



/ PD-Perspektiven /

Evaluation der Nutzerdurchdringung und Wirkung des Copernicus- Programms in Deutschland

Im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr

7. März 2023

/ Für die öffentliche Hand von morgen /

Inhaltsverzeichnis

	Evaluation der Nutzerdurchdringung und Wirkung des Copernicus-Programms in Deutschland.....	3			
1	Executive Summary	5	7	Abschließende Würdigung	93
2	Ausgangslage	13	8	Abbildungsverzeichnis.....	95
3	Evaluationsdesign	21	9	Quellenverzeichnis	96
4	Nutzung und Effekte des Copernicus-Programms	27	10	Abkürzungsverzeichnis.....	100
5	Barrieren und Potenziale	75	11	Anhang	102
6	Ausblick.....	86		Kontakt / Autorin und Autoren	107

Evaluation des Copernicus-Programms in Deutschland

Die Europäische Union (EU) und die Europäische Weltraumorganisation (ESA) haben mit dem Copernicus-Programm seit 2014 eine unabhängige Infrastruktur geschaffen, die langfristig Erdbeobachtungsdaten und Informationen für eine wissenschaftsbasierte, europäische und nationale Politik bereitstellt. Die Evaluation zeigt: das Copernicus-Programm stellt einen Meilenstein in der öffentlichen Generierung und Bereitstellung von Wissen dar. Die Daten werden insbesondere von öffentlichen Einrichtungen benötigt. Für ihren Abruf und ihre Nutzung spielt die offene Datenpolitik eine entscheidende Rolle. Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick:

1 Copernicus ermöglicht einen **niedrigschwelligen Einstieg** in die Arbeit mit Erdbeobachtungsdaten und kann langfristig einen **bedeutenden Beitrag** zur **Daseinsvorsorge**, zum **Erreichen politischer, ökonomischer und insbesondere klimatologischer Ziele** sowie zur Steigerung der **Effizienz der Verwaltung** bieten.

2 In Deutschland **nutzt die öffentliche Verwaltung** die Copernicus-Daten vor allem **in den Bereichen** Vermessung und Kartierung, Natur- und Umweltschutz sowie Verkehr und Infrastruktur, Klima und Atmosphäre sowie Sicherheit und Meeresumwelt. Die **privatwirtschaftliche Nutzung** fokussiert auf Geoinformations- und Wetterdienstleistungen, Klima, Umwelt, Landwirtschaft und Infrastruktur.

3 Der **Abruf** – vor allem von Rohdaten – aufseiten der öffentlichen Verwaltung erfolgt vorrangig **auf Bundes- sowie Landesebene** durch **nachgelagerte Behörden** und -betriebe. Im **kommunalen Raum** werden Daten bisher eher im Rahmen von Pilotprojekten oder Kooperationen abgerufen.

4 Die **hohe zeitliche Auflösung** der satellitengestützten Daten sowie die Verfügbarkeit historischer Daten werden als **mehrwertstiftend** eingestuft. Die **räumliche Auflösung** der Copernicus-Daten ist für großflächige Monitoring-Aufgaben (z. B. in den Bereichen Vermessung, Vegetation und Gewässer) gut geeignet.

5

Perspektivisch kann der **Einsatz von Copernicus** eine wirkungsvolle **Antwort auf spezifische Herausforderungen für die öffentliche Verwaltung** darstellen. Dies betrifft insbesondere den **Mangel an personellen Ressourcen** sowie den **erhöhten Handlungsdruck** auf die Verwaltung, was nicht zuletzt in einem wachsenden Leistungsspektrum öffentlicher Einrichtungen resultiert.

6

In der **Privatwirtschaft** liegt der zentrale Mehrwert von Copernicus in der **einfachen und kostengünstigen Ermöglichung neuer Geschäftsmodelle**. Bisher ist Copernicus aber überwiegend eine komplementäre Datenquelle für Unternehmen und gilt als **Spezialprodukt für Fachexperten** und spezialisierte Dienstleistungsunternehmen.

7

Zur weiteren **Steigerung des Bekanntheitsgrads** des Copernicus-Programms sollte breiter über Möglichkeiten, Anwendungsfälle und Potenziale der Nutzung von Copernicus-Daten kommuniziert werden. Darüber wird eine stärkere Vernetzung unter aktuellen und potenziellen Copernicus-Nutzern und insbesondere zwischen öffentlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren empfohlen.

8

Um die **Akzeptanz** in der öffentlichen Verwaltung zu **erhöhen**, könnten relevante nationale und internationale Verwaltungsrichtlinien in Bezug auf die Nutzung von Erdbeobachtungsdaten erweitert werden. Für die Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft könnten Service Level Agreements für einen risikominimierten Ablauf auf beiden Seiten helfen.

Das Copernicus-Programm – so die Ergebnisse der Evaluation bis März 2022 – hat das Kernziel bereits erreicht: die fortlaufende Sicherstellung des autonomen Zugangs zu Umweltwissen und Schlüsseltechnologien für die öffentlichen Hauptnutzer in Bereichen wie Klima- und Umweltschutz, Vermessung und Kartierung.

Die offenen, kostenlos und niedrigschwellig nutzbaren Copernicus-Daten ermöglichen darüber hinaus privatwirtschaftlichen Nutzern den Ausbau datenbasierter Geschäftsmodelle.



Dr. Julian Tenorth
Principal Expert



Dr. Sinaida Hackmack
Senior Consultant

Sie möchten mehr erfahren?



pd-g.de/pd-perspektivenreihe/copernicus-evaluation

PD – Berater der öffentlichen Hand
Friedrichstr. 149, 10117 Berlin

pd-g.de/

Evaluation der Nutzerdurchdringung und Wirkung des Copernicus-Programms in Deutschland

1 Executive Summary

1. Das Copernicus-Programm als unabhängige Infrastruktur für Erdbeobachtung und eine wissenschaftliche europäische Politik

Mit dem **Copernicus-Programm** hat die **Europäische Union (EU)** gemeinsam mit der **Europäischen Weltraumorganisation (ESA)** eine unabhängige Infrastruktur geschaffen, die langfristig Erdbeobachtungsdaten und Informationen für eine wissenschaftliche, europäische und nationale Politik bereitstellen soll. Historisch gesehen ist das Copernicus-Programm aus dem **europäischen Erdbeobachtungsprogramm Global Monitoring for Environment and Security (GMES)** entstanden, das im Jahr 1998 gegründet wurde und zunächst mit Fokus auf den Umwelt- und Sicherheitsbereich operierte.

Die Copernicus-Verordnung der EU aus dem Jahr 2014 war die Rechtsgrundlage für die Einrichtung, Gründung und den Start des Programms. Die Fortführung des Programms in den Jahren 2021 bis 2027 wurde im Jahr 2021 in der EU-Weltraumverordnung festgeschrieben. Laut der EU-Weltraumverordnung soll Copernicus *„sicherstellen, dass Erdbeobachtungs- und Geoinformationsdienste autonomen Zugang zu Umweltwissen und Schlüsseltechnologien haben, und somit eine eigenständige Entscheidungsfindung und ein eigenständiges Handeln der Union in Bereichen wie unter anderem Umwelt, Klimawandel, Meere, maritime Tätigkeiten, Landwirtschaft und ländliche Entwicklung, Erhaltung des Kulturerbes, Katastrophenschutz, Land- und Infrastrukturüberwachung, Sicherheit sowie Digitalwirtschaft unterstützen.“*¹

Die Verantwortlichkeiten des Copernicus-Programms sind zwischen supranationaler und nationaler Ebene aufgeteilt: Die Europäische Kommission ist für die politische Koordination des Copernicus-Programms in der EU zuständig, die ESA für die technische Koordination der Weltraumkomponente des Programms. Die Federführung für das Copernicus-Programm und dessen nationale Umsetzung liegt in Deutschland beim **Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)**, das zudem die Haushaltsmittel für den deutschen Beitrag zum Copernicus-Programm der ESA bereitstellt. Die Raumfahrtagentur im **Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)** berät und unterstützt bei der nationalen Koordination und begleitet das Copernicus-Programm für die Bundesregierung.

Den strukturellen Kern der Copernicus-Infrastruktur bilden sechs Satellitenmissionen, sogenannte Sentinel-Missionen, unterstützt durch zahlreiche in-situ-Messsysteme und hochauflösende, beitragende Missionen. Die Sentinel-Missionen generieren überwiegend Multispektral- und Radardaten und werden von der ESA und der **Europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten (EUMETSAT)** betrieben. Die Daten des Copernicus-Programms werden als offene Rohdaten, als verarbeitete Daten oder als weiterentwickelte Produkte der Copernicus-Dienste in den Themenbereichen Landüberwachung, Überwachung der Meeresumwelt, Katastrophen- und Krisenmanagement, Überwachung der Atmosphäre, Überwachung des Klimawandels sowie Sicherheit zur Verfügung gestellt.

Sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor hat sich eine umfangreiche Datenbereitstellungsinfrastruktur etabliert, über die Copernicus-Daten von den verschiedenen Nutzergruppen bedarfsspezifisch bezogen werden. Zentraler Datenzugang für den öffentlichen Sektor in Deutschland ist das Portal CODE-DE,

¹ Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021a): S. 12.

über das im Jahr 2020 mehr als 3.162 Terabyte (TiB) an Copernicus-Daten bereitgestellt wurden. Somit werden über CODE-DE im europäischen Vergleich deutlich mehr Daten als durchschnittlich (2.039 TiB) über die nationalen Datenzugänge des Copernicus-Programms bereitgestellt.²

Mit knapp 2.500 Nutzern im Jahr 2020 weist CODE-DE europaweit auch die meisten aktiven Nutzer über nationale Datenzugänge auf. Über den von der Privatwirtschaft europaweit genutzten Open Access Hub der ESA wurde 2020 ein Datenvolumen von 7,65 PiB veröffentlicht. Mit 21.445 registrierten Nutzern stammen die meisten europäischen Copernicus-Nutzer des Open Access Hubs ebenfalls aus Deutschland.³

Während Copernicus-Daten und -Leistungen insbesondere an den Anforderungen öffentlicher Einrichtungen ausgerichtet werden, liegt auch in der privatwirtschaftlichen Nutzung der Copernicus-Daten ein enormes wirtschaftliches Potenzial. Marktstudien bezifferten den volkswirtschaftlichen Nutzen von Copernicus in Europa auf insgesamt etwa 3,7 Milliarden Euro im Jahr 2020.⁴

2. Zielsetzung und Vorgehen der Evaluation

Die vorliegende Evaluation verfolgt das Ziel einer breiten „Rundumschau“ über die Nutzung der von Copernicus angebotenen Daten und Informationsprodukte in Deutschland. Der Fokus liegt dabei auf der Darstellung und Bewertung der Nutzerdurchdringung im öffentlichen Sektor. Zudem wird die Nutzerdurchdringung im privatwirtschaftlichen Bereich mit Fokus auf den Downstream-Sektor in Deutschland untersucht. In beiden Sektoren werden zudem Barrieren, die einer breiteren Nutzerdurchdringung im Wege stehen, sowie mögliche Potenziale für eine systematische Ausweitung der Copernicus-Nutzung identifiziert.

Für diese Zielsetzung wurde eine breite Datenbasis geschaffen. Diese fußt auf 116 Interviews mit Nutzern von Copernicus in beiden Sektoren sowie mit Multiplikatoren und Experten, einer Analyse relevanter Studien und Gesetzestexte sowie einer Auswertung verfügbarer quantitativer Kennzahlen wie Nutzer- und Downloadzahlen auf Copernicus-Plattformen. Die Untersuchungsergebnisse wurden im Rahmen eines fachlichen Workshops validiert.

3. Ergebnisse der Evaluation

Die Evaluationsergebnisse bezüglich der Copernicus-Nutzung im öffentlichen und privatwirtschaftlichen Sektor werden nachfolgend entlang von vier Leitfragen präsentiert:

- **Nutzerverteilung:** Wer sind die Hauptnutzergruppen von Copernicus und wo liegen die wesentlichen Anwendungsbereiche?
- **Datennutzung:** Auf welche Daten und Dienste des Copernicus-Programms greifen Nutzer präferiert zurück und wie erfolgt die Datennutzung?
- **Nutzungszwecke:** Warum nutzen Organisationen Copernicus und welchen Mehrwert bietet dies?
- **Nutzersicht:** Wie bewerten Nutzer die Nutzbarkeit, den Umfang und die Nutzerfreundlichkeit der von Copernicus bereitgestellten Daten und Dienste?

² Die ESA hat insgesamt 20 Vereinbarungen zur Einrichtung von nationalen Datenzugängen („Mirror Sites“) geschlossen. Bis auf Kanada und Großbritannien liegen alle Staaten innerhalb der EU.

³ Eine relative Betrachtung der Nutzerzahlen im Vergleich mit der Bevölkerung zeigt ebenfalls, dass Deutschland überdurchschnittlich viele Copernicus-Nutzer des Open Access Hubs stellt: So stammen im Jahr 2020 15,4 % der europäischen Nutzer aus Deutschland (in absoluten Zahlen: 21.445/139.657), jedoch stellt Deutschland nur knapp 11 Prozent der europäischen Bevölkerung dar (82 Millionen / 746 Millionen).

⁴ Vgl. Europäische Kommission (2019).

Öffentliche Verwaltung:

Mit Blick auf die öffentliche Verwaltung kommt die Evaluation zu dem Ergebnis, dass die öffentliche Hand Copernicus bereits in verschiedenen Anwendungsbereichen nutzt und die **freie Verfügbarkeit der Daten** und die **Potenziale** einer Copernicus-Nutzung zu einer Art **Initialzündung der Nutzung von Copernicus innerhalb der deutschen Verwaltung** geführt haben. Dies trifft insbesondere auf die Bereiche Vermessung und Kartierung sowie Natur- und Umweltschutz zu. Weitere Anwendung erfolgt in den Feldern Verkehr und Infrastruktur, Klima und Atmosphäre sowie Sicherheit und Meeresumwelt.

Die Untersuchung der Nutzerverteilung hat ergeben, dass sich Copernicus zwar als wichtige Datenquelle im öffentlichen Sektor in jenen Bereichen etabliert hat, die meisten erhobenen Anwendungsfälle aber noch in einem Pilotierungsstadium zu verorten sind und noch nicht in konkrete, fortlaufend ausgeführte Verwaltungsleistungen übersetzt worden sind. Möglichen Ursachen hierfür werden nachfolgend aufgeführt.

Bezüglich der Nutzerverteilung auf den verschiedenen föderalen Ebenen wurden insbesondere auf Bundes- und auf Landesebene Nutzer identifiziert und Anwendungen erfasst: Auf Bundesebene wird Copernicus vor allem in den nachgeordneten Behörden der folgenden Bundesministerien genutzt: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) sowie Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Der Fokus der befragten Bundesbehörden liegt dabei mehrheitlich auf der Weiterentwicklung von Methoden im Bereich der Erdbeobachtung, der Kommunikation von Anwendungsfällen und Mehrwerten, der Beratung von politischen Entscheidungsträgern und Nutzern sowie in Teilen der fachlichen Begleitung von Copernicus-Diensten.

Auf Landesebene wurden insbesondere Landesfachämter – allen voran Landesvermessungs- und Landesumweltämter – als Hauptnutzer des Copernicus-Programms identifiziert. Auch Landesbetriebe, etwa in den Bereichen Straßenwesen und Forst, sind bereits in die Copernicus-Nutzung eingestiegen oder greifen auf Daten der Landesfachämter zurück. Eine verstärkte Nutzung auf Ebene der Bundesländer wurde unter anderem damit begründet, dass die bereitgestellten Daten und Dienste gerade für Verwaltungsleistungen, die in den Zuständigkeitsbereich der Länder fallen, einen deutlichen Mehrwert bieten.

Eine Nutzung von Copernicus auf kommunaler Ebene wurde nur vereinzelt im Rahmen von Pilot- und Kooperationsprojekten beobachtet.

Mit Blick auf die Datennutzung zeigt die Evaluation, dass sich **in der öffentlichen Verwaltung ein Trend hin zur Arbeit mit Copernicus-Rohdaten** abzeichnet. Demgegenüber werden die Copernicus-Kerndienste zu einem geringeren Anteil verwendet.⁵ Unter den satellitengestützten Rohdaten werden mehrheitlich Sentinel-2- und Sentinel-1-Daten genutzt. Im Großteil der erhobenen Anwendungsfälle werden diese Daten als komplementäre Datenquelle zu anderen Daten, wie in-situ-Daten oder Befliegungsdaten, herangezogen.

