

Nutzung von KI Methoden zur Auswertung von geostationären NO₂-Messungen

26.06.2023

Andreas Richter, Kezia Lange, John P. Burrows, Janek Gödeke, Peter Maaß

4. Symposium zur angewandten Satellitenerdbeobachtung
Neue Perspektiven der Erdbeobachtung

Bonn, Deutschland



NO₂-Messungen aus dem Weltall

- NO₂ ist wichtiges Spurengas in der Troposphäre
 - Schädigt Gesundheit
 - Bildung von Ozonsmog
 - Partikelbildung
 - Saurer Regen
- Spektroskopische Messungen aus dem Weltall
 - GOME (Start 1995)
 - SCIAMACHY, GOME2, OMI, TROPOMI (S5p)
- Anwendungen
 - Globale Karten
 - Trends
 - Emissionen
 - ...

Geostationäre Beobachtungen

- Bisherige Satelliten: Nur eine Messung pro Tag
 - Kein Tagesgang
 - Begrenzung durch Wolken
 - Eingeschränkte Interpretation (Emissionen)
- Geostationäre Messungen
 - **GEMS** über Asien (2020)
 - **TEMPO** über Nordamerika (2023)
 - **Sentinel-4** über Europa (2024)
- Nutzung von LEO-Satelliten als Transferstandard (Sentinel-5p, Sentinel-5)

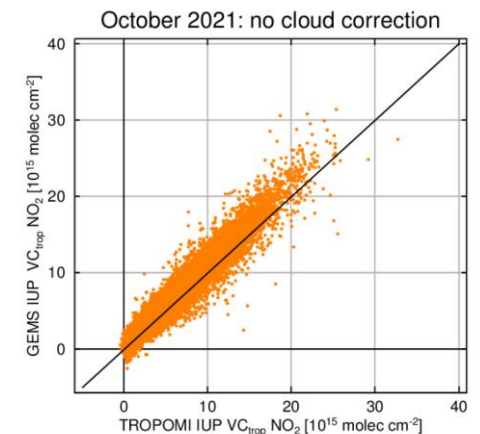
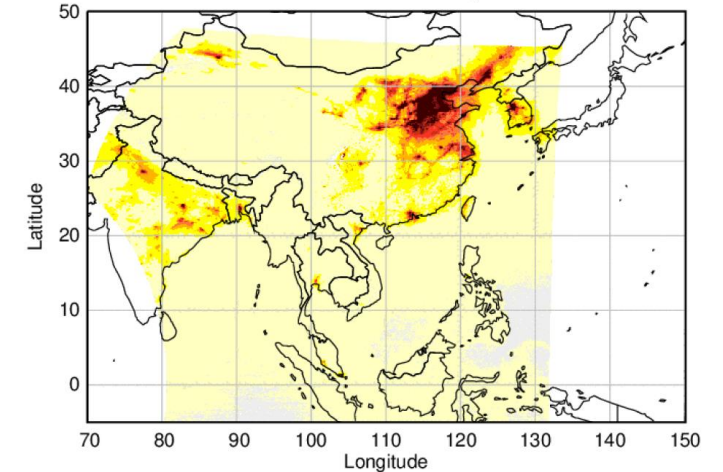
GEMS NO₂-Messungen I



<https://nesc.nier.go.kr/>

- Gestartet Februar 2020
- Bis zu 10 Messungen am Tag
- Räumliche Auflösung bis zu 4 x 7 km²
- Spektren vom NIER
- NO₂-Auswertung IUP Bremen
- Nutzung des Sentinel-4 Algorithmus
- Sehr gute Konsistenz mit TROPOMI Messungen

