 Ergebnisse der Berechnungen

Das Ergebnis der NO₂-Immissionsberechnung im Basislauf zeigt Abbildung 3.

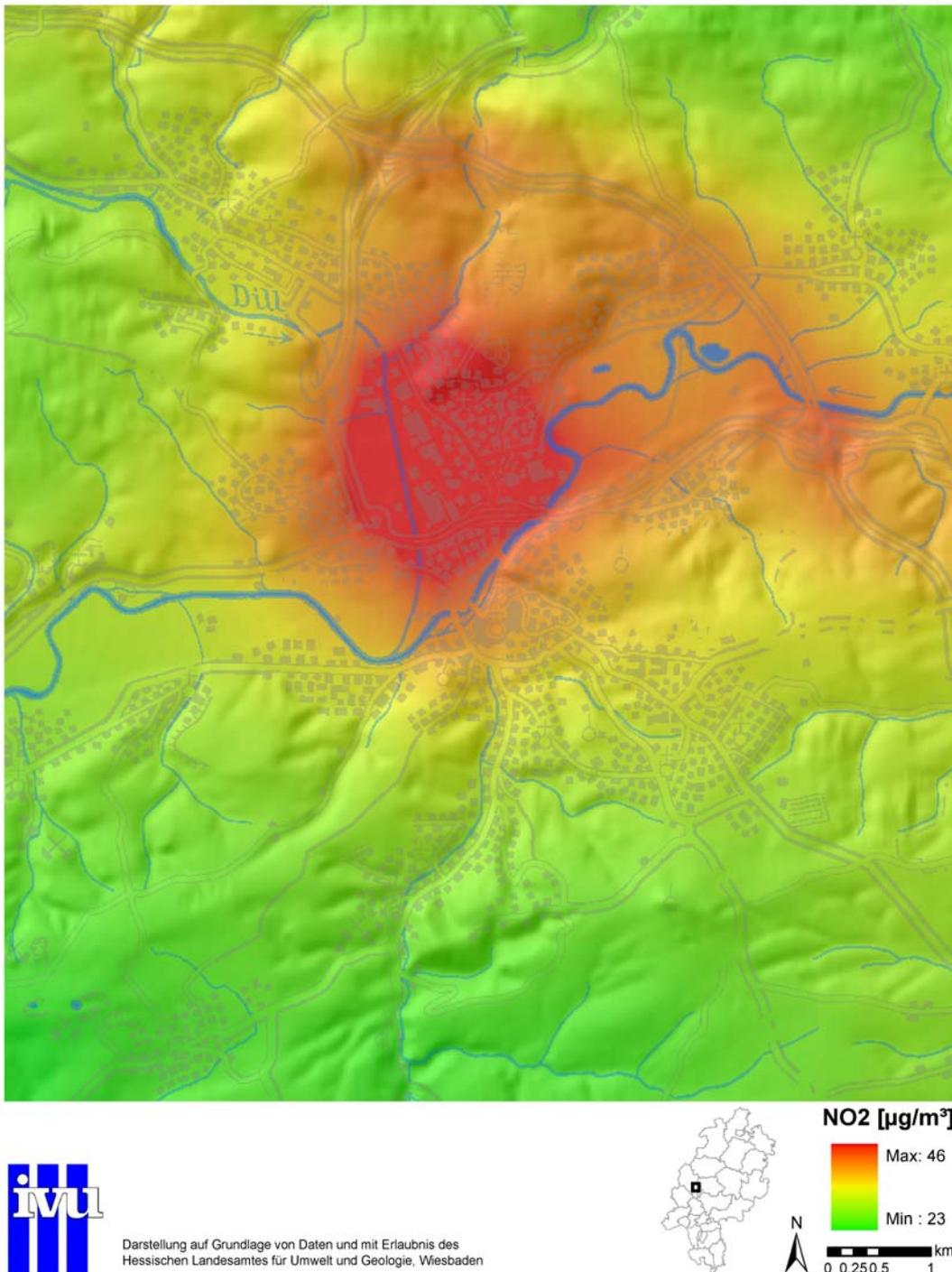
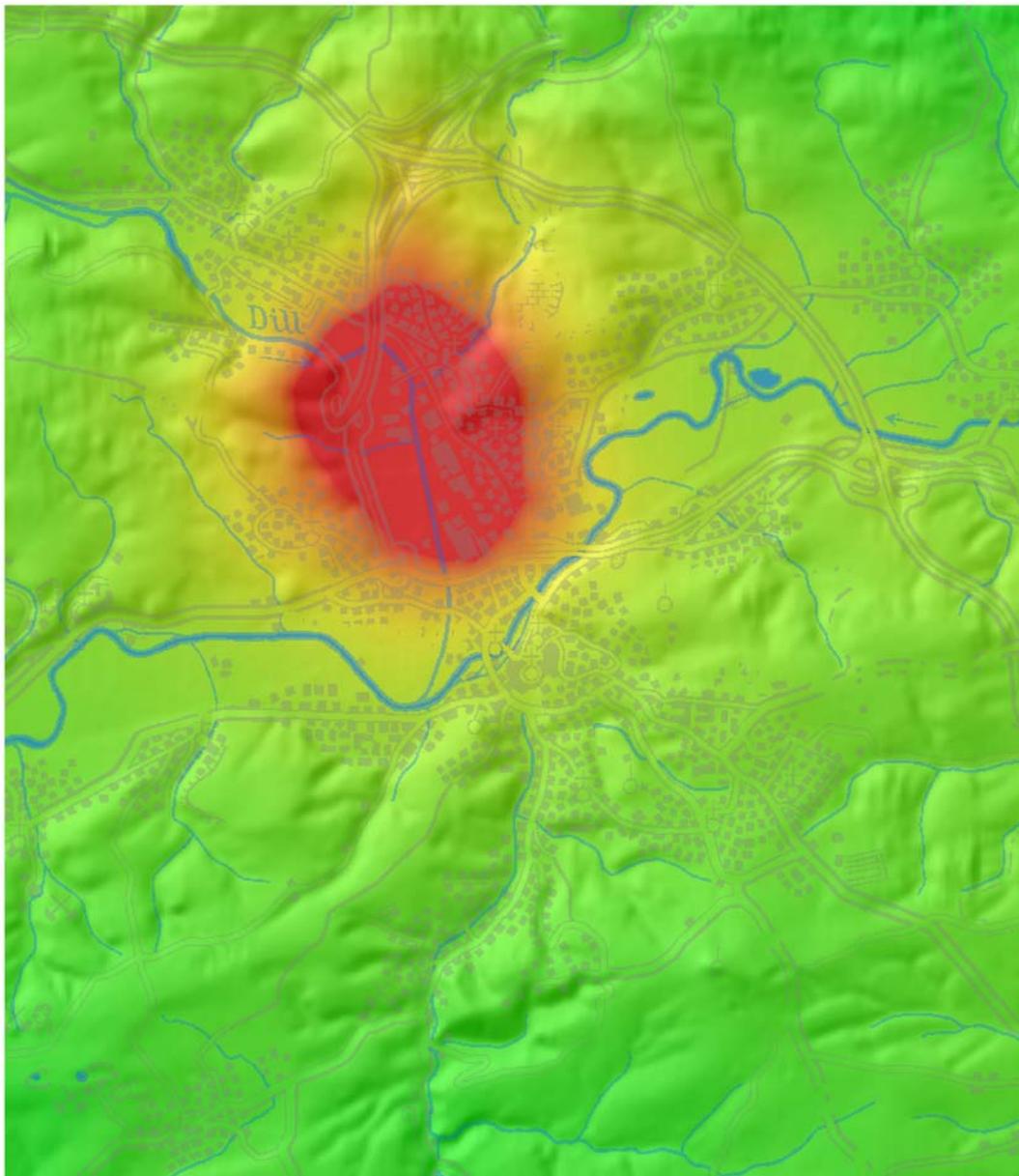


Abbildung 3 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen im Ballungsraum Wetzlar

Das Ergebnis der PM₁₀-Immissionsberechnung im Basislauf zeigt Abbildung 4.



Darstellung auf Grundlage von Daten und mit Erlaubnis des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden

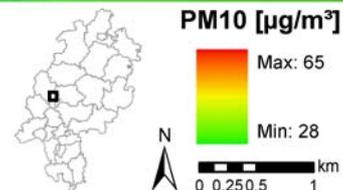


Abbildung 4 Jahresmittelwerte der PM10-Konzentrationen im Ballungsraum Wetzlar

Die Ergebnisse der NO₂ bzw. PM10-Immissionsberechnungen für die 15 Straßenräume zeigen Tabelle 2 und Tabelle 3.

Die Immissionen sind aufgeteilt nach RCG-Vorbelastung, CPB-Zusatzbelastung und Gesamtbelastung in µg/m³ angegeben. Die Anteile beziehen sich auf die Gesamtbelastung und die Verursachergruppen im Nest 3.

Tabelle 2 NO₂-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für den Basislauf. Die Anteile (Kfz inklusive Zusatzbelastung) beziehen sich die Gesamtbelastung im Nest 3.

NO ₂		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung	Anteil Kraft- fahrzeuge	Anteil Hausbrand	Anteil Kraftwerke + Industrie
Straßenraum		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	%	%	%
1	Neustadt 60 (L 3020)	34.02	8.06	42.07	33.67	2.62	12.84
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.	31.98	17.77	49.75	46.76	2.21	8.64
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	28.64	4.93	33.57	26.04	2.68	9.84
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	24.70	9.29	33.99	33.51	1.77	5.59
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	29.44	11.41	40.85	39.48	2.70	6.13
6	Bergstraße 17 (L 3451)	31.37	11.08	42.45	40.21	2.82	7.30
7	Philosophenweg 14	31.04	3.59	34.63	25.99	3.18	9.83
8	Kreisstraße 97	31.01	7.38	38.39	34.86	2.34	7.56
9	Gloelstraße 15	37.50	11.37	48.87	40.45	2.25	12.28
10	Karl-Kellner-Ring 23	34.02	13.41	47.43	41.15	2.32	11.39
11	Sophienstraße 1A	36.73	8.22	44.95	33.66	2.45	15.81
12	Hauptstraße 4	27.71	7.53	35.25	36.13	2.27	5.39
13	Hermannsteiner Straße 35	41.50	10.18	51.68	30.53	1.93	26.12
14	Weingartenstraße 8	34.44	9.18	43.62	35.06	2.29	14.92
15	Hermannsteiner Straße	39.08	2.53	41.61	23.08	2.64	23.08

Tabelle 3 PM10-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für den Basislauf. Die Anteile (Kfz inklusive Zusatzbelastung) beziehen sich die Gesamtbelastung im Nest 3.

PM10		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung	Anteil Kraftfahrzeuge	Anteil Hausbrand + Kleinverbraucher	Anteil Kraftwerke + Industrie
Straßenraum		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	%	%
1	Neustadt 60 (L 3020)	32.74	4.28	37.02	15.63	8.92	0.54
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.)	31.64	9.75	41.38	26.48	6.05	0.48
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	30.90	1.90	32.80	7.93	7.01	0.30
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	28.78	3.50	32.28	12.07	2.79	0.31
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	30.66	5.48	36.14	17.91	4.98	0.83
6	Bergstraße 17 (L 3451)	31.45	5.65	37.10	18.22	5.13	0.27
7	Philosophenweg 14	31.20	1.37	32.57	7.28	6.45	0.61
8	Kreisstraße 97	30.76	2.83	33.59	11.39	5.06	0.59
9	Gloelstraße 15	35.69	7.19	42.89	21.89	12.36	0.47
10	Karl-Kellner-Ring 23	32.74	7.44	40.18	22.27	8.22	0.50
11	Sophienstraße 1A	34.90	4.77	39.67	16.06	12.86	0.25
12	Hauptstraße 4	31.39	3.08	34.47	11.25	8.41	0.29
13	Hermannsteiner Straße 35	46.00	6.97	52.97	15.42	31.72	0.19
14	Weingartenstraße 8	35.97	4.48	40.45	13.78	17.29	0.25
15	Hermannsteiner Straße	37.39	1.57	38.96	8.21	20.00	0.51

4.1.2 Verletzung der Grenzwerte der 22. BImSchV

Die Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM₁₀ der Modellrechnungen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Der NO₂-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird in 10 der 15 Straßen von den Berechnungen überschritten. Der PM₁₀-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird in 5 der 15 Straßen von den Berechnungen überschritten.

Der Stundenmittelwert-Grenzwert für NO₂ von 200 µg/m³ wird in keiner Straße mehr als die erlaubten 18mal überschritten. Der Tagesmittelwert-Grenzwert für PM₁₀ von 50 µg/m³ wird in allen Straßen mehr als die erlaubten 35mal überschritten.

Die Grenzwertüberschreitungen sind in Tabelle 4 farbig (■) hervorgehoben.

Tabelle 4 Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM₁₀ in den Modellrechnungen für den Basislauf.

Nr	Straßenname	Grenzwerte			
		Mittelwert		Überschreitungen	
		NO ₂ >40	PM ₁₀ >40	NO ₂ >18	PM ₁₀ >35
1	Neustadt 60 (L 3020)	ja	nein	nein	ja
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn. Rathaus)	ja	ja	nein	ja
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	nein	nein	nein	ja
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	nein	nein	nein	ja
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	ja	nein	nein	ja
6	Bergstraße 17 (L 3451)	ja	nein	nein	ja
7	Philosophenweg 14	nein	nein	nein	ja
8	Kreisstraße 97	nein	nein	nein	ja
9	Gloelstraße 15	ja	ja	nein	ja
10	Karl-Kellner-Ring 23	ja	ja	nein	ja
11	Sophienstraße 1A	ja	nein	nein	ja
12	Hauptstraße 4	nein	nein	nein	Ja
13	Hermannsteiner Straße 35	ja	ja	nein	ja
14	Weingartenstraße 8	ja	ja	nein	ja
15	Hermannsteiner Straße (HLUG-Station)	ja	nein	nein	ja
Überschreitungen in Straßen		10	5	0	15

4.1.3 Vergleich mit Messung

In einer der 15 Straßen befindet sich eine Messstellen des HLUG:

- Wetzlar, Hermannsteiner Straße (Straße 15 in den Straßenlisten).

In dieser Straße kann man die Messungen zum Vergleich mit den RCG/CPB-Berechnungen heranziehen. Dieser Vergleich kann nur für den Basislauf durchgeführt werden, nicht aber für die Emissionsszenarien.

Die Modellergebnisse liegen innerhalb der von den EU-Richtlinien verlangten Genauigkeit von 30% für die NO₂-Jahresmittelwerte und 50% für die PM₁₀-Jahresmittelwerte. Die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung kann damit als gut bezeichnet werden. Dies gilt insbesondere unter Berücksichtigung der Tatsache, dass in die Modellierung an keiner Stelle eine Immissionsmes-

sung – etwa als Vorbelastungsmessung - eingeht, sondern die Berechnung von der Emission über Transmission bis zu der Immission durchgehend auf Modellen beruht.

Tabelle 5 Jahresmittelwerte der Modellrechnungen und der Messungen im Jahr 2003 für den Basislauf.

Nr	Straßenname	NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
		Messung		Rechnung	
15	Hermannsteiner Straße (HLUG-Station)	39.39	40.48	41.61	38.96

Der Jahresmittelwert der NO₂-Messung liegt bei der Rechnung über dem 22. BImSchV-Grenzwert (40 µg/m³), die Messung liegt knapp darunter. Mehr als 18 Stundenmittelwertüberschreitung (200 µg/m³) treten weder in den Messungen noch in den Rechnungen auf.

Der Jahresmittelwert der PM10-Messung liegt bei der Rechnung unter dem 22. BImSchV-Grenzwert (40 µg/m³), bei der Messung knapp darüber. Mehr als 35 Tagesmittelwertüberschreitung (50 µg/m³) treten in den Messungen (97 mal) und in den Rechnungen (77 mal) auf.

4.2 Ohne Autobahnen

4.2.1 Ergebnisse der Berechnungen

Die Ergebnisse der NO₂ bzw. PM10-Immissionsberechnungen für die 15 Straßenräume zeigen Tabelle 6 und Tabelle 7.

Die Immissionen sind aufgeteilt nach RCG-Vorbelastung, CPB-Zusatzbelastung und Gesamtbelastung in µg/m³ angegeben.

Tabelle 6 NO₂-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für Straßenräumen für das Emissionsszenario "ohne Autobahnen".

NO ₂		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung
Straßenraum		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1	Neustadt 60 (L 3020)	31.35	8.36	39.72
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.	29.71	18.20	47.90
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	26.70	5.07	31.76
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	23.64	9.41	33.04
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	27.38	11.63	39.02
6	Bergstraße 17 (L 3451)	28.92	11.36	40.28
7	Philosophenweg 14	28.02	3.79	31.82
8	Kreisstraße 97	26.51	8.16	34.67
9	Gloelstraße 15	32.08	13.15	45.22
10	Karl-Kellner-Ring 23	31.35	13.94	45.29
11	Sophienstraße 1A	33.13	8.85	41.98
12	Hauptstraße 4	23.21	8.20	31.41
13	Hermannsteiner Straße 35	37.81	10.44	48.25
14	Weingartenstraße 8	30.11	9.72	39.82
15	Hermannsteiner Straße	34.55	2.74	37.29

Tabelle 7 PM10-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für Straßenräumen für das Emissions-szenario "ohne Autobahnen".

PM10		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung
Straßenraum		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	Neustadt 60 (L 3020)	32.19	4.28	36.47
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.)	31.20	9.75	40.95
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	30.57	1.90	32.47
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	28.61	3.50	32.12
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	30.32	5.48	35.80
6	Bergstraße 17 (L 3451)	31.03	5.65	36.68
7	Philosophenweg 14	30.69	1.37	32.06
8	Kreisstraße 97	30.05	2.83	32.88
9	Gloelstraße 15	34.23	7.19	41.43
10	Karl-Kellner-Ring 23	32.19	7.44	39.63
11	Sophienstraße 1A	33.93	4.77	38.71
12	Hauptstraße 4	30.70	3.08	33.78
13	Hermannsteiner Straße 35	45.27	6.97	52.24
14	Weingartenstraße 8	35.27	4.48	39.75
15	Hermannsteiner Straße	36.49	1.57	38.06

4.2.2 Verletzung der Grenzwerte der 22. BImSchV

Die Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM₁₀ der Modellrechnungen sind in der Tabelle 8 für das Emissionsszenario "ohne Autobahnen" dargestellt.

Der NO₂-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird in 6 der 15 Straßen von den Berechnungen überschritten. Der PM₁₀-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird in 3 der 15 Straßen von den Berechnungen überschritten.

Der Stundenmittelwert-Grenzwert für NO₂ von 200 µg/m³ wird in keiner Straße mehr als die erlaubten 18mal überschritten. Der Tagesmittelwert-Grenzwert für PM₁₀ von 50 µg/m³ in allen Straßen mehr als die erlaubten 35mal überschritten.

Die Grenzwertüberschreitungen sind in Tabelle 8 farbig (■) hervorgehoben.

Tabelle 8 Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM₁₀ in den Modellrechnungen für das Emissionsszenario "ohne Autobahnen".

Nr	Straßenname	Grenzwerte			
		Mittelwert		Überschreitungen	
		NO ₂ >40	PM ₁₀ >40	NO ₂ >18	PM ₁₀ >35
1	Neustadt 60 (L 3020)	nein	nein	nein	ja
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn. Rathaus)	ja	ja	nein	ja
3	Braunfelder Straße 4 (L 3451)	nein	nein	nein	ja
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	nein	nein	nein	ja
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	nein	nein	nein	ja
6	Bergstraße 17 (L 3451)	ja	nein	nein	ja
7	Philosophenweg 14	nein	nein	nein	ja
8	Kreisstraße 97	nein	nein	nein	ja
9	Gloelstraße 15	ja	ja	nein	ja
10	Karl-Kellner-Ring 23	ja	nein	nein	ja
11	Sophienstraße 1A	ja	nein	nein	ja
12	Hauptstraße 4	nein	nein	nein	Ja
13	Hermannsteiner Straße 35	ja	ja	nein	ja
14	Weingartenstraße 8	nein	nein	nein	ja
15	Hermannsteiner Straße (HLUG-Station)	nein	nein	nein	ja
Überschreitungen in Straßen		6	3	0	15

4.3 Ohne Buderus-Emissionen

4.3.1 Ergebnisse der Berechnungen

In diesem Szenario wurden alle Emissionsquellen der Fa. Buderus auf Null gesetzt.

Die Ergebnisse der NO₂ bzw. PM10-Immissionsberechnungen für die 15 Straßenräume zeigen Tabelle 9 und Tabelle 10.

Die Immissionen sind aufgeteilt nach RCG-Vorbelastung, CPB-Zusatzbelastung und Gesamtbelastung in µg/m³ angegeben.

Tabelle 9 NO₂-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für Straßenräumen für das Emissionsszenario "Ohne Buderus-Emissionen".

NO ₂		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung
Straßenraum		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1	Neustadt 60 (L 3020)	28.68	8.71	37.39
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.)	27.76	18.75	46.50
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	25.38	5.18	30.56
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	22.83	9.56	32.39
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	26.91	11.82	38.73
6	Bergstraße 17 (L 3451)	28.36	11.60	39.96
7	Philosophenweg 14	27.68	3.81	31.48
8	Kreisstraße 97	28.17	7.73	35.90
9	Gloelstraße 15	31.50	12.62	44.12
10	Karl-Kellner-Ring 23	28.68	14.53	43.21
11	Sophienstraße 1A	29.59	9.32	38.91
12	Hauptstraße 4	25.80	7.77	33.57
13	Hermannsteiner Straße 35	28.04	15.27	43.32
14	Weingartenstraße 8	27.96	10.42	38.38
15	Hermannsteiner Straße	29.56	3.11	32.66

Tabelle 10 PM10-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für Straßenräumen für das Emissionszenario "Ohne Buderus-Emissionen".

PM10		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung
Straßenraum		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	Neustadt 60 (L 3020)	29.54	4.28	33.82
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.)	29.27	9.75	39.01
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	28.58	1.90	30.48
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	27.97	3.50	31.48
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	29.05	5.48	34.53
6	Bergstraße 17 (L 3451)	29.47	5.65	35.12
7	Philosophenweg 14	29.17	1.37	30.55
8	Kreisstraße 97	29.13	2.83	31.96
9	Gloelstraße 15	30.49	7.19	37.68
10	Karl-Kellner-Ring 23	29.54	7.44	36.98
11	Sophienstraße 1A	29.78	4.77	34.55
12	Hauptstraße 4	28.55	3.08	31.63
13	Hermannsteiner Straße 35	29.24	6.97	36.21
14	Weingartenstraße 8	29.07	4.48	33.55
15	Hermannsteiner Straße	29.76	1.57	31.33

4.3.2 Verletzung der Grenzwerte der 22. BImSchV

Die Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM10 der Modellrechnungen sind in Tabelle 11 für das Emissionsszenario "Ohne Buderus-Emissionen" dargestellt.

Der NO₂-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird in 4 der 15 Straßen von den Berechnungen überschritten. Der PM10-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird keiner Straße von den Berechnungen überschritten.

Der Stundenmittelwert-Grenzwert für NO₂ von 200 µg/m³ wird in keiner Straße mehr als die erlaubten 18mal überschritten. Der Tagesmittelwert-Grenzwert für PM10 von 50 µg/m³ wird in allen Straßen mehr als die erlaubten 35mal überschritten.

Die Grenzwertüberschreitungen sind in Tabelle 11 farbig (■) hervorgehoben.

Tabelle 11 Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM10 in den Modellrechnungen für das Emissionsszenario "Ohne Buderus-Emissionen".

Nr	Straßenname	Grenzwerte			
		Mittelwert		Überschreitungen	
		NO ₂ >40	PM10>40	NO ₂ >18	PM10>35
1	Neustadt 60 (L 3020)	nein	nein	nein	ja
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn. Rathaus)	ja	nein	nein	ja
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	nein	nein	nein	ja
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	nein	nein	nein	ja
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	nein	nein	nein	ja
6	Bergstraße 17 (L 3451)	nein	nein	nein	ja
7	Philosophenweg 14	nein	nein	nein	ja
8	Kreisstraße 97	nein	nein	nein	ja
9	Gloelstraße 15	ja	nein	nein	ja
10	Karl-Kellner-Ring 23	ja	nein	nein	ja
11	Sophienstraße 1A	nein	nein	nein	ja
12	Hauptstraße 4	nein	nein	nein	ja
13	Hermannsteiner Straße 35	ja	nein	nein	ja
14	Weingartenstraße 8	nein	nein	nein	ja
15	Hermannsteiner Straße (HLUG-Station)	nein	nein	nein	ja
Überschreitungen in Straßen		4	0	0	15

4.4 NEC/CLE

4.4.1 Ergebnisse der Berechnungen

Weiterhin wurde ein Szenario-Lauf unter den angenommenen Emissionsbedingungen für 2010 durchgeführt. Grundlage der Emissionsabschätzung 2010 bildet das so genannte CLE-Szenario (**C**urrent **L**egislation **E**mission, IIASA, 2004), das die Umsetzung bereits heute festgeschriebener Maßnahmen für das Jahr 2010 betrachtet.

Diese Angaben wurden für Deutschland zusätzlich pauschal auf die nationalen Emissionshöchstmengen der NEC-Richtlinie (**N**ational **E**mission **C**eilings, EU 2000) gesetzt, unter Beibehaltung der durch das CLE-Szenario vorgegebenen Emissionsstruktur.

Die Tabelle 12 zeigt die sich aus dem CLE-Szenario für Deutschland ergebenden prozentuale Emissionsänderungen.

	NOX	PM25	PM10
Änderung 2000-2010 %	-28.6	-20.3	-14.3

Tabelle 12: Änderung der deutschen Emissionen 2000 bis zum Jahr 2010 (CLE-Szenario) in %, bezogen auf 2000.

Die Ergebnisse der NO₂ bzw. PM10-Immissionsberechnungen für die 15 Straßenräume zeigen Tabelle 13 und Tabelle 14.

Die Immissionen sind aufgeteilt nach RCG-Vorbelastung, CPB-Zusatzbelastung und Gesamtbelastung in µg/m³ angegeben.

Tabelle 13 NO₂-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für Straßenräumen für das Emissionsszenario "NEC/CLE".

NO ₂		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung
Straßenraum		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1	Neustadt 60 (L 3020)	26.57	6.17	32.74
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.)	24.78	14.17	38.95
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	21.92	3.60	25.51
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	18.57	6.65	25.22
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	22.46	8.69	31.14
6	Bergstraße 17 (L 3451)	24.02	8.39	32.41
7	Philosophenweg 14	23.85	2.63	26.48
8	Kreisstraße 97	23.63	5.46	29.09
9	Gloelstraße 15	29.24	8.80	38.04
10	Karl-Kellner-Ring 23	26.57	10.43	37.01
11	Sophienstraße 1A	28.98	6.33	35.31
12	Hauptstraße 4	21.00	5.36	26.36
13	Hermannsteiner Straße 35	33.87	7.49	41.35
14	Weingartenstraße 8	27.14	6.74	33.88
15	Hermannsteiner Straße	31.02	1.93	32.95

Tabelle 14 PM10-Jahresmittelwerte der Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen für Straßenräumen für das Emissions-szenario "NEC/CLE".

PM10		Vorbelastung (RCG)	Zusatzbelastung (CPB)	Gesamtbelastung
Straßenraum		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	Neustadt 60 (L 3020)	27.76	3.34	31.09
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn.	26.79	7.60	34.39
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	26.25	1.48	27.73
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	24.35	2.73	27.08
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	25.90	4.27	30.18
6	Bergstraße 17 (L 3451)	26.56	4.41	30.97
7	Philosophenweg 14	26.36	1.07	27.43
8	Kreisstraße 97	25.94	2.21	28.15
9	Gloelstraße 15	30.31	5.61	35.93
10	Karl-Kellner-Ring 23	27.76	5.80	33.56
11	Sophienstraße 1A	29.69	3.72	33.41
12	Hauptstraße 4	26.70	2.40	29.10
13	Hermannsteiner Straße 35	39.94	5.43	45.37
14	Weingartenstraße 8	30.74	3.49	34.24
15	Hermannsteiner Straße	31.97	1.22	33.19

4.4.2 Verletzung der Grenzwerte der 22. BImSchV

Die Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM10 der Modellrechnungen sind in Tabelle 15 für das Emissionsszenario "NEC/CLE" dargestellt.

Der NO₂-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird in 1 der 15 Straßen von den Berechnungen überschritten. Der PM10-Jahresmittelwert-Grenzwert von 40 µg/m³ wird 1 der 15 Strassen von den Berechnungen überschritten.

Der Stundenmittelwert-Grenzwert für NO₂ von 200 µg/m³ wird in keiner Straße mehr als die erlaubten 18mal überschritten. Der Tagesmittelwert-Grenzwert für PM10 von 50 µg/m³ wird in 8 der 15 Straßen mehr als die erlaubten 35mal überschritten.

Die Grenzwertüberschreitungen sind in Tabelle 11 farbig (■) hervorgehoben.

Tabelle 15 Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM10 in den Modellrechnungen für das Emissionsszenario "NEC/CLE".

Nr	Straßenname	Grenzwerte			
		Mittelwert		Überschreitungen	
		NO ₂ >40	PM10>40	NO ₂ >18	PM10>35
1	Neustadt 60 (L 3020)	nein	nein	nein	ja
2	Ernst-Leitz-Straße 36 (Techn. Rathaus)	nein	nein	nein	ja
3	Braunfelser Straße 4 (L 3451)	nein	nein	nein	nein
4	Wetzlarer Straße 12 (L 3053)	nein	nein	nein	nein
5	Nauborner Straße 38 (L 3053)	nein	nein	nein	nein
6	Bergstraße 17 (L 3451)	nein	nein	nein	nein
7	Philosophenweg 14	nein	nein	nein	nein
8	Kreisstraße 97	nein	nein	nein	nein
9	Gloelstraße 15	nein	nein	nein	ja
10	Karl-Kellner-Ring 23	nein	nein	nein	ja
11	Sophienstraße 1A	nein	nein	nein	ja
12	Hauptstraße 4	nein	nein	nein	nein
13	Hermannsteiner Straße 35	ja	ja	nein	ja
14	Weingartenstraße 8	nein	nein	nein	ja
15	Hermannsteiner Straße (HLUG-Station)	nein	nein	nein	ja
Überschreitungen in Straßen		1	1	0	8

5 Schlussfolgerungen

Die beiden Emissionsszenarien "ohne Autobahnen" und "ohne Buderus Emissionen" im Nest 3, von denen beide ausschließlich Auswirkungen auf den städtischen Beitrag zur Vorbelastung hat, führen zu einer Verringerung der Immissionsbelastung in den Straßenräumen (siehe Tabelle 16). Insbesondere die Rechnung ohne Buderus-Emissionen führt erwartungsgemäß zu einer deutlichen Abnahme der für den Ist-Zustand berechneten Grenzwertverletzungen besonders in der Nähe von Buderus. Die geringste Anzahl von Grenzwertverletzungen ergibt sich unter den Emissionsbedingungen des NEC/CLE-Szenarios. Insbesondere die Anzahl der Verletzungen des PM10-Kurzzeitgrenzwertes gehen stark zurück, da der großräumige Charakter des NEC/CLE-Szenarios auch zu einer Verringerung der sekundären Aerosole führt, die einen großen Anteil an der PM10-Gesamtkonzentration haben. Dies weist darauf hin, dass die Kombination von lokalen mit überregionalen Emissionskontrollen die beste Maßnahme zur Senkung der Immissionen ist.

Tabelle 16 Anzahl der Straßenräume mit Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV für NO₂ und PM10

Nr	Szenarien	Grenzwerte			
		Mittelwert		Überschreitungen	
		NO ₂ >40	PM10>40	NO ₂ >18	PM10>35
1	Ist-Zustand	10	5	0	15
2	ohne Autobahn"	6	3	0	15
3	ohne Buderus-Emissionen	4	0	0	15
4	NEC/CLE-Szenario	1	1	0	8

6 Literatur

- EU (1996): Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27.9.1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 296/55 vom 21.11. 1996
- EU (2000): Amtsblatt der EU C375/1 vom 28.12. 2000
- IIASA (2004): The "Current Legislation" and the "Maximum Feasible Reduction" cases for the CAFE baseline emission projections, CAFE Scenario Analysis Report Nr. 2
- IMMIS^{luft}, 2004: Handbuch zu IMMIS^{luft}, IVU Umwelt GmbH, siehe www.IVU-Umwelt.de
- INFRAS, 2004: HBEFA Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1. Im Auftrag der UBA Berlin / BUWAL Bern / UBA Wien; Februar 2004
- IVU, 2004: Ausbreitungsrechnungen mit dem Canyon-Plume-Box-Modell als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Rhein-Main. Bericht von IVU Umwelt GmbH für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie.
- Ostmann, C., Stern, R., Wiegand, G. (1996). Canyon Plume Box Modell, Version 3, Release 8, Handbuch. IVU Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umweltplanung mbH. Abschlussbericht zum FE-Vorhaben 104 02 811 des Umweltbundesamts, Berlin.
- Reimer E. und Scherer B. (1992). An operational meteorological diagnostic system for regional air pollution analysis and long-term modeling. Air Poll. Modelling and its Applications IX. Plenum Press
- Stern, R. (2003). Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 298 41 252 des Umweltbundesamts „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“.
- Stern, R., Kerschbaumer, A., Fath, J., (2003). Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID auf die Region Berlin-Brandenburg. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 29943 246 auf dem Gebiet des Umweltschutzes „Entwicklung eines Modellsystems für das Zusammenspiel von Messung und Rechnung für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität“.
- Stern, R., Kerschbaumer, A., Reimer, E. (2005). Ausbreitungsrechnungen mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Wetzlar. Berichtsentwurf der Arbeitsgruppe TRUMF am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie im Unterauftrag der IVU Umwelt GmbH.
- Visscherdijk, A. und Van der Gon, D. (2005) Gridded European anthropogenic emission data for NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, CO, PM₁₀, PM_{2.5} and CH₄ for the year 2000. TNO-report B&O-A R 2005/106
- Yamartino, R. J., Wiegand, G. (1986): Development and Evaluation of Simple Models for the Flow, Turbulence and Pollutant Concentration Fields within an Urban Street Canyon Atmospheric Environment Vol.20, No.11, pp 2137-2156; 1986



Abschlussbericht

Ausbreitungsrechnungen mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID als Beitrag zur Ursachenanalyse im Lahn-Dill Gebiet

für

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Postfach 3209
Rheingaustraße 186
D-65022 Wiesbaden

Im Unterauftrag von

IVU Umwelt GmbH
Burgweg 10 · D-79350 Sexau

Rainer Stern
Andreas Kerschbaumer
Eberhard Reimer

Arbeitsgruppe TRUMF
Troposphärische Umweltforschung
Institut für Meteorologie
Freie Universität Berlin
Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10

Dezember 2005

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	4
2 Untersuchungsgebiet und Datenaufbereitung für REM-CALGRID	7
2.1 <i>Großräumiges und überregionales Modellgebiet</i>	7
2.2 <i>Regionales und urbanes Modellgebiet</i>	8
2.3 <i>Topographie und Landnutzungsdatenbasis</i>	10
2.4 <i>Meteorologische Daten.....</i>	13
2.4.1 <i>Dreidimensionale großräumige meteorologische Analyse</i>	13
2.4.2 <i>Adaptation an die feine Auflösung</i>	14
2.5 <i>Emissionsdaten</i>	15
2.5.1 <i>Basisemissionen.....</i>	15
2.5.2 <i>Szenarienemissionen.....</i>	25
3 Ergebnisse der Basisläufe 2004	27
3.1 <i>Überblick</i>	27
3.2 <i>Flächendarstellungen</i>	29
3.3 <i>Vergleich mit Messungen.....</i>	32
3.4 <i>Herkunftsanalyse</i>	35
4 Die Emissionsszenarien	46
4.1 <i>Keine Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3</i>	47
4.2 <i>Kein Kfz-Verkehr im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3</i>	50
4.3 <i>Keine Industrie im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3</i>	53
4.4 <i>Kein Hausbrand im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3.....</i>	56
4.5 <i>Beitrag der Quellgruppen zur Vorbelastung der 15 Straßenräume</i>	59
4.6 <i>Keine Emissionen der Bundesautobahnen und Bundesstraßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3.....</i>	64
4.7 <i>Keine Emissionen der Fa. Buderus im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3</i>	68
4.8 <i>Das CLE/NEC-Szenario</i>	73
5 Zusammenfassung	78

6 Literatur	80
7 Abbildungsverzeichnis	82
8 Tabellenverzeichnis	84
9 Anhang : Kurzbeschreibung des REM-CALGRID-Modells.....	86

1 Einführung

Dieser Bericht beschreibt die Anwendung des chemischen Transportmodells REM-CALGRID auf die Region Lahn-Dill. Das Modell wurde eingesetzt, um für das Bezugsjahr 2003 für eine Reihe von Straßen im Stadtgebiet von Wetzlar die zur Anwendung eines Straßenschluchtmodells notwendigen Vorbelastungskonzentrationen von NO, NO₂, PM10 und Ozon zu liefern.