Bezüglich wesentlicher Nutzungszwecke zeigt sich, dass **behördliche Nutzer vor allem aufgrund des breiten und kostenlosen Daten- und Dienstangebots** auf Copernicus zurückgreifen. Copernicus-Daten werden in der Regel für eine qualitative Verbesserung der Daseinsvorsorge und eine Effizienzsteigerung von Verwal-

⁵ Dies ist eine zusammenfassende Beobachtung, die zudem keine Aussage zu Qualität und Umfang der durch die Dienste bereitgestellten Daten und Produkte beinhaltet. Die tatsächliche Nutzung der Dienste variiert stark je nach entsprechendem Dienst. Eine gesonderte, komparative Darstellung der Datennutzung je Copernicus-Dienst ist nicht Gegenstand dieser Evaluation.

tungsaufgaben (insbesondere bei Monitoring-Aufgaben) genutzt. Gleichzeitig liegt in der **Nutzung von Copernicus das Potenzial zur Automatisierung von Verwaltungsprozessen**, weshalb Copernicus bereits vereinzelt als **perspektivische Maßnahme gegen den Fachkräftemangel** im öffentlichen Dienst pilotiert wird.

Die Untersuchung der Nutzersicht hat ergeben, dass gerade die hohe zeitliche Auflösung der satellitengestützten Daten (vor allem Sentinel-1 und Sentinel-2) sowie die Verfügbarkeit historischer Daten als mehrwertstiftend eingestuft werden. Die räumliche Auflösung der Copernicus-Daten und -Dienste wird je nach Anwendungsfall unterschiedlich eingeschätzt: Während Copernicus-Daten und -Dienste für großflächige Monitoring-Aufgaben (z. B. in den Bereichen Vermessung, Vegetation und Gewässer) gut geeignet sind, decken sie bei lokalen und zeitkritischen Anwendungen nur begrenzt den Bedarf behördlicher Nutzer ab.

Privatwirtschaft:

Der Blick auf den Privatsektor ergibt ein in Teilen ähnliches Bild; die Nutzung von Copernicus findet vor allem in einzelnen Branchen mit spezifischen Anwendungsfällen statt. Privatwirtschaftliche Kernnutzer von Copernicus sind insbesondere in den Branchen Geoinformations- und Wetterdienstleistungen, Klima und Umwelt sowie Landwirtschaft und Infrastruktur angesiedelt, in denen die Copernicus-Daten zumeist für großflächige Monitoring-Leistungen verwendet werden.

Die Copernicus-Nutzung erfolgt im Wesentlichen durch Dienstleistungsunternehmen, die Datenprodukte und -leistungen für die genannten Branchen und die öffentliche Hand anbieten. Jenseits der Nutzung durch Dienstleistungsunternehmen wurde ermittelt, dass eine unmittelbare Datenendnutzung durch Großunternehmen, etwa aus der Industrie, nur vereinzelt stattfindet.

Privatwirtschaftliche Akteure verwenden zu einem großen Teil Daten der Sentinel-1- und -2-Satelliten (75 beziehungsweise 50 %). Die Datennutzung erfolgt meist im Rahmen einzelner Projekte oder Leistungen des Produktportfolios und überwiegend komplementär in Kombination mit weiteren Datenquellen. Eine ausschließliche Copernicus-Nutzung ist dagegen nur vereinzelt zu beobachten. Zudem wurde ermittelt, dass privatwirtschaftliche Nutzer eindeutig Copernicus-Rohdaten aufgrund der besseren Weiterverarbeitungsmöglichkeiten gegenüber Diensten bevorzugen.

Die Evaluation hat vier maßgebliche Nutzungszwecke ergeben: Vornehmlich ermöglichen die offenen, kostenlos und niedrigschwellig nutzbaren Copernicus-Daten den Unternehmen, neue, datenbasierte Geschäftsmodelle aufzubauen. Darüber hinaus dienen die Daten zur Qualitätssteigerung bestehender Produkte und Prozesse, zur Ausweitung des Produktportfolios sowie zur Diversifizierung des Kundenstamms mit zunehmender Ausrichtung auf Kunden im öffentlichen Sektor.

Die Nützlichkeit der Sentinel-1- und -2-Daten wird aus privatwirtschaftlicher Nutzersicht aufgrund der als ausbaufähig erachteten räumlichen Auflösung sehr anwendungsfallspezifisch beurteilt. Gleichwohl stellt die generell als positiv bewertete, zeitliche Auflösung von Sentinel-1- und -2-Daten einen klaren Vorteil der Copernicus-Daten dar, da diese das kontinuierliche Zustands- und Veränderungsmonitoring beispielsweise im Klima- und Umweltbereich ermöglichen. Darüber hinaus zeigt sich, dass insbesondere die globale Abdeckung der Erdbeobachtungsdaten Unternehmen die Analyse weltweiter Phänomene gestattet und die Entwicklung von Dienstleistungen für ausländische Einsatzgebiete und Absatzmärkte begünstigt.

Mit Blick auf die Privatwirtschaft lässt sich insgesamt feststellen, dass sich das Programm dank der offenen und kostenlosen Datenbereitstellung sowie den umfangreichen Datenmengen und Nutzungsmöglichkeiten positiv auf verschiedene Branchen der Privatwirtschaft auswirkt. Gerade dort, wo Copernicus den Grundstein für Unternehmensgründungen bildet und für die Entwicklung von auf die öffentliche Verwaltung zugeschnittenen Leistungen genutzt wird, zeigt sich der Mehrwert von Copernicus. Mit Blick darauf, dass Copernicus überwiegend als komplementäre Datenquelle für einzelne Leistungen des Produktportfolios und

von Start-ups genutzt wird, gilt Copernicus im Privatsektor jedoch vor allem als Spezialprodukt für Fachexperten und spezialisierte Dienstleistungsunternehmen. Eine Etablierung in der Breite ist nicht wahrzunehmen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser Evaluation auf, dass Copernicus einen Mehrwert in beiden Sektoren bietet und das Kernziel des Programms, nämlich die fortlaufende Sicherstellung des autonomen Zugangs zu Umweltwissen und Schlüsseltechnologien für die öffentlichen Hauptnutzer, in Bereichen wie Klima- und Umweltschutz, Vermessung und Kartierung bereits erfüllt. An diesen bisher erzielten Erfolgen sollte angeknüpft und die Ausweitung der Nutzung von Copernicus mittels gezielter Maßnahmen angestrebt werden, um weitere Nutzungspotenziale zu realisieren.

4. Barrieren und Potenziale

Im Rahmen der Evaluation wurden verschiedene Barrieren und Potenziale in Bezug auf die Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten in der öffentlichen Verwaltung sowie der Privatwirtschaft ermittelt. Im Bereich *Datenbereitstellung und Datennutzung* wurden folgende Barrieren erhoben:

- Die Vielzahl von Datenbereitstellern und -portalen auf nationaler und europäischer Ebene erschwert die Übersicht über die verfügbaren Datenangebote.
- Leistungsschwache IT-Infrastrukturen innerhalb der Verwaltungsorganisationen behindern die lokale Verarbeitung großer Datenmengen.
- Leistungsschwache Copernicus-Schnittstellen und -Bereitstellungsstrukturen beeinträchtigen das schnelle und einfache Herunterladen sowie effiziente Verarbeiten der Daten.

Diese Barrieren sollten durch verschiedene Maßnahmen abgebaut werden. Zunächst sollte (potenziellen) Nutzern größere Transparenz über das Angebot der Copernicus-Daten geboten werden, etwa durch die Einrichtung einer zentralen Copernicus-Landingpage mit einer Übersicht der verfügbaren Produkte, Dienste und Anwendungsmöglichkeiten. Darüber hinaus sollte das Zugangskontingent zu CODE-DE für öffentliche Einrichtungen ausgeweitet werden, da dies eine Lösung hinsichtlich der zum Teil leistungsschwachen IT-Infrastrukturen behördlicher Einrichtungen darstellen kann. Zuletzt wird eine Optimierung des Open Access Hubs und der Data-and-Information-Access-Services-(DIAS-)Plattformen im Sinne einer Erhöhung der Flexibilität beim Download von Dateien, der Verbesserung von Schnittstellen und der Dokumentation sowie die Aktualisierung von Dateiformaten empfohlen.

Im Bereich *Ressourcen und Kompetenzen* wurden folgende Barrieren identifiziert:

- Ausbaufähige Fachkenntnisse in den Bereichen Erdbeobachtung und Fernerkundung sowie mangelnde personelle und finanzielle Ressourcen erschweren die Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten.

Zur Adressierung dieser Barrieren sollten die Fortbildungsmöglichkeiten in Bezug auf Methoden der Fernerkundung für Fachpersonal und Führungskräfte in der öffentlichen Verwaltung ausgeweitet werden. Zudem ist eine verstärkte Kooperation mit Universitäten und ähnlichen Ausbildungsstätten zur Anwerbung von Fachpersonal für öffentliche Einrichtungen im Bereich der Erdbeobachtung, Fernerkundung, Geowissenschaften sowie vergleichbaren Wissenschaften zu prüfen. Darüber hinaus wird die Verankerung von Erdbeobachtungsmethoden in relevante Curricula etwaiger Ausbildungsstätten empfohlen. Zuletzt sollte geprüft werden, ob und in welchem Rahmen die Förderung von Pilotprojekten auf Landes- und Kommunalebene durch Copernicus-Förderprojekte oder Landesministerien ausgeweitet werden kann.

Im Bereich *Kommunikation und Vernetzung* wurden verschiedene Barrieren festgestellt:

- Der geringe Bekanntheitsgrad des Copernicus-Programms und insbesondere der Potenziale möglicher Anwendungsfälle erschwert eine breitere Nutzerdurchdringung.
- Eine geringe horizontale und vertikale Vernetzung unter behördlichen Nutzern auf Landes- und kommunaler Ebene sowie die geringe Vernetzung zwischen privaten und behördlichen Nutzern verhindern den Transfer von Wissen über erfolgreiche Anwendungen und Methoden.

Zum Abbau dieser Barrieren empfiehlt die Evaluation, dass umfassende Maßnahmen zur Kommunikation von Möglichkeiten, Anwendungsfällen und Potenzialen der Nutzung von Copernicus-Daten zur Steigerung des Bekanntheitsgrads des Copernicus-Programms ergriffen werden. Darüber hinaus ist eine stärkere Vernetzung unter aktuellen und potenziellen Copernicus-Nutzern und insbesondere zwischen öffentlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren anzustreben.

Zuletzt wurden zwei Barrieren identifiziert, die die *rechtliche Grundlage* der Anwendung von Copernicus-Daten durch öffentliche Akteure sowie *externe Rahmenbedingungen* der privatwirtschaftlichen Copernicus-Nutzung betreffen:

- Eine unzureichende rechtliche Verankerung von Copernicus und Erdbeobachtungsmethoden in relevanten Verwaltungsrichtlinien und Gesetzestexten behindert die Akzeptanz in öffentlichen Einrichtungen.
- Eingeschränkte privatwirtschaftliche Möglichkeiten zur Risikoabsicherung gegenüber Systemausfällen oder Änderungen des Copernicus-Programms erhöhen potenzielle Kosten für privatwirtschaftliche Nutzer.

Um diesen Barrieren entgegenzuwirken, sollten Erdbeobachtungsdaten und die Nutzung des Copernicus-Programms als Arbeitsmethode in fachlich relevante nationale und internationale Verwaltungsrichtlinien, ebenso auf Landes- und kommunaler Ebene, aufgenommen werden. Zudem sollte geprüft werden, ob die Etablierung von Service Level Agreements als entgeltlicher Service über DIAS-Plattformen für privatwirtschaftliche Nutzer auf Nachfrage stößt und wie eine frühzeitige Kommunikation von geplanten Wartungsarbeiten weiter verbessert werden kann.

Entsprechend den aus der Evaluation gewonnenen Erkenntnissen kann davon ausgegangen werden, dass sich die aufgeführten Maßnahmen zum Abbau der identifizierten Barrieren innerhalb der nächsten fünf Jahre umsetzen lassen, ohne dass dabei die Struktur von Copernicus grundlegend geändert werden müsste.

5. Ausblick

Mit Blick auf die Zukunft von Copernicus in Deutschland in den nächsten fünf Jahren kann für die jeweiligen Sektoren Nachfolgendes prognostiziert werden, insofern die zuvor identifizierten Maßnahmen zur Reduzierung der Barrieren und Realisierung der Potenziale von Copernicus umgesetzt werden.

In der **öffentlichen Verwaltung** kann erwartet werden, dass die **Nutzung von Copernicus für die öffentliche Aufgabenerledigung in den kommenden Jahren deutlich zunehmen** wird. Dies lässt sich an behördenübergreifenden Kooperationen auf Bundes- und auf Landesebene sowie an verschiedenen Initiativen zum Aufbau landeseigener Copernicus-Plattformen festmachen. Dieser Trend spiegelt sich auch in den im Rahmen der Evaluation geführten Interviews wider: So strebt ein Großteil der befragten Nutzer zukünftig eine Ausweitung der Copernicus-Nutzung an.

Für die jeweiligen Ebenen im öffentlichen Sektor lassen sich unterschiedliche Prognosen formulieren.

- Im nachgeordneten Bereich der Bundesregierung wird sich Copernicus weiter etablieren, insbesondere in den Bereichen Verkehr (BMDV), Bevölkerungsschutz (BMI), Klima und Wirtschaft (BMWK) sowie Umwelt- und Naturschutz (BMUV). Im nachgeordneten Bereich des BMDV wird sich die Nutzung von Copernicus weiter ausweiten, insbesondere durch Anwendungen im Straßenwesen. Somit wird perspektivisch die klare Mehrheit der nachgeordneten Behörden Copernicus nutzen und weiter etablieren.
- Auf Landesebene wird sich die Nutzung von Copernicus zunehmend ausweiten. Diese Ausweitung wird sich voraussichtlich entlang bestehender Netzwerke – etwa im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) – und Pilotprojekten vollziehen und besonders in jenen Bundesländern stattfinden, in denen Copernicus derzeit immer mehr in Anwendung kommt und in denen notwendige Infrastrukturen für eine breitere Nutzung von Copernicus geschaffen werden. Die Landesebene wird sich damit als die föderale Ebene etablieren, die Copernicus am breitesten nutzt.
- Auf kommunaler Ebene wird sich die Nutzung von Copernicus nur langsam und vereinzelt ausweiten. Hier wird Copernicus vor allem in jenen Bundesländern verstärkt durch Kommunen genutzt werden, in denen bereits zentrale Copernicus-Strukturen auf Landesebene aufgebaut werden, wovon kommunale Nutzer profitieren können.

Zusammenfassend ist also einerseits davon auszugehen, dass die nächsten Jahre eine breitere Nutzerdurchdringung und Diversifizierung von Nutzergruppen und Anwendungsfällen von Copernicus mit sich bringen werden. Dennoch wird es perspektivisch Anwendungsbereiche geben, in denen sich Copernicus nur vereinzelt durchsetzen wird. Dies betrifft vor allem jene Themengebiete, in denen ein möglicher Einsatz von Erdbeobachtungsdaten zeitkritisch erfolgen müsste (u. a. Echtzeit-Einsätze im Sicherheitsbereich oder automatisiertes und vernetztes Fahren) oder in besonderem Maße von einer hohen räumlichen Auflösung abhängig ist (u. a. Echtzeit-Parkraum-Monitoring und Infrastrukturplanung im kommunalen Bereich).

Im **Privatsektor** kann erwartet werden, dass die **Nutzung von Copernicus** je nach Anwendungskontext **teils fortgeführt und ausgeweitet** wird, teils aber auch eine **anwendungsfallsspezifische Entscheidung zwischen Copernicus und kommerziellen Satellitendatenangeboten** bestehen bleibt:

- Copernicus wird weiterhin den Grundstein von Unternehmensgründungen und neuen Geschäftsmodellen in der Erdbeobachtungsbranche bilden. Die Nutzung erfolgt voraussichtlich vor allem durch spezialisierte Dienstleister und insbesondere Start-ups, die als Zwischennutzer verschiedene, sowohl auf den Privatsektor, vor allem aber auch auf die Verwaltung zugeschnittene Produkte und Leistungen anbieten.
- Die bereits zu beobachtende Internationalisierung des Absatzmarktes von Copernicus-Dienstleistungen sowohl deutscher als auch internationaler Unternehmen wird zunehmen – unter Umständen auch mit Ausrichtung auf öffentliche Einrichtungen innerhalb der EU – und zusätzliche Erlöspotenziale, aber auch internationale Konkurrenz mit sich bringen.
- Copernicus wird – unterstützt durch Hosting und Aggregation der Daten auf kommerziellen digitalen Plattformen – insbesondere eine größere Rolle im Rahmen von Big Data-Anwendungen und in Kombination mit weiteren Daten spielen. In diesem Zusammenhang werden privatwirtschaftliche Betreiber von Datenplattformen ihr Angebot an entgeltfreien und entgeltlichen Copernicus-Dienstleistungen ausweiten.
- Privatwirtschaftliche Copernicus-Nutzer werden künftig häufiger eine anwendungsfallsspezifische Entscheidung treffen, ob eine Verwendung von kommerziellen Satellitendaten, unter anderem der

New-Space-Branche⁶, die zwar nicht kostenfrei sind, aber eine höhere Auflösung aufweisen, eine wirtschaftliche Nutzungsalternative darstellen. Vor diesem Hintergrund könnte eine verstärkte Nutzung der Angebote von Unternehmen vor allem der *New-Space*-Branche sowie von Datenplattformen anstelle von Copernicus erfolgen, sodass Copernicus für verschiedene Marktsegmente obsolet werden könnte.

