

Copernicus on the Job Forestry

Schulungsunterlagen

Modul 2
Das Sentinel Satellitenprogramm

Stand März 2023



MODUL 2

Einführung in das Sentinel Satellitenprogramm

Copernicus on the Job - Forestry



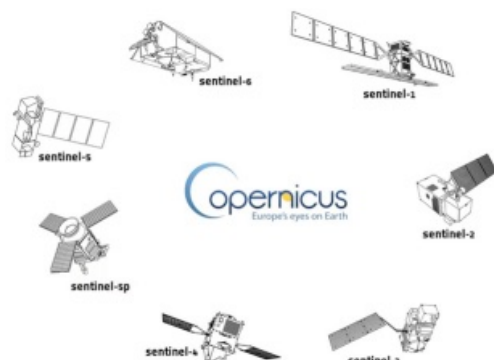
Inhalt


Das Sentinel Satellitenprogramm	3
Sentinel-1	4
Sentinel-2	7
Sentinel-3	10
Sentinel 4, 5P, 5 und 6	12
Contributing Missions	13
Zukünftige Missionen.....	14
Datenzugang	15

Das Sentinel Satellitenprogramm

Das Sentinel Satellitenprogramm

- 5 Sentinel-Missionen bereits im All
- Sentinel 2 & Sentinel 3 sind Zwillingssatellitenmissionen
- Ausgelegt auf Kontinuität für langfristige, lückenlose Aufnahmen
- Unterschiedliche Sensoren
- Vielfältige Beobachtungsziele und Aufgabenstellungen
- Hohe räumliche Auflösung mit 1-2 Aufnahmen pro Woche versus geringere räumliche Auflösung mit (mehrmals) täglichen Aufnahmen
- Aufnahmen großer Flächen
- Global verfügbar (Land & Küsten)
- Kostenfrei



Copernicus on the Job - Forestry


Das Europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus beinhaltet auch die Entwicklung und den Betrieb der Sentinel Satelliten und der entsprechenden Messinstrumente. Sechs unterschiedliche Missionen bilden die Sentinel-Satellitenfamilie.

Sentinel-1, -2, -3, -5P und -6 sind eigenständige Satelliten, während Sentinel-4 und -5 spezielle Messinstrumente sind, die auf meteorologischen Satelliten von Eumetsat installiert werden. Fünf der Missionen befinden sich bereits im Weltraum und umkreisen dort auf unterschiedlichen Umlaufbahnen (Orbits) die Erde. Sentinel-1, -2, und -3 wurden als Zwillingssatellitenmissionen (A + B) entwickelt. D.h. es befinden sich zeitgleich zwei baugleiche Satelliten im Umlauf. Dies führt zu einer höheren zeitlichen Auflösung. Nach einem Fehler in der Antennenstromversorgung musste Sentinel-1B im Sommer 2022 aufgegeben werden.

Copernicus Satelliten sind für eine bestimmte Laufzeit ausgelegt (Sentinel-1 z.B. für 7 Jahre). Da Copernicus ein langfristig angelegtes Programm ist, befinden sich die Satelliten der nächsten Generation (C + D) bereits in der Entwicklung bzw. im Bau.

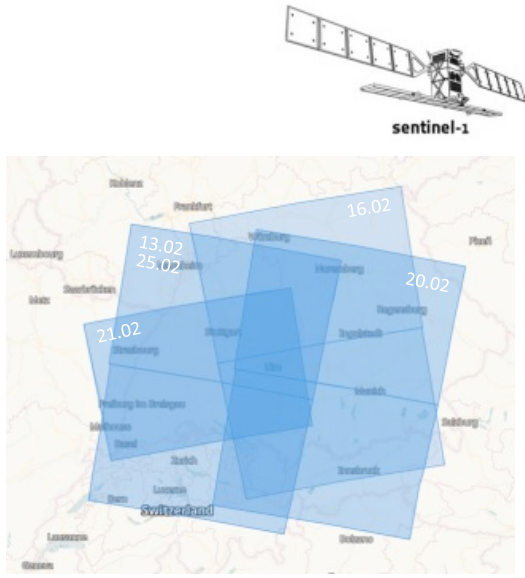
Wie in Modul 1 erläutert, wurden die Satelliten für unterschiedliche Fragestellungen konzipiert. Auf den folgenden Seiten werden die (für forstliche Fragestellungen) wichtigsten Satelliten vorgestellt.


