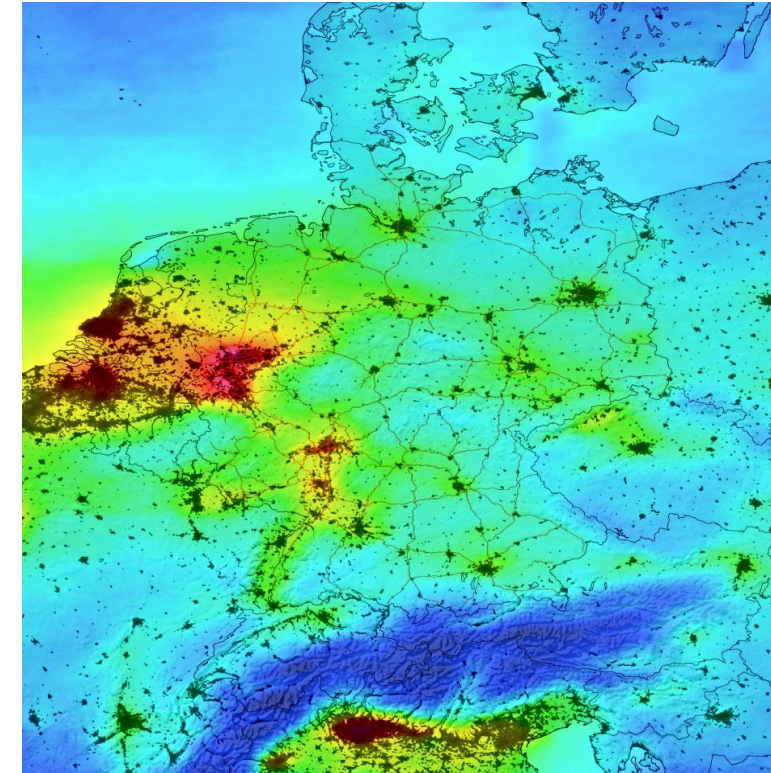


# Einsatz des Satelliten Sentinel-5P zur Ermittlung der Luftqualität (S-VELD)

Pieter Valks und das S-VELD Team

Institut für Methodik der Fernerkundung (IMF), DLR, Oberpfaffenhofen

- Forschungsprojekt im Rahmen der **mFUND (Modernitätsfonds)** des **BMVI**
- Besseres Verständnis der **verkehrsbedingten Schadstoffemissionen** in Deutschland auf Grundlage neuester **Sentinel-Satellitendaten**
  - Planungsgrundlage und Entscheidungshilfe für Behörden
- Die Copernicus Sentinel Instrumente liefern **tägliche NO<sub>2</sub> and Feinstaub** Informationen in einer noch nie da gewesenen räumlichen Auflösung
- Nutzung von Sentineldaten in Kombination mit **Emissions- und Luftqualitäts-Modellierung**

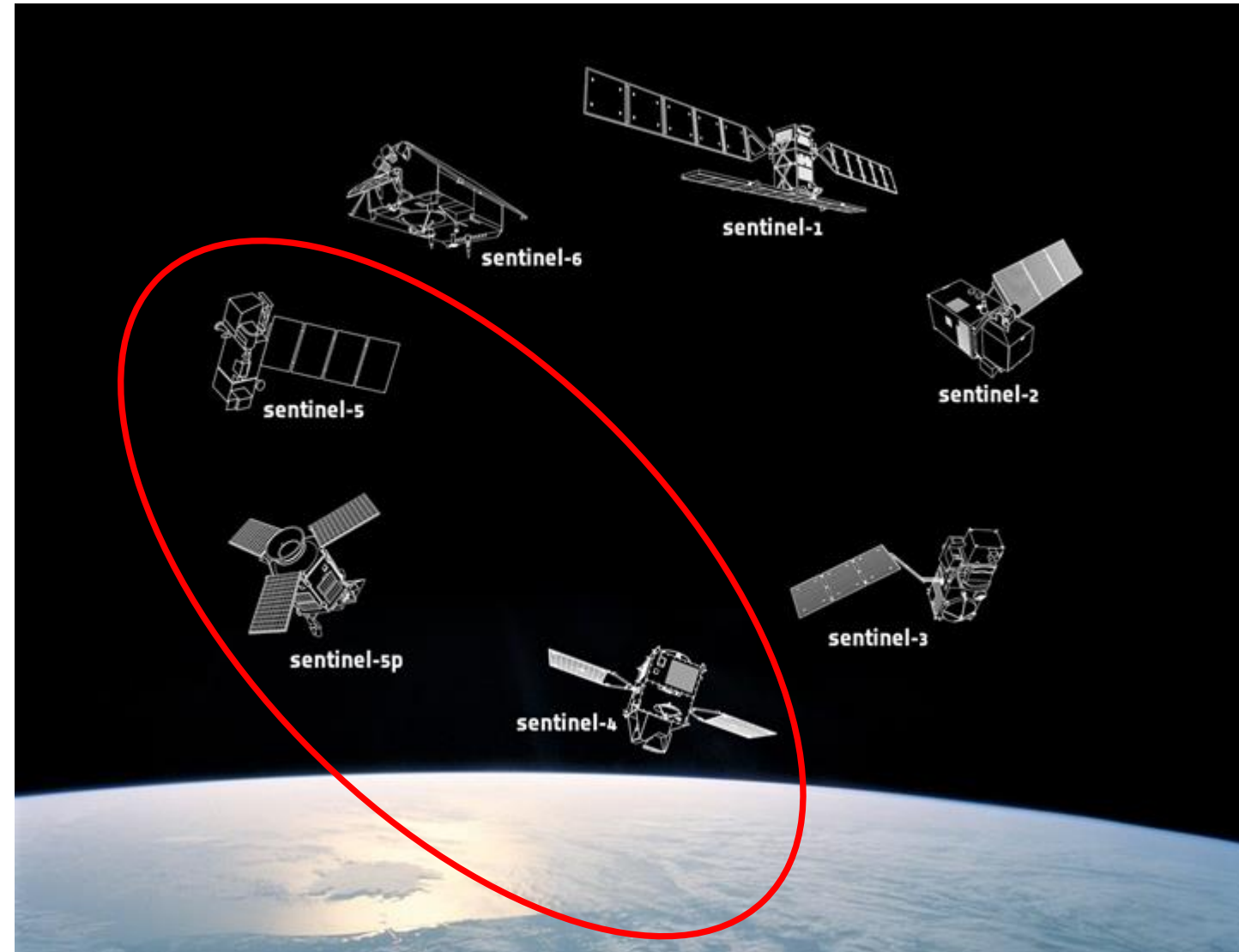


Trop. NO<sub>2</sub> (OMI/EOS-Aura Satellit)

