Copernicus Sentinel-5P, Sentinel-4 und Sentinel-5 — Atmosphärenmonitoring auf einem neuen Level

Birgit Wunschheim
Ronny Lutz, Diego Loyola, Pascal Hedelt, Fabian Romahn, Walter Zimmer, Nico Adam

Earth Observation Center (EOC)
Institut für Methodik der Fernerkundung

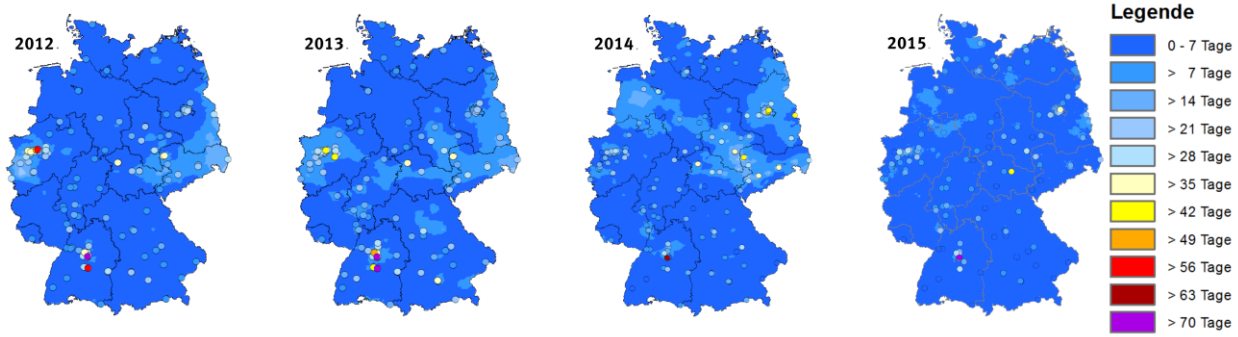
DLR

Luftverschmutzung

Schätzung der WHO: jährlich weltweit etwa **7 Millionen** vorzeitige Tode durch Luftverschmutzung

Aktueller Bericht der EEA zur Luftqualität in Europa:
- Jährlich > 400 000 Todesfälle durch Luftverschmutzung
- Hauptfaktoren Feinstaubbelastung, NO2 und O3
- Hohe Belastung insbesondere in Städten

Zahl der Überschreitungen des PM_{10}-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ mit Spots aus Ländermeldungen



Quelle: Umweltbundesamt 2017

Umwelt Bundesamt

- In Deutschland: Verbesserung der Luftqualität, aber weiterhin Überschreitung europäischer Grenzwerte für Feinstaub, NO2 und Ozon.

