



Flächennutzungsmonitoring VII Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien

IÖR Schriften Band 67 · 2015

ISBN: 978-3-944101-67-5

Das Copernicus-Satellitenprogramm Sentinel – Neue Anwendungsmöglichkeiten für die Erdbeobachtung

Günter Strunz, Stella von Sassen

Strunz, Günter; von Sassen, Stella (2015): Das Copernicus-Satellitenprogramm Sentinel – Neue Anwendungsmöglichkeiten für die Erdbeobachtung. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos-Verlag, 2015, (IÖR-Schriften; 67), S. 163-170

Das Copernicus-Satellitenprogramm Sentinel – Neue Anwendungsmöglichkeiten für die Erdbeobachtung

Günter Strunz, Stella von Sassen

Zusammenfassung

Im Rahmen des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus wird eine leistungsfähige Infrastruktur zur Erzeugung von hochwertiger Geoinformation aufgebaut. Copernicus umfasst sowohl ein umfangreiches Satellitenprogramm – die sog. Sentinel-Satelliten – als auch die Copernicus-Dienste. Diese Dienste stellen Informationen von der lokalen bis zur globalen Ebene bereit und nutzen dazu satellitengestützte und terrestrische Messungen. Als erste operationelle Dienste wurden die Copernicus-Dienste für das „Katastrophen- und Krisenmanagement“ und die „Landüberwachung“ in Betrieb genommen. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick zum aktuellen Stand der Sentinel-Missionen, den Copernicus-Diensten und den Copernicus-Maßnahmen in Deutschland.

1 Einführung

Das europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus ist neben dem Navigationssystem Galileo eine der wichtigsten Komponenten der europäischen Raumfahrtspolitik. Ziel des Programms ist es, unterschiedlichen Nutzern aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft auf Erdbeobachtungsdaten basierende Informationen als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung zu stellen. Dafür wird seit 1998 (damals noch unter dem Namen GMES – Global Monitoring for Environment and Security) ein verlässliches System schrittweise aufgebaut, um kontinuierlich und dauerhaft aktuelle Daten und Produkte bereitzustellen.

Copernicus besteht aus drei Komponenten: (a) den Diensten, (b) der Weltraumkomponente und (c) der In Situ Komponente. Während die Dienste thematische Informationen für vielfältige Anwendungen liefern, stellen die beiden Beobachtungskomponenten die dafür benötigten Daten bereit. Um eine kontinuierliche Verfügbarkeit von Satellitendaten sicher zu stellen, wurde das Satellitenprogramm Sentinel initiiert, das im Folgenden kurz beschrieben wird. Darauf folgt ein Überblick über die Dienste mit besonderem Fokus auf die zwei ersten Dienste, die derzeit bereits operationell betrieben werden. Abschließend werden die Aktivitäten zur Unterstützung von deutschen Nutzern kurz dargestellt.

2 Die Sentinel-Missionen

Die Erdbeobachtungsmissionen, die weltweit die Datengrundlagen für das Copernicus-Programm liefern, sind (a) die Sentinel-Satelliten, die eigens für Copernicus konzipiert wurden und (b) die sog. beitragenden Missionen, die von nationalen, europäischen oder internationalen Organisationen betrieben werden und die Sentinel-Satelliten ergänzen. Die Sentinel-Missionen wurden basierend auf den Anforderungen aus den Diensten sowie unter Berücksichtigung bereits bestehender und geplanter Missionen von der ESA konzipiert und entwickelt (DLR, 2015). Wichtig war dabei auch die langfristige Kontinuität der geplanten Missionen und Sensoren.

Die Instrumente der insgesamt sieben Missionen decken eine weite Bandbreite verschiedener Aufnahmesensoren ab, die von optischen Systemen, Spektrometern und Altimetern bis hin zu aktiven und passiven Mikrowellensystemen reichen. Während die ersten drei Sentinel-Missionen und Sentinel-6 jeweils aus zwei baugleichen Satelliten bestehen, die gemeinsam betrieben werden, um eine gute Abdeckung und Wiederholungsrate zu garantieren, handelt es sich bei Sentinel-4 und -5 um Instrumente, die an Bord anderer Satelliten installiert werden (ESA 2015a, b). Einen Überblick über alle Missionen bietet Tabelle 1 (siehe dazu auch: DLR Raumfahrtmanagement 2015; ESA, 2015b; Jutz 2015).

