

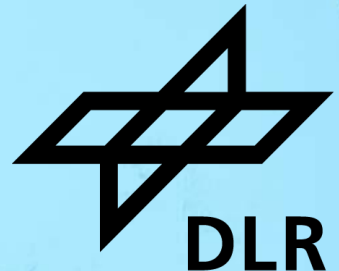
CO2IMAGE: EINE LUPE FÜR TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Julia Marshall¹, Anke Roiger¹, Friedemann Reum¹, Klaus-Dirk Gottschaldt¹, Dietrich Feist¹, Günter Lichtenberg², Andreas Baumgartner², Philipp Hochstaffl², Claas Köhler², Franz Schreier², David Krutz³, Carsten Paproth³, Andreas Pohl³, Ilse Sebastian³, Ingo Walther³, and André Butz⁴

DLR: 1. Institut für Physik der Atmosphäre, 2. Institut für Methodik der Fernerkundung, 3. Institut für Optische Sensorsysteme
4. Universität Heidelberg, Institut für Umweltphysik



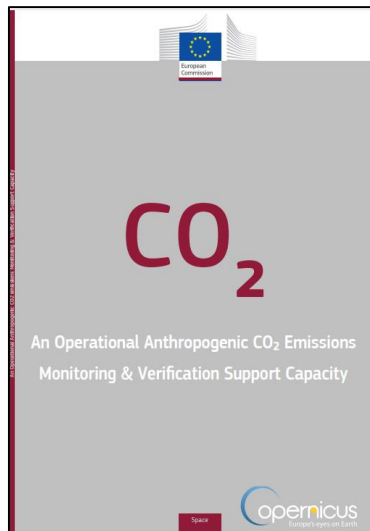
UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



Übereinkommen von Paris:



- Treibhausgasemissionen reduzieren
- Verifizierung, Monitoring, Berichterstattung durch Global Stocktake



[Pinty et al., 2017](#)

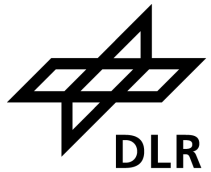
Atmosphärische Messungen bieten unabhängige Bestätigung der Emissionen durch:

1. Erkennung von Hot Spots
2. Überwachung der Emissionen des Hot Spots
3. Bewertung der Emissionsveränderungen anhand lokaler Reduktionsziele (weiterhin mit Schwerpunkt auf dem Hot Spot)
4. Bewertung der nationalen Emissionen und Veränderungen mit 5-Jahres-Zeitschritten

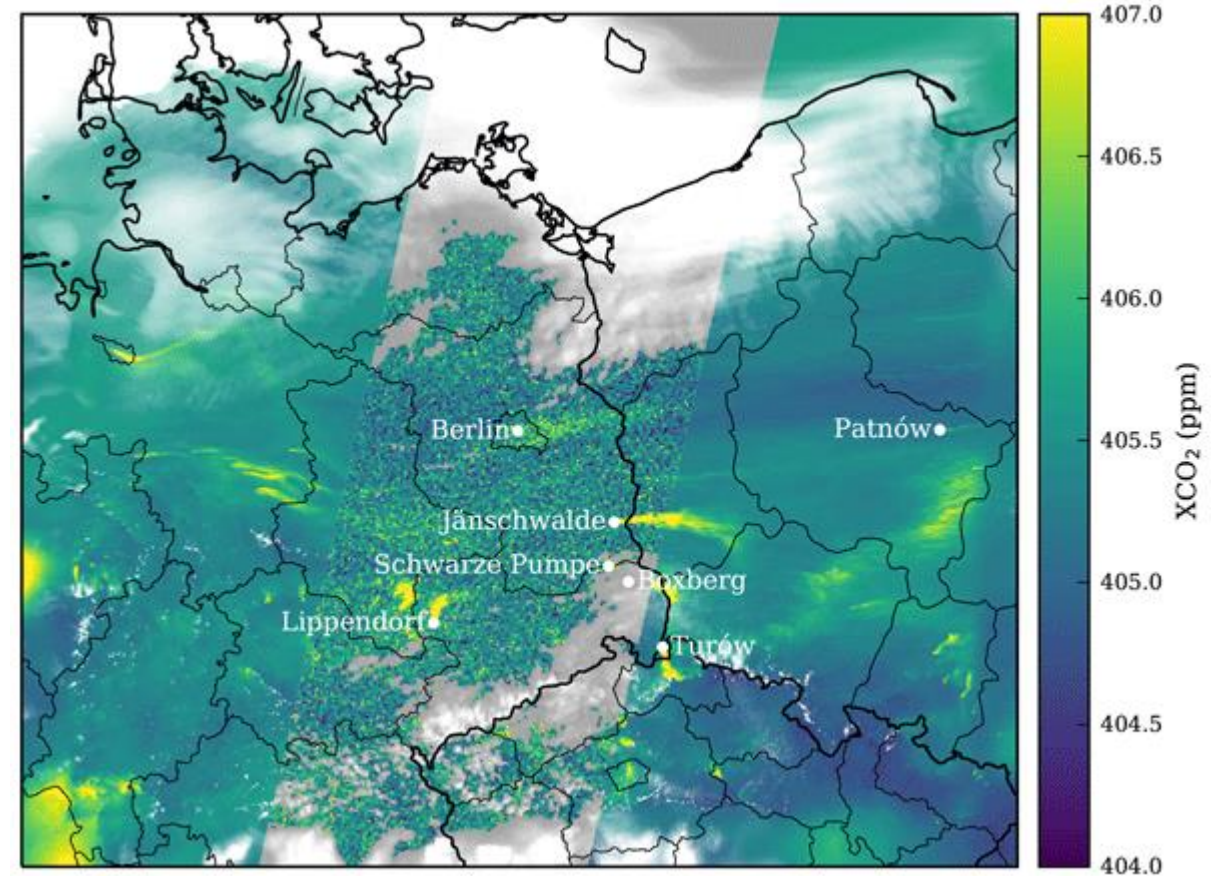
Hintergrund von künftiger Copernicus Mission CO2M