Atmosphärenbeobachtung mit dem europäischen Copernicus Erdbeobachtungsprogramm

## Sentinel-5P

- operationelle Daten seit Juli 2018
- Polare Satellit mit globale Abdeckung





## Atmosphärenbeobachtung mit dem europäischen Copernicus Erdbeobachtungsprogramm

### Sentinel-5P

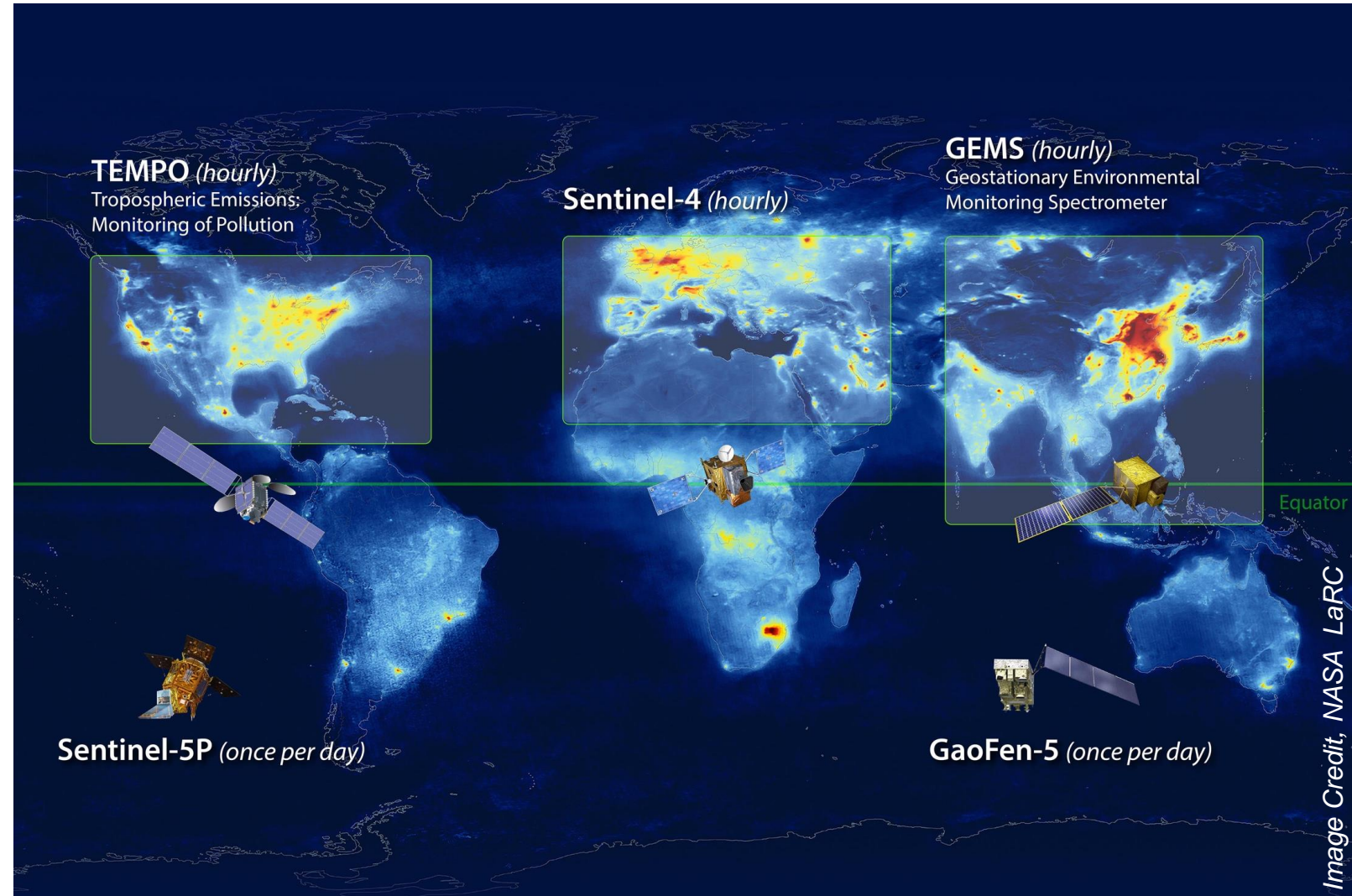
- operationelle Daten seit Juli 2018
- Polare Satellit mit globale Abdeckung

### Sentinel-4 (2024)

- Stündliche Messungen über Europa

### Sentinel-5 (2024)

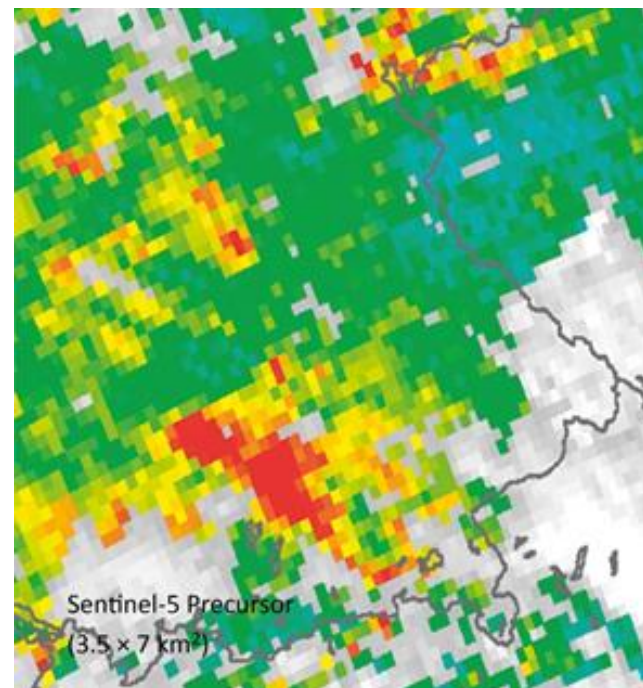
- Polare Satellit mit globale Abdeckung



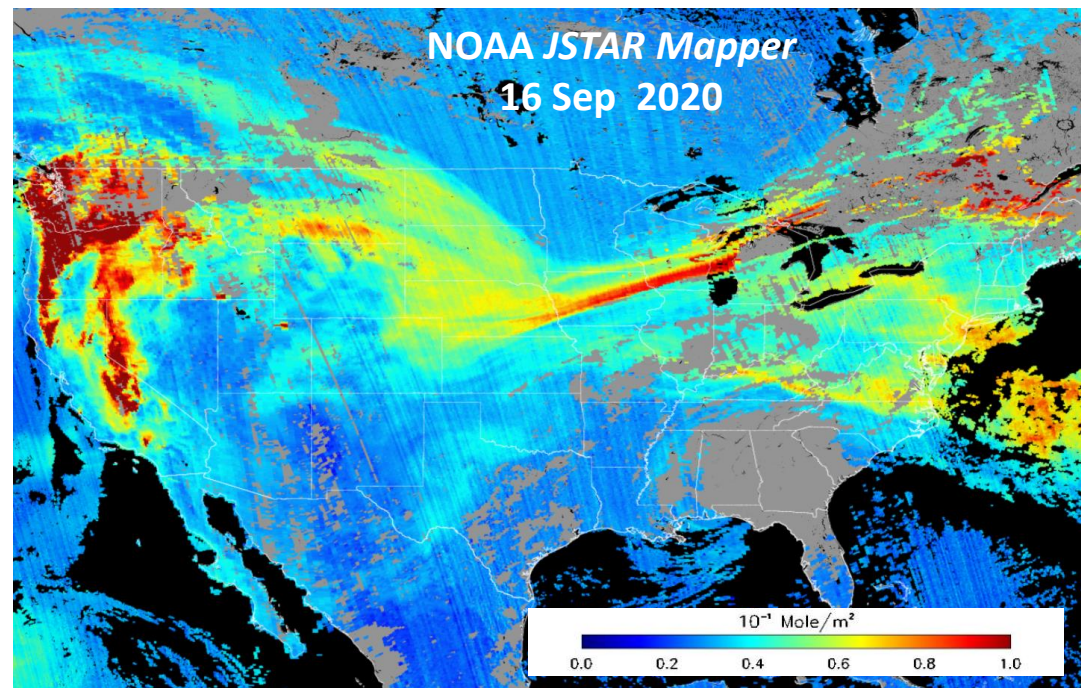


- Spektrometer im UV und sichtbaren Spektralbereich
- Erfasst wichtige Spurengase (troposphärische Gesamtmenge), Aerosole und Wolkeninformationen
- Auflösung:  $\sim 3,5 \times 5,5 \text{ km}^2$