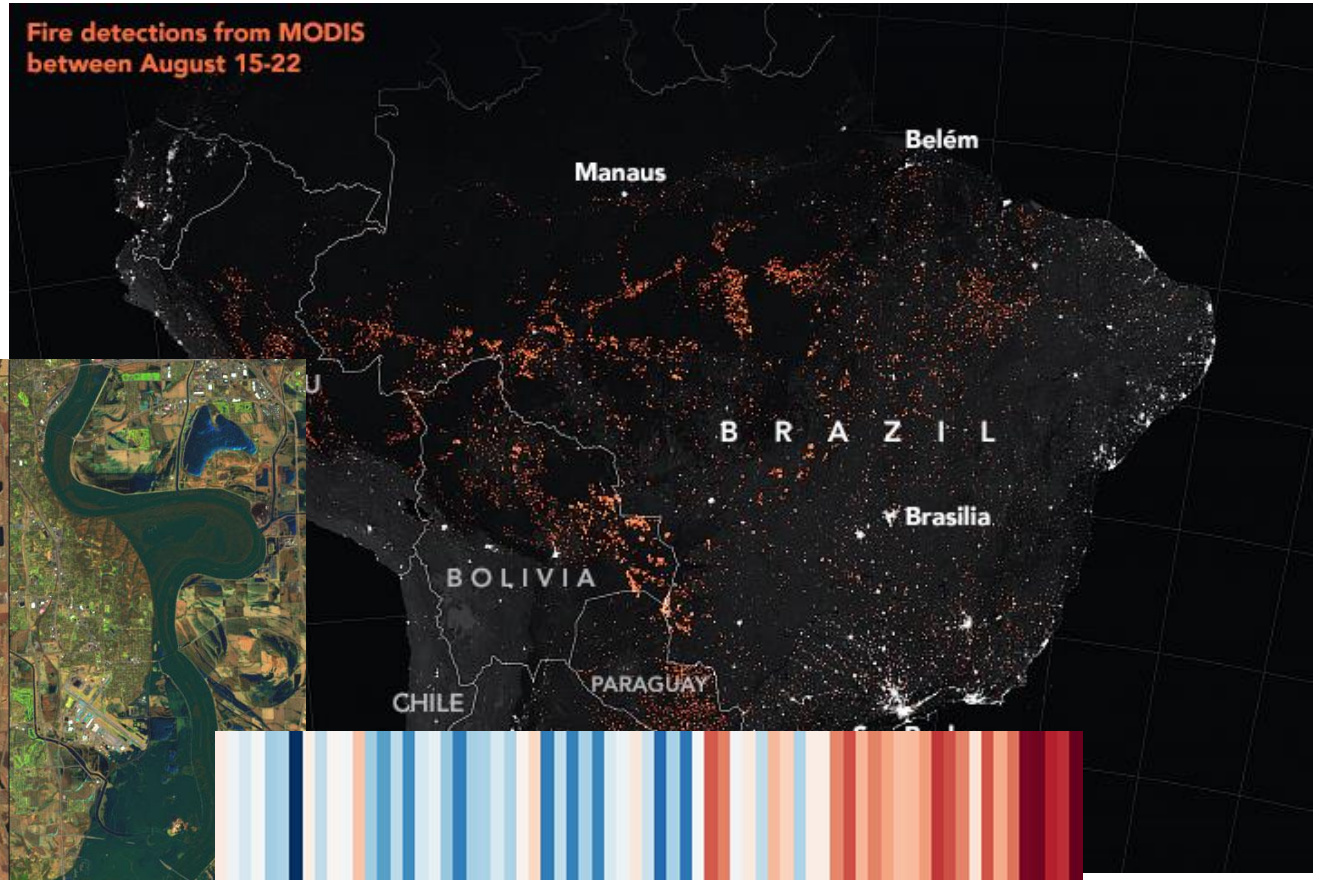
Klimawandel

Steigende Level von Treibhausgasen (CO2, Methan...)
Hauptursachen für weltweiten Klimawandel
→ steigende Wahrscheinlichkeit
für Naturkatastrophen:

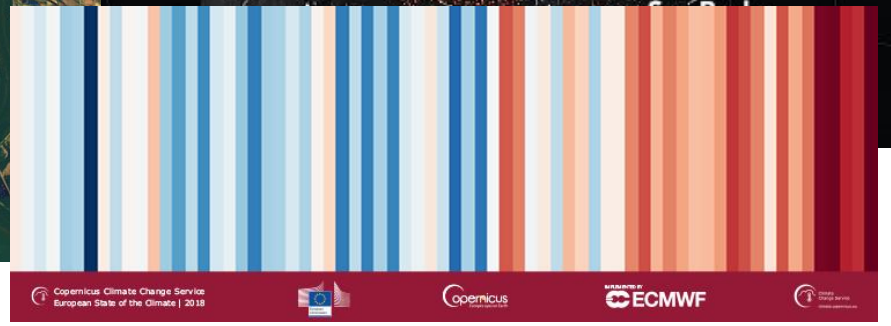
- Dürren
- Überschwemmungen
- Stürme
- Waldbrände

Beispiele 2019:

- Außergewöhnliche Waldbrände in Sibirien, Kanada und Alaska
- Hochwasserereignis in Nebraska
- Großflächige Waldbrände im Amazonasgebiet (> 70 000)



Quelle: NASA



Temperaturänderung in Europa von 1950 bis 2018, Quelle: C3S / KNMI

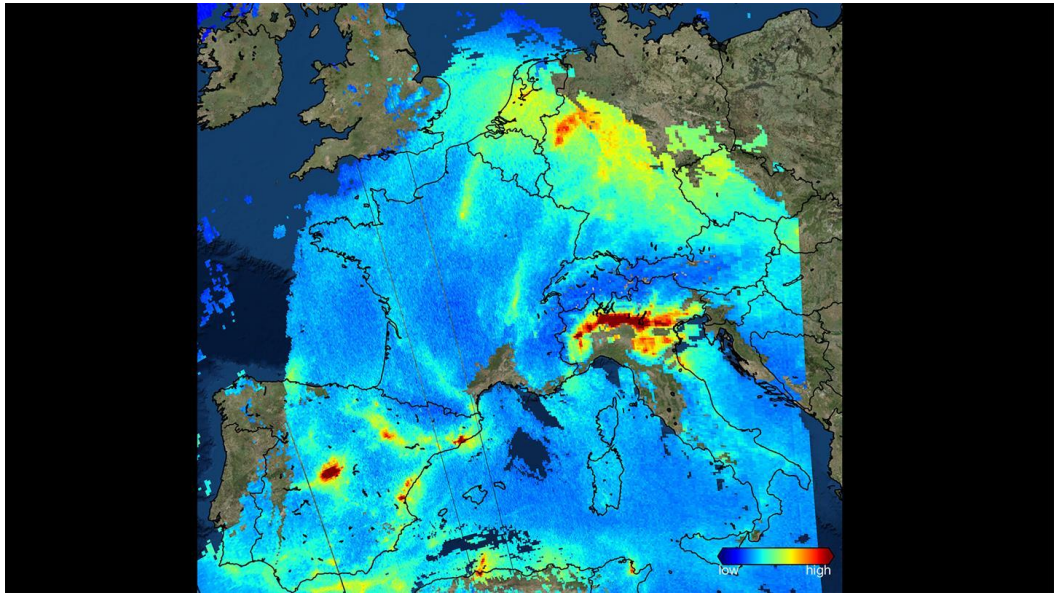
Um diese komplexen Phänomene besser verstehen und adressieren zu können, profitieren Wissenschaft, Politik und Industrie unmittelbar von einer verbesserten wissenschaftlichen Datenbasis.

