

Modellierung der Luftschadstoffbelastung urbaner Bevölkerungen durch Emissionen des Straßenverkehrs

Hamburg als Beispielregion

Dr. Martin Ramacher
Prof. Dr. Markus Quante
Dr. Volker Matthias

Hintergrund

- **2009–2013** **B. Sc. Environmental Engineering, HAW Hamburg**
- **2013 – 2016** **M. Sc. Sustainability Science, Leuphana Universität Lüneburg**
- **2017 – 2021** **Doktorand, Chemietransportmodellierung, Institut für Umweltchemie, Helmholtz-Zentrum hereon**
- **seit 2017** **Dozent für Ökobilanzen, HAW Hamburg**
- **seit 2021** **Nachwuchsgruppenleitung, Ausbreitung und Belastung persistenter Schadstoffe, Helmholtz-Zentrum hereon**



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG



Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG



Motivation

eine globale Gesundheitsbedrohung

Luftverschmutzung gilt heute als die weltweit größte umweltbedingte Gesundheitsbedrohung und ist jedes Jahr für **7 Millionen** Todesfälle auf der Welt verantwortlich.

WHO
2020

Die EEA ermittelte für das Jahr 2019 in Europa vorzeitige Todesfälle durch die Belastung mit:

PM_{2.5} - 373000

NO₂ - 47700

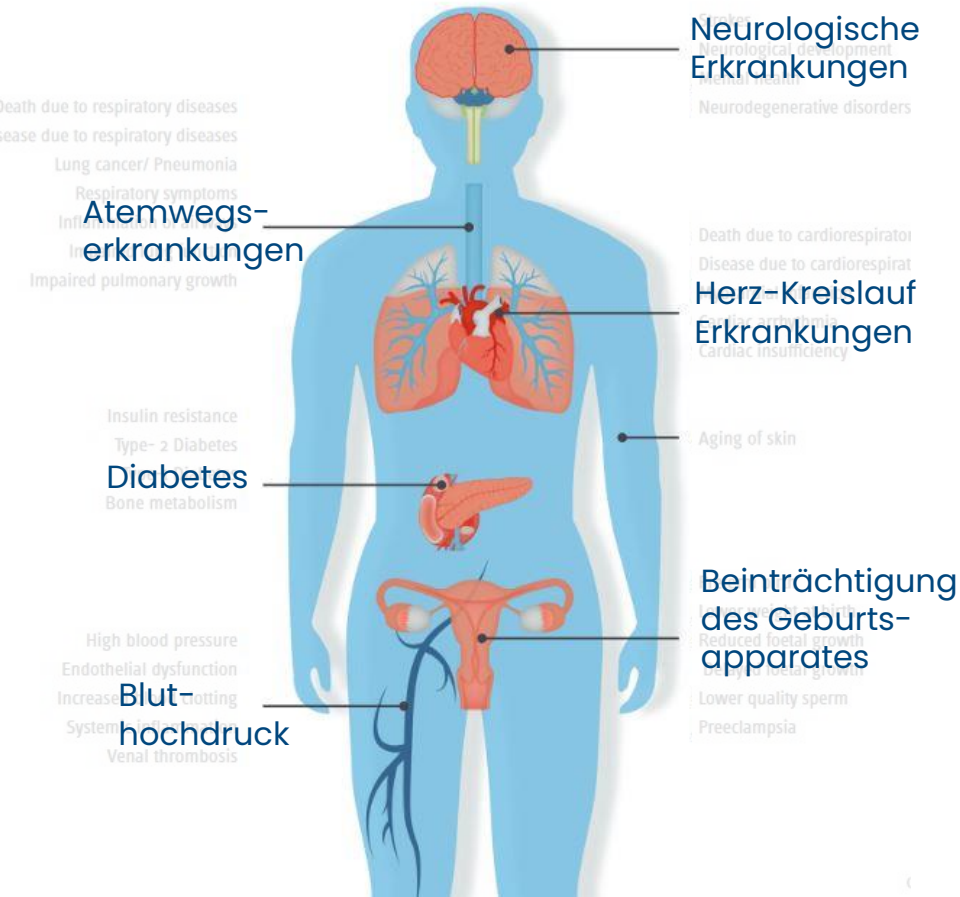
O₃ - 9070

EEA
2021

Luftverschmutzung

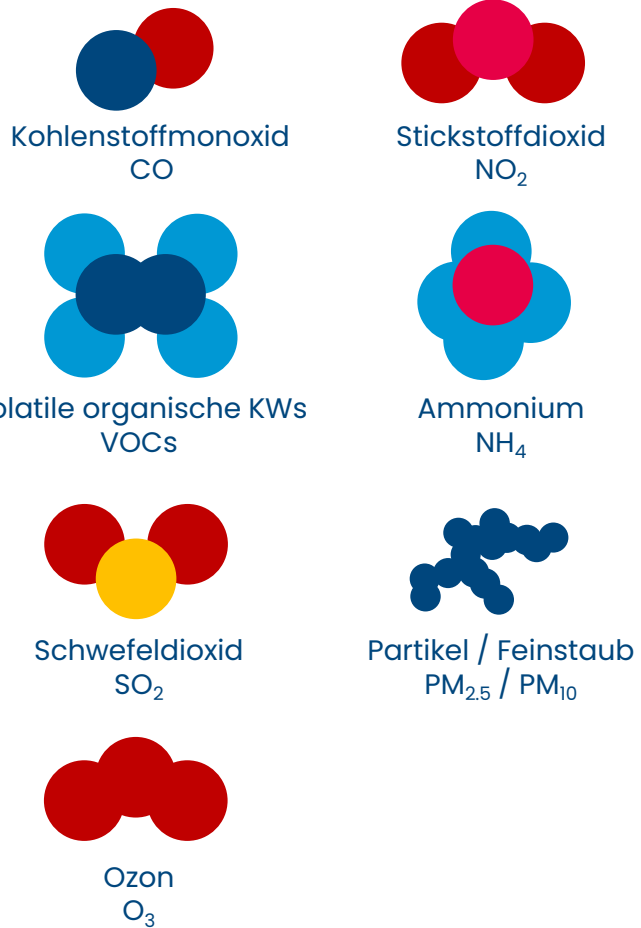
Gesundheitseffekte, Schadstoffe, Quellen