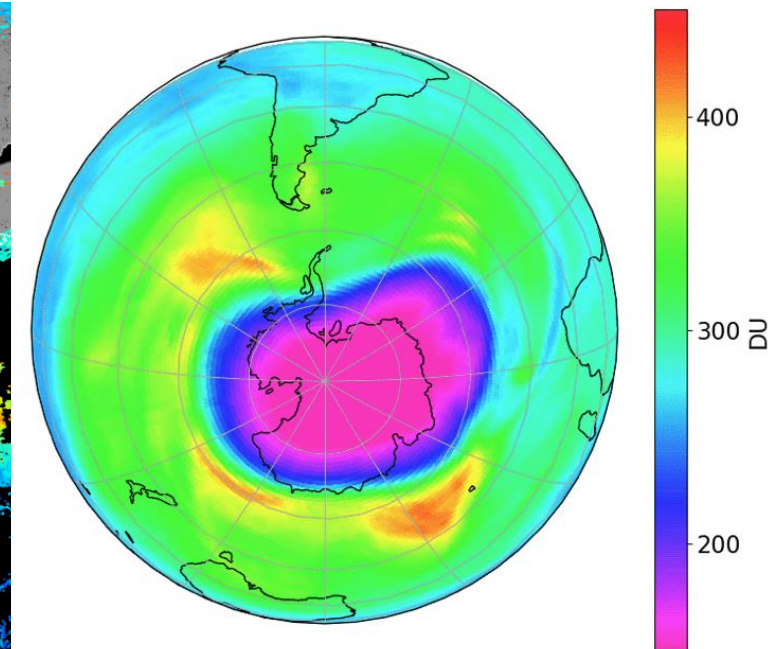
## NO<sub>2</sub> – Bayern



## CO – Nordamerika

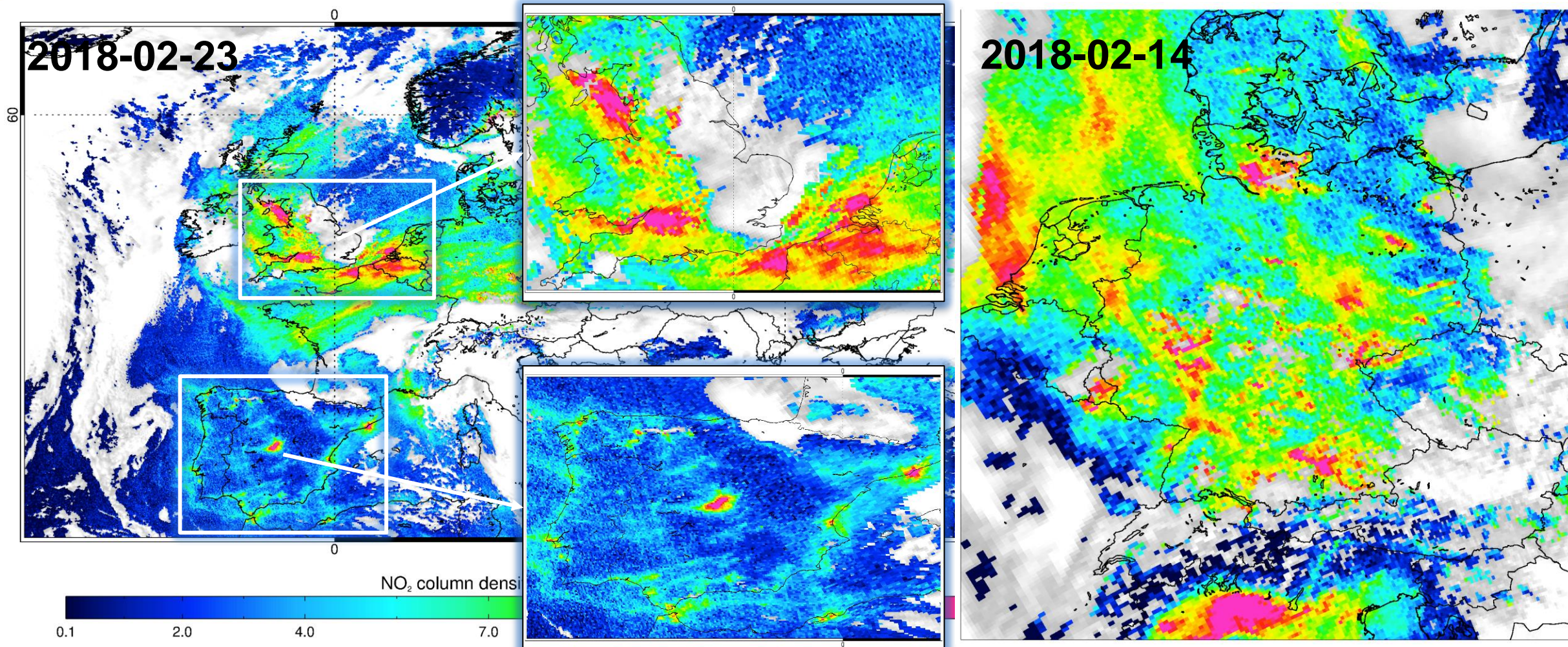


## O<sub>3</sub> – Antarktis

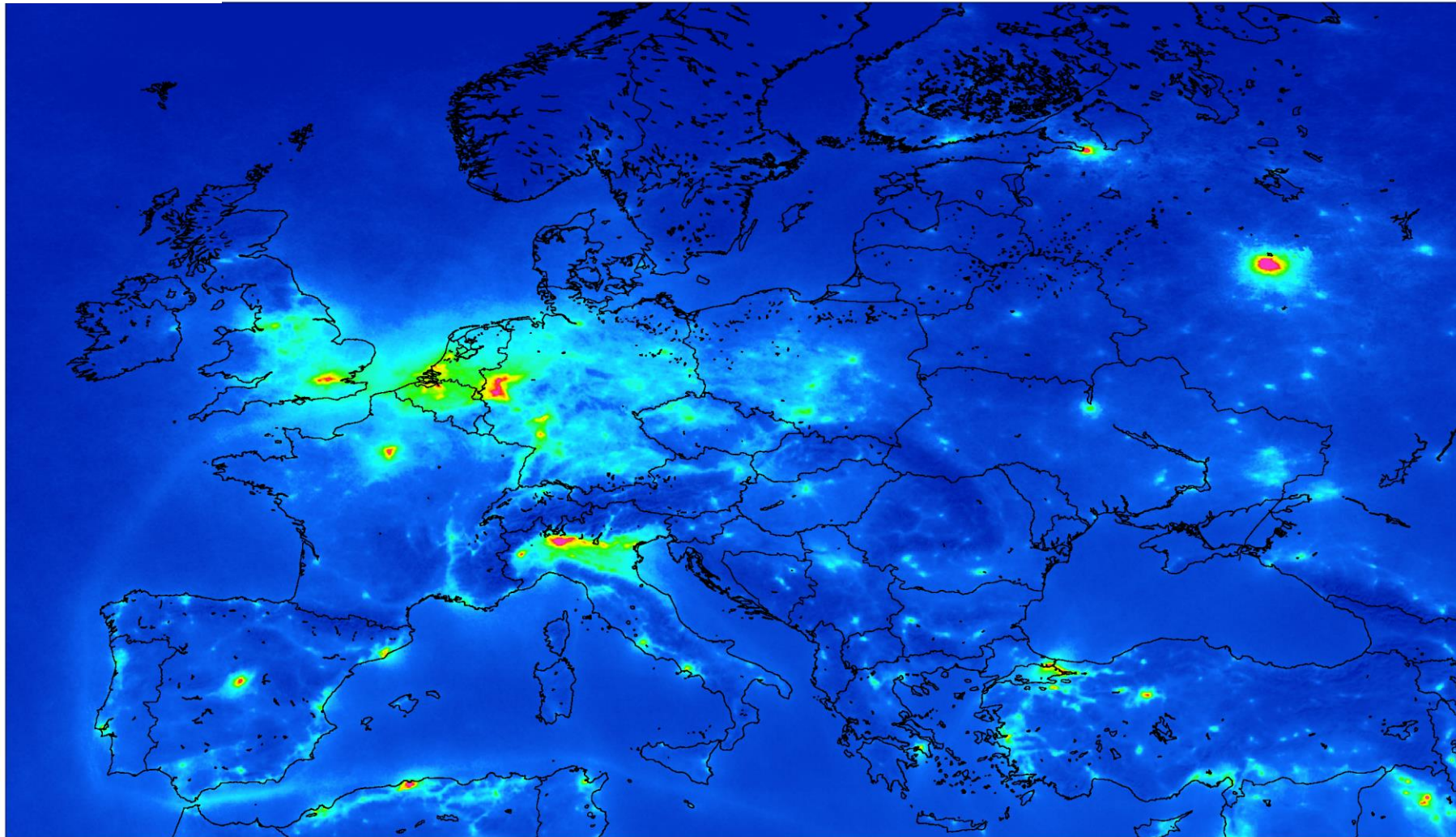


25 Okt. 2020









Europa

2018-2019

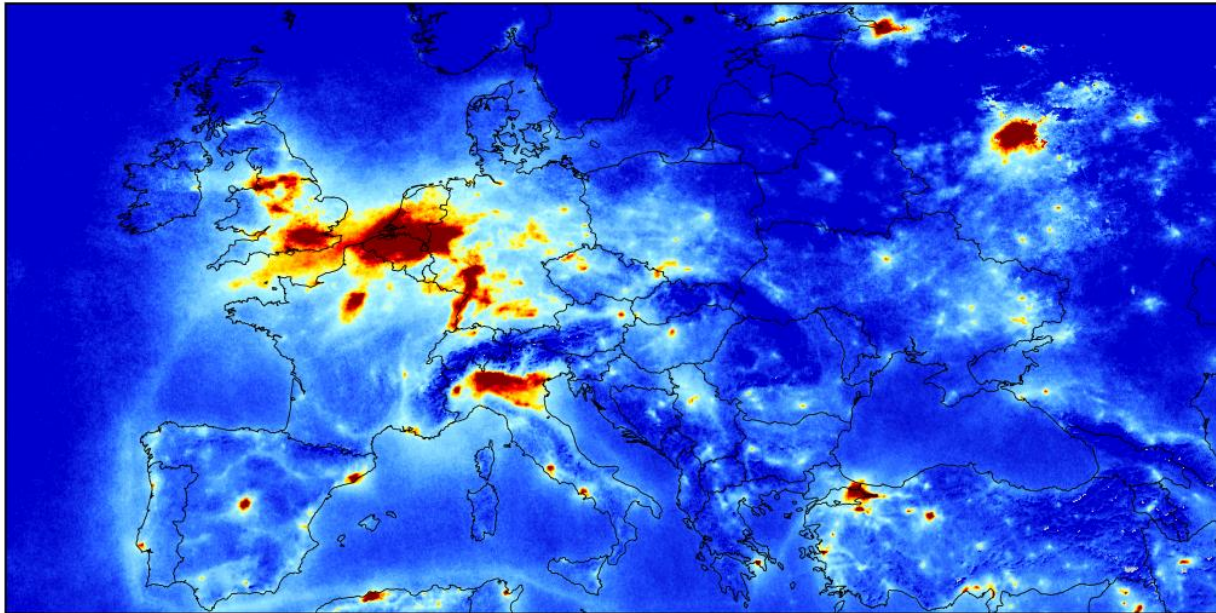