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



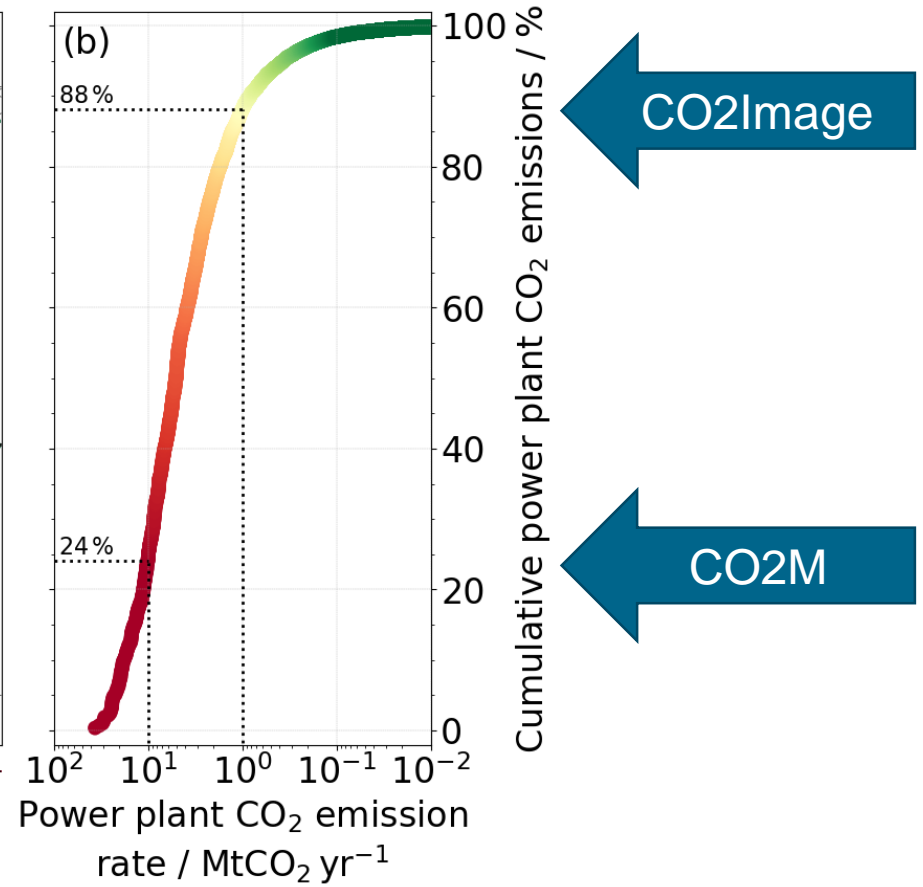
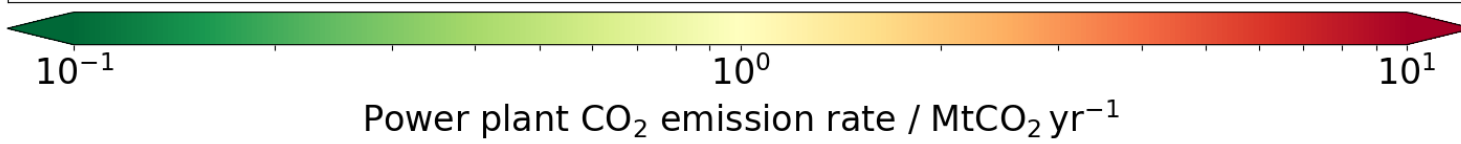
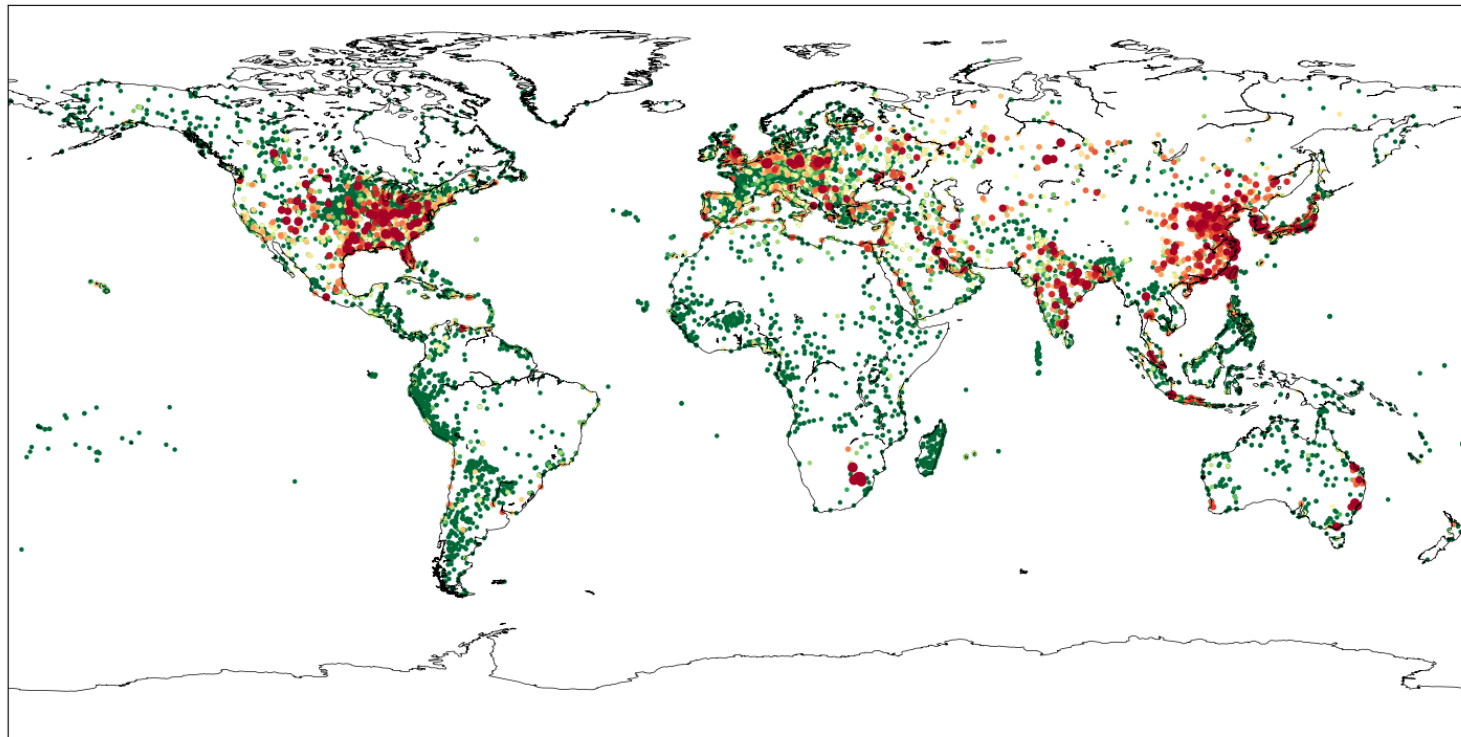
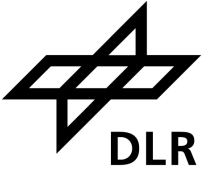
- Pixelgröße von ~2 km x 2 km
- Streifen von etwa 200 km
- Konstellation von 2-3 Satelliten geplant
- Quantifizierungsgrenze von Punktquellen von etwa 10 MtCO₂/a



[Kühlmann et al., 2019](#)

Welcher Anteil der anthropogenen Emissionen können wir damit bestimmen?

Und wenn diese Grenze nur 1 MtCO₂/a wäre?



[Strandgren et al., 2020](#)