Gesundheitseffekte



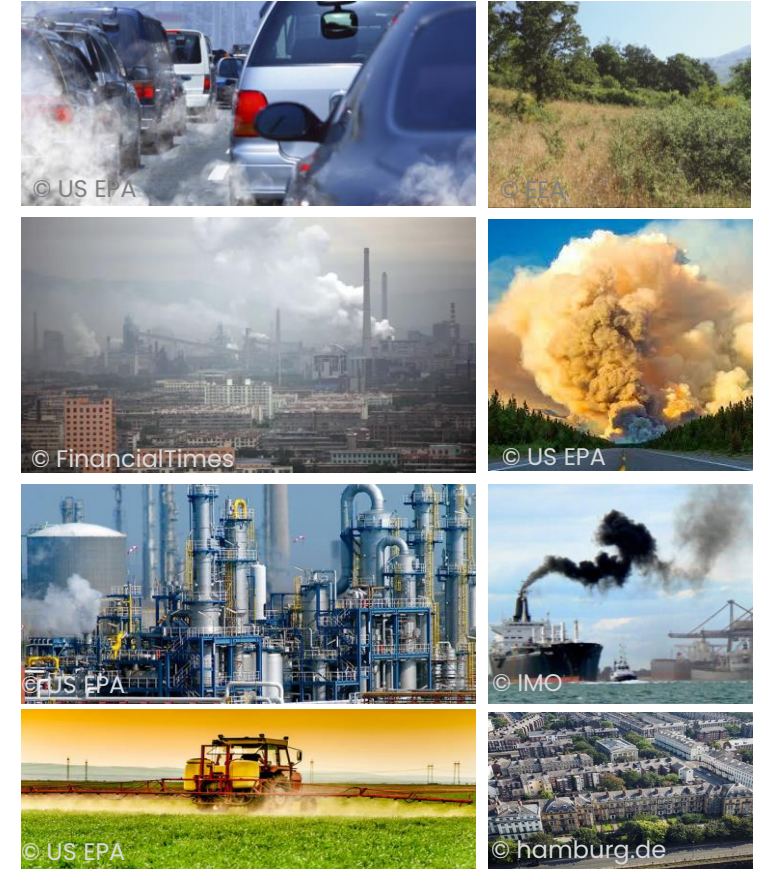
modifiziert nach: Thurston et al. (2017)

Schadstoffe



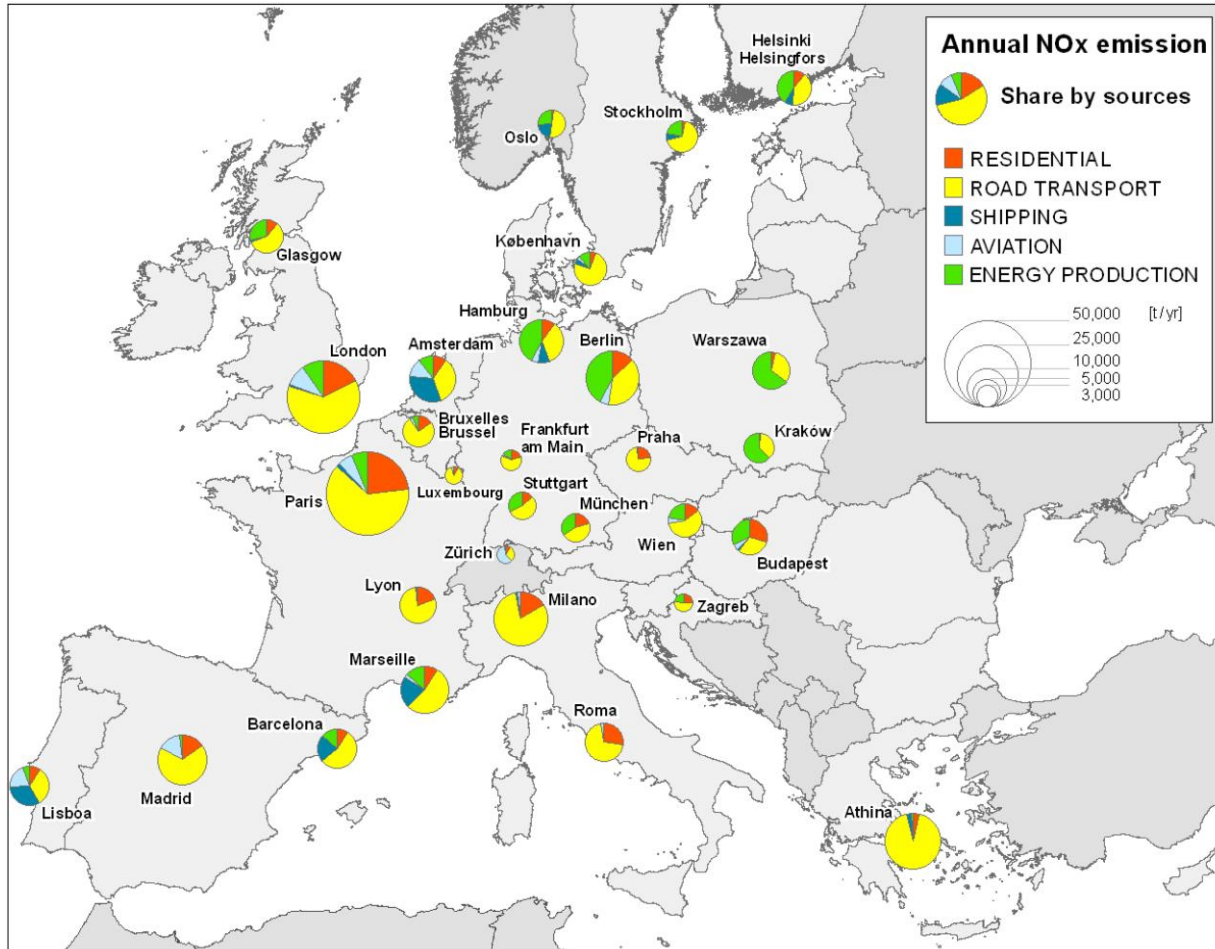
● C ● O ● H ● N ● S

Emissionsquellen



Emissionsquellen in europäischen Städten

Am Beispiel der Stickoxide (No_x)



Wichtige Emissionsquellen in Städten!



bis zu 70% NO_x (Degraeuwe et al. 2019)

bis zu 15% PM_{2.5} (EEA 2019)



bis zu 40% NO_x (Thunis et al. 2018)

bis zu 25% PM_{2.5} (EEA 2019)

Anteil der EU Bevölkerung in Städten:
71% in 2018 >>>> 80% in 2050 (Eurostat, 2020)

41% der urbanen Bevölkerung in Europa
lebt in Küstennähe (Baztan, 2015)