Im Lahn-Dill-Gebiet (Wetzlar) wurde im Jahr 2003 an einer Messstation der Kurzzeitgrenzwert für PM10 überschritten (siehe Lufthygienischer Jahresbericht 2003, HLUG). Nach Artikel 8 der EU-Rahmenrichtlinie 96/62/EG (EU-RRL) zur Luftqualität (EU, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 1996) müssen für Gebiete, in denen Grenzwerte überschritten werden, Luftreinhaltepläne erarbeitet werden, aufgrund derer die betreffenden Grenzwerte zukünftig eingehalten werden können. In der EU-RRL sind dazu neben Messungen erstmalig auch Modellrechnungen zur Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität vorgesehen. Im Rahmen des vom Umweltbundesamt an die FU Berlin vergebenen FE-Vorhabens 29841252 „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“ und des FE-Vorhabens 29943246 „Entwicklung eines Modellsystems für das Zusammenspiel von Messung und Rechnung für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität“ wurde ein Modellinstrumentarium entwickelt, das den in der EU-RRL definierten Anforderungen an die Ausbreitungsrechnung genügt. Kern des Systems ist das chemische Transportmodell REM-CALGRID (RCG), das für die vorliegende Studie eingesetzt wurde. Dieses Instrumentarium wurde bereits zur Ursachenanalyse in den Ballungsräumen Rhein-Main und Kassel eingesetzt (IVU und TRUMF, 2004, 2005).

Nach der EU-Rahmenrichtlinie müssen Ausbreitungsrechnungen zur flächendeckenden Bestimmung der Luftqualität die folgenden vier Raumskalen abdecken:

- europaweit,
- großräumig (national)
- regional (Ballungsraum)
- lokal/städtisch (Stadtquartier, Straßenschlucht).

Das im Auftrag des Umweltbundesamt entwickelte Modellsystem ermöglicht es, die in den EU-Richtlinien definierten Luftqualitätswerte zu bestimmen. Betrachtet werden die Schadstoffe SO₂, NO_x, Benzol, Ozon, PM10 und CO. Gerechnet wird in stündlicher Auflösung für das ganze Jahr.

Das Modellsystem enthält für die hiesige Fragestellung folgende Ausbreitungsmodelle:

- Das dreidimensionale photochemische Transportmodell REM/CALGRID (RCG). Die Entwicklung dieses Modells und die Anwendung in der großräumigen Skala sind in Stern (2003a) beschrieben. REM/CALGRID wird zur Bestimmung der Luftqualität in der europaweiten und der nationalen Raumskala in einer Auflösung von ca. 30x30 km² und in der urbanen Raumskala (Ballungsgebiet) bis zu einer Auflösung von ca. 1x1 km² verwendet. Die aus dem großräumigen Modell berechnete Hintergrundbelastung wird als Randbedingung für die urbane Skala verwendet („one-way-nesting“).
- Das Canyon-Plume-Box-Modell (CPB). Das CPB-Modell (Ostmann et al., 1996; Yamartino und Wiegand, 1986) ist ein 2-dimensionales analytisch-empirisches Modell,

mit dem die Luftschadstoffimmissionen in einer Straßenschlucht berechnet werden können. Die Vorbelastung wird dazu von den urbanen Ausbreitungsrechnungen bereit gestellt („one-way-nesting“).

Der vorliegende Bericht beschreibt die Anwendung des RCG-Modells auf das Gebiet Lahn-Dill mit Schwerpunkt Wetzlar. Die für 15 Straßen im Großraum Wetzlar berechneten Vorbelastungskonzentrationen wurden in Form von Zeitreihen an das Canyon-Plume-Box-Modell übergeben. Die Anwendung des CPB-Modells zur Ermittlung der Zusatzbelastung im eigentlichen Straßenraum wurde dann von der IVU-Umwelt GmbH durchgeführt.

Die RCG-Anwendung erfolgte in 4 Gebieten mit ansteigender horizontaler Auflösung:

- Europa (Nest 0),
- Deutschland (Nest 1),
- Großraum Lahn-Dill einschließlich Giessen (Nest 2),
- Stadtgebiet Wetzlar und Umgebung (Nest 3)

Die europaweite Rechnung liefert die Hintergrundkonzentrationen für die deutschlandweite Rechnung. Diese überregionale Rechnung liefert den Hintergrund für die regionalen Rechnungen im Großraum Lahn-Dill plus Umgebung. Die Ergebnisse der regionalen Rechnung gehen über die Randbedingungen in die urbane Rechnung für das Stadtgebiet von Wetzlar ein, deren Ergebnisse dann als Vorbelastungskonzentrationen für die Straßenschluchtrechnungen benutzt werden. Die Vorbelastung beruht damit komplett auf Modellrechnungen. Dies ist besonders wichtig für die Ursachenanalyse, da die nicht-linearen Zusammenhänge zwischen Emission und Immission unter Berücksichtigung aller relevanten physikalischen und chemischen Prozesse berechnet werden. Insbesondere für Ozon und PM10 ist es nicht möglich, das Minderungspotential einer Region ohne solch eine rechnerische Bestimmung des großräumigen Hintergrunds sowie der regionalen Vorbelastung zu quantifizieren.

Neben der Bereitstellung der Vorbelastungskonzentrationen für das Jahr 2003 wurden zur Ursachenanalyse eine Reihe grundlegender Emissionsszenarien auf ihre immissionsseitigen Auswirkungen im Raum Wetzlar untersucht. Im Nest 3 wurden dazu folgende Szenarien berechnet:

- Keine Emissionen
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Hausbrand
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Straßenverkehr
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Industrie und Kraftwerke
- Keine Autobahn- und keine Bundesstraßenemissionen
- Keine Emissionen der Buderus-Werke

Neben diesen lokalen Szenarien wurden Szenarienrechnungen zur zukünftigen Emissionsentwicklung bis 2010 durchgeführt.

Aus der oben beschriebenen Vorgehensweise ergaben sich für die Anwendung des RCG-Modells folgende Arbeiten:

1. Durchführung des Basislaufs (Meteorologisches Bezugsjahr 2003) in der europäischen Skala (Nest 0) und Bereitstellung der Randbedingungen für die deutschland-

weite Skala.

2. Durchführung des Basislaufs 2003 in der deutschlandweiten Skala (Nest 1) und Bereitstellung der Randbedingungen für die regionale Skala.
3. Erstellung der meteorologischen, topographischen und physikalischen Eingangsdaten für die regionale Skala (Nest 2: Großraum Lahn-Dill und Umgebung) und die urbane Skala (Nest 3: Großraum Wetzlar), Bezugsjahr 2003.
4. Durchführung des Basislaufs 2003 in der regionalen Skala (Großraum Lahn-Dill plus Umgebung) und Bereitstellung der Randbedingungen für die urbane Skala.
5. Durchführung des Basislaufs in der urbanen Skala (Großraum Wetzlar) und Bereitstellung der Hintergrundkonzentrationen für die Straßenschluchtberechnungen.
6. Durchführung und Auswertung der lokalen Emissionsszenarien.

Arbeiten zum Emissionsszenario CLE2010/NEC:

1. Durchführung des Szenariolaufs mit der Meteorologie 2003 unter den Emissionsbedingungen des CLE-Szenarios 2010 in der europäischen Skala und Bereitstellung der Randbedingungen für die deutschlandweite Skala.
2. Durchführung des Szenariolaufs mit der Meteorologie 2003 unter den Emissionsbedingungen des CLE-Szenarios 2010 (normiert auf die NEC-Werte) in der deutschlandweiten Skala und Bereitstellung der Randbedingungen für das Nest 2 (Großraum Lahn-Dill).
3. Erstellen der Emissionsdatenbasis Lahn-Dill für die Bedingungen des CLE-Szenarios 2010 (normiert auf die NEC-Werte) unter Verwendung von Änderungsraten, die aus der geräumigen Datenbasis abgeleitet wurden.
4. Durchführung des Szenariolaufs mit der Meteorologie 2003 unter den Emissionsbedingungen des CLE-Szenarios 2010 für das Nest 2 (Großraum Lahn-Dill) und Bereitstellung der Randbedingungen für das Nest 3 (Großraum Wetzlar).
5. Durchführung des Szenariolaufs mit der Meteorologie 2003 unter den Emissionsbedingungen des CLE-Szenarios 2010 für das Nest 3 (Großraum Wetzlar) und Bereitstellung der Randbedingungen für das CPB-Modell.

Und

6. Berichterstattung zur Anwendung des RCG-Modells.

Eine Kurzbeschreibung des REM-CALGRID-Modells ist im Anhang zu finden. Im folgenden Kapitel 2 werden die Untersuchungsgebiete und die verwendeten Eingangsdaten für die Modellrechnung beschrieben. Kapitel 3 enthält eine Diskussion der Ergebnisse des Basislaufs für die Region Wetzlar. In Kapitel 4 folgen die Auswertungen der Emissionsszenarien.

2 Untersuchungsgebiet und Datenaufbereitung für REM-CALGRID

2.1 Großräumiges und überregionales Modellgebiet

Das RCG-Modell wurde für die europaweite Rechnung (Nest 0) auf das in der Abbildung 1 gezeigte Modellgebiet angewendet. Die horizontale Auflösung beträgt in einem geographischen Koordinatensystem 0.5° Länge und 0.25° Breite. Die deutschlandweite Rechnung (Nest 1) erfolgte in dem Gebiet der Abbildung 2 mit einer Auflösung von 0.25° Länge und 0.125° Breite. In der Vertikalen wird die Atmosphäre mit 8 Schichten aufgelöst von denen sich 6 Schichten unter 1000 m über Grund befinden. Als Emissionsdaten wurden die von der TNO, Niederlande, für Europa erstellten Daten verwendet (Visschedijk und Van der Gon, 2005). Die vom Modell benötigten meteorologischen Daten des Modells wurden aus meteorologischen Beobachtungen mit dem am Institut für Meteorologie betriebenen Programmsystem TRAMPER (Tropospheric Realtime Applied Meteorological Procedures for Environmental Research) erstellt (siehe auch Kap. 2.4).

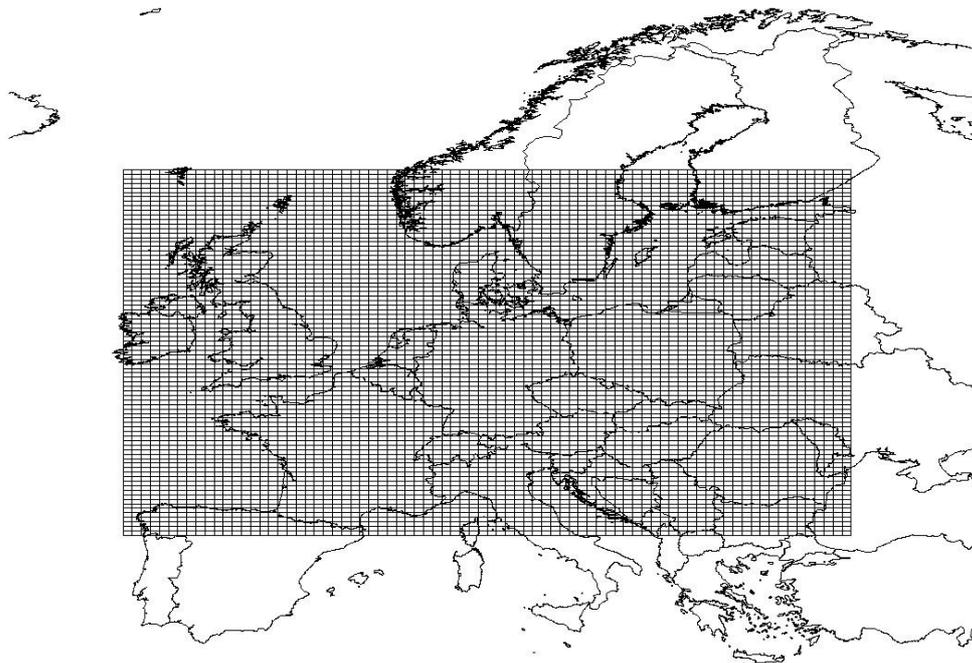


Abbildung 1: Großräumiges RCG-Modellgebiet mit einer Maschenweite von 0.25° Breite und 0.5° Länge.

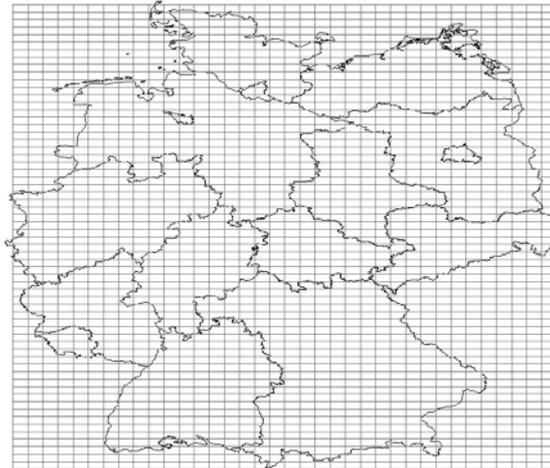


Abbildung 2 : RCG-Modellgebiet für Deutschland mit einer Maschenweite von 0.125° Breite und 0.25° Länge. In dieses Gitter wird direkt das Nest 2 für den Großraum Lahn-Dill und Umgebung eingepasst.

2.2 Regionales und urbanes Modellgebiet

Da die regional/urbane Anwendung des Modells REM/CALGRID genestet in die deutschlandweite Anwendung erfolgen muss, wird das regional/urbane Untersuchungsgebiet in das deutschlandweite Horizontalgitter eingepasst, um eine direkte Übergabe der Randbedingungen zu ermöglichen. Dies ist nur in einem geographischen Koordinatensystem möglich, da die großräumigen Datenbasen und damit alle großräumigen Rechnungen nur in solch einem System vorliegen.

Die Verwendung von Modellrechnungen im Rahmen von Maßnahmenplanungen oder Verursacheranalysen in der topographisch stark gegliederten Region Lahn-Dill erfordert eine sehr hohe räumliche Auflösung. Das Ausbreitungsgebiet von Wetzlar wurde daher mit einem horizontalen Gitternetz mit der Maschenweite in der Größenordnung von 500 m aufgelöst (Nest 3). Da der Sprung zwischen der Maschenweite für die deutschlandweiten Hintergrundrechnungen (in der Region Lahn-Dill circa $17 \times 14 \text{ km}^2$) auf eine Maschenweite von circa 500 m zu groß ist, musste dazwischen noch ein weiteres Nest gelegt werden. Diese Nest umfasst den Großraum Lahn-Dill einschließlich Giessen und hat eine Auflösung von knapp 2 km. In Tabelle 1 sind die genauen Maße der verwendeten Nester zusammengestellt.

Das Nest 2 besitzt eine Gitterweite 0.015625° Breite und 0.03125° Länge. Dies entspricht bezogen auf das Deutschlandgitter einem Nesting-Verhältnis von 1:8. Die Anzahl der Gitterzellen beträgt für Nest 2 24 entlang der Breitengrade (West-Ost) und 24 entlang der Längengrade (Nord-Süd). Die Ost-West-Ausdehnung des Gebiets beträgt circa 52 km. In Nord-Süd-Richtung

erhält man eine Ausdehnung von circa 42 km. Die Maschenweite beträgt in Ost-West-Richtung circa 2.2 km, in Nord-Süd-Richtung circa 1.7 km. Nest 2 wurde relativ weit nach Osten ausgedehnt, um den Emissionsschwerpunkt Giessen in hoher Auflösung abbilden zu können.

Nest 3 umfasst das eigentliche Stadtgebiet von Wetzlar und ist mit einem Nesting-Verhältnis von 1:4 eingebettet in das Gebiet des Nests 2. Die Auflösung in Ost-West-Richtung beträgt 0.0078125° und in Nord-Süd-Richtung 0.00390625° . Dies entspricht ungefähr einer Auflösung von circa 542 m x 434 m, bei einer Gitteranzahl von 24 entlang der Längengrade (Nord-Süd) und von 16 entlang der Breitengrade (West-Ost). Die Ausdehnung ist knapp 9.0 km in Ost-West-Richtung und 10.5 km in Nord-Süd-Richtung. Die Nester 2 und 3 zeigt die Abbildung 3.

Tabelle 1: Gebietsgrößen der Nester 0 bis 3

Gebiet	Ausdehnung	Auflösung
Nest 0	-10° W bis 30° O	0.5° Länge
Westliches Europa	42° N bis 62° N	0.25° Breite
Nest 1	4° O bis 17° O	0.25° Länge
Deutschland	47° N bis 55° N	0.125° Breite
Nest 2	8.25° O bis 9.0° O	0.03125° Länge (24 Zellen)
Großraum Lahn-Dill	50.375° N bis 50.75° N	0.015625° Breite (24 Zellen)
Nest 3	8.4375° O bis 8.5625° O	0.0078125° Länge (16 Zellen)
Stadtgebiet von Wetzlar	50.515625° N bis 50.609375° N	0.00390625° Breite (24 Zellen)

Alle vom RCG-Modell benötigten Daten für die Nester 2 und 3 wurden in der in der Tabelle 1 angeführten Auflösung aufbereitet. Dabei handelt es sich um

- Topographiedaten
- Landnutzungsdaten
- Emissionsdaten
- Meteorologiedaten.

Die meteorologischen Daten für beide Nester wurden mit dem System TRAMPER erstellt. Bei den Landnutzungs-, Topographie und Emissionsdaten wurden auf für das Gebiet Lahn-Dill zur Verfügung stehende Informationen zurückgegriffen. Diese Daten, die von der IVU-GmbH für das Vorhaben gesammelt und aufbereitet werden, mussten an die vom RCG-Modell verlangten Datenformate angepasst werden.

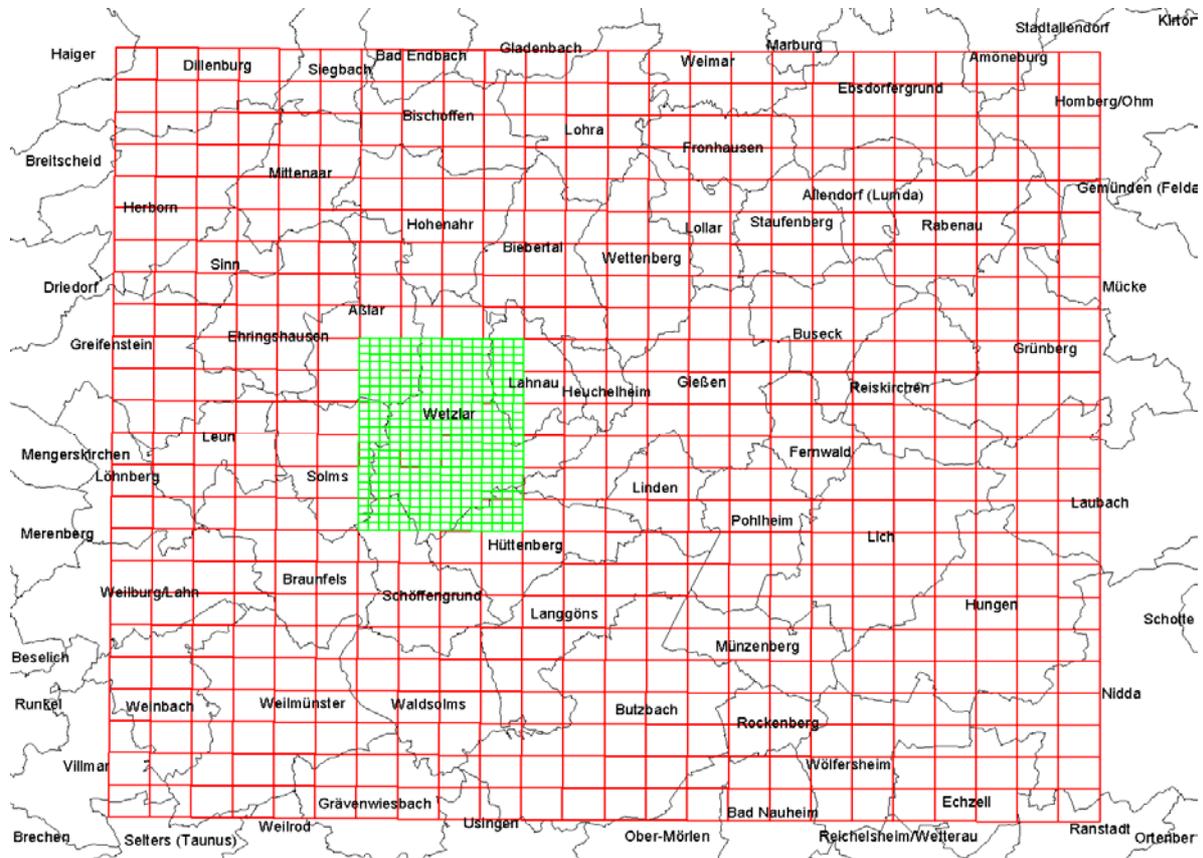


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet Lahn-Dill. Nest 2 (rote Gitterlinien) und Nest 3 (grüne Gitterlinien). Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.

2.3 Topographie und Landnutzungsdatenbasis

Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen die für die Ausbreitungsrechnungen in den Nestern 2 und 3 verwendete topografische Höhenverteilung, Abbildung 6 und Abbildung 7 die in den jeweiligen Nestern vorherrschende Landnutzungsclassen.

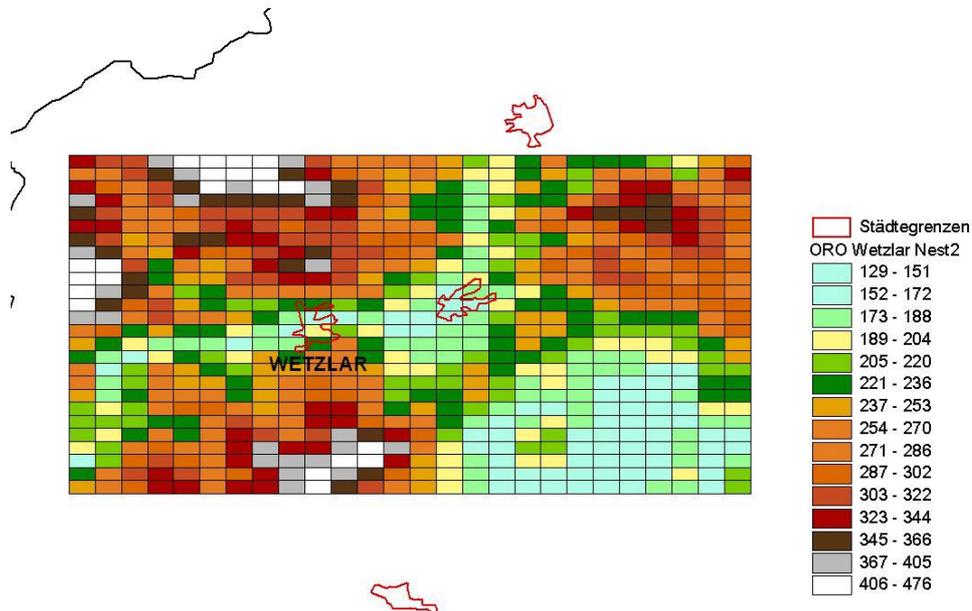


Abbildung 4: Topographie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Lahn-Dill, Nest 2. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.

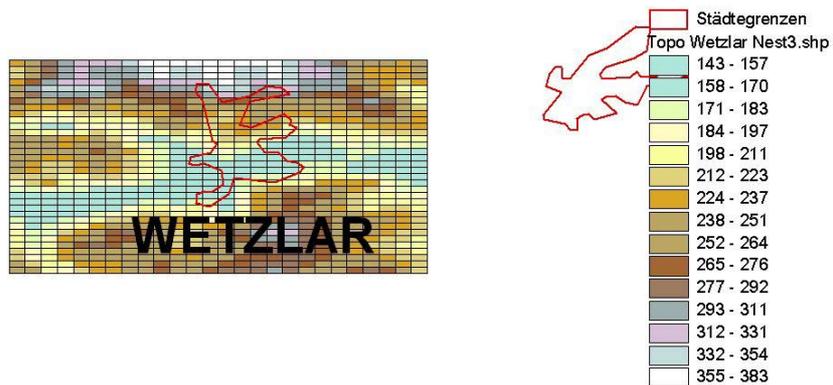


Abbildung 5: Topographie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Wetzlar, Nest 3. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.

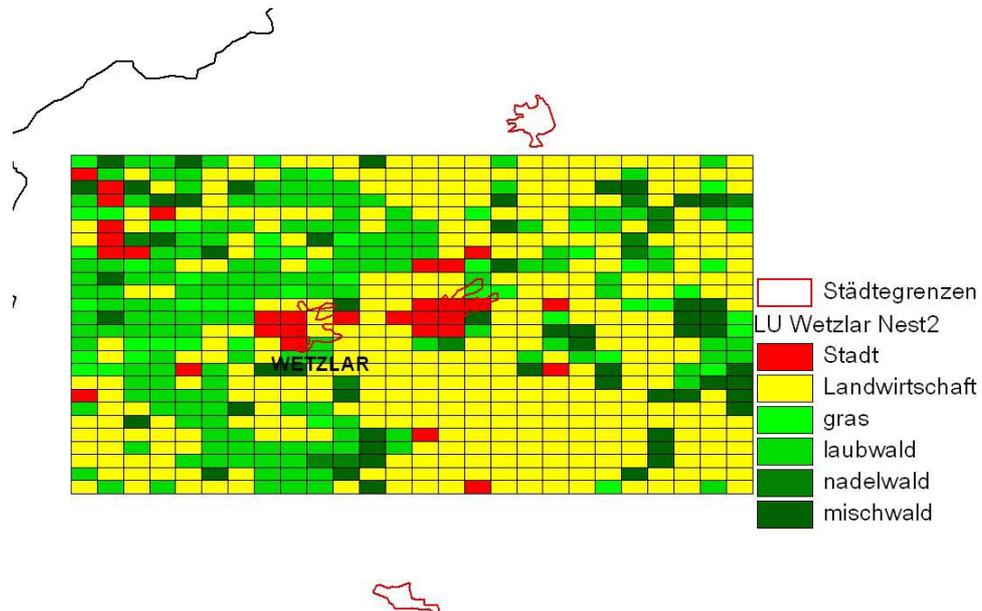


Abbildung 6: Vorherrschende Landnutzungskategorie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Lahn-Dill, Nest 2. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.

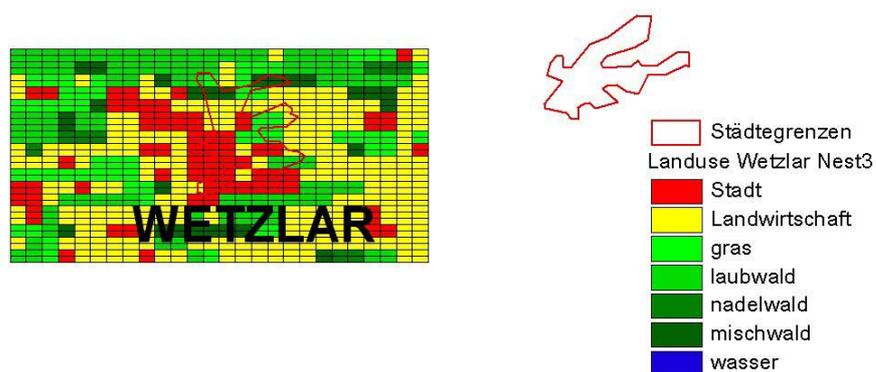


Abbildung 7: Vorherrschende Landnutzungskategorie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Wetzlar, Nest 3. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.

2.4 Meteorologische Daten

Die meteorologischen Eingangsdaten für das Untersuchungsgebiet Lahn-Dill wurden aus an der FUB routinemäßig empfangenen Daten erstellt:

- Radiosonden- und Pilotmeldungen der synoptischen Aerologiestationen,
- stündliche und dreistündliche Beobachtungen von Teilen der synoptischen Beobachtungsnetze des deutschen Wetterdienstes.

2.4.1 Dreidimensionale großräumige meteorologische Analyse

Ausgangspunkt der Erstellung der meteorologischen Daten für das Untersuchungsgebiet Lahn-Dill ist wie bei der Erstellung der meteorologischen Eingangsdaten für die großräumige Modellanwendung (Stern, 2003a) die großräumige Analyse des an der FU Berlin entwickelten diagnostischen Analysesystems TRAMPER (Tropospheric Realtime Applied Procedures for Environmental Research, Reimer und Scherer, 1992). Das angewandte Analyseverfahren besteht im Kern aus einer statistischen Interpolation (Optimum Interpolation, OI) beobachteter und abgeleiteter Feldgrößen auf isentropen Flächen am Gitterpunkt und einem physikalischen Abgleich der Felder mittels Variationsrechnung.

Die großräumigen Analysen der meteorologischen Felder über Mitteleuropa werden mit TRAMPER erstellt. Die Analysen werden auf isentropen Flächen mit einer Gitterweite von ca. 25 km in geographischen Koordinaten dargestellt. Der Abstand der isentropen Flächen ist der vertikalen Struktur der Atmosphäre angepasst mit hoher Auflösung in der Troposphäre und wachsendem Gitterabstand in der Stratosphäre. Die unterste Modellfläche liegt vollständig unterhalb der Topographie. In der unteren Troposphäre beträgt der Gitterabstand gleichmäßig $\Theta=2,5K$ und nimmt zur Modellobergrenze in der Stratosphäre schrittweise zu. So befinden sich ca. 15-18 Niveaus innerhalb der Troposphäre.

Durch die Wahl des isentropen Koordinatensystems und seiner recht hohen Auflösung werden insbesondere vertikal gering ausgedehnte thermische Strukturen besser wiedergegeben als in einer Standard-Druckflächenanalyse. Z.B. werden Inversionen oder allgemein die lokale Stabilität flächenhaft erfasst und ihre im Allgemeinen schräge Raumlage wiedergegeben. Druck und Temperatur unterhalb der Topographie werden mit Standardverfahren reduziert bzw. extrapoliert.

Die dreidimensional analysierten Variablen sind:

- Montgomery-Potential $M = c_p T + gH$,
- Druck (Temperatur) $p^k = (p/1000)^{2/7}$,
- lokale Stabilität $Mp^k / M\Theta$,
- Windvektorkomponenten,
- vertikale Windscherung,
- relative Feuchte,

die auf 24 isentropen Flächen und einer Bodenfläche (Sigma-Koordinate) dargestellt werden.

Zweidimensional werden dargestellt:

- Bewölkung und Wetter aus Bodenbeobachtungen,

- Potentielle Temperatur in 2m Höhe,
- Bodendrucktendenz (dreistündlich),
- Inversionshöhen aus Radiosonden.

Das Schema ist als skalenabhängiges Korrekturverfahren aufgebaut und verwendet großräumige Analysen oder Vorhersagefelder als Ausgangspunkt. Der Verfahrensablauf gliedert sich auf in folgende Schritte:

- Analysen der Boden- und Radiosondenbeobachtungen,
- zeitliche Interpolation auf stündliche Zwischentermine (falls erforderlich),
- Berechnung der Grenzschichtvariablen.

In die Analyse sind die räumliche und zeitliche Erfassung der Temperaturinversionen und ihrer Mächtigkeit sowie die horizontale Interpolation von Niederschlag, Bedeckungsgrad, Wolkentyp usw. eingebunden. Nach der dreidimensionalen Analyse werden die Grenzschichtvariablen und, unter Berücksichtigung der beobachteten Temperaturinversionen, der tägliche Verlauf der Mischungshöhe berechnet. Die Parameter am Boden sind auf einer dem Terrain folgenden Koordinatenfläche definiert und werden auf die Modelltopographie abgestimmt.

Das Ergebnis der Analyse sind dreidimensionale Felder von Windkomponenten, Temperatur und Feuchte, zweidimensionale Felder der meteorologischen Bodenbeobachtungen und der Grenzschichtparameter einschließlich Mischungshöhen sowie eine dreidimensionale Inversionsdarstellung im gesamten Modellgebiet.

