

# Wissenschaftliche und praktische Fragestellungen mit PALM- 4U

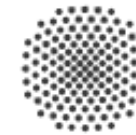
**Cornelia Burmeister**

GEO-NET Umweltconsulting GmbH



**Abdul Samad**

Universität Stuttgart



**Universität Stuttgart**  
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik

**Dieter Klemp/Robert Wegener**

Forschungszentrum Jülich



# Praktische Anwendung von PALM-4U

## Erarbeitung der Anwendungsfelder/-fälle

### Quelle Phase I - Produkte

- KliMoPrax: Nutzer- und Anforderungskatalog, Mainstreaming Studie, Endbericht
- UseUCLim: Feedbackbögen + Endbericht



### Quelle VDI-Richtlinien, Gesetze

- 3785, Blatt 1
- 3787, Blatt 1, 4, 8 + 9

### Quelle andere Projekte

- ExWost
- KLIMPRAX
- ZURES
- Heat Resilient City




### Filterung mit den Funktionalitäten von PALM-4U

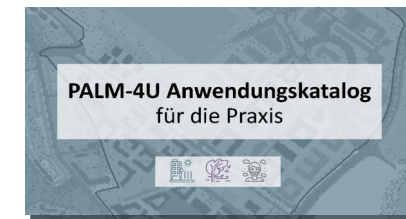


Quelle:  
<https://palm.muk.uni-hannover.de/trac/wiki/palm4u>  
, verändert



### Kommunale Anwendungsfelder

-  Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt
-  Windkomfort
-  Schadstoffausbreitung



Beschreibung, Hintergrund, Eingangsdaten, Ergebnisse, Interpretationsmöglichkeiten



Idealtypische Setups je Anwendungsfeld



# Allgemeingültige Anwendungsfälle

	Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt	Windkomfort	Schadstoffausbreitung
<b>Standard</b>	▪ Analyse der Situation im Bestand (Ist-Situation)		
	▪ Prüfung von städtebaulichen Entwurfsvarianten		
	▪ Untersuchung der Wirksamkeit verschiedenster Maßnahmen		
	▪ Grünflächen- und Freiraumentwicklung		▪ Erstellung von Luftreinhalteplänen
	▪ Analyse des Kaltlufthaushaltes	▪ Windkomfort auf umliegenden Flächen eines Hochhauses	▪ Genehmigung von Industrieanlagen
<b>Innovativ</b>	▪ Bereitstellung von dynamischen Informationen zum Schutz der Bevölkerung und dem Finden des am geringsten belasteten Weges (Multiagentenmodell)		
	▪ Analyse des Innenraumklimas in Gebäuden	▪ Sturmschäden für Bäume	▪ Katastrophenvorsorge bei einer Havarie
<b>Nicht rechenbar</b>	▪ Energetische Optimierung (Heizbedarfe/Kühlenergiebedarf)		▪ Schäden/ Verwitterung durch chemische Prozesse an historischen Gebäuden

Stand Sommer 2020

# Kommunale Anwendungsfälle

# Thermischer Komfort & Kaltlufthaushalt

## 10+1 Praxispartner:innen

# Windkomfort

### 3 Praxispartner:innen

# Schadstoffausbreitung

## 1 Praxispartner



- Betreut durch IBP, GERICS, GEO-NET
- Dienstleistungsempfänger vs. Assistierter Selbstnutzer



# Thermischer Komfort und Kaltlufthaushalt Anwendungskatalog Kapitel 6

## Eingangsdaten:

- Static Driver

## Auflösungen:

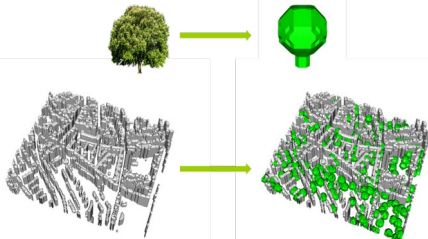
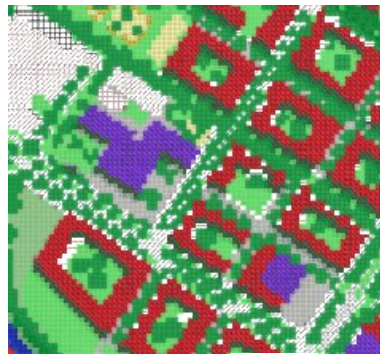
- 1 bis 10m

## Idealtypisches Setup:

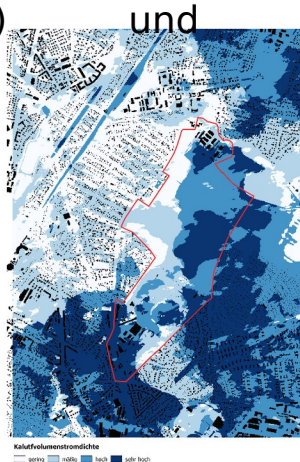
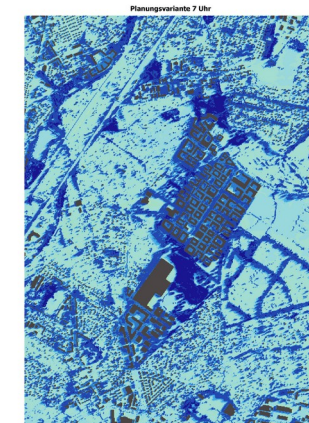
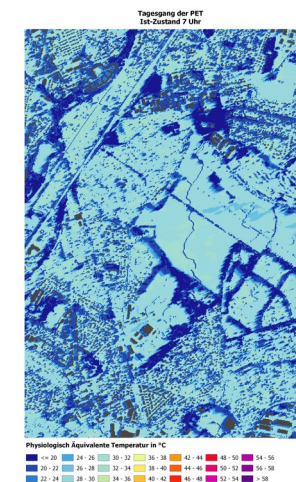
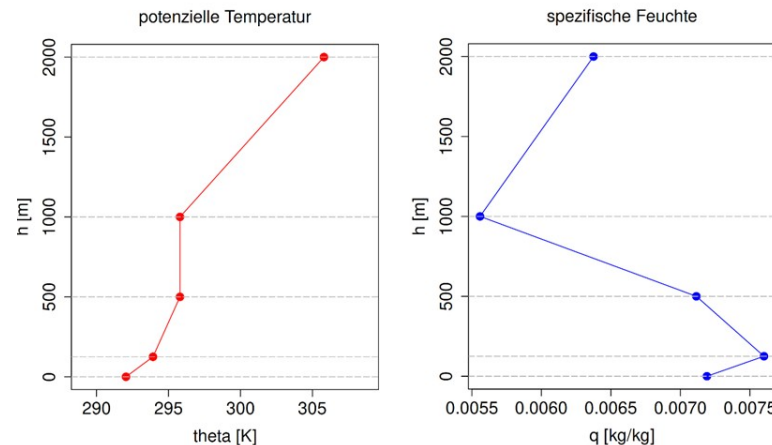
- autochthone sommerliche  
Wetterlage

## Ergebnisgrößen:

- Tag-/ Nachtbewertung anhand von
  - Temperaturgrößen wie Lufttemperatur, Oberflächentemperatur,
  - Thermophysiologische Indices wie PET, UTCI, PT
  - Kaltluftgrößen



2.-3.3.2023, Berlin



wie  
und





# Windkomfort Anwendungskatalog Kapitel 7

## Eingangsdaten:

- Static Driver, Dynamic Driver

## Auflösungen:

- 1m



- Wohngebäude 1951 bis 2000
- Wohngebäude 2001 bis heute
- Bürogebäude 1951 bis 2000
- Bürogebäude 2001 bis heute
- Asphalt
- Beton
- Pflaster
- Pflastersteine
- Holz
- Schotter
- feiner Schotter
- Sand
- Acker
- Kurzes Gras
- Hohes Gras
- Sträucher
- Fluß
- Teich

## Idealtypisches Setup nach VDI 3787, 4:

- Neutrale Schichtung der Atmosphäre mit vorgegebenen Windprofilen (Windgeschwindigkeit und -richtung)

	Auftretenshäufigkeit in %									
Windrichtun g in Grad	0.0 - 1.4 m/s	1.4 - 1.9 m/s	1.9 - 2.3 m/s	2.3 - 3.8 m/s	3.8 - 5.4 m/s	5.4 - 6.9 m/s	6.9 - 8.4 m/s	8.4 - 10.0 m/s	>10 m/s	Summ
0	1.53	0.94	0.94	1.57	0.39	0.05	0.01	0.00	0.00	5.40
45	1.78	1.02	1.10	2.99	1.51	0.37	0.07	0.01	0.01	8.81
90	3.03	1.30	1.21	2.91	1.83	0.47	0.06	0.02	0.01	10.80
135	4.11	2.63	2.27	3.91	1.05	0.14	0.01	0.01	0.00	14.10
180	2.64	1.89	1.84	3.60	1.50	0.34	0.06	0.01	0.00	11.84
225	1.77	1.37	1.72	6.38	5.37	1.76	0.36	0.05	0.01	18.75
270	1.43	0.94	1.51	7.20	6.46	2.20	0.56	0.13	0.03	20.42
315	1.38	0.93	1.17	3.42	2.15	0.68	0.17	0.05	0.01	9.92
Summe	17.6	10.9	11.73	31.9	20.2	5.96	1.26	0.24	0.05	100.00
	4	8		6	2					

## Ergebnisgrößen:

- Windkomfortbereiche (Überschreitung statistischer Grenzggeschwindigkeiten), die mit Aktivitätsklassen verbunden sind



- Gebäude
- Windkomfort Klasse A
- Windkomfort Klasse B
- Windkomfort Klasse C
- Windkomfort Klasse D
- Kein Windkomfort



# Schadstoffausbreitung Anwendungskatalog Kapitel 8

## Eingangsdaten:

- Static Driver, Dynamic Driver, Chemistry Driver

## Auflösungen:

- 1m

## Idealtypisches Setup:

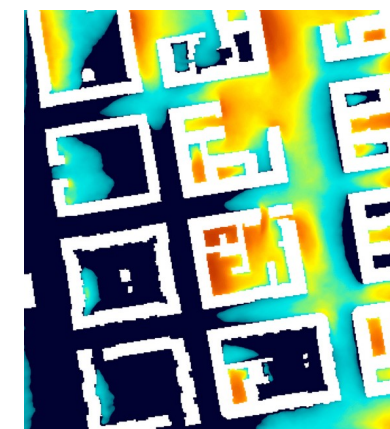
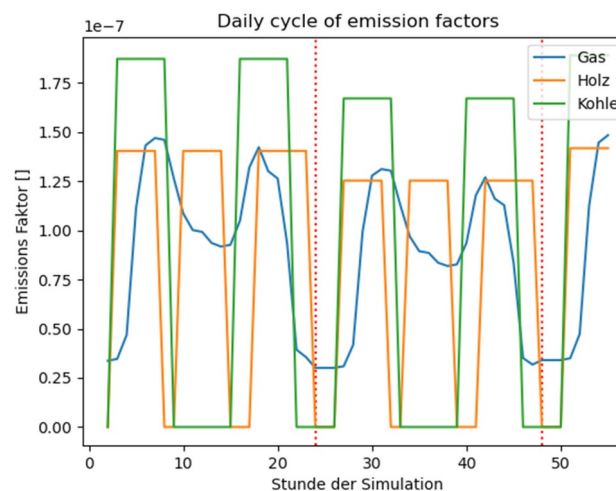
- Nesting
- austauscharme Inversionswetterlagen im Winter