GEMS IUP October 2021 04:45, no cloud correction

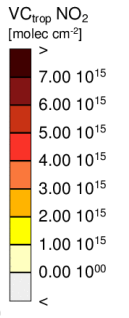
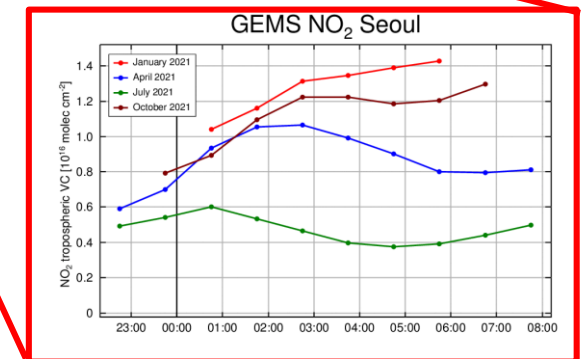
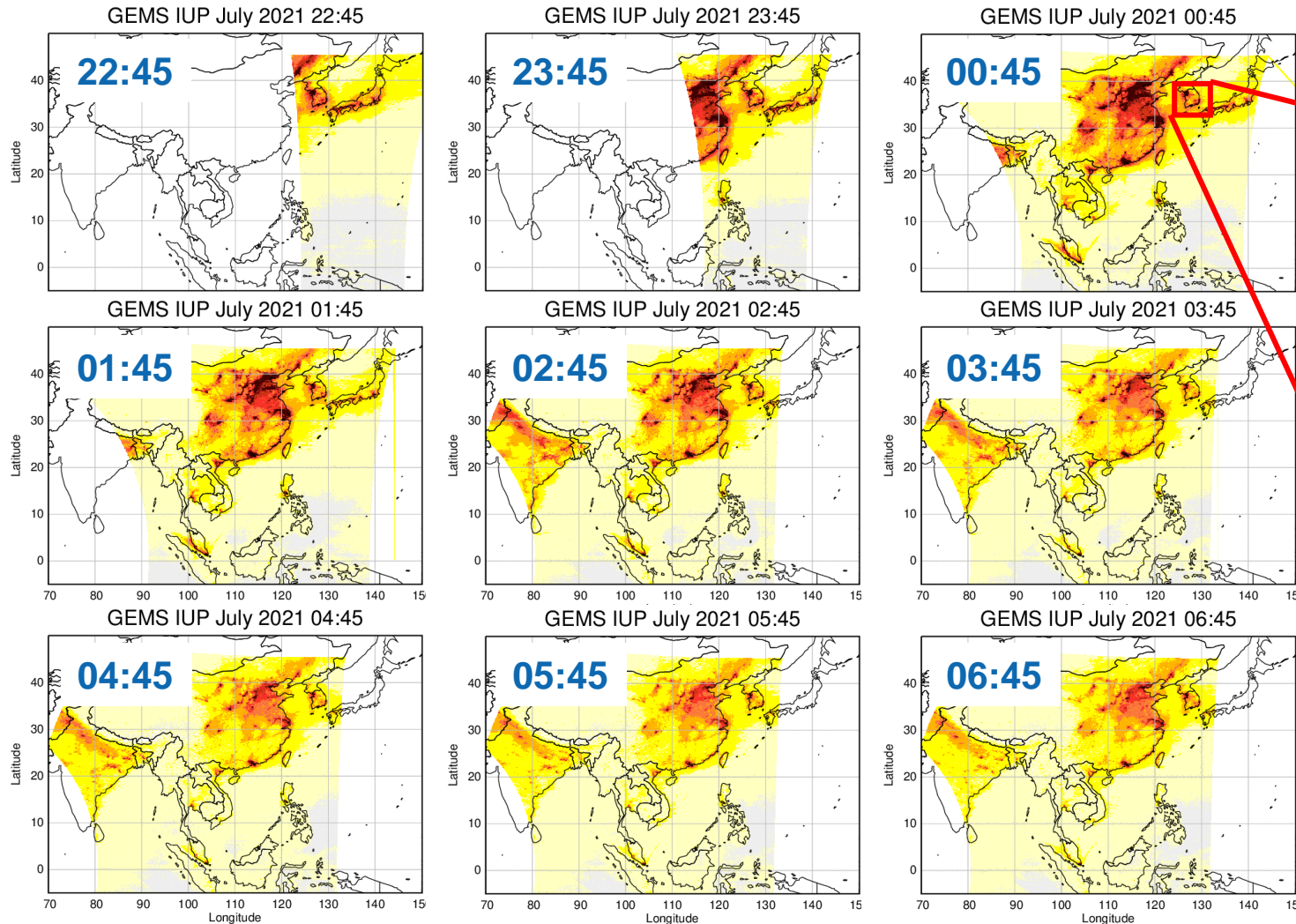