Pro Tag werden zusammenhängend acht Analysen (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC) ausgeführt. Die Grundfelder für Zwischentermine, die keine ausreichende Basis an Beobachtungen aufweisen, werden durch Interpolation der nächstliegenden Termine erzeugt, wobei evtl. vorhandene Messungen örtlich berücksichtigt werden.

2.4.2 Adaptation an die feine Auflösung

Für die kleinräumigen Analysen (Gitterweite ca. 5 km und kleiner) wird ebenfalls das meteorologische Datensystem TRAMPER verwendet mit der Aufgabe, charakteristische orographische Effekte des untersuchten Gebietes in die 3-dimensionale Strömung vereinfacht zu integrieren, insbesondere Hangwinde und Barriereneffekte.

Dabei werden mit Hilfe von Strömungsadaptationsalgorithmen alle Windfelder im orographisch gegliederten Gelände angepasst. Diese verfeinerte Analyse bedarf allerdings weiterer meteorologischer Daten, um realistische, kleinräumige Phänomene in die numerischen Felder einbeziehen zu können. Gegenüber einem prognostisch-numerischen Modellierungsansatz hat die diagnostische Methode des TRAMPER-Systems den Vorteil, dass sie sich wesentlich auf vorhandene meteorologische Messungen stützt und daher eine unmittelbare Diskussion lokaler Wetterphänomene in Verbindung mit den Immissionsmessungen erlaubt.

Pro Tag werden zusammenhängend 24 Analysen (00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 UTC) ausgeführt. Die Grundfelder für Zwischentermine, die keine ausreichende Basis an Beobachtungen aufweisen, werden durch Interpolation der nächstliegenden Termine erzeugt, wobei evtl. vorhandene Messungen örtlich berücksichtigt werden. Die Beobachtungsdaten werden dafür einer Vorbehandlung unterzogen, in der

evtl. Lücken durch zeitliche Interpolation aufgefüllt und geprüft werden und die Wolken und Niederschlagsdaten einer Konsistenzbetrachtung unterzogen werden.

Die Ausgangsfelder werden aus der großräumigen Analyse erstellt und im feinen Gitter mit den vorhandenen Daten korrigiert. Dabei werden alle isentropen Flächen neu angepasst, um eine optimale vertikale Auflösung der Felder in dem kleinen Gebiet zu erhalten.

Die Grenzschichtgrößen werden in stündlicher Folge berechnet, wobei die Topographie in der Bestrahlung beachtet wird. Die Mischungshöhe wird in diesem Zusammenhang einer speziellen Glättung unterzogen, um im Gegensatz zur sehr detaillierten Topographie und Landnutzung eine generalisiertere Grenzschichthöhe zu erhalten, die kleinere Täler nicht zu stark berücksichtigt.

Das diagnostische Strömungsmodul arbeitet in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird das mittlere Strömungsgrundfeld der Modellregion erzeugt, und an das thermodynamisch und topographisch bedingte Strömungsverhalten adaptiert. Folgende Optionen stehen zur Verfügung:

- Anpassung an kinematische Effekte durch die Topographie,
- Berechnung der Hangwinde,
- Berechnung von Effekten durch Strömungsbarrieren.

Im zweiten Schritt werden Stationsmessdaten mit räumlich begrenzter Wichtung in das Grundfeld integriert und die vertikale Geschwindigkeitskomponente physikalisch adaptiert:

- Interpolation lokaler Messungen,
- Anpassung der vertikalen Geschwindigkeitskomponente.

Das endgültige Strömungsfeld wird mittels einem iterativem Verfahren zur Massenerhaltung gezwungen. Zwischenprodukte der verschiedenen Prozessphasen werden mittels Drei- oder Fünfpunktefilter geglättet. Die wesentlichen Parameter der Verfahren, wie Filtertyp und Anzahl der Glättungen und Iterationen werden über die Eingabe gesteuert.

Das Strömungsfeld der großräumigen Analyse wird als erste Schätzung („first guess“) benutzt. Ein vertikales Adaptationsverfahren erlaubt unter anderem die vertikale Interpolation von Bodenwinden mittels Potenzansatz oder beliebigen Profilen. Zur Minimierung der Divergenz und Erhaltung der Massenbilanz des Strömungsfeldes wird ein iteratives Verfahren eingesetzt. Dabei werden die horizontalen Komponenten unter Berücksichtigung der vertikalen Divergenz variiert. Die großräumige Vertikalbewegung in der Troposphäre wird hierbei als neuer Schritt mit eingebunden, so dass die Vertikalbewegung und Divergenzfelder von bodennahen, sehr detailreichen Schichten bis in die Troposphäre quasikontinuierlich beschrieben werden. Eine Beschreibung der Basisverfahren zur Strömungsbeschreibung findet sich in Kerschbaumer und Reimer (2003).

2.5 Emissionsdaten

2.5.1 Basisemissionen

Emissionen der Stoffgruppen SO_2 , NO_x , CO , NH_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ und NMVOC müssen dem Modell in Form von Punkt- oder Flächenquellen vorgegeben werden. Für die Punktquellen wird aus den Kenndaten der Quelle und lokalen meteorologischen Größen eine effektive

Schornsteinhöhe bestimmt. Die Übergabe der Emissionen erfolgt dann in die dazugehörige Modellschicht. Flächen- und Punktquellen werden im Modell als Volumenquellen behandelt, d.h. die Emissionen verteilen sich unmittelbar in der betreffenden Gitterzelle.

Das Modell verlangt jahresspezifische Emissionsdaten für alle benötigten Spezies getrennt nach Punkt- und Flächenquellen und unterteilt nach Verursachergruppen. Für die Verursachergruppen werden im Modell ausgehend von den Jahreswerten stündliche Emissionen abgeleitet. Die dazu verwendeten Monats-, Tages- und Stundenfaktoren müssen ebenfalls vorgegeben werden und berücksichtigen die Zeit- und Temperaturabhängigkeit der Emissionen der einzelnen Verursachergruppen. Bei den Kohlenwasserstoffen verlangt das Modell die Gesamtemissionen für die definierten Verursachergruppen und ein zu jeder Verursachergruppe gehöriges Kohlenwasserstoffprofil, das die prozentualen Anteile der spezifischen Kohlenwasserstoffe an der Gesamtemission der Verursachergruppe angibt. Jeder Kohlenwasserstoff wird dann den entsprechenden Klassen des chemischen Mechanismus zugeordnet. Diese Vorgehensweise vermeidet die Verwendung pauschaler, mechanismusabhängiger Zuordnungsfaktoren und gewährleistet, dass das emittierte Kohlenwasserstoffgemisch exakt entsprechend der vom chemischen Mechanismus verlangten Klassifizierung behandelt wird. Biogene VOC- und NO_x-Emissionen werden stündlich modellintern mit Hilfe von Landnutzungsdaten und entsprechenden Emissionsfaktoren berechnet.

Die Emissionsdaten im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill wurden von der IVU Umwelt GmbH bereitgestellt. IVU-Umwelt lieferte für folgende Verursacher die Emissionen als Flächenquellen in der Auflösung des Nests 3 für das gesamte Gebiet des Nests 2 (siehe Abbildung 3 und Tabelle 1):

- Verkehr auf den Autobahnen und Bundesstraßen
- Verkehr auf allen anderen Straßen
- Hausbrand/Privat
- Kleinverbraucher
- Biogene und nicht-gefasste landwirtschaftliche Emissionen

Die industriellen Emissionen wurden ausschließlich als Punktquellen geliefert. In der Tabelle 2 sind die gelieferten Schadstoffmengen für alle Verursacher zusammengestellt. Die von IVU für PM10 gelieferten Emissionsmengen beziehen sich ausschließlich auf die von Dieselfahrzeugen über den Auspuff emittierten Partikel. Angaben zum Beitrag des Reifen- und Bremsabriebs sowie der Staubaufwirbelung zu den Kfz-bedingten PM10-Emissionen liegen nicht vor. Nach den Untersuchungen von Düring et al. (2002) erklären die PM10-Auspuffemissionen aber nur circa 50% der gemessenen Verkehrs-Zusatzbelastung. Zur Berücksichtigung der Nicht-Auspuff-Emissionen wurden die PM10-Emissionen für den Verkehr daher verdoppelt. Der Verkehr stellt im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 2, die Hauptverursachergruppe. Bei den Stickoxid- und den PM10-Emissionen werden circa 67% bzw. 56% vom Verkehr verursacht. Im Nest 3 dagegen ist die Industrie eindeutig der Hauptverursacher der NO_x- und PM10-Emissionen, gefolgt von dem Verkehr auf den Autobahnen und Bundesstraßen (Tabelle 4 und Tabelle 5). Die in Tabelle 2 zusammengestellten Emissionen einschließlich der Ergänzungen wurden für die Ausbreitungsrechnungen in den Verursachergruppen des RCG-Modells für die Nester 2 und 3 aufbereitet. Abbildung 8 bis Abbildung 12 zeigen die räumliche Verteilung der NO_x-NMHC, CO-, SO₂- und PM10-Emissionen in der Auflösung des Nests 3 für das Gebiet von

Nest 2. Die NO_x- und PM₁₀-Emissionen nur im Nest 3 zeigen die Abbildung 13 und Abbildung 14. Den Gesamtemissionen sind zusätzlich die Emissionen des Hauptverursachers in Nest 3, der Industrie, gegenübergestellt. Der Großteil der industriellen Emissionen kann der Fa. Buderus zugeordnet werden. Die Buderus-Emissionen stellen über 98% der industriellen NO_x- und PM₁₀-Emissionen im Nest 3 und sind auf einer Fläche von circa 1 bis 1.5 km² konzentriert. Bezogen auf alle Emissionen im Nest 3 fallen auf die Buderus-Anlagen noch circa 56% der NO_x-Emissionen und circa 62% der PM₁₀-Emissionen. Die Schornsteinhöhen sind dabei relativ niedrig. Die größte NO_x-Einzelquelle hat eine Schornsteinhöhe von 65 m und stellt circa 45% der gesamten industriellen NO_x-Emissionen. Die größte industrielle PM₁₀-Einzelquelle hat eine Schornsteinhöhe von nur 22 m und stellt 22% der gesamten industriellen PM₁₀-Emissionen im Nest 3.

Wetzlar/Giessen, Nest2, to/a	NO _x	NM _{VOC}	CO	SO ₂	NH ₃	PM ₁₀
Verkehr ohne BAB/BS	2322.5	1161.3	11202.2	75.7	46.8	181
Verkehr auf BAB/BS	8057.8	1503.8	26169.5	201.7	66.1	640.6
Hausbrand	1307.8	576.2	6577.4	1199.4		111.1
Privat		1760.8				
Kleingewerbe		1333.4				11.146
Industrie	2689.6	317.7	233.535	165.6		527
Biogen, Landwirtschaft	1247.1				2645.7	
Summe	15624.8	6653.2	44182.635	1642.4	2758.6	1470.846

Tabelle 2: Von IVU-Umwelt gelieferte Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2 (Abbildung 3). Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information.

Lahn-Dill, Nest2, to/a	NOx	NMVOC	CO	SO2	NH3	PM10
Verkehr ohne BAB/BS	14.9	17.5	25.4	4.6	1.7	12.3
Verkehr auf BAB/BS	51.6	22.6	59.2	12.3	2.4	43.6
Hausbrand	8.4	8.7	14.9	73.0	0.0	7.6
Privat		26.5				
Kleingewerbe		20.0				0.8
Industrie	17.2	4.8	0.5	10.1		35.8
Biogen, Landwirtschaft	8.0				95.9	
Summe	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabelle 3: Relative Aufteilung in % der von der IVU-Umwelt gelieferten Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2 (Abbildung 3). Keine Eintragung bedeutet keine Information.

Wetzlar, Nest3, to/a	NOx	NMVOC	CO	SO2	NH3	PM10
Verkehr ohne BAB/BS	194.911	134.962	1340.361	6.378	3.942	15.506
Verkehr auf BAB/BS	787.691	156.556	2505.724	19.696	6.289	64.73
Hausbrand	119.683	31.963	364.781	80.266		4.885
Privat		163.119				
Kleingewerbe		48.726				1.075
Industrie	1521.776	65.952	243.073	7.536		177.798
Biogen, Landwirtschaft	39.445				109.278	
Summe	2663.506	601.278	4453.939	113.876	119.509	263.994

Tabelle 4: Von IVU-Umwelt gelieferte Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Wetzlar, Nest 3 (Abbildung 3). Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information.

Wetzlar, Nest3, to/a	NOx	NMVOC	CO	SO2	NH3	PM10
Verkehr ohne BAB/BS	7.3	22.4	30.1	5.9	3.3	5.9
Verkehr auf BAB/BS	29.6	26.0	56.3	17.2	5.3	24.5
Hausbrand	4.5	5.3	8.2	70.3	0.0	1.9
Privat		27.1				
Kleingewerbe		8.1				0.4
Industrie	57.1	11.0	5.5	6.6	0.0	67.3
Biogen	1.5				91.4	
Summe	100	100	100	100	100	100

Tabelle 5: Relative Aufteilung in % der von der IVU-Umwelt gelieferten Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Wetzlar, Nest 3 (Abbildung 3). Keine Eintragung bedeutet keine Information.

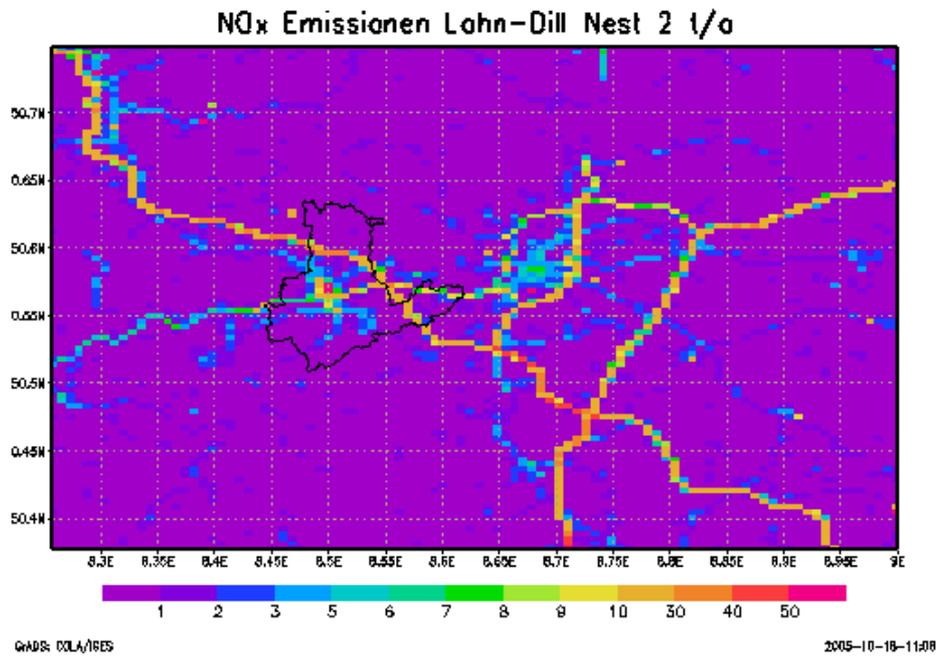


Abbildung 8: NO_x-Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2 .

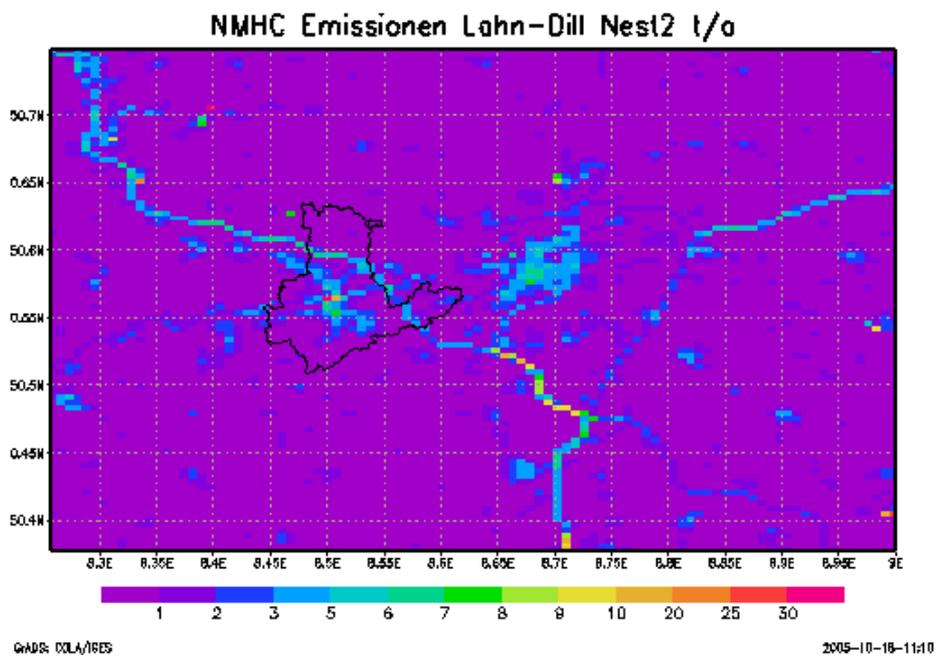


Abbildung 9: NMHC-Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.

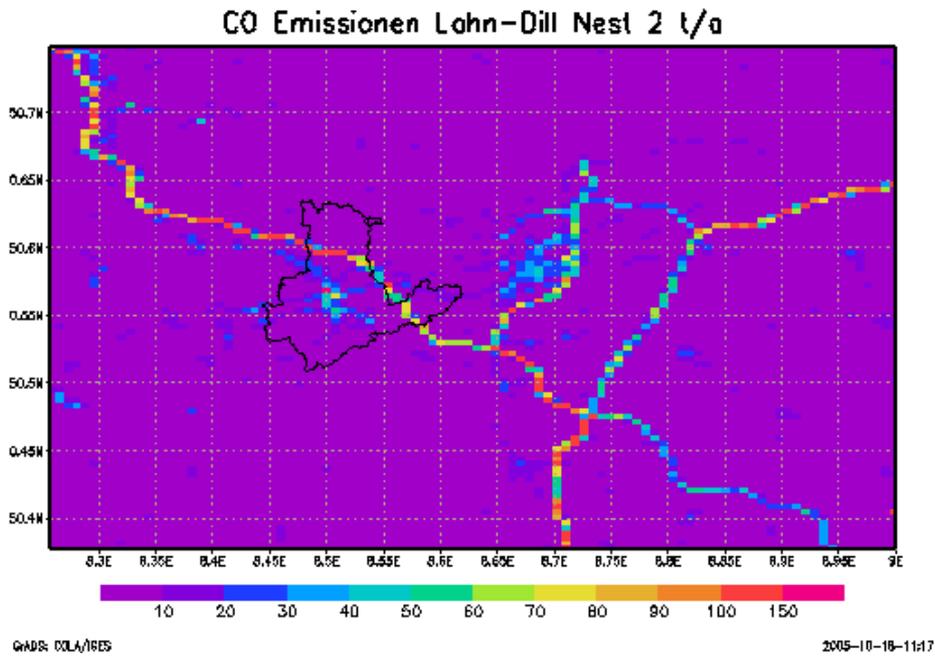


Abbildung 10: CO-Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.

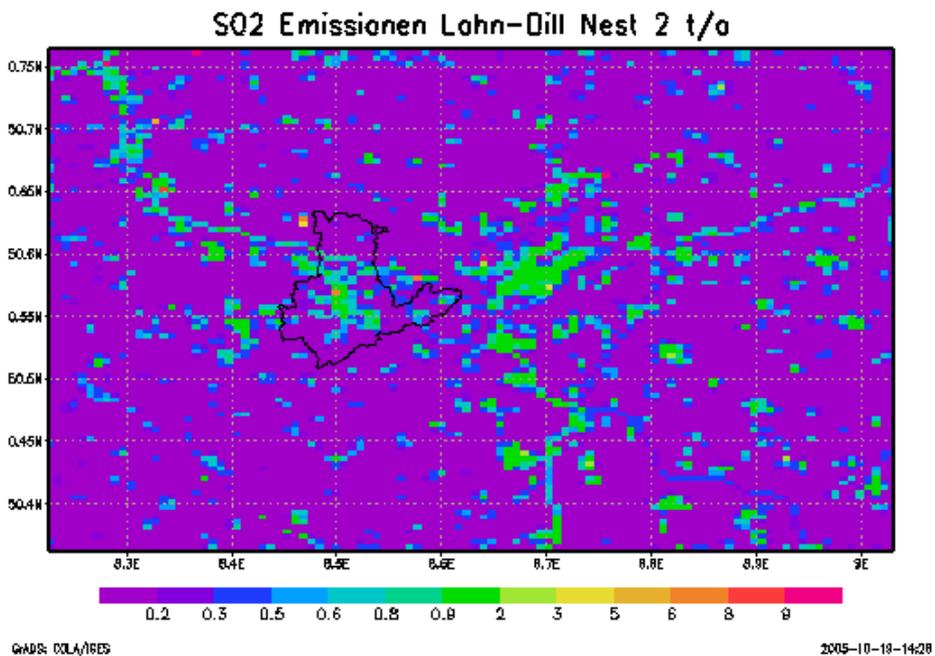


Abbildung 11: SO₂-Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.

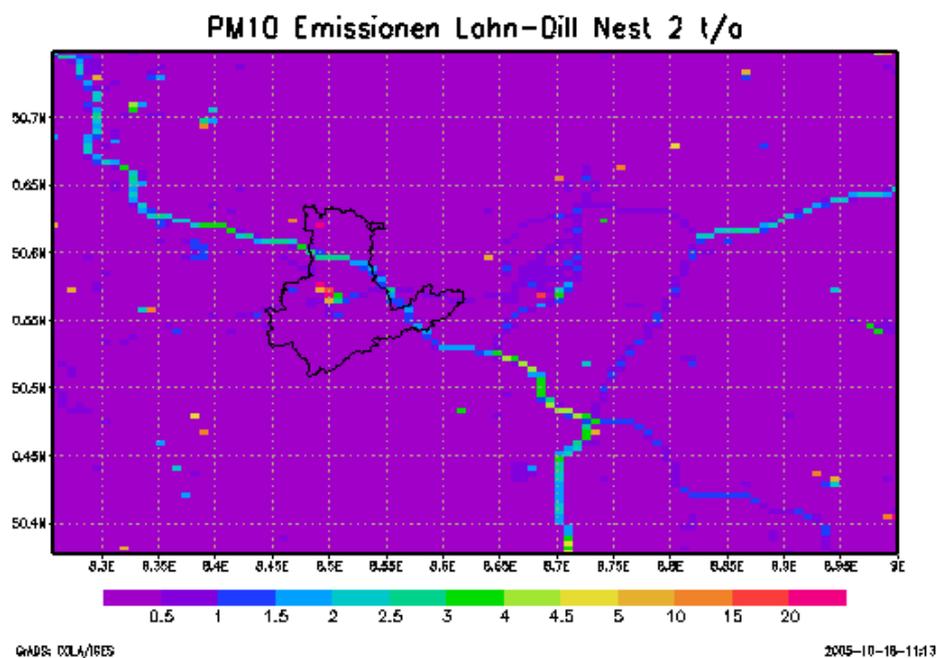


Abbildung 12: PM10-Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2..

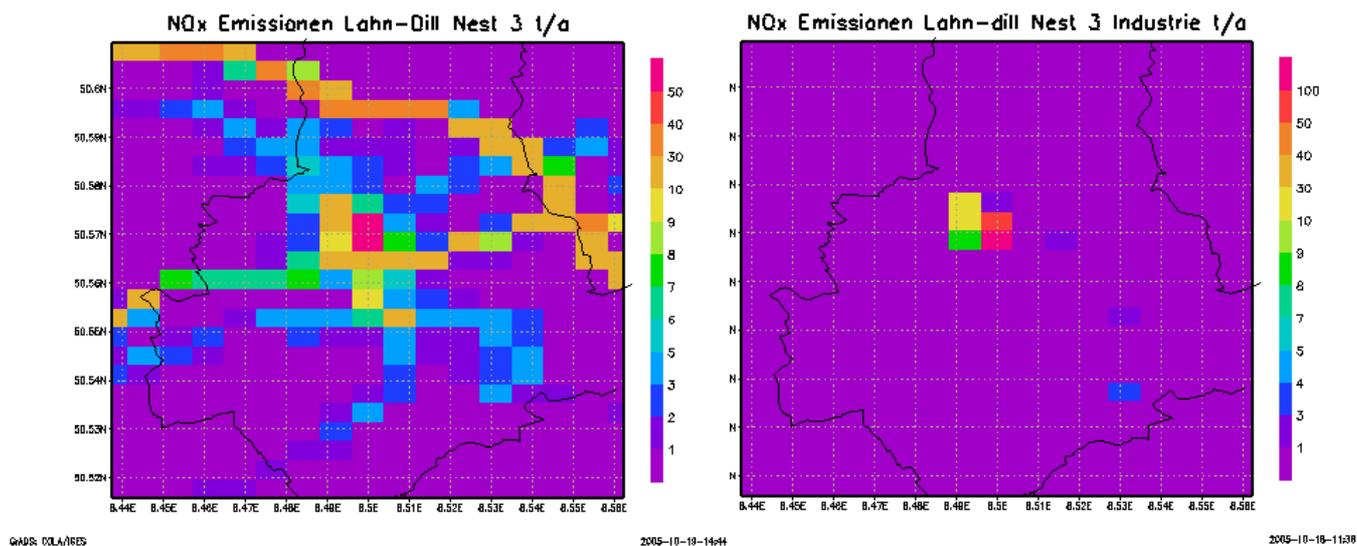


Abbildung 13: NOx-Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar, links: alle Quellen; rechts: nur Industrie; nach den Informationen der Tabelle 4.

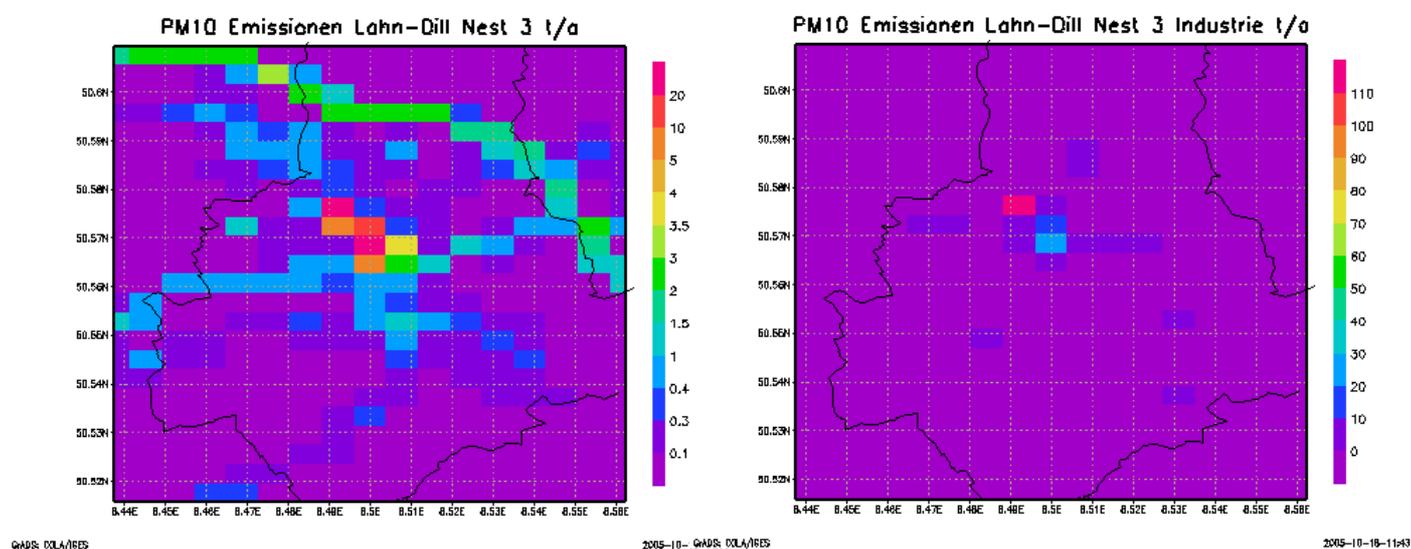


Abbildung 14: PM10-Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar, links: alle Quellen; rechts: nur Industrie; nach den Informationen der Tabelle 4.

Entsprechend der Vorgehensweise bei den Ausbreitungsrechnungen für die Region Kassel (IVU und TRUMF, 2005) wurden auch die PM10-Emissionen im Lahn-Dill Gebiet um den Beitrag der landwirtschaftlichen Quellen und der sonstigen Quellen (mobile Geräte und Maschinen der Bauwirtschaft, in Haushalten, Gärten, Grünanlagen und der Straßenreinigung) ergänzt. Entsprechend den Angaben in der großräumigen Emissionsdatenbasis für Nest 2 wurden die PM10-Emissionen um folgende Mengen erhöht:

- 45.5 t/a PM10-Emissionen für den Sektor Landwirtschaft, verteilt entsprechend der räumlichen Struktur der NH_3 -Emissionen dieses Sektors.
- 308.6 t/a PM10-Emissionen des Sektors „Sonstige Quellen“, verteilt entsprechend der räumlichen Struktur der PM10-Emissionen für den Sektor Hausbrand. Die Emissionsergänzung ergibt sich aus dem von der TNO ermittelten Beitrag der Sonstigen Quellen multipliziert mit dem Faktor 2, um die nicht erfassten Beiträge zu dieser Gruppe zu berücksichtigen.

In Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die Emissionen unter Einbeziehung der Ergänzungen bei Landwirtschaft und Sonstigen Quellen für Nest 3 zusammengestellt. Diese Angaben wurden für die Ausbreitungsrechnung verwendet.

Wetzlar, Nest3, to/a	NOx	NMVOC	CO	SO2	NH3	PM10
Verkehr ohne BAB/BS	194.911	134.962	1340.361	6.738	3.942	15.506
Verkehr auf BAB/BS	787.691	156.556	2505.724	19.696	6.289	64.73
Hausbrand	119.683	31.963	364.781	80.266		4.885
Privat		163.119				
Kleingewerbe		48.726				1.075
Industrie	1521.776	65.952	243.073	7.536		177.798
Biogen, Landwirtschaft	39.445				109.278	<u>1.905</u>
Sonstige						<u>13.569</u>
Summe	2663.506	601.278	4453.939	114.236	119.509	279.468

Tabelle 6: Für die Ausbreitungsrechnung im Nest 3 benutzte Emissionen. Die Ergänzungen bei Landwirtschaft und sonstigen Quellen sind kursiv und unterstrichen gekennzeichnet. Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information

Wetzlar, Nest3, to/a	NOx	NMVOC	CO	SO2	NH3	PM10
Verkehr ohne BAB/BS	7.3	22.4	30.1	5.9	3.3	5.5
Verkehr auf BAB/BS	29.6	26.0	56.3	17.2	5.3	23.2
Hausbrand	4.5	5.3	8.2	70.3		1.7
Privat		27.1				
Kleingewerbe		8.1				0.4
Industrie	57.1	11.0	5.5	6.6		63.6
Biogen, Landwirtschaft	1.5				91.4	<u>0.7</u>
Sonstige						<u>4.9</u>
Summe	100	100	100	100	100	100

Tabelle 7: Relative Aufteilung (%) der für die Ausbreitungsrechnung im Nest 3 benutzten Emissionen. Die Ergänzungen bei Landwirtschaft und sonstigen Quellen sind kursiv und unterstrichen gekennzeichnet. Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information

2.5.2 Szenarienemissionen

Im Nest 3 wurden folgende pauschalen Szenarien berechnet:

- Keine Emissionen
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Straßenverkehr
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Hausbrand
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Industrie
- Keine Autobahn- und Bundesstraßen-Emissionen
- Keine Emissionen der Firma Buderus

Die sich für die Szenarien ergebenden Emissionsänderungen im Nest 3 zeigt die Tabelle 8. Die größten PM10- und NOx-Emissionsabnahmen bewirkt das Abschalten der industriellen Emissionen, von denen wiederum der Großteil der Fa. Buderus zugeordnet werden kann. Beim der Quellgruppe Verkehr stellen die Emissionen auf den Autobahnen und den Bundesstraßen den größten Anteil.

%-Minderung im Nest 3	NOX	NMVOC	SO2	NH3	CO	PM10
Kein Verkehr*	-36.9	-48.5	-23.1	-8.5	-86.4	-28.7
Keine Industrie	-57.1	-11.0	-6.6		-5.5	-63.6
Kein Hausbrand	-4.5	-5.3	-70.3		-8.2	-1.7
Keine BAB/BS-Emissionen*	-29.6	-26.0	-17.3	-5.3	-56.3	-23.1
Keine Emissionen der Fa. Buderus	-56.9	-10.7	-6.3		-5.4	-62.9
Summe Basislauf t/a	2663.506	601.278	113.876	119.509	4453.939	279.468

* Nicht-Auspuffemissionen einbezogen

Tabelle 8: Minderung der Emissionen in % im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 aufgrund der verschiedenen pauschalen Emissionsszenarien. Die prozentualen Änderungen beziehen sich auf die Gesamtsummen der Emissionen im Nest 3 (letzte Zeile). Beim PM10 beziehen sie sich auf die Gesamtsumme auf die Emissionen einschließlich der Ergänzung für Landwirtschaft und Sonstige Quellen.

Weiterhin wurde in allen Nestern ein Szenario-Lauf unter den angenommenen Emissionsbedingungen für 2010 durchgeführt. Grundlage der Emissionsabschätzung 2010 bildet das so genannte CLE-Szenario („Current legislation“) das die Umsetzung bereits heute festgeschriebener Maßnahmen für das Jahr 2010 betrachtet. Diese Angaben wurden für Deutschland zusätzlich pauschal auf die nationalen Emissionshöchstmengen der NEC-Richtlinie (Amtsblatt der EU C375/1 vom 28.12. 2000) gesetzt, unter Beibehaltung der durch das CLE-Szenario vorgegebenen Emissionsstruktur. Die Übertragung der CLE/NEC-Änderung auf die Emissionen im Lahn-Dill Gebiet führt zu den in Tabelle 9 zusammengestellten Emissionsänderungen. Zur Ableitung dieser Zahlen sei auf die Untersuchungen zum Luftreinhalteplan Kassel verwiesen (IVU und TRUMF, 2005).