Copernicus Sentinel Satelliten - Atmosphärenmonitoring

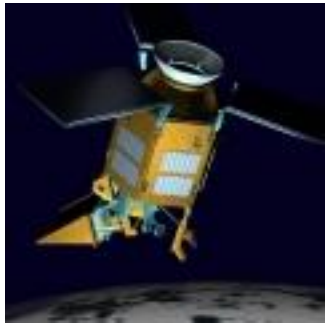
Im Rahmen des europäischen Copernicus Programms
- **Sentinel-5 Precursor**
- **Sentinel-4** (zwei Instrumente)
- **Sentinel-5** (drei Instrumente)

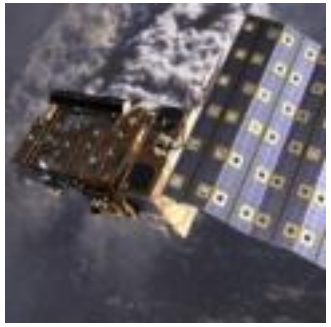
→ Monitoring der Atmosphäre auf einem neuen Level

DLR IMF & Partner:
- Entwicklung wissenschaftlicher Algorithmen zur Erstellung von Level 2 und Level 3 EO Produkten
- Implementierung operationeller Prozessoren zur Verarbeitung der Daten von S5P, S4 und S5.



NO2 Konzentration über Europa (TROPOMI)


Sentinel-5P


Sentinel-4

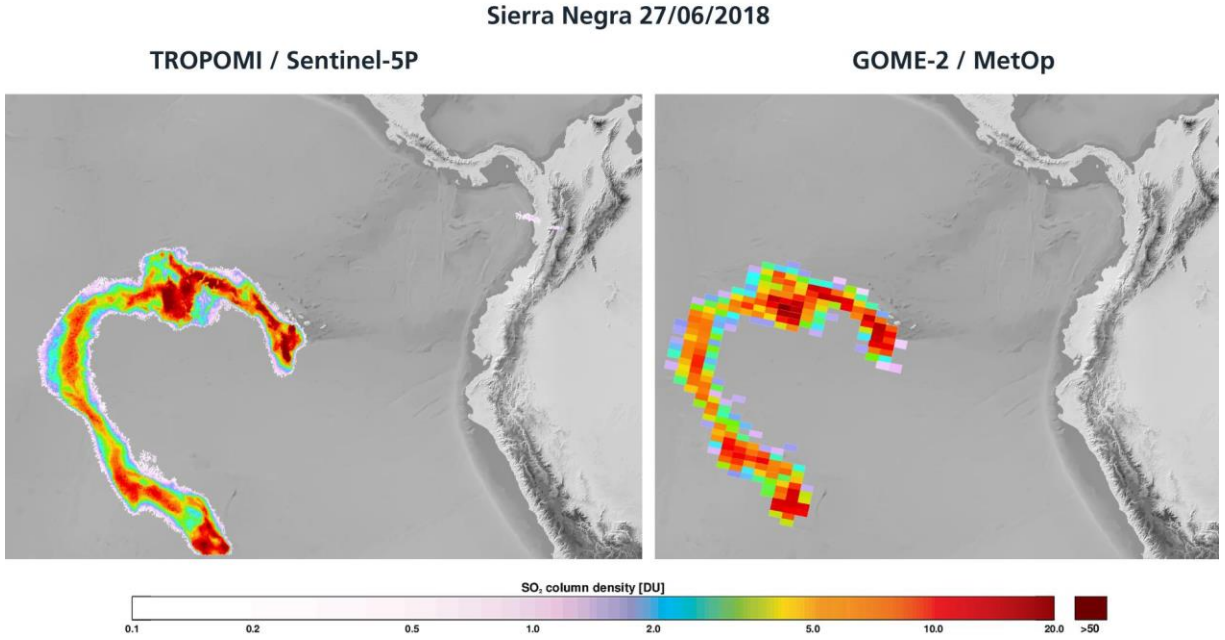
Sentinel-5 (Quelle: ESA)

