

Interaktive Karte zur Darstellung der [Sentinel-5P](#) Daten für den Stickstoffdioxid Gehalt der [Troposphäre](#).



Im folgendem wird versucht das komplexe Thema auf einfache Weise zu veranschaulichen.

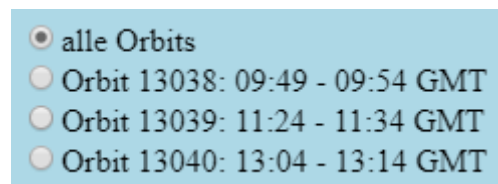
Über CodeforCologne [OK-Lab Köln]

Das [CodeforCologne Meetup](#) ist ein zwei wöchentliches Treffen um Anwendungen, freie Daten und Visualisierungen zu erstellen und Wissen auszutauschen.

Hilfe

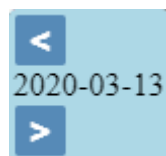
Die Sentinel-5P NO₂ Daten des Vortages werden täglich um 19 Uhr mittels des [Sentinel-5P Downloaders](#) der [Emissions-API](#) aufbereitet. Es wird dabei der Datensatz "nitrogen dioxide_tropospheric_column" verwendet, also der modellierte NO₂ Gehalt der Troposphäre. Werte mit einer Qualität (qa_value) < 0,75 werden entsprechend der Empfehlungen der ESA ausgefiltert. Ansonsten hätte die Bewölkung einen zu großen Einfluss ([Algorithm Theoretical Basis Document](#)). Mehr dazu bei den Hintergrundinformationen. Das Gebiet umfasst die deutschsprachigen Länder, sowie den Norden Italiens (Länge: 5°-18°, Breite: 44°-56°). Die italienische Po-Ebene mit ihren Ballungs- und Industriezentren ist zumeist stark belastet. Durch die geographische Lage (Talkessel) ist diese Region schlecht belüftet, und so kann sich der Smog auch oft recht lange halten.

Das Untersuchungsgebiet wird jeden Tag zumindest zweimal aufgenommen. Die Umlaufbahnen (Orbits) des ausgewählten Tages können auch einzeln angewählt werden:



Die Uhrzeit ist in der mittleren Greenwich-Zeit (GMT) angegeben und weicht um minus 1 Stunde von unserer mitteleuropäischen Zeit ab, bzw. minus 2 Stunden von der Mitteleuropäischen Sommerzeit.

Auswahl des Datums:



Es werden die Daten der zwei letzten Orbit Zyklen vorgehalten (32 Tage).

Durch Anklicken eines Messpunktes werden die modellierten NO₂ Werte dargestellt, sowie Informationen zur Lage und der Qualität des Wertes.



Des Weiteren kann dort der Geodatensatz des entsprechenden Tages im GeoJSON Format herunter geladen werden.

Durch ein Anklicken des Augensymbols in der linken oberen Ecke der Bedienwerkzeuge lassen sich diese weg schalten, um auch bei mobilen Endgeräten genug Platz für die Kartendarstellung zu haben:



Hintergrundinformationen

Der europäische Umweltsatellit Sentinel 5-Precursor (Precursor = Vorgänger) ist im Oktober 2017 gestartet. Der Schwerpunkt liegt auf der Beobachtung der Luftverschmutzung. Die eigentliche [Sentinel-5 Mission](#) soll 2021 starten. Der Sentinel 5-P schließt Teile der Datenlücke zwischen dem 2012 ausgefallenen [Envisat](#) Satelliten und der zukünftigen Sentinel-5-Mission.