Lahn-Dill, Nest 2 %-Änderung CLE/NEC	NOx	NMVOc	CO	SO2	NH3	PM10
Verkehr ohne BAB	-43.0	-59.0	-30.0	-71.0	-70.0	-21.0
Verkehr auf BAB	-43.0	-59.0	-30.0	-71.0	-70.0	-21.0
Hausbrand	-13.0	4.0	53.0	-51.0		3.0
Privat		-28.0				
Kleingewerbe		4.0				3.0
Sonstige Quellen						-32.0
Industrie	-21.5	-17.0	-52.0	-32.0		-10.0
Biogen/Landwirtschaft	0.0				0.0	5.0
Summe	-33.8	-34.9	-20.4	-48.2	-4.1	-19.7

Tabelle 9: Änderung (%) der Emissionen im Lahn-Dill-Kreis vom nach 2010 (CLE-Szenario, korrigiert mit NEC-Emissionshöchstmengen), bezogen auf den Ist-Zustand. Beim Verkehr wurden die Nicht-Auspuffemissionen entsprechend den Ansätzen des CLE-Szenarios nicht gemindert. Bei der Industrie wurde das Mittel der Minderung aus den SNAP-Verursachergruppen „Industrial combustion“ und „Industrial process emissions“ angesetzt, da eine Unterscheidung in diese Gruppen nicht möglich ist.

3 Ergebnisse der Basisläufe 2004

3.1 Überblick

Die Ausbreitungsrechnungen für das Untersuchungsgebiet Lahn-Dill wurden in 4 Stufen durchgeführt:

- Rechnung für Europa (Nest 0, siehe Abbildung 1) zur Bestimmung des europäischen Hintergrunds,
- Rechnung für Deutschland zur Bestimmung des überregionalen Hintergrunds (Nest 1, siehe Abbildung 2)
- Rechnung für den Großraum Lahn-Dill und Umgebung zur Bestimmung des Hintergrunds für die Stadtrechnungen (Nest 2, siehe Abbildung 3)
- Rechnung für die Stadt Wetzlar und Umgebung zur Bestimmung des städtischen Hintergrunds für die Straßenschluchtrechnungen (Nest 3, siehe Abbildung 3)

Alle Läufe wurden für das gesamte Jahr 2003 in stündlicher Auflösung durchgeführt. Die in den folgenden Kapiteln präsentierte Auswertung konzentriert sich auf PM₁₀ und NO₂. Die Ergebnisse der großräumigen Rechnung werden hier nicht diskutiert. Dazu sei auf den für den Luftreinhalteplan Kassel erstellten Bericht verwiesen (IVU und TRUMF, 2005). Der Vergleich mit Messungen erfolgt mit den Berechnungen im Nest 3 für die eine verfügbare Station im Stadtgebiet von Wetzlar. Die Straßenhintergrunddaten in stündlicher Auflösung sowie die meteorologischen Daten von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung für die 15 mit dem CPB-Modell zu simulierenden Straßen wurden aus der Rechnung im Nest 3 abgeleitet. Die Lage der 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Wetzlar zeigt die Abbildung 15 .

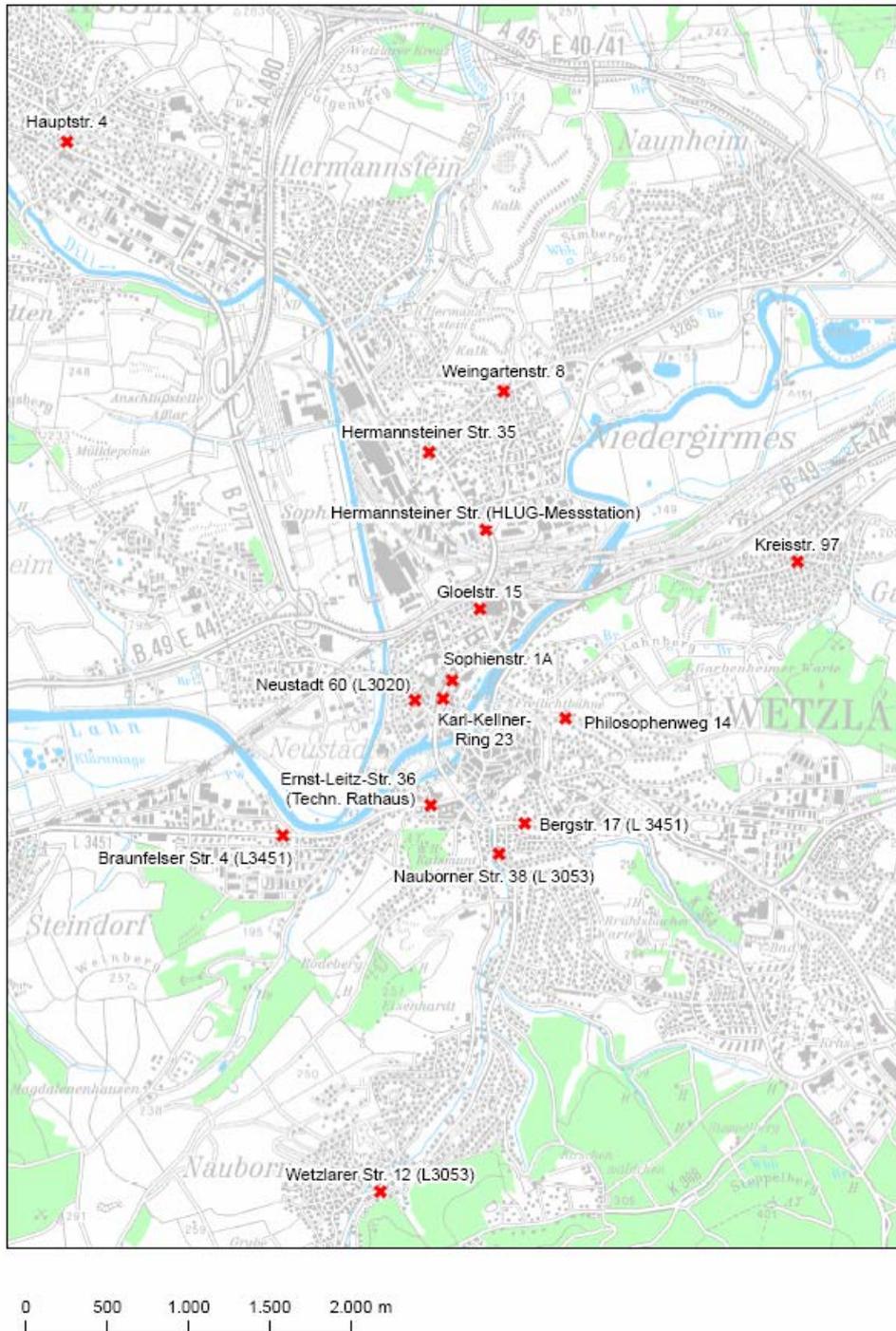


Abbildung 15: Lage von 15 Straßen im Stadtgebiet von Wetzlar, für die die Vorbelastungskonzentrationszeitreihen aus den Ergebnissen der Rechnungen im Nest 3 bereitgestellt werden.

3.2 Flächendarstellungen

Die berechneten Jahresmittelwerte von NO_2 im Nest 2 und Nest 3 zeigen Abbildung 16 und Abbildung 17. Die Lage der Hauptverkehrsachsen zeichnet sich selbst in einer Auflösung von circa 2 km noch in der Immissionsverteilung in Nest 2 ab. Das Gambacher Kreuz und das Giesener Südkreuz sind deutlich zu erkennen. Die höchsten Konzentrationen werden aber im Stadtgebiet von Wetzlar berechnet und sind der dort angesiedelten Industrie zuzuordnen. In der Berechnung für Nest 3, das eine vierfach höhere Auflösung als Nest 2 hat, ist dies klar zu erkennen. In den drei Gitterzellen mit den sehr hohen Industrieemissionen wird der NO_2 -Langzeitgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten. Bedingt durch die höhere Auflösung ist der berechnete Konzentrationsgradient in Nest 3 sehr viel schärfer als in Nest 2.

In den PM_{10} -Jahresmittelwerten zeigen sich die Auswirkungen des industriellen Emissionschwerpunkts Wetzlar noch deutlicher. Hier wird der Langzeitgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ schon in der Auflösung von 2 km (Nest 2) überschritten (Abbildung 18). Im Nest 3 wird im ganzen Bereich der industriellen Anlagen im Stadtgebiet Wetzlar ein Jahresmittelwert über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet (Abbildung 19). Die sehr hohe Immission in einer Zelle des Nestes 3 ist auf die Emissionen industrieller Punktquellen zurückzuführen, von denen die größte Quelle bei einer Schornsteinhöhe von knapp über 20 m circa 22% aller PM_{10} -Emissionen im Nest 3 stellt.

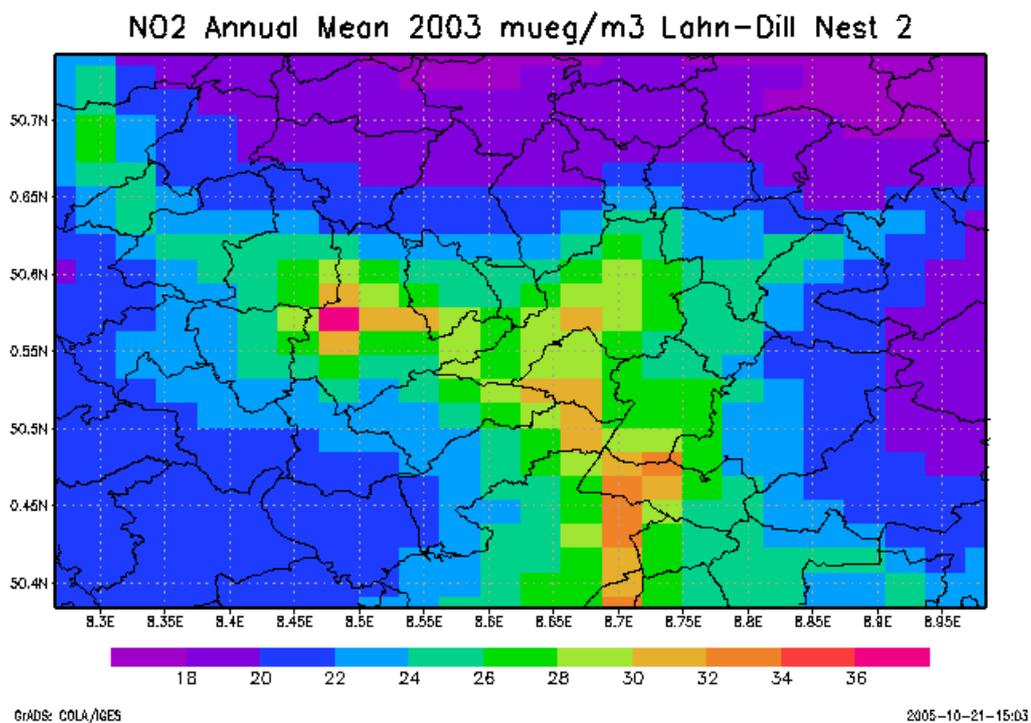


Abbildung 16: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte 2003 in µg/m³ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2.

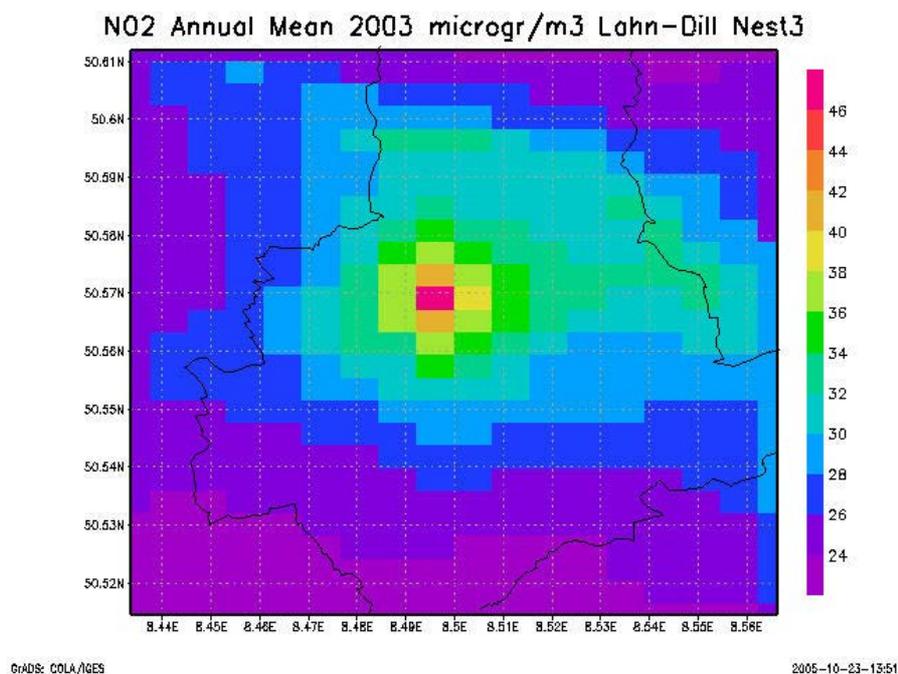


Abbildung 17: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte 2003 in µg/m³ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar.

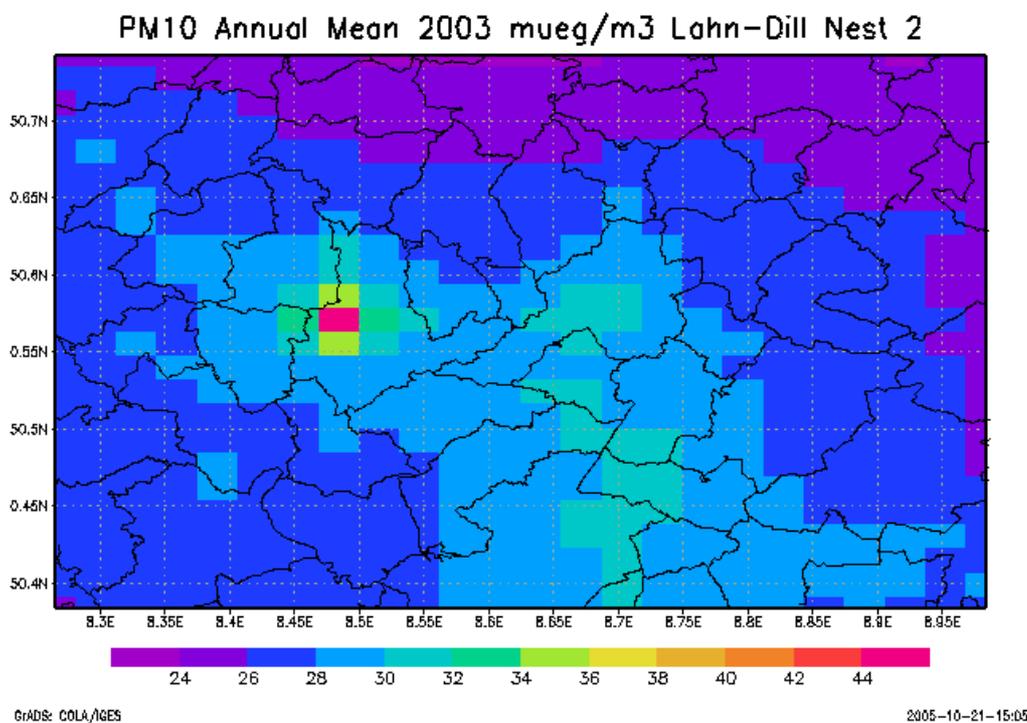


Abbildung 18: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2.

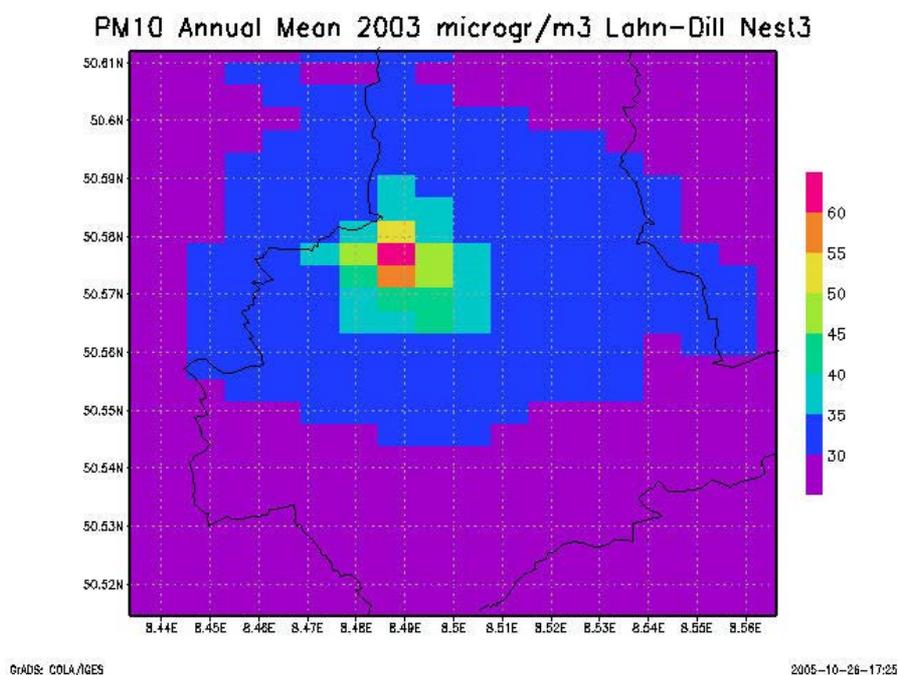


Abbildung 19: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte 2003 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar.

3.3 Vergleich mit Messungen

Im Modellgebiet Nest 3 befindet sich eine Messstelle des HLUG:

- Wetzlar, Hermannsteinerstr.

Die Station kann als verkehrsnah eingestuft werden, liegt aber in freiem Gelände.

Die Abbildung 20 zeigt die beobachteten und die berechneten NO₂- und PM10-Tagesmittelwerte an der Station Hermannsteinerstr. Im Allgemeinen wird das mittlere beobachtete NO₂- und PM10-Niveau gut nachvollzogen, an einzelnen Tagen kann es aber zu großen Abweichungen kommen. Insbesondere bei der NO₂-Zeitreihe wird der lokale Einfluss der nahe an der Station gelegenen Industriequellen deutlich: Geringe Unterschiede zwischen der modellierten und der realen Windrichtung können zu großen Abweichungen in Richtung Überschätzung oder Unterschätzung zwischen beobachteten und modellierten Tagesmittelwerten führen, da sich die Quellen in nächster Nähe befinden. Auch bei den PM10-Tagesmittelwerten kann es im Einzelfall zu großen Unterschieden zwischen Rechnung und Beobachtung kommen, im Mittel ist die Streuung der Rechenergebnisse aber geringer als beim NO₂, da PM10 deutlich stärker durch den Ferntransport geprägt wird, auf den lokale Unterschiede zwischen der Modellmeteorologie und den realen meteorologischen Verhältnissen nur einen geringen Einfluss haben (Abbildung 21).

Insgesamt werden die beobachteten Kenngrößen (Jahresmittelwert und PM10-Überschreitungstage) leicht unterschätzt (Tabelle 10). Bei den Jahresmittelwerten liegt die Unterschätzung im 10%-Bereich, bei den PM10-Überschreitungstagen ist sie größer. Die Unterschätzung insbesondere der sehr hohen gemessenen Tagesmittelwerte (Abbildung 21) kann von einer Unterschätzung des Beitrags der stationsnahen Kfz-Emissionen herrühren, die mit einem Gittermodell nicht adäquat aufgelöst werden können.

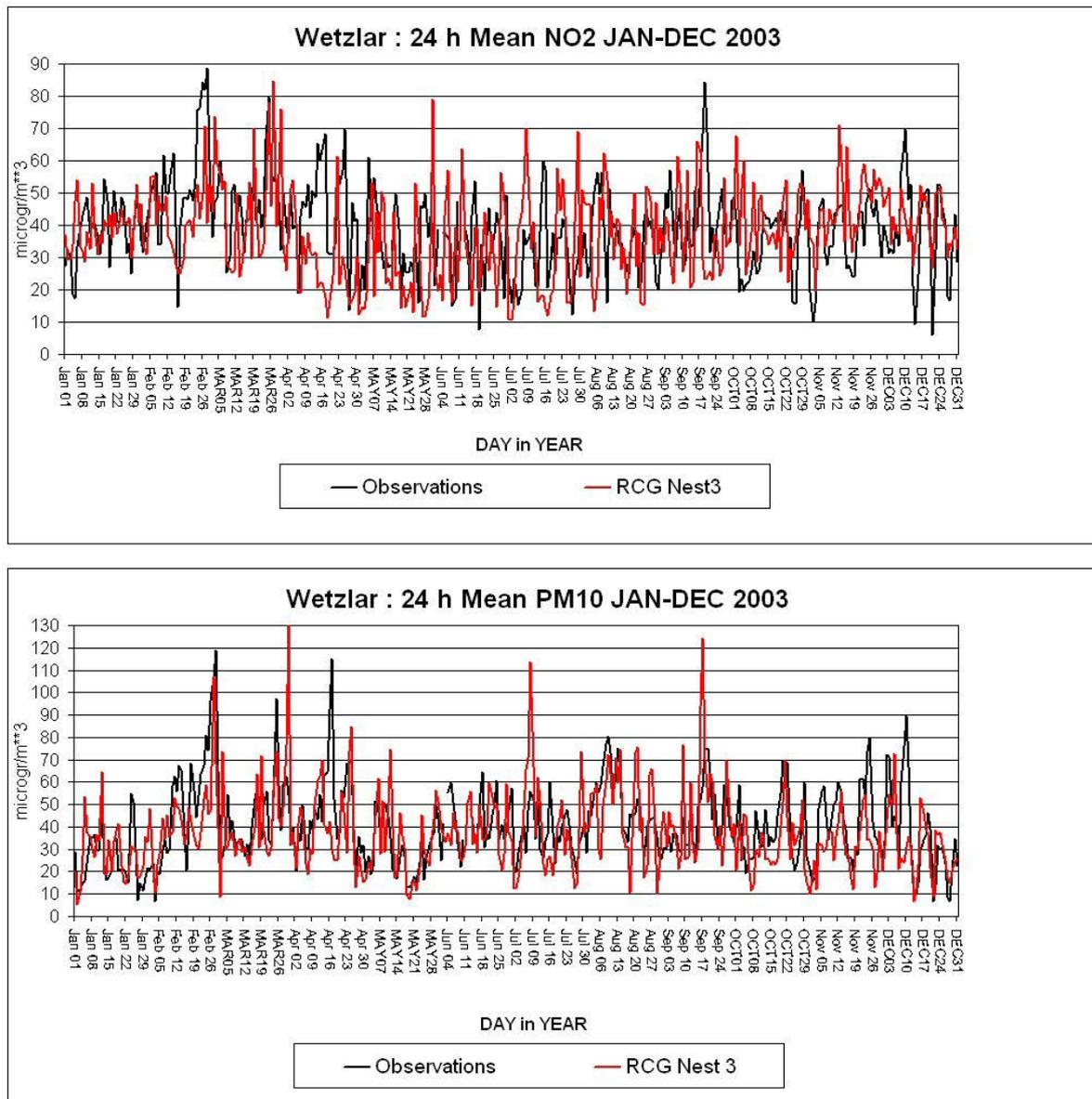


Abbildung 20: Berechnete und beobachtete NO₂- und PM₁₀-Tagesmittelwerte Wetzlar, Hermannsteinerstr., Berechnung: Zeitreihe der Vorbelastung.

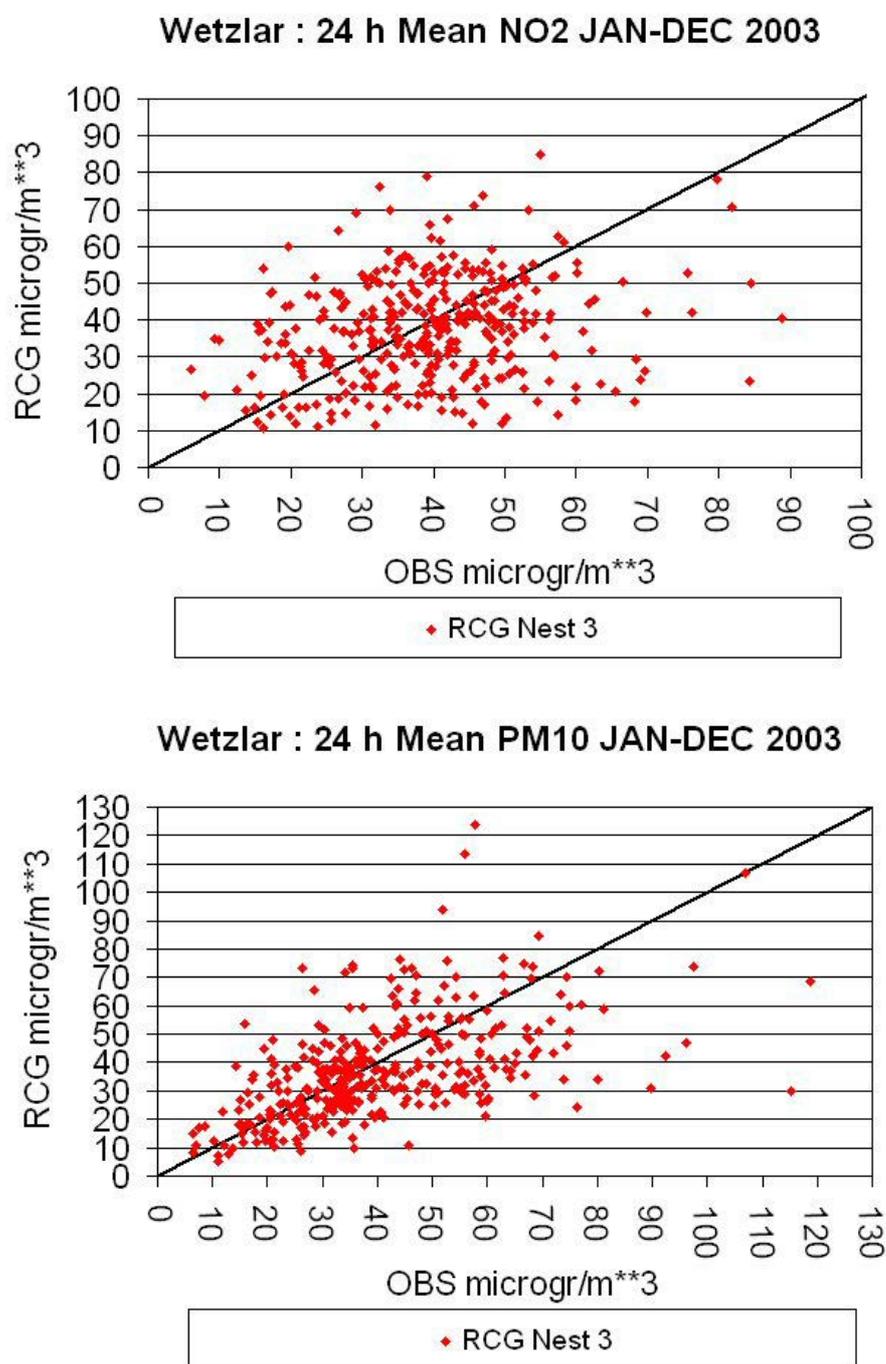


Abbildung 21: Berechnete und beobachtete NO₂- und PM₁₀-Tagesmittelwerte Wetzlar, Hermannsteinerstr., Scatterdiagramm Beobachtung gegen berechnete Vorbelastung.

Wetzlar-Hermannsteinerstr.	Jahresmittelwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anzahl der Überschreitungen >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ TM
NO₂-Berechnung	Vorbelastung: 39.1 Zusatzbelastung: 2.6 Gesamtbelastung: 41.7	
NO₂-Beobachtung	39.2	
PM10-Berechnung	Vorbelastung: 37.4 Zusatzbelastung: 1.6 Gesamtbelastung: 39.0	Vorbelastung: 74 Zusatzbelastung: 3 Gesamtbelastung: 77
PM10-Beobachtung	40.3	97

Tabelle 10: Berechneter (Vorbelastung mit RCG, Zusatzbelastung mit CPB) und beobachteter NO₂- und PM10-Jahresmittelwert und Anzahl der Überschreitungen eines Tagesmittelwerts von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wetzlar, Hermannsteinerstr..

3.4 Herkunftsanalyse

In diesem Kapitel werden die berechneten Konzentrationen in den 15 ausgewählten Straßenräumen bezüglich ihrer Herkunft aufgeschlüsselt. Für PM10 erfolgt zuerst eine Aufteilung in primäre und sekundäre Anteile, d.h. in den PM10-Beitrag, der der direkten Emission entstammt und den Beitrag, der sich über komplexe chemisch/physikalische Prozesse aus den Vorläuferemissionen von NO_x, SO₂, VOC und NH₃ bildet. Danach werden für PM10 und NO₂ die Beiträge in den 15 Straßen aufgeschlüsselt nach dem Hintergrund (Ferntransportanteil), Vorbelastung (Stadtanteil) und Zusatzbelastung (Straßenanteil) dargestellt. Unter Ferntransport werden alle Beiträge zusammengefasst, die aus den Emissionen außerhalb des Nestes 3 stammen. Der „Stadtbeitrag“ bezeichnet den Anteil der Immissionen, der sich aus den Emissionen im Nest 3 bildet. Der Straßenbeitrag ist der Anteil an PM10 und NO₂, der sich aus den von der IVU-Umwelt durchgeführten CPB-Berechnungen ergibt.

Tabelle 11 und Tabelle 12 zeigen die absoluten und relativen Beiträge verschiedener PM10-Komponenten zu der berechneten Gesamtbelastung in den 15 Straßenräumen. Den größten Beitrag zu der PM10-Gesamtbelastung liefern die sekundären Aerosole, die zum überwiegenden Teil außerhalb des Stadtgebiets von Wetzlar gebildet werden und dann in die Stadt transportiert werden. Je nach Straßenraum stellen sie zwischen 38% (Hermannsteinerstr. 35) und 62% (Philosphenweg 14) der PM10-Gesamtbelastung, im Mittel circa 50%. Dieser Teil des PM10 kann mit lokalen Maßnahmen kaum beeinflusst werden. Die direkt emittierten PM10-Anteile (PPM10 aus allen Nestern) stellen den zweitgrößten Anteil an den Gesamtkonzentrationen. Auch diese Komponente kann nur zum Teil von lokalen Maßnahmen beeinflusst werden, da ein Teil des PPM10 ebenfalls aus dem Ferntransport stammt. Danach folgt der Beitrag der direkten Straßenemissionen. Der Beitrag der Staubaufwirbelung und insbesondere der Beitrag der See-salzkomponenten sind deutlich niedriger als die der anderen Komponenten.

Die Tabelle 13 und die Tabelle 14 zeigen die Aufschlüsselung der berechneten PM10-Konzentrationen in die oben definierten Anteile, jeweils absolut und relativ. Als Stadtanteil wird hier der Beitrag aller Emissionen im Nest 3 betrachtet. Im Mittel stammen beim PM10 zwischen 25 und 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aus dem Ferntransport. Ferntransport bedeutet hier der Beitrag aller Emissionen außerhalb des Nests 3. Der relative hohe Beitrag des Ferntransportes ist zum einen auf das Bezugsjahr 2003 zurückzuführen, das im Vergleich zu anderen Jahren eher zu den immissionsklimatologisch höher belasteten Jahren gehört. Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass Anzahl und Ausmaß der windschwachen Wetterlagen im Lahn-Dill-Gebiet von der Modellmeteorologie überschätzt werden, da in dem topographisch stark gegliederten Gebiet nur sehr wenige Stützstellen für die Interpolation zur Verfügung standen.

Der Vergleich mit Tabelle 11 zeigt, dass der Großteil des ferntransportierten PM10 aus sekundären Aerosolen besteht. Der Stadtbeitrag liegt zwischen 5.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kreisstraße 95) und 20.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hermannsteiner Straße 35). Beim NO_2 (Tabelle 15 und Tabelle 16) liegt der Anteil des Ferntransportes im Mittel bei 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der NO_2 -Stadtbeitrag liegt zwischen 5.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Wetzlarer Straße) und 22.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hermannsteinerstr. 35). Die Hermannsteiner Straße liegt im direkten Einflussbereich der Emissionen der Buderus-Werke. Im Mittel stammen damit circa 2/3 der PM10-Gesamtbelastung in den ausgewählten Straßen aus Emissionsgebieten außerhalb des lokalen Einzugsbereichs von Wetzlar (definiert als Nest 3). Im Einzelfall kann der ferntransportierte Anteil zwischen 47.6% an der Hermannstr. 35 und 78.6% an der Wetzlarer Straße schwanken. Damit sind im Mittel nur circa 1/3 der PM10-Belastung lokalen Maßnahmen zugänglich. Beim NO_2 ist der Beitrag des Ferntransportes im Mittel 45% niedriger. Im Einzelfall ergeben sich Unterschiede zwischen 38.2 % Ferntransportanteil an der Ernst-Leitz Straße und 56.1% an der Braunfelder Straße. Damit ist, bezogen auf den Jahresmittelwert, der durch lokale Maßnahmen beeinflussbare Anteil an den NO_2 -Immissionen deutlich höher als der an den PM10-Immissionen. Generell werden die höchsten Beiträge aus den Emissionen des Nestes 3 an den Stationen in der näheren Umgebung der Buderus-Werke berechnet, was gemäß der Emissionsaufteilung (Tabelle 5) auch zu erwarten ist.

Alle oben ausgeführten Abschätzungen beziehen sich auf Jahresmittelwerte. Daher soll hier noch weiterhin analysiert werden, wie sich die berechnete Anzahl der PM10-Überschreitungstage zusammensetzt. Die Tabelle 17 zeigt dazu die berechnete Anzahl der Tage in 2003 mit einem PM10-Tagesmittelwert $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, unterteilt in Überschreitungstage erzeugt durch den Beitrag des Ferntransportes (alle Emissionen außerhalb von Nest 3, den Beitrag aller Emissionen (Hintergrund und Stadtbeitrag) und die zusätzlichen Belastungstage, die durch den Beitrag der Straßenemissionen entstehen. Aus der Tabelle wird offensichtlich, dass die Vorbelastung, die sich aus Ferntransport und Stadtanteil zusammensetzt, schon eine sehr große Anzahl von Überschreitungstagen erzeugt. Der Hintergrund alleine liefert relativ wenig Überschreitungstage obwohl der Hintergrund den größten Anteil an den Jahresmittelwerten (Tabelle 13 und Tabelle 14) stellt. Dies bedeutet, dass der Beitrag der städtischen Emissionen auf den hohen Sockel des Hintergrunds aufsetzt, was dann sehr viele hohe Tagesmittelwerte erzeugt. Der Straßenbeitrag, der alleine für sich betrachtet kaum zu Überschreitungstagen führt, setzt auf die schon sehr hohe Vorbelastung auf, was dann insgesamt die hohe Anzahl von Überschreitungstagen ergibt. Nach den Berechnungen ist an nahezu allen der betrachteten 15 Straßenräume die Vorbelastung alleine schon so hoch, dass es zu mehr als 35 Überschreitungen des PM10-Kurzfristgrenzwertes kommt. Dies bedeutet, dass verkehrsbezogene Maßnahmen in den betroffenen Straßenräumen alleine nicht ausreichen, um die Anzahl der Überschreitungstage entscheidend

zu senken.