Tab. 1: Die Sentinel-Missionen (Quelle: eigene Bearbeitung)

Name der Mission	Beschreibung	Geplante Startzeitpunkte (*bereits gestartet)
Sentinel-1	C-Band-Radar für wetter- und beleuchtungsunabhängige Land- und Ozeanoberflächenbeobachtung sowie Eiskartierung	Sentinel 1A: 2014* Sentinel 1B: 2016
Sentinel-2	Multispektraler optischer Sensor mittlerer räumlicher Auflösung zur Beobachtung von Landbedeckung und Nutzung	Sentinel 2A: 2015* Sentinel 2B: 2016
Sentinel-3	Sensoren zur Meeresbeobachtung: Ozeanfarbe, Ozeanoberflächentemperatur und -höhe	Sentinel 3A: 2015 Sentinel 3B: 2017
Sentinel-4	Atmosphärenüberwachung: Treibhausgase, Luftqualität; Ozon und Solarstrahlung aus geostationärem Orbit	Sentinel 4A: 2021 Sentinel 4B: 2021
Sentinel-5P Sentinel-5	Atmosphärenüberwachung: Treibhausgase, Luftqualität; Ozon und Solarstrahlung aus polarem Orbit	Sentinel 5P: 2016 Sentinel 5A/B/C: 2021/2027
Sentinel-6	Altimeter: genaue Messung des Meeresspiegels und dessen Änderung, sowie des Seegangs	Sentinel 6A: 2020 Sentinel 6B: 2025

Die mit den Sentinel Missionen gesammelten Daten stehen nicht nur den Diensten, sondern darüber hinaus auch allen anderen Nutzern kostenfrei zur Verfügung. Die drei ersten Satelliten liefern vorrangig Daten zur Land- und Ozeanoberfläche und sollen im Folgenden kurz beschrieben werden.

2.1 Sentinel-1

Sentinel-1 ist ein polarumlaufender Radarsatellit, der unabhängig vom Wetter sowie der Uhrzeit C-Band-Daten liefert. Der erste der beiden Satelliten (Sentinel-1A) wurde Anfang April 2014 in seine Umlaufbahn in etwa 693 km Höhe gebracht. Gemeinsam mit seinem baugleichen Partner Sentinel-1B, der Ende 2016 starten soll, wird in dieser Konstellation eine globale Abdeckung alle 6 Tage möglich sein. Hauptanwendungsbereiche der Daten liegen im maritimen Bereich (z. B. Kartierung der Meereisausdehnung, Ölverschmutzung, Schiffsdetektion), der Veränderung von Landoberflächen und dem Katastrophenmanagement (z. B. bei Hochwasser) (ESA, 2015a). Abbildung 1 zeigt eine Sentinel-1-Aufnahme vom August 2015.

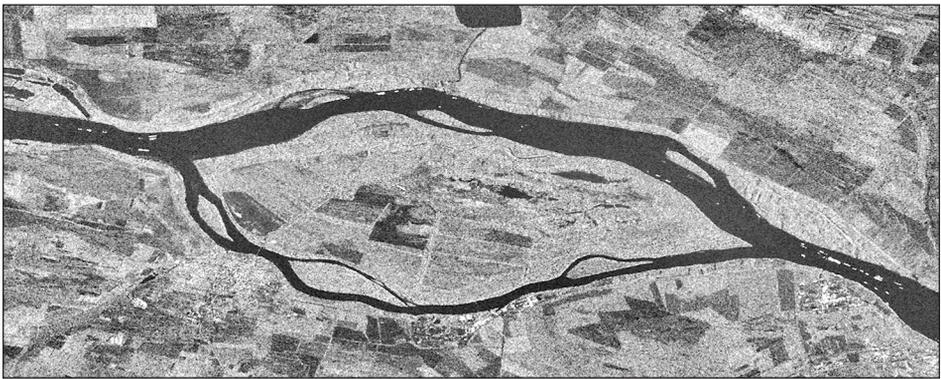


Abb. 1: Schiffe (helle Objekte) auf der Donau in der Nähe der rumänischen Stadt Zimnicea aufgenommen von Sentinel-1A am 2. August 2015 (Quelle: ESA 2015c)