An Bord des Satelliten befindet sich als einziges Messinstrument TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument), ein Spektrometer der in verschiedenen Messbereichen die Reflexion (zurückgeworfenes Licht) und Emission (von der Oberfläche selbst ausgesandte Strahlung) der Erdoberfläche misst.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Eckdaten:

Start	13. Oktober 2017
Bahnhöhe	824 km
Umlaufzeit	101 min (polare Bahn)
Orbit Cycle	16 days (14 orbits per day, 227 orbits per cycle)
Instrument	TROPOspheric Monitoring Instrument
Messung	jede Sekunde eine Fläche von 2670 km × 7 km (ab 8/2019 5,6 km) *
Räumliche Auflösung	7 * 3,5 km, bzw. ab 8/2019 5,6 * 3,5 km

Update "Near Real Time" Produkte	maximal drei Stunden nach der Messung
Update "Offline" Produkte	innerhalb von 5 Tagen
Update "Reprocessed" Produkte	nach Bedarf

* Ultraviolettes Licht 5,6 * 28 km, kurzwelliges Infrarot 5,6 * 7 km

Die folgende Abbildung stellt die Aufnahmegeometrie und Abdeckung dar:

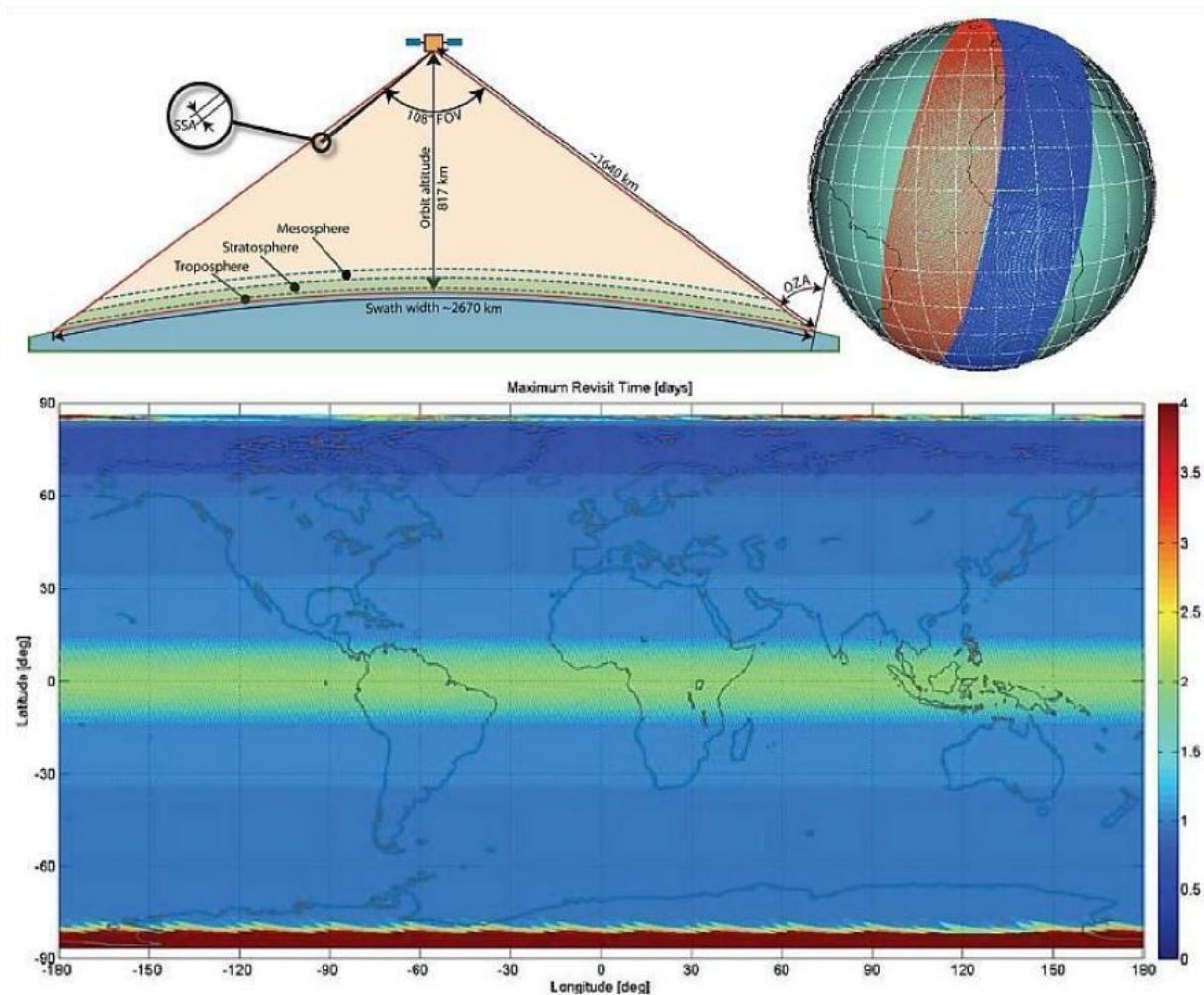


Abbildung 1: Aufnahmegeometrie und Abdeckung der Sentinel-5P Mission, [Quelle & Copyright ESA](#)

Die oben angegebene räumliche Auflösung gilt nur im Nadir, der kürzesten Distanz zwischen dem Satelliten und der Erdoberfläche. Zu den Rändern hin des 2670 km breiten Aufnahmestreifen (Swath-width) nimmt die räumliche Auflösung durch die schräge Aufnahmegeometrie entsprechend ab, auf ca. 9 km.

Aus der Abbildung ist ebenfalls die fast polare Umlaufbahn des Satelliten zu erkennen. Mit dem passiven Spektrometer sind in der Nacht keine Aufnahmen möglich.

Ebenfalls kann der Abbildung die zeitliche Abdeckung der Erde entnommen werden. Da die Aufnahmen im Bereich des Äquators nicht die gesamte Fläche abdecken, dauert es hier bis zu