Zusammenfassend wird vor diesem Hintergrund davon ausgegangen, dass Copernicus in der Privatwirtschaft künftig auch weiterhin überwiegend von Dienstleistungsunternehmen und weiteren spezialisierten Fachkreisen genutzt wird. Das Copernicus-Programm wurde vor allem für die Nutzung in der öffentlichen Verwaltung konzipiert und richtet sich an den Bedarfen behördlicher Einrichtungen aus. Der Leistungsanspruch von Copernicus zielt explizit nicht darauf ab, die Bedarfe der Privatwirtschaft weitestgehend zu decken. Die vergangenen Jahre haben gezeigt, dass die vorherrschende **Koexistenz von privatwirtschaftlichen Angeboten und öffentlicher Datenbereitstellung zum Vorteil sowohl der Verwaltung als auch der Privatwirtschaft** sein kann. Statt diese aufzuheben, sollten die im Rahmen dieser Evaluation identifizierten Potenziale dieses Zusammenspiels weiter gehoben werden.

Diese Evaluation macht deutlich, dass das Angebot von Copernicus auch in Zukunft einen klaren Mehrwert als Wissensquelle und niedrigschwelliger Einstieg in die Arbeit mit Erdbeobachtungsdaten bieten wird. **Copernicus** kann langfristig einen bedeutenden **Beitrag zur Daseinsvorsorge**, zum **Erreichen politischer, ökonomischer und insbesondere klimatologischer Ziele** sowie zur **Steigerung der Effizienz von Verwaltungseinrichtungen** leisten. Somit kann Copernicus auch künftig seine Kernziele erfüllen und den autonomen Zugang zu Umweltwissen und Erdbeobachtung für die öffentlichen Hauptnutzer sicherstellen und gleichzeitig zur Unterstützung des Wirtschaftswachstums beitragen.

Zur Wahrung der positiven Effekte des Copernicus-Programms gilt die **kostenfreie, unbeschränkte und offene Datenpolitik als Erfolgsrezept**. Ohne diese würde die Nutzung von Copernicus innerhalb der öffentlichen Verwaltung stark zurückgehen – zu Lasten der identifizierten Potenziale beim Einsatz von Copernicus und damit letztendlich auch zu Lasten der Daseinsvorsorge. Mit Blick auf die Kernnutzer der öffentlichen Verwaltung unterstreicht dies die Notwendigkeit einer unabhängigen Bereitstellung dieses Wissens durch die öffentliche Hand.

⁶ Der Begriff „New Space“ beschreibt die Kommerzialisierung der Raumfahrt und ihre steigende Verzahnung mit der klassischen Wirtschaft. Die Gründung neuer Unternehmen mit hohem privatem Kapitaleinsatz, die Nutzung neuer Technologien und Methoden und die Verknüpfung mit dem IT-Sektor bilden die Grundlagen der *New-Space*-Branche. Die Branche ist geprägt von Start-ups, kleinen und mittelständischen Unternehmen sowie großen Systemintegratoren. Der privatwirtschaftliche Wettbewerb sorgt für Innovationen, die die Eintrittsbarrieren ins All und den Erdbeobachtungsmarkt senken. *New Space* schafft damit die Voraussetzungen für neue Anwendungen und datenbasierte Geschäftsmodelle.

2 Ausgangslage

2.1 Das Copernicus-Programm als souveräne, europäische Daten- und Informationsinfrastruktur

Mit dem Copernicus-Programm hat die Europäische Union (EU) gemeinsam mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) eine unabhängige Infrastruktur geschaffen, die langfristig Erdbeobachtungsdaten und Informationen für eine wissensbasierte europäische und nationale Politik bereitstellen soll. Wie im Rahmen dieser Evaluation gezeigt wird, ist diese Infrastruktur zur Erdbeobachtung hinsichtlich Form, Umfang und Vorgehen im internationalen Vergleich einmalig, insbesondere mit Blick auf die Tatsache, dass der Großteil der Copernicus-Daten als offene Daten für jedermann zur Verfügung steht.

Historisch gesehen ist das Copernicus-Programm aus dem europäischen Erdbeobachtungsprogramm *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES) entstanden, das im Jahr 1998 gegründet wurde und zunächst mit dem Fokus auf die Bereiche Umwelt und Sicherheit operierte. Die Copernicus-Verordnung der Europäischen Union aus dem Jahr 2014 bildet die Rechtsgrundlage zur Einrichtung und Gründung des Programms. In ihrem Rahmen wurde Copernicus für die Jahre 2014 bis 2020 mit einem Budget in Höhe von 4,3 Milliarden Euro ausgestattet.⁷ Die Fortführung des Programms für die Jahre 2021 bis 2027 mit einer Mittelausstattung von 5,42 Milliarden Euro wurde im Jahr 2021 in der EU-Weltraumverordnung festgeschrieben.⁸

Laut der Verordnung ist die Zielsetzung des Copernicus-Programms die Sicherstellung des autonomen Zugangs zu Umweltwissen und Schlüsseltechnologien für die öffentlichen Hauptnutzer aus dem Bereich Erdbeobachtung und Geoinformationen. So soll die eigenständige Entscheidungsfindung und ein eigenständiges Handeln der EU in den zentralen Anwendungsfeldern Umwelt, Klimawandel, Meere und maritime Tätigkeiten, Landwirtschaft und ländliche Entwicklung, Erhaltung des Kulturerbes, Katastrophenschutz, Land- und Infrastrukturüberwachung, Sicherheit sowie Digitalwirtschaft unterstützt werden.

Die Umsetzung von Copernicus soll dabei insbesondere mit den Zielen Transparenz, Unterstützung des Wirtschaftswachstums und der Schaffung von Arbeitsplätzen korrespondieren sowie auf freiem und offenem Zugang zu Copernicus-Daten und -Diensten basieren. Zur Realisierung des Potenzials von Copernicus in der Wirtschaft und der Gesellschaft sollen Maßnahmen zur Förderung der Nutzerakzeptanz über die öffentlichen Hauptnutzer hinaus intensiviert werden, indem die Daten auch für unerfahrene Nutzer zugänglich gemacht werden und der Wissenstransfer gefördert wird.⁹

Das Copernicus-Programm zieht bei der Weiterentwicklung die sich wandelnden Anforderungen der öffentlichen Hauptnutzer als primäre Grundlage heran, es sollen aber auch die Bedarfe neuer privater Nutzergruppen beachtet werden. Der Mehrwert von Copernicus besteht insbesondere in der kostenfreien, unbeschränkten und offenen Datenpolitik und wird als Grund für die starke internationale Nachfrage nach Copernicus-Daten und Copernicus-Informationen angesehen.¹⁰ Die Weltraumverordnung formuliert des-

⁷ Vgl. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2014) sowie European Commission, Directorate-General for Budget (2014).

⁸ Vgl. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021a).

⁹ Ebenda, S. 13.

¹⁰ Ebenda, S. 14.

halb für Copernicus den Leistungsanspruch, dass die „*langfristige und gesicherte Kontinuität der kostenfreien, unbeschränkten und offenen Bereitstellung von Daten und des kostenfreien, unbeschränkten und offenen Zugangs zu Daten unter allen Umständen gewährleistet werden muss*“.¹¹ Die Daten des Copernicus-Programms sollen von hoher Kohärenz, Kontinuität, Zuverlässigkeit und Qualität sein sowie nutzerfreundlich, einfach und effizient abgerufen, verarbeitet und ausgewertet werden können.

Die Verantwortlichkeiten für das Copernicus-Programm sind auf europäischer Ebene zweigeteilt. Die Europäische Kommission ist für die politische Koordination des Copernicus-Programms in der EU zuständig. Parallel dazu befasst sich die ESA mit der technischen Koordination der Weltraumkomponente des Programms und trägt mit eigenen Programmen – teils mit starker deutscher Beteiligung – zur Entwicklung und zum Bau der Sentinels bei.

Nationale Ausgangslage

Die EU-Mitgliedstaaten haben durch die Ausgestaltung einer nationalen Copernicus-Politik einen bedeutenden Einfluss auf die Nutzung der Copernicus-Daten und -Dienste. In der deutschen Copernicus-Strategie erkennt die Bundesregierung die Relevanz von Erdbeobachtungsdaten für die nationale und internationale Politik und die Erbringung öffentlicher und privatwirtschaftlicher Leistungen. Weiterhin spielt die Copernicus-Strategie bei der Finanzierung und Mitgestaltung von Copernicus eine maßgebliche Rolle. Aus Sicht der Bundesregierung trägt Copernicus „zur nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung, zur gesamtstaatlichen Sicherheitsvorsorge und zur Bewahrung unserer natürlichen Lebensgrundlagen bei“ und „unterstützt zudem den wissenschaftlichen Fortschritt, insbesondere in der Erdsystem- und Umweltforschung“.¹²

Die nationale Mitgestaltung, Implementierung und Umsetzung des Copernicus-Programms erfolgt in Deutschland federführend durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). Das BMDV koordiniert und konsolidiert die deutschen Interessen und stellt die Haushaltsmittel für den deutschen Beitrag zum Copernicus-Programm der ESA bereit. Die Raumfahrtagentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unterstützt und berät im Auftrag des BMDV die Bundesregierung bei der Begleitung des Copernicus Programms und der nationalen Umsetzung. Ergänzend dazu tragen die in den Fachbehörden verschiedener Ressorts angesiedelten nationalen Copernicus-Fachkoordinatoren und Fachexperten zur Unterstützung der Bundesregierung sowie zur Information und Vernetzung der behördlichen Nutzer bei. Zudem koordinieren und fördern die von der Europäischen Kommission als Botschafter eingesetzten Copernicus-Relays seit 2017 Aktivitäten rund um das Copernicus-Programm auf lokaler und regionaler Ebene.

Struktur des Copernicus-Programms

Den strukturellen Kern der Copernicus-Infrastruktur bilden sechs Sentinel-Missionen, unterstützt durch zahlreiche in-situ-Messsysteme verschiedener nationaler und supranationaler Akteure (s. nachfolgende Abbildung 1).

¹¹ Ebenda. S. 14.

¹² Bundesregierung (2017): S. 8.

	Sentinel-1	Sentinel-2	Sentinel-3	Sentinel-4	Sentinel-5P	Sentinel-6
Start	2014 (Sentinel-1A) 2016 (Sentinel-1B)	2015 (Sentinel-2A) 2017 (Sentinel-2B)	2016 (Sentinel-3A) 2018 (Sentinel-3B)	2023 (Sentinel-4A) 2032 (Sentinel-4B)	2017 (Sentinel-5P) Weitere ab 2024	2020 (Sentinel-6A) 2025 (Sentinel-6B)
Daten	Radardaten	Optische Daten (Multispektralbild)	Radardaten und optische Daten (Multispektralbild)	Optische Daten (Multispektralbild)	Optische Daten (Multispektralbild)	Radardaten
Instrumente	C-Band Radarinstrument mit synthetischer Apertur (SAR)	13-Kanal Multispektralinstrument (MSI)	Ocean and Land Colour Imager, Sea and Land Surface Temperature Radiometer, Radaraltimeter, Mikrowellenradiometer	UVN-abbildendes Spektrometer	Tropospheric Monitoring Instrument, UVNS (Ultra-violet Visible Nearinfrared Shortwave-infrared spectrometer)	U.A. Climate-quality microwave Radiometer), LRA (Laser Retroreflector Array)
Räumliche/zeitliche Auflösung	9–40 m (je nach Aufnahmemodus); 6 Tage	10–60 m Auflösung (je nach Spektralkanal); 5 Tage	300–1020 m Auflösung (je nach Instrument); < 2 Tage	8 km; 60 Minuten	5P: 7–68 km (Sentinel-5: 7,5–50 km); 1 Tag	8 km; 10 Tage
Einsatzbereich	Landüberwachung, Umwelt-/Naturschutz, Land-/Forstwirtschaft, Meeresumwelt, Küsten-, Binnengewässer und Schiffsverkehr, Georressourcen und -risiken	Landüberwachung, Umwelt-/Naturschutz, Land-/Forstwirtschaft, Meeresumwelt, Gewässerqualität, Katastrophenschutz und zivile Sicherheit	Landüberwachung, Umwelt-/Naturschutz, Meeresumwelt, Küsten- und Binnengewässer	Wetter und Klimawandel, Luftqualität, Atmosphärenchemie	Wetter und Klimawandel, Luftqualität, Atmosphärenchemie	Wetter und Klima, Meeresumwelt und Küstengewässer, Meeresspiegel

Abbildung 1: Sentinel-Missionen des Copernicus-Programms

Die technischen Betriebsaufgaben der Sentinel-Satelliten übernehmen die ESA und die EUMETSAT.

Ergänzend zu den Sentinel-Missionen und den in-situ-Daten stellen weitere Weltraummissionen ihre Daten dem Copernicus-Programm zur Verfügung. Diese sogenannten „beitragenden Missionen“ sollen durch die Zulieferung von komplementären, oftmals hochauflösten Daten sicherstellen, dass die vollständigen Erdbeobachtungsanforderungen der Hauptnutzer im öffentlichen Sektor erfüllt werden. Je nach Lizenzmodell werden die Daten entweder kostenfrei angeboten oder von der ESA hinzugekauft und können von öffentlichen Nutzern über das ESA Data Warehouse abgerufen werden. Die beitragenden Missionen umfassen beispielsweise die EUMETSAT-Missionen, die Wissenschaftsmissionen der ESA, nationale Missionen sowie kommerzielle europäische Missionen. Relevante deutsche Beiträge erfolgen unter anderem durch die Missionen TerraSAR (DLR/AIRBUS), TanDEM-X (DLR) sowie RapidEye Constellation (RapidEye AG).

Die Daten der Sentinel-Missionen, der in-situ-Messsysteme und der beitragenden Missionen werden als Rohdaten (Level 0), verarbeitete Daten (Level 1 oder 2) oder als weiterentwickelte Produkte der Copernicus-Dienste in den Themenbereichen *Landüberwachung*, *Überwachung der Meeresumwelt*, *Katastrophen- und Krisenmanagement*, *Überwachung der Atmosphäre*, *Überwachung des Klimawandels* und *Sicherheit* zur Verfügung gestellt. Die sechs Copernicus-Dienste stellen umfassende Grundlageninformationen kostenfrei bereit, die entweder direkt genutzt oder für vielfältige Anwendungen weiterverarbeitet werden können.

Die Copernicus-Daten und -Dienste können je nach Nutzergruppe über spezifische Datenportale bezogen werden. Die Datenzugänge sowie dazugehörige Kernindikatoren wie Nutzerzahlen, Publikations- und Download-Volumen werden im Abschnitt 2.2 *Nutzung des Copernicus-Programms in der Gesamtschau: Bereitstellung und Abruf der Copernicus-Daten* detailliert.

Nutzergruppen und Potenziale von Copernicus

Die politische und organisatorische Ausrichtung des Copernicus-Programms verdeutlicht die Fokussierung auf die behördliche Nutzung der Daten und Dienste. Dies spiegelt sich auch in der Weltraumverordnung

der Europäischen Union (2021) wider, in der europäische, nationale und regionale Behörden als Hauptnutzer definiert werden.¹³ Vor diesem Hintergrund ist die Integration von Copernicus in die Arbeitsabläufe öffentlicher Einrichtungen wesentliches Ziel des Copernicus-Programms. Dies beinhaltet auch ein weiteres zentrales Anliegen, nämlich die fortlaufende Gewährleistung einer sicheren, hochwertigen und umfassenden Infrastruktur, die öffentlichen Einrichtungen Zugang zu umfassenden und aktuellen Daten und Produkten zum Zustand der Erde bietet.

Während Copernicus-Daten und -Leistungen insbesondere an den Anforderungen öffentlicher Einrichtungen ausgerichtet werden, steht ein Großteil der Copernicus-Daten und -Dienste – ausgenommen der kostenpflichtigen kommerziellen beitragenden Missionen – als offene Daten zur Verfügung. Diese werden von Organisationen aus Forschung und Wissenschaft, Privatwirtschaft und Zivilgesellschaft weltweit genutzt.

In der privatwirtschaftlichen Nutzung der Copernicus-Daten liegt ein enormes wirtschaftliches Potenzial: Marktstudien bezifferten den volkswirtschaftlichen Nutzen von Copernicus in Europa auf insgesamt etwa 3,7 Milliarden Euro im Jahr 2020.¹⁴ Dabei wird insbesondere den Branchen und Anwendungsbereichen um die Themen (zivile) Sicherheit, Luftqualität, Öl- und Gassektor, Land- und Forstwirtschaft, Ozeanbeobachtung und erneuerbare Energien ein deutliches Wachstumspotenzial zugesprochen. Für das Jahr 2020 wurden in diesen Branchen mitunter hohe zweistellige Umsatzwachstumsraten mit teils über 25 Prozent ausgewiesen, sodass von einer andauernden dynamischen Entwicklung des wirtschaftlichen Potenzials in Europa auszugehen ist.¹⁵ Der mit dem wirtschaftlichen Potenzial im Zusammenhang stehende Datenabruf durch die Privatwirtschaft wird im folgenden Abschnitt 2.2 skizziert.