## Ergebnisgrößen:

- Luftschadstoffe:  $\text{NO}_2$
- Feinstaub (passive Tracer):  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$



	Feinstaub (PM10) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Stickstoffdioxid ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Ozon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Benzol ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Kohlenmonoxid ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )		Schwefeldioxid ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	Tagesmittel	Max. 1 Std.-Wert	Tagesmittel	Max. 1 Std.-Wert	Tagesmittel	Max. 1 Std.-Wert	Tagesmittel	Max. 1 Std.-Wert	Tagesmittel	Max. 1 Std.-Wert	Tagesmittel	Max. 1 Std.-Wert
010_Hidding	31	47	63	39								
018_Schöneberg		38	53									
027_Markfelde		17	32	53								
032_Grunewald	27	26	40	43								
042_Neukölln	31	41	55	36			1,4	1,8				
077_Buch												
083_Friedrichshagen	24	20	32	53								
145_Frohnau		22	30	37								
171_Mitte	31	43	60									
282_Karlshorst		37	52								6	13



PM10-Konzentrationen in 1,5 m Höhe

# Wissenschaftliche und praktische Fragestellungen mit PALM- 4U

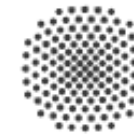
**Cornelia Burmeister**

GEO-NET Umweltconsulting GmbH



**Abdul Samad**

Universität Stuttgart



**Universität Stuttgart**  
Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik

**Dieter Klemp/Robert Wegener**

Forschungszentrum Jülich

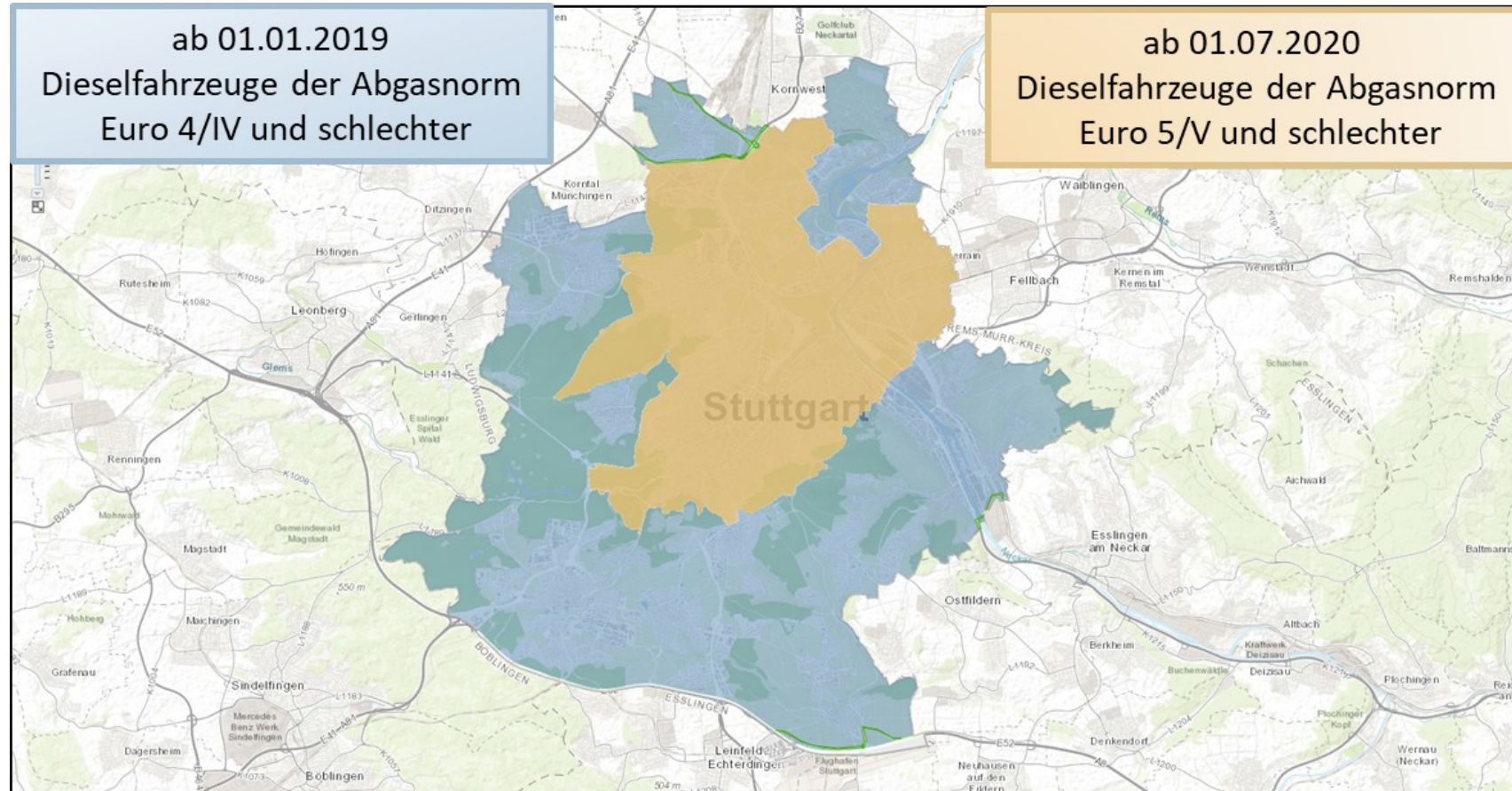


# Zielsetzung

- Anwendung des Stadtklimamodells PALM-4U zur Bewertung des Beitrags des Verkehrs zur Luftverschmutzung in Stuttgart
- Untersuchung der Auswirkungen des Diesel-Verkehrsverbots auf die Luftqualität in Stuttgart
- Ermittlung der Verteilung verkehrsbedingter Schadstoffe entlang der Hauptverkehrsstraßen in der Stadt mit PALM-4U
- Validierung von PALM-4U-Simulationen mit Feldmessungen im Untersuchungsgebiet



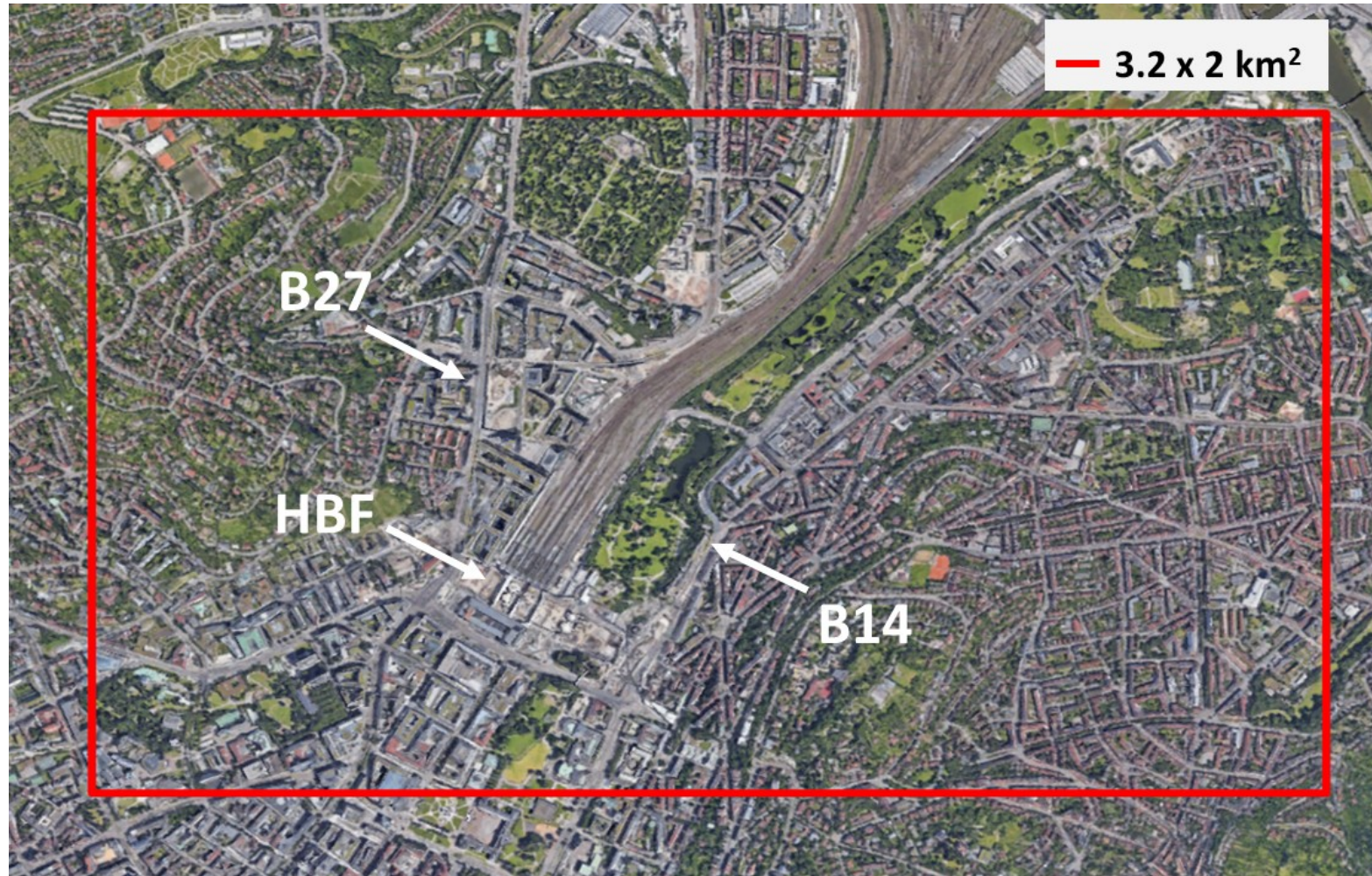
# Diesel-Verkehrsverbot in Stuttgart



*Environmental zones Stuttgart*  
Source: [diesel-verkehrsverbot.stuttgart.de](http://diesel-verkehrsverbot.stuttgart.de)