NO₂-Konzentrationen in Hamburg

NO₂-Jahresmittelwerte aller Messstationen im Jahresverlauf 1985 - 2017

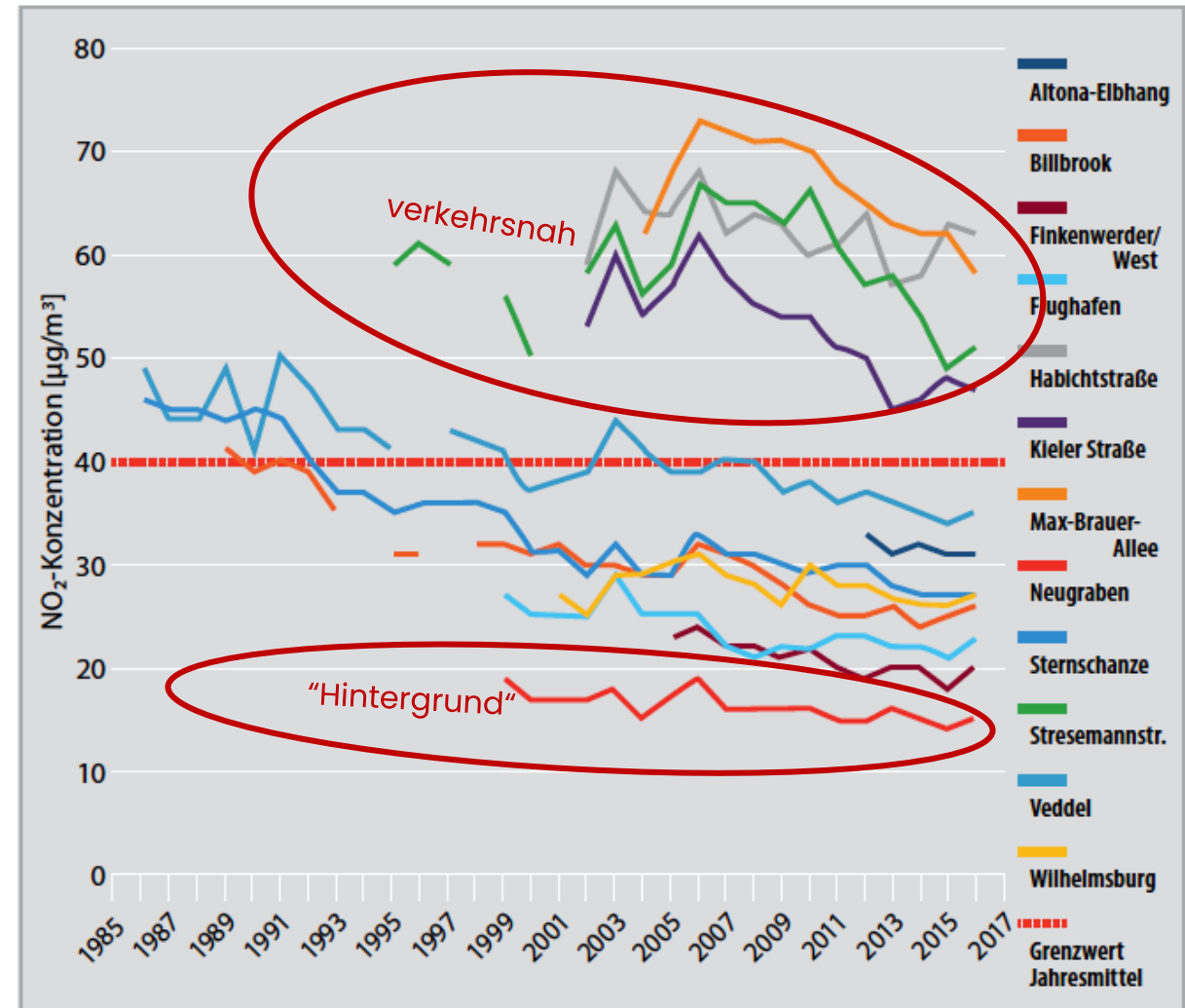