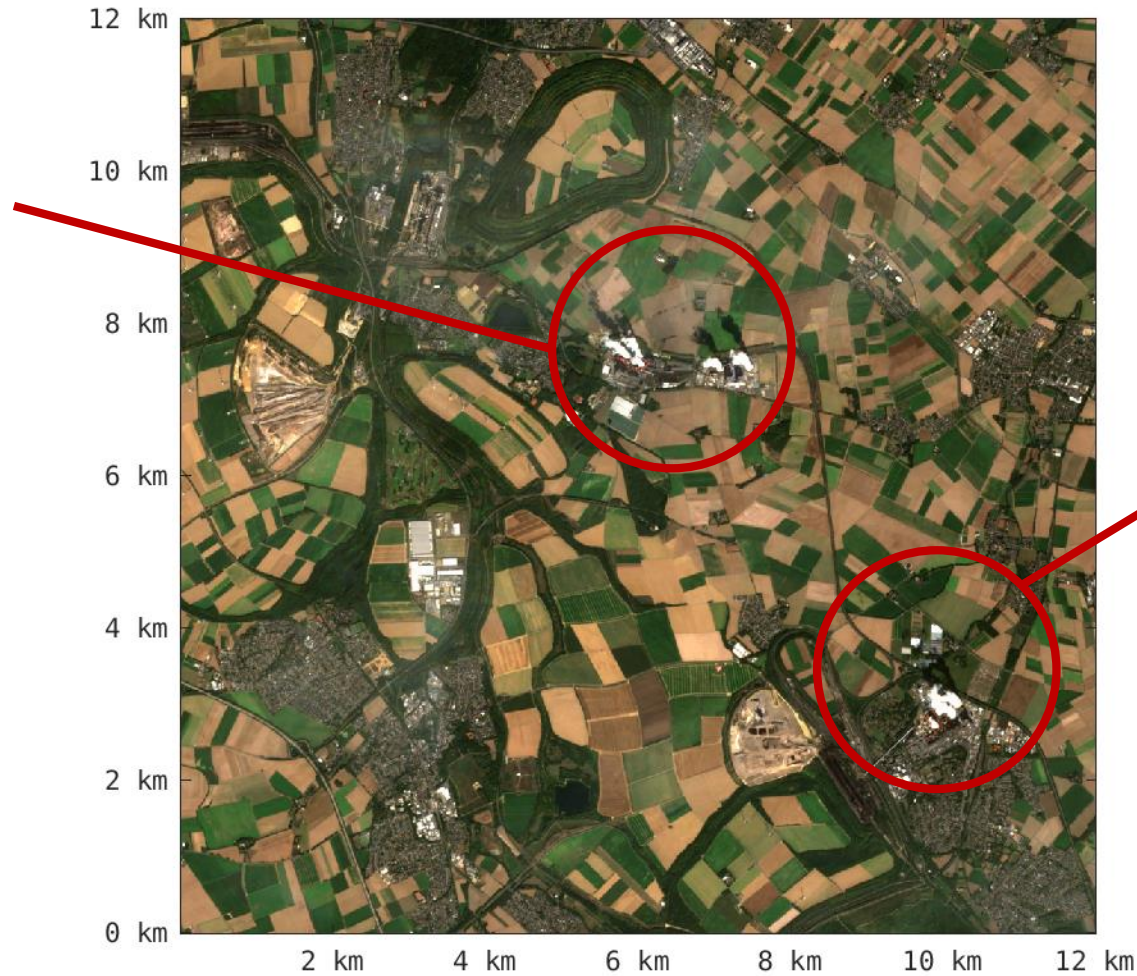
Innovation: höhere räumliche Auflösung



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



Neurath
Emissionen:
26 Mt CO₂/a



Niederaußem
Emissionen:
29 Mt CO₂/a

Innovation: höhere räumliche Auflösung

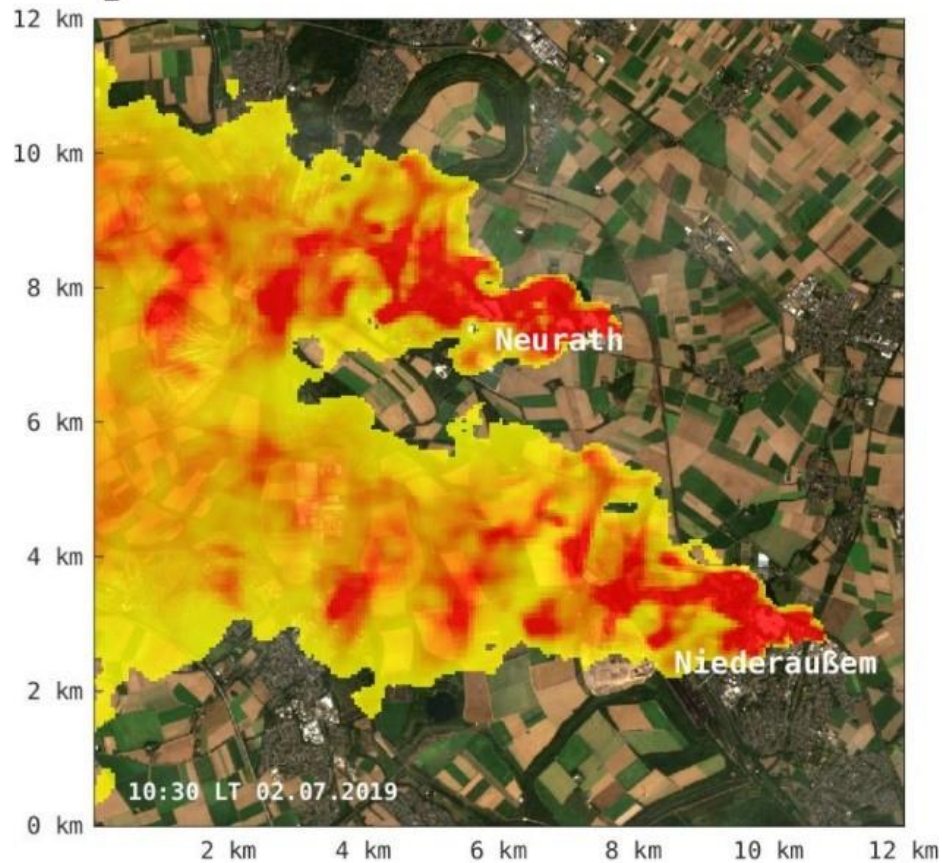


UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



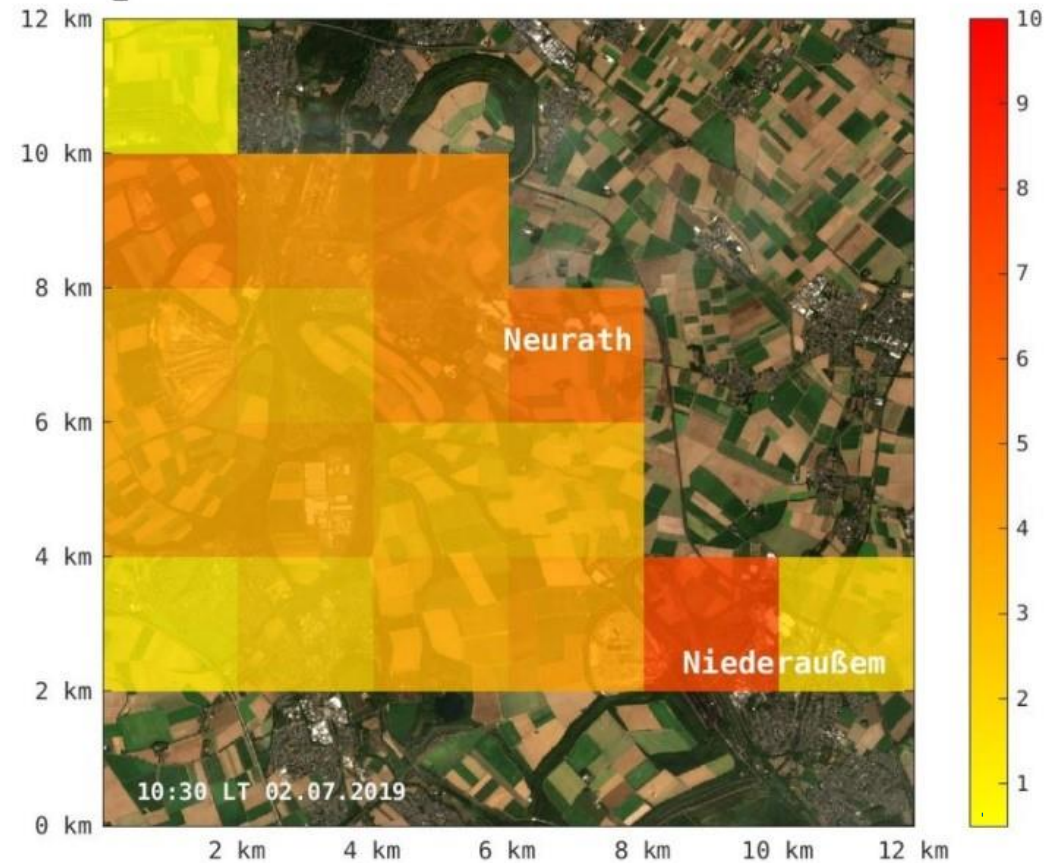
CO2Image

XCO₂ enhancement at 50-m resolution (ppm)



CO2M

XCO₂ enhancement at 2-km resolution (ppm)

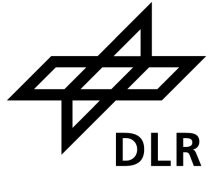


→ Die hochaufgelöste Messung von CO2Image erlaubt die **Trennung nah beieinander liegender Quellen**, als auch die **Demaskierung von CO₂ Emissionen aus diffusen Quellen** (Verkehr)