# Simulationsdomäne



# Simulations-Setup

<b>Gitterpunkte (nx, ny, nz)</b>	320, 200, 160
<b>Gittergröße (dx, dy, dz)</b>	10 m
<b>Datum und Uhrzeit</b>	08.07.2018, 06:00:00 MESZ (Typischer Sommertag)
<b>Simulationszeit</b>	86.400 s (1 Tag)
<b>Spinup-Zeit</b>	86.400 s (1 Tag)
<b>Randbedingungen:</b> bc_pt_b, bc_q_b bc_uv_t bc_lr	“dirichlet” (non-slip condition) “neumann” (free slip condition) “dirichlet/radiation” (non-cyclic)
<b>Dynamische Treiber</b>	DWD COSMO-Daten
<b>Emissionsfaktoren</b>	HBEFA 4.1
<b>Ausgabe-Parameter</b>	PM10, NO <sub>2</sub> , NO, Q <sub>3</sub> , wind speed, theta, rh, E,

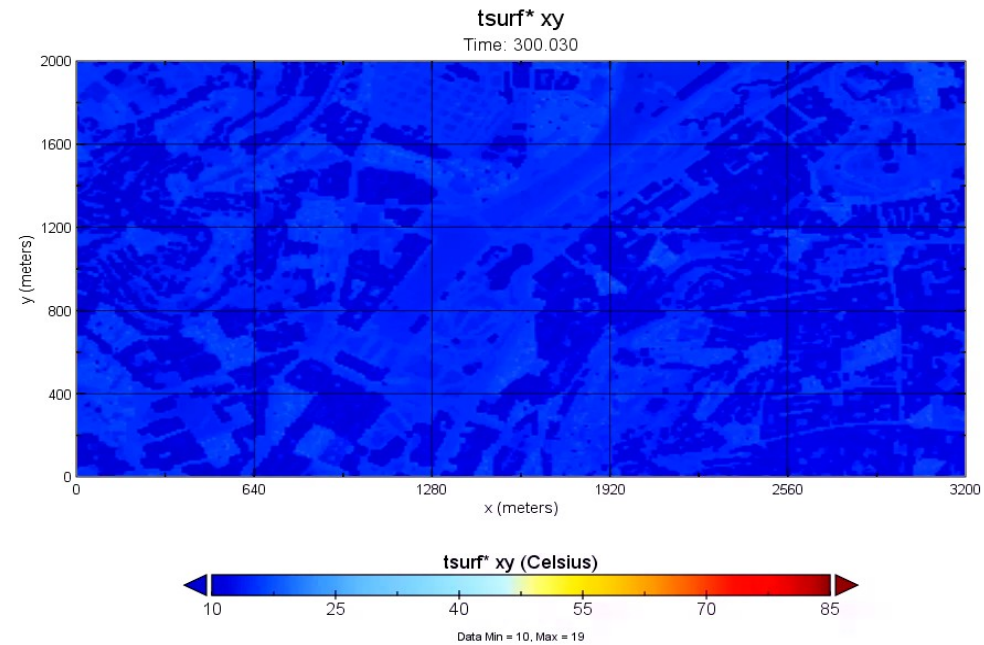
## Fall 1: Vor Diesel-Verkehrsverbot

- Angenommen, dass alle Dieselfahrzeuge der Abgasnorm Euro 4/IV entsprechen

## Fall 2: Nach Diesel-Verkehrsverbot

- Angenommen, dass alle Dieselfahrzeuge der Abgasnorm Euro 6/VI entsprechen

# Simulationsergebnisse (Oberflächentemperatur)

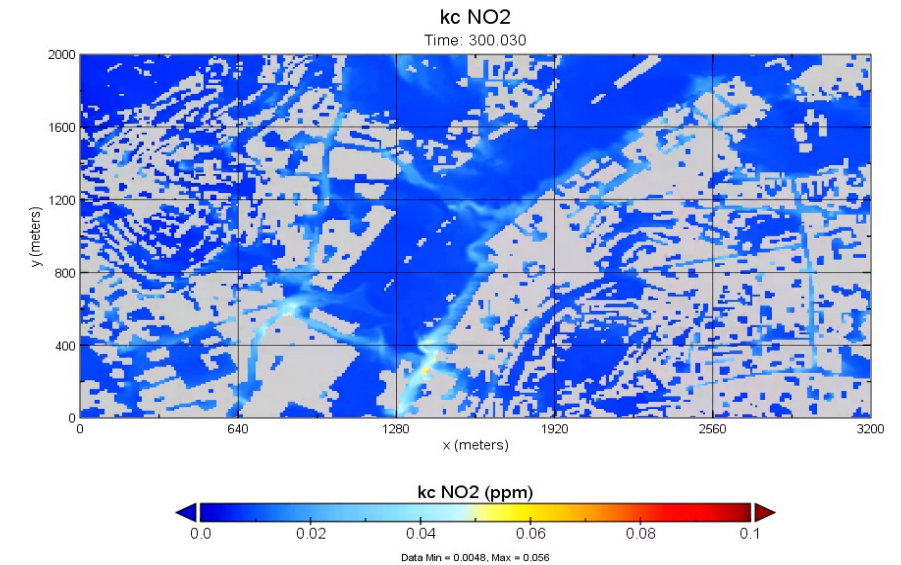
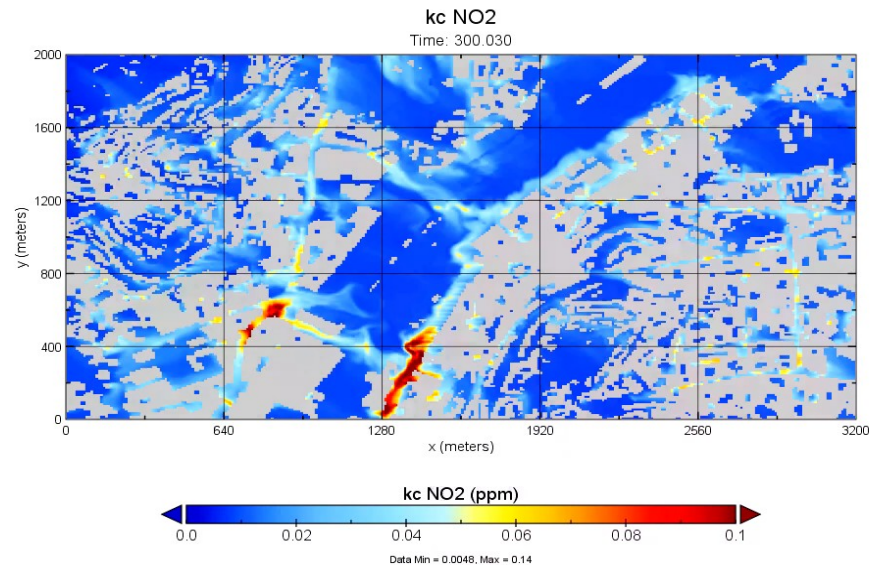