2.2 Sentinel-2

Die Sentinel-2-Satelliten tragen einen multispektralen Sensor an Bord, der in 13 Spektralkanälen vom sichtbaren Bereich bis hin zum kurzwelligen Infrarot Informationen liefert. Die räumliche Auflösung variiert dabei zwischen 10 m und 60 m. Der erste der beiden Satelliten ist bereits seit Juni 2015 im Orbit. Der Start des zweiten ist für 2016 geplant, so dass anschließend mit beiden Satelliten eine globale Abdeckung alle 5 Tage möglich sein wird (ESA 2015a). Die Daten unterstützen vor allem Anwendungen im Bereich Landwirtschaft (z. B. Ernteprognozen, Wasser- und Düngerbedarf), Forstwirtschaft (z. B. Bestandsdichten, Gesundheitszustand), Raumplanung (z. B. Landnutzungs- und Landbedeckungsänderungen) und Katastrophenmanagement (z. B. Waldbrand, Erdbeben). Darüber hinaus können sie genutzt werden, um biophysikalische Parameter wie den Chlorophyll- und Wassergehalt von Blättern zu bestimmen (ESA 2015a). Abbildung 2 zeigt eine Sentinel-2-Aufnahme vom Juli 2015.



Abb. 2: Die Donau als Grenzfluss zwischen Rumänien im Norden und Bulgarien im Süden aufgenommen vom Sentinel-2A-Satelliten am 26. Juli 2015. Die Abbildung zeigt in einer Echtfarben-darstellung das fast identische Gebiet wie Abbildung 1. Dabei sind Ackerflächen, der Fluss von links oben nach rechts unten verlaufend und kleinere Siedlungen erkennbar (Quelle: ESA, 2015d)

2.3 Sentinel-3

Die Sentinel-3-Satelliten, deren Starts für 2015 und 2017 geplant sind, werden verschiedene Sensoren an Bord haben. Der optische Sensor mit 21 Spektralkanälen liefert dabei Daten mit einer mittleren Auflösung von 300 m. Mithilfe des Radar-Altimeters können Meeresspiegelhöhen erfasst werden, und das Radiometer dient der genauen Messung der Oberflächentemperatur zu Land und zu Wasser mit einer Auflösung zwischen 500 m und 1 km. Ein weiteres Augenmerk dieser Mission liegt darauf die Ozeanfarbe zu bestimmen, die durch die Photosynthese des Phytoplanktons zustande kommt. Diese Arbeiten liefern wichtige Erkenntnisse zur Rolle der Ozeane im globalen Kohlenstoffzyklus (ESA 2015b). Mit einer Konstellation aus beiden geplanten Satelliten lässt sich jeder Punkt der Erde alle zwei Tage abdecken (ESA 2015a).

3 Die Copernicus-Dienste

Die Copernicus-Dienste sind ein wichtiger Bestandteil des Programms. Sie sollen sicherstellen, dass aufbereitete Informationsprodukte, basierend auf Erdbeobachtungsdaten und In Situ Daten, für eine Vielzahl von Nutzern und Anwendungen zur Verfügung stehen. Die technische Auslegung der Sentinel-Satelliten wurde u. a. von den Anforderungen der sechs thematischen Dienste gesteuert: Landüberwachung, Überwachung der Meeresumwelt, Überwachung der Atmosphäre, Überwachung des Klimawandels, Sicherheit sowie Katastrophen- und Krisenmanagement (DLR 2015).