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen dazu für die Hermannsteiner Straße 35 die berechneten PM10-Tagesmittelwerte aus dem Beitrag des Hintergrunds (Ferntransport aus allen Emissionen außerhalb von Nest 3), der „Stadt“ (hier alle Emissionen im Nest 3) und der Straße (Zusatzbelastung nach der CPB-Berechnung). Es ist offensichtlich, dass die Emissionen aus dem Hintergrund und aus dem Stadtgebiet (Nest 3) jeweils alleine nur zu einer geringen Anzahl von Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwerts von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen. Der Straßenbeitrag für sich alleine bewirkt gar keine Überschreitungstage. Addiert man die Beiträge des Hintergrunds und die Beiträge aus Nest 3, erhält man 123 Überschreitungstage (Abbildung 23 oben). Die Addition des Straßenbeitrags ergibt dann weitere 52 Überschreitungstage was insgesamt 175 Überschreitungstage für die Gesamtbelastung bedeutet (Abbildung 23 unten). Der berechnete Beitrag der Straßenemissionen zum Jahresmittelwert liegt an der Hermannsteiner Straße 35 bei circa 13% (Tabelle 11), der Beitrag zu den Überschreitungstagen aber bei circa 30%.

	RCG	RCG	RCG	RCG	CPB	
µg/m³	SAER	PPM10	NACL	WBDU	PPM10	Summe PM10
Neustadt 60	20.1	10.7	0.6	1.3	4.3	37.0
Ernst-Leitz-Straße 36	20.1	9.6	0.6	1.3	9.8	41.4
Braunfelder Straße 4	20	9	0.6	1.3	1.9	32.8
Wetzlarer Straße 12	19.9	7	0.6	1.2	3.5	32.2
Nauborner Straße 38	20.1	8.6	0.6	1.3	5.5	36.1
Bergstraße 17	20.2	9.4	0.6	1.3	5.7	37.2
Philosophenweg 14	20.2	9.1	0.6	1.3	1.4	32.6
Kreisstraße 97	20.2	8.7	0.6	1.2	2.8	33.5
Gloelstraße 15	20.2	13.6	0.6	1.2	7.2	42.8
Karl-Kellner-Ring 23	20.1	10.7	0.6	1.3	7.4	40.1
Sophienstraße 1A	20.2	12.9	0.6	1.2	4.8	39.7
Hauptstraße 4	19.7	9.9	0.7	1.2	3.1	34.6
Hermannsteiner Straße 35	20.2	24	0.6	1.2	7.0	53.0
Weingartenstraße 8	20.1	14.1	0.6	1.1	4.5	40.4
Hermannsteiner Str (HLUG)	20.2	15.4	0.6	1.2	5.7	43.1
Mittel	20.1	11.5	0.6	1.2	5.0	38.4

Tabelle 11: Absolute Beiträge der einzelnen PM10-Komponenten in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu der Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen in Wetzlar. Mit RCG gekennzeichnet sind alle Komponenten, die mit dem RCG-Modell berechnet wurden: SAER= Summe der sekundären Aerosole, PPM10= Summe der anthropogenen primär emittierten Aerosole, NACL= Seesalzkomponenten; WBDU= Summe des Bodenstaubs aus unbebauten Böden. CPB PPM10: Mit dem CPB-Modell berechnete primäre PM10-Zusatzbelastung.

	RCG	RCG	RCG	RCG	CPB	
%	SAER	PPM10	NACL	WBDU	PPM10	Summe PM10
Neustadt 60	54.4	28.9	1.6	3.5	11.6	100.0
Ernst-Leitz-Straße 36	48.6	23.2	1.5	3.1	23.6	100.0
Braunfelser Straße 4	61.0	27.4	1.8	4.0	5.8	100.0
Wetzlarer Straße 12	61.8	21.7	1.9	3.7	10.9	100.0
Nauborner Straße 38	55.7	23.8	1.7	3.6	15.2	100.0
Bergstraße 17	54.4	25.3	1.6	3.5	15.2	100.0
Philosophenweg 14	62.0	27.9	1.8	4.0	4.2	100.0
Kreisstraße 97	60.2	25.9	1.8	3.6	8.4	100.0
Gloelstraße 15	47.2	31.8	1.4	2.8	16.8	100.0
Karl-Kellner-Ring 23	50.1	26.7	1.5	3.2	18.5	100.0
Sophienstraße 1A	50.9	32.5	1.5	3.0	12.0	100.0
Hauptstraße 4	57.0	28.6	2.0	3.5	8.9	100.0
Hermannsteiner Straße 35	38.1	45.3	1.1	2.3	13.2	100.0
Weingartenstraße 8	49.8	34.9	1.5	2.7	11.1	100.0
Hermannsteiner Str (HLUG)	46.9	35.8	1.4	2.8	13.1	100.0
Mittel	53.2	29.3	1.6	3.3	12.6	100.0

Tabelle 12: Relative Beiträge der einzelnen PM10-Komponenten in % zu der Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen in Wetzlar. Mit RCG gekennzeichnet sind alle Komponenten, die mit dem RCG-Modell berechnet wurden: SAER= Summe der sekundären Aerosole, PPM10= Summe der anthropogenen primär emittierten Aerosole, NACL=Seesalzkomponenten; WBDU=Summe des Bodenstaubs aus nicht-bebauten Böden. CPB PPM10: Mit dem CPB-Modell berechnete primäre PM10-Beiträge.

PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hintergrund	Städt. Vorbelastung (Nest 3)	Zusatzbelastung Straße	Gesamtbelastung
Neustadt 60	25.2	7.5	4.3	37.0
Ernst-Leitz-Straße 36	25.2	6.4	9.8	41.4
Braunfelser Straße 4	25.3	5.6	1.9	32.8
Wetzlarer Straße 12	25.4	3.4	3.5	32.3
Nauborner Straße 38	25.4	5.3	5.5	36.2
Bergstraße 17	25.5	5.9	5.7	37.1
Philosophenweg 14	25.4	5.8	1.4	32.6
Kreisstraße 97	25.6	5.2	2.8	33.6
Gloelstraße 15	25.2	10.5	7.2	42.9
Karl-Kellner-Ring 23	25.2	7.5	7.4	40.1
Sophienstraße 1A	25.3	9.6	4.8	39.7
Hauptstraße 4	25.1	6.3	3.1	34.5
Hermannsteiner Str 35	25.2	20.8	7.0	53.0
Weingartenstraße 8	25.2	10.8	4.5	40.5
Hermannsteiner Str (HLUG)	25.1	12.3	1.6	39.0
Mittel	25.3	8.2	4.7	38.2

Tabelle 13: Absolute Aufteilung der PM10-Gesamtbelastung in den 15 Straßenräumen nach Hintergrund (Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest 3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.

PM10 %	Hintergrund	Städt. Vorbelastung (Nest 3)	Zusatzbelastung Straße	Gesamtbelastung
Neustadt 60	68.1	20.3	11.6	100.0
Ernst-Leitz-Straße 36	60.9	15.5	23.6	100.0
Braunfelser Straße 4	77.1	17.1	5.8	100.0
Wetzlarer Straße 12	78.6	10.5	10.8	100.0
Nauborner Straße 38	70.2	14.6	15.1	100.0
Bergstraße 17	68.8	15.9	15.2	100.0
Philosophenweg 14	78.0	17.8	4.2	100.0
Kreisstraße 97	76.1	15.5	8.4	100.0
Gloelstraße 15	58.8	24.5	16.8	100.0
Karl-Kellner-Ring 23	62.8	18.7	18.5	100.0
Sophienstraße 1A	63.8	24.2	12.0	100.0
Hauptstraße 4	72.8	18.3	8.9	100.0
Hermannsteiner Str 35	47.6	39.3	13.2	100.0
Weingartenstraße 8	62.3	26.7	11.1	100.0
Hermannsteiner Str (HLUG)	58.3	28.6	13.1	100.0
Mittel	66.9	20.5	12.6	100.0

Tabelle 14: Relative Aufteilung der PM10-Gesamtbelastung in den 15 Straßenräumen nach Hintergrund (Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.

NO ₂ µg/m ³	Hintergrund	Städt. Vorbelastung (Nest 3)	Zusatzbelastung Straße	Gesamtbelastung
Neustadt 60	19	15.0	8.1	42.1
Ernst-Leitz-Straße 36	19	13.0	17.8	49.8
Braunfelser Straße 4	18.8	9.8	4.9	33.5
Wetzlarer Straße 12	19	5.7	9.3	34.0
Nauborner Straße 38	19.2	10.2	11.4	40.8
Bergstraße 17	19.2	12.2	11.1	42.5
Philosophenweg 14	19.3	11.7	3.6	34.6
Kreisstraße 97	19.7	11.3	7.4	38.4
Gloelstraße 15	19	18.5	11.4	48.9
Karl-Kellner-Ring 23	19	15.0	13.4	47.4
Sophienstraße 1A	18.9	17.8	8.2	44.9
Hauptstraße 4	18.6	9.1	7.5	35.2
Hermannsteiner Str 35	18.8	22.7	10.2	51.7
Weingartenstraße 8	18.8	15.6	9.2	43.6
Hermannsteiner Str (HLUG)	19	20.1	2.5	41.6
Mittel	19.0	13.8	9.1	41.9

Tabelle 15: Absolute Aufteilung der NO₂-Gesamtbelastung in den Straßenräumen nach Hintergrund (Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest 3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.

NO ₂ %	Hintergrund	Städt. Vorbelastung (Nest 3)	Zusatzbelastung Straße	Gesamtbelastung
Neustadt 60	45.2	35.7	19.2	100.0
Ernst-Leitz-Straße 36	38.2	26.1	35.7	100.0
Braunfelser Straße 4	56.1	29.2	14.7	100.0
Wetzlarer Straße 12	55.9	16.8	27.3	100.0
Nauborner Straße 38	47.0	25.0	28.0	100.0
Bergstraße 17	45.2	28.7	26.1	100.0
Philosophenweg 14	55.8	33.8	10.4	100.0
Kreisstraße 97	51.3	29.4	19.2	100.0
Gloelstraße 15	38.9	37.9	23.3	100.0
Karl-Kellner-Ring 23	40.1	31.6	28.3	100.0
Sophienstraße 1A	42.1	39.6	18.3	100.0
Hauptstraße 4	52.8	25.8	21.4	100.0
Hermannsteiner Str 35	36.4	43.9	19.7	100.0
Weingartenstraße 8	43.1	35.8	21.1	100.0
Hermannsteiner Str (HLUG)	39.4	41.7	6.0	100.0
Mittel	45.8	32.1	21.2	100.0

Tabelle 16: Relative Aufteilung der NO₂-Gesamtbelastung in den Straßenräumen nach Hintergrund (Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest 3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.

PM10 Überschreitungstage	Hintergrund	Hintergrund + Städt. Vorbelastung (Nest 3)	Zusätzliche Überschreitungstage durch Straßenbeitrag	Gesamte Anzahl von Überschreitungstagen
Neustadt 60	16	57	25	82
Ernst-Leitz-Straße 36	16	51	51	102
Braunfelser Straße 4	15	47	6	53
Wetzlarer Straße 12	15	35	12	47
Nauborner Straße 38	15	44	23	67
Bergstraße 17	16	45	29	74
Philosophenweg 14	16	45	1	46
Kreisstraße 97	15	40	9	49
Gloelstraße 15	14	67	40	107
Karl-Kellner-Ring 23	16	57	40	97
Sophienstraße 1A	14	74	25	99
Hauptstraße 4	15	53	13	66
Hermannsteiner Str 35	14	123	52	175
Weingartenstraße 8	15	58	27	85
Hermannsteiner Str (HLUG)	14	74	3	77

Tabelle 17: Berechnete Anzahl der Tage in 2003 mit einem PM10-Tagesmittelwert $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Unterteilung in Überschreitungstage erzeugt durch den Beitrag des Ferntransports (alle Emissionen außerhalb von Nest 3, der gesamten Vorbelastung (aus den Emissionen in allen Nestern), sowie die zusätzlichen Überschreitungstage erzeugt durch den Straßenbeitrag und Summe der Überschreitungstage.

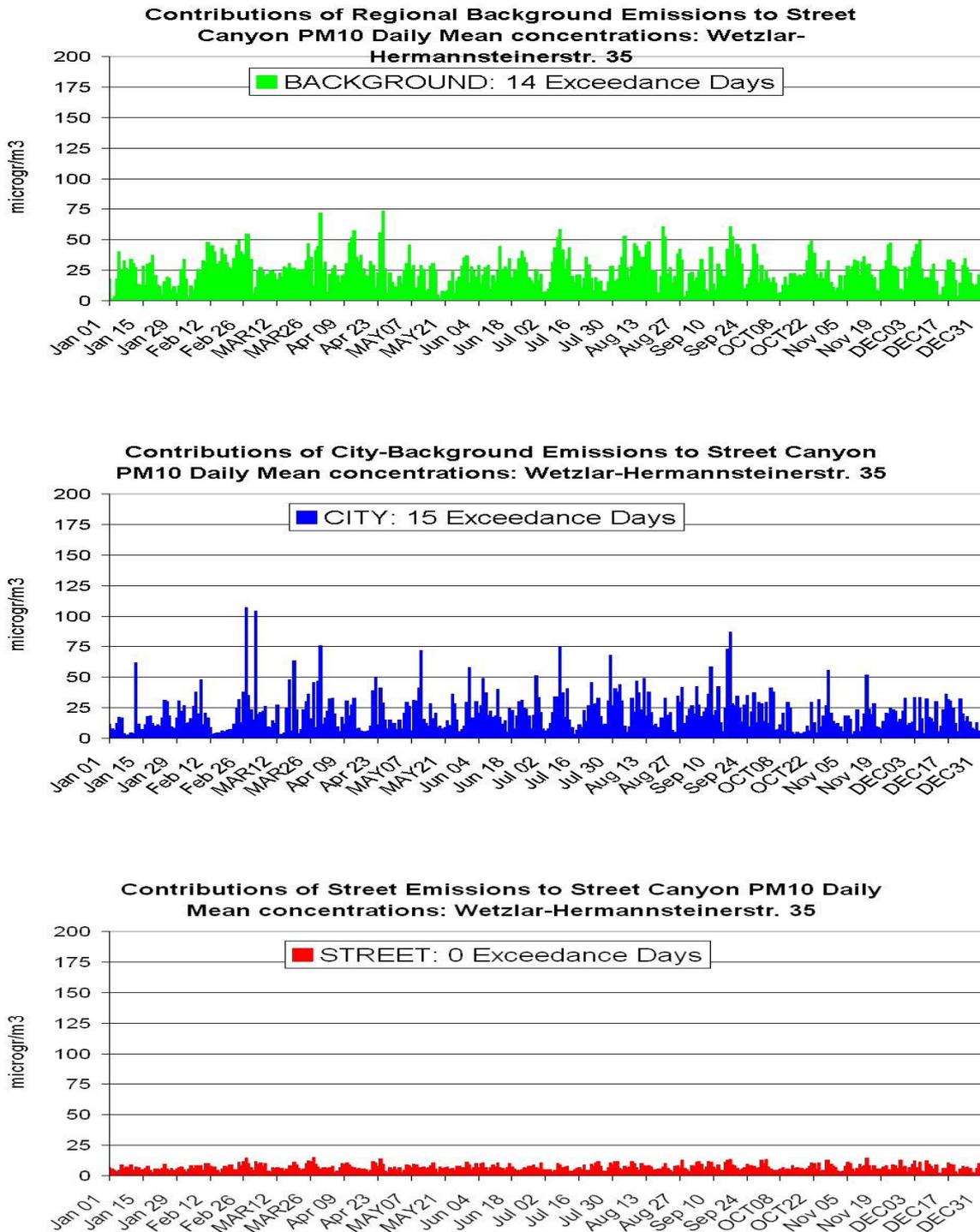


Abbildung 22: Berechnete PM10-Tagesmittelwerte in Wetzlar, Hermannsteinerstr. 35, aufgeteilt nach Beitrag aus Hintergrund (Ferntransport, oben), Stadt (Emissionen in Nest 3, Mitte) und Straße (CPB-Berechnung, unten).

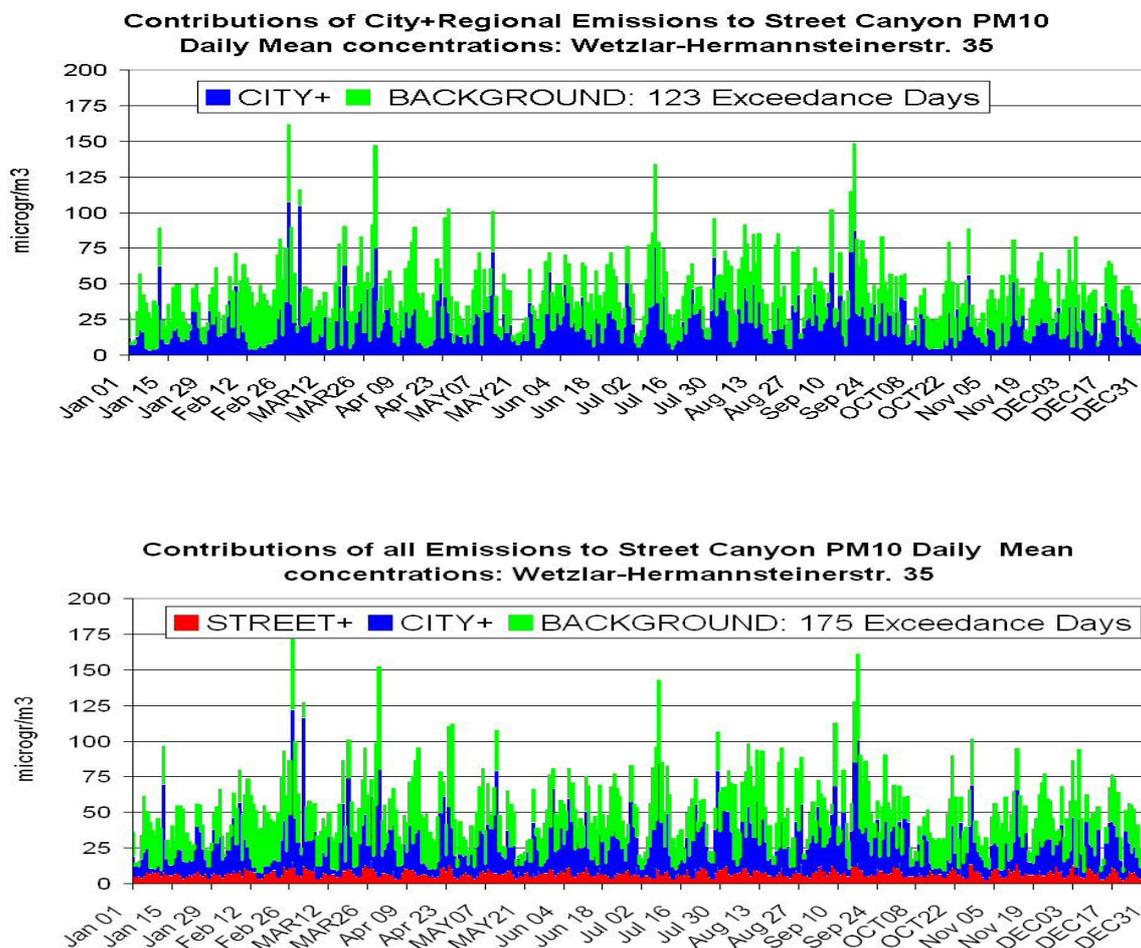


Abbildung 23: Berechnete PM10-Tagesmittelwerte in Wetzlar, Hermannsteinerstr. 35, aufgeteilt nach Beitrag aus Hintergrund und Stadt (oben) und Hintergrund, Stadt und Straße (unten).

4 Die Emissionsszenarien

Alle Emissionsszenarien wurden für Nest 3 (Abbildung 3) berechnet. Folgende Szenarien wurden betrachtet:

- Keine anthropogenen Emissionen im Untersuchungsgebiet
- Alle Emissionen der Verursachergruppe Straßenverkehr Null
- Alle Emissionen der Verursachergruppe Industrie Null.
- Alle Emissionen der Verursachergruppe Hausbrand Null
- Alle Emissionen auf den Bundesautobahnen und Bundesstraßen Null.
- Alle Emissionen der Fa. Buderus Null.

Die emissionsseitigen Auswirkungen dieser Szenarien wurden bereits in Kap 2.5 diskutiert. Außer den Emissionen wurden in den Szenarien keine anderen Eingangsdaten verändert.

4.1 Keine Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3

In diesem Szenario wurden alle anthropogenen Emissionen im Nest 3 auf Null gesetzt. Mit diesem Szenario kann der Beitrag der deutschen und europäischen Emissionen außerhalb des Nests 3 zu den Immissionen im Gebiet ermittelt werden. Für die 15 ausgewählten Straßenräume wurde das Szenario bereits in Kap. 2.5.2 diskutiert. Hier werden daher nur noch die Flächendarstellungen zu dem Szenario besprochen. Abbildung 24 zeigt die für Nest 3 berechneten NO_2 -Jahresmittelwerte unter der Annahme, dass die anthropogenen Emissionen im Gebiet Null sind. Die verbleibenden Immissionen können also als der durch Emissionen außerhalb von Nest 3 verursachte Hintergrund interpretiert werden. Im Stadtgebiet von Wetzlar, wo im Basislauf NO_2 -Jahresmittelwerte zwischen 30 und 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet wurden, stellen sich ohne den Beitrag der Emissionen des Nestes 3 Jahresmittelwerte unter 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ein. Damit liegt der Beitrag der Emissionen im Nest 3 zu den NO_2 -Jahresmittelwerten im Stadtzentrum von Wetzlar zwischen 15 und 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder 40 bis 60%. Der Hauptbeitrag wird dabei von den Emissionen der industriellen Anlagen im Zentrum von Wetzlar gestellt.

Abbildung 25 zeigt die für Nest 3 berechneten PM_{10} -Jahresmittelwerte ohne den Beitrag der anthropogenen Emissionen im Untersuchungsgebiet. Der PM_{10} -Hintergrund im Nest 3 liegt überwiegend zwischen 25 bis 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Bereich der Industrieanlagen im Wetzlarer Zentrum reicht der Beitrag der Emissionen im Nest 3 zu den PM_{10} -Jahresmittelwerten bis zu über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder 60%. Die Immissionsbelastung in Wetzlar wird damit eindeutig durch die Emissionen der zentral angesiedelten Industrieanlagen bestimmt.

Die hier diskutierten Beiträge zur berechneten Gesamtbelastung können als obere Grenze für die durch lokale Maßnahmen erreichbaren Minderungen interpretiert werden.

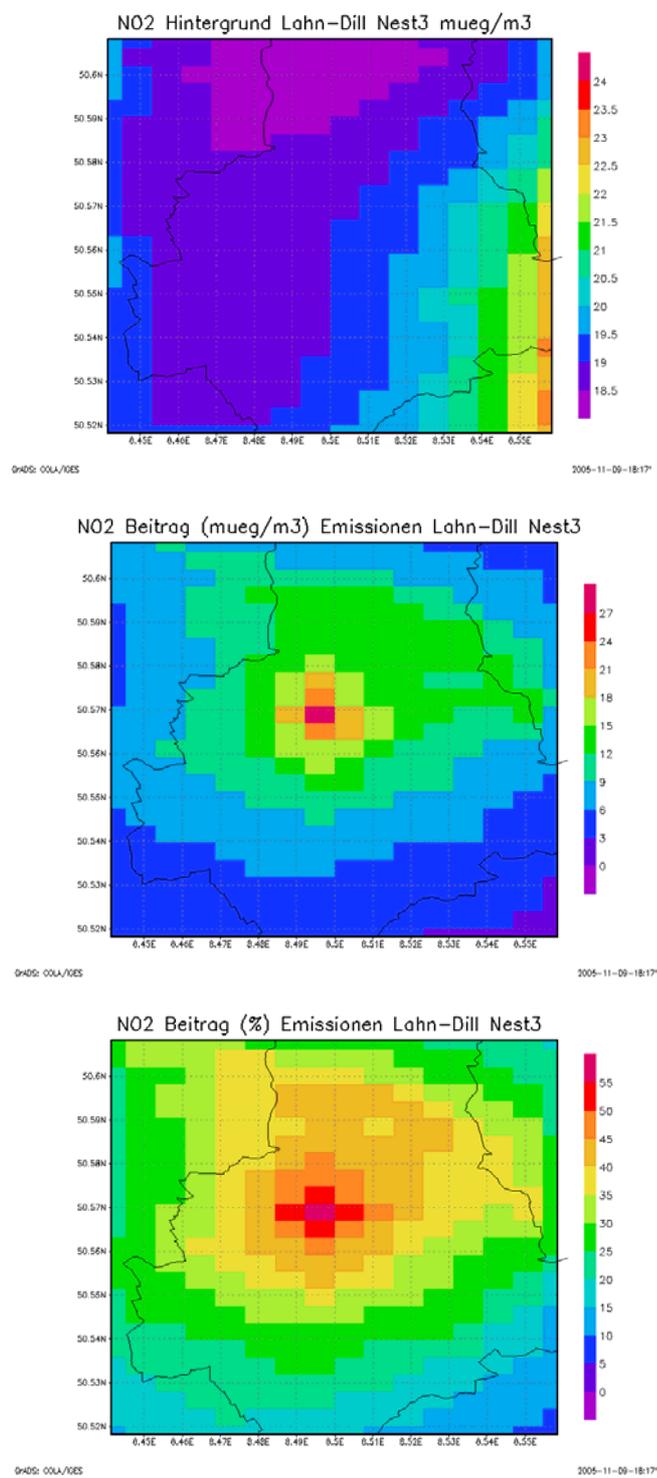


Abbildung 24: Oben: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Alle anthropogenen Emissionen Null,“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen im Nest 3 in µg/m³ und % zu den Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 17)

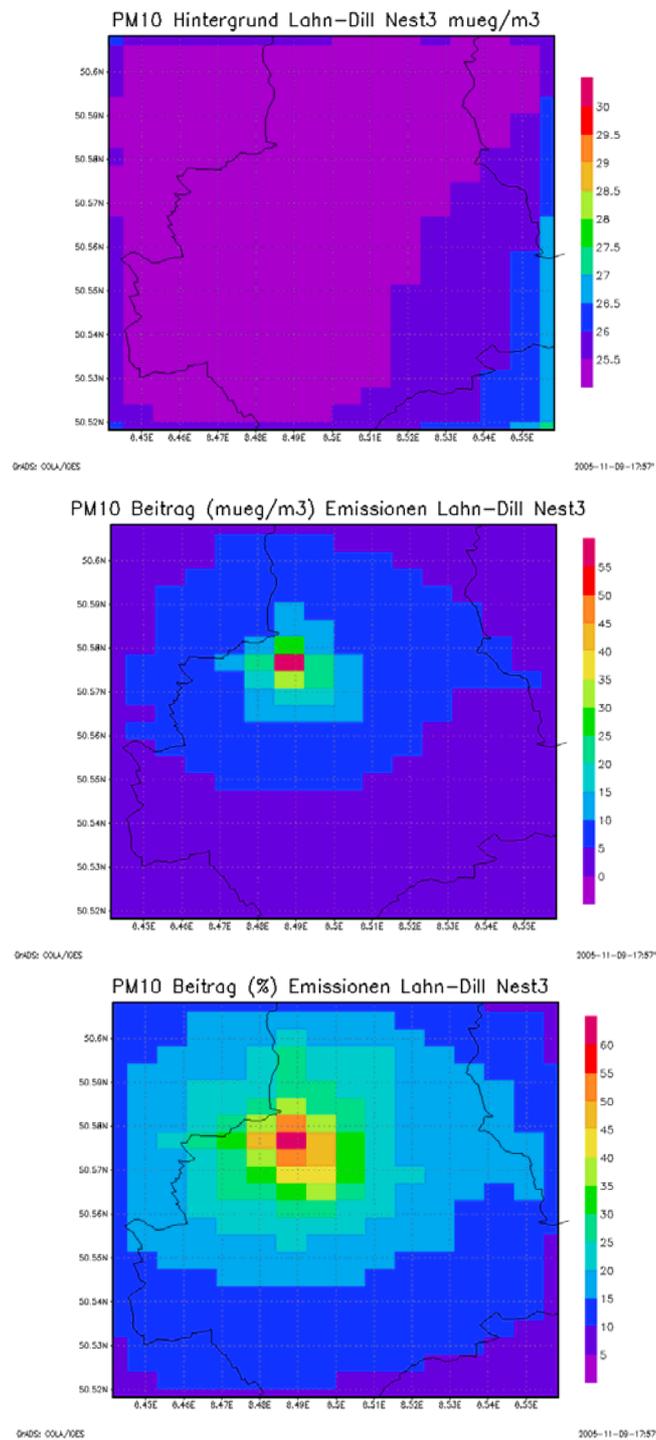


Abbildung 25: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Alle anthropogenen Emissionen Null,“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen im Nest 3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und % zu den Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 19) .

4.2 Kein Kfz-Verkehr im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3

Abbildung 26 zeigt die durch den Kfz-Verkehr im Nest 3 verursachten absoluten und relativen Beiträge zur gesamten städtischen NO₂-Belastung (Abbildung 17). Im Wetzlarer Stadtzentrum können circa 4 bis 8 µg/m³ der Immissionen dem Verkehr zugeordnet werden. Entlang der Autobahnen nördlich des Stadtzentrums steigt der Beitrag auf 7 bis 9 µg/m³ an. Der prozentuale Anteil liegt wegen des hohen Industrieanteils im Zentrum unter 25%. Nur im Einflussbereich der Bundesautobahn steigt der vom Verkehr verursachte Immissionsanteil auf 30% an.

Für PM10 zeigen die durch den Kfz-Verkehr verursachten Beiträge zum Jahresmittelwert eine ähnliche Struktur wie die NO₂-Beiträge, die Werte sind aber deutlich niedriger (Abbildung 27).

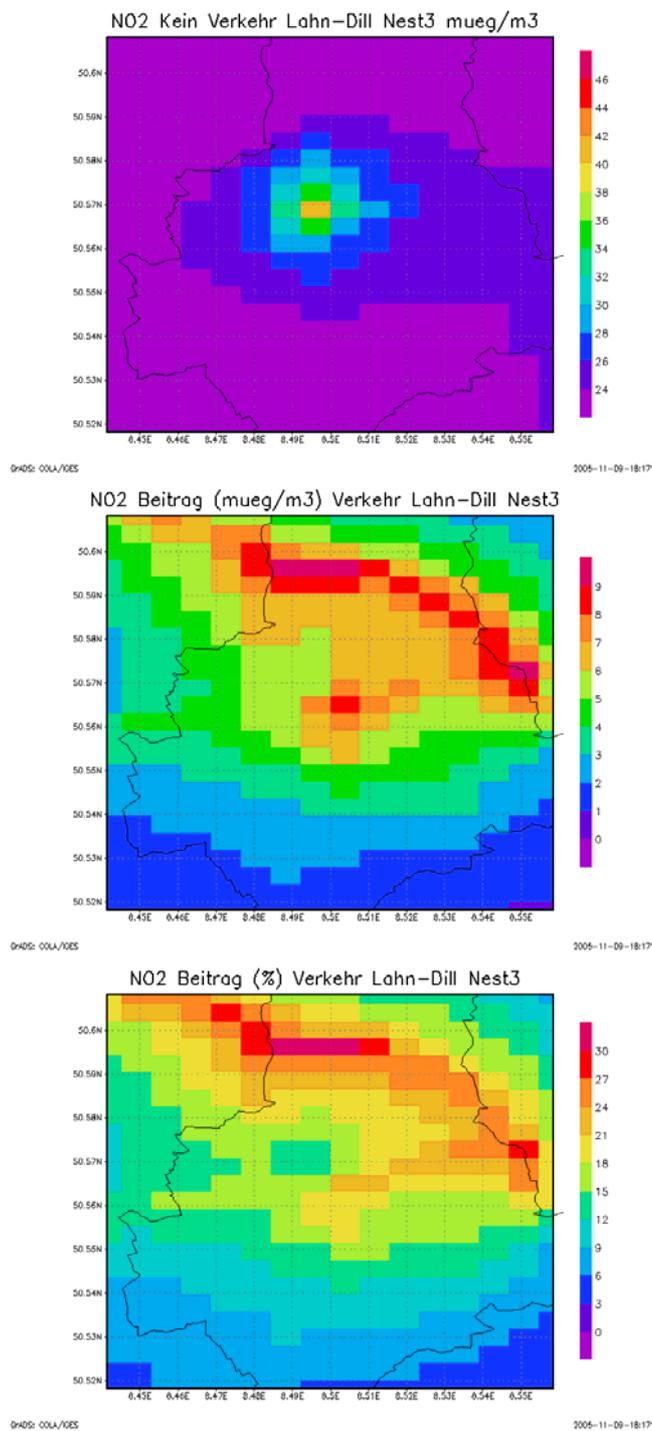


Abbildung 26: Oben: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Verkehr,“. Mitte und unten: Beitrag der Kfz-Emissionen im Nest 3 in µg/m³ und % zu den NO₂-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.