Sentinel-1

Sentinel-1

- Sentinel-1A
- seit 2014
 - Sentinel-1C in Q2/2023
 - Sentinel-1D in 2024
- Flughöhe ca. 700km
- räumliche Auflösung 5 m – 40 m
- zeitliche Auflösung 3 - 12 Tage
- Szenenbreite 250 km

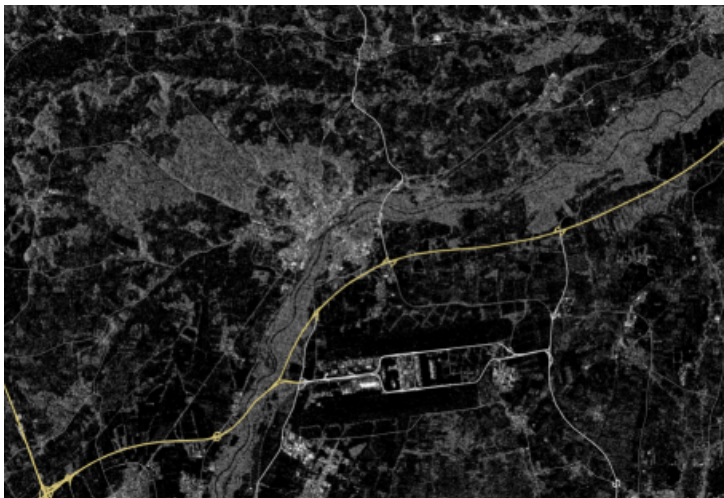
- Radar-Satellit (SAR)
 - Aktiv
 - unabhängig von Bewölkung
 - Schwieriger zu interpretieren



Copernicus on the Job - Forestry


Sentinel-1A ist der erste, im Jahr 2014 gestartete, Sentinel Satellit. Er ist mit einem aktiven Radarsensor ausgestattet (C-Band Radar mit synthetischer Apertur - SAR). Wie in Modul 1 bereits erwähnt, ist die Radartechnologie unabhängig von Tageszeit und Wetter. Der Satellit befindet sich auf einer Umlaufbahn ca. 700km über der Erde und kann, je nach Aufnahmemodus, eine räumliche Auflösung zwischen 5m und 40m erreichen. Die zeitliche Auflösung beträgt 12 Tage.

Sentinel-1



Copernicus on the Job - Forestry

terranea

Radardaten sind visuell schwieriger zu interpretieren. Sie basieren nicht auf der reflektierten Sonnenenergie, sondern auf den vom Satelliten ausgesandten Mikrowellen. Die reflektierten Mikrowellen können Aufschluss über Oberflächeneigenschaften geben, wie zum Beispiel die Rauigkeit und den Wassergehalt des Oberbodens.

Radardaten werden z.B. eingesetzt beim Eismonitoring auf Schifffahrtsrouten in den Polargebieten. Darüber hinaus lassen sich, durch die sogenannte Interferometrie, die Bewegungen von Gletschereis im Zentimeterbereich untersuchen.

Da Wasser Radarwellen streut erscheinen die Gewässeroberflächen im Radarbild schwarz. So lassen sich Schiffe, die sich von der dunklen Oberfläche abheben, detektieren. Dies wird zum Beispiel für Sicherheitsanwendungen genutzt.

Die Europäische Agentur für Maritime Sicherheit (EMSA) nutzt Daten des Sentinel-1 für die Erkennung von Ölflecken im Meer. Diese Beobachtung erfolgt operationell als Teil des Europäischen CleanSeaNet Dienstes.

<https://www.emsa.europa.eu/we-do/surveillance/earthobservationservices.html>

Durch die oben erwähnte, geringe Reflektion des Wassers, werden Radardaten für die Beobachtung von Hochwasserflächen eingesetzt.

Die oben genannte Interferometrie wird auch eingesetzt, um die Deformation des Bodens (Hebung und Senkung) zu beobachten. Dies wird in Deutschland operationell vom Bundesamt für Geologie und Rohstoffe (BKG) im Rahmen des Bodenbewegungsdienstes durchgeführt. Copernicus betreibt einen ähnlichen Dienst im Europäischen Maßstab.