Die einzelnen Dienste wurden bzw. werden im Rahmen von Forschungsprojekten entwickelt und anschließend in einen operationellen Betrieb überführt. Während sich die

Dienste im Bereich Sicherheit und Klimawandel derzeit noch in der Entwicklungsphase befinden, sind die zur Überwachung der Atmosphäre (Juli 2015) und Meeresumwelt (Mai 2015) bereits in den operationellen Betrieb übernommen worden. Schon länger verfügbar sind die Dienste im Bereich der Landüberwachung und des Katastrophen- und Krisenmanagements, die im Folgenden näher beschrieben werden.

3.1 Landüberwachung

Der seit 2012 operationelle Dienst Landüberwachung liefert aus Fernerkundungsdaten abgeleitete Informationen auf globaler, regionaler und lokaler Ebene für Bereiche wie die Planung, das Wald- und Wassermanagement, die Landwirtschaft und die Nahrungssicherheit (Copernicus 2015a).

Global werden Datensätze zum Zustand der Vegetation (z. B. Vegetationsindizes), zum Energiehaushalt (z. B. Albedo, Oberflächentemperatur) sowie zum Wasserkreislauf (z. B. Kartierung der Wasserflächen) erstellt (Copernicus, 2015a). Diese Parameter spielen unter anderem bei Ernteertragsschätzungen, dem Ressourcenmanagement, der Klimaforschung und weiteren Umweltanalysen eine wichtige Rolle.

Regional für Europa werden folgende Informationsprodukte erstellt: hochaufgelöste Satellitenbildmosaiken, der „CORINE Land Cover“ Landbedeckungsdatensatz und sog. „High Resolution Layers“ zu verschiedenen thematischen Bereichen.

CORINE Land Cover umfasst 44 thematische Klassen und liegt für die Jahre 1990, 2000 und 2006 vor. Die Aktualisierung für das Jahr 2012 wird derzeit fertiggestellt. Neben den einzelnen Jahren werden auch Veränderungen zwischen zwei benachbarten Zeitpunkten erfasst. Die kleinste Kartiereinheit beträgt 25 ha, die kleinste Veränderungseinheit 5 ha. Die national von den einzelnen Ländern erstellten Datensätze werden von der europäischen Umweltagentur (EEA) zusammengeführt und für Anwender gesammelt und europaweit konsistent zur Verfügung gestellt (Copernicus 2015a). Der aktualisierte Datensatz für Deutschland mit dem Bezugsjahr 2012 wird hierbei auf dem Landbedeckungsmodell Deutschland (LBM-DE) beruhen (Hovenbitzer 2015).

Die **High Resolution Layers** befassen sich mit fünf wichtigen Landbedeckungsklassen: versiegelte Flächen, Waldgebiete, Landwirtschaftsflächen, Feuchtgebiete und Wasserkörper. Die einzelnen Datensätze für das Referenzjahr 2012 sollen im Laufe dieses Jahres zur Verfügung gestellt werden. Derzeit sind lediglich ältere Daten zum Versiegelungsgrad verfügbar, die im Rahmen des Projektes Geoland2 für die Jahre 2006 und 2009 erstellt wurden (Copernicus 2015a).

Lokal werden für so genannte Hot Spots in Europa hochaufgelöste Informationen bereitgestellt. Dazu zählen beispielsweise die großen europäischen Städte sowie Regionen, die von besonderen umweltbedingten Herausforderungen und Problemen betroffen sind (z. B. Küstengebiete) (Copernicus 2015a). Der Urban Atlas ist ein solcher

hochaufgelöster Landnutzungsdatensatz mit 26 Klassen. In seiner aktuellen Version für das Jahr 2012 wurden insgesamt 695 städtische Gebiete mit mehr als 50 000 Einwohnern kartiert (Copernicus 2015a). Abbildung 3 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt für die Stadt Frankfurt am Main.