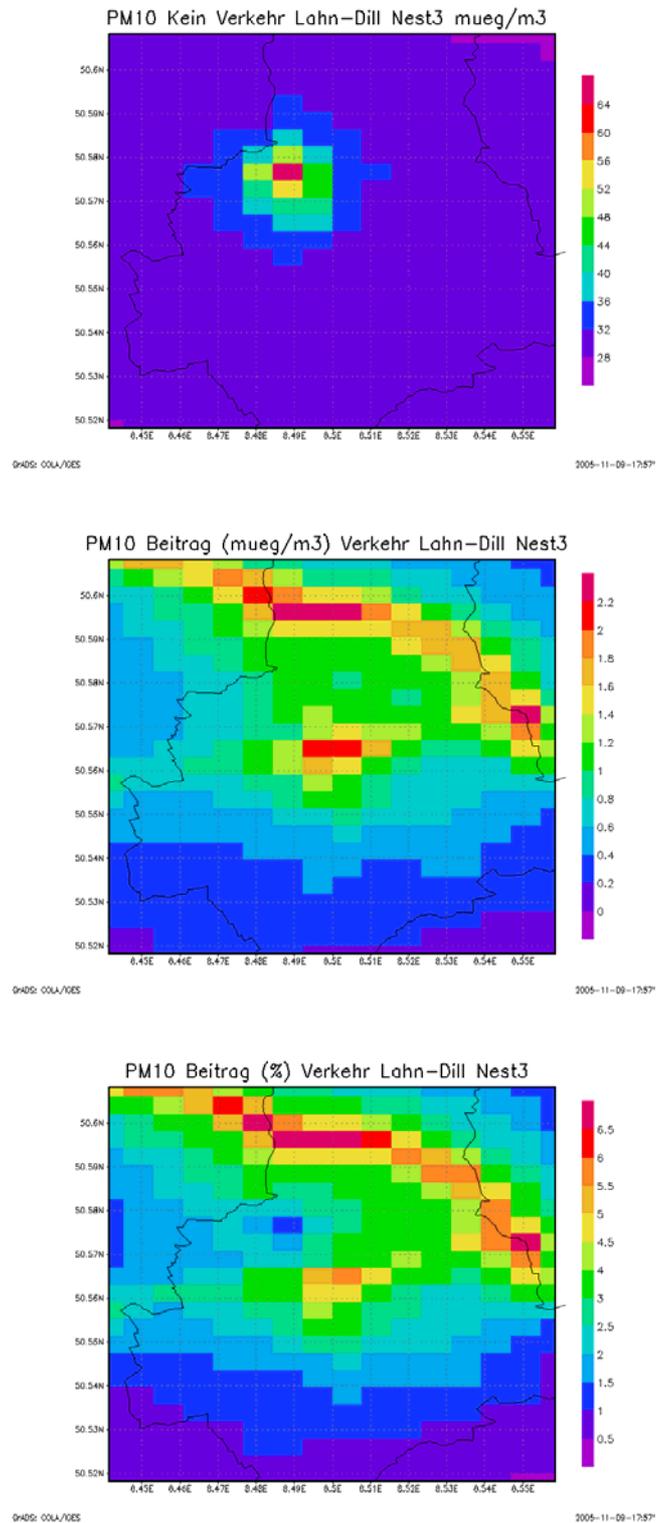


Abbildung 27: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Verkehr,“. Mitte und unten: Beitrag der Kfz-Emissionen im Nest 3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.

4.3 Keine Industrie im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3

Die industriellen Emissionen stellen von den Emissionen im Nest 3 im Zentrum von Wetzlar den dominierenden Anteil zu den NO₂-Jahresmittelwerten. Im Zentrum von Wetzlar reicht der Beitrag bis zu 16 µg/m³ oder 30 bis 35% (Abbildung 28). Insgesamt tragen die Industrieemissionen also deutlich mehr zur NO₂-Belastung bei als die Kfz-Emissionen. Einen noch höheren Beitrag liefert die Industrie beim PM₁₀ (Abbildung 29). Im Bereich der Industrieanlagen im Zentrum stammen zwischen 30 und 50 µg/m³ oder 40 bis 60% aus industriellen Emissionen.

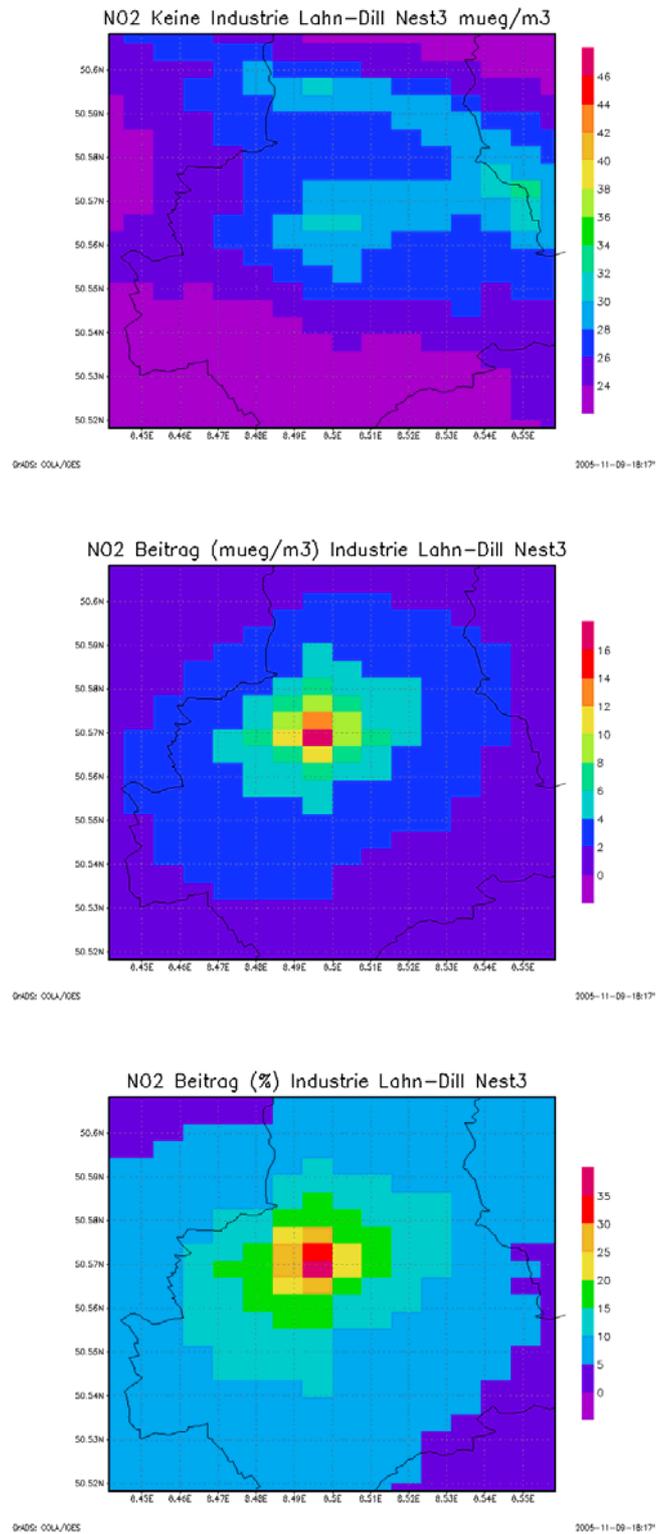


Abbildung 28: Oben: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Industrie,“. Mitte und unten: Beitrag der Industrie-Emissionen im Nest 3 in µg/m³ und % zu den NO₂-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.

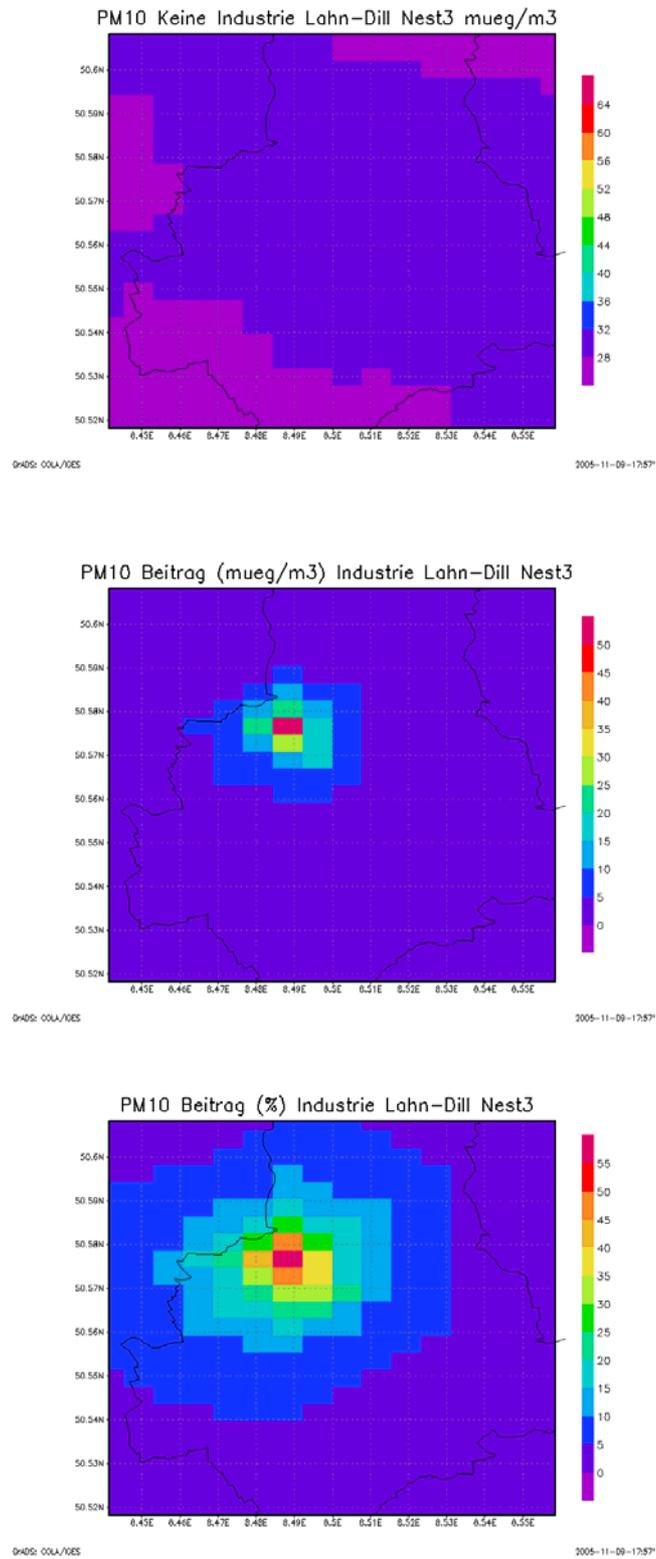


Abbildung 29: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Industrie,“. Mitte und unten: Beitrag der Industrie-Emissionen im Nest 3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.

4.4 Kein Hausbrand im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3

Der Beitrag der Hausbrandemissionen zu den NO₂-Jahresmittelwerten konzentriert sich auf das Stadtzentrum von Wetzlar (Abbildung 30). Die Beiträge sind aber recht gering und liegen nur zwischen 0.5 und 1.5 µg/m³ oder 2 bis 4%. Ähnliches gilt auch für PM10 (Abbildung 31), mit allerdings noch niedrigeren Beiträgen. Von allen drei betrachteten Gruppen hat der Hausbrand damit die geringsten Anteile an der Immissionsbelastung.

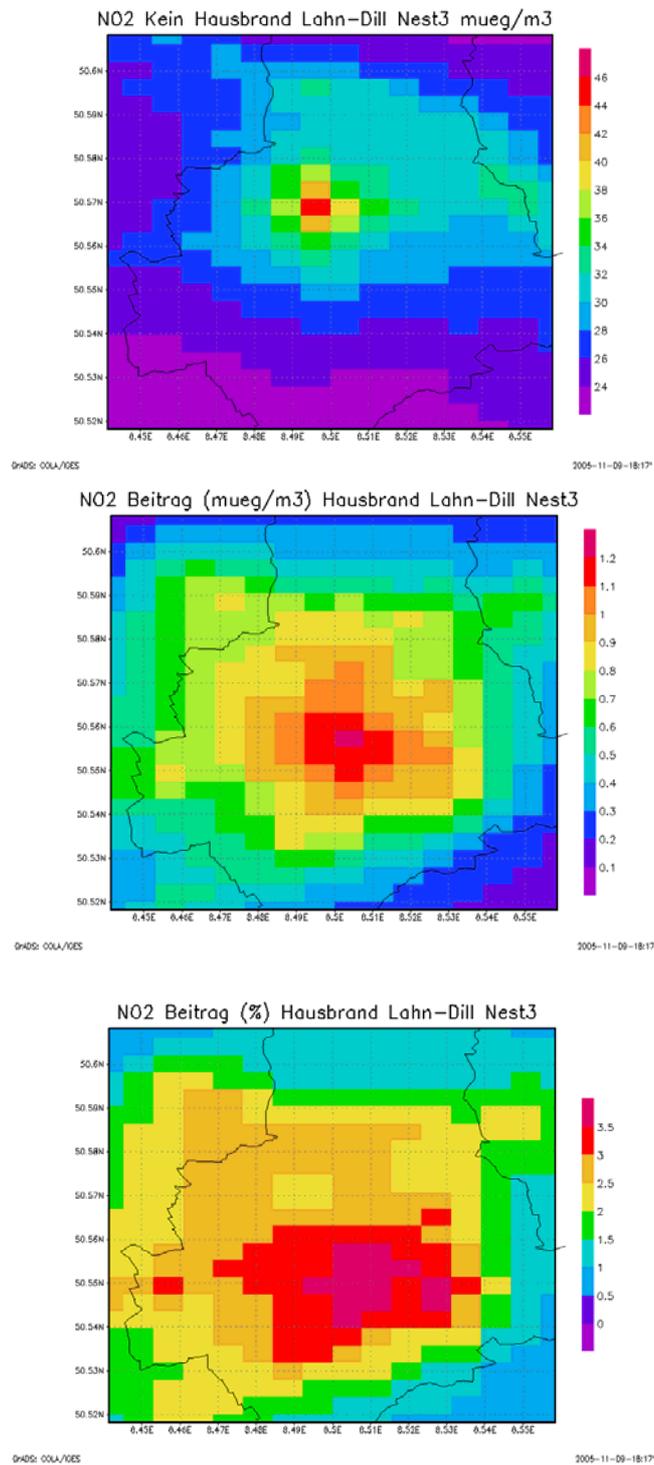


Abbildung 30: Oben: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Hausbrand,“. Mitte und unten: Beitrag der Hausbrand-Emissionen im Nest 3 in µg/m³ und % zu den NO₂-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.

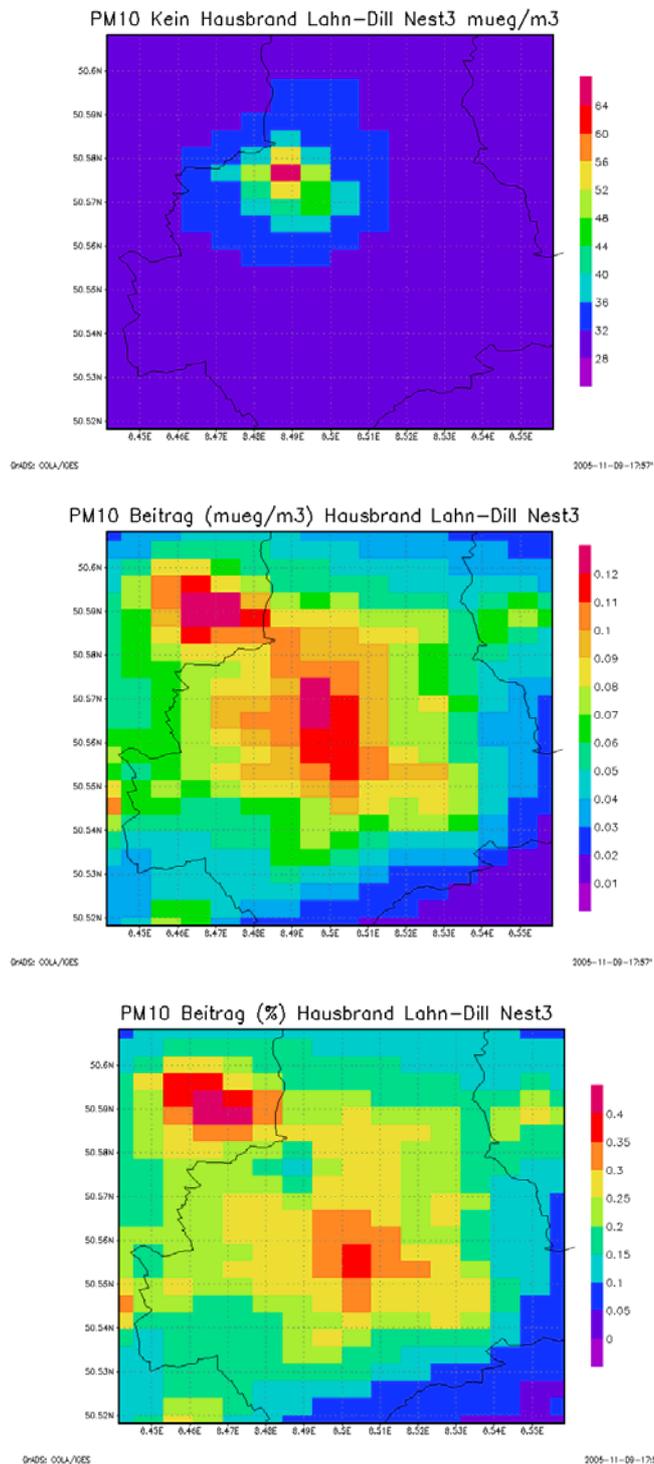


Abbildung 31: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Hausbrand,“. Mitte und unten: Beitrag der Hausbrand-Emissionen im Nest 3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.

4.5 Beitrag der Quellgruppen zur Vorbelastung der 15 Straßenräume

In Tabelle 18 bis Tabelle 21 sind die für die 15 Straßen berechnete Vorbelastung von NO₂ und PM10 zusammengestellt. Die Tabellen zeigen weiterhin die absoluten und relativen Beiträge aller Emissionen im Untersuchungsgebiet sowie die der Verursachergruppen Hausbrand, Verkehr und Industrie zu dieser Vorbelastung. Es muss betont werden, dass die Addition der hier berechneten Beiträge der Verursachergruppen Verkehr, Industrie und Hausbrand nicht exakt zu der Gesamtkonzentration führen, wie sie sich unter der Verwendung aller Emissionen im Nest 3 ergeben. Ursache dafür sind zum einen die nicht gesondert betrachteten Immissionsbeiträge der Landwirtschaft, der Kleinverbraucher, der Sonstigen Quellen (nur PM10) und der Staubaufwirbelung von natürlichen Böden (nur PM10). Zum anderen müssen die nichtlinearen Beziehungen zwischen den Vorläuferemissionen und den über eine komplexe Kette chemischer Reaktionen entstehenden Folgeprodukten NO₂ und PM10 berücksichtigt werden. Eine Änderung der Zusammensetzung der Emissionen führt also auch zu einer Änderung der chemischen Abläufe und damit zu einer Änderung der Konzentrationsbeiträge. Aus diesem Grunde können die berechneten Beiträge der einzelnen Emissionsgruppen zur Gesamtkonzentration auch nur als Näherung betrachtet werden.

Es können zwischen 23% (Wetzlarer Straße 12) und 55% (Hermannsteinerstraße 35) der NO₂-Vorbelastung über den betrachteten Straßenschluchten durch die Emissionen im Nest 3 erklärt werden. Von den 3 untersuchten Quellgruppen stellen Verkehr und Industrie mit Abstand die höchsten Beiträge zur Vorbelastung. Die Beiträge variieren aber stark zwischen den einzelnen Straßenräumen. An der am höchsten belasteten Straße, der Hermannsteinerstraße 35 stellen der Verkehr nur circa 13 bis 14% der NO₂-Vorbelastung, die Industrie dagegen 32 bis 33%. Den höchsten Anteil liefert der Verkehr mit über 22% an der Gloelstraße 15. Der Anteil der Industrie ist hier mit 16% auch beträchtlich, aber doch deutlich niedriger als der des Verkehrs.

Der Beitrag der Emissionen innerhalb des Nestes 3 zu den PM10-Immissionen ist niedriger als derjenige zu den NO₂-Immissionen. Beim PM10 tragen die Emissionen im Gebiet nur zwischen 18% (Braunfelserstraße) und 45% (Hermannsteinerstraße 35) zur Vorbelastung an den ausgewählten Straßen bei. Im Mittel stammen über 75% der PM10-Vorbelastung aus Quellen außerhalb des Nestes 3. Beim PM10 stellt die Industrie im Nest 3 den größten Einzelbeitrag zur Vorbelastung, gefolgt vom Verkehr.

Im Mittel ist der Beitrag der Verkehrsemissionen zu den NO₂-Vorbelastungen etwas höher als der der Industrie. An einzelnen Straßen kann es aber auch umgekehrt sein (z.B. Hermannsteinerstraße oder Sophienstraße). Beim PM10 ist der Beitrag der industriellen Emissionen zur Vorbelastung aber eindeutig circa 2 bis 3mal so hoch wie der Beitrag der Verkehrsemissionen.

NO ₂ µg/m ³	Vorbelastung	Hintergrund	Gesamtbeitrag	Anteil	Anteil	Anteil
			Nest 3	Kfz	Industrie	Hausbrand
Neustadt 60	34.0	19.0	15.0	6.1	5.4	1.1
Ernst-Leitz-Straße 36	32.0	19.0	13.0	5.5	4.3	1.1
Braunfelser Straße 4	28.6	18.8	9.8	3.8	3.3	0.9
Wetzlarer Straße 12	24.7	19.0	5.7	2.1	1.9	0.6
Nauborner Straße 38	29.4	19.2	10.2	4.7	2.5	1.1
Bergstraße 17	31.4	19.2	12.2	6.0	3.1	1.2
Philosophenweg 14	31.0	19.3	11.7	5.4	3.4	1.1
Kreisstraße 97	31.0	19.7	11.3	6.0	2.9	0.9
Gloelstraße 15	37.5	19.0	18.5	8.4	6.0	1.1
Karl-Kellner-Ring 23	34.0	19.0	15.0	6.1	5.4	1.1
Sophienstraße 1A	36.7	18.9	17.8	6.9	7.1	1.1
Hauptstraße 4	27.7	18.6	9.1	5.2	1.9	0.8
Hermannsteiner Straße 35	41.5	18.8	22.7	5.6	13.5	1.0
Weingartenstraße 8	34.4	18.8	15.6	6.1	6.5	1.0
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	39.1	19.0	20.1	7.1	9.6	1.1
Mittel	32.9	19.0	13.8	5.7	5.1	1.0

Tabelle 18: Berechnete NO₂-Vorbelastung (Jahresmittelwert) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Absoluter Beitrag des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.

NO ₂	Vorbelastung	Hintergrund	Gesamtbeitrag	Anteil	Anteil	Anteil
	µg/m ³		Nest 3	Kfz	Industrie	Hausbrand
Neustadt 60	34	55.9	44.1	17.9	15.9	3.2
Ernst-Leitz-Straße 36	32	59.4	40.6	17.2	13.4	3.4
Braunfelder Straße 4	28.6	65.7	34.3	13.3	11.5	3.1
Wetzlarer Straße 12	24.7	76.9	23.1	8.5	7.7	2.4
Nauborner Straße 38	29.4	65.3	34.7	16.0	8.5	3.7
Bergstraße 17	31.4	61.1	38.9	19.1	9.9	3.8
Philosophenweg 14	31	62.3	37.7	17.4	11.0	3.5
Kreisstraße 97	31	63.5	36.5	19.4	9.4	2.9
Gloelstraße 15	37.5	50.7	49.3	22.4	16.0	2.9
Karl-Kellner-Ring 23	34	55.9	44.1	17.9	15.9	3.2
Sophienstraße 1A	36.7	51.5	48.5	18.8	19.3	3.0
Hauptstraße 4	27.7	67.1	32.9	18.8	6.9	2.9
Hermannsteiner Straße 35	41.5	45.3	54.7	13.5	32.5	2.4
Weingartenstraße 8	34.4	54.7	45.3	17.7	18.9	2.9
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	39.1	48.6	51.4	18.2	24.6	2.8
	32.9	58.9	41.1	17.1	14.8	3.1

Tabelle 19: Berechnete NO₂-Vorbelastung (Jahresmittelwert in µg/m³) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Relativer Beitrag (%) des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.

PM10 µg/m3	Vorbelastung	Hintergrund	Gesamtbeitrag	Anteil	Anteil	Anteil
			Nest 3	Kfz	Industrie	Hausbrand
Neustadt 60	32.7	25.2	7.5	1.5	3.3	0.2
Ernst-Leitz-Straße 36	31.6	25.2	6.4	1.2	2.5	0.2
Braunfelser Straße 4	30.9	25.3	5.6	0.7	2.3	0.1
Wetzlarer Straße 12	28.8	25.4	3.4	0.4	0.9	0.1
Nauborner Straße 38	30.7	25.4	5.3	1.0	1.8	0.3
Bergstraße 17	31.4	25.5	5.9	1.1	1.9	0.1
Philosophenweg 14	31.2	25.4	5.8	1.0	2.1	0.2
Kreisstraße 97	30.8	25.6	5.2	1.0	1.7	0.2
Gloelstraße 15	35.7	25.2	10.5	2.2	5.3	0.2
Karl-Kellner-Ring 23	32.7	25.2	7.5	1.5	3.3	0.2
Sophienstraße 1A	34.9	25.3	9.6	1.6	5.1	0.1
Hauptstraße 4	31.4	25.1	6.3	0.8	2.9	0.1
Hermannsteiner Straße 35	46.0	25.2	20.8	1.2	16.8	0.1
Weingartenstraße 8	36.0	25.2	10.8	1.1	7.0	0.1
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	37.4	25.1	12.3	1.6	7.8	0.2
Mittel	33.5	25.3	8.2	1.2	4.3	0.2

Tabelle 20: Berechnete PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Absoluter Beitrag des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.

PM10	Vorbelastung	Hintergrund	Gesamtbeitrag	Anteil	Anteil	Anteil
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		Nest 3	Kfz	Industrie	Hausbrand
Neustadt 60	32.7	77.1	22.9	4.6	10.1	0.6
Ernst-Leitz-Straße 36	31.6	79.7	20.3	3.8	7.9	0.6
Braunfelser Straße 4	30.9	81.9	18.1	2.3	7.4	0.3
Wetzlarer Straße 12	28.8	88.2	11.8	1.4	3.1	0.3
Nauborner Straße 38	30.7	82.7	17.3	3.3	5.9	1.0
Bergstraße 17	31.4	81.2	18.8	3.5	6.1	0.3
Philosophenweg 14	31.2	81.4	18.6	3.2	6.7	0.6
Kreisstraße 97	30.8	83.1	16.9	3.2	5.5	0.6
Gloelstraße 15	35.7	70.6	29.4	6.2	14.8	0.6
Karl-Kellner-Ring 23	32.7	77.1	22.9	4.6	10.1	0.6
Sophienstraße 1A	34.9	72.5	27.5	4.6	14.6	0.3
Hauptstraße 4	31.4	79.9	20.1	2.5	9.2	0.3
Hermannsteiner Straße 35	46.0	54.8	45.2	2.6	36.5	0.2
Weingartenstraße 8	36.0	70.0	30.0	3.1	19.4	0.3
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	37.4	67.1	32.9	4.3	20.9	0.5
	33.5	76.5	23.5	3.5	11.9	0.5

Tabelle 21: Berechnete PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Relativer Beitrag (%) des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.

4.6 Keine Emissionen der Bundesautobahnen und Bundesstraßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3

Für dieses Szenario wurden die Autobahn- und die Bundesstraßen-Emissionen im Nest 3 (Abbildung 3) auf Null gesetzt. Abbildung 32 zeigt den relativen Beitrag dieser Emissionen zur gesamten durch den Verkehr verursachten NO_2 - und PM_{10} -Vorbelastung. Im gesamten nördlichen und mittleren Bereich des Nestes 3 wird die vom Verkehr verursachte Vorbelastung von den Emissionen der durch das Gebiet verlaufenden Autobahnen bzw. Bundesstraßen dominiert. Lediglich im Süden im Bereich der in die Innenstadt von Wetzlar führenden Landesstraßen und im südlichen Zentrum von Wetzlar tragen diese Emissionen unter 50% zur verkehrsbedingten Vorbelastung bei. Abbildung 33 und Abbildung 34 zeigen die durch die Autobahnemissionen im Nest 3 verursachten absoluten und relativen Beiträge zur NO_2 - bzw. PM_{10} -Gesamtkonzentration (siehe Abbildung 17 und Abbildung 19). Die Tabelle 22 und Tabelle 23 zeigen den relativen Beitrag der Autobahn- und Bundesstraßenemissionen zu der vom Verkehr verursachten Vorbelastung im Bereich der 15 ausgewählten Straßenräume.

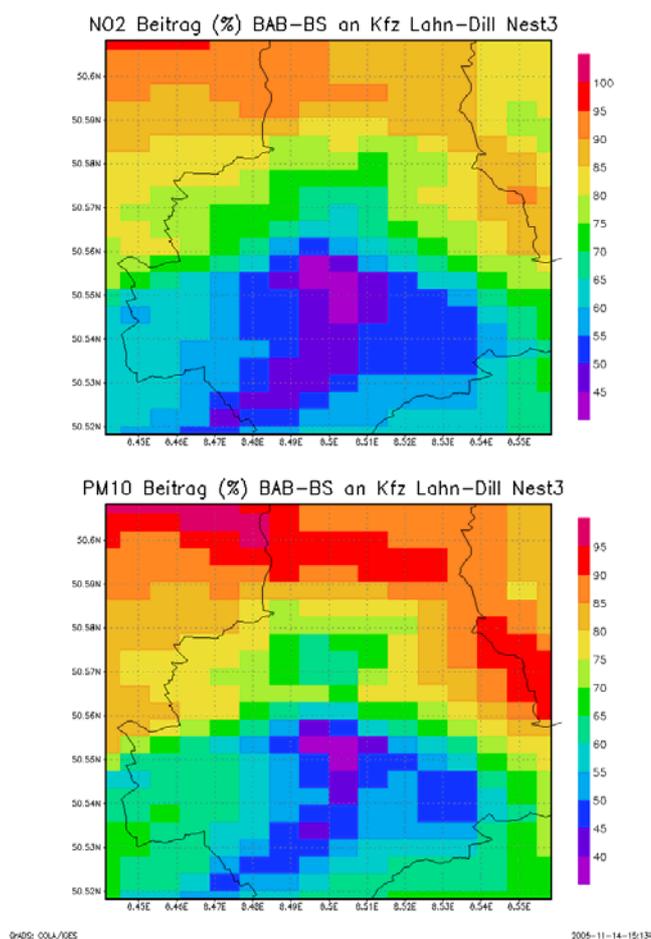


Abbildung 32: Beitrag (%) der Emissionen der Bundesautobahnen und der Bundesstraßen im Nest 3 zum Beitrag der Verursachergruppe Verkehr zum NO_2 - bzw. PM_{10} -Jahresmittelwert 2003.

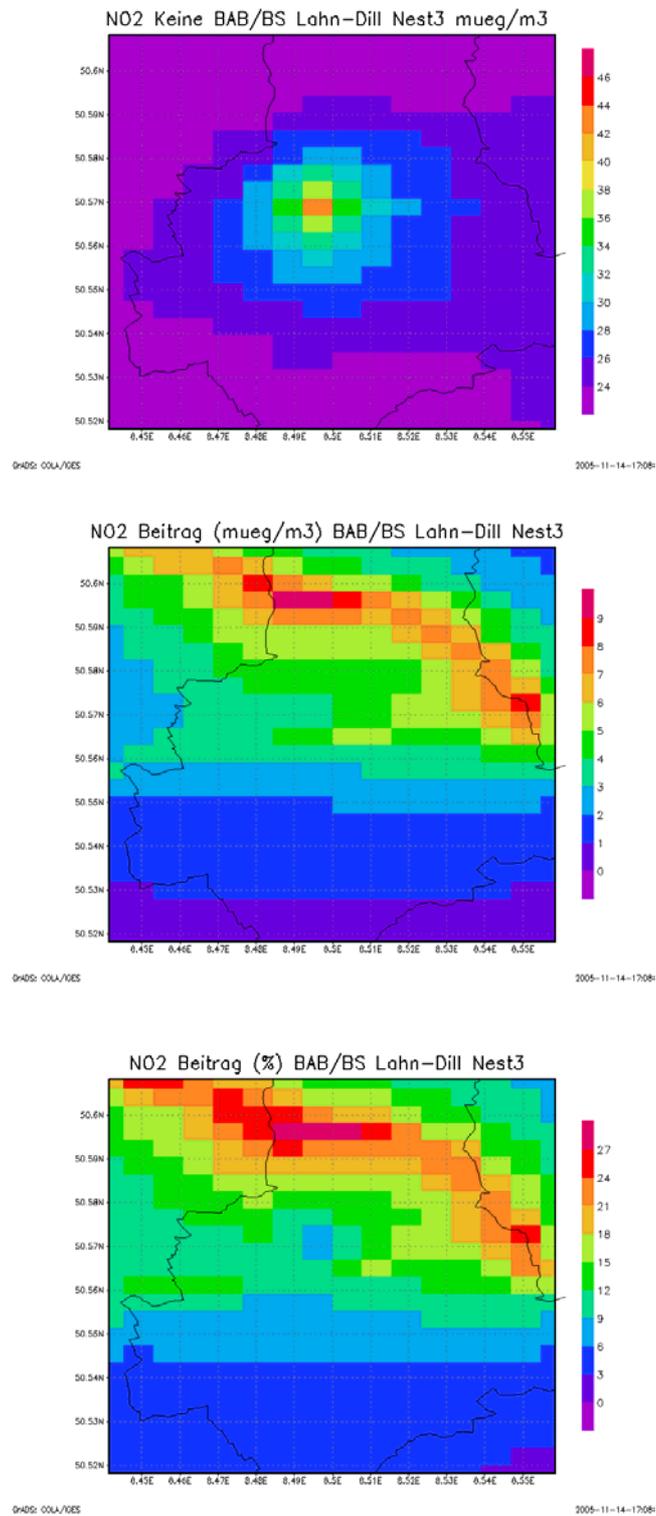


Abbildung 33: Oben: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Autobahnen und Bundesstraßen“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen auf den Bundesautobahnen und Bundesstraßen im Nest 3 in µg/m³ und % zu den NO₂-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 17).