Mit dem wirtschaftlichen Potenzial von Copernicus geht auch eine äußerst dynamische Entwicklung der europäischen Fernerkundungsbranche einher, die in den Jahren 2015 bis 2020 ebenfalls zweistellige Wachstumsraten im Umsatz und in der Beschäftigung verzeichnete.¹⁶ Aus Sicht der Bundesregierung soll dieses wirtschaftliche Potenzial sowohl bei der Entwicklung und beim Bau von Erdbeobachtungssatelliten als auch im Downstream-Business-Sektor weiter ausgebaut, neue Produkte und Dienstleistungen ermöglicht und ein klarer volkswirtschaftlicher Beitrag durch Copernicus geleistet werden.¹⁷

2.2 Nutzung des Copernicus-Programms in der Gesamtschau: Bereitstellung und Abruf der Daten

Im Rahmen von Copernicus stehen den Hauptnutzern der öffentlichen Verwaltung sowie der Privatwirtschaft jeweils spezifische Datenzugänge bereit, über die Copernicus-Daten bezogen werden können. Nachfolgend werden die verschiedenen Strukturen der Datenbereitstellung dargestellt, bevor auf die jeweilige Entwicklung des allgemeinen Datenabrufs von den verschiedenen Portalen eingegangen wird.

¹³ Vgl. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021a).

¹⁴ Vgl. Europäische Kommission (2019).

¹⁵ Ebenda.

¹⁶ EARSC (2021a): S. 17, 25.

¹⁷ Bundesregierung (2017): S. 10–12.

Datenbereitstellungsinfrastruktur

Zunächst lässt sich feststellen, dass sich sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor eine umfangreiche Datenbereitstellungsinfrastruktur etabliert hat. Im zeitlichen Verlauf entstand eine Vielzahl von Datenportalen beziehungsweise Zugangsmöglichkeiten zu Copernicus-Daten und -diensten, die von den verschiedenen Nutzergruppen bedarfsspezifisch genutzt werden.¹⁸

Im öffentlichen Sektor fungiert das Datenportal CODE-DE¹⁹ als zentraler nationaler Zugangspunkt und ist auf nationaler Ebene der hauptsächlich genutzte Zugangspunkt für öffentliche Akteure.²⁰ CODE-DE gilt als eine sichere Arbeitsumgebung für Behörden und andere öffentliche Einrichtungen in Deutschland und bietet einen einfachen und effizienten Zugang zu Erdbeobachtungsdaten und eine virtuelle Arbeitsumgebung für die Prozessierung von Daten. Sie umfasst zudem Informationsmaterial und Schulungen zur Unterstützung der Nutzer. Daten des Copernicus-Programms werden seit 2017 über CODE-DE angeboten. Neben Sentinel-Daten und Leistungen der Copernicus-Dienste werden auch Daten beitragender Missionen, wie etwa Landsat, RapidEye, MODIS Terra/ Aqua, bereitgestellt. Zusätzlich stehen weitere Produkte und Dienste bereit, die von den CODE-DE-Nutzern (Community-Beiträge) zur Verfügung gestellt werden, wie beispielsweise der Landschaftsveränderungsdienst (LaVerDi) oder incora-Siedlungsflächenmonitoring.

Das Volumen der im Jahr 2020 bereitgestellten Daten beträgt mehr als 3.162 Terabyte (TiB) an Copernicus-Daten.²¹ Das Volumen der bereitgestellten Daten des Jahres 2020 verteilt sich wie folgt auf die jeweiligen Missionen:

- Sentinel-2: 1.427 TiB
- Sentinel-1: 926 TiB
- Sentinel-5P: 524 TiB
- Sentinel-3: 286 TiB

Im internationalen Vergleich liegt das Publikationsvolumen von CODE-DE mit 3.162 TiB deutlich über dem Durchschnitt der nationalen Datenzugänge von 2.039 TiB im Jahr 2020. Vor Deutschland liegen die vier Länder Luxemburg (10.213 TiB), Österreich (6.739 TiB), Norwegen (5.360 TiB) und Frankreich (3.439 TiB). Das Volumen der bereitgestellten Daten über die bei der ESA gelisteten nationalen Datenzugänge beträgt im Jahr 2020 insgesamt 34.665 TiB.²²

In Deutschland existieren neben CODE-DE weitere Datenzugänge für öffentliche Akteure.²³ Einige Bundesländer haben zudem für ihre Landesbehörden, wie etwa Landesumwelt- und Vermessungsämter, eigene

¹⁸ Die aus der umfangreichen Datenbereitstellungsinfrastruktur resultierende Komplexität des Datenzugangs wird im Kapitel 5 Barrieren und Potenziale näher betrachtet.

¹⁹ CODE-DE (2022a).

²⁰ Gemessen an der Anzahl an Nutzeranträgen für die Kontingente der Prozessierungsumgebung von CODE-DE liegt die behördliche Nutzung von CODE-DE bei 84 Prozent.

²¹ Vgl. ESA (2021b).

²² Die ESA hat insgesamt 20 Vereinbarungen zur Einrichtung von nationalen Datenzugängen („Mirror Sites“) geschlossen. Bis auf Kanada und Großbritannien liegen alle Staaten innerhalb der EU.

²³ Diese werden aufgrund einer nicht ausreichenden Informationslage nachfolgend nicht weiter differenziert. Hierzu gehören insbesondere die Serviceportale der Copernicus-Dienste, wie beispielsweise die von C3S und CAMS betriebenen Plattformen CDS und ADS, die sich vom CODE-DE-

Copernicus-Dateninfrastrukturen aufgebaut, beispielsweise das Land Nordrhein-Westfalen mit der Plattform CDI@IT.NRW.²⁴ Des Weiteren rufen einzelne öffentliche Akteure die Daten direkt über (private oder) öffentliche IT-Dienstleistungsunternehmen ab, die oftmals spezifische Fachverfahren im Auftrag der jeweiligen Nutzer-Behörden eingerichtet haben. Schließlich werden die Produkte spezifischer Copernicus-Dienste im Einzelfall auch über nationale behördliche Schnittstellen bezogen, die als zentrale Anlaufstellen für die Bedarfsanmeldung und Produktverteilung zuständig sind, etwa das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) bei Bedarf am Copernicus Emergency Management Service (CEMS) oder bei Produkten des Sicherheitsdienstes.

Privatwirtschaftliche Nutzer greifen ebenfalls über mehrere Datenzugänge auf Copernicus-Daten zu. Die meistgenutzten Datenplattformen sind der ESA Open Access Hub, die DIAS-Plattformen sowie der Sentinel Hub der Firma Sinergise.²⁵

Der Open Access Hub bietet einen kompletten, kostenfreien und offenen Zugriff auf Sentinel-1-, -2-, -3- und -5P-Daten über zwei verschiedene Schnittstellen. Allerdings sind die gleichzeitigen Downloads von Datensätzen beschränkt. Sentinel-1-Daten werden seit dem Start der Mission im Jahr 2014 angeboten. In den Folgejahren wurde der Open Access Hub nach den jeweiligen Satellitenstarts um die Daten von Sentinel-2 (2015), Sentinel-3 (2016) und Sentinel-5P (2017) erweitert. Das bereitgestellte Datenvolumen seit Betriebsbeginn liegt bei 24,87 Pebibyte (PiB)²⁶, davon wurden allein im Jahr 2020 7,65 PiB (31 %) Copernicus-Daten zur Verfügung gestellt.²⁷ Das Datenvolumen des Jahres 2020 setzt sich wie folgt zusammen:

- Sentinel-2: 4,15 PiB
- Sentinel-1: 2,22 PiB
- Sentinel-3: 1,13 PiB
- Sentinel-5P: 0,15 PiB

Die DIAS-Zugänge sind von der Europäischen Kommission finanzierte Plattformen, die es Nutzern ermöglichen, Sentinel-Daten und -Dienste aufzufinden sowie mit cloudbasierten Tools kostenpflichtig zu verarbeiten und herunterzuladen. Darüber hinaus besteht ein Zugang zu zusätzlichen kommerziellen Satelliten- oder in-situ-Datensätzen sowie Premium-Support-Angeboten. Der Vorteil der DIAS-Plattformen gegenüber dem Open Access Hubs besteht darin, dass eigene Anwendungen der Nutzer in der Cloud entwickelt und gehostet werden können, ohne dass große Dateimengen heruntergeladen und lokal verarbeitet werden müssen.

und DIAS-Angebot stark unterscheiden, über die verschiedene Daten und Produkte angeboten werden, die in den verschiedenen Anwendungsbereichen einen klaren Mehrwert bieten und entsprechend genutzt werden.

²⁴ Die Tatsache, dass Landesregierungen eigene Copernicus-Strukturen aufbauen, wird nachfolgend im Abschnitt 4.1 Copernicus-Nutzung in der öffentlichen Verwaltung betrachtet.

²⁵ Weitere privatwirtschaftliche Zugangsmöglichkeiten, die nicht näher betrachtet werden, sind: Amazon Web Services, das Google Earth Engine sowie der nationale Zugang CODE-DE oder als Partner in der Bereitstellung eines Copernicus-Services. Neben dem Open Access Hub existieren weitere von der ESA gehostete Datenzugänge: der Collaborative Hub, der International Hub und der Copernicus Services Hub, über die spezifische internationale Nutzergruppen und Dienste-Bereitsteller Zugang zu Copernicus-Daten erhalten.

²⁶ 1 Pebibyte = 2⁵⁰. Im Vergleich: 1 Tebibyte = 2⁴⁰.

²⁷ Seit Missionsstart wurden insgesamt folgende Datenvolumen bereitgestellt: Sentinel-1: 9,47 PiB (seit 2014), Sentinel-2: 12,02 PiB (seit 2015), Sentinel-3: 3,04 PiB (seit 2016) und Sentinel-5P: 0,35 PiB (seit 2017).

Der darüber hinausgehend genutzte Sentinel Hub der Firma Sinergise macht Sentinel-, Landsat- und andere Erdbeobachtungsdaten zugänglich und ermöglicht das Durchsuchen, Visualisieren und Analysieren der Daten in der Cloud oder in Kundenumgebungen. Die Plattform ist zudem auf die Entwicklung eigener Erdbeobachtungsanwendungen und die Integration von Methoden des maschinellen Lernens ausgelegt.

Datenabruf

Der Datenabruf der am häufigsten genutzten Datenportale CODE-DE im öffentlichen Sektor und Open Access Hub im Privatsektor wird nachfolgend exemplarisch betrachtet. Dazu werden drei Kernindikatoren ausgewertet:

- Nutzerzahlen
- Download-Volumen
- Nutzerkategorie und Anwendungsfeld

Der Blick auf den öffentlichen Sektor zeigt, dass sich das Portal CODE-DE großer Beliebtheit erfreut: Im Jahr 2020 waren 6.196 Nutzer registriert, davon waren im Jahr 2020 mit 2.448 Nutzern etwa 40 Prozent aktiv.²⁸ Im internationalen Vergleich der nationalen Datenzugänge liegt lediglich Frankreich mit 6.983 registrierten Nutzern seit Betriebsstart vor Deutschland. Deutschland weist mit Abstand die meisten aktiven Nutzer vor Großbritannien (699), Belgien (630) und Norwegen (150) auf, jedoch sind nur für 12 der 18 aktiven nationalen Datenzugänge Informationen über aktive Nutzer verfügbar.

Demgegenüber steht ein Download-Volumen von 737,2 TiB im Jahr 2020. Es wurden mit 689 TiB insbesondere Sentinel-2-Daten heruntergeladen, während die Daten der anderen Missionen weniger nachgefragt waren: Sentinel-3- mit 26 TiB, Sentinel-1- mit 22 TiB und 0,3 TiB Sentinel-5P-Daten. Im Vergleich mit anderen nationalen Datenzugangspunkten ist das Download-Volumen lediglich in Frankreich mit 1237 TiB höher als in Deutschland. Auf Deutschland folgen Norwegen (518 TiB), Luxemburg (414 TiB) und Österreich (186 TiB). Das über nationale Copernicus-Datenzugänge heruntergeladene Datenvolumen beträgt insgesamt 2426,88 TiB.

Insgesamt lässt sich somit feststellen, dass CODE-DE stark wachsende Nutzer- und Download-Zahlen verzeichnet, was auf ein verstärktes Interesse an Copernicus-Daten hindeutet, wenngleich die behördlichen Nutzer eine vergleichsweise kleine Nutzergruppe ausmachen. Nähere Informationen über die CODE-DE-Nutzer, etwa hinsichtlich Nutzerkategorie und Anwendungsfeld, stehen jedoch nur sehr grob und begrenzt zur Verfügung.

Rückschlüsse auf die Nutzung der Datenzugänge in der Privatwirtschaft lassen sich auf Basis der eingangs erwähnten Studie des Europäischen Verbands für Fernerkundung (EARSC) sowie des aktuellsten Annual Report 2020 der ESA ziehen.²⁹ So zeigt die EARSC Industry Survey 2021, dass vor allem der Copernicus Open Access Hub (ca. 35 %) sowie die DIAS-Plattformen (ca. 25 %) und der Sentinel Hub (ca. 25 %) von der Privatwirtschaft genutzt werden.³⁰

Der Open Access Hub verzeichnet wachsende privatwirtschaftliche Nutzerzahlen, sowohl weltweit, europäisch als auch aus deutscher Sicht: Die registrierten Nutzer im Jahr 2020 betragen insgesamt 384.100, davon 139.657 aus Europa und 21.445 aus Deutschland. Mit 5.199 Nutzern galten etwa 24 Prozent der

²⁸ Ein Nutzer gilt als aktiv, wenn mindestens ein Download im Kalenderjahr durchgeführt worden ist.

²⁹ Vgl. ESA (2021).

³⁰ EARSC (2021a): S. 45; Anmerkung: Ein Unternehmen kann einen oder mehrere Datenzugänge nutzen, um auf Copernicus-Daten zurückzugreifen.

registrierten deutschen Nutzer im Jahr 2020 als aktiv, davon waren 1.219 Sentinel-1-, 3.226 Sentinel-2- und 754 Sentinel-3-Nutzer.

Das Wachstum der registrierten Nutzer gegenüber dem Jahr 2019 betrug auf globaler Ebene 37 Prozent beziehungsweise 35 Prozent in Europa. Das Wachstum der registrierten Nutzer in Deutschland fiel im internationalen Vergleich etwas geringer aus und betrug gegenüber dem Vorjahr 30 Prozent. Im europäischen Vergleich stellt Deutschland mit über 21.000 Nutzern mit Abstand die größte Gruppe der registrierten Nutzer – vor Spanien (15.533 Nutzer), Italien (15.394 Nutzer), Großbritannien (15.244 Nutzer) und Frankreich (10.531 Nutzer).

Die Betrachtung des Download-Volumens zeigt, dass im Jahr 2020 insgesamt 33,77 PiB vom Open Access Hub heruntergeladen worden sind. Davon sind 8,19 PiB (24 %) Sentinel-1-, 17,73 (53 %) PiB Sentinel-2-, 4,27 PiB (13 %) Sentinel-3- und 3,58 PiB (10 %) Sentinel-5P-Daten. Im europäischen Vergleich zeigt sich, dass deutsche Nutzer oftmals an der Spitze der Download-Zahlen stehen. Im Jahr 2020 haben deutsche Nutzer, verglichen mit anderen EU-Staaten, die meisten Downloads der Missionen Sentinel-2 (ca. 4,7 Mio.) und Sentinel-3 (ca. 1,7 Mio.) Weitere Download-starke Länder innerhalb Europas sind Frankreich, Großbritannien, Polen und Norwegen. Für Sentinel-5P-Daten werden über den Open Access Hub keine geografischen Nutzerinformationen erhoben.³¹

Die Nutzer des Open Access Hubs lassen sich anhand der Nutzerkategorie und des primären Anwendungsfelds weiter veranschaulichen.³² So zeigt die Betrachtung der Nutzerkategorie, dass sich die weltweit aktiven Nutzer des Open Access Hubs im Jahr 2020 mit 49 Prozent beziehungsweise 42 Prozent vor allem den Kategorien Forschung und Bildung zugeordnet haben. 5 Prozent waren kommerzielle Nutzer, weitere 4 Prozent haben sich der Kategorie Sonstige zugeordnet. Auffällig ist, dass die kommerziellen Nutzer zwar nur 5 Prozent der Gesamtnutzerzahl darstellen, aber für über 40 Prozent der durchgeführten Downloads verantwortlich waren. Die Nutzer aus dem Bereich Forschung haben knapp 50 Prozent der Downloads durchgeführt, die Nutzer aus den Bereichen Bildung und Sonstige jeweils etwa 5 Prozent.