# Simulationsergebnisse (NO<sub>2</sub>-Tagesgang)

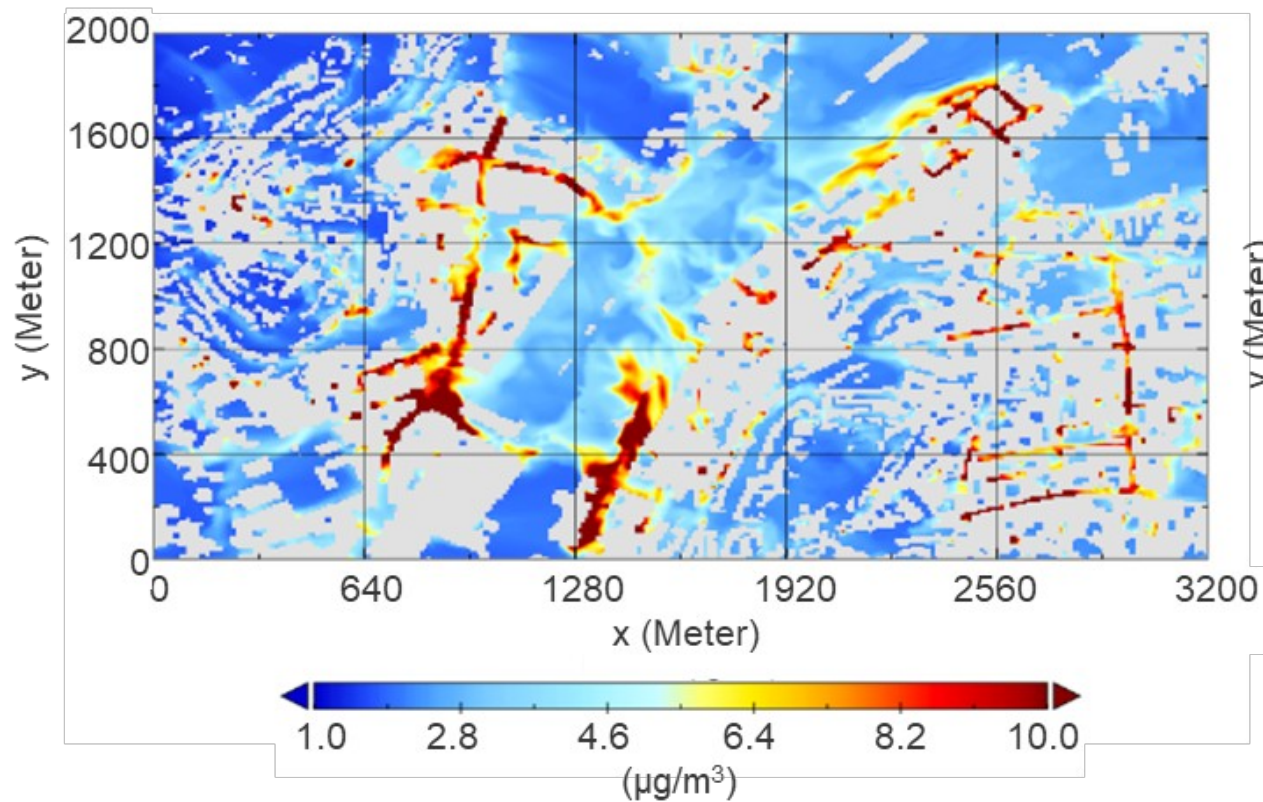

Fall 1: Vor Diesel-Verkehrsverbot

Fall 2: Nach Diesel-Verkehrsverbot

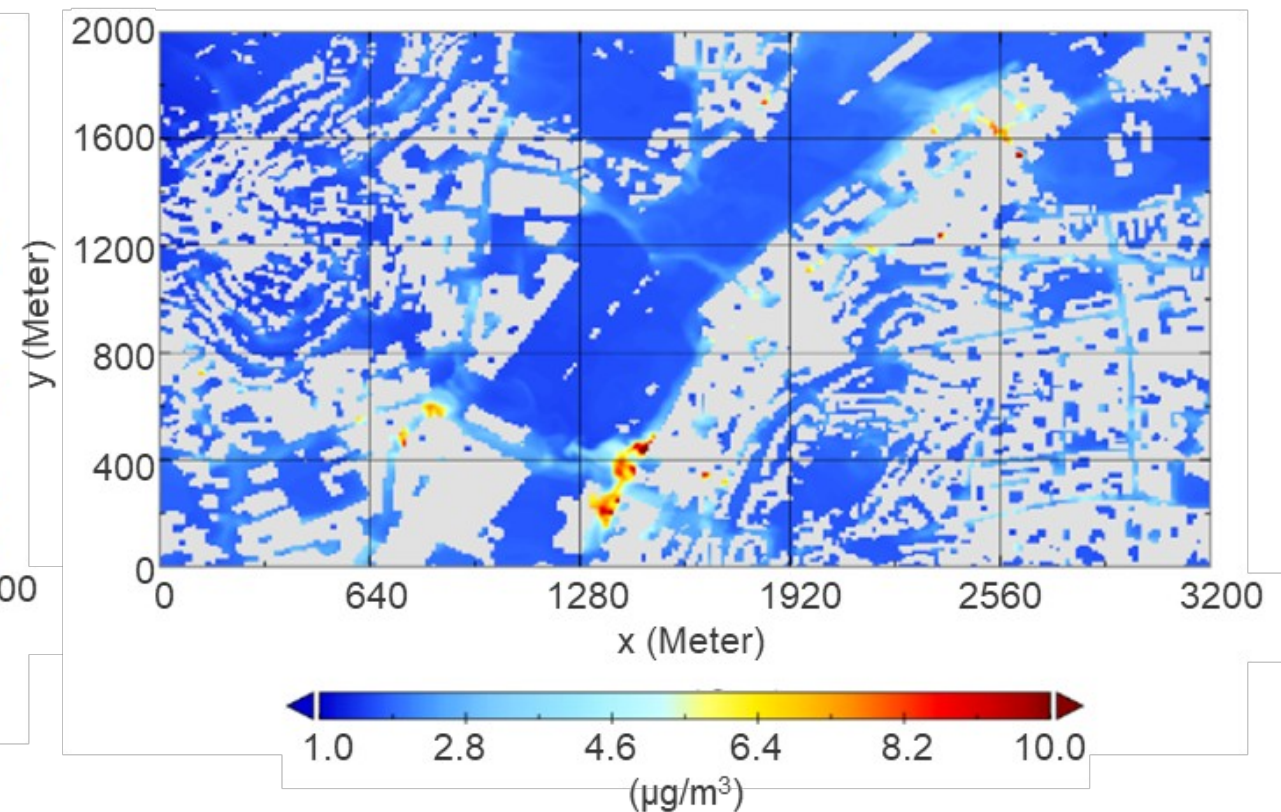


# Simulationsergebnisse (PM10 um 07:00 MESZ)

Fall 1: Vor Diesel-Verkehrsverbot



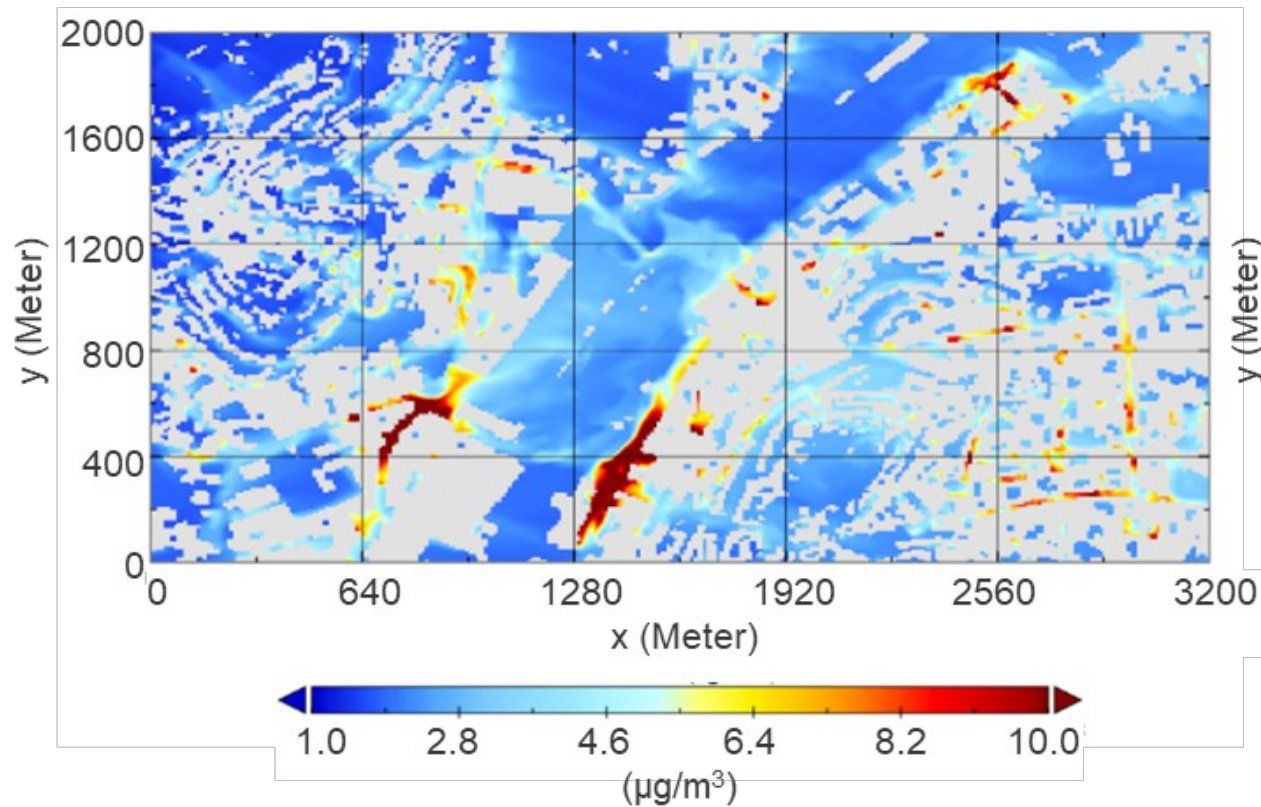
Fall 2: Nach Diesel-Verkehrsverbot



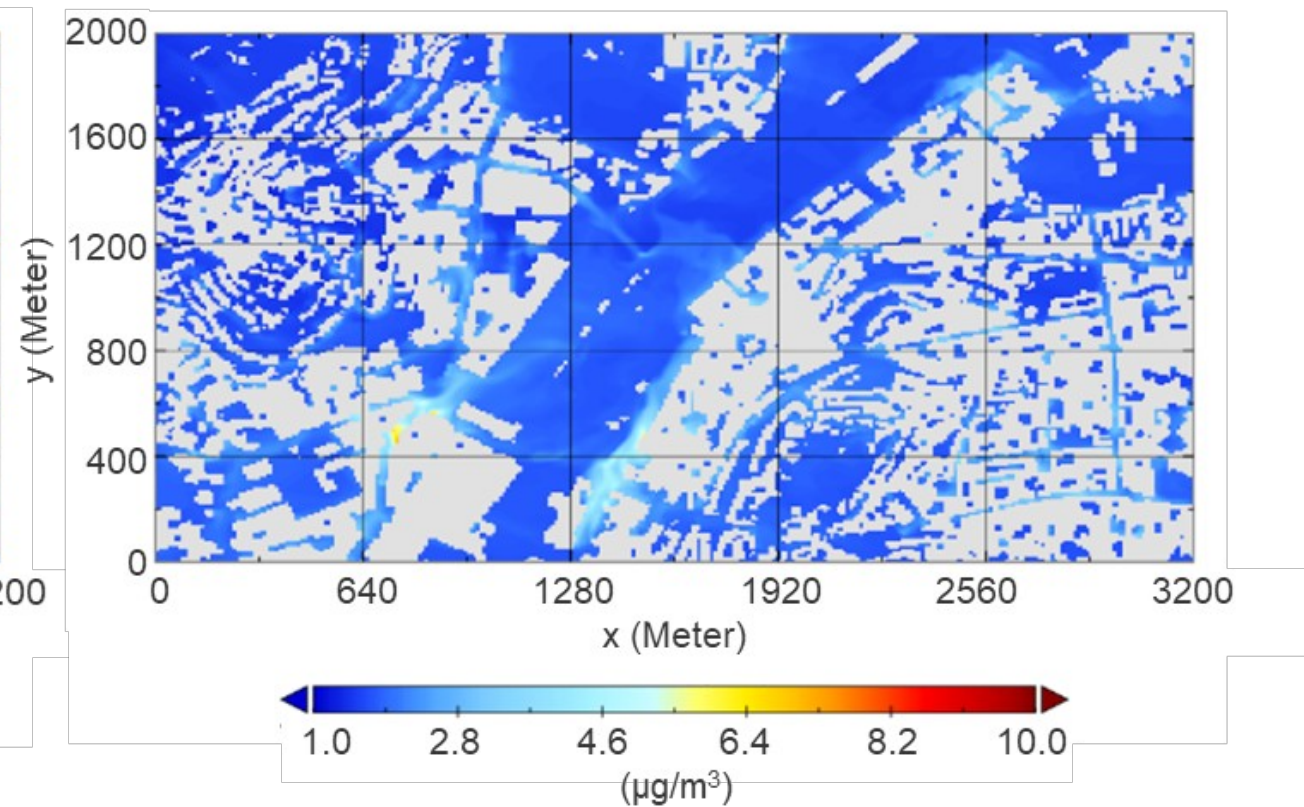


# Simulationsergebnisse (PM<sub>10</sub> um 22:00 MESZ)

Fall 1: Vor Diesel-Verkehrsverbot



Fall 2: Nach Diesel-Verkehrsverbot





# Schlussfolgerung

- Das Stadtklimamodell PALM-4U simuliert Luftschadstoffe von Städten mit komplexer Topografie und ermöglicht so eine Analyse des Schadstoffverhaltens
- Nach der Einführung des Diesel-Verkehrsverbots ist im Untersuchungsgebiet eine deutliche Reduzierung der Luftschadstoffkonzentrationen zu beobachten
- Weitere Analysen sind erforderlich, um eine bessere Korrelation zwischen dem Modell und den stationären Messungen zu erreichen