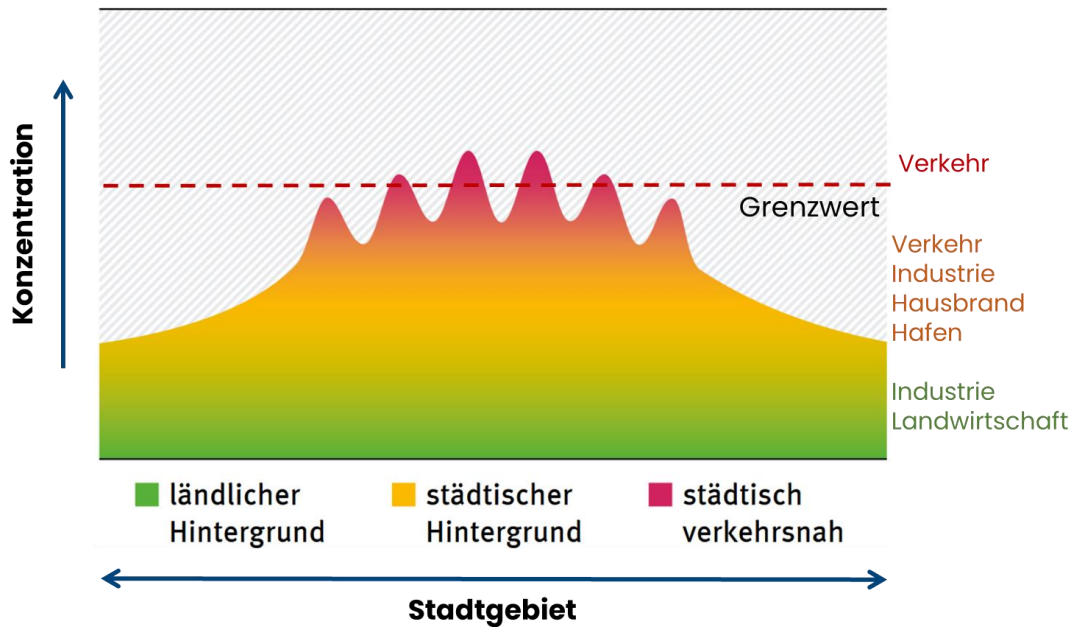
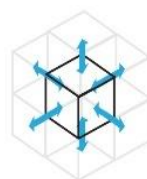
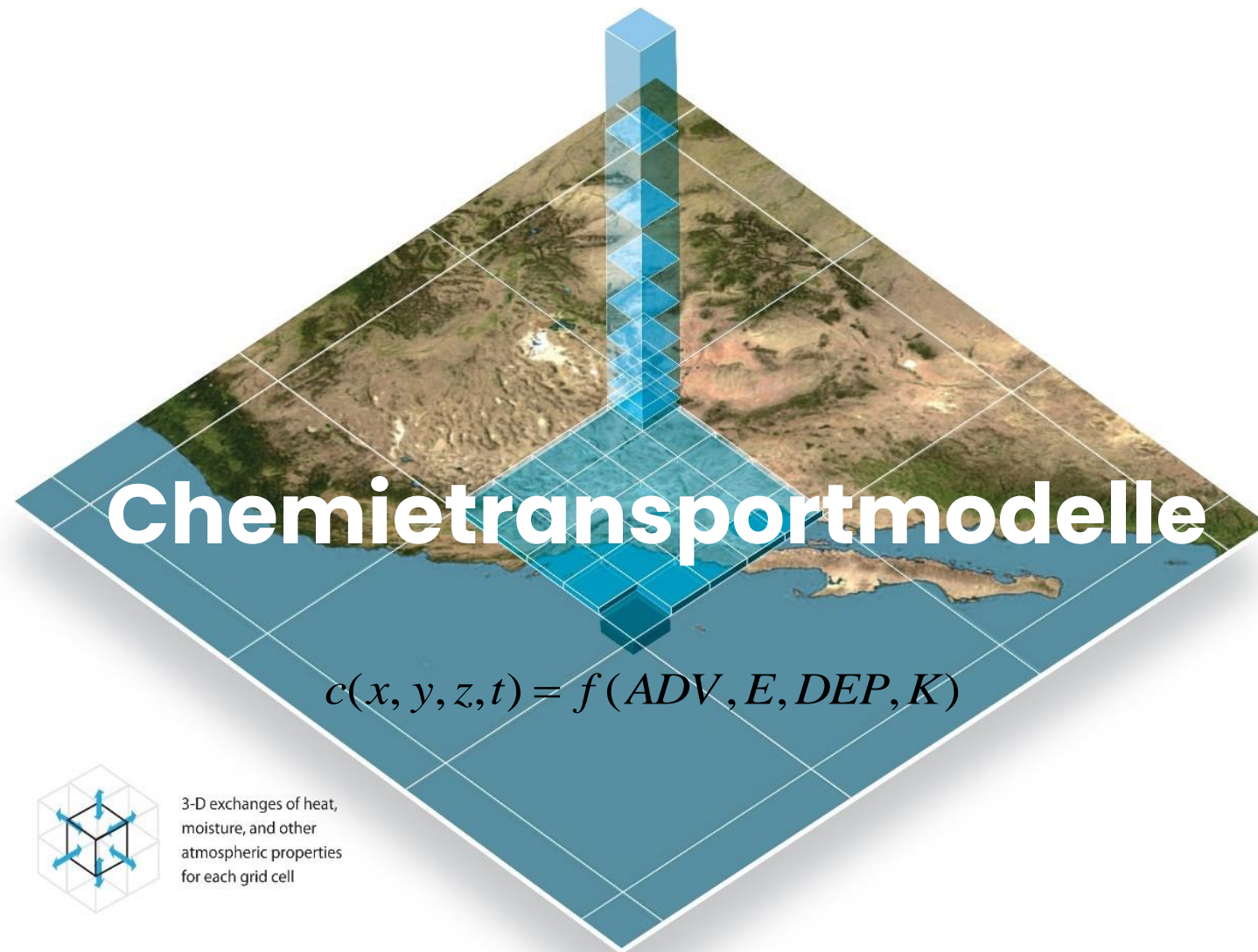
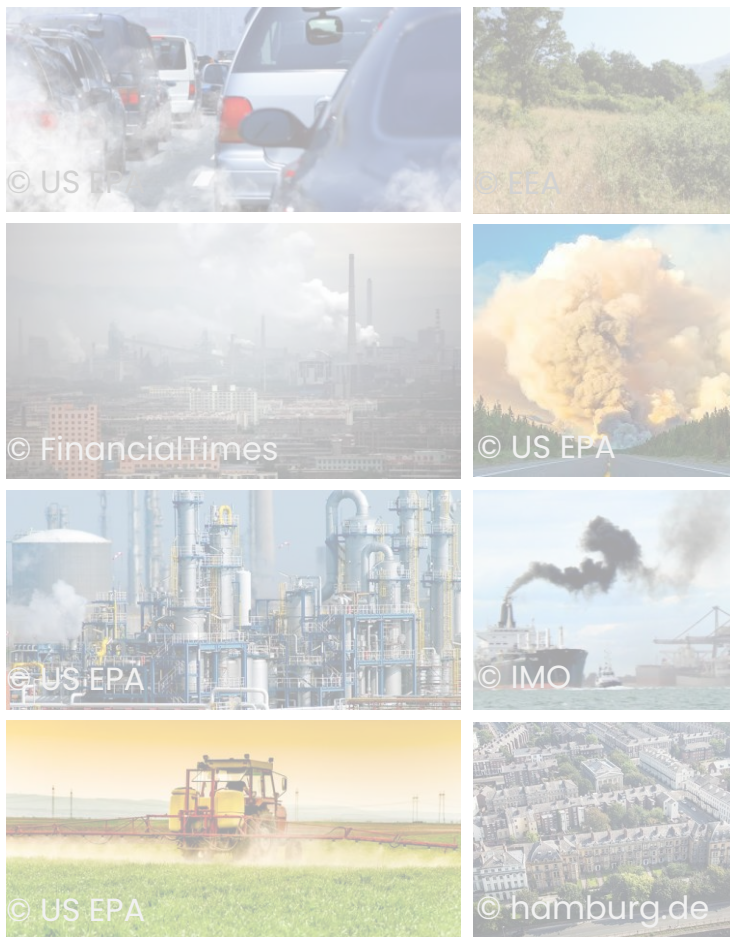