zwei Tagen. Europa wird täglich mindestens einmal erfasst, durch die überlappenden Orbits einige Regionen auch mehrmals.

Es werden die folgenden Frequenzbereiche von dem Spektrometer gemessen (Wellenlänge in nm):

L1B_RA_BD1	270 – 300 (UV) Strahlungsdichte
L1B_RA_BD2	300 – 320 (UV) Strahlungsdichte
L1B_RA_BD3	320 – 405 (UVIS) Strahlungsdichte
L1B_RA_BD4	405 – 500 (UVIS) Strahlungsdichte
L1B_RA_BD5	675 – 725 (NIR) Strahlungsdichte
L1B_RA_BD6	725 – 775 (NIR) Strahlungsdichte
L1B_RA_BD7	2305-2345 (SWIR) Strahlungsdichte
L1B_RA_BD8	2345-2385 (SWIR) Strahlungsdichte
IR_UVN	270-775 (UVN) Bestrahlungsstärke
IR_SIR	2305-2385 (SWIT) Bestrahlungsstärke

Diese Messungen sind die Level 1B Produkte.

Die Bestrahlungsstärke gibt an, wie viel Watt an Lichtleistung auf eine beleuchteter Fläche auftreffen (in Watt je Quadratmeter).

Die Strahlungsdichte gibt an, wie viel Watt an Lichtleistung von einer leuchtenden Fläche im Raumwinkel ausgehen (in Watt je Quadratmeter und Steradian).

[siehe Photometrische Grundbegriffe](#)

Mittels dieser Messwerte werden die folgenden Level 2 Produkte modelliert:

L2_O3_____	Ozone (O ₃) total column
L2_O3_TCL	Ozone (O ₃) tropospheric column
L2_O3_PR	Ozone (O ₃) profile
L2_O3_TPR	Ozone (O ₃) tropospheric profile
L2_NO2_____	Nitrogen Dioxide (NO ₂), total and tropospheric columns
L2_SO2_____	Sulfur Dioxide (SO ₂) total column
L2_CO_____	Carbon Monoxide (CO) total column
L2_CH4_____	Methane (CH ₄) total column
L2_HCHO_____	Formaldehyde (HCHO) total column
L2_CLOUD_	Cloud fraction, albedo, top pressure
L2_AER_AI	UV Aerosol Index
L2_AER_LH	Aerosol Layer Height (mid-level pressure)
UV product	Surface Irradiance/erythemal dose
L2_NP_BD _x , x=3, 6, 7	Suomi-NPP VIIRS Clouds (Modis kompatibel)

Details zu den Produkten und Algorithmen gibt es auf der Seite der [ESA](#).