GEMS NO₂-Messungen II



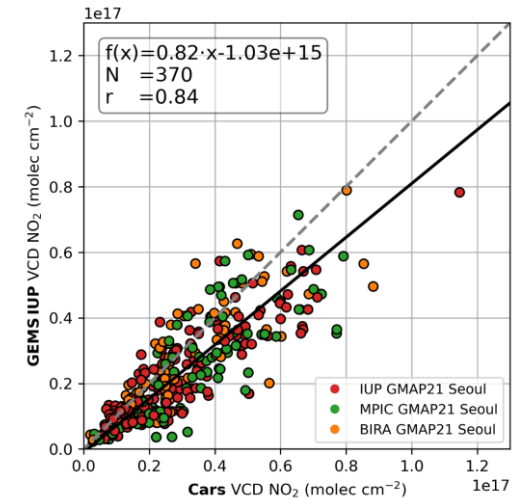
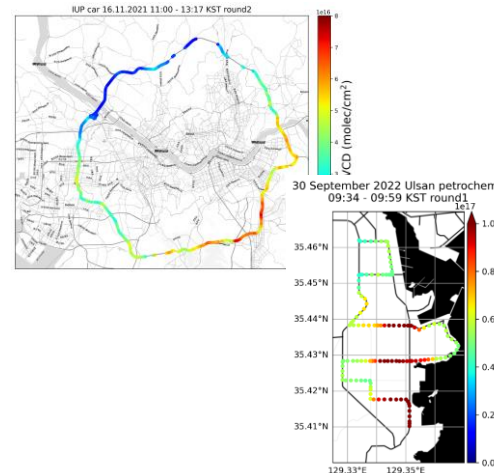
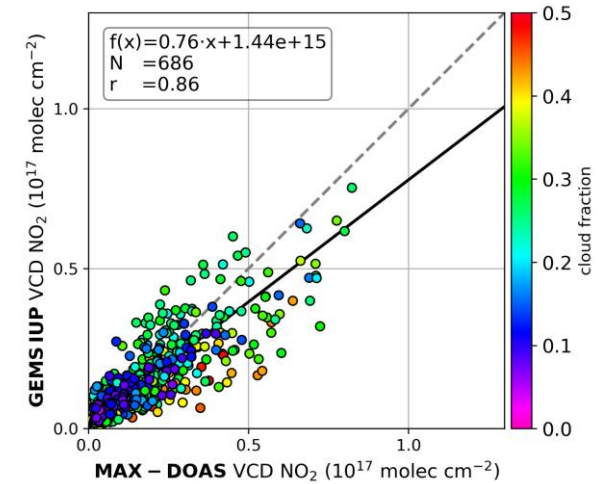
<https://nesc.nier.go.kr/>