# Validierung der Luftchemie von PALM4U mit mobilen Messungen

**Robert Wegener, René Dubus, Umar  
Javed, Franz Rohrer, Andreas Wahner,  
Dieter Klemp**

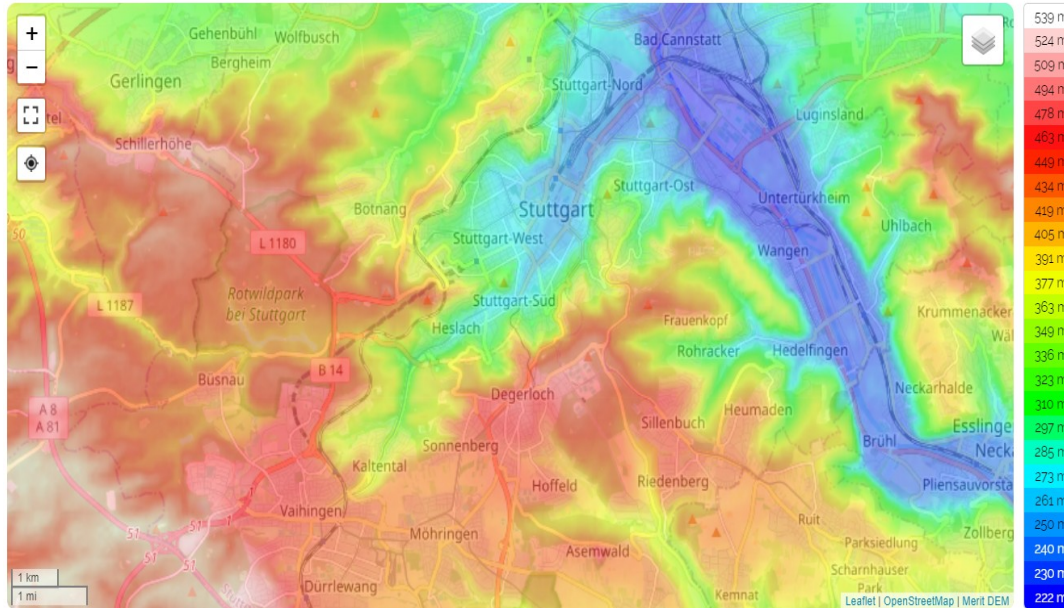
Forschungszentrum Jülich

**Anke Roiger, Alina Fiehn**

DLR Oberpfaffenhofen



# Topographische Situation in Stuttgart

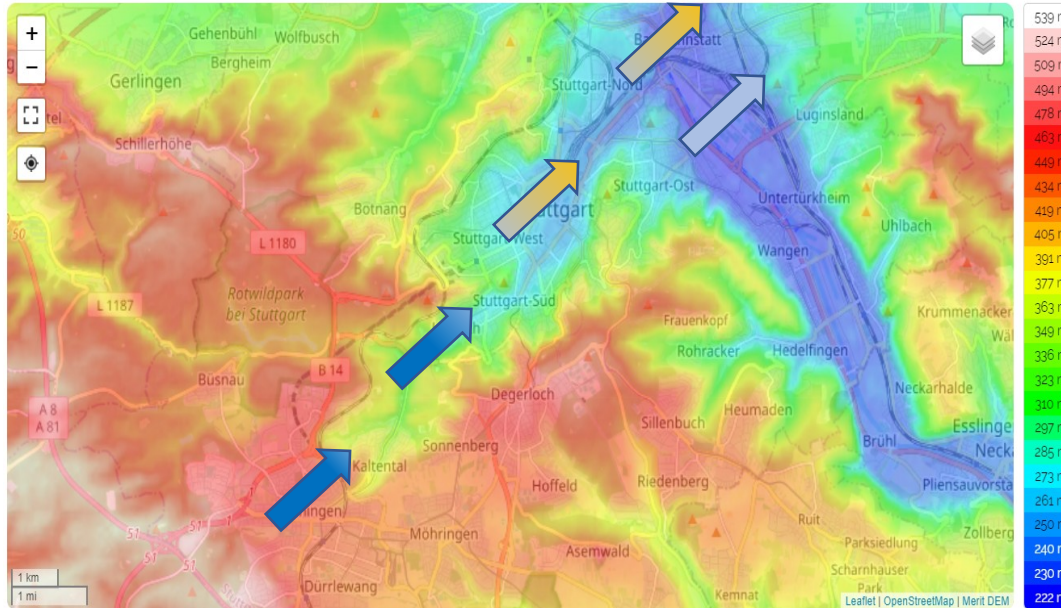


## Kaltluftflüsse in Stuttgart

Die Kessellage Stuttgarts führt zur Ausbildung eines Lokalwindsystems

# Lokalwindsystem in Stuttgart

## Lokalwindsystem (schematisch)



## Kaltluftflüsse in Stuttgart

Die Kessellage Stuttgarts führt zur Ausbildung eines Lokalwindsystems

### Nachts

Der Kaltluftabfluss aus den Bergen reduziert die Schadstoffbelastung im Stuttgarter Talkessel





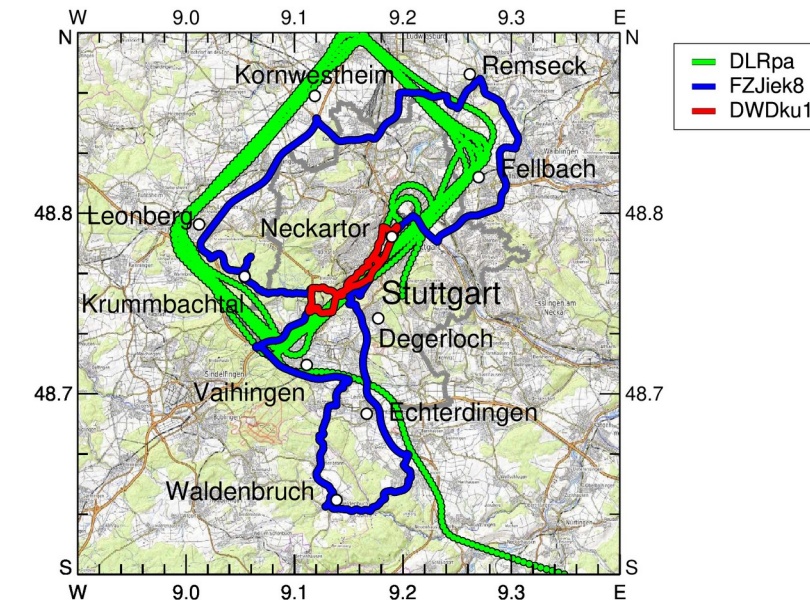
# Messkampagne IOP-IV 2018 in Stuttgart

## IOP-IV in Stuttgart Juli 2018

Mobile Messungen mit MobiLab und der DLR-Cessna in Luv und Lee der Stadt um zusammen mit stationären Messungen die Kaltluftflüsse zu untersuchen



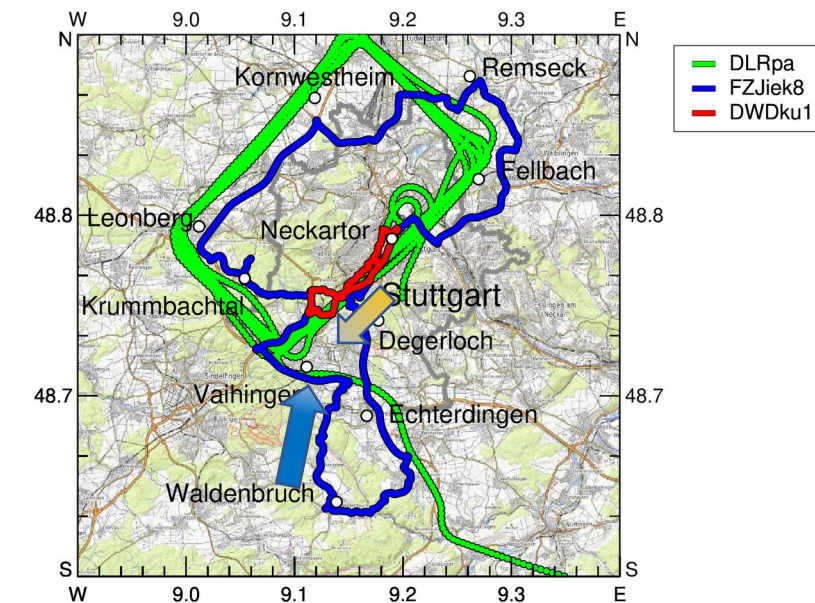
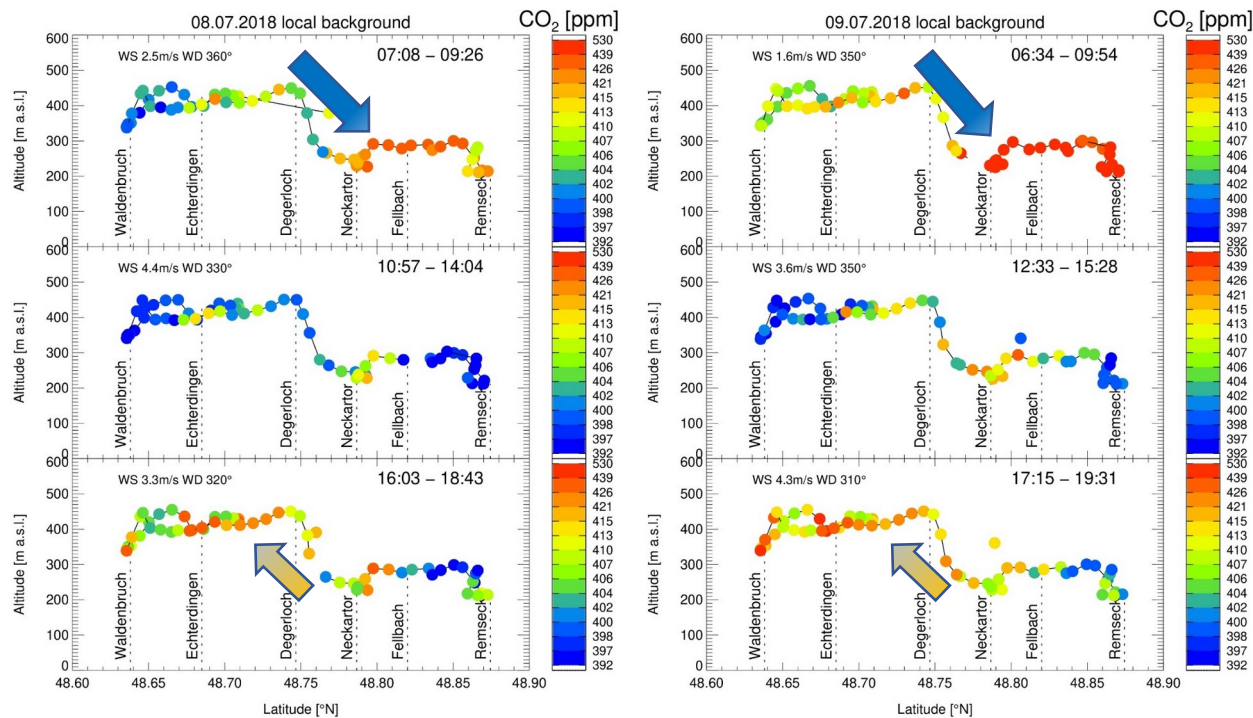
DLR Cessna und MobiLab