Mit Blick auf die tatsächlichen Anwendungsfelder ordnet sich mit 61 Prozent die Mehrheit der weltweit aktiven Nutzer dem Bereich Land zu, 8 Prozent der Nutzer dem Bereich Climate und 7 Prozent beziehungsweise 6 Prozent den Bereichen Marine und Atmosphäre. In den Bereichen Emergency und Security verorten sich jeweils weniger als 5 Prozent der Nutzer. Die meisten Downloads wurden mit 36 Prozent von Nutzern aus dem Anwendungsfeld Land durchgeführt, darauf folgen die Nutzer aus dem Bereich Atmosphäre mit knapp 20 Prozent der Downloads. Die durchgeführten Downloads von Nutzern aus den Bereichen Climate, Emergency und Marine liegen bei etwa 5 Prozent, der Bereich Security weist nahezu keine Downloads auf. Knapp 30 Prozent der Downloads erfolgte von Nutzern aus dem Anwendungsfeld Sonstiges.

Bezüglich der Nutzung des Open Access Hubs stellen deutsche Nutzer die größte Nutzergruppe in Europa dar und stehen auch beim Download-Volumen an der Spitze. Gleichzeitig fällt auch hier auf, dass die meisten Nutzer aus den Kategorien Bildung und Forschung stammen. Dies könnte den Schluss zulassen, dass privatwirtschaftliche Nutzer, insbesondere sogenannte „Power-User“ mit Bedarf an mehreren gleichzeitigen Downloads oder an Cloud-Verarbeitungsmöglichkeiten, über andere privatwirtschaftliche Datenzugänge auf Copernicus-Daten zugreifen, für die keine Daten vorliegen.

³¹ Es ist darauf hinzuweisen, dass die Verteilung der Nutzerzahlen und -Downloads nicht das vollständige nationale Interesse an den jeweiligen Sentinel-Daten widerspiegelt, da die Daten für privatwirtschaftliche Nutzer auch über nationale Spiegel-Websites, wie etwa CODE-DE, über die DIAS-Zugänge und weitere, eingangs angeführte private Datenportale zugänglich sind.

³² Es ist zu beachten, dass die freiwilligen Angaben nicht unabhängig überprüft werden können. Zudem können die Nutzer nur eine Nutzerkategorie und ein Anwendungsfeld auswählen sowie diese Angaben im Nutzungsverlauf nicht aktualisieren.

3 Evaluationsdesign

3.1 Zielsetzung dieser Evaluation

Um zu evaluieren, inwiefern die Potenziale des Copernicus-Programms auch in Deutschland in Wert gesetzt werden und Nutzer von den europäischen und nationalen Investitionen in Copernicus profitieren, bedarf es einer möglichst großen Transparenz darüber, wo die tatsächlichen Anwendungsformen von Copernicus und die Bedarfe von Nutzern und potenziellen Nutzern in Deutschland liegen.

Wie im vorangegangenen Kapitel dargestellt, werden die Copernicus-Daten sowohl als Rohdaten als auch in Form aggregierter Datenprodukte zur Verfügung gestellt. Da die Daten überwiegend als offene Daten bereitgestellt werden, besteht keine breite Transparenz hinsichtlich der Nutzerdurchdringung des Programms. Die Tatsache, dass Nutzer offener Daten in der Regel anonym bleiben und die umfassende Datenbereitstellungsinfrastruktur des Copernicus-Programms, die aus einer Vielzahl von öffentlich getragenen Datenportalen besteht und weitere kommerzielle Copernicus-Datenzugänge hervorgebracht hat, erschwert eine umfangreiche Nachverfolgung von Nutzern und Anwendungsbereichen.³³

Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Evaluation im Auftrag des BMDV das Ziel einer breiten „Rundumschau“ über die tatsächliche Nutzung der von Copernicus angebotenen Daten und Informationsprodukte in Deutschland. Der Evaluationsfokus liegt dabei auf der Darstellung und Bewertung der Nutzerdurchdringung in öffentlichen Einrichtungen, die gemäß der EU-Weltraumverordnung von 2021 die Hauptnutzer des Copernicus-Programms sind.³⁴ Zudem werden die Nutzerdurchdringung und die Potenziale von Copernicus-Daten und -Diensten auch im privatwirtschaftlichen Bereich mit einem Fokus auf den Downstream-Sektor in Deutschland bewertet.

Hierfür wurden Hauptnutzergruppen, Anwendungsfelder, die Art der Datennutzung sowie ein allgemeines Bild über den Reifegrad der Copernicus-Nutzung und die Nutzersicht auf die angebotenen Daten und Dienste in den genannten Sektoren ermittelt. Gleichzeitig wurden Barrieren aufgezeigt, die die Nutzung von Copernicus erschweren, und Potenziale für eine Ausweitung der Nutzerdurchdringung von Copernicus im öffentlichen sowie im privatwirtschaftlichen Sektor abgeleitet.

Zu Beginn der Evaluation wurde in Abstimmung mit dem BMDV festgelegt, dass eine Betrachtung der Copernicus-Nutzung in weiteren gesellschaftlichen Bereichen, beispielsweise in der Forschung oder der Zivilgesellschaft, außerhalb der Zielsetzung dieser Evaluation steht. Die vorliegende Evaluation bietet eine Übersicht über die Nutzerdurchdringung in der öffentlichen Verwaltung und im privatwirtschaftlichen Bereich, jedoch keine quantitativ vollständige Gesamtschau auf die tatsächlichen Nutzerzahlen, da die Datenbasis primär auf qualitativ durchgeführten und systematisch ausgewerteten Interviews beruht. Die Untersuchungsergebnisse können dennoch vorsichtige Rückschlüsse auf die tatsächliche Nutzerdurchdringung liefern.

³³ Daten über die Nutzungsintensität der verschiedenen Copernicus-Datenportale lassen Rückschlüsse auf die Art der Datennutzung zu. Im Rahmen der Evaluation wurden daher Daten des europäischen „Open Access Hub“ und der deutschen Copernicus-Plattform „CODE-DE“ ausgewertet und in die Bewertung integriert.

³⁴ Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021a): S. 91.

3.2 Vorgehen und Methodik

Die vorliegende Evaluation wurde im Zeitraum von August 2021 bis März 2022 erarbeitet und erfolgte in drei Phasen:

	1 Grundlagenbetrachtung	2 Datenerhebung	3 Datenauswertung
Untersuchungs- ergebnisse	Skizzierung Akteurs-Netzwerk von Copernicus Ableitung Copernicus-Wertschöpfungskette	Erhebung von Nutzern, Anwendungsfällen sowie der Nutzersicht auf Barrieren, Potenziale und Trends Formulierung und Weiterentwicklung Nutzungshypothesen	Validierung Nutzungshypothesen Konkretisierung Untersuchungs- ergebnisse Erarbeitung Fallstudien Ableitung Potenziale Verschriftlichung der Evaluation
Methodische Durchführung	Recherche-Arbeit Dokumentenanalyse (Studien und Gesetzestexte) Explorative Gespräche mit Experten/Expertinnen	Durchführung 116 semi-strukturierter Interviews mit tatsächlichen und potenziellen Nutzern	Qualitative und quantitative Interviewauswertung Durchführung Validierungsgespräche Durchführung Vertiefungsworkshop

Abbildung 2: Evaluationsvorgehen

Phase 1: Grundlagenbetrachtung

In einer ersten Phase wurden zunächst die verschiedenen an Copernicus beteiligten Akteure skizziert. Um den Untersuchungsgegenstand der Evaluation zu konkretisieren, wurde hierfür eine Wertschöpfungskette von Copernicus-Daten mit den vier Stufen *Datengenerierung, Datenbereitstellung, Datenzwischennutzung* und *Datenendnutzung* formuliert (siehe Abbildung 3).

Unter Datengenerierung lassen sich die Sentinel-Missionen als Kernstück von Copernicus und ein ergänzendes Netz an beitragenden Missionen sowie terrestrischen in-situ-Messsystemen fassen, das die Kalibrierung und Validierung von Satelliten-Daten ermöglicht.³⁵ Die Datenbereitstellung umfasst verschiedene Portale wie den Copernicus Open Access Hub oder die deutsche Plattform CODE-DE, über die Nutzer auf Copernicus-Daten zugreifen können. Datenzwischennutzer wiederum veredeln Copernicus-Daten zur Entwicklung und Bereitstellung von dedizierten Produkten oder Diensten. Am Ende der Wertschöpfungskette steht die Datenendnutzung, in der Copernicus-Rohdaten oder aufbereitete Produkte und Dienste in einen konkreten Anwendungsfall münden.

Da die vorliegende Evaluation auf Erkenntnisse über die *Nutzung* von Copernicus-Daten und -Diensten abzielt, fokussiert sie primär die beiden letzten Stufen der Datenzwischennutzung sowie Datenendnutzung. So werden in dieser Evaluation *Datenzwischennutzer* als jene Organisationen bezeichnet, die insbesondere die satellitengestützten Rohdaten von Copernicus aufbereiten, um sie in Form von Produkten oder Diensten – teils in Kombination mit weiteren Datenquellen – für die Nachnutzung in einem bestimmten Bereich bereitzustellen. Dies können unter anderem Unternehmen sein, deren Geschäftsmodell auf Datenveredelung

³⁵ Neben den Daten der Sentinel-Missionen und der in-situ-Messsysteme spielen zudem Modelldaten in ausgewählten Bereichen, beispielsweise im Klima- und Atmosphärenbereich, eine bedeutende Rolle. Diese wurden im Rahmen der Evaluation nicht gesondert betrachtet.

und Dateninwertsetzung beruht. Zudem werden die sechs Copernicus-Kerndienste von jeweils einer Bundesbehörde im nachgeordneten Bereich der Bundesregierung fachlich begleitet.³⁶

Datenendnutzer hingegen verwenden Copernicus für das Erbringen konkreter Verwaltungsleistungen oder zur Optimierung ihres Produktportfolios, beispielsweise in dedizierten Verwaltungsbereichen wie dem amtlichen Natur- und Umweltschutz oder privatwirtschaftlichen Bereichen wie Versicherungen und Infrastruktur.

Hierbei ist zu beachten, dass insbesondere im öffentlichen Sektor Organisationen sowohl Zwischen- als auch Endnutzer sein können. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn diese sowohl an der Entwicklung von Produkten und Diensten beteiligt sind als auch Copernicus in konkreten Anwendungsfällen selbst nutzen. Dies trifft unter anderem auf Fachverwaltungen im Bereich der Geoinformation und Vermessung auf Länderebene zu, die neben eigenen Anwendungen auch Copernicus-Daten aufbereiten, neue Methoden und Produkte entwickeln und diese für Nachnutzer, wie beispielsweise Kommunen, bereitstellen.

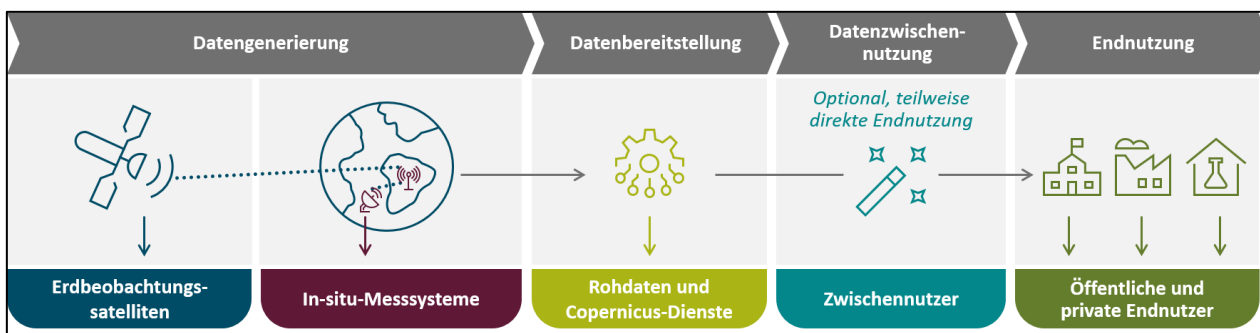


Abbildung 3: Copernicus-Wertschöpfungskette

Basierend auf öffentlich zugänglichen Dokumenten und Marktstudien³⁷ wurden zu diesem Zeitpunkt der Grundlagenbetrachtung auch mögliche Hauptnutzergruppen festgelegt. Diese erste Einschätzung diente als Arbeitshypothese, die im Verlauf der Evaluation falsifiziert beziehungsweise verifiziert wurde, indem Anwendungsfelder ergänzt (u. a. der Bereich Vermessung und Kartierung) oder gestrichen (u. a. der Bereich Tourismus) wurden.

In der öffentlichen Verwaltung wurden Hauptnutzer vor allem in den Bereichen Natur- und Umweltschutz, Landüberwachung, Katastrophen- und Krisenmanagement, Verkehr und Infrastruktur sowie Sicherheit vermutet, wobei alle drei föderalen Ebenen in den Blick genommen wurden. Für die Privatwirtschaft wurde der Evaluationsfokus basierend auf öffentlich zugänglichen Marktstudien zunächst auf die Branchen Land- und Forstwirtschaft, Versicherung und Finanzwirtschaft, Energie, Transport und Infrastruktur, Sicherheit und Verteidigung, Öl und Gas-Produktion, städtische Beobachtung, Tourismus, Meeresbeobachtung und Bevölkerungsschutz gerichtet.

Methodisch konzentrierte sich diese erste Phase auf die Recherche-Arbeit, die Analyse relevanter Dokumente sowie erste explorative Interviews mit Expertinnen und Experten.

³⁶ Beim Copernicus-Dienst für die Überwachung der Landoberfläche wird die fachliche Begleitung von zwei Bundesbehörden getragen, dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und dem Umweltbundesamt (UBA).

³⁷ Diese Quellen umfassten vor allem: BMVI/BMDV (2018): Nationales Copernicus Arbeitsprogramm 2018; Ergebnisberichte vom Nationalen Forum für Fernerkundung und Copernicus; PwC (2016): Study to examine the socio-economic impact of Copernicus in the EU; PwC (2017): Interim evaluation of Copernicus; PwC (2019): Copernicus Market Report. Eine vollständige Quellenübersicht ist dem Kapitel 7 Quellenverzeichnis zu entnehmen.

Phase 2: Datenerhebung

In der zweiten Phase, die die Hauptphase der Evaluation darstellt, erfolgte die Erhebung von Nutzern, Anwendungsfällen (im Privatsektor entlang der branchenspezifischen Verwendungsmuster) sowie der Sicht von Nutzern auf Barrieren, Potenziale und Trends bei der Nutzung von Copernicus. Über den Verlauf der Datenerhebung hinweg wurden Hypothesen über die Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten formuliert und iterativ weiterentwickelt. Hierfür wurden 116 semi-strukturierte Interviews durchgeführt.

Bei der Auswahl der Interviewteilnehmenden wurde wie folgt vorgegangen: In einem ersten Schritt wurden Gespräche mit den nationalen Fachkoordinatoren und Fachkoordinatorinnen geführt, die als zentrale Ansprechpersonen der sechs Copernicus-Dienste über ein breites Fachwissen in den verschiedenen Schwerpunktbereichen von Copernicus verfügen. Anschließend wurden im Schneeballverfahren weitere Nutzer identifiziert.

Um ein möglichst ganzheitliches Bild über die Nutzerdurchdringung von Copernicus zu erhalten, wurden gezielt Gespräche mit verschiedenen Akteursgruppen durchgeführt:

- **Aktive Nutzer:** Aktive Nutzer sind bereits in die Nutzung von Copernicus-Daten oder -Diensten eingestiegen. Dabei ist es unerheblich, ob die Nutzung in Form von ersten Pilotprojekten erfolgt oder bereits in eine regelmäßige Nutzung übergegangen ist.
- **Potenzielle Nutzer:** Neben Gesprächen mit Organisationen, die Copernicus bereits nutzen, wurden gezielt auch potenzielle Nutzer interviewt, um mögliche Einstiegsbarrieren bei der Nutzung von, aber auch Erwartungen an Copernicus zu erheben. Potenzielle Nutzer wurden durch die Kontaktaufnahme und Ansprache breiter Kreise von Organisationen in den beiden Sektoren (öffentlich und privat) identifiziert, die nicht im ursprünglichen Fokus der Evaluation (siehe oben) standen. Im Privatsektor wurden hierfür beispielsweise Unternehmen in den Bereichen Wein- und Hopfenanbau, der Automobilindustrie und der Immobilienbranche kontaktiert. Durch eine systematische Interviewanfrage der 40 größten Kommunen in Deutschland sowie Landeseinrichtungen aller 16 Bundesländer konnten verschiedene potenzielle Nutzer identifiziert werden.
- **Multiplikatoren und Netzwerke:** Zudem wurden Gespräche mit Vertretern zentraler, an Copernicus beteiligter Organisationen, wie der ESA und dem DLR, geführt. Auch Akteure, die Copernicus nicht direkt nutzen, aber in einem weiteren Sinne zum Copernicus-Netzwerk zählen, wie beispielsweise nationale und europäische Branchenverbände, wurden im Interviewprozess berücksichtigt.