Jeder Stoff besitzt ein charakteristisches Spektrum, dargestellt für NO₂ in der Abbildung unten.

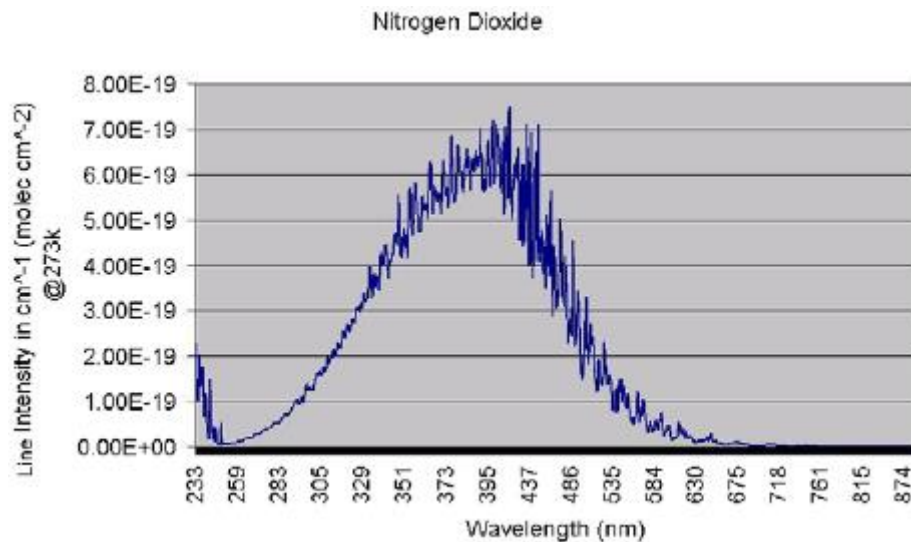


Abbildung 2: NO₂ Spektrum. Quelle und Copyright: Hawe, Eamonn & Fitzpatrick, Carol & Chambers, Paul & Lewis, Elfed. (2007). An investigation into the use of an integrating sphere as a gas absorption cell. Journal of Optics A: Pure and Applied Optics. 9. 10.1088/1464-4258/9/6/S03.

Aus den Level 1B Produkten und zusätzlichen Informationen wird dann der NO₂ Gehalt der Atmosphäre abgeleitet [in drei Schritten](#):

1. Ableitung der NO₂ Dichte (slant column density) durch eine [differentielle optische Absorptionsspektroskopie](#) aus den Level 1B Produkten.
2. Trennung in einen troposphärischen und stratosphärischen Anteil auf Basis einer [meteorologischen Datenassimilation](#).
3. Ableitung des NO₂ Gehaltes der Troposphäre mittels eines Luftmassenfaktors und eines chemischen Transportmodells (TM5-MP model), [Details im ATBD Dokument](#).

Zu beachten ist, dass die räumliche Auflösung des Satelliten im Nadir Bereich zumeist höher ist, als die in den verwendeten Modellen und Tabellen.

Praktische Verwendung der Level 2 Produkte

Wichtig! Die Level 2 Produkte des Sentinel-5P sollten nicht mit den Daten des [Copernicus Atmosphere Monitoring Service \(CAMS\)](#) verwechselt werden. Dort stehen für Europa stündliche Modelldaten für acht Höhenstufen zur Verfügung. Zur Zeit (4/2020) werden Daten von acht unterschiedliche Modellen angeboten mit einer räumlichen Auflösung von 0,1° * 0,1°.

Bis jetzt fließen die Level 2 Daten noch nicht wieder in die produktiven CAMS Modelle mit ein, die NO₂ Daten sind aber seit Juli 2018 Bestandteil des "monitoring mode" im operationalen CAMS System ([The use of Sentinel-5P air quality data by CAMS](#)).

Neben den Höhenstufen sind auch die Einheiten zwischen den CAMS Modellen und den Sentinel NO₂ Daten nicht vergleichbar, und können auch nicht so einfach [umgerechnet](#) werden.