NO<sub>2</sub> column density [ $10^{15}$  molec/cm<sup>2</sup>]



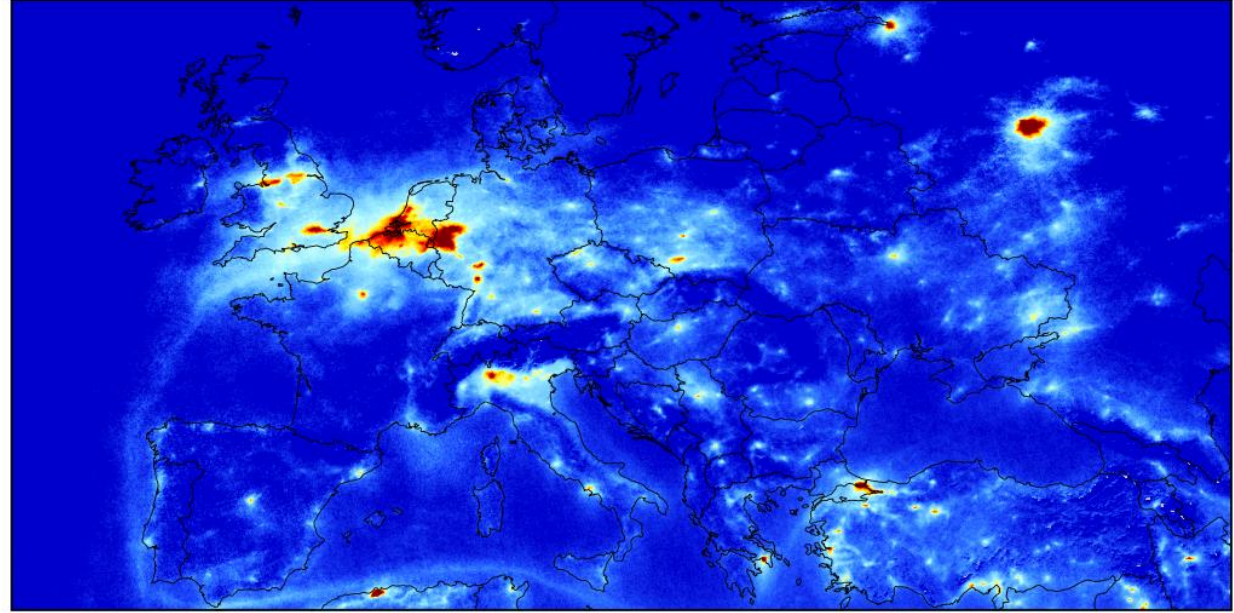


# Effekt von COVID-19 Lockdown auf NO<sub>2</sub>

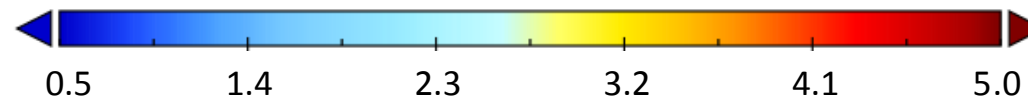
16 Mar – 15 May 2019



16 Mar – 15 May 2020



Tropospheric NO<sub>2</sub> Column [ $\times 10^{15}$  mole/cm<sup>2</sup>]