Innovation: höhere räumliche Auflösung

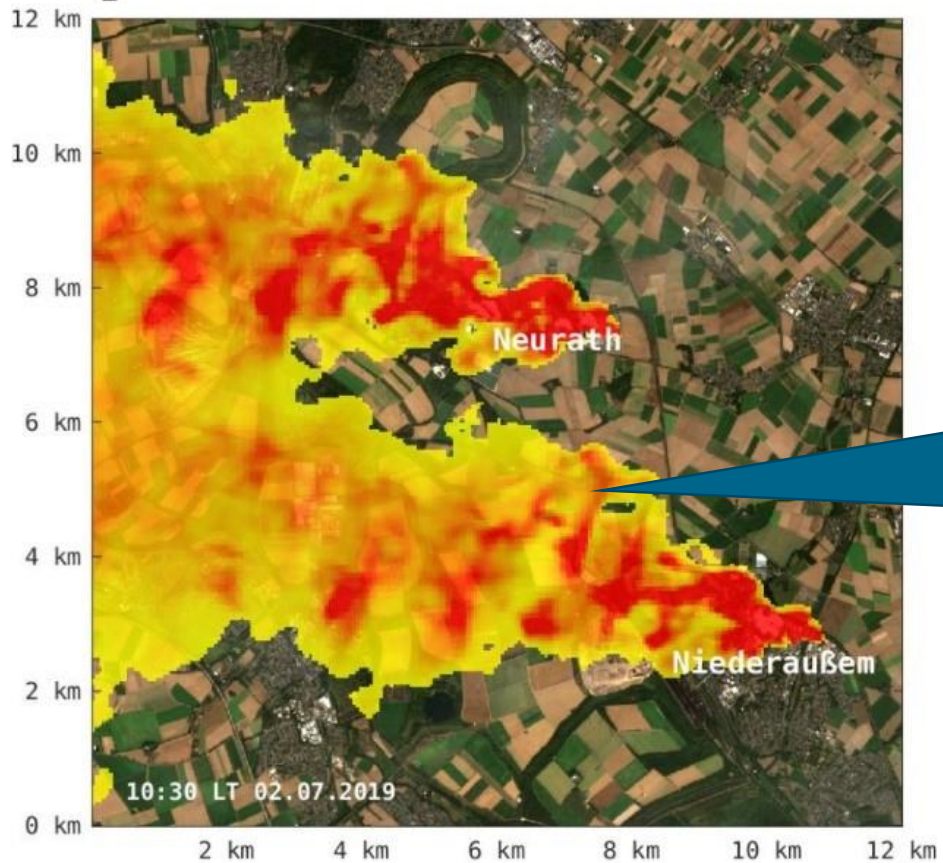


UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



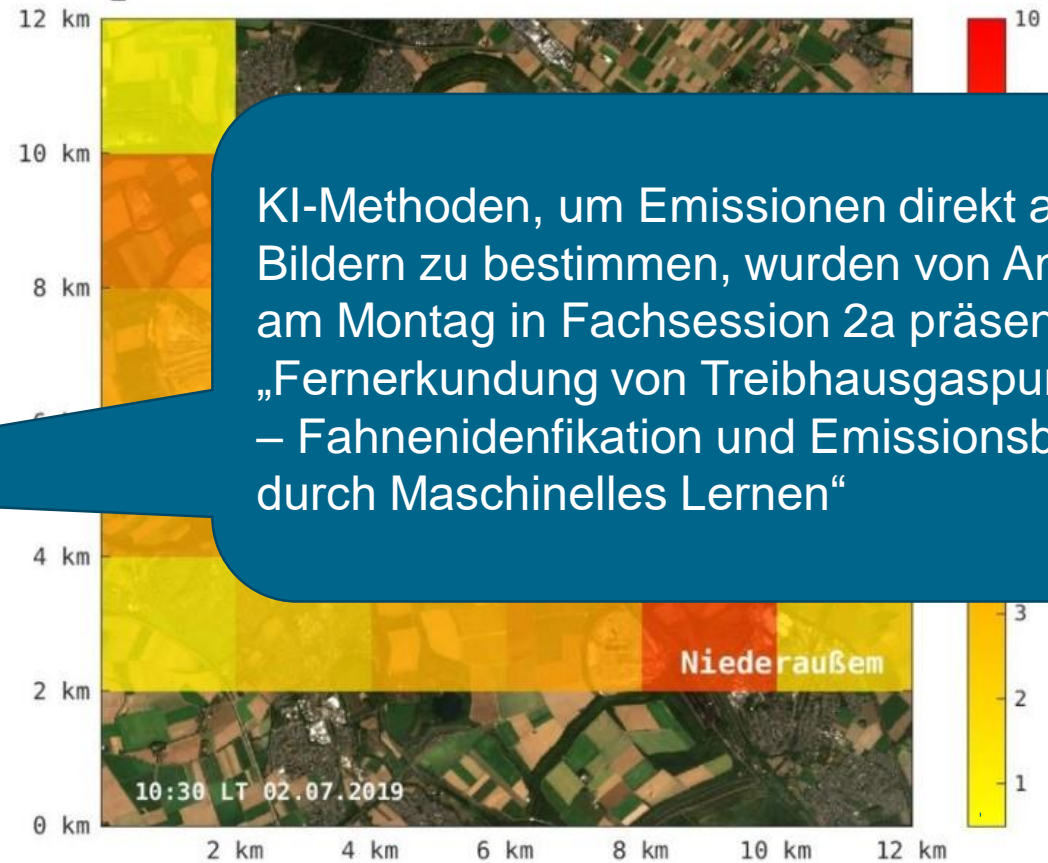
CO2Image

XCO₂ enhancement at 50-m resolution (ppm)



CO2M

XCO₂ enhancement at 2-km resolution (ppm)

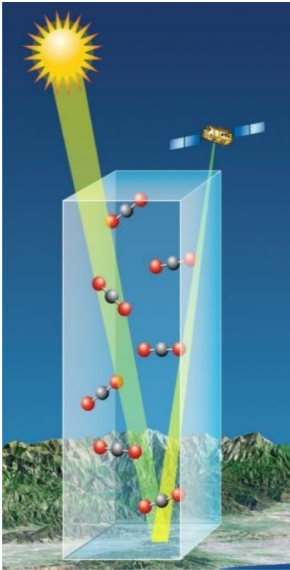


KI-Methoden, um Emissionen direkt aus solchen Bildern zu bestimmen, wurden von André Butz am Montag in Fachsession 2a präsentiert: „Fernerkundung von Treibhausgaspunktquellen – Fahnenidentifikation und Emissionsbestimmung durch Maschinelles Lernen“

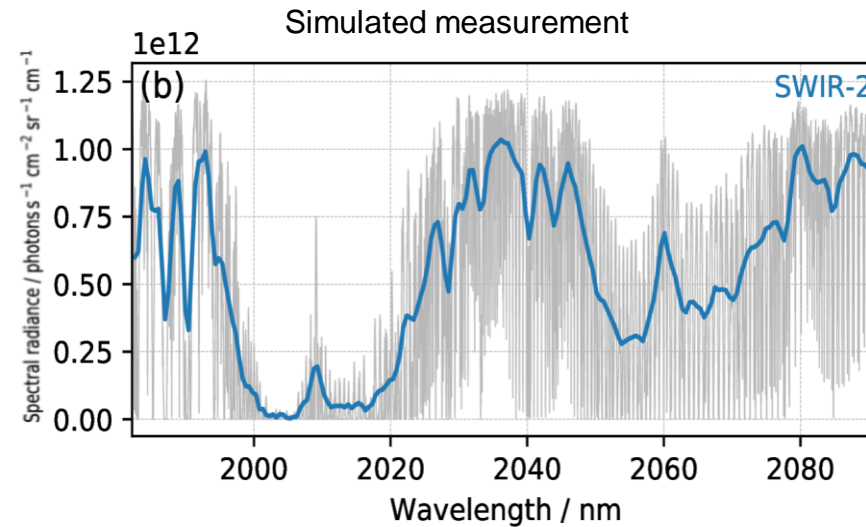
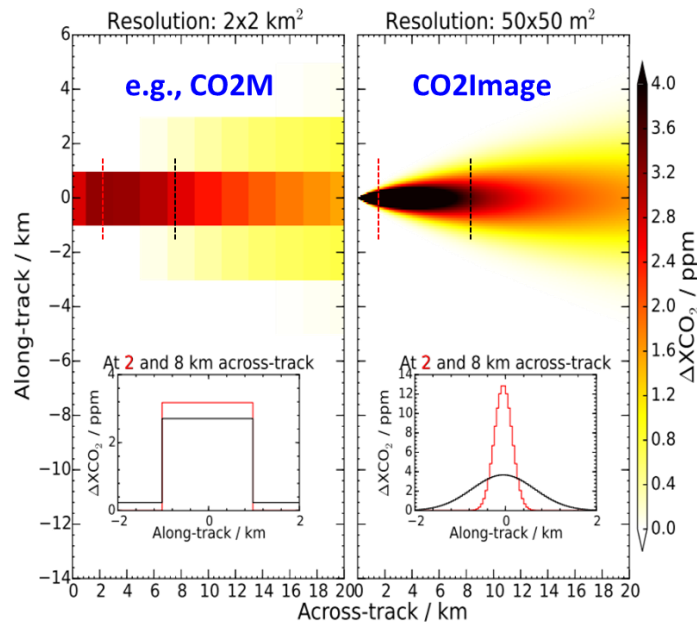
→ Die hochaufgelöste Messung von CO2Image erlaubt die **Trennung nah beieinander liegender Quellen**, als auch die **Demaskierung von CO₂ Emissionen aus diffusen Quellen** (Verkehr)