- CAMS NO₂ Werte in µg/m³
- Sentinel-5P NO₂ Werte in Moleküle/cm²

Verfügbare Datensätze

- Near Real Time (NRTI): Verfügbar maximal drei Stunden nach der Messung. Diese Daten können inkomplett sein und haben evtl. nicht die Qualität der anderen Datensätze. Die Daten werden einen Monat vorgehalten.
- Offline (OFFL): Verfügbar innerhalb von 5 Tagen nach der Messung.
- Reprocessed (RPRO): Verfügbar nach Bedarf. Es ist darauf zu achten, immer die neueste Version zu verwenden. Der Datensatz mit der höchsten Qualität.

Das Aufnahmegebiet

Das Aufnahmegebiet wird täglich zumindest von 2 Orbits erfasst:

Datum	Orbit1	Orbit2	Orbit3
1.4.2020	10:25-10:27	12:04-12:08	-
2.4.2020	10:09-10:10	11:45-11:48	13:28-13:29
3.4.2020	9:50-9:51	11:27-11:30	13:07-13:11
4.4.2020	11:08-11:12	12:48-12:52	-
5.4.2020	10:49-10:53	12:29-12:33	-
6.4.2020	10:31-10:34	12:11-12:14	-
7.4.2020	10:14-10:16	11:51-11:55	13:33-13:36
8.4.2020	9:56-9:57	11:33-11:37	13:14-13:17
9.4.2020	11:14-11:18	12:55-12:58	-
10.4.2020	10:55-10:59	12:36-12:40	-
11.4.2020	10:37-10:40	12:17-12:20	-
12.4.2020	10:19-10:23	11:58-12:02	13:39-13:43
13.4.2020	10:02-10:03	11:39-11:43	13:20-13:24
14.4.2020	11:21-11:24	13:01-13:05	-
15.4.2020	11:02-11:06	12:42-12:46	-
16.4.2020	10:43-10:47	12:23-12:27	-
17.4.2020	10:25-10:28	12:04-12:08	-
18.4.2020*	10:08-10:09	11:45-11:49	13:26-13:30
19.4.2020*	9:50-9:51	11:26-11:30	13:08-13:11
20.4.2020	11:08-11:12	12:49-12:52	

* Das Aufnahmegebiet wurde im äußersten Norden teilweise noch von einem Orbit erfasst, der die Nordpolarregion in den sehr frühen Morgenstunden (um ca. 3:15 GMT) abbildet. Sinnvolle Daten kamen um diese Uhrzeit allerdings nicht für das Aufnahmegebiet heraus, und wurden entsprechend ausgefiltert.

Tabelle: Aufnahmezeitpunkte des Testgebietes im April 2020. Uhrzeit: Greenwich Mean Time (GMT).

Der Orbital Cycle beträgt 16 Tage, danach geht der Zyklus von Neuem los. Dies heißt aber nicht, dass die Messpunkte auch zu 100% wieder übereinander liegen. Das kann auch schon einmal ein paar Kilometer daneben liegen.

Leider wird durch die Messungen der typische Rush-Hour Peak (5:00-8:00 Uhr MEZ/MESZ) der NO₂ Werte in Bodennähe nicht erfasst.

[Hier geht es zum TROPOMI Portal](#)

Daten Download

[Download der Sentinel Daten im GeoJson Format.](#)

Die Datei s5p_no.json enthält die Metadaten (Orbit, Aufnahmestart, Aufnahmeende) zu den Datensätzen.

OGC WebMappingService mit Time Parameter:

- URL: <https://www.opendem.info/geoserver/openair/wms?>
- layer: openair:no_s5p
- time: verkürzt auf einen Tag z.B. "time=2020-04-24", oder mit Zeit Intervall "time=2020-04-24T09:54:00.000Z/2020-04-24T09:59:00.000Z"

Die Nutzungsbedingungen zu den hier angebotenen Daten und Diensten können auf der [Sentinel Data Legal Notice Seite](#) eingesehen werden.



[Code on GitHub - Todo](#)