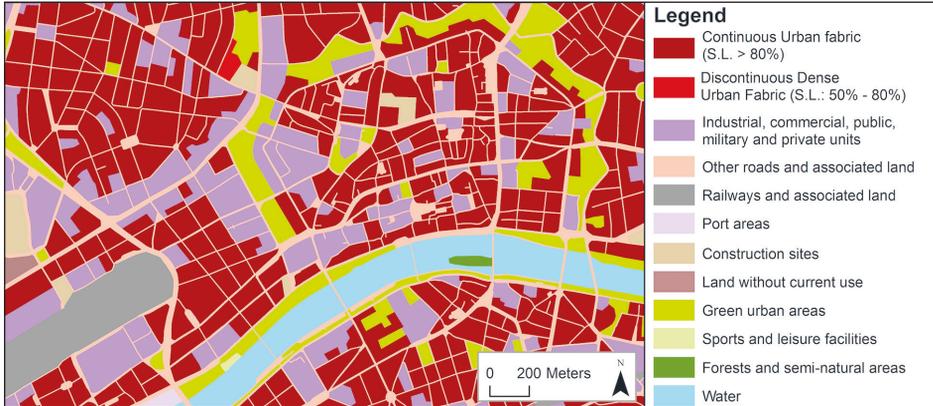


Abb. 3: Ausschnitt aus dem Urban Atlas der Stadt Frankfurt am Main (Quelle: Copernicus, 2015a)

3.2 Katastrophen- und Krisenmanagement

Ziel dieses Dienstes ist es, Nutzer aus dem Bereich des Katastrophenmanagements, wie Hilfsorganisationen oder nationale Katastrophenschutzeinrichtungen, mit Informationen für die verschiedenen Phasen des Katastrophenmanagements, von der Notfallvorhersage und Gefahrenabwehr über die Krisenreaktion und -bewältigung, bis hin zum Wiederaufbau zu versorgen.

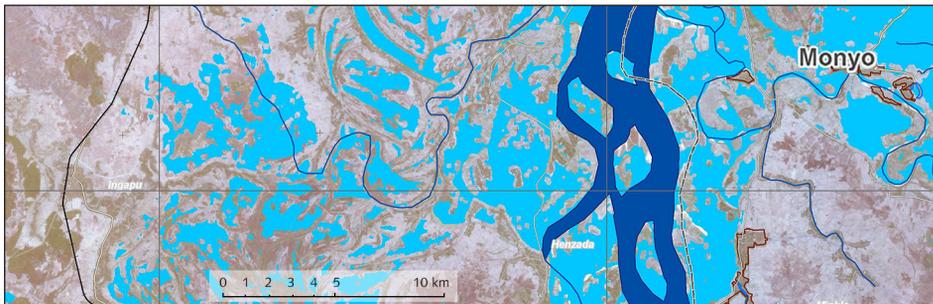


Abb. 4: Kartenausschnitt, der eine Überschwemmung (hellblaue Flächen) und den normalen Flusslauf des Irrawaddy (dunkelblaue Flächen) nahe Monyo, Myanmar, am 1. August 2015 zeigt (Quelle: Copernicus, 2015c)

Dazu gehören ein rund um die Uhr zur Verfügung stehender Kartierdienst sowie das Frühwarnsystem EFAS (European Flood Awareness System) (Copernicus 2015b).

Abbildung 4 stellt einen Kartenausschnitt des Katastrophen- und Krisenmanagementdienstes dar, der die mittels Daten von Sentinel-1 detektierten Überschwemmungen in Myanmar 2015 zeigt.

4 DLR-Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation

Für die behördlichen Nutzer in Deutschland besteht darüber hinaus die Möglichkeit, Produkte des DLR-Zentrums für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) anfordern zu können. Auf der Grundlage eines Rahmenvertrags des Bundesministeriums des Innern (BMI) mit dem DLR erhalten Bundesbehörden und andere berechnigte Nutzer Zugang zu Produkten und Services weltweit.

Der ZKI-Service kann für verschiedenste Arten von Naturkatastrophen, sowohl für humanitäre Krisen als auch für andere Notfallsituationen, wertvolle und schnelle Informationen durch die Analyse und Aufbereitung von luft- und satellitengestützten Fernerkundungsdaten liefern, angepasst an die Bedürfnisse der deutschen Behörden. Das ZKI entwickelt seine Leistungen ständig weiter, basierend auf den kontinuierlich gesammelten Rückmeldungen seiner Nutzer. Dabei arbeitet es eng mit Partnern aus Forschung und Industrie zusammen.