Messprinzip: Satellitengestützte passive Fernerkundung

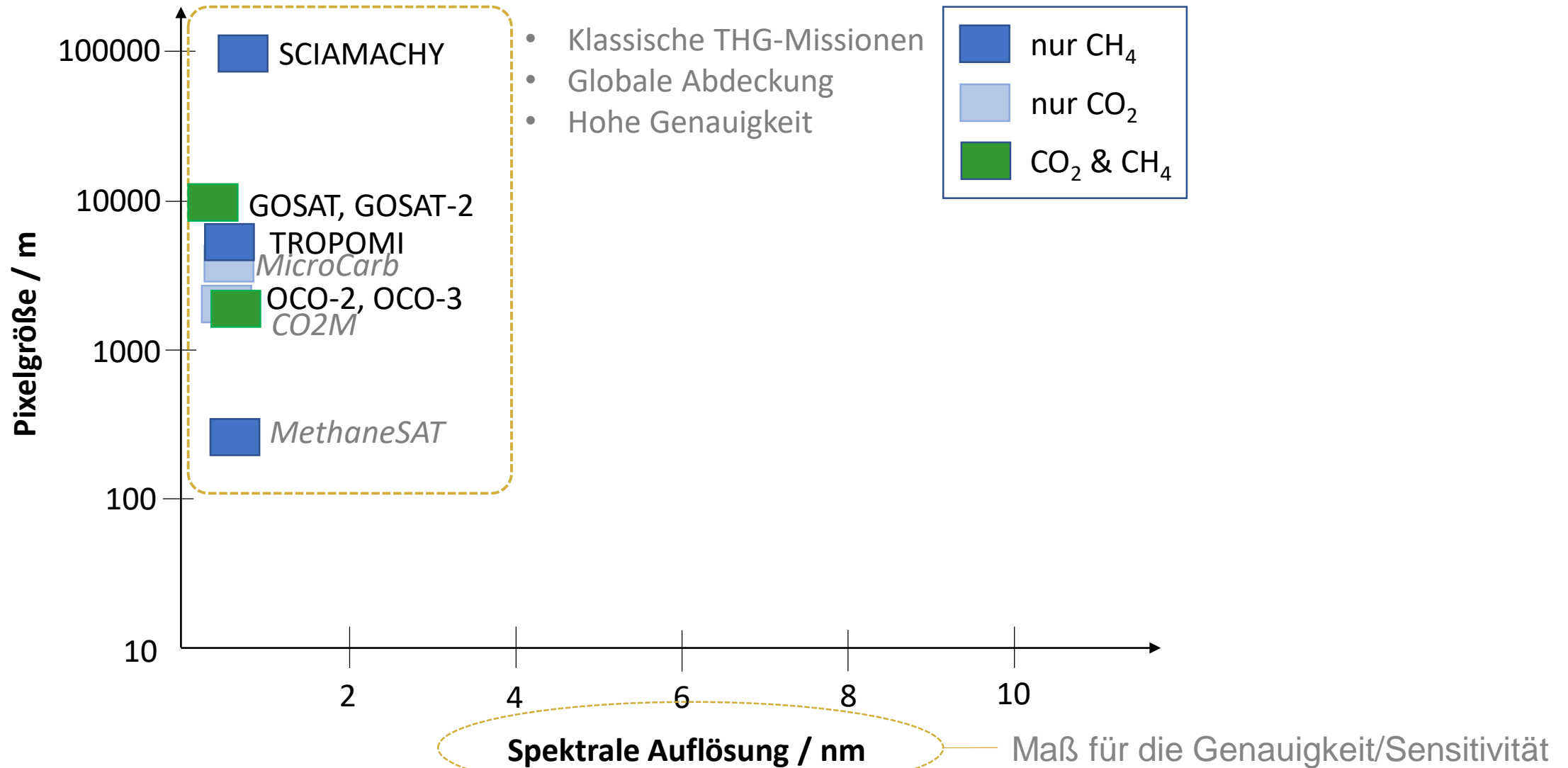
- Messung der **reflektierten Sonnenstrahlung** in einem Spektralbereich, in dem CO_2 Moleküle stark absorbieren → **Ableitung der zugehörigen atmosphärischen CO_2 Konzentration**
- Größte Herausforderung für die sensitive Messung von Punktquellen:
 - **Hohe Bodenauflösung** nötig, um die Abgasfahnen räumlich hoch aufzulösen
 - Auf Kosten der **spektralen Auflösung** des Instruments (CO2Image: Sweet spot!)
 - **Hohes SNR nötig** (→Target mode)