<https://bodenbewegungsdienst.bgr.de/mapapps/resources/apps/bbd/index.html?lang=de>

<https://land.copernicus.eu/pan-european/european-ground-motion-service>

In der Landwirtschaft können Sentinel-1 Daten Auskunft über die Feuchte des Oberbodens geben. Dafür bietet Copernicus die Bodenfeuchteprodukte als Teil des globalen Landbeobachtungsdienstes an, allerdings nur mit geringer räumlicher Auflösung von 1km.

<https://land.copernicus.eu/global/products/ssm>

Sentinel-1 - Anwendung

Hochwasser Aller Dezember 2017 2017-11-22



Copernicus on the Job - Forestry terranea

Sentinel-2

Sentinel-2



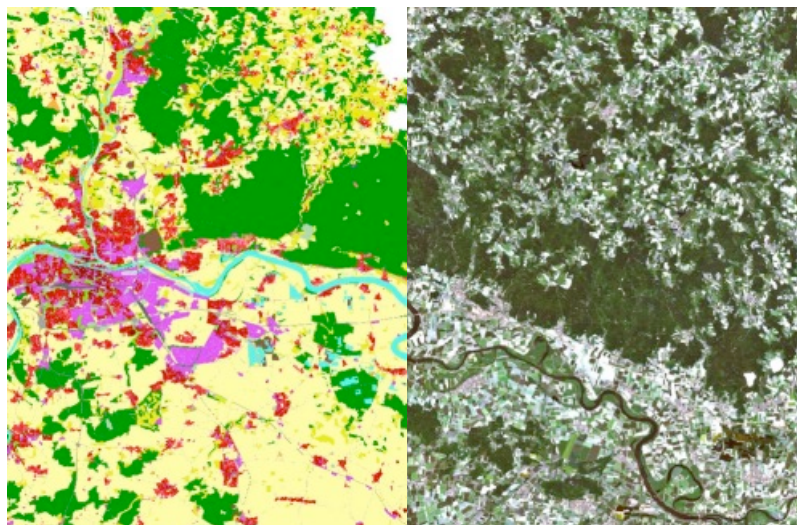
- Sentinel-2A & Sentinel-2B
- seit 2015, 2017
 - Sentinel-2C in 2024
 - Sentinel-2D in 2025
- Flughöhe ca. 786 km
- zeitliche Auflösung 3 - 5 Tage
- räumliche Auflösung 10 m – 60 m
- Szenenbreite 290 km
- Optischer-Satellit (multispektral)
 - Passiv
 - 13 Bänder
 - Ideal für forstliche Fragestellungen



Copernicus on the Job - Forestry


Die technische Konzeption der Sentinel-2 Satelliten ermöglicht besonders die Analyse von Landoberflächen. Sentinel-2A und -2B befinden sich in etwa 786km Höhe. Die Zwillingsmission ermöglicht in Europa eine zeitliche Auflösung von 3 – 5 Tagen. Die räumliche Auflösung liegt je nach spektralem Bereich zwischen 10 m und 60 m. Die Satelliten verfügen über 13 Bänder, mittels derer zeitgleich die entsprechende reflektierte Strahlung (passiver Satellit) erfasst wird.

Sentinel-2 - Anwendung



Copernicus on the Job - Forestry

terranea

Die Sentinel-2 Satelliten verfügen über 13 Bänder, welche die reflektierte Energie im Bereich des sichtbaren Lichts, des nahen Infrarots und des kurzwelligen Infrarots erfassen. Die in Modul 1 dargestellten spektralen Eigenschaften von unterschiedlichen Oberflächen unterstreichen, dass die Sentinel-2 Familie besonders gut für Analysen der Landbedeckung geeignet sind.