Von den im öffentlichen Sektor geführten Interviews wurden rund 40 Prozent mit Vertreterinnen und Vertretern von Bundesinstitutionen durchgeführt sowie rund 40 Prozent mit Vertreterinnen und Vertretern von Landesbehörden; auf die kommunale Ebene entfielen etwa 20 Prozent. Mit Ausnahme des Bundeslandes Bremen³⁸ konnte mit Vertreterinnen und Vertretern aus allen Bundesländern gesprochen werden.

Im Privatsektor lag der Fokus primär auf Zwischennutzern im Bereich Datenveredelung (rund 60 % der durchgeführten Interviews), da sich im Verlaufe der Datenerhebungsphase gezeigt hat, dass die Nutzung von Copernicus auf dieser Stufe deutlich stärker ausgeprägt ist als bei der Datenendnutzung.

Die Interviews, die telefonisch oder über Videokonferenz durchgeführt wurden und in der Regel eine Dauer von 30 Minuten bis zu einer Stunde hatten, wurden protokolliert. Um Anonymität zu gewährleisten, werden Name und Position der interviewten Personen in der Evaluation nicht aufgeführt. Zur besseren Illustration

³⁸ Im Bundesland Bremen konnten trotz mehrfacher Interviewanfragen keine Interviews vereinbart und Nutzer erhoben werden.

von Anwendungsbeispielen wird in einzelnen Fallstudien jedoch auf bestimmte Organisationen im Copernicus-Ökosystem verwiesen, was mit den Organisationen jeweils abgestimmt ist.

Zusammenfassend wurde für die vorliegende Evaluation somit eine breite Datengrundlage geschaffen:

- 116 Interviews mit aktiven und potenziellen Nutzern im öffentlichen und privatwirtschaftlichen Sektor
- Eine ausführliche Dokumentenanalyse von relevanten Gesetzestexten und Studien
- Ergebnisse aus einem fachlich definierten Workshop mit rund 20 Teilnehmenden aus öffentlichem und privatem Sektor
- Verfügbare quantitative Kennzahlen, wie beispielsweise Download-Zahlen von Copernicus-Daten-Portalen

Eine genaue Übersicht über die Datenbasis ist der Abbildung 4 zu entnehmen:

Interviews	Öffentlicher Sektor	Privatsektor
Interviews insgesamt	59	57
Nutzer insgesamt	54	44
Aktive Nutzer	45	37
Potenzielle Nutzer	9	7
Datenbereitsteller/Plattformbetreiber	6	8
Nationale Fachkoordinatoren	6	–
Verbände	–	4
Sonstige Experten/Expertinnen	–	4
Dokumente (genaue Angaben im Quellenverzeichnis)		
EU-Verordnungen und weitere Gesetzestexte		
Strategien und Stellungnahmen öffentlicher Einrichtungen		
Verfügbare Studien öffentlicher und privater Organisationen		
Verfügbare quantitative Daten		
Daten zu Nutzerzahlen, Nutzerkategorien sowie publiziertem und heruntergeladenem Datenvolumen auf den Copernicus-Plattformen Open Access Hub und CODE-DE		
Workshop-Ergebnisse (thematischer Fokus: Infrastruktur-Monitoring)		
5 Präsentationen teilnehmender Akteure aus öffentlichem und privatwirtschaftlichem Sektor sowie Dokumentation der Diskussionsergebnisse		

Abbildung 4: Übersicht Datenbasis

Auf eine systematische Erhebung und anschließende Veröffentlichung von Erkenntnissen zur Nutzung von Copernicus im Sicherheitsbereich wurde in Abstimmung mit verschiedenen, diesem Bereich zuzuordnenden Organisation aufgrund der besonderen Schutzwürdigkeit dieser Informationen verzichtet.

Phase 3: Datenauswertung

In einer dritten Phase erfolgten schließlich die Datenanalyse, die Konkretisierung der Untersuchungsergebnisse sowie die Ableitung von Potenzialen für eine Ausweitung der Nutzerdurchdringung in Deutschland.

Hierfür wurden die Interviewprotokolle nach qualitativen und quantitativen Gesichtspunkten systematisch ausgewertet. Die qualitative Analyse fokussierte dabei insbesondere die Identifikation von möglichen Barrieren, Potenzialen und Trends in der Copernicus-Nutzung. Die Nutzerverteilung sowie die Angaben zur Datennutzung, Verwertbarkeit und Nützlichkeit der Copernicus-Daten und -Dienste wurden quantitativ ausgewertet.

Die Untersuchungsergebnisse wurden anschließend verdichtet und überprüft. Erreicht wurde dies durch verschiedene Validierungsgespräche mit Nutzern und Datenbereitstellern sowie die Durchführung eines Workshops zur Copernicus-Nutzung im Bereich Verkehr und Infrastruktur im Januar 2022 mit rund 20 Teilnehmenden aus dem öffentlichen Sektor und der Privatwirtschaft, in dem verschiedene Hypothesen frühzeitig verifiziert werden konnten.

Die Untersuchungsergebnisse wurden in regelmäßigen Abständen mit dem BMDV diskutiert. Zwischen Januar und März 2022 erfolgte abschließend die Verschriftlichung des Evaluationsberichts.

4 Nutzung und Effekte des Copernicus-Programms

In den folgenden Abschnitten werden zunächst die im Rahmen dieser Evaluation erlangten Erkenntnisse bezüglich der Copernicus-Nutzung in der öffentlichen Verwaltung (Abschnitt 4.1) und dem Privatsektor (Abschnitt 4.2) gesondert dargestellt. Ein abschließender Exkurs ordnet die deutsche Copernicus-Nutzung in einen internationalen Rahmen ein (Abschnitt 4.3).

Die Evaluationsergebnisse bezüglich der Copernicus-Nutzung im öffentlichen und privatwirtschaftlichen Sektor werden nachfolgend entlang von vier Leitfragen präsentiert:

- **Nutzerverteilung:** Wer sind die Hauptnutzergruppen von Copernicus im öffentlichen beziehungsweise privaten Sektor und wo liegen die wesentlichen Anwendungsbereiche?
- **Datennutzung:** Auf welche Daten und Dienste des Copernicus-Programms greifen Nutzer präferiert zurück und wie erfolgt die Datennutzung?
- **Nutzungszwecke:** Warum greifen behördliche beziehungsweise privatwirtschaftliche Nutzer auf Copernicus-Daten und -Dienste zurück und welchen Mehrwert bietet die Copernicus-Nutzung?
- **Nutzersicht:** Wie bewerten öffentliche beziehungsweise privatwirtschaftliche Nutzer die Nützlichkeit, den Umfang und die Nutzerfreundlichkeit der von Copernicus bereitgestellten Daten und Dienste?

Die Darstellung von Barrieren und Potenzialen erfolgt im Kapitel 5.

4.1 Copernicus-Nutzung in der öffentlichen Verwaltung

Das Copernicus-Programm ist maßgeblich darauf ausgerichtet, Daten und Informationen für eine wissensbasierte Politik und Entscheidungsfindung bereitzustellen und damit Maßnahmen im Umwelt-, Zivil- und Bevölkerungsschutz zu unterstützen.³⁹ Gemäß der im Jahr 2021 verabschiedeten EU-Weltraumverordnung sind europäische, nationale und regionale öffentliche Stellen die Hauptnutzer des Copernicus-Programms.⁴⁰ Mit ihrer Copernicus-Strategie verfolgt auch die deutsche Bundesregierung das Ziel einer bedarfsorientierten Ausrichtung des Programms, das „verlässlich aktuelle Informationen für die Erfüllung von Verwaltungsaufgaben auf den Ebenen von Bund, Ländern und Kommunen“⁴¹ bereitstellt.

In diesem Abschnitt werden die im Rahmen der Evaluation gewonnenen Erkenntnisse über die Copernicus-Nutzung in der öffentlichen Verwaltung entlang der oben aufgeführten Leitfragen präsentiert. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Mit Blick auf die *Nutzerverteilung* zeigt sich, dass sich Copernicus als wichtige Datenquelle im öffentlichen Sektor bereits in verschiedenen Bereichen etabliert hat. So wurden insbesondere auf Bundes- und auf Landesebene Nutzer identifiziert und Anwendungen in den Bereichen Vermessung und Kartierung sowie Natur- und Umweltschutz erfasst. Eine Nutzung von Copernicus auf kommunaler Ebene ist derzeit nur vereinzelt zu beobachten.

³⁹ Bundesregierung (2017): S. 4f.

⁴⁰ Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021a): S. 91.

⁴¹ Bundesregierung (2017): S. 8.

- In Bezug auf die *Datennutzung* zeigt die Evaluation, dass sich trotz der Ausrichtung des Copernicus-Programms auf die Bereitstellung bedarfsorientierter Dienste für behördliche Einrichtungen ein Trend hin zur Arbeit mit Copernicus-Rohdaten abzeichnet.⁴² Unter den satellitengestützten Rohdaten werden mehrheitlich Sentinel-2- und Sentinel-1-Daten genutzt. Im Großteil der erhobenen Anwendungsfälle werden diese Daten als komplementäre Datenquelle zu bereits bestehenden Datensätzen, wie beispielsweise Befliegungsdaten, herangezogen.⁴³

Mit Blick auf den Reifegrad der Nutzung zeigt die Evaluation außerdem, dass die behördliche Nutzung von Copernicus mehrheitlich vor allem im Rahmen von Pilotprojekten stattfindet. Dies ist zum einen auf verwaltungsspezifische Rahmenbedingungen und Barrieren zurückzuführen, die im Kapitel 5 ausgeführt werden. Zum anderen stellt Erdbeobachtung insgesamt ein vergleichsweise komplexes Anwendungsfeld⁴⁴ dar, das sich nur schrittweise in der öffentlichen Verwaltung etabliert.

- Die Erhebung wesentlicher *Nutzungszwecke* hat ergeben, dass behördliche Nutzer vor allem die breite und kostenlose Verfügbarkeit von Copernicus-Daten und -Diensten schätzen und sie in der Regel für eine qualitative Verbesserung der Daseinsvorsorge, eine Effizienzsteigerung von Verwaltungsaufgaben im Monitoring-Bereich sowie als perspektivische Maßnahme gegen den Fachkräftemangel im öffentlichen Dienst – ebenfalls insbesondere bezüglich personalintensiver Monitoring-Aufgaben – nutzen.⁴⁵
- Die *Nutzersicht* auf das Copernicus-Programm zeigt, dass gerade die hohe zeitliche Auflösung der satellitengestützten Daten von Copernicus (vor allem Sentinel-1 und Sentinel-2) sowie die Verfügbarkeit historischer Daten als mehrwertstiftend eingestuft werden. Die räumliche Auflösung der Copernicus-Daten und -Dienste wird je nach Anwendungsfall unterschiedlich eingeschätzt: Während Copernicus-Daten und -Dienste für großflächige Monitoring-Aufgaben (z. B. in den Bereichen Vegetation und Gewässer) gut geeignet sind, decken sie bei lokalen und zeitkritischen Anwendungen (u. a. im sicherheitsrelevanten Bereich) nur begrenzt den Bedarf behördlicher Nutzer ab.

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Evaluation, dass die öffentliche Hand Copernicus bereits in verschiedenen Anwendungsbereichen nutzt. Die Mehrheit der erhobenen Anwendungsfälle ist aber größtenteils noch in einem pilotbasierten Stadium zu verorten. Gleichzeitig zeichnet sich eine Ausweitung und Intensivierung der behördlichen Nutzung ab. Dies lässt sich an zahlreichen behördenübergreifenden Kooperationen auf Bundes- und insbesondere auf Landesebene sowie an verschiedenen Initiativen zum Aufbau landeseigener Copernicus-Plattformen festmachen. Dieser Trend spiegelt sich auch in den im Rahmen der Evaluation geführten Interviews wider: So strebt ein Großteil der befragten Nutzer zukünftig eine Ausweitung ihrer Copernicus-Aktivitäten an.

⁴² Die Copernicus-Kerndienste wurden in erster Linie zur Deckung der Bedarfe auf europäischer Ebene konzipiert und sind daher nicht primär auf die Anforderungen behördlicher Nutzer in Deutschland, beispielsweise auf kommunaler Ebene, ausgerichtet. Die hier dargelegten Beobachtungen enthalten zudem keine Aussage zu Qualität und Umfang der durch die Dienste bereitgestellten Daten und Produkte. Zudem variiert die tatsächliche Nutzung der Dienste zwischen den verschiedenen Diensten. Eine gesonderte, komparative Darstellung der Datennutzung je Copernicus-Dienst ist nicht Gegenstand dieser Evaluation.

⁴³ Erdbeobachtungs- beziehungsweise Fernerkundungsdaten werden gewöhnlich in Kombination mit weiteren Daten ausgewertet. Die komplementäre Datennutzung ist demnach kein Indikator für die Qualität oder Nützlichkeit der Copernicus-Daten.

⁴⁴ Im Vergleich zu klassischen Datenquellen, wie terrestrische Messdaten oder Befliegungsdaten, erfordert die Arbeit mit den satellitengestützten Daten des Copernicus-Programms neue Arbeitsmethoden (wie z. B. die Anwendung spezieller Software) sowie ein gewisses Fachwissen im Bereich der Erdbeobachtung.

⁴⁵ Gleichzeitig wurde im Rahmen der Evaluation erhoben, dass auch in Bezug auf Anwendungsbereiche der Erdbeobachtung ein Fachkräftemangel innerhalb der öffentlichen Verwaltung existiert. Dieser muss behoben werden, sodass Copernicus allgemein als Antwort auf den bereichsübergreifenden Fachkräftemangel in der Verwaltung eingesetzt werden kann. S. Kapitel 5 *Barrieren und Potenziale*.

Diese Untersuchungsergebnisse werden nachfolgend ausgeführt. Zudem werden anhand von Fallstudien gezielt innovative Anwendungsbeispiele vertiefend betrachtet.

4.1.1 Nutzerverteilung

Welche Hauptnutzergruppen konnten im öffentlichen Sektor identifiziert werden? Hier kommt die Evaluation zum Ergebnis, dass die Nutzerdurchdringung je nach thematischem Anwendungsbereich und föderaler Ebene sowie geografisch teilweise erheblich variiert:

- **Thematische Anwendungsbereiche:** Copernicus wird in der öffentlichen Verwaltung überwiegend in den Bereichen Vermessung und Kartierung sowie Natur- und Umweltschutz genutzt.
- **Föderale Verteilung:** Hauptnutzer sind insbesondere Landesfachämter sowie Bundeseinrichtungen verschiedener Ressorts. Die Nutzung von Copernicus durch Kommunen findet bisher nur vereinzelt und im Rahmen von Pilot- und Kooperationsprojekten⁴⁶ statt.
- **Geografische Verteilung:** In einigen Bundesländern, insbesondere Flächenländern, wurden vermehrt Nutzer sowie Anwendungsfälle erfasst. Hierzu zählen unter anderem Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Sachsen.

Thematische Anwendungsbereiche

Mit Blick auf die verschiedenen Anwendungsbereiche lässt sich ein relativ klares Bild erkennen. Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, fallen mehr als ein Drittel der im öffentlichen Sektor geführten Interviews auf den Bereich Vermessung und Kartierung; auf den Bereich Natur- und Umweltschutz immerhin 29 Prozent. Diese Umfrageergebnisse beziehen sich auf die im Rahmen der Evaluation erhobenen Stichproben, die jedoch Rückschlüsse auf die tatsächliche Nutzerverteilung im öffentlichen Sektor zulässt.⁴⁷ Als Hauptnutzer wurden in den Bereichen insbesondere Landesvermessungsämter sowie Landesumweltämter identifiziert.

Copernicus kommt ebenfalls in den Bereichen Verkehr und Infrastruktur, Klima und Atmosphäre, Sicherheit und Meeresumwelt zur Anwendung – wenngleich zu einem geringeren Anteil. Zudem wurden vereinzelt Nutzer in den Bereichen Krisen- und Katastrophenschutz, internationale Zusammenarbeit, Statistik sowie Stadt und Bau erhoben. Auch wenn demnach eine gewisse thematische Konzentration in der Copernicus-Nutzung vorliegt, wird dennoch deutlich, dass Copernicus in verschiedenen Anwendungsbereichen zum Einsatz kommt.

⁴⁶ Die kommunale Copernicus-Nutzung erfolgt größtenteils durch die Kooperation mit privaten Dienstleistungsunternehmen im Rahmen von staatlich geförderten Projekten oder durch die Beteiligung an überregionalen Projekten mit anderen Copernicus-Nutzern auf Landesebene und kommunaler Ebene.

⁴⁷ Die prozentualen Angaben beziehen sich auf die Anzahl der durchgeführten Interviews im Rahmen der Evaluation und gelten daher nicht für den gesamten öffentlichen Sektor. Diese Stichprobe kann vor dem Hintergrund, dass insgesamt rund 130 Interviewanfragen an Behörden verschickt wurden (bei einigen Behörden erfolgten Mehranfragen, Rücklaufquote insgesamt 46 %) und auch qualitative Interviewergebnisse, wie beispielsweise Einschätzung der Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen, in die Bewertung mit eingeflossen sind, dennoch eine gewisse Indikation auf die tatsächliche Nutzerdurchdringung liefern.