Tagesgang über Asien

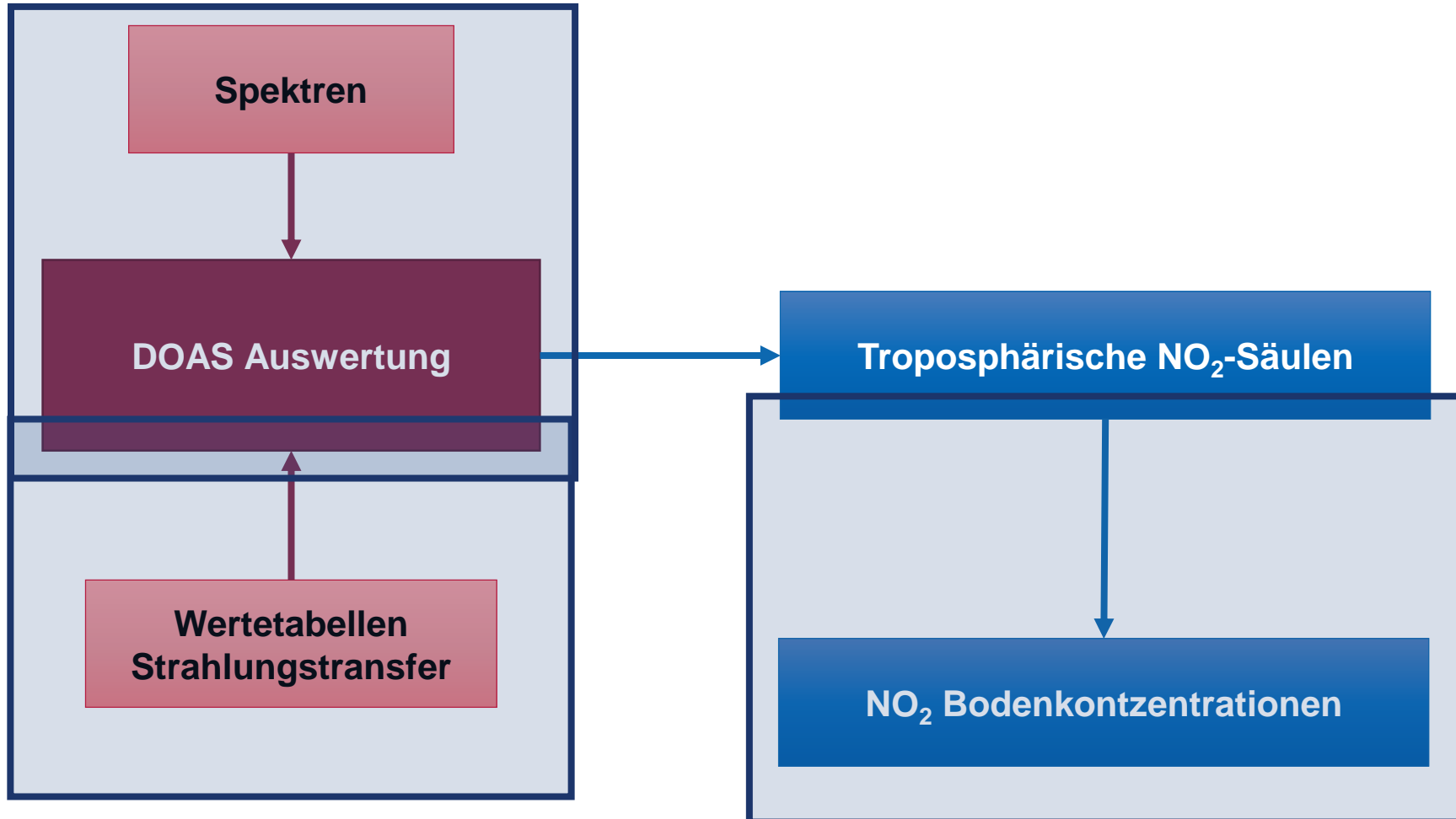


Validation von GEMS NO₂-Messungen

- Ein Jahr MAX-DOAS Validationsmessungen in Incheon, bei Seoul
- Gute Korrelation, systematische Unterschätzung durch GEMS
- Mobile Messungen in weiteren Gebieten führen zu ähnlichen Ergebnissen