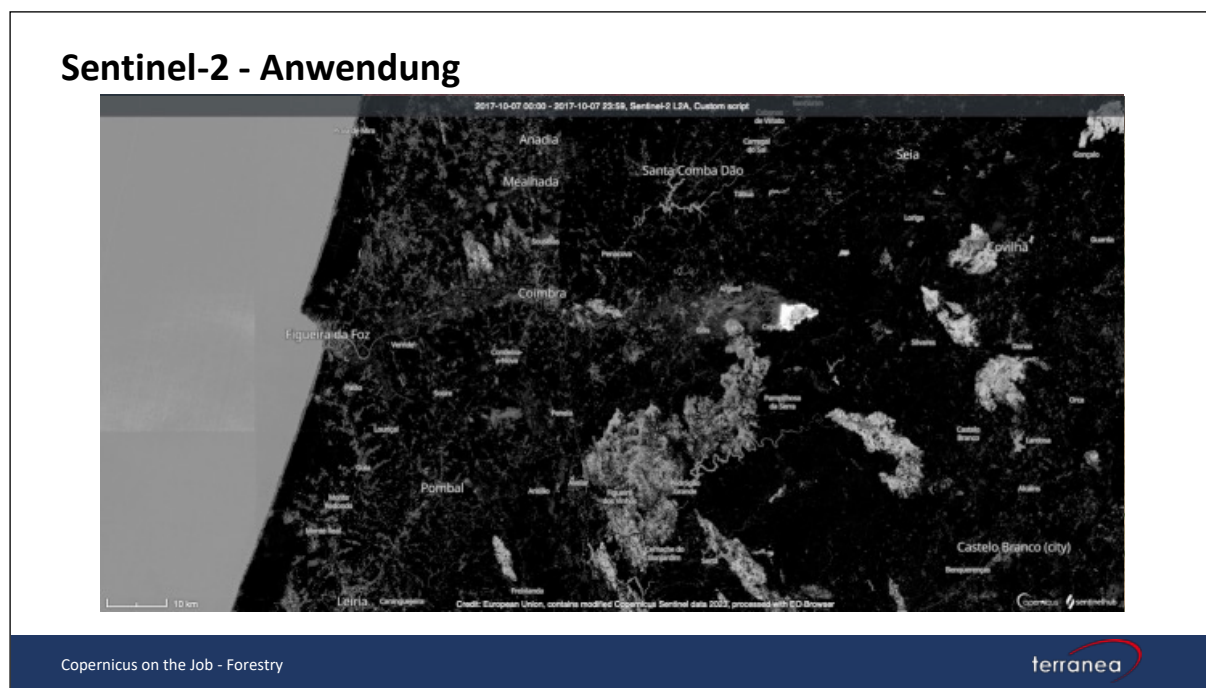
Das Beispiel oben zeigt einen Ausschnitt des Copernicus Urban Atlas, eine Landbedeckungskarte von städtischen Gebieten in Europa.

<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

Die Waldgesundheit lässt sich mittels Sentinel-2 ebenfalls erkunden. In der folgenden Echtfarbandarstellung sind Windwurfflächen zu sehen. Sie unterscheiden sich in Farbe und Textur von den noch stehenden Baumbeständen in dunkelgrün.



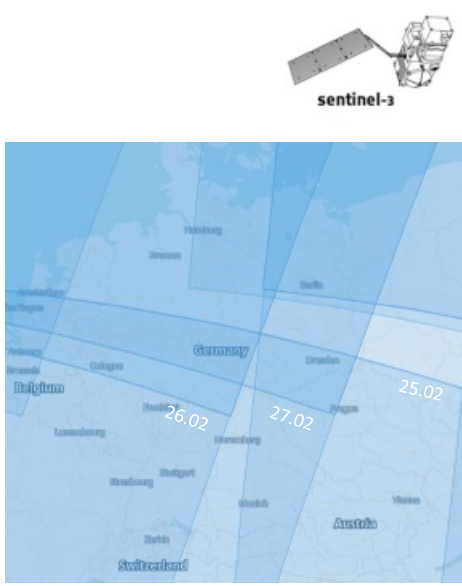
In der folgenden Abbildung wurden Brandflächen nach einem Waldbrand in Portugal sichtbar gemacht. Die verbrannten Flächen erscheinen in hellen Grautönen während die Umgebung schwarz dargestellt wird.




Sentinel-3

Sentinel-3

- Sentinel-3A & Sentinel-3B
- seit 2016, 2018
 - Sentinel-3C ab 2024
 - Sentinel-3D ab 2025
- Flughöhe ca. 800 km
- zeitliche Auflösung täglich
- räumliche Auflösung 300 m – 1000 m
- Szenenbreite 1270 km – 1420 km
- Optischer-Satellit (multispektral)
 - Passiv
 - Ocean Colour Imager (OLCI) (21 Bänder)
 - Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR)
 - SAR Altimeter



The image shows a 3D rendering of the Sentinel-3 satellite in the top right corner. Below it is a map of Europe and the North Atlantic region, overlaid with blue satellite swaths. The swaths are labeled with dates: 25.02, 26.02, and 27.02, indicating daily coverage. The map includes labels for various countries like Germany, France, Belgium, and Austria.