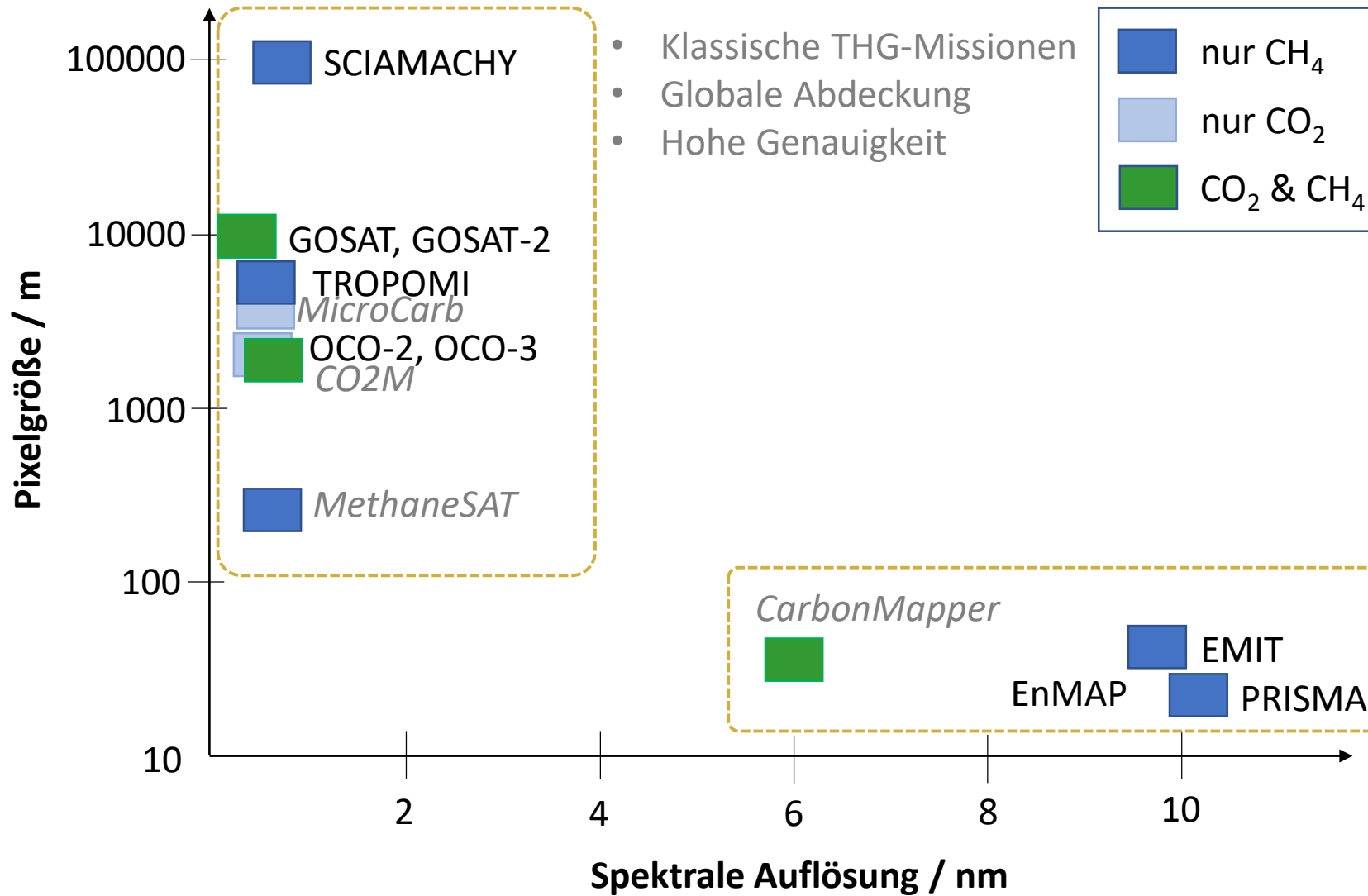
NASA JPL



Innovation / Alleinstellungsmerkmal



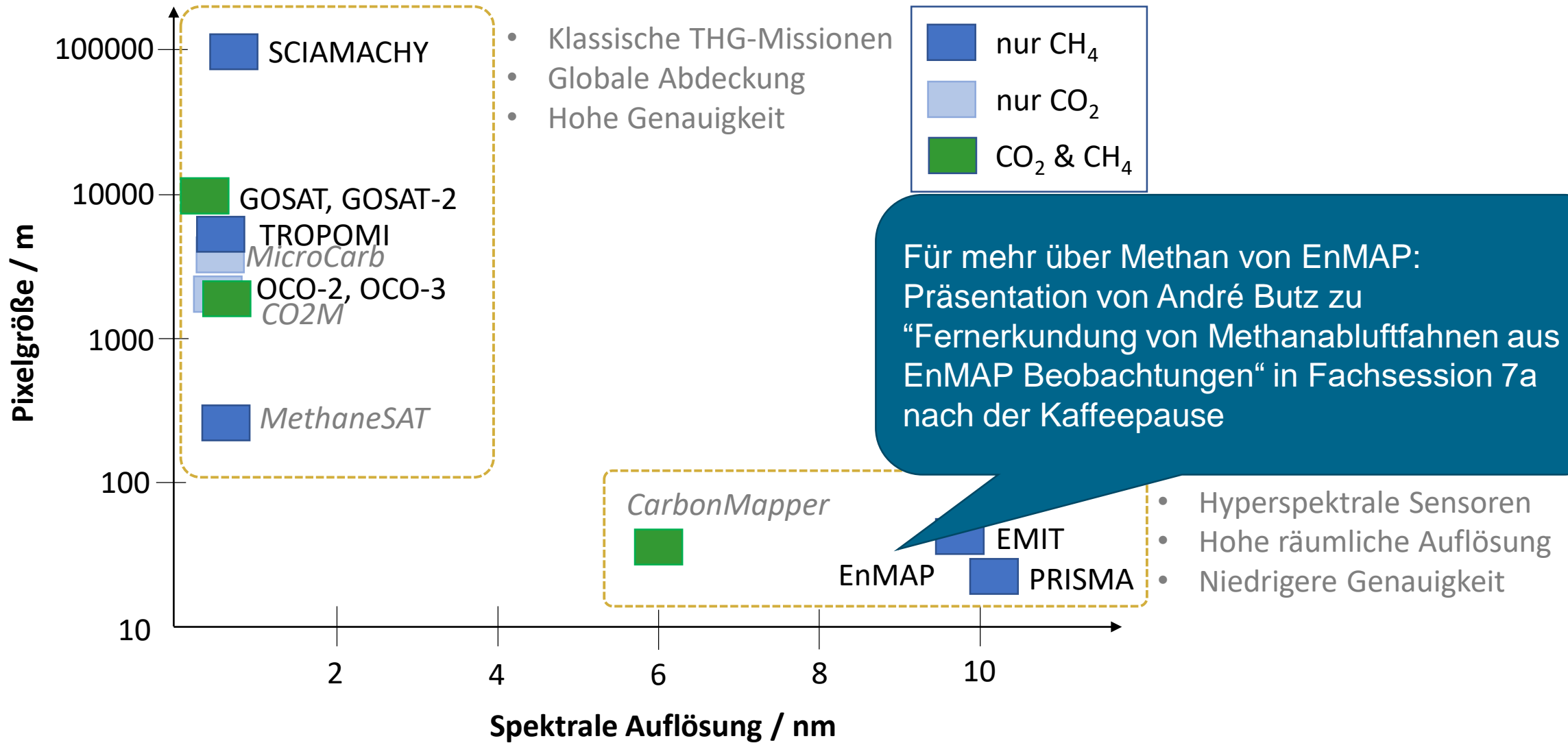
Innovation / Alleinstellungsmerkmal



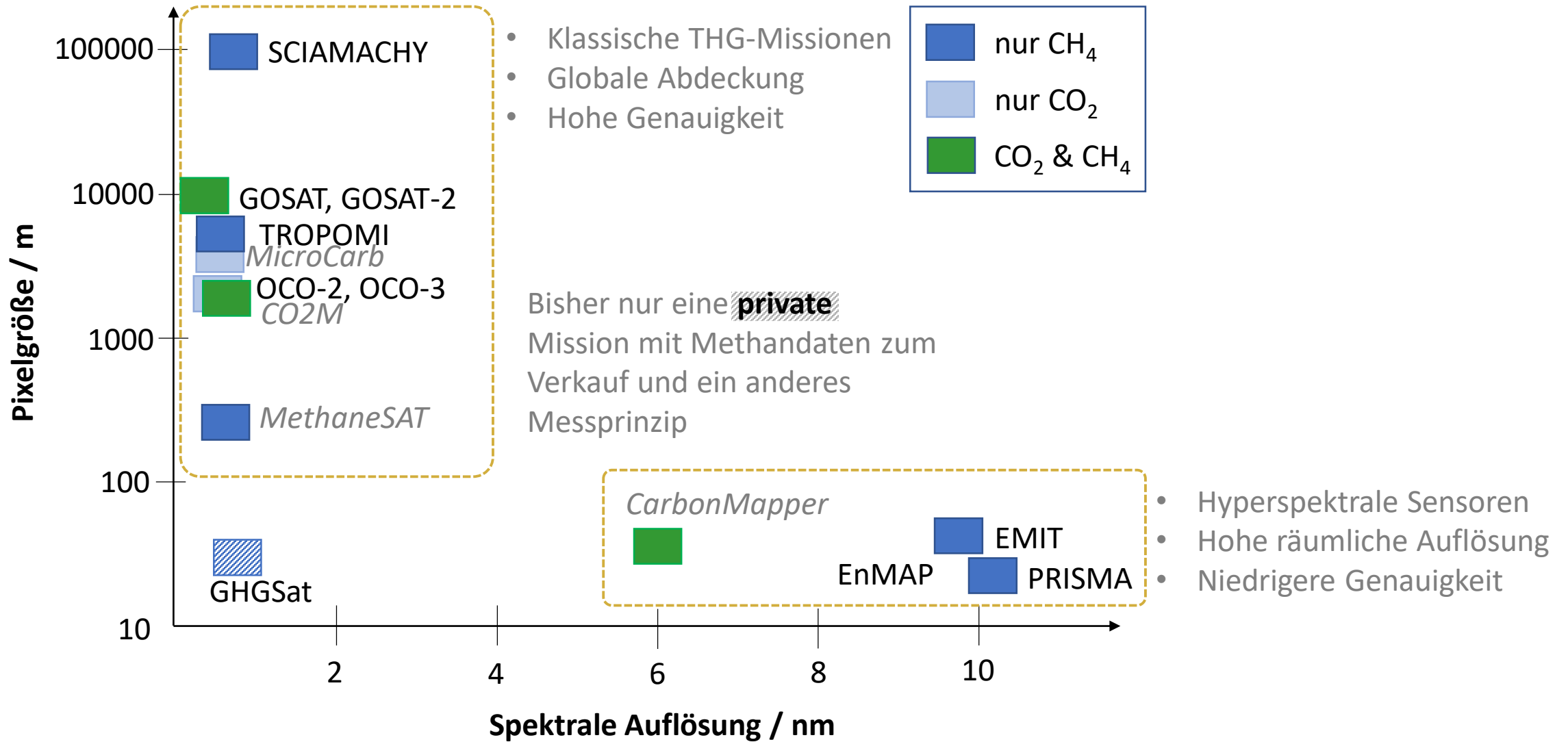
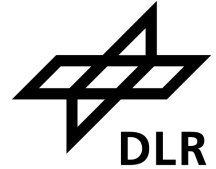
- Klassische THG-Missionen
- Globale Abdeckung
- Hohe Genauigkeit