Copernicus Sentinel-5 Precursor

Ziel der Mission (ESA):
„Messung der Troposphäre [...] mit einer hinreichenden räumlich-zeitlichen Auflösung, um anthropogene und natürliche Emissionen und atmosphärische Lebenszyklen der wesentlichen troposphärischen Schadstoffe (O3, NO2, CO, CH2O und SO2) sowie zwei bedeutender Treibhausgase (troposphärisches O3 und CH4) zu quantifizieren. Zusätzlich sollen Aerosol-Partikel beobachtet werden, die Luftqualität und Strahlungsantrieb regional und global beeinflussen.“

- Launch Oktober 2017
- Eigenständiger Satellit
- Sonnensynchroner polarer Orbit
- Multi-spektrales Instrument: TROPOMI (UV/VIS/NIR/SWIR)
- Täglich weltweite Abdeckung
- Beispiellose räumliche Auflösung: 3.5 x 5.5 km.

→ übertrifft vergleichbare Satelliten um das Hundertfache



Auflösung im Vergleich: TROPOMI/Sentinel-5P, GOME-2/MetOp

Quelle: Copernicus Sentinel 2018, DLR/BIRA/ESA

Copernicus Sentinel-5 Precursor

Projektstatus (ESA Projekt)

- Seit April 2018 operationelle Datenbereitstellung

Konsortium

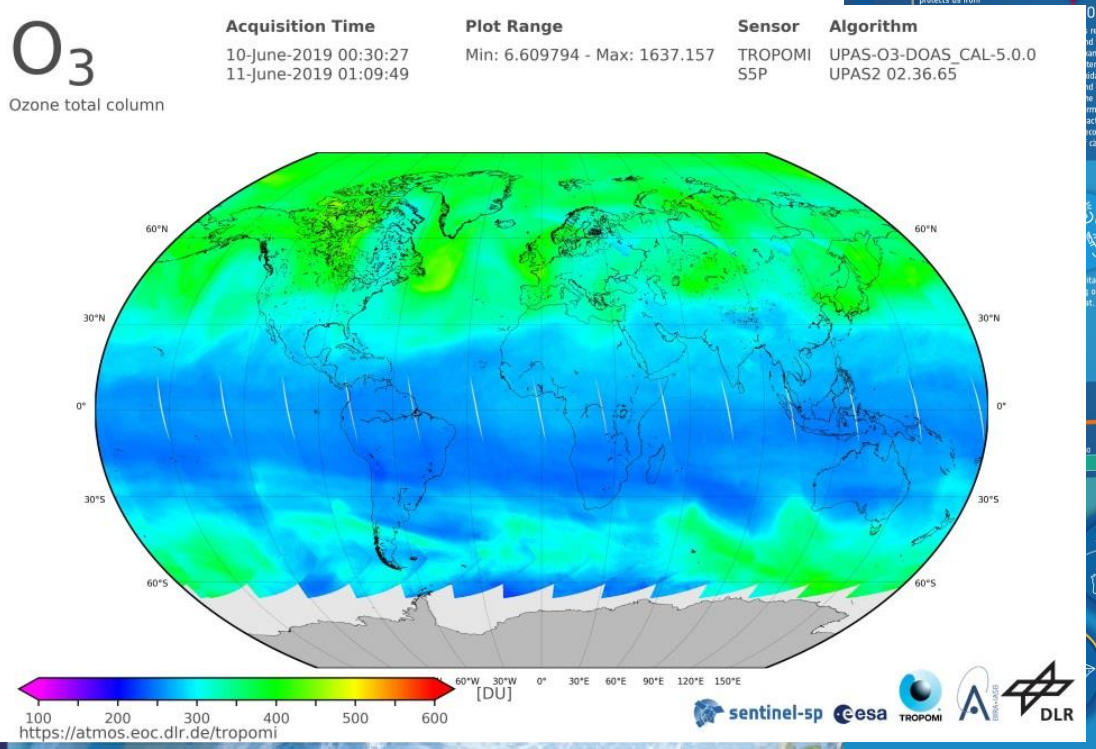
- KNMI, DLR, IUP, BIRA, SRON, FMI, MPIC, RAL