Copernicus on the Job - Forestry


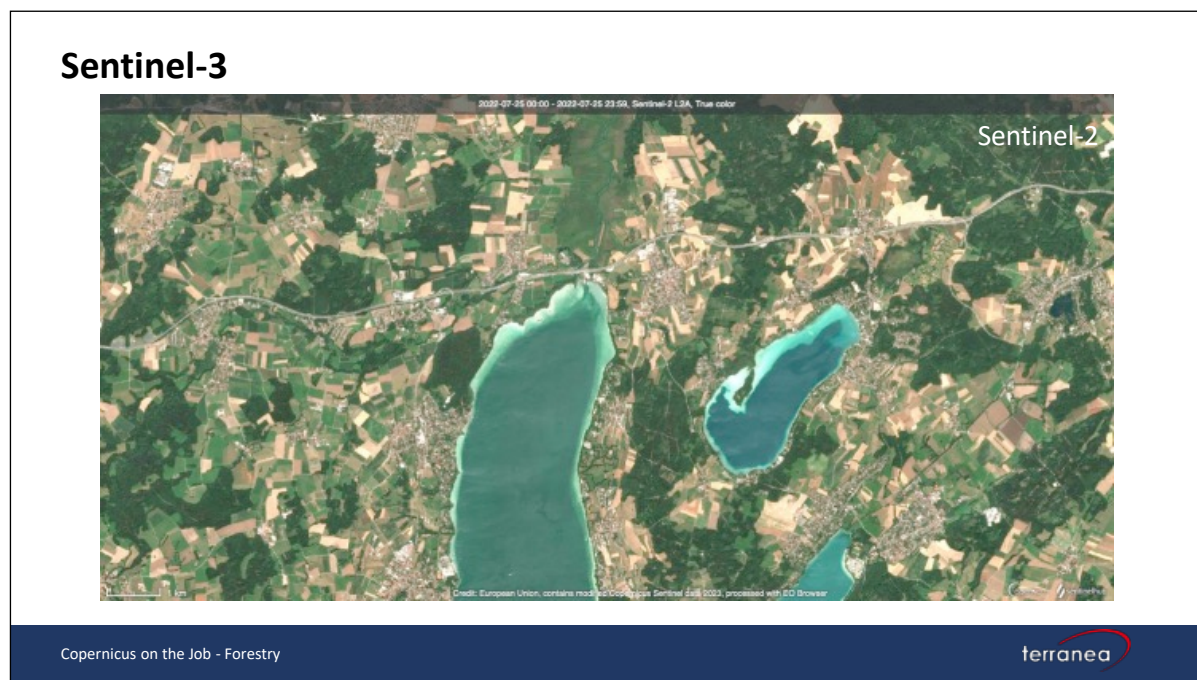
Mit Sentinel-3A und 3B sind zwei weitere Satelliten im Einsatz, die in einer Höhe von etwa 800km die Erde umkreisen. Die zeitliche Auflösung der Satelliten ist täglich. Sentinel-3 verfügen über drei unterschiedliche Instrumente. Der Ocean and Land Colour Imager (OLCI) misst die reflektierte Energie in 21 Bändern bei einer räumlichen Auflösung von 300 Metern. OLCI wird eingesetzt, um verschiedene Land- und Meeresparameter sowie Aerosole zu erfassen. Dies ist besonders im Meeresbereich aufwendig, da nur ein kleiner Teil der Energie von der Meeresoberfläche reflektiert wird. Die Satelliten erfassen eine sehr große Fläche bei einer Szenenbreite von 1,2 km – 1,4 km. Die spektralen Eigenschaften von OLCI ermöglichen eine feine Charakterisierung der Vegetation und Ableitung von Klimavariablen (Essential Climate Variables, ECV), die als relevante Indikatoren für Studien zur Klimaentwicklung und Trendanalysen benötigt werden.