5 Nationales Maßnahmenprogramm zu Copernicus

Zur Unterstützung der Nutzung des Copernicus-Programms hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, früher: BMVBS) ein nationales Maßnahmenprogramm initiiert (BMVBS et al. 2011). Dabei ist ein wichtiger Bestandteil der Aufbau einer nationalen IT-Infrastruktur, die einen besseren und effizienteren Zugang zu allen Copernicus-Daten und -Produkten ermöglichen soll. Zudem sollen für die Verarbeitung der Daten eigene Kapazitäten geschaffen werden. Auch die Datenbereitstellung soll auf die Anforderungen der Nutzer in Deutschland angepasst und nach Bedarf erweitert werden (Keuck et al. 2014).

6 Fazit

Durch das Copernicus-Programm wird eine enorme Fülle an Daten und Produkten für eine Vielzahl von Anwendungen bereitgestellt. Die Sentinel-Missionen sorgen für die kostenfreie Verfügbarkeit von Satellitendaten weltweit und mit einer hohen Aufnahme-rate. Die Sentinel-Daten bilden die wesentliche Grundlage für die Copernicus-Dienste, die für viele thematische Bereiche, wie die Landüberwachung und das Krisenmanagement, wertvolle Informationen liefern. Auch Nutzer in Deutschland profitieren von diesen Entwicklungen und werden durch nationale Maßnahmen unterstützt.

7 Literatur

- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; BStMWIVT – Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (2011): Nationales GMES Massnahmenprogramm, GMES Thementage 2011, 24.-25. November 2011 in München.
- Copernicus (2015a): Copernicus – Land Monitoring Service.
www.copernicus.eu/main/land-monitoring (Zugriff: 12.08.2015).
- Copernicus (2015b): Copernicus – Emergency Management Service.
www.copernicus.eu/main/emergency-management (Zugriff: 11.08.2015).
- Copernicus (2015c): EMSR130: Flood in Myanmar.
<http://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR130>
(Zugriff: 11.08.2015).
- DLR – Raumfahrtmanagement (2015): Copernicus – Weltraumkomponente.
www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-4432/7243_read-10907/
(Zugriff: 11.08.2015).
- DLR – Raumfahrtmanagement (2015): Weltraumkomponente.
www.d-gmes.de/weltraumkomponente (Zugriff: 11.08.2015).
- ESA – (2015a): ESA's Sentinel satellites.
www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4
(Zugriff: 11.08.2015).
- ESA – Europäische Weltraumorganisation (2015b): Die Weltraumkomponente.
www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/Die_Weltraumkomponente
(Zugriff: 11.08.2015).
- ESA – Europäische Weltraumorganisation (2015c): Sentinel-1A spots ship traffic.
www.esa.int/spaceinimages/Images/2015/08/Sentinel-1A_spots_ship_traffic
(Zugriff: 11.08.2015).
- ESA – Europäische Weltraumorganisation (2015d): Danube River.
www.esa.int/spaceinimages/Images/2015/08/Danube_River (Zugriff: 11.08.2015).
- Hovenbitzer, M. (2015): Stadt-Land-Fluss: Landbedeckung und Landnutzung für Deutschland, BKG, Vortrag vom 20.02.2015.
www.dvw.de/sites/default/files/landesverein-bawu/2015-03-20_BKG_Stadt_Land_Fluss_LBM.pdf (Zugriff: 12.08.2015).
- Jutz, S. (2015): Copernicus – an European Achievement, 52nd session of the Scientific and Technical Subcommittee, UNOOSA (United Nations Office for Outer Affairs), Wien, Österreich, 2.-13. Februar 2015, URL.
www.unoosa.org/pdf/pres/stsc2015/tech-53E.pdf (Zugriff: 10.08.2015).
- Keuck, V.; Hoffmann, J. (2014): Ein nationaler Copernicus-Datenzugang.
www.d-copernicus.de/sites/default/files/dokumente/Forum_2014/Vortrag_Keuck.pdf (Zugriff: 12.08.2015).