- Hyperspektrale Sensoren
- Hohe räumliche Auflösung
- Niedrigere Genauigkeit

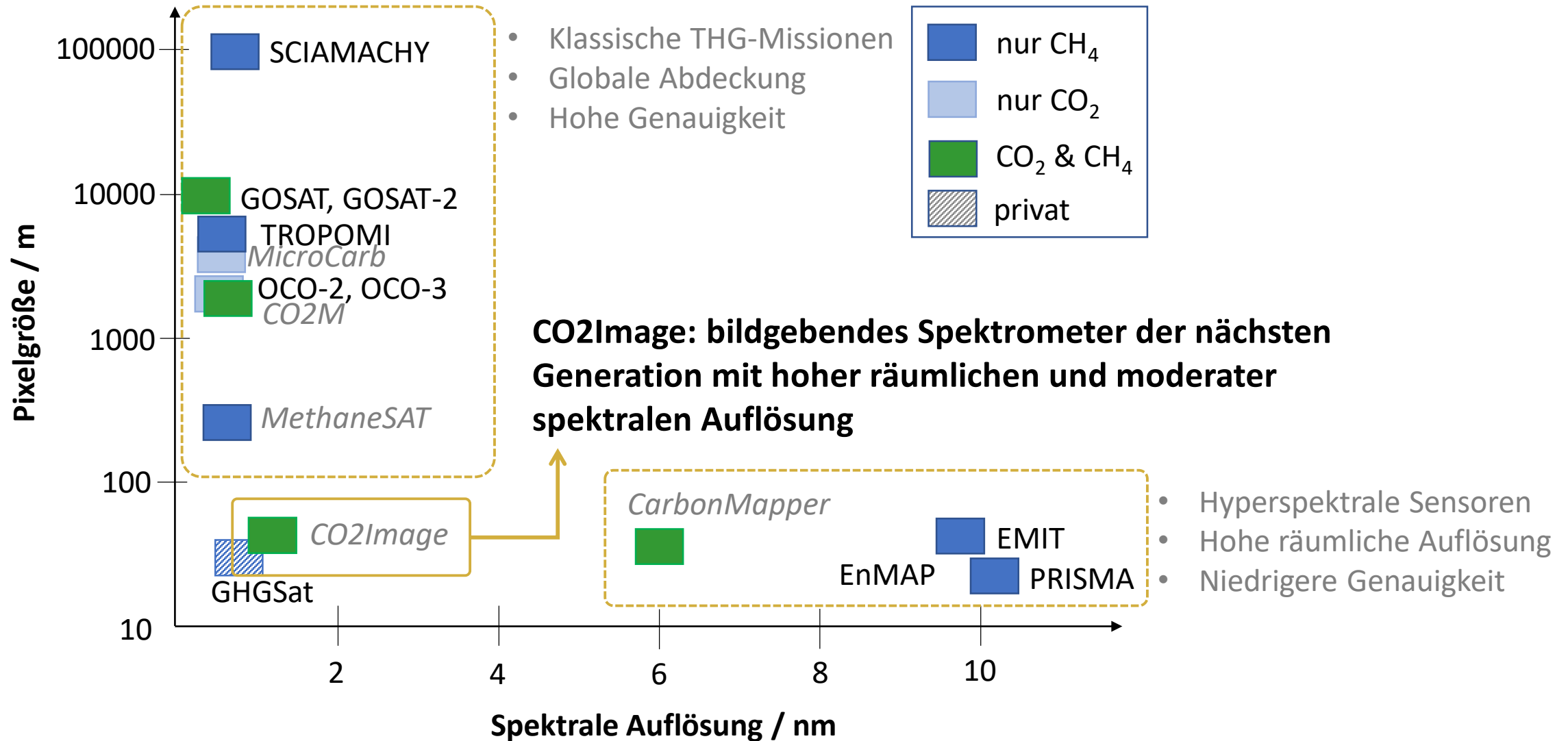
Innovation / Alleinstellungsmerkmal



Innovation / Alleinstellungsmerkmal



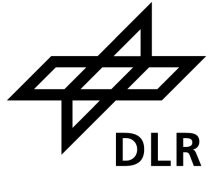
Innovation / Alleinstellungsmerkmal



Das COSIS Instrument

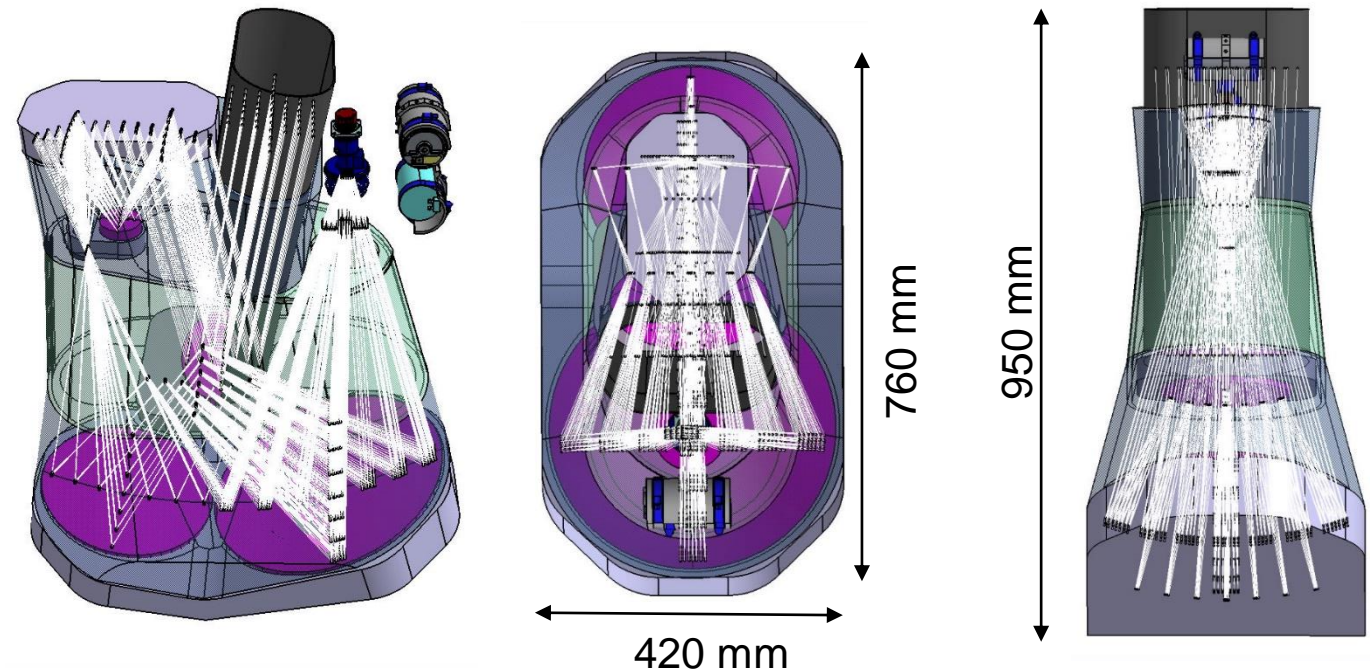


UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



Mass	110 kg
Swath	50 km
Spatial resolution	50 m x 50 m
Spectral range	1972-2400 nm
FWHM (2.5 pix)	1.3 nm
Resolving power	1600
Aperture diameter	15.0 cm
f number	2.0
Optical efficiency (η)	0.48
Integration time	70 ms
Detector pixel area	900 μm^2
Quantum efficiency (Q_e)	0.8 $e^- \text{ photon}^{-1}$
Dark current	1.6 $\text{fA pix}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Readout noise	100 e^-
Quantization noise	40 e^-

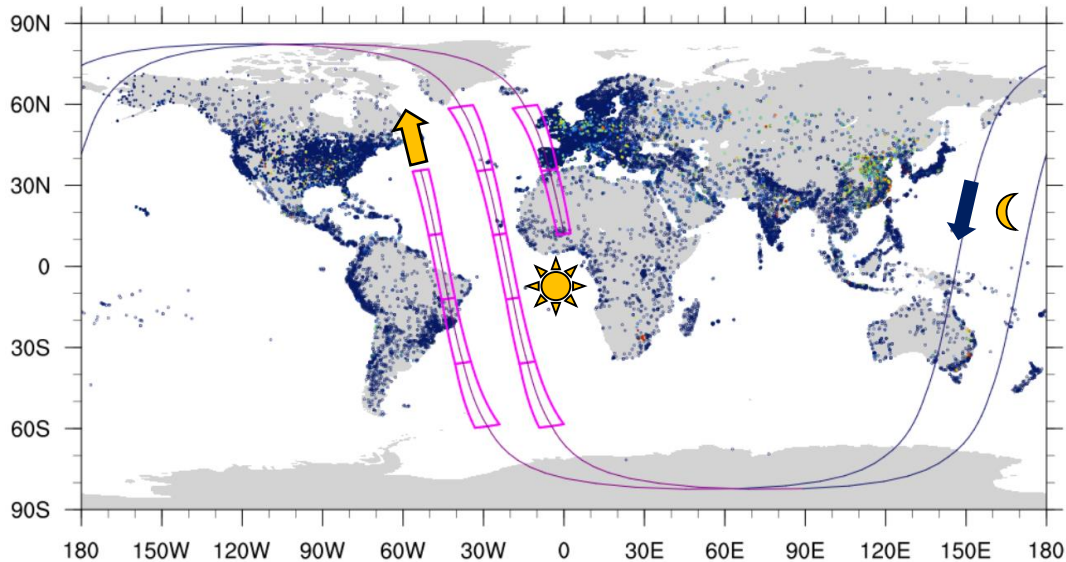
- Single-Pass doppel-TMA Spektrometer
- Design von DLR-OS, Fertigung der Optik durch Fraunhofer IOF
- Detector: AIM AGD mit 1280 x 1024 Pixeln