Das zweite Instrument an Board von Sentinel-3 ist das Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR). SLSTR misst die Temperatur von Land- und Meeresoberflächen. Die Daten dienen vor allem meteorologischen und klimatischen Fragestellungen. Neben der flächenhaften Temperatur lassen sich auch Feuer und deren Strahlungsleistung detektieren. Die räumliche Auflösung von SLSTR beträgt zwischen 500 m und 1 km.

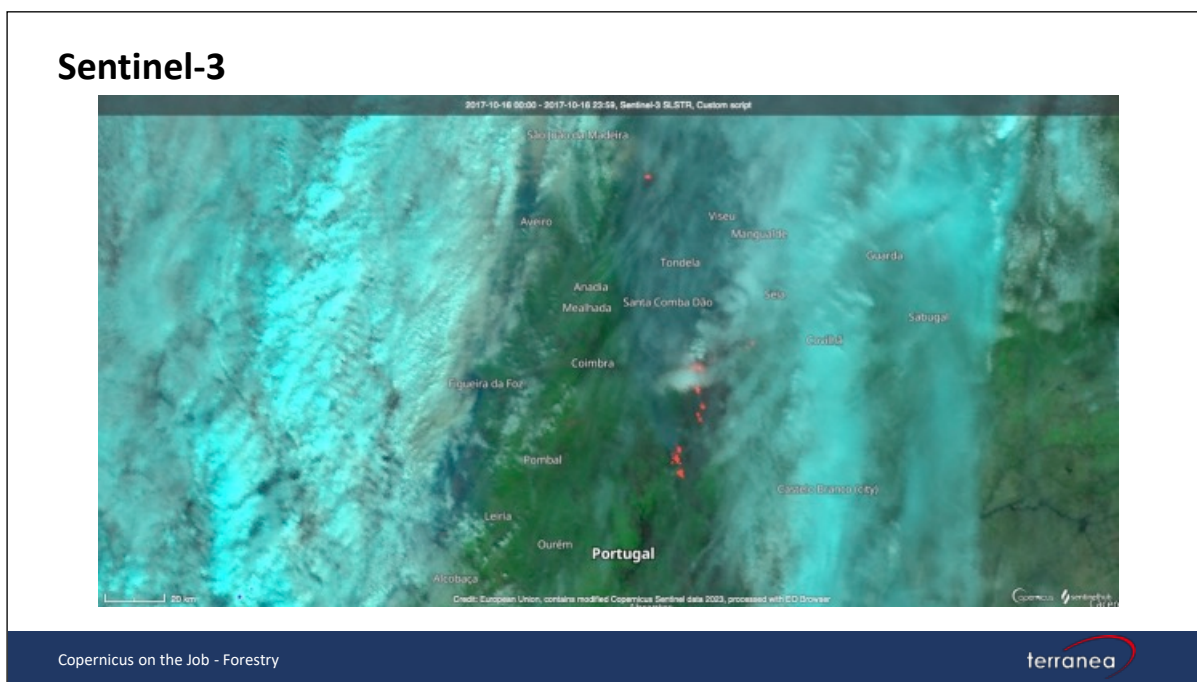
Mit dem Sentinel Radar Altimeter (SRAL) verfügt Sentinel- 3 über ein drittes Instrument.

Das Altimeter misst den Abstand zwischen Sensor und Erdoberfläche.

Mit SRAL werden Informationen über die Topographie und den Meeresspiegel abgeleitet. Außerdem lassen sich Wellenhöhen und Windgeschwindigkeiten, sowie Meeresströmungen erfassen.