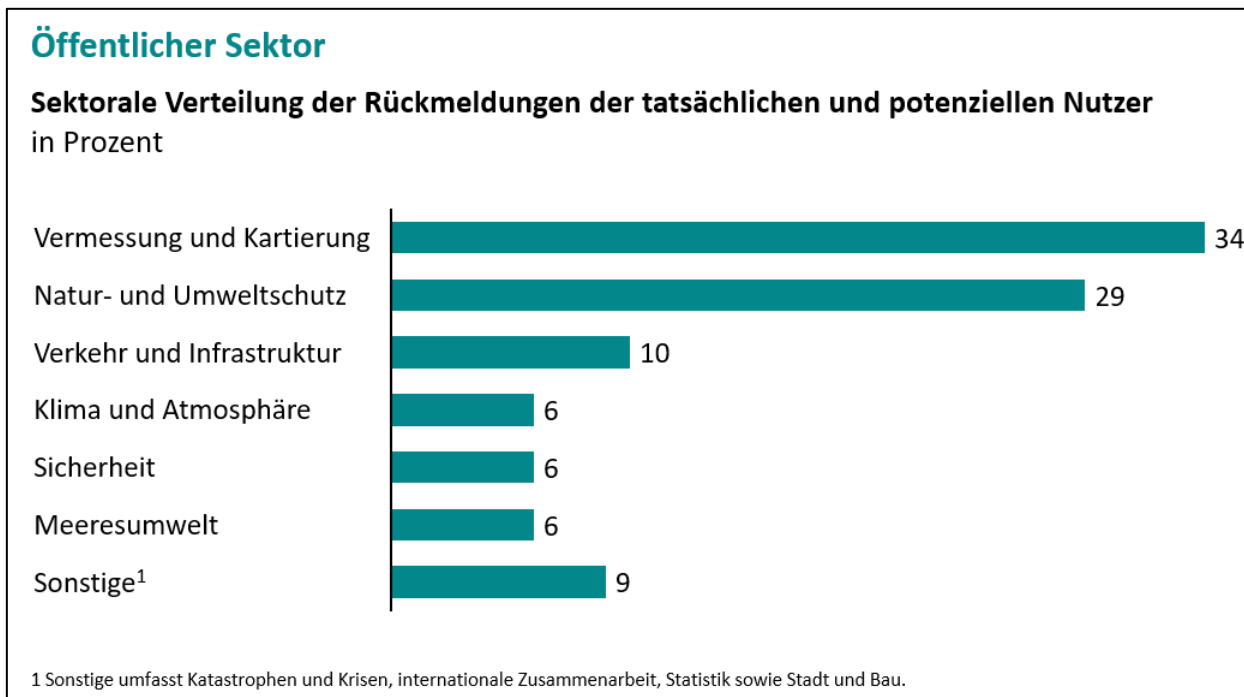


Abbildung 5: Verteilung der erhobenen aktiven und potenziellen Copernicus-Nutzer im öffentlichen Sektor auf verschiedene thematische Anwendungsbereiche

Dass sich in den Bereichen Vermessung und Kartierung sowie Natur- und Umweltschutz breitere Nutzerkreise herausgebildet haben, lässt sich auch auf einen Zuwachs themenbezogener Netzwerke zurückzuführen, die den Austausch über die Arbeit mit Copernicus ermöglichen und Anwendungen in die Fläche bringen. So findet ein regelmäßiger Austausch über Copernicus im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder statt. Als Beispiel sind AdV-Beschlüsse aus den Jahren 2017 und 2018 zu nennen, die das amtliche AdV-Datenmodell um die Komponenten Landbedeckung und Landnutzung erweitert haben. Die Aktualisierung der Landbedeckung soll jährlich mithilfe von Sentinel-2-Daten erfolgen.⁴⁸

Auch im Bereich Natur- und Umweltschutz ist eine Intensivierung der themenbezogenen Zusammenarbeit zu beobachten. Als Verbundvorhaben mehrerer Landesumweltämter gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Entwicklung wurde beispielsweise das Pilotprojekt „Copernicus leuchtet Grün“ angestoßen, in dem mithilfe von Copernicus-Daten automatisierte Lösungen für das behördliche Monitoring von Grünland entwickelt werden.⁴⁹

In anderen Bereichen, wie Verkehr und Infrastruktur sowie Klima und Atmosphäre, steht die Nutzung von Copernicus größtenteils noch am Anfang. Dies liegt zum einen daran, dass sich das nötige Fachwissen über Copernicus auf spezialisierte Fachkreise beschränkt. Diese beziehen sich dabei auf Mitarbeitende im öffentlichen Sektor, die dank ihrer Ausbildung über Erdbeobachtungsexpertise verfügen oder Copernicus und sein Vorgängerprogramm GMES bereits länger begleiten.

⁴⁸ Dieses Vorhaben wird aktuell im Projekt „Cop4ALL NRW“ (Copernicus für ATKIS, ALKIS und Landbedeckung in NRW) pilotiert: Hoffmann & Schultze-Lieckfeld (2020).

⁴⁹ Thünen-Institut (n. D.).

Insbesondere in den Anwendungsbereichen Klima- und Atmosphärenüberwachung findet eine Nutzung bisher größtenteils in Fachkreisen oder im wissenschaftsnahen Bereich statt. Zum anderen wurde im Rahmen der Interviews auf eine zum Teil noch ausbaufähige Datenlage hingewiesen. So befindet sich der Copernicus-Dienst zur Überwachung des Klimawandels C3S momentan noch in der Entwicklung.⁵⁰ Der Copernicus-Datenzugangspunkt für klimarelevante Daten, der *Climate Data Store*, wird aktuell noch mit Daten befüllt. Zudem müssen sich in diesen Bereichen erste Anwendungen noch in der Praxis bewähren (s. auch Fallstudie SAR4Infra im Abschnitt 4.1.3).

Föderale Verteilung

Mit Blick auf die verschiedenen föderalen Ebenen kommt die Evaluation zu dem Ergebnis, dass die Hauptnutzung von Copernicus auf Bundes- und Landesebene stattfindet.⁵¹

Auf Bundesebene wird Copernicus vor allem in den nachgeordneten Behörden der Bundesministerien für Digitales und Verkehr (BMDV), des Innern und für Heimat (BMI)⁵², für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) sowie Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) genutzt. Der Fokus der befragten Bundesbehörden liegt dabei mehrheitlich auf der Weiterentwicklung von Methoden im Bereich der Erdbeobachtung, der Kommunikation von Anwendungsfällen und Mehrwerten, der Beratung von politischen Entscheidungsträgern und Nutzern sowie teilweise der fachlichen Begleitung und Bereitstellung von Copernicus-Diensten.⁵³

Im Rahmen der Evaluation wurde insbesondere der Geschäftsbereich des BMDV in den Blick genommen: So wird Copernicus in der Schifffahrt und Gewässerkunde sowie der Klimatologie und Meteorologie bereits intensiv genutzt, beispielsweise bei der Entwicklung von Methoden für Wasserqualitätsmessungen, der Detektion von Wasserlandgrenzen sowie im Bereich der maritimen Sicherheit. Im Bereich des Schienenverkehrs wurden vereinzelt Anwendungsfälle erfasst (bspw. bei der Vegetationsüberwachung und Schadensermittlung), während die Copernicus-Nutzung bei den verantwortlichen Straßenverkehrsbehörden auf Bundesebene größtenteils noch am Anfang steht. Da den satellitengestützten Daten von Copernicus aber gerade für das Monitoring von Verkehrsinfrastruktur ein erheblicher Mehrwert beigemessen wird, streben die verantwortlichen Bundesbehörden momentan einen Ausbau ihrer Copernicus-Aktivitäten an.⁵⁴

In den Geschäftsbereichen der anderen Bundesressorts finden insbesondere Anwendungen (sowie deren Weiterentwicklung) in den folgenden Bereichen statt:

- BMI: Ausbau der Copernicus-Nutzung im Bevölkerungsschutz und der Katastrophenhilfe sowie durch Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), Landschaftsveränderung und Wirtschaftsstatistik

⁵⁰ Vgl. ESA 2022.

⁵¹ Dieses Ergebnis stellt eine Aktualisierung der Erkenntnisse des Nationalen Copernicus Arbeitsprogramms dar, in dem noch von einer vorrangigen Hauptnutzung auf Bundesebene ausgegangen wurde; vgl. BMVI/BMDV (2018).

⁵² Sicherheitsrelevante Anwendungen konnten im Rahmen der Evaluation nur begrenzt erhoben werden, da die verantwortlichen Behörden zur ermittlungsrelevanten Fragestellungen keine Angaben machen konnten.

⁵³ Die sechs Copernicus-Kerndienste werden jeweils von einer Bundesbehörde im nachgeordneten Bereich der Bundesregierung fachlich begleitet. Beim Copernicus-Dienst für die Überwachung der Landoberfläche wird die fachliche Begleitung von zwei Bundesbehörden getragen, dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und dem Umweltbundesamt (UBA).

⁵⁴ Diese Erkenntnisse stammen unter anderem aus einem im Rahmen dieser Evaluation durchgeführten, fachlich definierten Workshop zum Thema Infrastruktur-Monitoring mit rund 20 Teilnehmenden aus dem öffentlichen und privaten Sektor.

- BMUV: Vegetationsüberwachung, Erfassung urbaner Grünausstattung, Forst, erneuerbare Energie sowie Luftqualität und Luftschadstoffe
- BMEL: Landwirtschaftliche Bodennutzung, wie zum Beispiel im Bereich Agrarökonomie und Biodiversität mit einem Fokus auf unter anderem Fruchtartbestimmungen und Dauerlandgrün sowie Flächenstatistik
- BMWK: Bodenbewegung und Georisiken, Weiterentwicklung der Satelliteninfrastruktur sowie Förderung von Erdbeobachtungsmethoden sowie Downstream-Anwendungen

Neben der Bundesebene sind die Hauptnutzer von Copernicus ebenfalls auf der Ebene der Bundesländer angesiedelt. Auch wenn die Interviewstichprobe der vorliegenden Evaluation nicht repräsentativ für den gesamten öffentlichen Sektor ist, erlaubt sie dennoch Rückschlüsse auf die tatsächliche Nutzerverteilung: Rund 40 Prozent der im öffentlichen Sektor geführten Interviews fanden mit Vertretern und Vertreterinnen von Landesministerien und -behörden statt. Insbesondere Landesfachämter – allen voran Landesvermessungs- und Landesumweltämter – wurden hier als Hauptnutzer des Copernicus-Programms identifiziert.

Auch Landesbetriebe, beispielsweise in den Bereichen Straßenwesen oder Forst, sind bereits in die Copernicus-Nutzung eingestiegen oder greifen auf Daten der Landesfachämter zurück. Dass Copernicus verstärkt auch auf Ebene der Bundesländer genutzt wird, wurde vonseiten der Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen unter anderem damit begründet, dass die bereitgestellten Daten und Dienste gerade für Verwaltungsleistungen, die in den Zuständigkeitsbereich der Länder fallen, einen deutlichen Mehrwert bieten (siehe auch Abschnitt 4.1.3).⁵⁵ In einigen Bundesländern ist auch künftig eine fortschreitende Ausweitung der Copernicus-Nutzung zu erwarten. Das zeigen verschiedene Initiativen zum Aufbau landesweiter IT-Infrastrukturen und Datenplattformen eigens für Copernicus.⁵⁶ Diese Initiativen zielen darauf ab, speziell für die Bedürfnisse der Landes- und Kommunalverwaltungen aufbereitete Satellitendaten und in-situ-Daten bereitzustellen sowie einen zentralen Ort zur Speicherung und Prozessierung der Daten zu schaffen.

Dieser Trend hin zu eigenen Datenbereitstellungsstrukturen auf Landesebene – abseits bestehender Copernicus-Datenportale – verdeutlicht, dass einige Bundesländer den Mehrwert von Copernicus-Daten und -Diensten für ihre Verwaltung klar erkannt haben und mögliche technische Nutzungshürden eigenständig abzubauen beabsichtigen (s. auch Kapitel 5).

Auf kommunaler Ebene ist die Nutzung von Copernicus deutlich eingeschränkt. Hier konnten lediglich vereinzelte Anwendungsfälle ermittelt werden. Hierfür wurden insbesondere durch Interviews mit potenziellen Nutzern verschiedene Gründe identifiziert, die im Kapitel 5 vertieft werden: Neben einem Mangel an Fachexpertise und Ressourcen sind das Copernicus-Programm an sich sowie mögliche Anwendungsfälle noch nicht ausreichend bekannt. Zudem erfordern kommunale Anwendungen, beispielsweise in den Bereichen Flächenversiegelung oder Vegetationsüberwachung, oft eine hohe räumliche Datenauflösung – auch, um rechtssichere Entscheidungen fällen zu können. Vor diesem Hintergrund greifen Kommunen in der Regel auf die hochaufgelösten Befliegungsdaten der Länder (digitale Orthophotos) zurück.

Trotz dieser Hürden besteht auch bei potenziellen Nutzern auf kommunaler Ebene ein großes Interesse an Copernicus, beispielsweise für das Monitoring von Infrastruktur, Stadthitze und Luftqualität. Wie Copernicus auch auf lokaler Ebene zum Einsatz kommt, illustriert die folgende Fallstudie über die Nutzung von Copernicus durch Einsatzkräfte im Katastrophenfall.

⁵⁵ Das Vermessungswesen fällt beispielsweise in den Zuständigkeitsbereich der Länder: Konitzer (2019).

⁵⁶ Als Beispiel ist das Projekt Copernicus Daten Infrastruktur (CDI@IT.NRW) in Nordrhein-Westfalen zu nennen, in dem eine Prozessierungsplattform für Copernicus-Daten und verschiedene Anwendungsfälle aufgebaut wird; vgl. Geoportal.NRW (n. D.).

Fallstudie Copernicus für lokale Einsatzkräfte im Katastrophenfall

Herausforderung

Die verheerenden Folgen der Starkregenereignisse in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz im Jahr 2021 haben gezeigt, dass verantwortliche Behörden auch in Deutschland auf Extremwetterlagen besser vorbereitet sein müssen. Im Katastrophenfall müssen beispielsweise möglichst genaue und aktuelle Informationen zur Schadenslage vorliegen, um den Einsatz von lokalen Rettungskräften effizient zu steuern. Relevant sind unter anderem Informationen über die lokale Infrastruktur, um nachrückende Einsatzkräfte schnell und sicher ins Einsatzgebiet zu bringen.

Lösungsansatz mit Copernicus

Während der Hochwasserkatastrophe im Jahr 2021 haben das Forschungszentrum Nachbergbau und die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes mithilfe von Copernicus-Daten Informationen für lokale Einsatzkräfte (wie z. B. die Feuerwehr oder das technische Hilfswerk) bereitgestellt. Durch die Reflektanz der Radardaten der Sentinel-1-Mission wurden regelmäßig Wassermasken generiert, die die Ausdehnung von Wasserflächen über die Zeit visualisieren und somit auch den Rückgang von Wasserflächen nach dem Ereignisfall sichtbar machen. Die Wassermasken wurden über die nationale Plattform GeoHub (NPGeoHub) bereitgestellt.

Mehrwert und Innovationspotenzial

Durch die stete Generierung neuer Wassermasken aus aktuellen Sentinel-1-Daten kann bei der Einsatzplanung abgeschätzt werden, welche Infrastruktur befahrbar ist. Somit können nutzbare Rettungswege schnell erkannt sowie Voraussagen getroffen werden, wann ein Gebiet per Straße gegebenenfalls wieder erreichbar ist. In einem mehrstufigen System aus Spezialistinnen und Spezialisten, die im Hintergrund arbeiten, und Einsatzleitungen, die Ergebnisse (wie z. B. Wassermasken, s. Schaubild) anfordern, werden lokale Einsatzkräfte somit in die Lage versetzt, schnell, zielgerichtet und womöglich mit reduziertem Risiko für sich selbst zu agieren.



Wesentliche Erfolgsfaktoren

- Gute Abdeckung und Vielzahl von Spektralbereichen der Copernicus-Daten sowie einfacher Datenzugang
- Breites Wissen über Angebote auf Seiten der Einsatzleitung notwendig, entsprechende Feuerwehr- und Katastrophenschutz-Apps sowie Ausbildungsmodelle werden momentan konzipiert

Abbildung: Aggregierte Wassermasken basierend auf Sentinel-1-Daten bereitgestellt über die nationale Plattform GeoHub (NPGeoHub); Quelle: Esri

Geografische Verteilung

Auch geografisch variiert die Nutzerdurchdringung erheblich. So liegt in einigen Bundesländern eine höhere Nutzerdurchdringung vor, wobei grundsätzlich alle Bundesländer, mit denen im Rahmen der Evaluation Gespräche geführt wurden, eine Ausweitung ihrer Copernicus-Aktivitäten anstreben.⁵⁷ Insbesondere in den Flächenländern Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Sachsen wurden vermehrt Nutzer und Anwendungsfälle erhoben.