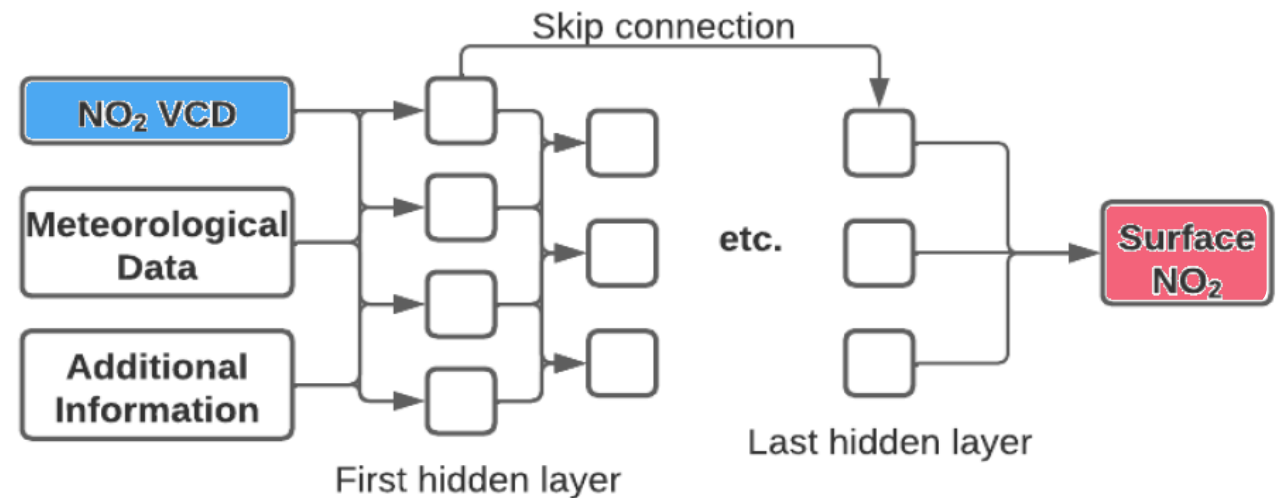


Einsatz von KI-Methoden



Ableitung von Bodenkonzentrationen

- Troposphärische Säule und Bodenkonzentration hängen über Vertikalprofil zusammen
- Verhältnis wird bestimmt durch
 - Emissionen
 - Vertikale Mischung
 - Advektion
 - Photochemie
- Variiert
 - Räumlich
 - Saisonal
 - Im Tagesgang



Verwendete Datenquellen

- Troposphärische NO₂-Säulen von GEMS-IUP
- ERA5 stündliche Daten
 - Verdunstung
 - T in 2m Höhe
 - Bodentemperatur
 - Höhe der Grenzschicht
 - UV-Strahlung am Boden
 - Albedo
 - O₃-Säule
 - H₂O-Säule
 - Bodentyp
- NO₂ Bodenkonzentrationen des Koreanischen Luftqualitätsnetzwerks

© J. Gödeke



National Institute of
Environmental Research

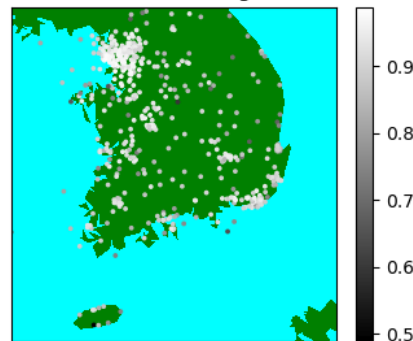
**Thank you to H. Hong, NIER for
providing the in-situ data!**

Strategie

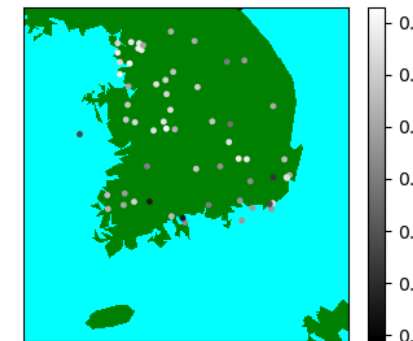
- Zielgröße Bodenkonzentration
- Aufteilung in Trainings-, Validations- und Testdatensatz
- Aufteilung nach Stationen, nicht Einzeldaten
=> realistischer für Anwendung an Orten ohne in-situ Daten
- Training des Neuronalen Netzwerks