Darstellung der Landoberfläche in Sentinel-2 OLCI




Mit Sentinel-3 SLSTR identifizierte Feuer

Sentinel 4, 5P, 5 und 6

Das Sentinel Satellitenprogramm

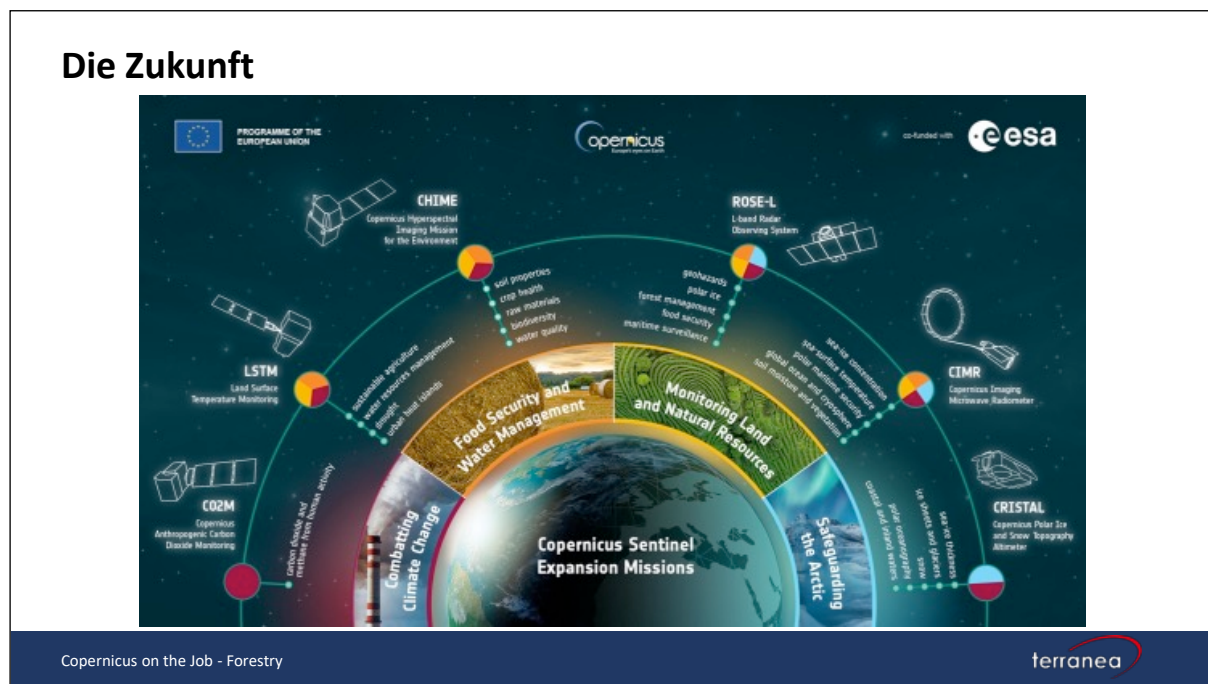
 <p>sentinel-4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Q1/2024 • Misst Spurengase und Schadstoffen für die Überwachung der Luftqualität (Ozon, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Formaldehyd) • kein eigenständiger Satellit, Instrument geostationären Wettersatelliten • Wiederholrate 60 min • räuml. Auflösung 8 km 	 <p>sentinel-5p</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2017 • Misst Schwefeldioxid, Ozon, Formaldehyd, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Methan und Aerosolen • Wiederholrate 1 Tag • räuml. Auflösung 7-68 km 	 <p>sentinel-5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Q1/2025 • Misst Treibhausgase, Methan und Kohlenstoffmonoxid, die Luftqualität, Ozonverteilung, Aerosole in der Atmosphäre • kein eigenständiger Satellit, Instrument geostationären Wettersatelliten • Wiederholrate 1 Tag • räuml. Auflösung 7,5 km 	 <p>sentinel-6</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2020 • ermöglicht die zentimetergenaue Bestimmung der Meeresoberflächen, Windgeschwindigkeiten, Meeresströmungen und Wellen • Wiederholrate 10 Tage
---	---	--	--

Copernicus on the Job - Forestry


Die Sentinel Satelliten 5 und 5P sind für die Erfassung von Treibhausgasen bestimmt. Während Sentinel-5P bereits seit 2017 im Einsatz ist, ist der Start von Sentinel-5 erst für 2025 geplant. Die beiden Satelliten verfügen über eine niedrige räumliche Auflösung von 7 km. Die zeitliche Auflösung ist täglich.

Sentinel-4 und Sentinel-6 sind Instrumente, die ebenfalls für Untersuchungen der Atmosphäre genutzt werden. Es handelt sich bei beiden um Messinstrumente, die auf meteorologischen Satelliten installiert werden.