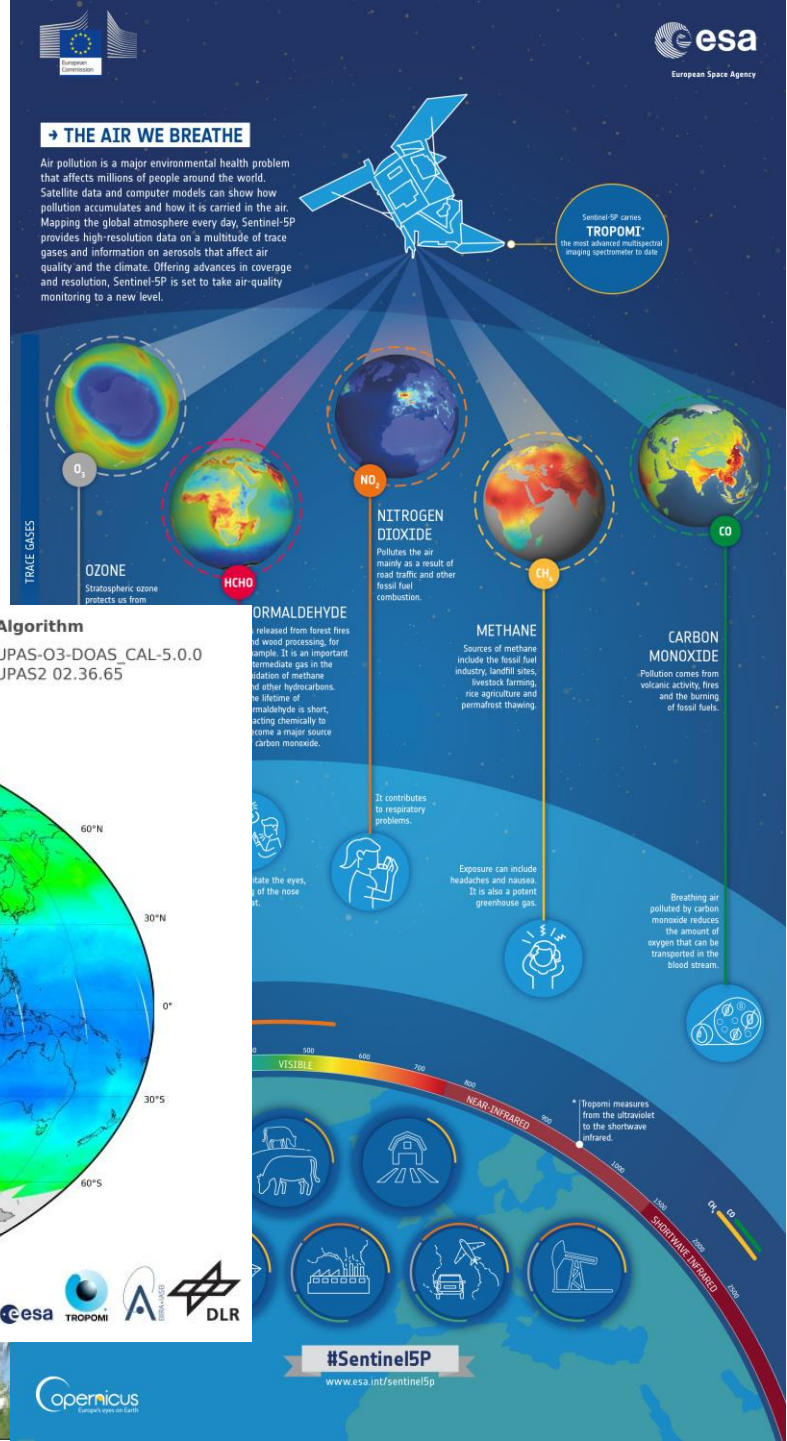
Operationelle Prozessoren:

- DLR mit KNMI und RAL

S5P Prozessoren/Algorithmen

- Ozone total column (DLR/BIRA, NRT & offline)
- Ozone tropospheric column (DLR)
- SO2 total column (DLR/BIRA)
- Formaldehyde total column (DLR/BIRA)
- Cloud fraction, height & opt. depth (DLR)
- SNPP VIIRS (RAL, cloud regridding)
- NO2 (KNMI)
- Aerosol Index & Layer height (KNMI)
- CO (KNMI/SRON)
- CH4 (KNMI/SRON)