Routen DLR und Cessna

Samad, A., et al. (2023) Meteorologische Zeitschrift

# Kaltluftströme in Stuttgart beobachtet anhand von CO<sub>2</sub>-Messungen



Routen DLR und Cessna

DLR Cessna und MobiLab

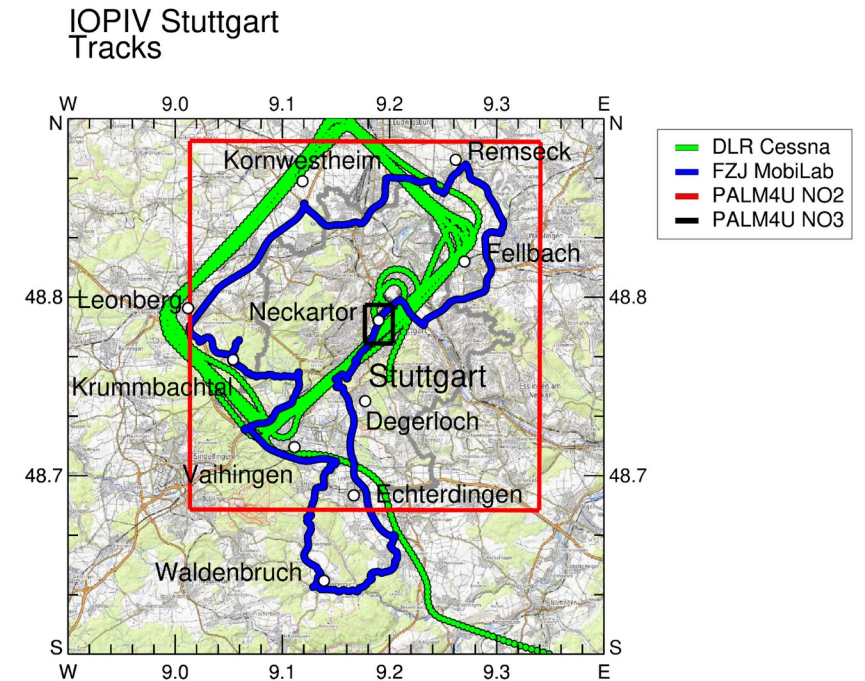
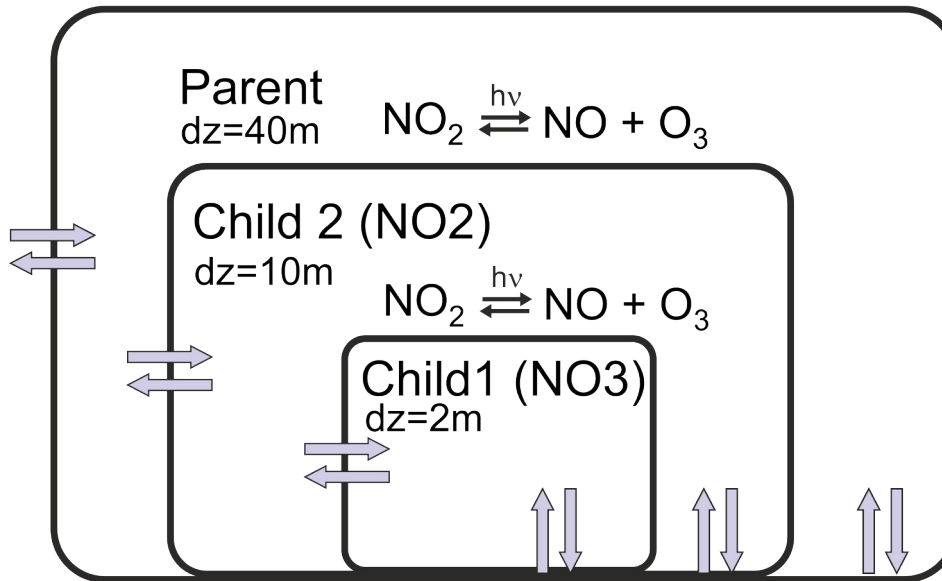
Samad, A., et al. (2023) Meteorologische Zeitschrift



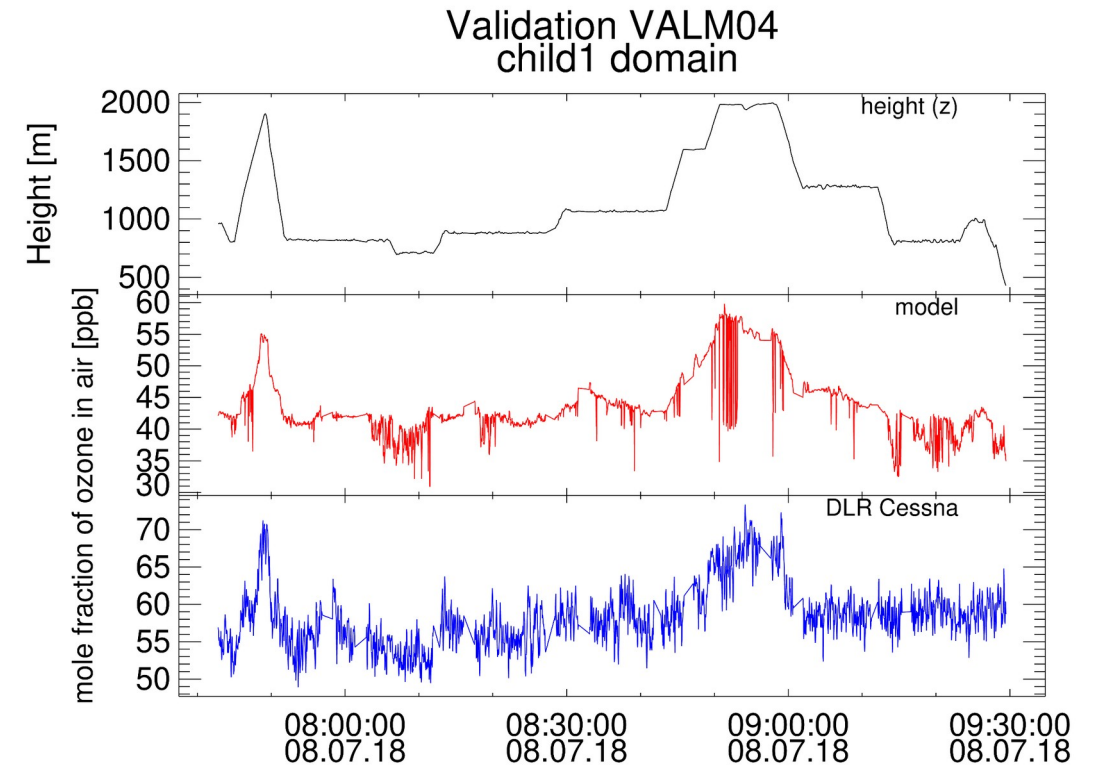
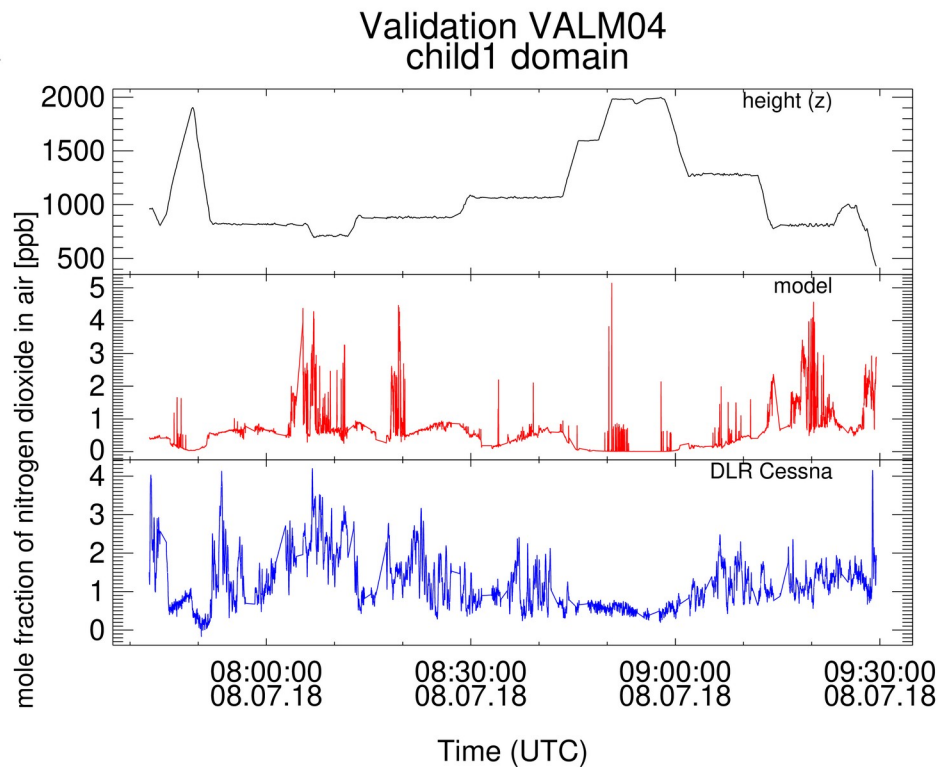
# Modellierung VALM04

## Chemiemodell von PALM4U

### COSMO WRF



# Flugzeugmessungen Modellvergleich

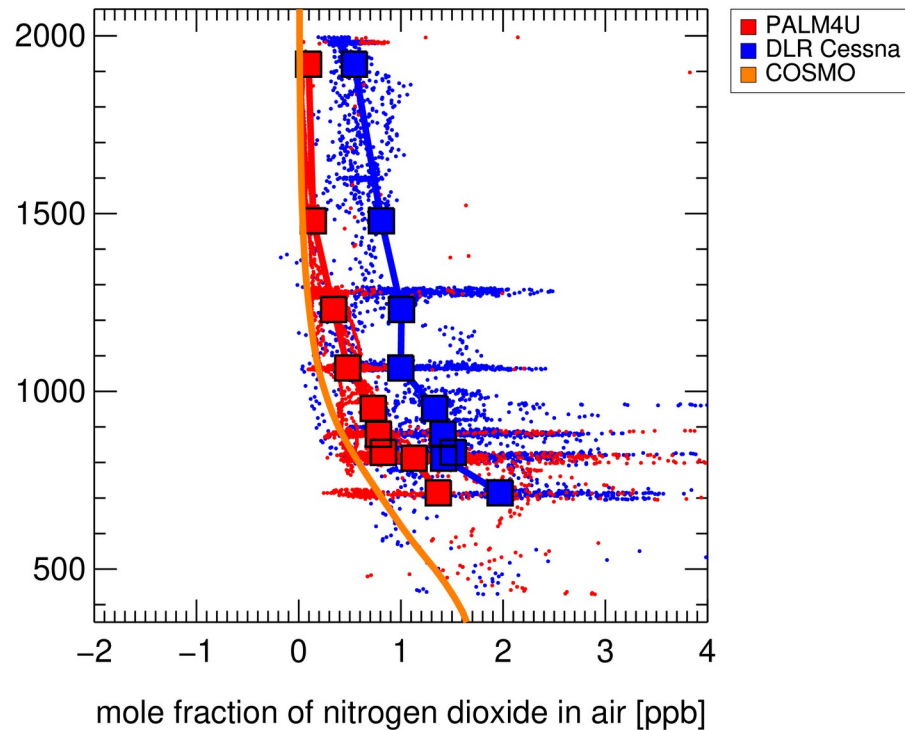


Zeitreihe der NO<sub>2</sub>- und Ozon-Daten für einen Überflug über Stuttgart in verschiedenen Höhen