Zukünftige Missionen



Copernicus ist langfristig ausgelegt. Dies zeigt sich unter anderem auch daran, dass die Europäische Kommission in mehreren Verordnungen zum Schutz der Umwelt, den Einsatz von Copernicus empfiehlt. Neben den bereits genannten Folgemissionen von Sentinel-1, -2 und -3 wird die Machbarkeit weiterer neuer Missionen untersucht, um neue Bedarfe zu decken, die auch aus politischen Entscheidungen entstehen (z.B. EU Green Deal). Eine Übersicht darüber findet sich auf den Webseiten der ESA:

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Copernicus_Sentinel_Expansion_missions

Datenzugang

The screenshot displays the 'FINDER' web application. On the left, there is a search criteria panel with fields for 'Datum der Aufnahme', 'Datum der Veröffentlichung', 'Koordinaten', and 'Wellenlänge'. Below this is a 'DATENKATALOG' section with a dropdown for 'CODE-DE'. The main area features a map of Europe with a green box highlighting a region. To the right of the map, a detailed view of a satellite image is shown, along with its metadata, including 'collection', 'productID', 'startDate', 'processingLevel', and 'updateDate'. The bottom of the interface has navigation buttons like 'ZUM WÄHREND HINZUFÜGEN', 'ALLES WECHSELN', 'HERUNTERLADEN', and 'INFO'. The footer includes 'Copernicus on the Job - Forestry' and the 'terranea' logo.

Die Satellitendaten der Sentinel Satelliten können kostenfrei von verschiedenen Stellen bezogen werden. In Deutschland stellt CODE-DE die zentrale Plattform für den Zugang zu Sentinel Daten dar.

<https://code-de.org/de/>

Durch die Anbindung an eines der größten Online-Datenarchive für Satellitendaten der Europäischen Copernicus-Mission stehen insgesamt mehr als 18 PB an Sentinel- und Landsat¹-Daten zur Verfügung. Diese können direkt in der CODE-DE Cloud prozessiert oder auch heruntergeladen werden.

Die Auswahl der Daten kann über den EO-Browser erfolgen.

<https://browser.code-de.org/>

Er ermöglicht eine schnelle Suche nach geeigneten Daten und visualisiert die ausgewählten Szenen. Darüber hinaus können mit vordefinierten Prozessoren erste Analysen wie z.B. ein Vegetationsindex erstellt werden.

¹ Landsat ist eine US-Satellitenmission, die sich ideal mit Sentinel-2 ergänzt. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>

Der EO Finder ermöglicht den Zugriff und das Herunterladen der Daten.

<https://finder.code-de.org/>

In Österreich wurde das Earth Observation Data Center (EODC) im Rahmen einer Public Private Partnership entwickelt. Das EODC ist ein Kooperationsnetzwerk aus Wissenschaft, Industrie und öffentlicher Hand.

Ähnlich wie bei CODE-DE lässt sich über EODC auf das Sentinel Archiv zugreifen und direkt in der Cloud Datenverarbeitungsprozesse entwickeln. Darüber hinaus werden zahlreiche Werkzeuge zur Datenverarbeitung angeboten.

<https://eodc.eu/>

The image shows a screenshot of the EODC website. At the top, it says 'Datenzugang - AT'. Below that is a banner with the EODC logo and the text 'We host Petabytes of EO data, including a Global Copernicus Long Term Archive' and 'EO DATA REPOSITORY'. Underneath is a section titled 'WHAT WE OFFER' with three columns: 'DATA REPOSITORY', 'EO & IT SERVICES', and 'COOPERATION'. The footer contains 'Copernicus on the Job - Forestry' and the 'terranea' logo.

Im Vergleich zum EO Finder und dem EO Browser stehen solcherlei Werkzeuge in EODC nicht zur Verfügung. Für die Entwicklung größerer Fernerkundungsprojekte empfiehlt sich jedoch die Kooperation und der Nutzen des EODC.

Einige der EODC Partner entwickeln Werkzeuge auf Basis des EODC. Ein Beispiel ist der **Sentinel-2 Value Adder** der Universität für Bodenkultur (BOKU). Er bietet Zugang zu atmosphärisch korrigierten Sentinel-2 Daten und die Möglichkeit, schnell eine Reihe von Mehrwertprodukten für die Forschung und Anwendung in der Land- und Forstwirtschaft sowie für die Landüberwachung zu erstellen.

<https://s2.boku.eodc.eu/>

**Ende
MODUL 2**