DLR

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

UK Research and Innovation

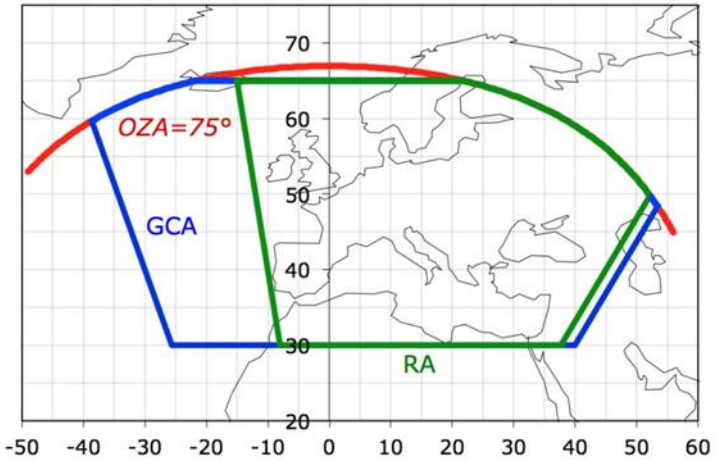
Copernicus Sentinel-4

sentinel-4

Ziel der Mission (ESA):

„The SENTINEL-4 mission has the primary objective of observing the diurnal cycle of the tropospheric composition over Europe and North Africa monitoring in particular key air quality trace gases like O3 (Ozone), NO2 (Nitrogen dioxide), SO2 (Sulfur dioxide), HCHO (Formaldehyde), CHOCHO (glyoxal), as well as aerosol and cloud properties in support of the air quality applications of the Copernicus Atmosphere Monitoring Services. These services will provide coherent information on atmospheric variables in supporting relevant European policies and for the benefit of the European citizens.“

- Launch geplant für 2023 (S4A) / 2030 (S4B)
- Geostationärer Orbit über Europa
- S4 Instrument als Nutzlast auf MTG-S Satelliten
- Instrumententyp: passives Spektrometer (UVVIS/NIR)
- Räumliche Auflösung: 8x8 km^2
- Generiertes Datenvolumen: etwa 2.0 TB pro Tag
- Zeitliche Auflösung: ca. 60 min.



SENTINEL-4 Geographical Coverage Area (GCA) Reference Area (RA) and Observation Zenith Angle (OZA). (Source: ESA)

→ Ermöglicht Erfassung und Analyse hochdynamischer atmosphärischer Prozesse

Copernicus Sentinel-4

Projektstatus (ESA Projekt)