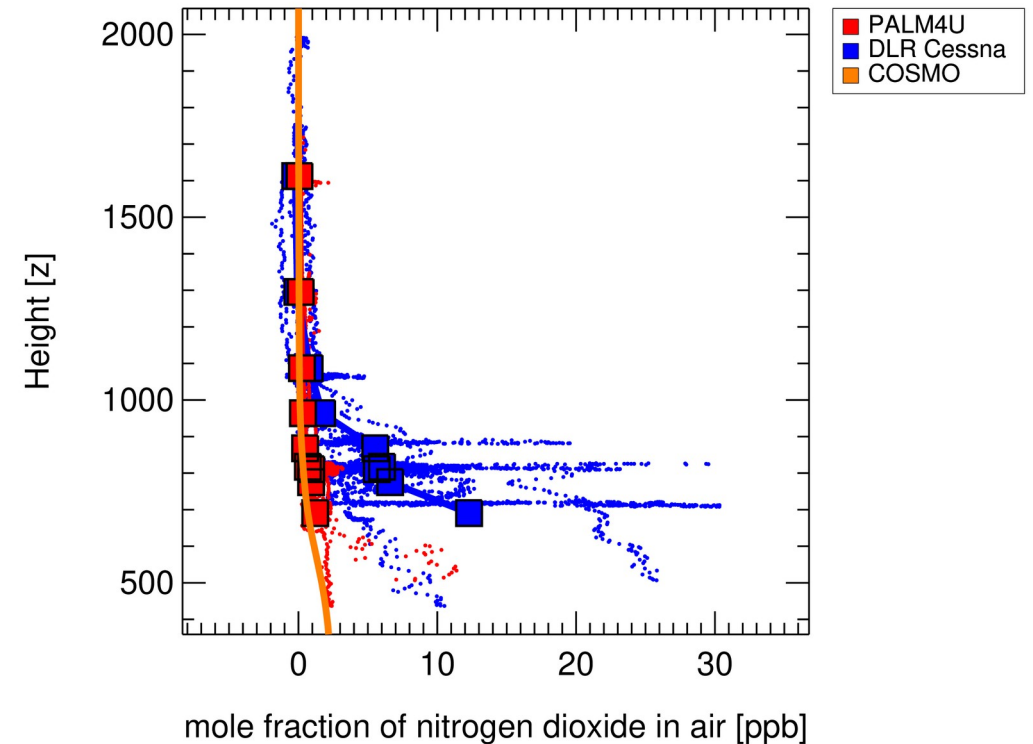
# Höhenprofile für NO<sub>2</sub> über Stuttgart

Workstations:

2018-07-08 07:00 – 10:00

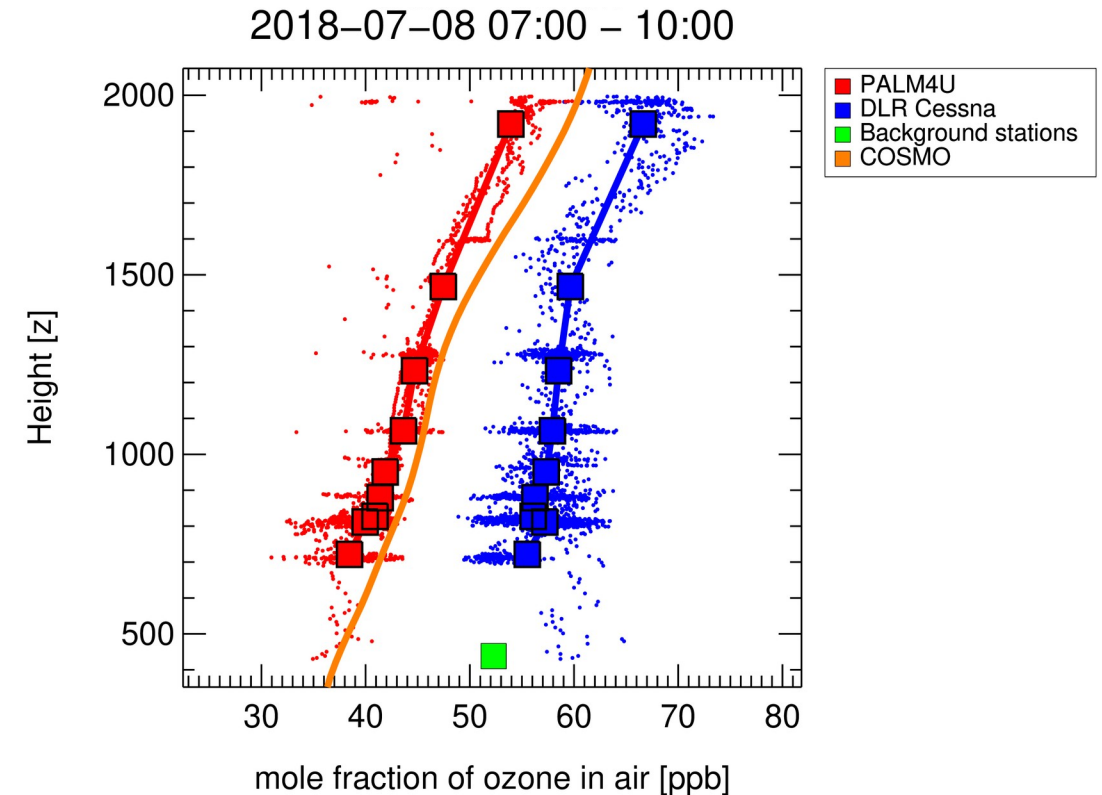
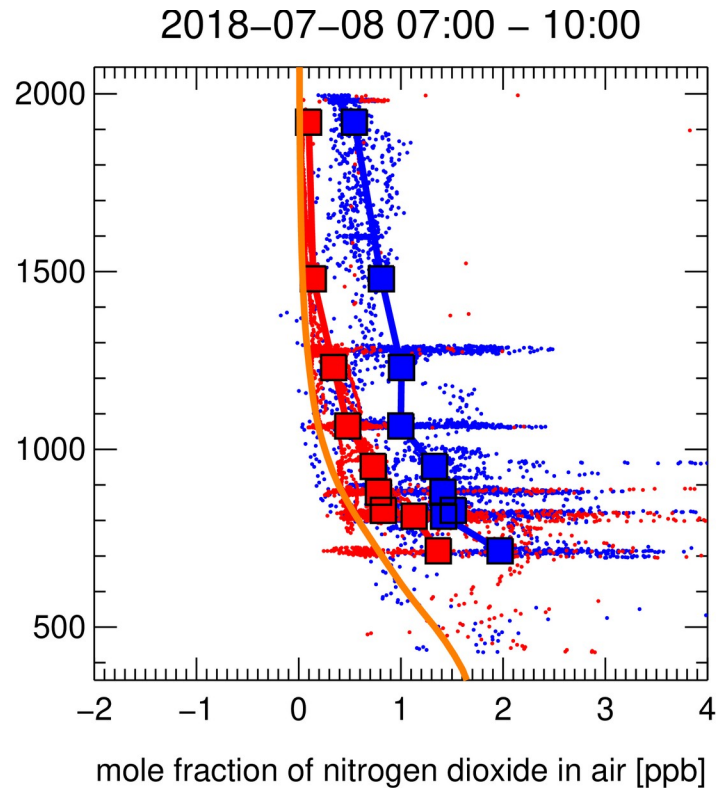


2018-07-09 07:00 – 10:00



Gemessene und simulierte Höhenprofile für NO<sub>2</sub> über Stuttgart. NO<sub>2</sub> wird unterschätzt.

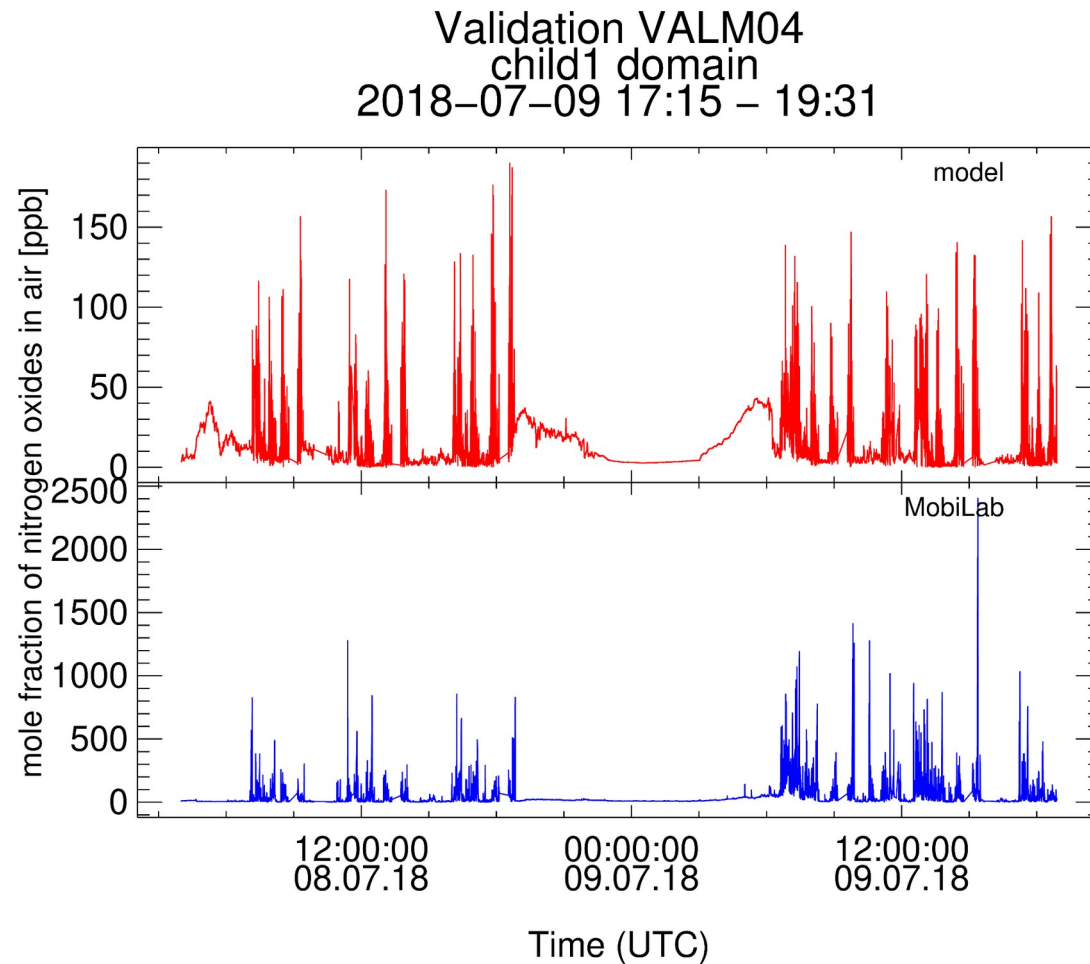
# Höhenprofile für NO<sub>2</sub> und Ozon über Stuttgart



Gemessene und simulierte Höhenprofile für NO<sub>2</sub> und Ozon über Stuttgart. Ozon wird unterschätzt, sowohl von PALM4U, als auch von COSMO.