- Beurteilung nach
 - Korrelation
 - Mittlere relative Abweichung

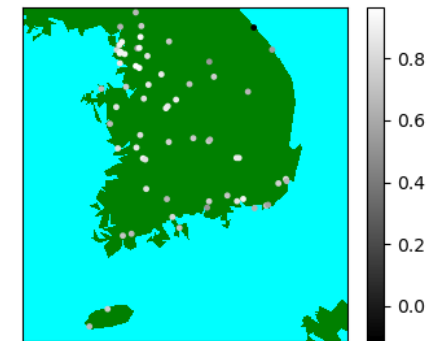
Correlation at Training stations



Correlation at Validation stations



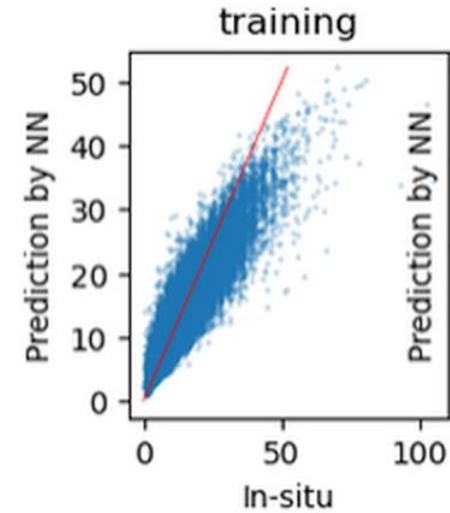
Correlation at Test stations



Erste Ergebnisse

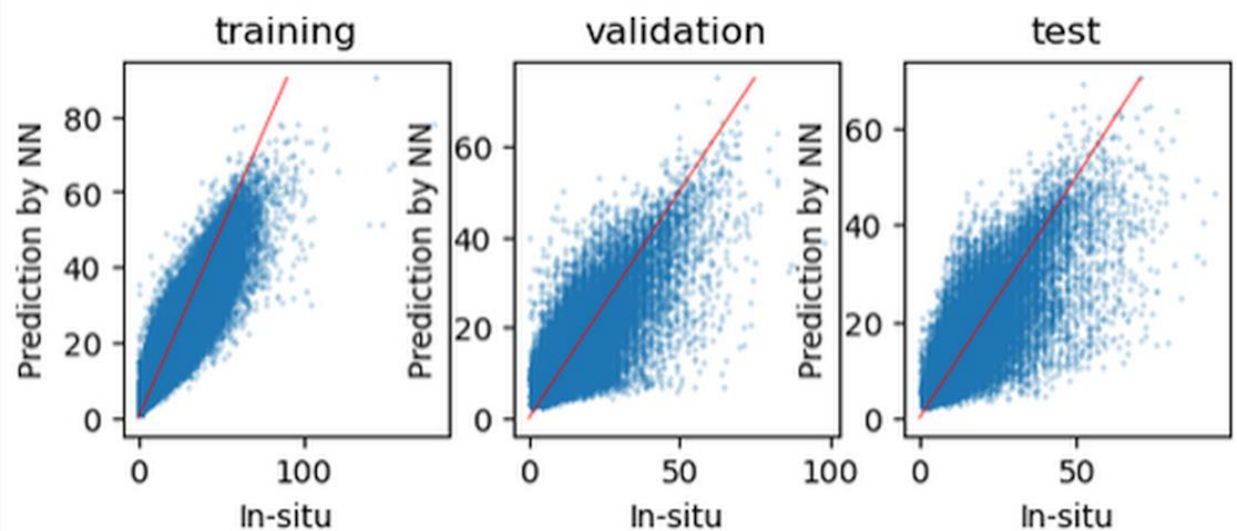
3 Monate Daten

- Gute Korrelation im Training (0.93)
- Mäßige Korrelation in Validation und Test (0.61)
- Mittlerer Fehler 30%



8 Monate Daten

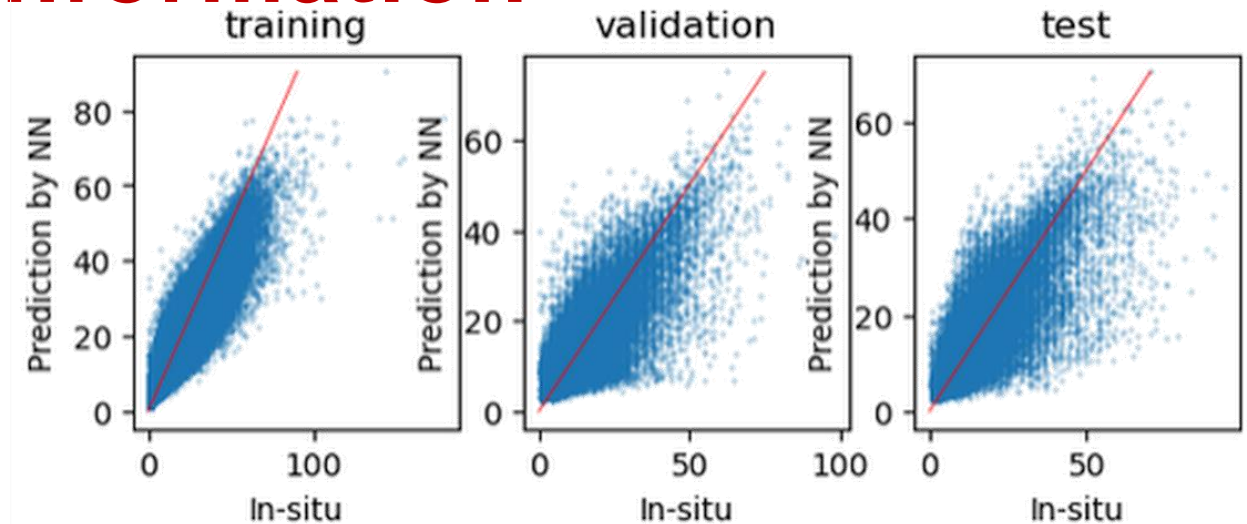
- Mehr Daten verbessern Korrelation in Validation und Test (0.79)
- Leichte Reduktion des relativen Fehlers (29%)