Abbildung 7.7-4: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in Hamburg von 1986 bis 2016. Quelle: Eigene Darstellung von Daten aus dem Hamburger Luftmessnetz (<http://luft.hamburg.de/>). Grenzwert nach EU (2008).

Luftverschmutzung

von Emissionen bis zur Belastung

Emissionsquellen



3-D exchanges of heat, moisture, and other atmospheric properties for each grid cell

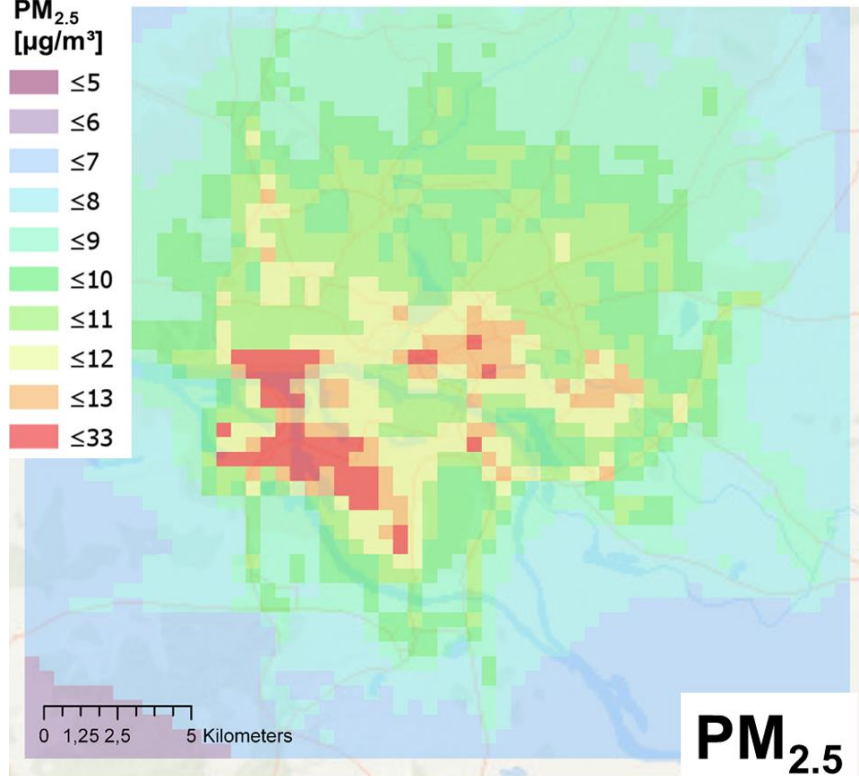
Chemietransportmodelle sind realitätsnahe numerische Modelle zur Beschreibung von Luftschadstofftransporten auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalen

Vorteile von Chemietransportmodellen I

Flächendeckende Information

Modellergebnisse

2012 total avg. PM_{2.5} concentration



Ramacher et al. 2018

Evaluation

Abdeckung

Messungen



Bewertung der Luftqualität:

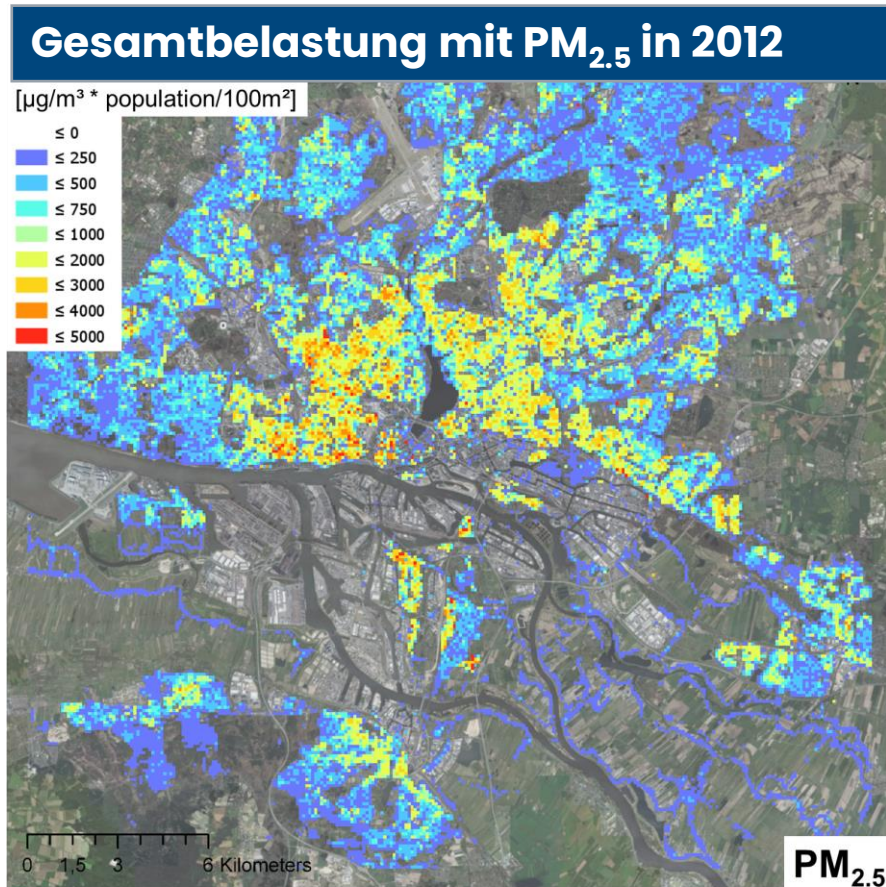
- Konzentrationen an Messstationen
- Grenzwerte (EU/WHO)
 - Stundenmittel
 - Tagesmittel
 - Jahresmittel