[Krutz et al., 2022](#)

Targetmodus

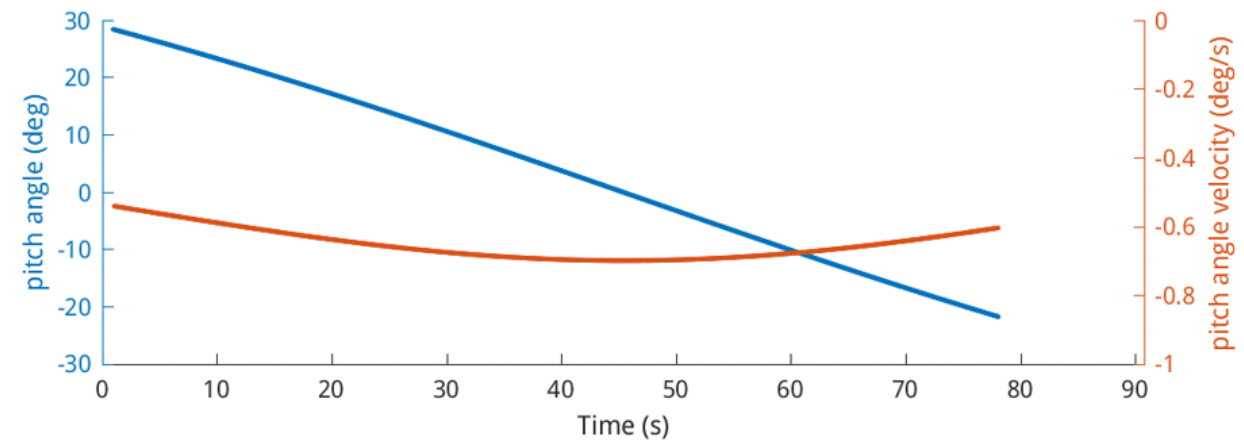
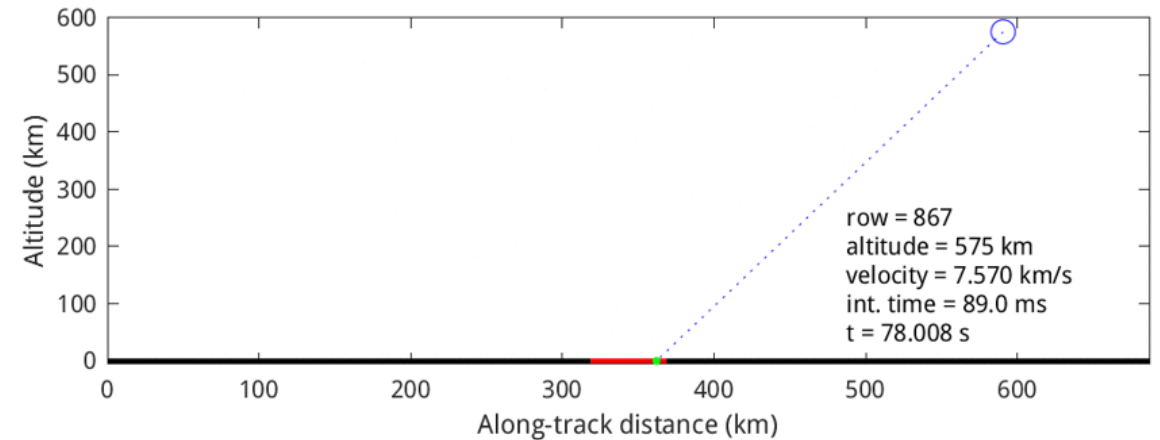
- erhöhtes Signal durch Vorwärtsbewegungskompensation
- Szenen von 50 km x 50 km
- 5-7 pro Orbit, ~70 pro Tag
- Auswahl informiert durch Wettervorhersagen, Szenenalbedo



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



Vorwärtsbewegungskompensation



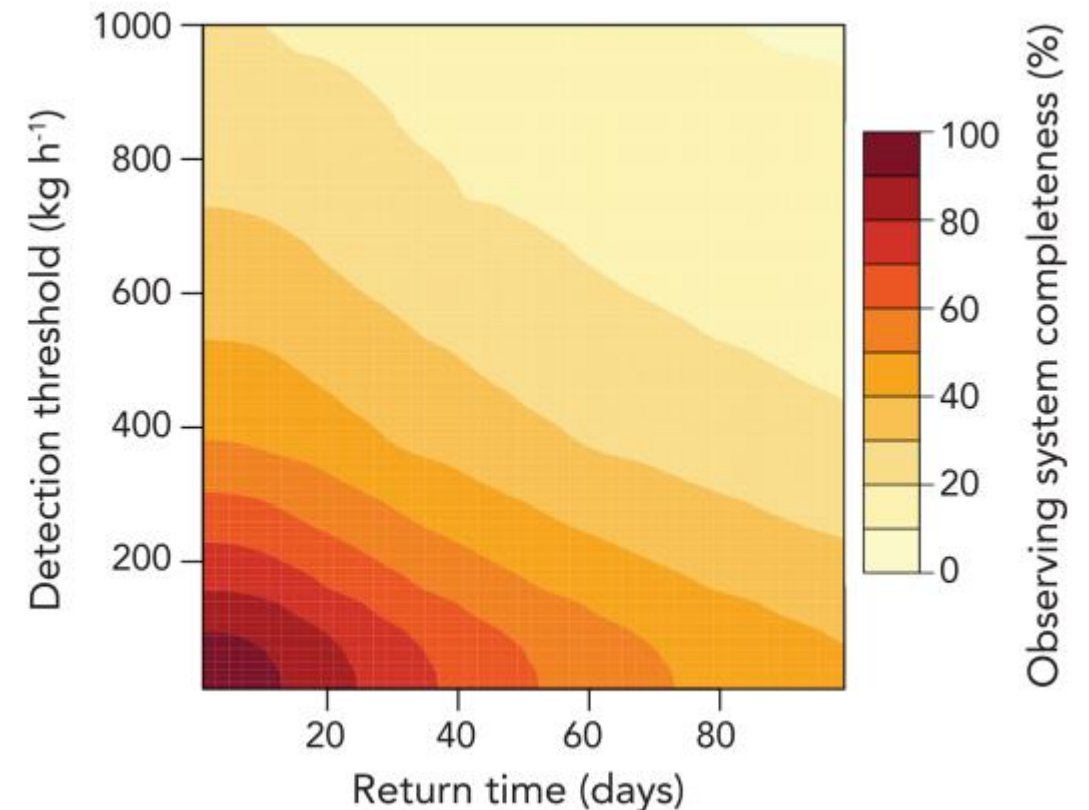
Messung von $X\text{CO}_2$ und $X\text{CH}_4$



■ Erwartete Leistung:

Gas	Detektion	Quantifizierung
CO_2	0.3 MtCO_2/a	1.0 MtCO_2/a
CH_4	100 kg/hr	300 kg/hr

Observing System Completeness (Methane)



[Jacob et al., 2022](#)



- International erste Mission **optimiert für** die unabhängige Messung von **CO₂ Punktquellen**
- Bildgebendes **Spektrometer der nächsten Generation**
- **Öffentliche** Mission mit **transparenten** Daten
 - Beitrag zu global stock-take (GST) des Pariser Klimaabkommens
 - Einbindung in das nationale Treibhausgasmonitoring-System etabliert (ITMS)
 - Schnittstellen zu internationalen, öffentlichen Initiativen (UNEP IMEO)
- **Klare Synergie** zur Copernicus Mission **CO2M**; CO2Image als „Lupe“
- Derzeit in Phase 2B, **Start geplant für Q1 2027**
- **Technologiedemonstrator**: Skalierung auf eine Flotte wäre möglich