# MobiLab Messungen



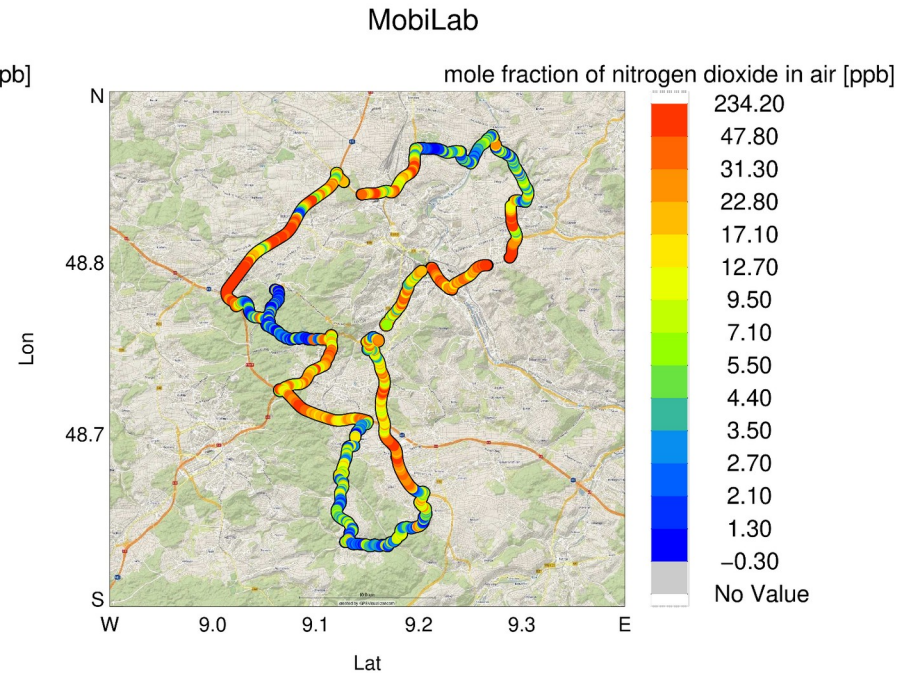
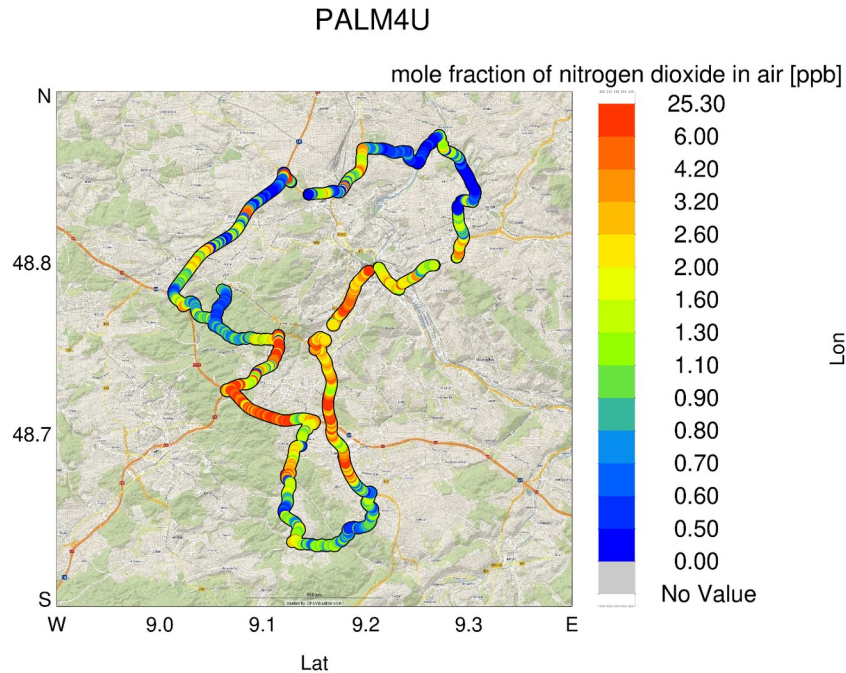
## Mobile Stickoxidmessungen

Hohe Konzentrationen (Peaks) in  
Mess- und Modelldaten



# MobiLab Messungen

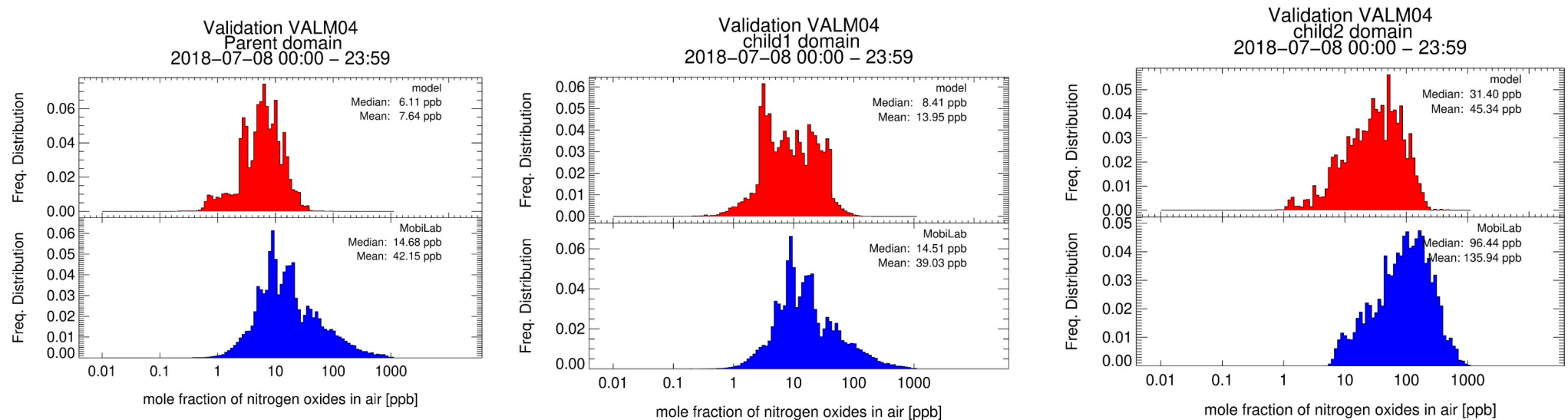
## Simulierte und gemessenen Schadstoffverteilung im Stuttgarter Talkessel



Qualitativ gute Übereinstimmung, aber, die Emissionen der A81 im Nordwesten Stuttgart werden unterschätzt.

# MobiLab Messungen

## Simulierte und gemessenen Schadstoffverteilung im Stuttgarter Talkessel



Eine verbesserte Auflösung verbessert auch die Übereinstimmung mit den Beobachtungsdaten, allerdings sind die Werte für Stickoxide um den Faktor zwei bis drei zu gering.



# Validierung der Luftchemie von PALM4U mit mobilen Messungen - Zusammenfassung

- Generelle Trends (Peaks, Höhenprofile, Gradienten) werden vom Modell gut wiedergegeben
- Stickoxid-Konzentrationen werden vom Modell unterschätzt, um den Faktor 2 am Boden,
- Ozonkonzentrationen werden unterschätzt durch  
Zu geringe Konzentrationen in WRF Chem  
Fehlende Ozonbildung ?

## Photochemistry Study with the Urban Microscale Model PALM-4U using the CBM-IV Mechanism

U. Javed<sup>1</sup>, D. Klemp<sup>1</sup>, R. Dubus<sup>1</sup>, O. Stein<sup>3</sup>, E. Friese<sup>1</sup>, D. Taraborrelli<sup>1</sup>, F. Rohrer<sup>1</sup>, A. Wahner<sup>1</sup>, and R. Wegener<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Energie- und Klimaforschung, IEK-8: Troposphäre, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

<sup>2</sup>Jülich Aachen Research Alliance (JARA), Deutschland

<sup>3</sup>Jülich Supercomputing Centre, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

### Urban air quality

Fig. 1 – The tropospheric NO<sub>2</sub> column number density (data: Copernicus Sentinel-5P satellite) is shown for Europe. Large levels of NO<sub>2</sub> over the urban regions are distinctively present.

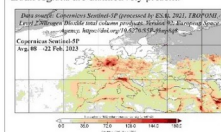


Fig. 2 – Large scale variability has been shown by measurements (via MobLab) of NO<sub>2</sub> (in ppb) in the city of Stuttgart.

### PALM-4U boundary conditions and CBM-IV based simulation

### CBM-IV vs MCM-3.3.1 (Box model based comparison)

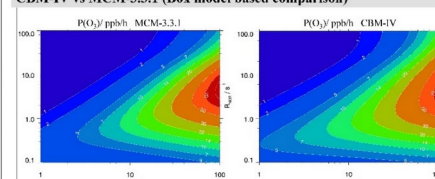


Fig. 3: The local O<sub>3</sub> production rates [PO<sub>2</sub>] in ppb·h<sup>-1</sup> are shown as a function of VOC and NO<sub>2</sub> expressed by their reactivity (versus OH radical)  $R_{VOC}$  (x-axis) and  $R_{NO_2}$  (y-axis), respectively. The RHS and LHS plots are based on Master Chemical Mechanism (MCM)-3.3.1

## Validation of the air chemistry of PALM-4U using mobile measurements

Robert Wegener<sup>1</sup>, René Dubus<sup>1</sup>, Umar Javed<sup>1</sup>, Franz Rohrer<sup>1</sup>, Andreas Wahner<sup>1</sup>, Anke Roiger<sup>2</sup>, Alina Fiehn<sup>2</sup>, Dieter Klemp<sup>1</sup>

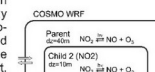
<sup>1</sup>Institute of Energy and Climate Research, IEK8: Troposphere, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany

<sup>2</sup>Institute of Atmospheric Physics, German Aerospace Center (DLR), Oberpfaffenhofen, Germany

Contact: Robert Wegener, r.wegener@fz-juelich.de

### Motivation

The validation of a model is an integral part of the quality assurance of model development. In our case, we validated the air chemistry using the VALM04 model run in Stuttgart.



### Measurement Setup

The simulation period was two days in summer 2018, during which we probed the Stuttgart valley with the MobLab mobile laboratory and the DLR Cessna, which flew at different altitudes above Stuttgart. Both platforms were used to acquire data on the distribution of trace



# Vielen Dank!