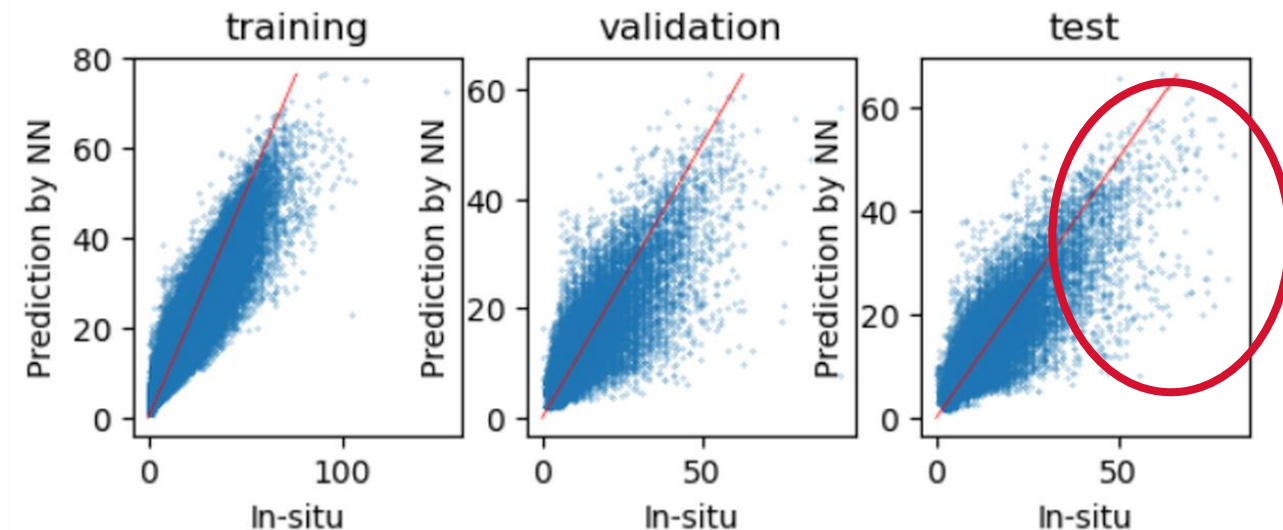
Nutzung der Zeitinformation

- Geostationäre Beobachtung liefert mehrere Messungen pro Tag
- Neuronales Netz kann auch „Historie“ mit berücksichtigen
- Einfachster Fall: Paare
- Korrelation im Test steigt auf 0.83
- Relativer Fehler sinkt auf 26%

Einzelwerte



Paare



Zusammenfassung

- Geostationäre Satellitenmessungen von Spurengasen ermöglichen viele neue wissenschaftliche Anwendungen
- GEMS NO₂-Daten über Asien haben gute Qualität und zeigen interessante Tagesgänge
- Methoden der KI können die Auswertung von Satellitendaten beschleunigen, verbessern und auf neue Parameter erweitern
- Erste Arbeiten zur Ableitung der NO₂ Bodenkonzentration aus GEMS-Daten zeigen vielversprechende Ergebnisse
 - Meteorologische Daten sind notwendig
 - Große Trainingsdatensätze sind wichtig
 - Zeitinformation ist hilfreich

Ausblick

- Verbesserungen des GEMS NO₂ Datenprodukts
- Nutzung des vollen GEMS Datensatzes
- Separation nach Jahreszeiten und Tageszeiten
- Evaluation zusätzlicher Inputparameter (Bodenhöhe)
- Untersuchung unterschiedlicher Methoden zur Berücksichtigung der Zeitinformation
- Unterschätzung bei hohen Werten?
- Test von KI-Methoden in der eigentlichen Auswertung

Thank you to NIER for
providing GEMS data!

Förderung
im Projekt
KI4S4
50EE2204