Punktuell
Messungen

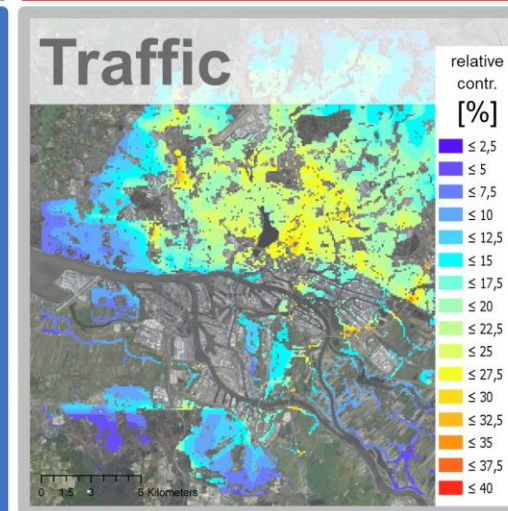
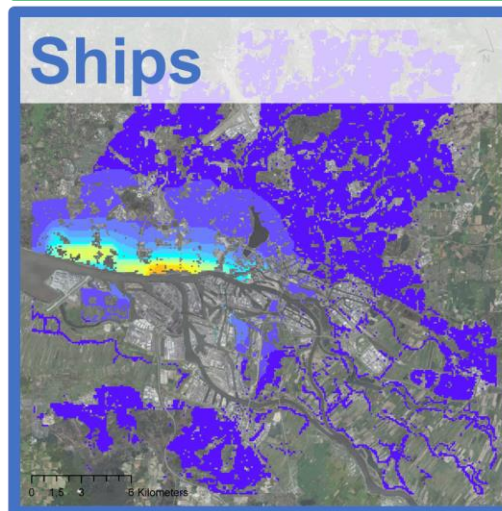
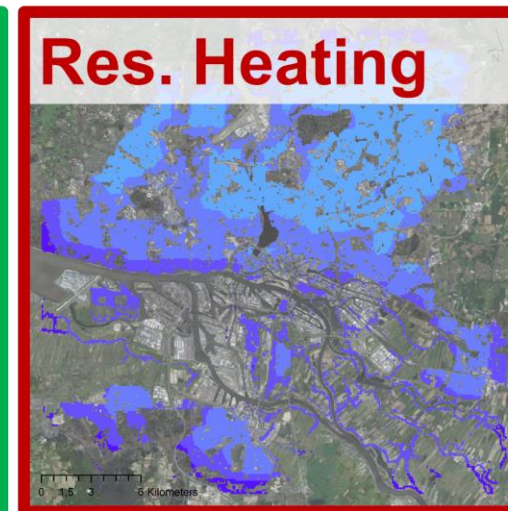
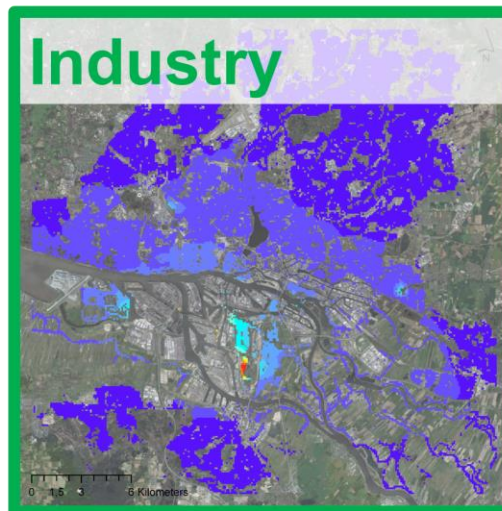


Vorteile von Chemietransportmodellen II

Sektorspezifische Informationen – Beiträge von Emissionsquellen

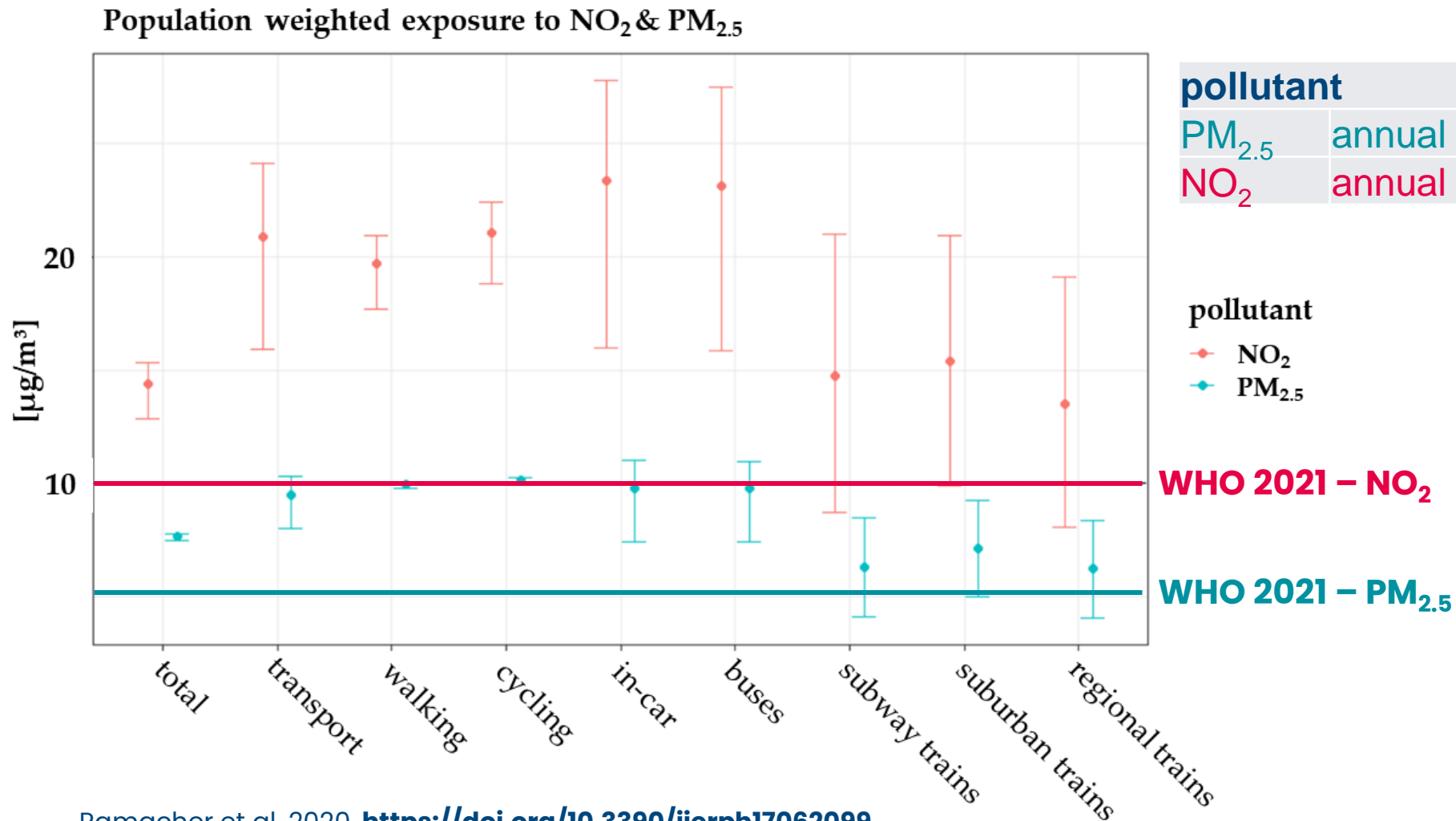


Belastung = Schadstoffkonzentration am Wohnort



Vorteile in Chemietransportmodellen II

Sektorspezifische Informationen - Schadstoffbelastung in Transportmoden (Hamburg)



pollutant		WHO ₂₀₂₁	WHO ₂₀₀₅
PM _{2.5}	annual	5	10
NO ₂	annual	10	40

pollutant

- NO₂
- PM_{2.5}

Vorteile von Chemietransportmodellen III

Szenariorechnungen – e-Mobilität in Hamburgs Innenstadt

Definition eines Innenstadtbereichs:

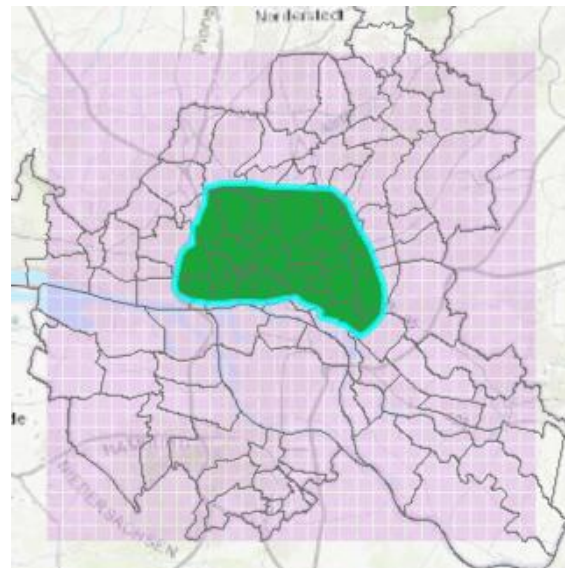
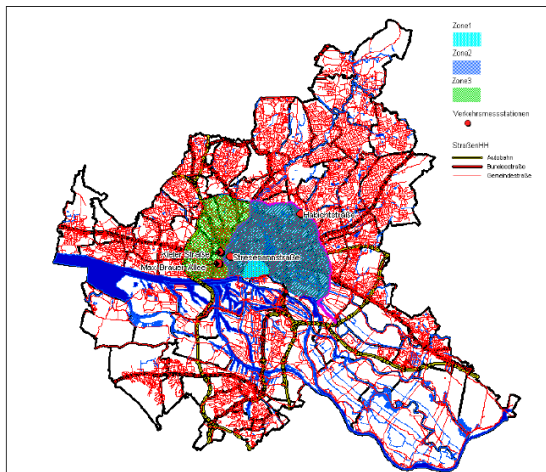
Zone1, Zone2, Zone3

Erstellen verschiedener Emissionsszenarien:

Ersetze brennstoffbetriebene Fahrzeuge mit elektrisch angetriebenen Fahrzeugen.

Ausnahme: Lieferfahrzeuge.

Verschiedene Ausbaustufen realisiert in den Szenarien EPLAN, EFAST, EMAXR, EMAXF



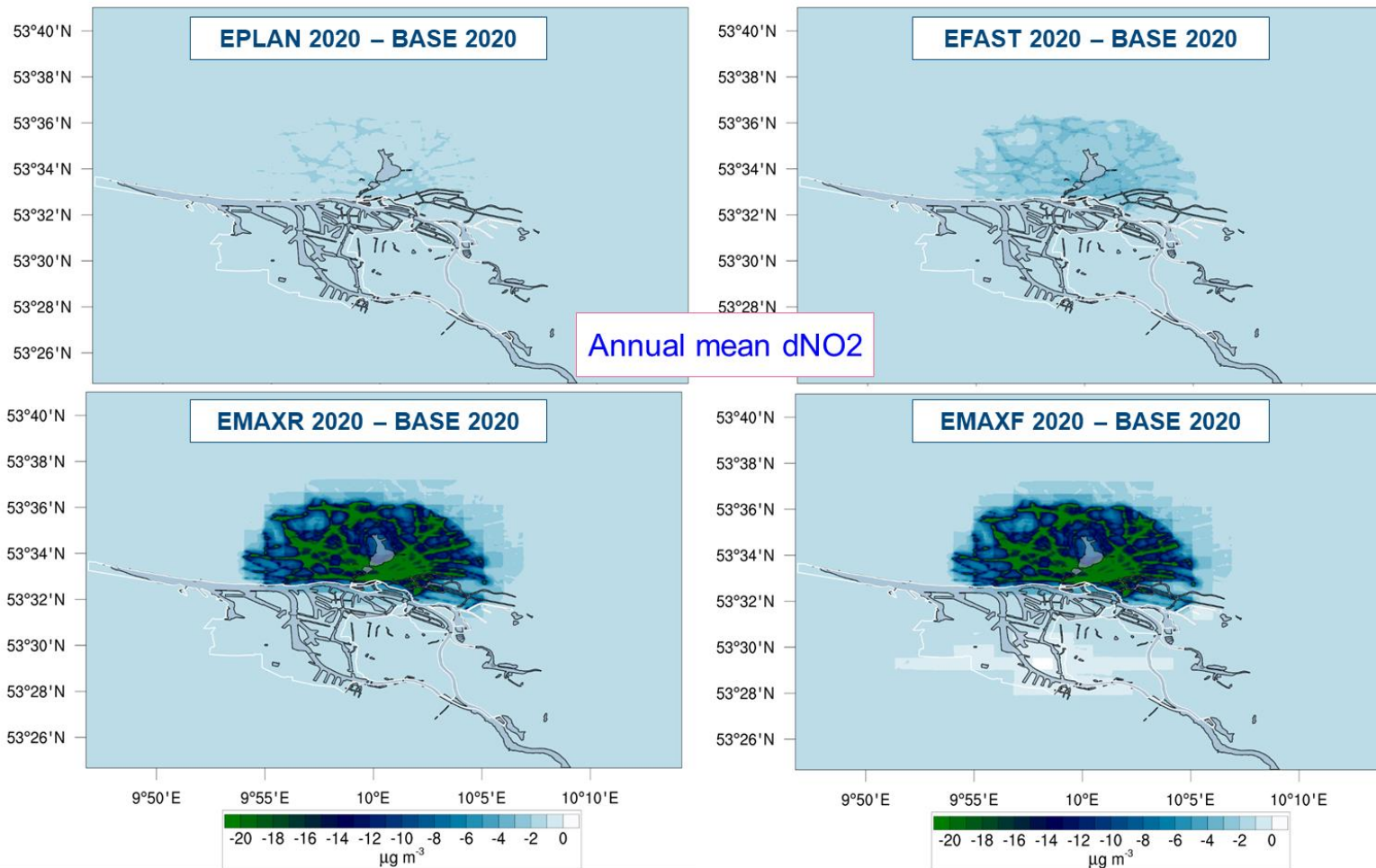
Report on City-Maut Hamburg (2011).
IVT, www.ivt-verkehrsforschung.de