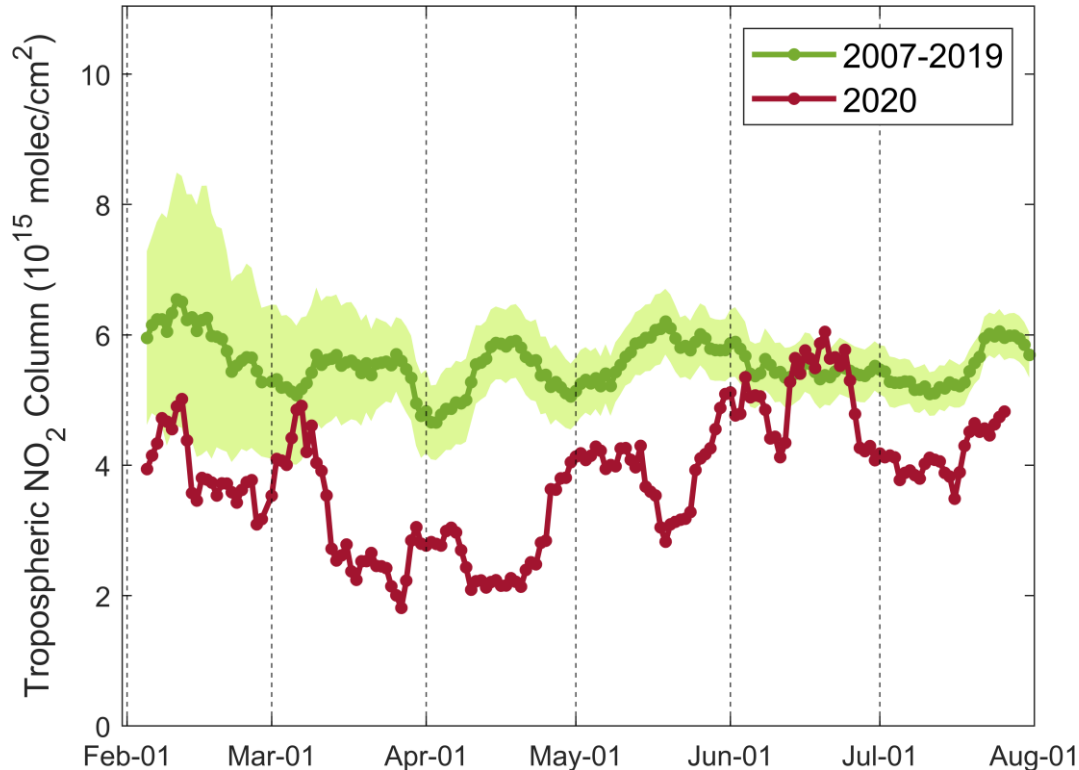


**Um den Effekt von Emissionsänderungen und Meteorologie zu unterscheiden sind weitere Analysen notwendig.**



# COVID-19: NO<sub>2</sub> decline and rebound observed by Sentinel-5P and GOME-2

## Northern Italy



Each day's NO<sub>2</sub> observation is **normalized** to a day with “standard” condition to **correct for**:

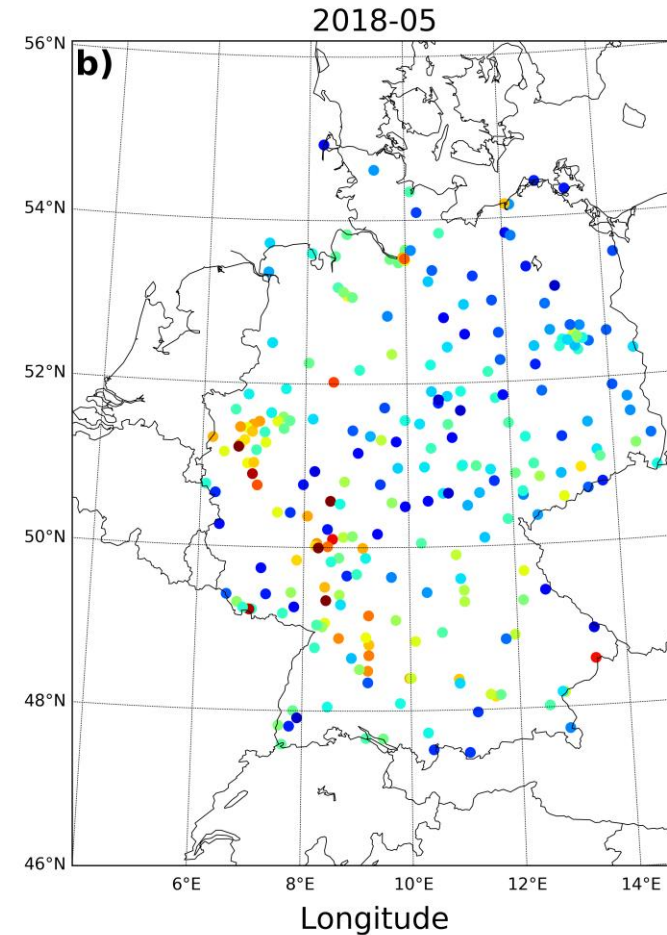
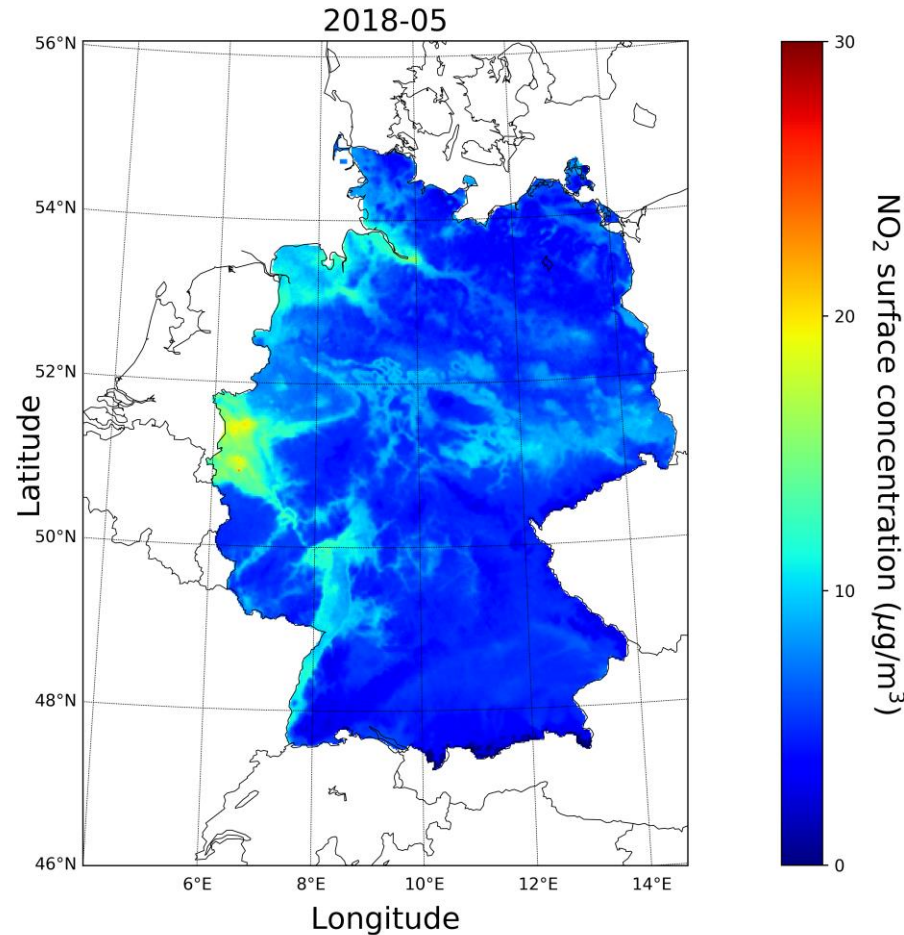
- **trend** (4% decrease per year)
- **season** (winter values ~3 times larger than summer)
- **meteorology** (up to 20% increase for upwind regions and decrease for downwind regions)

**~30 % decrease in NO<sub>2</sub> due to COVID-19 lockdown.**

Liu et al., Nitrogen dioxide decline and rebound observed by GOME-2 and TROPOMI during COVID-19 pandemic, Air Quality, Atmosphere and Health, in review, 2020



- **Monatliche** Bodenkonzentrationen von NO<sub>2</sub> mit 2 km Auflösung
- **Statistische Methoden** basierend auf S-5P NO<sub>2</sub> Daten und meteorologischen Daten (Grenzschichthöhe, Windgeschwindigkeit, Temperatur) aus COSMO-D2 (DWD)
- Verifikation der Ergebnisse mit **in-situ** Beobachtungen