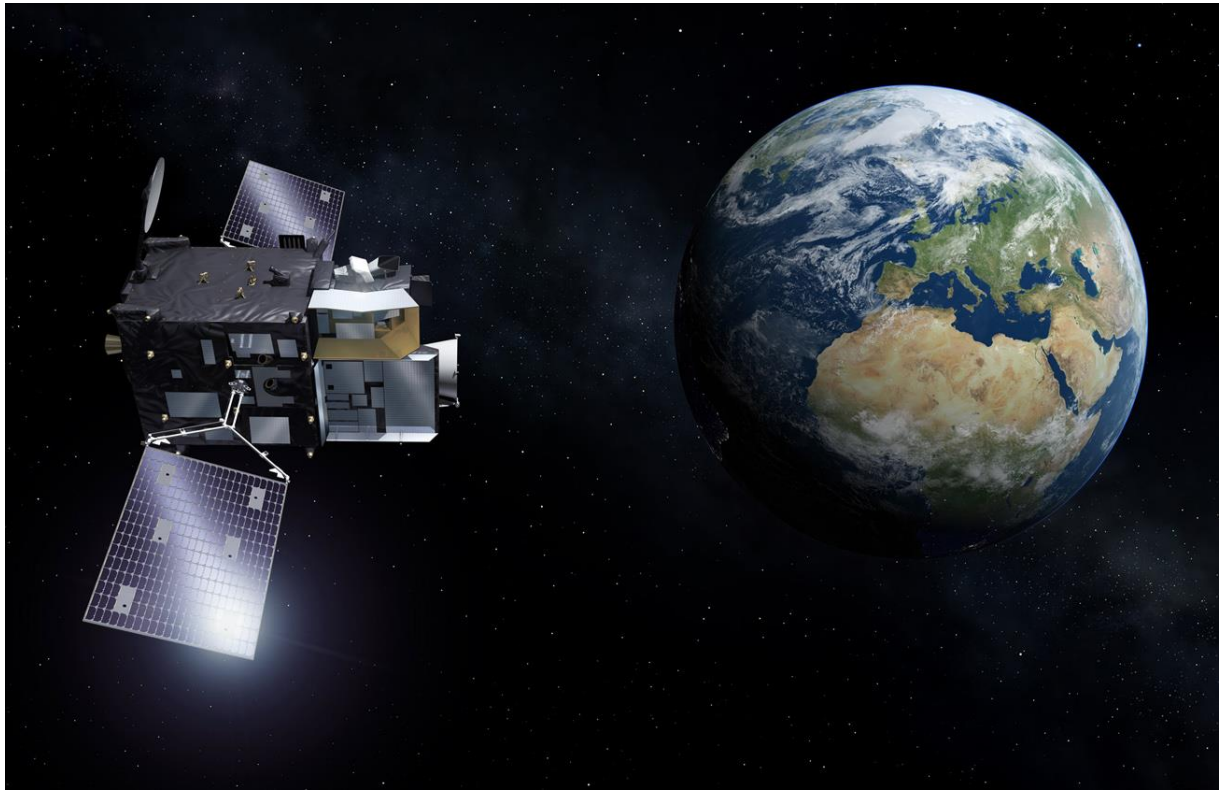
- Implementierungsphase

Konsortium operationelle L2 Prozessoren

- DLR prime, mit Catalysts, KNMI, RAL und S&T

S4 Prozessoren/Algorithmen

- Ozone total column (DLR/BIRA)
- Ozone tropospheric column (RAL)
- NO2 total column (DLR/IUP)
- SO2 total column (DLR/BIRA)
- Formaldehyde total column (DLR/BIRA)
- Cloud fraction, height & opt. depth (DLR)
- Glyoxal (DLR/IUP)
- Aerosol Layer Height (KNMI)
- Aerosol UV absorbing index (KNMI)
- Gapless surface reflectance (Catalysts)
- Surface reflectance (Catalysts)
- ECA (S&T)



Meteosat Third Generation Sounder Satellit mit Sentinel-4 Instrument (Quelle: ESA)

Copernicus Sentinel-5

Ziel der Mission (ESA):

„Within the COPERNICUS Space Component programme, the main objective of the SENTINEL-5 mission is to globally monitor key air quality trace gases and aerosols in support of the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) at high spatial resolution and with a daily global revisit time. This service will provide coherent information on atmospheric variables in support of European policies for the benefit of European citizens. Services proposed will cover ozone and surface UV, air quality, and climate applications. SENTINEL-5 is focused on air quality and composition-climate interaction [...]“

- Launch geplant für 2022 (S5A) / 2028 (S5B) / 2035 (S5C)
- Sonnensynchroner polarer Low Earth Orbit (ca. 817 km)
- Tägliche weltweite Abdeckung
- S5 Instrument als Nutzlast auf MetOp-SG A Satellit
- Instrumententyp: passives Spektrometer (UV/VIS/NIR/SWIR)
- Schwadbreite: 2 670 km
- Räumliche Auflösung: 50x50 km^2(UV1), 7.5x7.5 km^2 (alle anderen Kanäle)

→ Kontinuierliche meteorologische EO Daten verbessern Datenbasis für langfristiges Klimamonitoring

Copernicus Sentinel-5

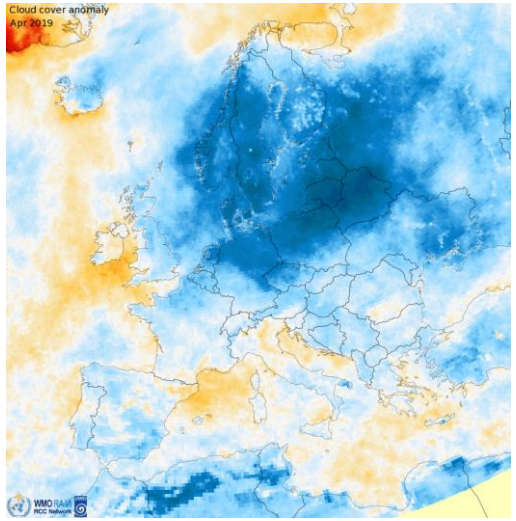
Projektstatus (EUMETSAT Projekt)
- Designphase

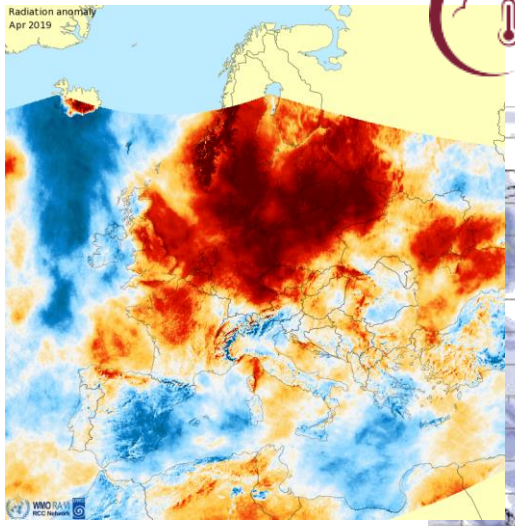
Konsortium operationelle Prozessoren
- S&T mit DLR