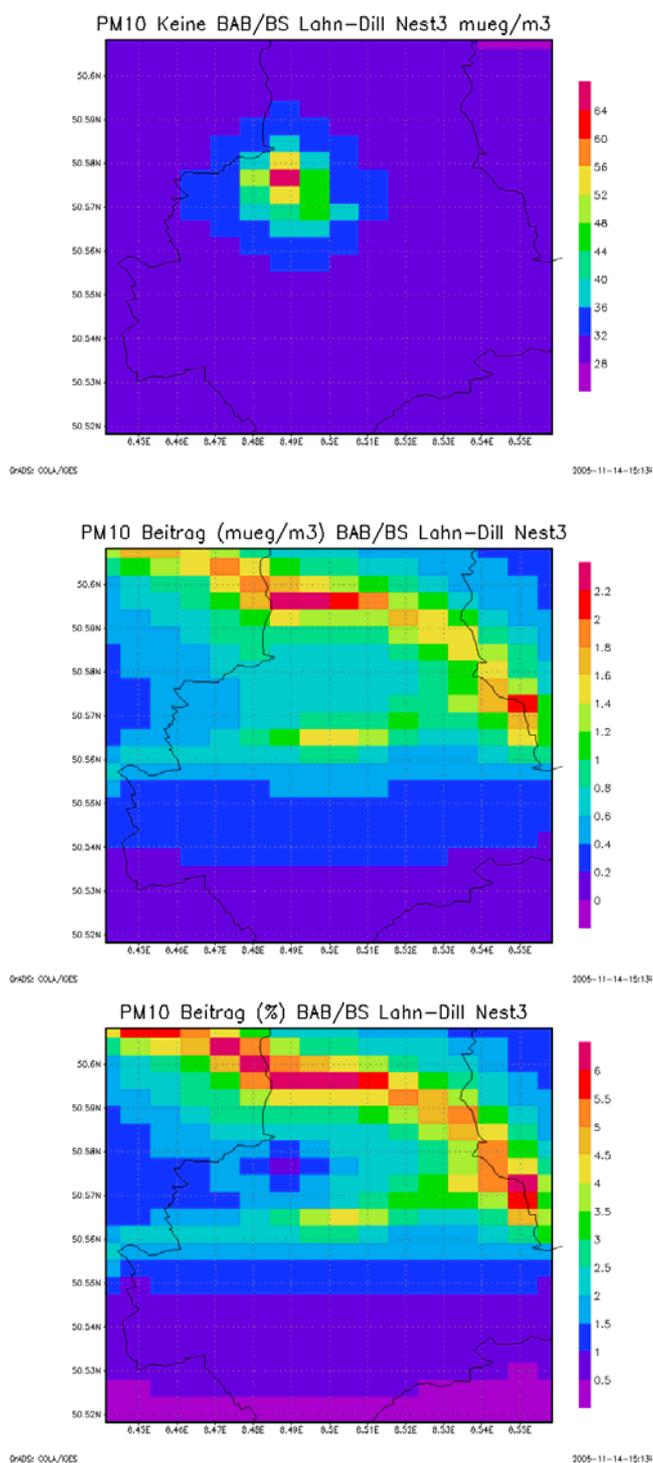


Abbildung 34: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Autobahn und Bundesstraßen. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen auf den Bundesautobahnen und den Bundesstraßen im Nest 3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 19).

NO₂	Beitrag Kfz µg/m³	Beitrag BAB/BS in % an KFZ-Beitrag
Neustadt 60	6.1	42.6
Ernst-Leitz-Straße 36	5.5	41.8
Braunfelser Straße 4	3.8	50.0
Wetzlarer Straße 12	2.1	52.4
Nauborner Straße 38	4.7	42.6
Bergstraße 17	6.0	41.7
Philosophenweg 14	5.4	55.6
Kreisstraße 97	6.0	75.0
Gloelstraße 15	8.4	64.3
Karl-Kellner-Ring 23	6.1	42.6
Sophienstraße 1A	6.9	52.2
Hauptstraße 4	5.2	86.5
Hermannsteiner Straße 35	5.6	66.1
Weingartenstraße 8	6.1	70.5
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	7.1	63.4
Mittel	5.7	56.5

Tabelle 22: Relativer Beitrag in % der Autobahn- und Bundesstraßenemissionen zu der NO₂-Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursachergruppe Verkehr zugeordnet werden kann.

PM10	Beitrag Kfz µg/m³	Beitrag BAB/BS in % an KFZ-Beitrag
Neustadt 60	1.5	46.7
Ernst-Leitz-Straße 36	1.2	41.7
Braunfelser Straße 4	0.7	42.9
Wetzlarer Straße 12	0.4	50.0
Nauborner Straße 38	1.0	50.0
Bergstraße 17	1.1	36.4
Philosophenweg 14	1.0	60.0
Kreisstraße 97	1.0	80.0
Gloelstraße 15	2.2	68.2
Karl-Kellner-Ring 23	1.5	46.7
Sophienstraße 1A	1.6	56.3
Hauptstraße 4	0.8	87.5
Hermannsteiner Straße 35	1.2	58.3
Weingartenstraße 8	1.1	63.6
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	1.6	62.5
Mittel	1.2	56.7

Tabelle 23: Relativer Beitrag in % der Autobahn- und Bundesstraßenemissionen zu der PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursachergruppe Verkehr zugeordnet werden kann.

4.7 Keine Emissionen der Fa. Buderus im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3

In diesem Szenario wurden alle industriellen Emissionen auf Null gesetzt, die der Fa. Buderus zugeordnet werden können. Die Buderus-Werke stellen den Hauptanteil der industriellen Emissionen im Nest 3. Die diesbezüglichen Emissionsanteile können in Kap. 2.5.2 gefunden werden. Abbildung 35 und Abbildung 36 zeigen die durch die Buderus-Emissionen im Nest 3 verursachten absoluten und relativen Beiträge zur NO₂- bzw. PM10-Gesamtkonzentration (siehe Abbildung 17 und Abbildung 19). Bis auf wenige Gitterboxen wird der Industriebeitrag im Nest 3 durch die Buderus-Emissionen dominiert. Die Tabelle 24 und die Tabelle 25 zeigen den relativen Beitrag der Buderus-Emissionen zu der von der Industrie verursachten Vorbelastung im Bereich der 15 ausgewählten Straßenräume. Es ist offensichtlich, dass für alle Straßen nahezu der gesamte industrielle Vorbelastungsanteil aus Anlagen der Fa. Buderus stammt.

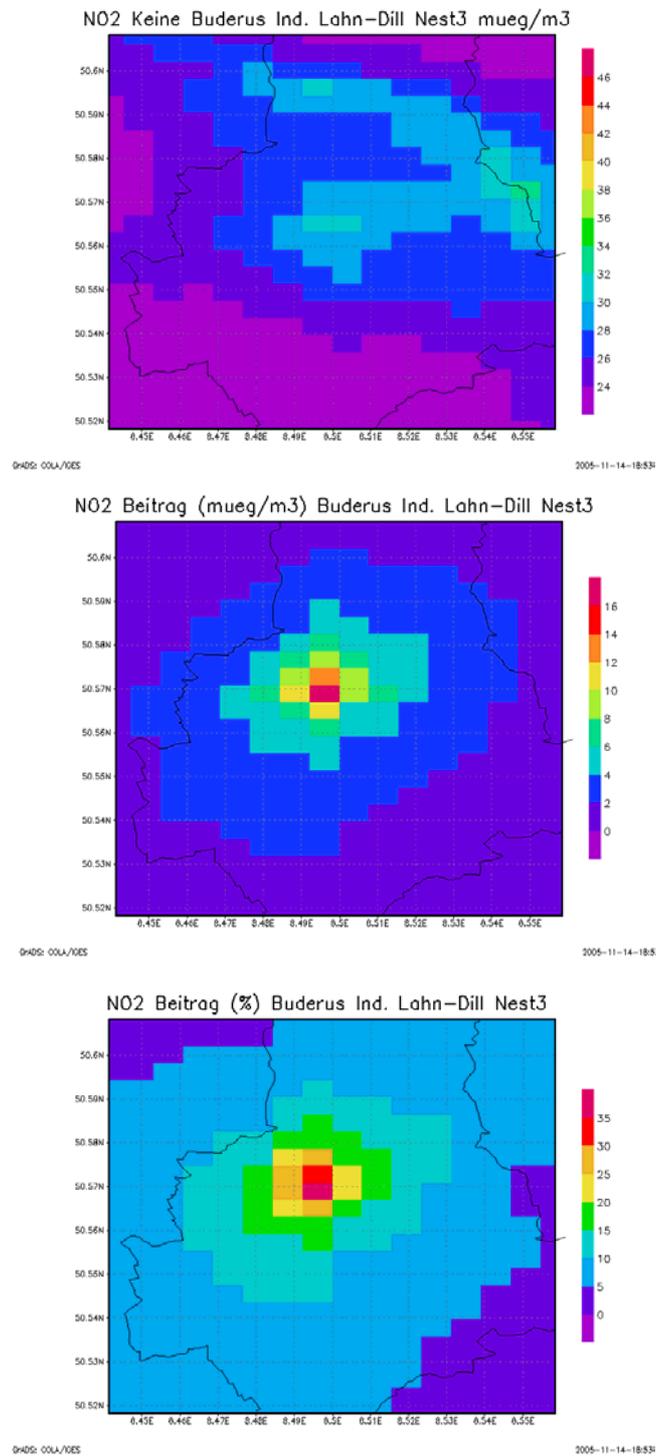


Abbildung 35: Oben: Berechnete NO₂-Jahresmittelwerte in µg/m³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Buderus-Emissionen“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen der Fa. Buderus im Nest 3 in µg/m³ und % zu den NO₂-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 17).

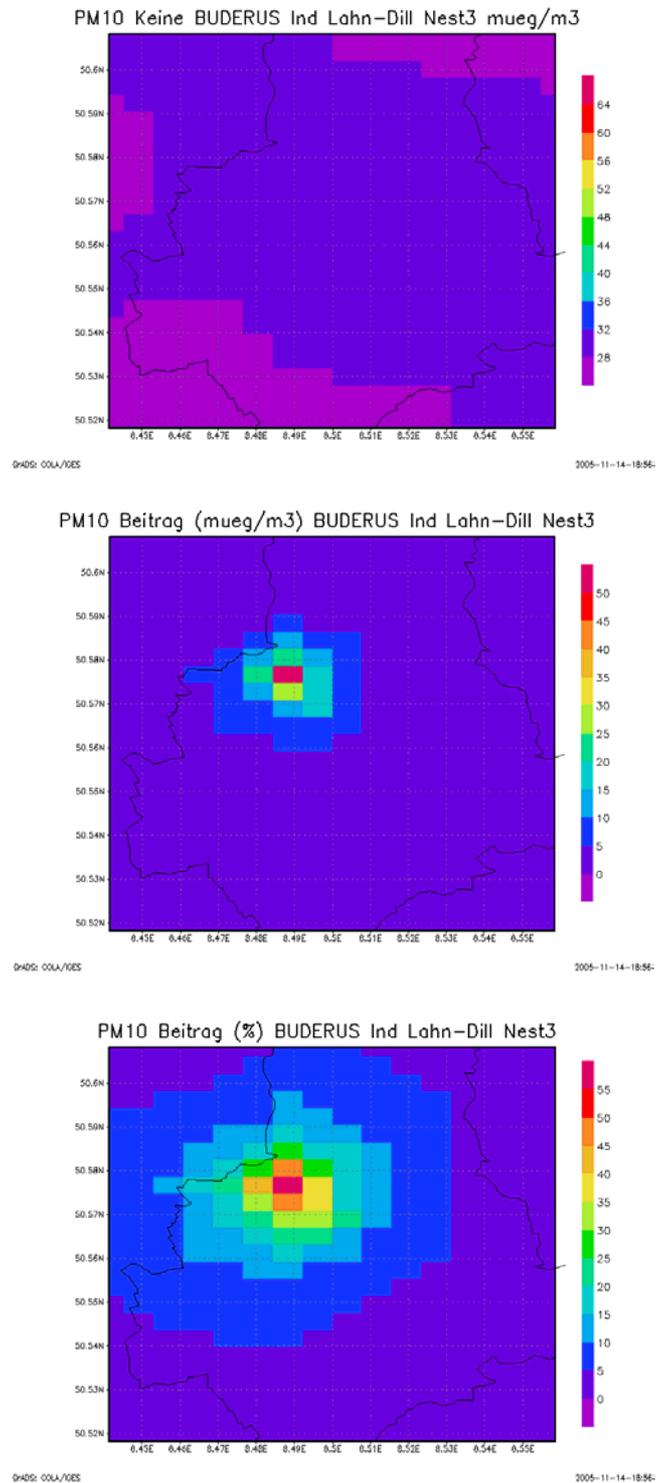


Abbildung 36: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Buderus-Emissionen“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen der Fa. Buderus im Nest 3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 19).

NO₂	Beitrag Industrie µg/m³	Beitrag Buderus in % an Industriebeitrag
Neustadt 60	5.4	98.1
Ernst-Leitz-Straße 36	4.3	97.7
Braunfelser Straße 4	3.3	97.0
Wetzlarer Straße 12	1.9	100.0
Nauborner Straße 38	2.5	100.0
Bergstraße 17	3.1	96.8
Philosophenweg 14	3.4	97.1
Kreisstraße 97	2.9	96.6
Gloelstraße 15	6.0	100.0
Karl-Kellner-Ring 23	5.4	98.1
Sophienstraße 1A	7.1	100.0
Hauptstraße 4	1.9	100.0
Hermannsteiner Straße 35	13.5	100.0
Weingartenstraße 8	6.5	98.5
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	9.6	99.0
Mittel	5.1	98.6

Tabelle 24: Relativer Beitrag in % der Buderus-Emissionen zu der NO₂-Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursacherguppe Industrie zugeordnet werden kann.

PM10	Beitrag Industrie µg/m3	Beitrag Buderus in % an Industrieanteil
Neustadt 60	3.3	100.0
Ernst-Leitz-Straße 36	2.5	100.0
Braunfelser Straße 4	2.3	100.0
Wetzlarer Straße 12	0.9	100.0
Nauborner Straße 38	1.8	100.0
Bergstraße 17	1.9	100.0
Philosophenweg 14	2.1	100.0
Kreisstraße 97	1.7	100.0
Gloelstraße 15	5.3	100.0
Karl-Kellner-Ring 23	3.3	100.0
Sophienstraße 1A	5.1	100.0
Hauptstraße 4	2.9	96.6
Hermannsteiner Straße 35	16.8	99.4
Weingartenstraße 8	7.0	98.6
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	7.8	100.0
Mittel	4.3	99.6

Tabelle 25: Relativer Beitrag in % der Buderus-Emissionen zu der PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursacherguppe Industrie zugeordnet werden kann.

4.8 Das CLE/NEC-Szenario

Die emissionsseitigen Randbedingungen dieses Szenario sind im Detail in Kap.2.5.2 beschrieben. Im Gegensatz zu den anderen Szenarien, die nur die Emissionen im Nest 3 betrafen, wurden die auf dem CLE/NEC-Szenario beruhenden Emissionsänderungen auf ganz Europa angewandt. Dies bedeutet, dass die Szenario-Berechnungen für alle Untersuchungsgebiete durchgeführt werden mussten, um den Randbedingungen für die Nester 1, 2 und 3 die Emissionsbedingungen des CLE/NEC-Szenarios aufzuprägen.

Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen die NO₂- bzw. PM10-Jahresmittelwerte, die sich unter den Emissionsbedingungen des NEC/CLE2010-Szenarios im Raum Wetzlar einstellen würden. Ebenfalls abgebildet sind die absoluten und relativen Immissionsänderungen vom Ist-Zustand nach 2010. Nach den Berechnungen sinken die NO₂-Jahresmittelwerte bis 2010 zwischen 6 und 8 µg/m³ oder 18 bis 26%. Für PM10 liegen die Abnahmen zwischen 2 und 7 µg/m³ oder 5 bis 11%. Insbesondere im Einflussbereich der industriellen Anlagen bleiben die Immissionen auch unter den Emissionsannahmen des NEC/CLE-Szenarios noch relativ hoch, da die projizierte Abnahme der industriellen Emissionen geringer ist als die mittlere Emissionsabnahme in Deutschland (siehe Kap. 2.5.2). Zu einer entscheidenden Senkung der Immissionen im Umfeld der Industrieanlagen sind daher über das NEC/CLE-Szenario hinausgehende Minderungsmaßnahmen notwendig.

In der Tabelle 26 und der Tabelle 27 sind die berechneten Vorbelastungen für die 15 Straßenräume unten den Emissionsbedingungen des Ist-Zustands (Basislauf) sowie den Emissionsbedingungen des NEC/CLE-Szenarios 2010 zusammengestellt. Im Mittel bewirkt die Emissionsabsenkung bis 2010 eine Abnahme der PM10-Vorbelastung zwischen circa 4 und 6 µg/m³, der NO₂-Vorbelastung zwischen 6 und 8.5 µg/m³. Die Auswirkungen der Absenkung der Vorbelastung auf die Immissionen in den Straßenschluchten kann in dem Beitrag der Fa. IVU-Umwelt gefunden werden.

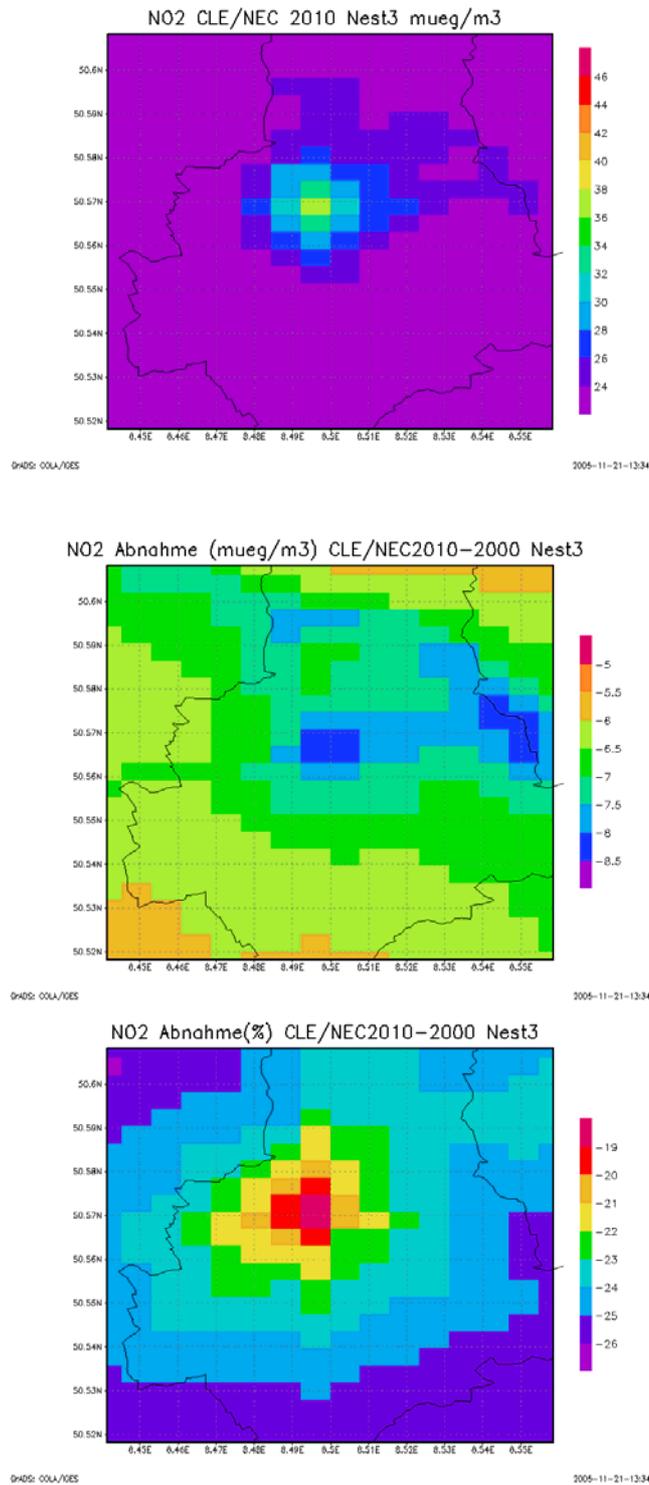


Abbildung 37: Oben: Berechneter NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³ in Wetzlar, Nest 3 für das NEC/CLE-Szenario 2010. Mitte und unten: Änderung im Nest 3 in µg/m³ und % bezogen auf den (Basislauf 2003, siehe Abbildung 17).

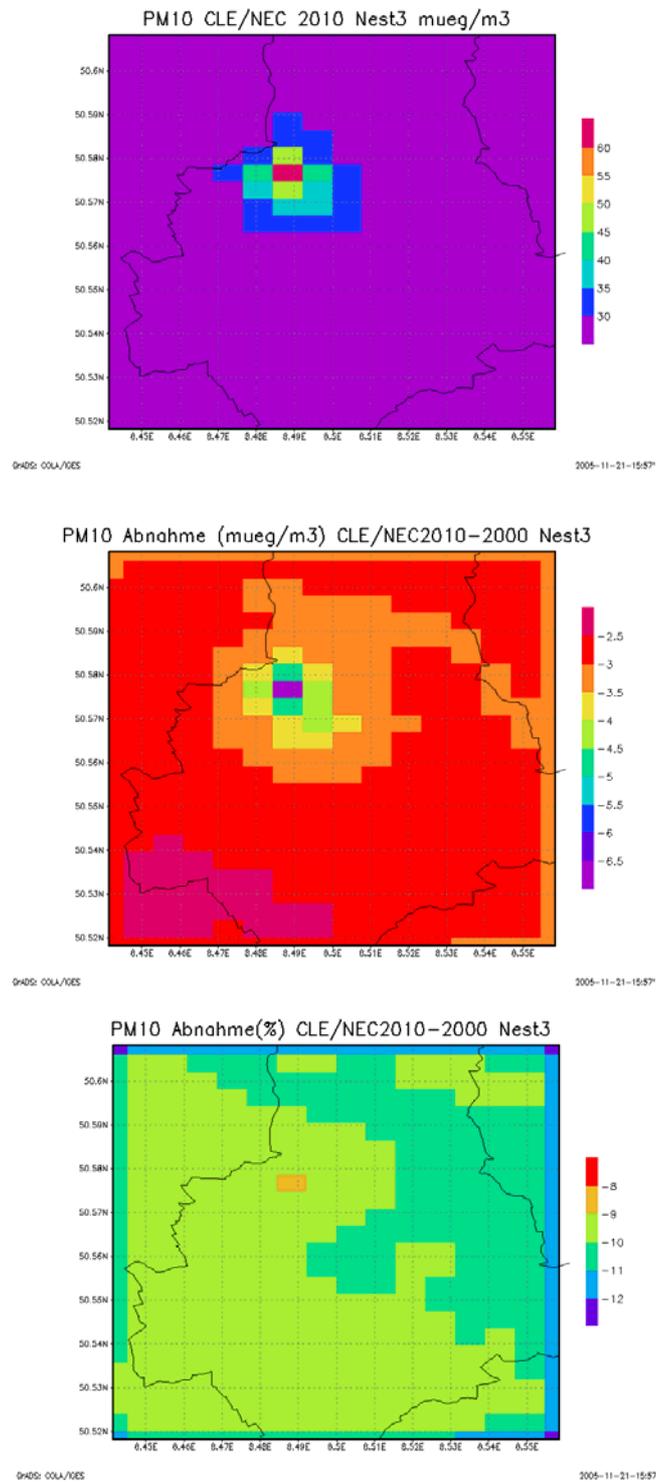


Abbildung 38: Oben: Berechneter PM10-Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Wetzlar, Nest 3 für das NEC/CLE-Szenario 2010. Mitte und unten: Änderung im Nest 3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und % bezogen auf den (Basislauf 2003, siehe Abbildung 19).

NO₂ µg/m³	Vorbelastung µg/m³	Vorbelastung CLE/NEC 2010 µg/m³	Änderung µg/m³	Änderung %
Neustadt 60	34.0	26.6	-7.4	-21.8
Ernst-Leitz-Straße 36	32.0	24.8	-7.2	-22.5
Braunfelser Straße 4	28.6	21.9	-6.7	-23.4
Wetzlarer Straße 12	24.7	18.6	-6.1	-24.7
Nauborner Straße 38	29.4	22.5	-6.9	-23.5
Bergstraße 17	31.4	24	-7.4	-23.6
Philosophenweg 14	31.0	23.9	-7.1	-22.9
Kreisstraße 97	31.0	23.6	-7.4	-23.9
Gloelstraße 15	37.5	29.2	-8.3	-22.1
Karl-Kellner-Ring 23	34.0	26.6	-7.4	-21.8
Sophienstraße 1A	36.7	29	-7.7	-21.0
Hauptstraße 4	27.7	21	-6.7	-24.2
Hermannsteiner Straße 35	41.5	33.9	-7.6	-18.3
Weingartenstraße 8	34.4	27.1	-7.3	-21.2
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	39.1	31	-8.1	-20.7
Mittel	32.9	25.6	-7.3	-22.4

Tabelle 26: Berechnete NO₂-Vorbelastung für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3, unter den Emissionsbedingungen des Ist-Zustands (Basislauf) und den Emissionsbedingungen NEC/CLE 2010. Absolute und Relative Änderung der Vorbelastung vom Ist-Zustand nach 2010.

PM10 µg/m3	Vorbelastung µg/m3	Vorbelastung CLE/NEC 2010 µg/m3	Änderung µg/m3	Änderung %
Neustadt 60	32.7	27.8	-4.9	-15.0
Ernst-Leitz-Straße 36	31.6	26.8	-4.8	-15.2
Braunfelser Straße 4	30.9	26.2	-4.7	-15.2
Wetzlarer Straße 12	28.8	24.3	-4.5	-15.6
Nauborner Straße 38	30.7	25.9	-4.8	-15.6
Bergstraße 17	31.4	26.6	-4.8	-15.3
Philosophenweg 14	31.2	26.4	-4.8	-15.4
Kreisstraße 97	30.8	25.9	-4.9	-15.9
Gloelstraße 15	35.7	30.3	-5.4	-15.1
Karl-Kellner-Ring 23	32.7	27.8	-4.9	-15.0
Sophienstraße 1A	34.9	29.7	-5.2	-14.9
Hauptstraße 4	31.4	26.7	-4.7	-15.0
Hermannsteiner Straße 35	46.0	39.9	-6.1	-13.3
Weingartenstraße 8	36.0	30.7	-5.3	-14.7
Hermannsteiner Straße (HLUG-Messstation)	37.4	32	-5.4	-14.4
Mittel	33.5	28.5	-5.0	-15.0

Tabelle 27: Berechnete PM10-Vorbelastung für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3, unter den Emissionsbedingungen des Ist-Zustands (Basislauf) und den Emissionsbedingungen NEC/CLE 2010. Absolute und Relative Änderung der Vorbelastung vom Ist-Zustand nach 2010.

5 Zusammenfassung

Dieser Bericht beschreibt die Anwendung des chemischen Transportmodells REM-CALGRID (RCG) auf die Region Lahn-Dill. Das Modell wurde eingesetzt, um für das Bezugsjahr 2003 für 15 Straßen die zur Anwendung des Straßenschluchtmodells CPB notwendigen Vorbelastungskonzentrationen von NO, NO₂, PM10 und Ozon zu liefern.

Weiterhin wurden zur Ursachenanalyse eine Reihe grundlegender Emissionsszenarien auf ihre immissionsseitigen Auswirkungen im Raum Wetzlar untersucht. Es wurden folgende Szenarien berechnet:

- Keine Emissionen
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Hausbrand
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Straßenverkehr
- Keine Emissionen der Verursachergruppe Industrie
- Keine Autobahn- und keine Bundesstraßenemissionen
- Keine Emissionen der Anlagen der Fa. Buderus

Neben diesen lokalen Szenarien wurden europaweite Szenarienrechnungen zur zukünftigen Emissionsentwicklung bis 2010 durchgeführt.

Die RCG-Anwendung erfolgte genestet in 4 Gebieten mit ansteigender horizontaler Auflösung:

- Europa (Nest 0),
- Deutschland (Nest 1),
- Großraum Lahn-Dill mit Wetzlar und Gießen (Nest 2),
- Stadtgebiet Wetzlar und Umgebung (Nest 3)

Die berechneten Konzentrationen in den 15 ausgewählten Straßenräumen im Gebiet Wetzlar wurden bezüglich ihrer Herkunft aufgeschlüsselt. Den größten Beitrag zu der PM10-Gesamtbelastung liefern die sekundären Aerosole, die zum überwiegenden Teil außerhalb des Stadtgebiets von Wetzlar gebildet und dann in die Stadt transportiert werden. Je nach Straßenraum stellen sie zwischen 38% und 62% der PM10-Gesamtbelastung. Dieser Teil des PM10 kann mit lokalen Maßnahmen kaum beeinflusst werden. Die direkt emittierten primären PM10-Anteile stellen den zweitgrößten Anteil an den Gesamtkonzentrationen.

Im Mittel stammen beim PM10 circa 25 µg/m³ der Vorbelastung aus dem Hintergrund, d.h. aus Emissionen außerhalb von Nest 3 (Stadtgebiet von Wetzlar). Der Stadtbeitrag liegt circa zwischen 5 und 21 µg/m³ (Stadtanteil aus den Emissionen des Nestes 3). Der Straßenbeitrag, berechnet mit dem CPB-Modell (Zusatzbelastung), schwankt in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und der Bebauung zwischen 1.9 und 7.4 µg/m³. Beim NO₂ beträgt der Anteil des Hintergrunds (Ferntransport) an der Vorbelastung circa 19 µg/m³, der Stadtbeitrag liegt zwischen 6 und 23 µg/m³ (Stadtanteil aus den Emissionen des Nestes 3), der Straßenbeitrag zwischen 3 und 18 µg/m³. Die großen Schwankungen des Stadtanteils ergeben sich aus der starken Dominanz der industriellen Emissionen, die auf wenige Standorte konzentriert sind.

Im Schnitt stammen damit circa 2/3 der PM10-Gesamtbelastung (Primäre + Sekundäre Aero-

sole) in den ausgewählten Straßen aus Emissionsgebieten außerhalb des lokalen Einzugsbereichs von Wetzlar. Damit sind nur circa 1/3 der Belastung (städtische Vorbelastung und Straßenbeitrag) durch lokale Maßnahmen zu beeinflussen. Beim NO₂ sind mehr als die Hälfte der Belastung lokalen Maßnahmen zugänglich und nur 45% der Belastung kann dem Hintergrund (Ferntransport) zugeschrieben werden.

Die mit dem RCG-Modell berechnete Vorbelastung wurde hinsichtlich ihrer lokalen Verursacher (Emissionen im Nest 3) aufgeschlüsselt. Es können zwischen 25 und 44 % der NO₂-Vorbelastung über den betrachteten Straßenschluchten durch die Emissionen im Untersuchungsgebiet (Nest 3) erklärt werden. Von den 3 untersuchten Quellgruppen Verkehr, Industrie und Hausbrand stellen Verkehr und Industrie die höchsten Beiträge zur Vorbelastung, wobei je nach Lage der untersuchten Stationen mal die Industrie, mal der Verkehr der Hauptverursacher ist. Der Beitrag der NO_x-Emissionen innerhalb des Nestes 3 zu den NO₂-Immissionen ist höher als der Beitrag der PM₁₀-Emissionen zu den PM₁₀-Immissionen. Beim PM₁₀ tragen die Emissionen im Gebiet zwischen 10 und 40% zur Vorbelastung an den ausgewählten Straßen bei. Beim PM₁₀ stellt die Industrie im Nest 3 den größten Einzelbeitrag zur Vorbelastung, gefolgt vom Verkehr.

Neben den lokalen Emissionsszenarien, bei denen lediglich die Emissionen im Nest 3 verändert wurden, erfolgte auch die Berechnung eines europaweiten Szenarios. Dazu wurde in allen Untersuchungsgebieten (Europa, Deutschland, Großraum Lahn-Dill und Umgebung, sowie Wetzlar) ein Szenario-Lauf unter den angenommenen Emissionsbedingungen für 2010 durchgeführt. Grundlage der Emissionsabschätzung 2010 bildete das so genannte CLE-Szenario („Current legislation“), das die Umsetzung bereits heute festgeschriebener Maßnahmen für das Jahr 2010 betrachtet. Diese Angaben wurden für Deutschland zusätzlich pauschal auf die nationalen Emissionshöchstmengen der NEC-Richtlinie (Amtsblatt der EU C375/1 vom 28.12. 2000) gesetzt, unter Beibehaltung der durch das CLE-Szenario vorgegebenen Emissionsstruktur. Nach den Berechnungen sinken für das NEC/CLE-Szenario die NO₂-Jahresmittelwerte bis 2010 in Wetzlar zwischen 6.1 und 8.3 µg/m³ oder 21 bis 24%. Für PM₁₀ liegen die Abnahmen zwischen 4.7 und 6.1 µg/m³ oder 13 bis 16%.

6 Literatur

- Düring, I., Lambrecht, U., Peranic, Z., Weber, G., Lohmeyer, A. (2002). Determination of „non-exhaust“ PM10 emissions of roads on the basis of the results of the roadside air quality monitoring of the German states. Particles in the size of 2.5 to 10 microns in urban areas. Workshop in support of the Clean Air for Europe (CAFE) programme of DG ENV in Berlin, Germany, November 4-6, 2002. www.trumf.fu-berlin.de/veranstaltungen
- EU (1996). Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27.9.1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 296/55 vom 21.11. 1996
- EU (1999). Richtlinie 1999/30/EG des Rats vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 163/41 vom 29.6. 1999.
- EU (2000). Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 16.11.2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 313/12 vom 13.12. 2000.
- EU (2002). Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 12.2.2002 über den Ozongehalt der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 67/14 vom 9.3. 2002.
- Hanna S.R. und Paine R.J. (1989). Hybrid Plume Dispersion Model (HPDM) Development and Evaluation. J. of Appl. Met., Vol.28, pp. 206-224
- Ingenieurbüro Janicke (2003). AUSTAL2000 Programmbeschreibung zu Version 1.0. Stand 2003-02-09. Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz. UBA F&E-Bericht 200 43 256.
- IVU-Umwelt und TRUMF (2004) Ausbreitungsrechnungen als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Rhein-Main. Bericht für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie. IVU-Umwelt GmbH und Arbeitsgruppe Troposphärische Umweltforschung am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.
- IVU-Umwelt und TRUMF (2005) Ausbreitungsrechnungen als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Kassel. Bericht für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie. IVU-Umwelt GmbH und Arbeitsgruppe Troposphärische Umweltforschung am Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin.
- Kerschbaumer, A. und Reimer, E. (2003). Erstellung der Meteorologischen Eingangsdaten für das REM/CALGRID-Modell: Modellregion Berlin-Brandenburg. Abschlussbericht zum UBA-Forschungsvorhaben FE-Vorhaben 299 43 246. Freie Universität Berlin. Institut für Meteorologie.
- Lambrecht, U. und Helms, H. (2004) Luftschadstoffemissionen von Verbrennungsmotoren in mobilen Geräten und Maschinen der Landwirtschaft, der Bauwirtschaft und weiterer Sektoren. Immissionsschutz 2004, S.17-22.
- Motz, G., Hartmann, A., Plinke, E., Stern, R., Scherer, B., Fath, J., Reimer, E., Memmesheimer, M., Tippke, J., Ebel, A. (1997). Aktionsprogramm und Maßnahmenplan Ozon: Ermittlung und Bewertung der Effekte von lokalen, regionalen und überregionalen Emissionsminderungs-Strategien auf bodennahe Ozonkonzentrationen in hochsommerlichen Episoden mit Hilfe modellgestützter emissions- und immissionsseitiger Wirkungsanalysen. Kurzfassung. Im Auftrag des Umweltbundesamts. www.umweltbundesamt.de/ozon.