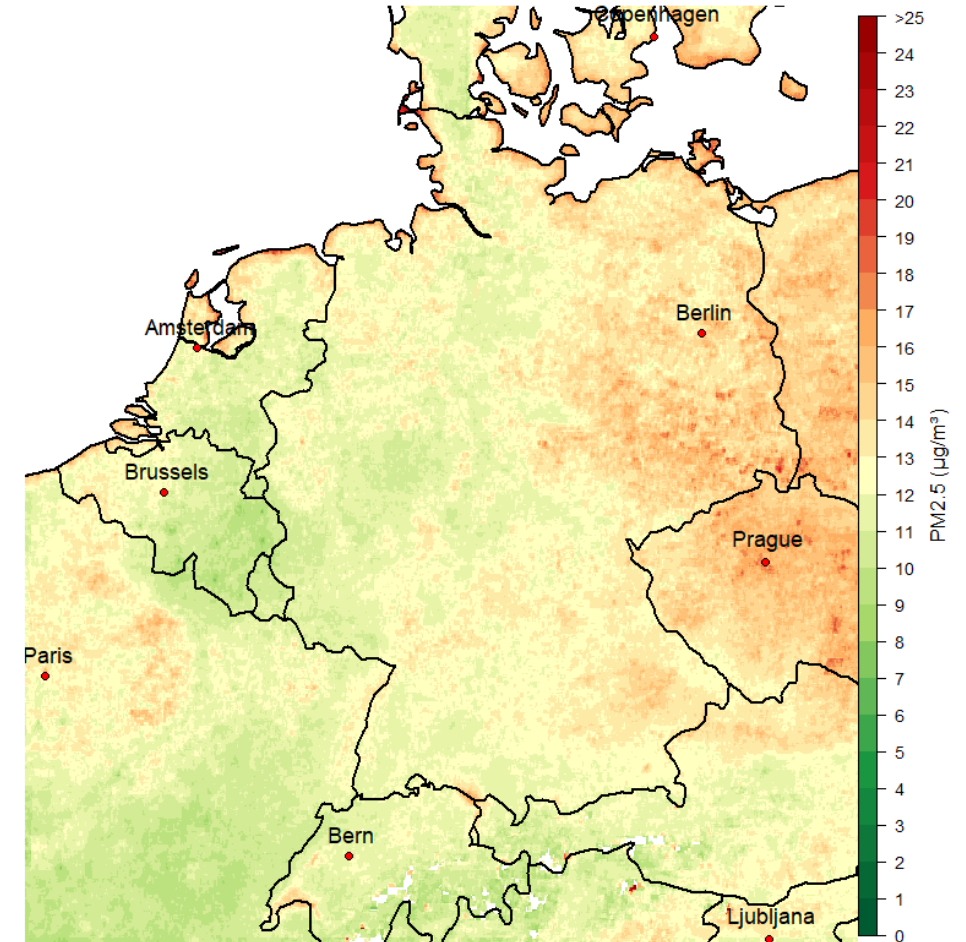


**Bodennahes NO<sub>2</sub> aus S-5P NO<sub>2</sub> Daten (Mai 2018)**



- Jährliche und saisonale Bodenkonzentrationen von Feinstaub (PM 2.5 & PM 10) basierend auf Satellitendaten mit Auflösung auf km-Skala
- Aerosol-Daten (AOD) von MODIS, Sentinel-3 und -5P
- Ableitung der Konzentrationen mit Hilfe von Feuchte und Grenzschichthöhe
- Korrektur und Verifikation der Ergebnisse mit in-situ Beobachtungen