	BASE	EPLAN	EFAST	EMAX_R	EMAX_F
Description	Baseline (as HH air quality plan)	HH electro mobility plan (MP6)	City zone 15% electro cars	City zone 100% electro cars	City zone 100% electro cars, coal power
Fuel driven km (electric driven) [10 ⁶ km/year]	8382 (0)	8298 (84)	8030 (352)	6622 (1760)	6622 (1760)
Total NO _x traffic emission [t/year]	3574	3533	3482	2889	2889
NO _x emissions City zone [t/year]	920	879	828	235	235
NO _x reduction in City zone [%]	0	4.5	10	75	75
Power supply for electric cars	0	178 Wh/km regenerative	178 Wh/km regenerative	178 Wh/km regenerative	178 Wh/km 0.7 gNO _x /KWh

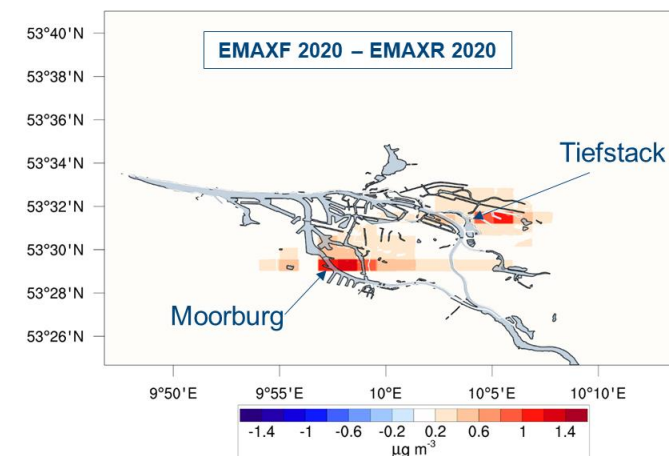
Karl et al. 2019

Vorteile von Chemietransportmodellen III

Szenariorechnungen – e-Mobilität in Hamburgs Innenstadt



100% Kohle vs. 100% regenerativ



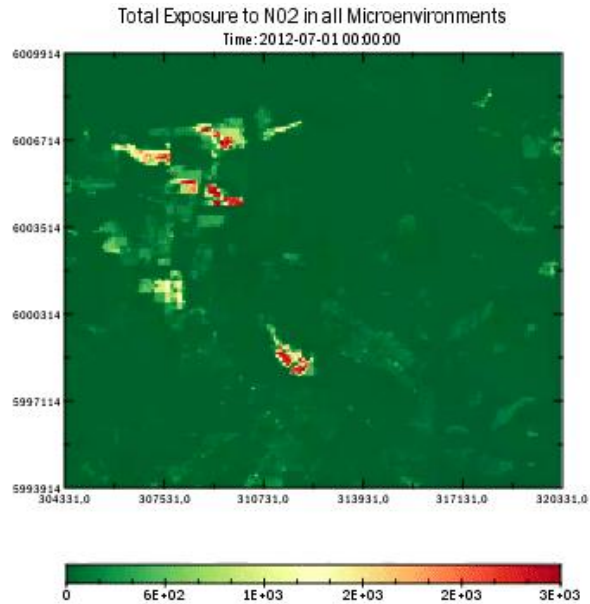
Veränderung $\leq 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$

Vorteile von Chemietransportmodellen IV

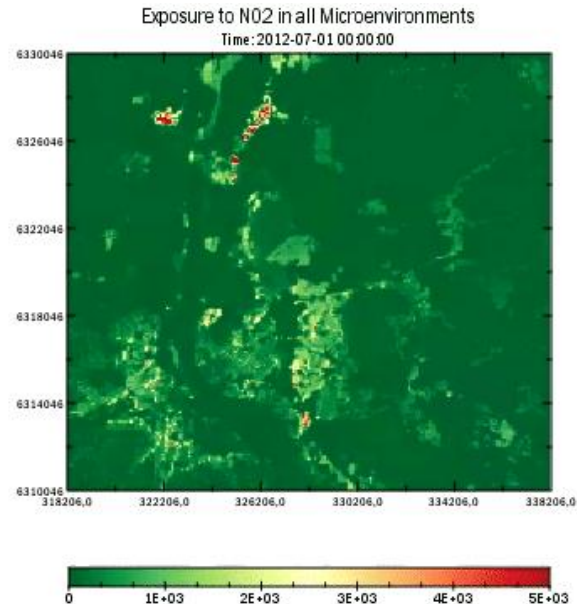
räumliche und zeitliche Abdeckung über Hamburg hinaus!

Stündliche Gesamtbelastung NO₂ im Jahr 2016

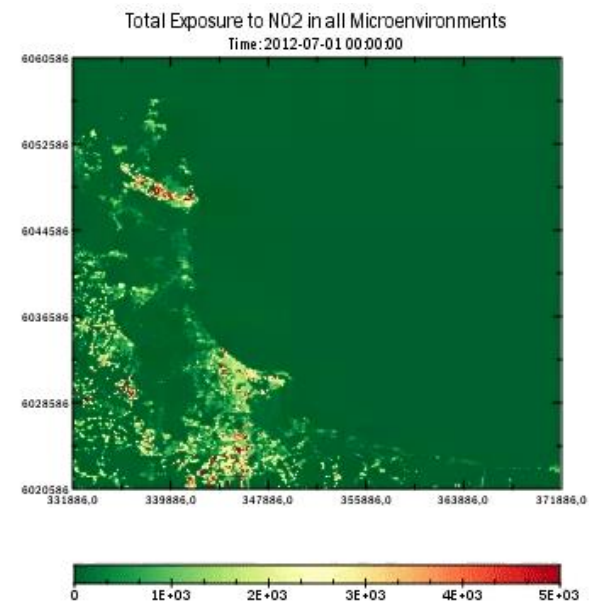
Rostock



Riga



Gdansk-Gdynia



Zusammenfassung

Chemietransportmodellierung am Helmholtz-Zentrum hereon

Chemietransportmodelle sind realitätsnahe numerische Modelle zur Beschreibung von Luftschadstofftransporten auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalen

Typische Anwendungen am hereon sind:

- Emissionen und Luftqualität auf regionaler und Stadtskala
- (Schad-)Stoffeinträge in Ökosysteme
- Szenarienrechnungen (Emissionsminderung, Klimawandel)
- Ausbreitungsrechnungen von Emissionen aus einzelnen (großen) Quellen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



www.hereon.de

martin.ramacher@hereon.de
researchgate.net/profile/Martin-Ramacher

Helmholtz-Zentrum
hereon