- Ostmann, C., Stern, R., Wiegand, G. (1996). Canyon Plume Box Modell, Version 3, Release 8, Handbuch. IVU Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umweltplanung mbH. Abschlussbericht zum FE-Vorhaben 104 02 811 des Umweltbundesamts, Berlin.
- Reimer E. und Scherer B. (1992). An operational meteorological diagnostic system for regional air pollution analysis and long-term modelling. Air Poll. Modelling and its Applications IX. Plenum Press
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (2005) Luftreinhalte- und Aktionsplan für Berlin 2005-2010.
- Stern, R., Kerschbaumer, A., Fath, J., (2003). Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID auf die Region Berlin-Brandenburg. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 29943 246 auf dem Gebiet des Umweltschutzes „Entwicklung eines Modellsystems für das Zusammenspiel von Messung und Rechnung für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität“.
- Stern, R. (2003a). Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 298 41 252 des Umweltbundesamts „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“.
- Stern, R. (2003b). Erstellung einer europaweiten Emissionsdatenbasis mit Bezugsjahr 1995 und die Erarbeitung von Emissionsszenarien für die großräumigen Ausbreitungsrechnungen mit REM/CALGRID. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 298 41 252 des Umweltbundesamts „Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon“.
- Stern, R. (1994). Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen photochemischen Ausbreitungsmodells mit verschiedenen chemischen Mechanismen, Meteorologische Abhandlungen Serie A Band 8, Heft 1 (1994). Verlag von Dietrich Reimer, Berlin.
- Van Ulden A.P. und Holtslag A.A.M. (1985). Estimation of Atmospheric Boundary Layer Parameters for Diffusion Applications. J. Climate and Appl. Meteor., Vol.24, No.11, pp. 1196-1207.
- Visscherdijk, A. und Van der Gon, D. (2005) Gridded European anthropogenic emission data for NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, CO, PM₁₀, PM_{2.5} and CH₄ for the year 2000. TNO-report B&O-A R 2005/106
- Yamartino, R. J., Wiegand, G.: Development and Evaluation of Simple Models for the Flow, Turbulence and Pollutant Concentration Fields within an Urban Street Canyon; Atmospheric Environment Vol.20, No.11, pp 2137-2156; 1986
- Yamartino, R., et al. (1989). A mesoscale photochemical grid model. Model formulation. Atm. Env. 26A, pp.1493-1512.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Großräumiges RCG-Modellgebiet mit einer Maschenweite von 0.25° Breite und 0.5° Länge.	7
Abbildung 2 :	RCG-Modellgebiet für Deutschland mit einer Maschenweite von 0.125° Breite und 0.25° Länge. In dieses Gitter wird direkt das Nest 2 für den Großraum Lahn-Dill und Umgebung eingepasst.	8
Abbildung 3:	Untersuchungsgebiet Lahn-Dill. Nest 2 (rote Gitterlinien) und Nest 3 (grüne Gitterlinien). Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.	10
Abbildung 4:	Topographie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Lahn-Dill, Nest 2. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.	11
Abbildung 5:	Topographie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Wetzlar, Nest 3. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.	11
Abbildung 6:	Vorherrschende Landnutzungskategorie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Lahn-Dill, Nest 2. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.	12
Abbildung 7:	Vorherrschende Landnutzungskategorie in den Rastern des Untersuchungsgebiets Wetzlar, Nest 3. Zu den geographischen Grenzen und Gittergrößen siehe Tabelle 1.	12
Abbildung 8:	NO _x -Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.	20
Abbildung 9:	NMHC-Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.	20
Abbildung 10:	CO-Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.	21
Abbildung 11:	SO ₂ -Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.	21
Abbildung 12:	PM10-Emissionen (t/a) im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill (Nest 2) mit den Gemeindegrenzen von Wetzlar in der Auflösung des Nests 3, nach den Informationen der Tabelle 2.	22
Abbildung 13:	NO _x -Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar, links: alle Quellen; rechts: nur Industrie; nach den Informationen der Tabelle 4.	22
Abbildung 14:	PM10-Emissionen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar, links: alle Quellen; rechts: nur Industrie; nach den Informationen der Tabelle 4.	23
Abbildung 15:	Lage von 15 Straßen im Stadtgebiet von Wetzlar, für die die Vorbelastungskonzentrationszeitreihen aus den Ergebnissen der Rechnungen im Nest 3 bereitgestellt werden.	28
Abbildung 16:	Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte 2003 in µg/m ³ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2.	30
Abbildung 17:	Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte 2003 in µg/m ³ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar.	30
Abbildung 18:	Berechnete PM10-Jahresmittelwerte 2003 in µg/m ³ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2.	31
Abbildung 19:	Berechnete PM10-Jahresmittelwerte 2003 in µg/m ³ im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 mit den Gemeindegrenzen Wetzlar.	31
Abbildung 20:	Berechnete und beobachtete NO ₂ - und PM10-Tagesmittelwerte Wetzlar, Hermannsteinerstr., Berechnung: Zeitreihe der Vorbelastung.	33
Abbildung 21:	Berechnete und beobachtete NO ₂ - und PM10-Tagesmittelwerte Wetzlar, Hermannsteinerstr., Scatterdiagramm Beobachtung gegen berechnete Vorbelastung.	34
Abbildung 22:	Berechnete PM10-Tagesmittelwerte in Wetzlar, Hermannsteinerstr. 35, aufgeteilt nach Beitrag aus Hintergrund (Ferntransport, oben), Stadt (Emissionen in Nest 3, Mitte) und Straße (CPB-Berechnung, unten).	45
Abbildung 23:	Berechnete PM10-Tagesmittelwerte in Wetzlar, Hermannsteinerstr. 35, aufgeteilt nach Beitrag aus Hintergrund und Stadt (oben) und Hintergrund, Stadt und Straße (unten).	46
Abbildung 24:	Oben: Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Alle anthropogenen Emissionen Null,“, Mitte und unten: Beitrag der Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 17).	48
Abbildung 25:	Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Alle anthropogenen Emissionen Null,“, Mitte und unten: Beitrag der Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 19).	49

Abbildung 26: Oben: Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Verkehr,„. Mitte und unten: Beitrag der Kfz-Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.	51
Abbildung 27: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Verkehr,„. Mitte und unten: Beitrag der Kfz-Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.	52
Abbildung 28: Oben: Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Industrie,„. Mitte und unten: Beitrag der Industrie-Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.	54
Abbildung 29: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Industrie,„. Mitte und unten: Beitrag der Industrie-Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.	55
Abbildung 30: Oben: Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Hausbrand,„. Mitte und unten: Beitrag der Industrie-Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.	57
Abbildung 31: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Kein Hausbrand,„. Mitte und unten: Beitrag der Industrie-Emissionen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003.	58
Abbildung 32: Beitrag (%) der Emissionen der Bundesautobahnen und der Bundesstraßen im Nest 3 zum Beitrag der Verursacherguppe Verkehr zum NO ₂ - bzw. PM10-Jahresmittelwert 2003.	64
Abbildung 33: Oben: Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Autobahnen und Bundesstraßen“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen auf den Bundesautobahnen und Bundesstraßen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 17).	65
Abbildung 34: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Autobahn und Bundesstraßen. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen auf den Bundesautobahnen und den Bundesstraßen im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 19).	66
Abbildung 35: Oben: Berechnete NO ₂ -Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Buderus-Emissionen“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen der Fa. Buderus im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den NO ₂ -Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 17).	69
Abbildung 36: Oben: Berechnete PM10-Jahresmittelwerte in µg/m ³ im Lahn-Dill-Gebiet, Nest 3 für das Szenario „Keine Buderus-Emissionen“. Mitte und unten: Beitrag der Emissionen der Fa. Buderus im Nest 3 in µg/m ³ und % zu den PM10-Jahresmittelwerten des Basislaufs 2003 (siehe Abbildung 19).	70
Abbildung 38: Oben: Berechneter NO ₂ -Jahresmittelwert in µg/m ³ in Wetzlar, Nest 3 für das NEC/CLE-Szenario 2010. Mitte und unten: Änderung im Nest 3 in µg/m ³ und % bezogen auf den (Basislauf 2003, siehe Abbildung 17).	74
Abbildung 39: Oben: Berechneter PM10-Jahresmittelwert in µg/m ³ in Wetzlar, Nest 3 für das NEC/CLE-Szenario 2010. Mitte und unten: Änderung im Nest 3 in µg/m ³ und % bezogen auf den (Basislauf 2003, siehe Abbildung 19).	75

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gebietsgrößen der Nester 0 bis 3	9
Tabelle 2: Von IVU-Umwelt gelieferte Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2 (Abbildung 3). Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information.....	17
Tabelle 3: Relative Aufteilung in % der von der IVU-Umwelt gelieferten Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 2 (Abbildung 3). Keine Eintragung bedeutet keine Information..	18
Tabelle 4: Von IVU-Umwelt gelieferte Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Wetzlar, Nest 3 (Abbildung 3). Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information.....	18
Tabelle 5: Relative Aufteilung in % der von der IVU-Umwelt gelieferten Emissionen für das RCG-Untersuchungsgebiet Wetzlar, Nest 3 (Abbildung 3). Keine Eintragung bedeutet keine Information.....	19
Tabelle 6: Für die Ausbreitungsrechnung im Nest 3 benutzte Emissionen. Die Ergänzungen bei Landwirtschaft und sonstigen Quellen sind kursiv und unterstrichen gekennzeichnet. Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information	24
Tabelle 7: Relative Aufteilung (%) der für die Ausbreitungsrechnung im Nest 3 benutzten Emissionen. Die Ergänzungen bei Landwirtschaft und sonstigen Quellen sind kursiv und unterstrichen gekennzeichnet. Mit Kfz-induzierter Feinstaubaufwirbelung. Keine Eintragung bedeutet keine Information	24
Tabelle 8: Minderung der Emissionen in % im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3 aufgrund der verschiedenen pauschalen Emissionsszenarien. Die prozentualen Änderungen beziehen sich auf die Gesamtsummen der Emissionen im Nest 3 (letzte Zeile). Beim PM10 beziehen sie sich auf die Gesamtsumme auf die Emissionen einschließlich der Ergänzung für Landwirtschaft und Sonstige Quellen.....	25
Tabelle 9: Änderung (%) der Emissionen im Lahn-Dill-Kreis vom nach 2010 (CLE-Szenario, korrigiert mit NEC-Emissionshöchstmengen), bezogen auf den Ist-Zustand. Beim Verkehr wurden die Nicht-Auspuffemissionen entsprechend den Ansätzen des CLE-Szenarios nicht gemindert. Bei der Industrie wurde das Mittel der Minderung aus den SNAP-Verursachergruppen „Industrial combustion“ und „Industrial process emissions“ angesetzt, da eine Unterscheidung in diese Gruppen nicht möglich ist... 26	
Tabelle 10: Berechneter (Vorbelastung mit RCG, Zusatzbelastung mit CPB) und beobachteter NO ₂ - und PM10-Jahresmittelwert und Anzahl der Überschreitungen eines Tagesmittelwerts von 50 µg/m ³ . Wetzlar, Hermannsteinerstr.....	35
Tabelle 11: Absolute Beiträge der einzelnen PM10-Komponenten in µg/m ³ zu der Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen in Wetzlar. Mit RCG gekennzeichnet sind alle Komponenten, die mit dem RCG-Modell berechnet wurden: SAER= Summe der sekundären Aerosole, PPM10= Summe der anthropogenen primär emittierten Aerosole, NACL= Seesalzkomponenten; WBDU= Summe des Bodenstaubs aus unbebauten Böden. CPB PPM10: Mit dem CPB-Modell berechnete primäre PM10-Zusatzbelastung....	38
Tabelle 12: Relative Beiträge der einzelnen PM10-Komponenten in % zu der Gesamtbelastung in 15 Straßenräumen in Wetzlar. Mit RCG gekennzeichnet sind alle Komponenten, die mit dem RCG-Modell berechnet wurden: SAER= Summe der sekundären Aerosole, PPM10= Summe der anthropogenen primär emittierten Aerosole, NACL=Seesalzkomponenten; WBDU=Summe des Bodenstaubs aus nicht-bebauten Böden. CPB PPM10: Mit dem CPB-Modell berechnete primäre PM10-Beiträge.....	39
Tabelle 13: Absolute Aufteilung der PM10-Gesamtbelastung in den 15 Straßenräumen nach Hintergrund (Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest 3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.....	40
Tabelle 14: Relative Aufteilung der PM10-Gesamtbelastung in den 15 Straßenräumen nach Hintergrund (Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.....	41
Tabelle 15: Absolute Aufteilung der NO ₂ -Gesamtbelastung in den Straßenräumen nach Hintergrund (Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest 3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.....	42
Tabelle 16: Relative Aufteilung der NO ₂ -Gesamtbelastung in den Straßenräumen nach Hintergrund	

(Ferntransportanteil), städtische Vorbelastung (Nest 3), Zusatzbelastung (Straßenanteil). Die städtische Vorbelastung beinhaltet hier den Beitrag aller Emissionen in Nest 3, der Ferntransport alle Emissionen außerhalb von Nest 3.....	43
Tabelle 17: Berechnete Anzahl der Tage in 2003 mit einem PM10-Tagesmittelwert > 50 µg/m ³ . Unterteilung in Überschreitungstage erzeugt durch den Beitrag des Ferntransports (alle Emissionen außerhalb von Nest 3, der gesamten Vorbelastung (aus den Emissionen in allen Nestern), sowie die zusätzlichen Überschreitungstage erzeugt durch den Straßenbeitrag und Summe der Überschreitungstage.....	44
Tabelle 18: Berechnete NO ₂ -Vorbelastung (Jahresmittelwert) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Absoluter Beitrag des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.....	60
Tabelle 19: Berechnete NO ₂ -Vorbelastung (Jahresmittelwert in µg/m ³) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Relativer Beitrag (%) des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.....	61
Tabelle 20: Berechnete PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Absoluter Beitrag des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.....	62
Tabelle 21: Berechnete PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert in µg/m ³) für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3. Relativer Beitrag (%) des Transports (Hintergrund), aller Emissionen im Nest 3, der Verkehrsemissionen, der Emissionen des Hausbrands sowie der Industrie zu dieser Vorbelastung. Weitere Erläuterungen im Text.....	63
Tabelle 22: Relativer Beitrag in % der Autobahn- und Bundesstraßenemissionen zu der NO ₂ -Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursachergruppe Verkehr zugeordnet werden kann.....	67
Tabelle 23: Relativer Beitrag in % der Autobahn- und Bundesstraßenemissionen zu der PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursachergruppe Verkehr zugeordnet werden kann.....	68
Tabelle 24: Relativer Beitrag in % der Buderus-Emissionen zu der NO ₂ -Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursachergruppe Industrie zugeordnet werden kann.....	71
Tabelle 25: Relativer Beitrag in % der Buderus-Emissionen zu der PM10-Vorbelastung (Jahresmittelwert), die der Verursachergruppe Industrie zugeordnet werden kann.....	72
Tabelle 26: Berechnete NO ₂ -Vorbelastung für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3, unter den Emissionsbedingungen des Ist-Zustands (Basislauf) und den Emissionsbedingungen NEC/CLE 2010. Absolute und Relative Änderung der Vorbelastung vom Ist-Zustand nach 2010.....	76
Tabelle 27: Berechnete PM10-Vorbelastung für 15 Straßen im Untersuchungsgebiet Lahn-Dill, Nest 3, unter den Emissionsbedingungen des Ist-Zustands (Basislauf) und den Emissionsbedingungen NEC/CLE 2010. Absolute und Relative Änderung der Vorbelastung vom Ist-Zustand nach 2010.....	77

9 Anhang : Kurzbeschreibung des REM-CALGRID-Modells

An der Freien Universität Berlin (FUB), Institut für Meteorologie, wurde im Rahmen mehrerer FE-Vorhaben des Umweltbundesamts ein Modellinstrumentarium entwickelt, das den in der EU-Rahmenrichtlinie (EU, 1996) über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität sowie deren Tochtrichtlinien (EU, 1999, 2000, 2002) definierten Anforderungen an die Ausbreitungsrechnung genügt. Nach der EU-Rahmenrichtlinie müssen Ausbreitungsrechnungen zur flächendeckenden Bestimmung der Luftqualität die folgenden vier Raumskalen abdecken:

- europaweit,
- großräumig (national)
- regional (Ballungsraum)
- lokal/städtisch (Stadtquartier, Straßenschlucht).

Das Modellsystem ermöglicht es, die in den EU-Richtlinien definierten Luftqualitätswerte zu bestimmen. Betrachtet werden die Schadstoffe SO₂, NO_x, Benzol, Ozon, PM10 und CO. Das Modellsystem enthält folgende Ausbreitungsmodelle:

- Das dreidimensionale photochemische Transportmodell REM/CALGRID (RCG). Die Entwicklung dieses Modells und die Anwendung in der großräumigen Skala sind in Stern (2003a) beschrieben. REM/CALGRID wird zur Bestimmung der Luftqualität in der europaweiten und der nationalen Raumskala in einer Auflösung von ca. 30x30 km² und in der urbanen Raumskala (Ballungsgebiet) bis zu einer Auflösung von ca. 1x1 km² verwendet. Die aus dem großräumigen Modell berechnete Hintergrundbelastung wird als Randbedingung für die urbane Skala verwendet („one-way-nesting“).
- Das Canyon-Plume-Box-Modell (CPB). Das CPB-Modell (Ostmann et al., 1996; Yamartino und Wiegand, 1986) ist ein 2-dimensionales analytisch-empirisches Modell, mit dem die Luftschadstoffimmissionen in einer Straßenschlucht berechnet werden können. Die Hintergrundbelastung wird dazu von den urbanen Ausbreitungsrechnungen bereit gestellt („one-way-nesting“).
- AUSTAL2000, ein Lagrange'sches Partikelsimulationsmodell zur Beschreibung von Immissionsbelastungen ausgehend von industriellen Quellen (Ingenieurbüro Janicke, 2003). Die Hintergrundbelastung dazu wird ebenfalls von den urbanen Ausbreitungsrechnungen bereit gestellt („one-way-nesting“).

Kern des Systems ist das dreidimensionale chemische Transportmodell REM/CALGRID, das im Rahmen der Anwendung Rhein-Main eingesetzt wurde. Das System ist in der Lage, für alle in den diversen EU-Richtlinien definierten Schadstoffe die entsprechenden Beurteilungsgrößen zu berechnen. Die Berechnung erfolgt dabei auf Stundenbasis für das ganze Jahr, so dass auch die in den Richtlinien verlangten Überschreitungshäufigkeiten direkt berechnet werden können. Bei den Aerosolen können neben der Gesamtsumme der Partikel < 10 µm auch die Einzelkomponenten PM10-PM 2.5, PM 2.5, EC, OC, die anorganischen Sekundäraerosole SO₄, NH₄, und NO₃ sowie einige organische Aerosole getrennt ausgewiesen werden.

Das REM/CALGRID- Modell (RCG-Modell) entstand aus der Verschmelzung des ursprünglich für die großräumige Skala entwickelten REM3 (Stern, 1994) und des für die urbane Skala entwickelten CALGRID-Modells (Yamartino et al., 1989). Beide Modelle wurden bereits im Rahmen des Aktionsprogramms und Maßnahmenplans Ozon (AMPO) für episodenzugehörige Szenariorechnungen eingesetzt (Motz et al., 1997). Alle wissenschaftlichen Module wurden überarbeitet und auf den Stand des Wissens gebracht. Die Parametrisierungen der physikalisch/chemischen Prozesse erfolgte mit Modellierungsansätzen mittlerer Komplexität, um die auf Langfristberechnungen abzielende Anwendung des Modells gewährleisten zu können.

Die wesentlichsten Bestandteile des REM/CALGRID sind:

- Dynamisches oder festes vertikales Koordinatensystem mit einer beliebigen Anzahl von Modellschichten. In der Horizontalen Wahl zwischen einem geographischen oder einem rechtwinkligen Koordinatensystem,
- Ein neues, absolut massenerhaltendes „operator-splitting“-Verfahren,
- Ein sehr genauer und trotzdem nicht-rechenintensiver neuer Algorithmus für die Horizontaladvektion,
- Überarbeitete Module für die trockene und nasse Deposition,
- Die neuesten Versionen der chemischen Module CBM4 und SAPRC93,
- Behandlung der PM10- und PM2.5-Problematik ,
- Ein Aerosol-Modul zur Bestimmung der sekundären anorganischen Aerosole,
- Ein Aerosol-Modul zur Bestimmung der sekundären organischen Aerosole,
- Module zur Bestimmung der biogenen Emissionen auf der Basis von Biomassen,
- Emissionsmanagementsystem zum einfachen Umsetzen von Emissionsszenarien in die Emissionsdatenbasis,
- Auswerte-Module zur Berechnung der in den EU-Richtlinien zur Luftqualität festgeschriebenen Beurteilungsgrößen.

Eine detaillierte Beschreibung des Modells kann in Stern (2003a) gefunden werden.

Der meteorologische Antrieb des Modells wird aus meteorologischen Beobachtungen mit dem am Institut für Meteorologie betriebenen Programmsystem TRAMPER (Tropospheric Realtime Applied Meteorological Procedures for Environmental Research) erstellt (siehe Kerschbaumer und Reimer, 2003).

Die Emissionsdaten werden verursachergruppenspezifisch aus den zur Verfügung gestellten Daten für die Modellrechnungen aufbereitet. Emissionen der Stoffgruppen SO_x, NO_x, CO, NH₃, Benzol, PM10, PM2.5 und VOC müssen dem Modell in Form von Punkt- oder Flächenquellen vorgegeben werden. Flächenquellen emittieren dabei wahlweise in die Bodenschicht oder in die zweite Modellschicht. Für die Punktquellen wird aus den Kenndaten der Quelle und lokalen meteorologischen Größen eine effektive Schornsteinhöhe bestimmt. Die Übergabe der Emissionen erfolgt dann in die dazugehörige Modellschicht. Flächen- und Punktquellen werden im Modell als Volumenquellen behandelt, d.h. die Emissionen verteilen sich unmittelbar in der betreffenden Gitterzelle.

Das Modell verlangt jahresspezifische Emissionsdaten für alle in den verschiedenen chemischen Mechanismen benötigten Spezies getrennt nach Punkt- und Flächenquellen und unterteilt nach Verursachergruppen. Es ist die Verarbeitung einer beliebigen Anzahl von Verursachergruppen möglich. Für die Verursachergruppen werden im Modell ausgehend von den Jahreswerten stündliche Emissionen abgeleitet. Die dazu verwendeten Monats-, Tages- und Stundenfaktoren müssen ebenfalls vorgegeben werden und berücksichtigen die Zeit- und Temperaturabhängigkeit der Emissionen der einzelnen Verursachergruppen. Bei den Kohlenwasserstoffen verlangt das Modell die Gesamtemissionen für die definierten Verursachergruppen und ein zu jeder Verursachergruppe gehöriges Kohlenwasserstoffprofil, das die prozentualen Anteile der spezifischen Kohlenwasserstoffe an der Gesamtemission der Verursachergruppe angibt. Jeder Kohlenwasserstoff wird dann den entsprechenden Klassen der zwei im Ausbreitungsmodell integrierten Mechanismen zugeordnet. Diese Vorgehensweise vermeidet die Verwendung pauschaler, mechanismusabhängiger Zuordnungsfaktoren und gewährleistet, dass das emittierte Kohlenwasserstoffgemisch exakt entsprechend der von jedem Mechanismus verlangten Klassifizierung behandelt wird. Biogene VOC- und NO_x-Emissionen werden stündlich modellintern mit Hilfe von Landnutzungsdaten und entsprechenden Emissionsfaktoren berechnet.

Abschlussbericht

Ausbreitungsrechnungen mit dem
Canyon-Plume-Box-Modell zum
Luftreinhalteplan Lahn-Dill

für

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum
und Verbraucherschutz
Postfach 3109
D-65021 Wiesbaden

von

IVU Umwelt GmbH
Burgweg 10 · D-79350 Sexau

Götz Wiegand
Florian Pfäfflin

Februar 2006



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Das CPB-Modell	3
2.1	Kurzbeschreibung CPB-Modell.....	3
2.2	Anwendung des CPB-Modells	5
3	Ergebnisse.....	5
4	Literatur.....	6



1 Einführung

Dieser Bericht beschreibt die Anwendung des Canyon-Plume-Box-Modells (siehe Yamartino, 1986) auf 15 Straßenschluchten im Gebiet Lahn-Dill.

Im Gebiet Lahn-Dill wurde im Jahr 2003 der Grenzwert für Tagesmittelwerte PM10 überschritten. Nach Artikel 8 der EU-Rahmenrichtlinie 96/62/EG (EU-RRL) zur Luftqualität (EU, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 1996) müssen für Gebiete, in denen Grenzwerte überschritten werden, Luftreinhaltepläne erarbeitet werden, aufgrund derer die betreffenden Grenzwerte zukünftig eingehalten werden können. In der EU-RRL sind dazu neben Messungen erstmalig auch Modellrechnungen zur Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität vorgesehen.

Das Umweltbundesamt hat an die FU Berlin FE-Vorhaben vergeben, in denen ein Modellinstrumentarium entwickelt wurde, das den in der EU-RRL definierten Anforderungen an die Ausbreitungsrechnung genügt. Kern des Systems ist das chemische Transportmodell REM-CALGRID (RCG), das für die vorliegende Studie eingesetzt wurde (siehe Stern, 2004). Die Ergebnisse des RCG-Modells dienen als Vorbelastung für ein sich anschließendes Straßenschlucht-Modell.

Ebenfalls durch FE-Vorhaben des Umweltbundesamtes (10402432/01 und 10502812/2) wurde die Entwicklung des Canyon-Plume-Box-Modell, im folgenden CPB, gefördert. CPB wurde in zahlreichen Forschungsvorhaben validiert und in Gutachten eingesetzt. Mit CPB wird der Einfluss der Straße berechnet.

2 Das CPB-Modell

2.1 Kurzbeschreibung CPB-Modell

Mit dem Ausbreitungsmodell CPB (Canyon-Plume-Box-Modell) können die verkehrsbedingten Luftschadstoffimmissionen in einer Straßenschlucht auf der Basis von leicht zugänglichen Messgrößen berechnet werden.

Das CPB-Modell beruht auf physikalischen Prinzipien und wurde hinreichend an gemessenen Immissionsdaten überprüft.

CPB kann einen weiten Bereich von Schluchtgeometrien behandeln, darunter unterschiedliche Bebauungshöhen auf beiden Seiten, teildurchlässige, „poröse“ Bebauung (z.B. offene Parkhäuser) oder gekrümmte Straßen. Die Straße kann von endlicher Länge sein und an einem oder beiden Enden durch eine Kreuzung abgeschlossen werden.

Das Modell besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

- Einem Strömungsmodul, das die für den Transport der Schadstoffe in der Straßenschlucht benötigten Windfelder bereitstellt.
- Einem empirischen Turbulenzmodul, das die für die turbulente Ausbreitung der Schadstoffe in der Straßenschlucht benötigten Größen bereitstellt.
- Einem Ausbreitungsmodul, das aus einem Dispersionsmodell für Anströmung quer zur Straße und einem Modell für straßenparallele Anströmung besteht. Kriterium für das Umschalten zwischen beiden Modellen ist die Turbulenzintensität am Canyonboden.

Das Ausbreitungsmodul ist der Kern des CPB-Modells. Es setzt sich seinerseits aus einer Reihe von Untermodellen zusammen, die die Berücksichtigung von verschiedenen, die Schadstoffdispersion beeinflussenden Mechanismen erlauben.

Diese Mechanismen sind:

- anfängliche, fahrzeuginduzierte Durchmischung
- Dispersion der Schadstoffwolke entlang des Wirbels
- Rezirkulation der Schadstoffe
- Frischlufteinfall nahe der Luvwand zur Berücksichtigung der advektiven Belüftung der Straßenschlucht.
- Korrekturen für Diffusion mit dem Wind
- Reflektion der Schadstoffe an den Schluchtwänden
- Einfluss von benachbarten Kreuzungen
- Mäandern der Windrichtung

In Abbildung 1 werden der Datenfluss und die wesentlichen Mechanismen des CPB-Modells schematisch dargestellt.

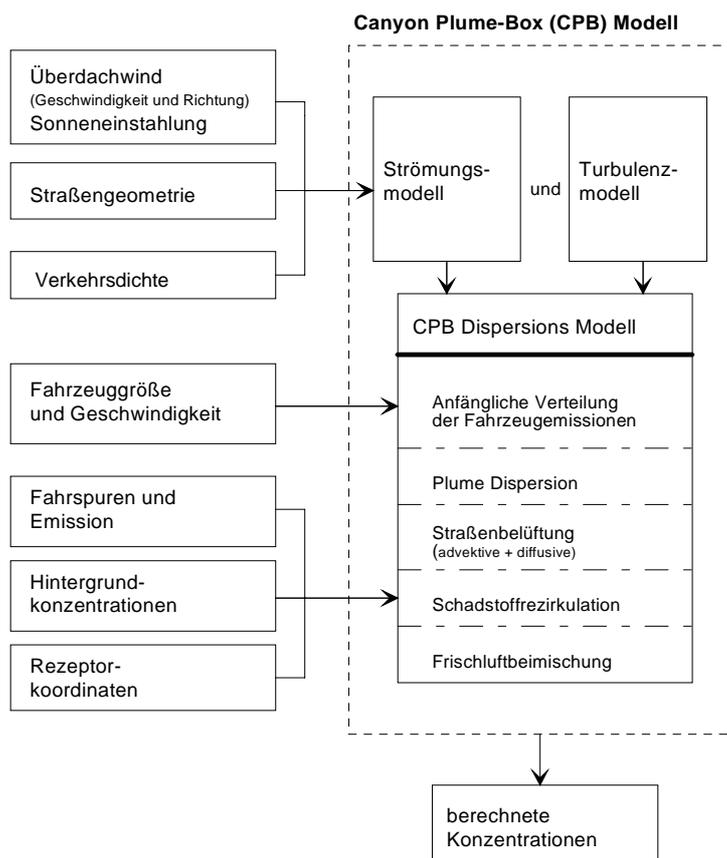


Abbildung 1 Datenfluss und die wesentlichen Mechanismen des CPB-Modells



2.2 Anwendung des CPB-Modells

CPB ist ein Straßenraum-Ausbreitungsmodell, das umfangreich validiert wurde (siehe Literaturverzeichnis). Eine Kurzbeschreibung des Systems ist in Kapitel 2.1 zu finden. Eine ausführliche Beschreibung findet man in Yamartino/Wiegand, 1986.

CPB enthält ein Photochemie-Modul, das es erlaubt direkt NO_2 -Immissionen zu berechnen. Bisher wurde das Photochemie-Modul lediglich in der Bonner Straße in Köln angewandt, da dort die erforderlichen Eingangsdaten (stündliche NO -, NO_2 - und O_3 -Konzentrationen über dem Straßenraum) durch Messungen erhoben wurden. Hier stehen sie als Modellrechnungen vom RCG-Modell zur Verfügung.

Für 15 Straßen wird CPB angewandt. Die Vorbelastungen (Überdach-Konzentrationen) und die meteorologischen Variablen (Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Globalstrahlung) werden aus den Ergebnissen des RCG-Modells verwendet.

Die stündlichen Verkehrsemissionen werden für die 15 Straßen mit dem auf den neuen Emissionsfaktoren (INFRAS, 2004) beruhenden Emissionsmodell $\text{IMMIS}^{\text{em/h}}$ (siehe $\text{IMMIS}^{\text{lufft}}$, 2004) berechnet.

3 Ergebnisse

Wegen des Umfangs (4 Szenarien) befinden sich die Ergebnisse auf der beiliegenden CD als HTML-Dateien.



4 Literatur

- Carlaw, D.C. Beevers, S.D.: Should road vehicle emissions legislation consider primary NO₂?
Atmospheric Environment 38, 2004, pp 1233-1234
- EU (1996). Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27.9.1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 296/55 vom 21.11. 1996
- EU (1999). Richtlinie 1999/30/EG des Rats vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 163/41 vom 29.6. 1999.
- EU (2000). Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 16.11.2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 313/12 vom 13.12. 2000.
- EU (2002). Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 12.2.2002 über den Ozongehalt der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 67/14 vom 9.3. 2002.
- IMMIS^{luft}, 2004: Handbuch zu IMMIS^{luft}, IVU Umwelt GmbH, siehe www.IVU-Umwelt.de
- Lenner, M., Nitrogen Dioxide in Exhaust emissions from Motor Vehicles
Atmospheric Environment 21, 1987, pp 37-43
- Soltic, P., Weilenmann, M.: Partitioning of NO_x Emissions for Gasoline Passenger Cars and Light Duty Trucks
11th International Symposium "Transport and Air Pollution" 19-21-06.2002, Graz
- Stern, R., Kerschbaumer, A., Reimer, E.: Ausbreitungsrechnungen mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Rhein-Main.
Arbeitsgruppe TRUMF, FUB, 2004:
- Yamartino, R. J., Wiegand, G.: Development and Evaluation of Simple Models for the Flow, Turbulence and Pollutant Concentration Fields within an Urban Street Canyon
Atmospheric Environment Vol.20, No.11, pp 2137-2156; 1986
- Yamartino, R.J.: Modification of highway air pollution models for complex site geometries Volume 1, Data Analyses and Development of the CPB 3 Model
TIDG Document No. R8806-002-RD; 1989
- Yamartino, R.J., J. Scire, G.R. Carmichael, and Y.S. Chang (1992). The CALGRID mesoscale photochemical grid model-I. Model formulation
Atmospheric Environment, 26A (1992), 1493-1512.