**PM 2.5 Ensemble aus MODIS und S3  
Aerosol-Daten (2018)**



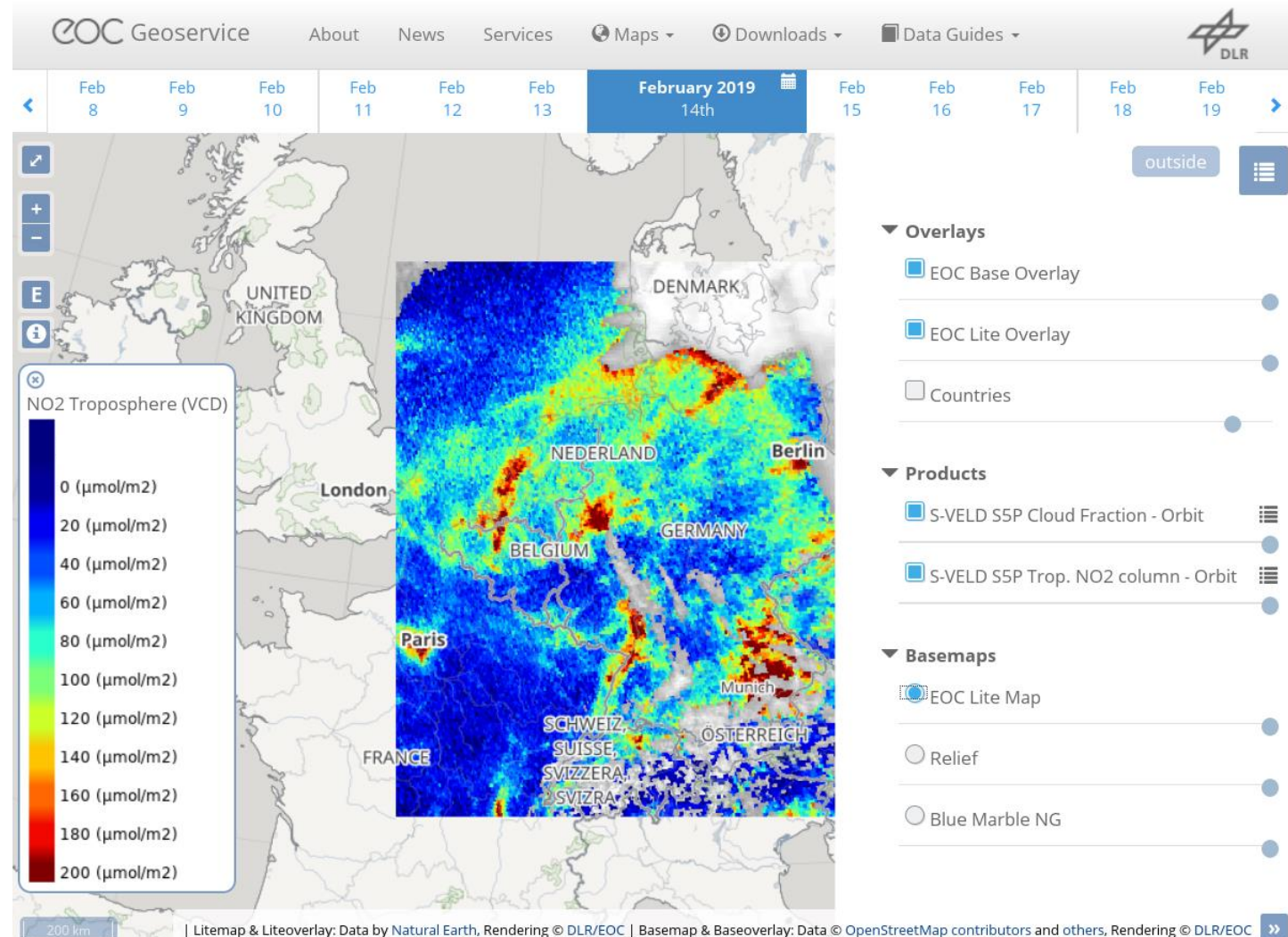
Handschuh et al. 2020

<http://dx.doi.org/10.1117/12.2574020>

Tägliche und Monatmittel  
NO<sub>2</sub> und Feinstaub  
Karten & Daten

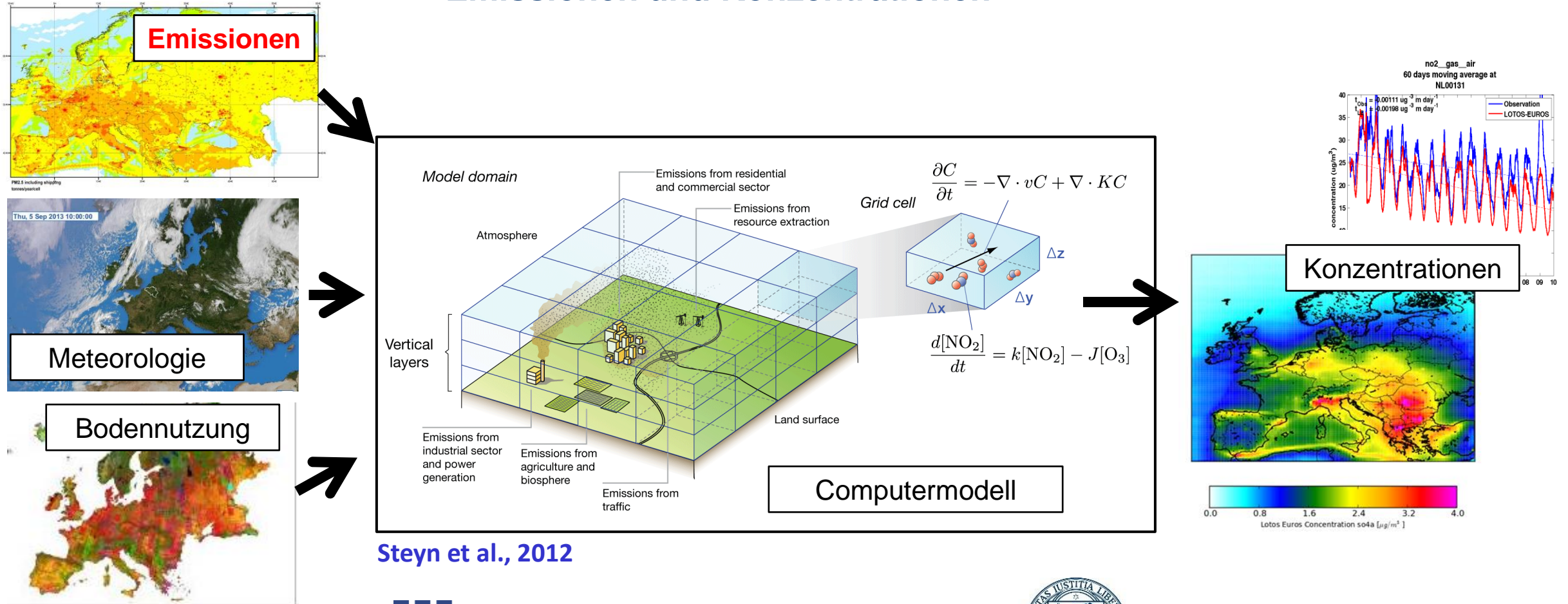
Interoperable  
Datenermittlung,  
Visualisierung und  
Download

Metadata in mCLOUD





## Chemie-Transport-Modelle verbinden Emissionen und Konzentrationen



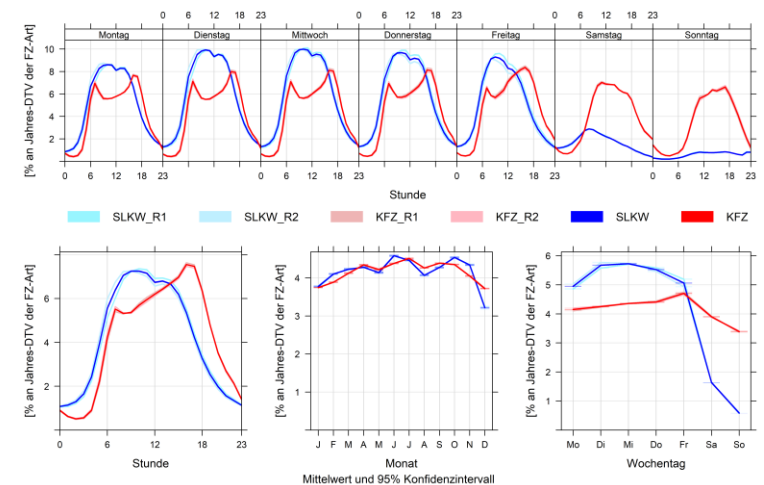
Steyn et al., 2012

## Eingangsdaten

- Straßennetze & Straßeneigenschaften
- Kfz-Belastungen & Zusammensetzung auf den Straßen (Flotte), z. B.:
  - Kfz-Arten (Pkw, Lkw, ...), Antriebsart (Benzin, Diesel, ...), Euro-Norm
- Verkehrsqualität (Level of Service)

## Detaillierung der räumlichen und zeitlichen Verteilung

- Grundlage Basisemissionen aus GRETA (UBA)
- Verwendung Verkehrszählraten automatischer Dauerzählstellen (BMVI/BAST)
- Emissionsmodellierung stündlich (ausgewählte Hauptachsen)
- Ableitung differenzierter Abbildung der zeitlichen Variabilität
  - räumlich (Orographie, Meteorologie)
  - Wochentag/Wochenende
  - Saisonal
  - Kaltstart
- ggf. teilweise Ergänzung durch MDM-Daten und Mautdaten (Lkw-Flotte)
- Emissionsfaktoren des HBEFA 4.1





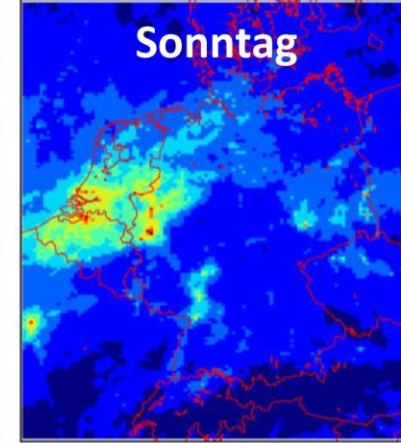
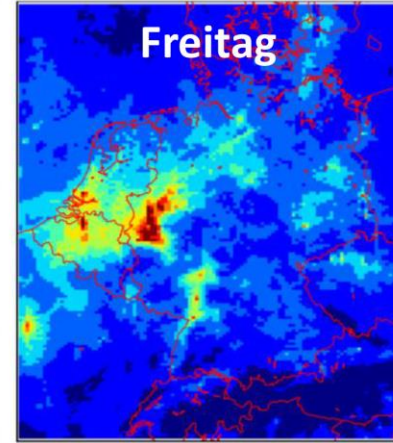
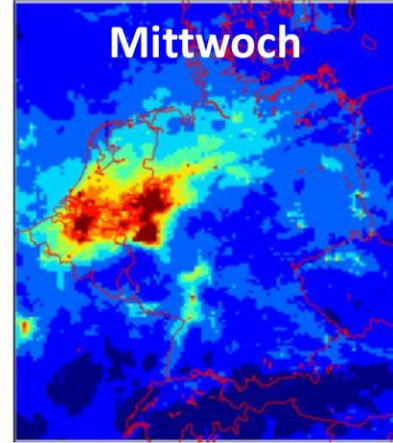
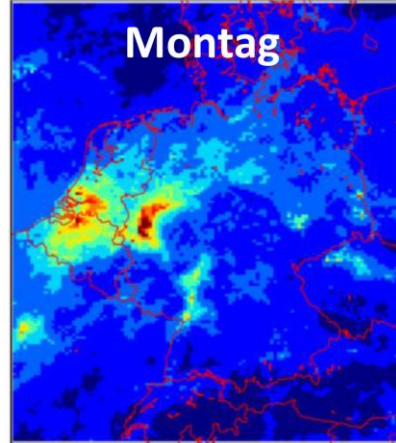
## Quantifizierung der Verkehrsemissionen durch inverse Modellierung

	Szenarioanalysen	Datenassimilation
Model	POLYPHEMUS	LOTOS-EUROS
Institut	DLR	FUB/TNO
Technik	Localized EnKF (Offline)	EnKF (Online)
Meteorologie	DWD - COSMO	DWD - COSMO
A-Priori Emissionen (bottom-up)	S-VELD	S-VELD