S5 Prozessoren
- Aerosol Layer Height (S&T)
- Aerosol optical depth (DLR)
- Aerosol UV absorbing index (DLR)
- Methane (S&T)
- Cloud fraction & height (DLR)
- Carbon Monoxide (S&T)
- Formaldehyde total column (DLR)
- Glyoxal total column (DLR)
- Nitrogen dioxide products (DLR)
- Ozone total column (DLR)
- Ozone stratospheric vertical profile (DLR)
- Surface reflectance & surface UV (S&T)
- Sulphur dioxide total column (DLR)

MetOp-SG A Satellit mit Sentinel-5 Instrument (Quelle: ESA)

Anwendungsbeispiele

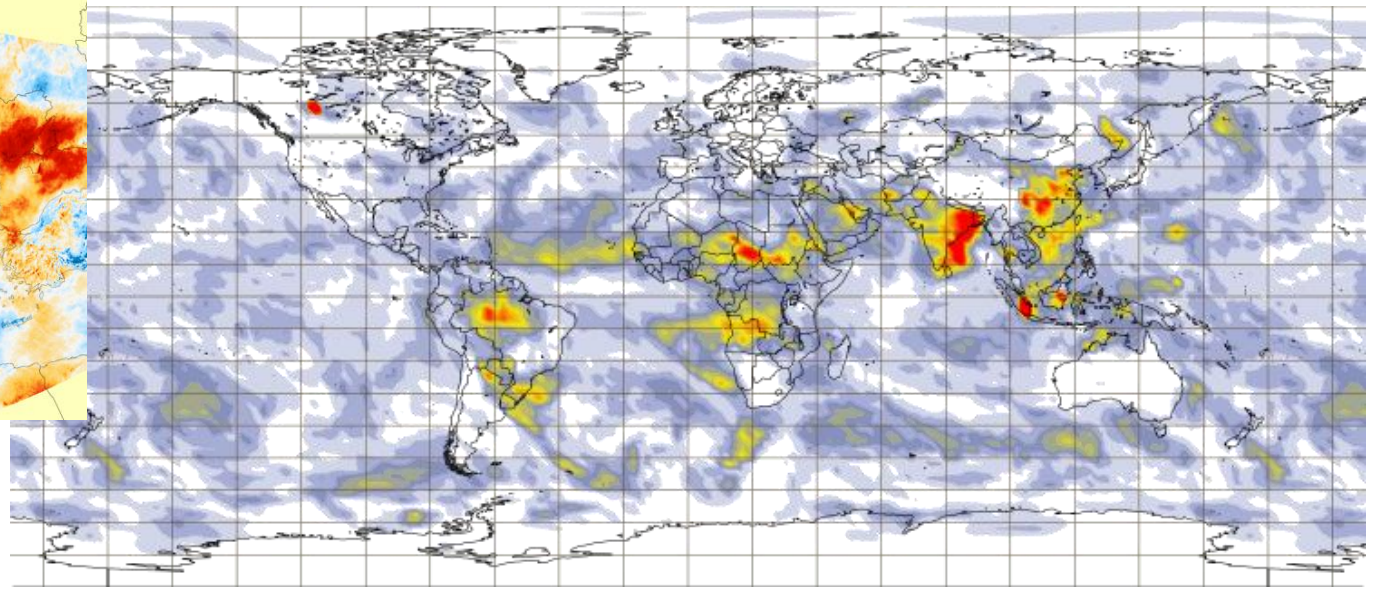




April 2019: Absolute Anomalie der Wolkenabdeckung (links, bezogen auf 1982-2009) und Anomalie der auf der Oberfläche eingehenden kurzwelligen Strahlung (rechts, bezogen auf 1983-2005) (Quelle: CM SAF/WMO/DWD)

Climate Change Service

Atmosphere Monitoring Service



Global Aerosol Optical Depth (Source: CAMS)

Level 2 Produkte von Sentinel-5P, Sentinel-4 und Sentinel-5:

- Datenquelle für Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) und
- Copernicus Climate Change Service (C3S).

→ Neue Generation von Downstream Anwendungen

→ Wichtig für Auswertungen zum Klimawandel

Fragen?

https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019

https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p
https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-4
https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5

https://atmosphere.copernicus.eu
https://climate.copernicus.eu

https://atmos.eoc.dlr.de/tropomi

birgit.wunschheim@dlr.de