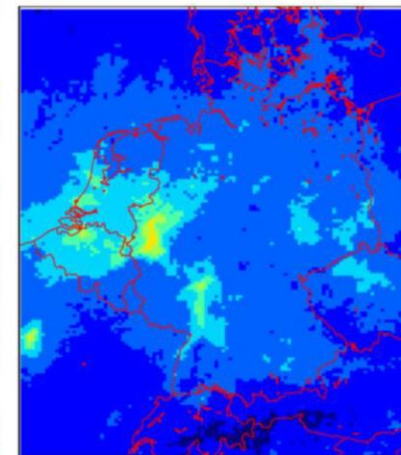
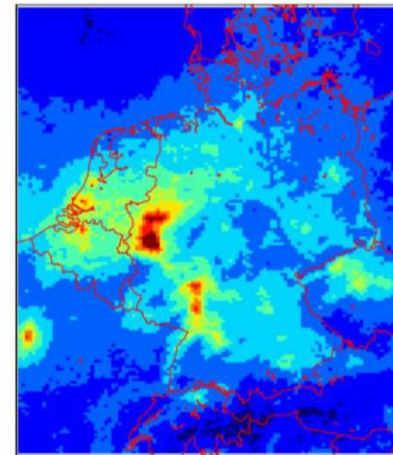
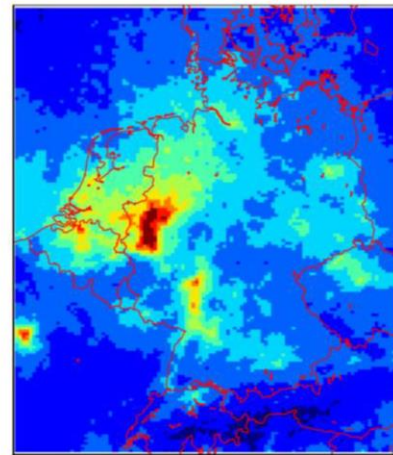
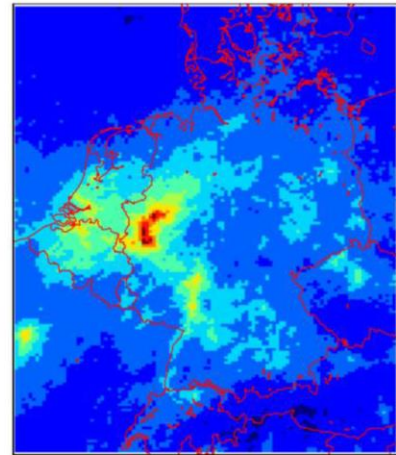
**Kombination zweier Modelle ermöglicht Aussagen zur Variabilität und Robustheit der Ergebnisse.**

Troposphärisches NO<sub>2</sub> Jul. – Dez. 2018

LOTOS-EUROS  
Model



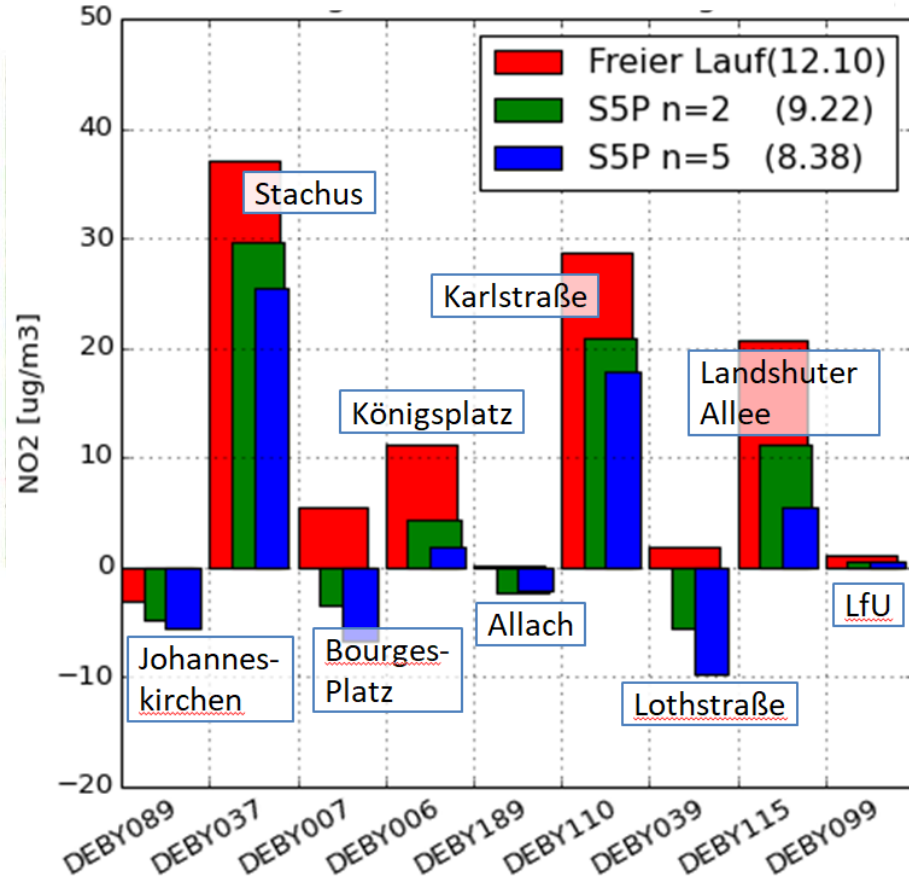
Sentinel-5P



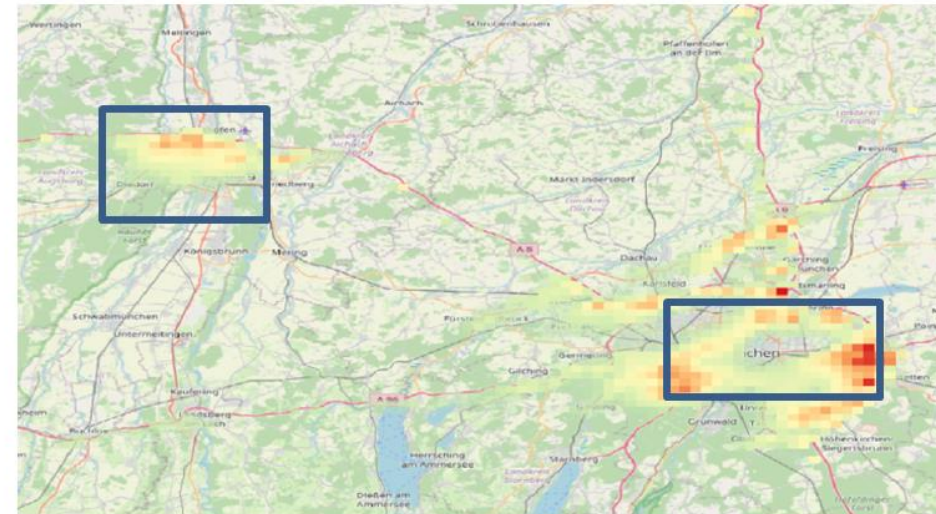


# Erste Tests: Top-Down Emissionen aus Sentinel-5P NO<sub>2</sub>

NO<sub>2</sub> Observations – NO<sub>2</sub> Analysis



After emissions correction



NO<sub>2</sub> [ug/m<sup>3</sup>]



Emission correction based on S5P NO<sub>2</sub> observations on 2nd the blue rectangles only

## Gegenüberstellung der Ergebnisse der unterschiedliche inverse Modellierungsverfahren

- Ableitung von belastbaren Ergebnisse zu den NO<sub>2</sub>- und Feinstaubemissionen und ihrer Herkunft.

## Trennung von Verkehrsemissionen und nicht-Verkehrsemissionen

- Analyse für Teilgebieten die durch Kfz-NO<sub>x</sub>-Emissionen geprägt sind (z.B. große Verkehrsachsen außerhalb)

## Analyse von Unterschiede zum A-Priori Wissen

- Rückschlüsse auf mögliche Korrekturen der bottom-up-Emissionsfaktoren.

## Beitrag der Verkehrsemissionen zur Luftbelastung

- Berichte
- Karten, Zeitreihen (2018-2020)
- Was haben wir gelernt? Genauigkeit, Lücken, etc

<https://atmos.eoc.dlr.de/sveld>