Dies liegt zum einen daran, dass die genutzten Copernicus-Daten für großflächige Analysen und Monitoring-Aufgaben gut geeignet sind. Zum anderen treiben verschiedene Nutzer in den genannten Bundesländern die Integration von Copernicus-Daten in Verwaltungsabläufe schon seit längerer Zeit voran. Neben den bereits erwähnten Pilotprojekten „Cop4ALL NRW“ und „Copernicus leuchtet Grün“, an denen verschiedene Akteure aus Nordrhein-Westfalen maßgeblich beteiligt sind, hat Schleswig-Holstein im Rahmen des Projekts „DLM Update“ schon vor längerer Zeit damit begonnen, Sentinel-2-Daten in die EDV-Strukturen der öffentlichen Verwaltung zu überführen.⁵⁸

Darüber hinaus wurden in den Bundesländern mit höherer Nutzerdurchdringung zum Teil dedizierte Strukturen und personelle Zuständigkeiten für Copernicus geschaffen. So gibt es beispielsweise mit der Leitstelle Copernicus beim Landesamt für Vermessung und Geoinformation in Schleswig-Holstein einen zentralen Ansprechpartner, der die Nutzung von Copernicus-Daten gezielt fördert und Copernicus-Produkte für Endnutzer bereitstellt – eine strukturelle Lösung, die auch in anderen Bundesländern zu einer höheren Nutzerdurchdringung führen könnte.

4.1.2 Art der Datennutzung

Nachdem die Hauptnutzergruppen von Copernicus in der öffentlichen Verwaltung identifiziert und verortet wurden, wird nachfolgend erörtert, *auf welche* Daten die Nutzer präferiert zurückgreifen und *wie* die Nutzung von Daten und -Diensten tatsächlich erfolgt. Hier zeigen sich in der Evaluation folgende Ergebnisse:

- **Daten- und Dienstnutzung:** Im öffentlichen Sektor überwiegt die Nutzung der satellitengestützten Sentinel-Rohdaten von Copernicus. Dabei wird mehrheitlich auf Sentinel-1- und insbesondere auf Sentinel-2-Daten zurückgegriffen. Die Copernicus-Kerndienste sowie spezialisierte Produkte werden in der öffentlichen Verwaltung zu einem geringeren Anteil genutzt.⁵⁹
- **Relevanz der Copernicus-Daten:** Im öffentlichen Sektor werden die mehrheitlich genutzten Sentinel-Daten fast ausschließlich in Verbindung mit weiteren Datenquellen, wie Befliegungsdaten oder terrestrischen Messsystemen, angewendet.⁶⁰
- **Reifegrad der Nutzung:** Bei der Mehrheit der erhobenen Anwendungsfälle findet die Copernicus-Nutzung im Rahmen von Pilotprojekten statt; eine Verstetigung – und damit die Integration in behördliche Arbeitsabläufe – wird in vielen Fällen jedoch angestrebt.

⁵⁷ Mit Ausnahme des Bundeslands Bremen wurde im Rahmen der Evaluation mit Vertretern und Vertreterinnen aus allen Bundesländern gesprochen. Trotz mehrfacher Anfragen konnten in Bremen keine Copernicus-Nutzer identifiziert werden.

⁵⁸ Völker et al. (2015).

⁵⁹ Die Copernicus-Kerndienste wurden in erster Linie zur Deckung des Bedarfs auf europäischer Ebene konzipiert und sind daher nicht primär auf die Anforderungen behördlicher Nutzer in Deutschland, beispielsweise auf kommunaler Ebene, ausgerichtet. Siehe Fußnote 43.

⁶⁰ Erdbeobachtungs- beziehungsweise Fernerkundungsdaten werden gewöhnlich in Kombination mit weiteren Daten ausgewertet. Die komplementäre Datennutzung ist demnach kein Indikator für die Qualität oder Nützlichkeit der Copernicus-Daten.

Daten- und Dienstenutzung

Auf welche Copernicus-Daten und -Dienste greifen behördliche Nutzer präferiert zurück? Hier zeigt die Evaluation, dass trotz der Ausrichtung des Copernicus-Programms auf spezifische Dienste im öffentlichen Sektor vor allem direkt mit Sentinel-Daten gearbeitet wird (s. Abbildung 6).

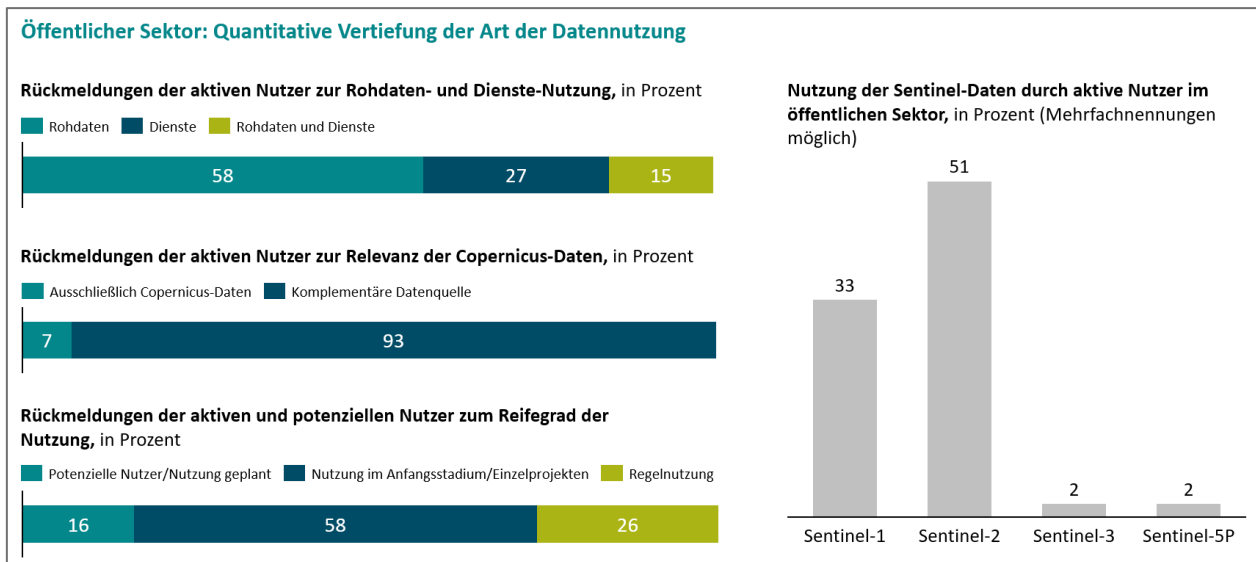


Abbildung 6: Art der Datennutzung im öffentlichen Sektor

So verwendet die Mehrheit der befragten behördlichen Nutzer (58 %) in ihren Anwendungsfällen die satellitengestützten Sentinel-Daten von Copernicus, während rund 30 Prozent ausschließlich auf spezialisierte Dienste zurückgreifen. Unter diesen 30 Prozent befinden sich fast ausschließlich Bundeseinrichtungen, die insbesondere die Dienste Sicherheit, Landüberwachung, Klima- und Atmosphäre, Katastrophen- und Krisenmanagement sowie Meeresüberwachung nutzen. Die Nutzung der Dienste Klima und Atmosphäre wurde nur vereinzelt erhoben.

Wiederum 15 Prozent gaben an, sowohl einzelne Sentinel-Daten als auch -Dienste zu nutzen. Unter diesen Akteuren finden sich insbesondere Bundesbehörden aus den Verwaltungsbereichen Natur- und Umweltschutz, Ernährung und Landwirtschaft, sowie Landesämter ebenfalls aus den Bereichen Landwirtschaft und Umwelt.

Dafür, dass die Nutzung von Rohdaten gegenüber der Nutzung von Copernicus-Diensten überwiegt, wurden vor allem drei Gründe ermittelt: Zum einen hat sich, wie im Kapitel 2 dargestellt, die Verfügbarkeit von hochwertigen Sentinel-Daten für behördliche Nutzer in Deutschland seit der Inbetriebnahme des Copernicus-Datenportals CODE-DE im Jahr 2017 sowie im Zuge eines Relaunchs der Plattform im Jahr 2020 verbessert und der Datenbezug vereinfacht. So sind seit 2018 beispielsweise Sentinel-2-Daten des Prozessierungslevels 2A⁶¹ über CODE-DE verfügbar, die als Ausgangsdaten für die meisten geowissenschaftlichen Analysen dienen, sowie wolkenfreie Mosaik der Sentinel-2-Daten vorhanden.⁶²

Zweitens wurde im Rahmen der Interviewdurchführung folgender Zusammenhang ersichtlich: Je erfahrener die Nutzer im Umgang mit Erdbeobachtungsdaten sind, desto eher wird die direkte Arbeit mit Sentinel-

⁶¹ Hierbei handelt es sich um eine verbesserte atmosphärenkorrigierte Version der optischen Sentinel-2-Daten.

⁶² DLR (2018).

Rohdaten bevorzugt. So ermöglicht die Arbeit mit Sentinel-Daten das Durchführen bedarfsorientierter Datenanalysen, das Verschneiden mit eigenen Datenquellen sowie das Erstellen und Bereitstellen spezifischer Karten oder Mosaik für die Nachnutzer. Behördliche Nutzer, so die Rückmeldung im Rahmen der durchgeführten Interviews, steigen momentan verstärkt in die Eigenentwicklung von Anwendungen ein, um sie passgenau auf eigene Fragestellungen und Herausforderungen auszurichten. Zudem haben behördliche Nutzer den Prozess des Datenbezugs und der Datenverarbeitung zum Teil an private Dienstleistungsunternehmen der Erdbeobachtungsbranche ausgelagert, die präferiert mit den satellitengestützten Rohdaten von Copernicus arbeiten (s. auch Abschnitt 4.2.2), oder beteiligen sich an Pilot- oder Forschungsprojekten, in denen mithilfe von Sentinel-Daten Anwendungen entwickelt werden. Darüber hinaus wurde auf die zum Teil niedrigere räumliche Auflösung der verschiedenen Copernicus-Dienste⁶³ verwiesen, die nach Angabe der befragten Nutzer vereinzelt auch längere Bereitstellungszeiten aufweisen.

Zudem sind die Produkte der Copernicus-Kerndienste laut der befragten Organisationen oft nicht passfähig mit den konkreten Problemstellungen oder Bedarfen der Behörden vor Ort. Dies ist nicht als Mangel an den durch die Dienste bereitgestellten Daten und Produkte zu werten – diese sind qua Definition und Konzeption eben insbesondere auf die europäischen Bedarfe und nicht auf einzelne nationale und insbesondere lokale Bedarfe zugeschnitten. Vor diesem Hintergrund sind die im Rahmen dieser Evaluation getroffenen Beobachtungen nicht als eine qualitative Aussage bezüglich der Qualität der Daten und Produkte der Dienste zu werten.

Schließlich haben nicht alle Copernicus-Dienste den gleichen Reifegrad erreicht: Während die Copernicus-Kerndienste in den Bereichen Katastrophen- und Krisenmanagement und Landüberwachung (beide seit 2012 aktiv) sowie Meeres- und Atmosphärenüberwachung (beide seit 2015 aktiv) bereits länger verfügbar sind, wird der Copernicus-Dienst zur Überwachung des Klimawandels (C3S) aktuell noch weiterentwickelt und vor allem in spezialisierten Fachkreisen genutzt. Auch der Copernicus-Dienst für Sicherheitsanwendungen wird laut der befragten Organisationen momentan noch ausgebaut. Gleichzeitig werden vorgefertigte Dienste nach Einschätzung der befragten Nutzer aber gerade für eine Nutzerausweitung auf kommunaler Ebene benötigt, wo die fachliche Expertise sowie die zeitlichen Ressourcen für die eigene Verarbeitung von Sentinel-Daten nicht gegeben sind.

Bei der überwiegenden Nutzung von Rohdaten gegenüber Daten und Leistungen der Dienste handelt es sich um eine Momentaufnahme, die zudem je nach Copernicus-Dienst stark variiert. Aus der Evaluation geht hervor, dass die Dienste, insbesondere in den Bereichen Sicherheit, Katastrophen- und Krisenmanagement, Atmosphären- und Meeresüberwachung bereits jetzt einen klaren Mehrwert für verschiedene Nutzer. Dieser Mehrwert und die Nutzung der Dienste wird sich perspektivisch erhöhen, insofern die Dienste weiterentwickelt werden und sich die Nutzung von Copernicus im Klima- und Umweltbereich ausweitet (s. Kapitel 6 *Ausblick*). Bei der Weiterentwicklung der Dienste sollten weiterhin die Bedarfe der Nutzer als zentrale Orientierung gelten.

In Bezug auf die Frage, auf *welche Daten* der aufgezeigten Datentypen behördliche Nutzer zurückgreifen, zeigt die Evaluation, dass unter den Sentinel-Daten die Nutzung der optischen Daten der Sentinel-2-Missionen überwiegt, gefolgt von Sentinel-1-Daten. Eine direkte Nutzung von Sentinel-3- und Sentinel-5p-Daten

⁶³ Als Beispiele wurden unter anderem spezialisierte Produkte des Copernicus-Dienstes zur Überwachung der Landoberfläche genannt, die für das Monitoring von Binnengewässern eingesetzt werden.

wurde nur in vereinzelten Fällen erfasst, beispielsweise für die Durchführung von Wasserqualitätsmessungen (Sentinel-3) oder Luftqualitätsmessungen (Sentinel-5p). Anwendungen von Sentinel-6-Daten wurden nicht identifiziert.⁶⁴

Mit Blick auf die Copernicus-Dienste wurden in erster Linie Anwendungen der Produkte des Copernicus-Dienstes zur Überwachung der Landoberfläche (von 11 % der Befragten genutzt) sowie von vergleichsweise spezialisierten Produkten, wie der BodenBewegungsdienst Deutschland (BBD) oder CleanSeaNet (von jeweils 4 % der Befragten genutzt), erfasst.

Für die mehrheitliche Nutzung von Sentinel-1- und vor allem Sentinel-2-Daten lassen sich folgende Gründe aufführen: Zum einen sind Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten bereits am längsten verfügbar. Sentinel-1A ist seit 2014 (1B seit 2016) und Sentinel-2A seit 2015 (2B seit 2017) in Betrieb, während Sentinel-3A im Jahr 2016 (3B seit 2018) und Sentinel-5p erst 2017 gestartet worden sind. Die Daten der Sentinel-1- und Sentinel-2-Missionen haben somit den größten Bekanntheitsgrad und werden bereits am längsten von öffentlichen Einrichtungen genutzt. Gerade wenn spezialisierte Anwendungen auf bestimmten Datentypen beruhen, können gewisse „Lock-in“-Effekte den Umstieg auf neu verfügbare Daten verzögern, insbesondere wenn der Umstieg mit technischem Aufwand verbunden ist.

Zum anderen sind die optischen Satellitendaten der Sentinel-2-Missionen für einen großen Teil der erhobenen Anwendungsfälle, beispielsweise im Bereich Vermessung und Kartierung, gut geeignet und in ihrer Anwendung am ehesten mit den klassischen Befliegungsdaten (digitale Orthophotos) der Vermessungsverwaltung vergleichbar. So wurde vonseiten der befragten Organisationen erklärt, dass der Einstieg in die Copernicus-Nutzung häufig über Sentinel-2-Daten erfolgt und sich hier teils bereits Nutzernetzwerke (bspw. die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen) herausgebildet haben, die den Einstieg erleichtern. Die Radardaten der Sentinel-1-Missionen wiederum liefern wertvolle Informationen über flächenhafte Höhenveränderungen, ermöglichen genaue Bewegungsmessungen und sind unabhängig von Bewölkung und Tageslicht. Sentinel-1-Daten eignen sich somit insbesondere für traditionell hoheitliche Monitoring-Aufgaben, beispielsweise in den Bereichen Georisiken oder Katastrophen- und Krisenmanagement.

Die Nutzung von Sentinel-5p-Daten wurde nur vereinzelt auf kommunaler Ebene in einem Pilotprojekt erhoben. Die Tatsache, dass die Daten der 5p-Mission bisher nur vereinzelt genutzt werden, ist einerseits auf die dargelegte Genese der Sentinel-Daten und ihrer Nutzung zurückzuführen. Andererseits könnte dies aber auch damit im Zusammenhang stehen, dass beispielsweise die kommunale Überwachung von Luftqualität ein vergleichsweise neues Verwaltungsaufgabenfeld ist – im Gegensatz beispielsweise zu Vermessung und Katasterwesen – und die Nutzung von Erdbeobachtungsdaten für diesen Zweck ein neues und bisher kaum erprobtes Instrument darstellt. Aufgrund der geringen Anzahl an erhobenen Anwendungsfällen kann dies nicht abschließend geklärt werden.

Auch im Bereich der Nutzung von Sentinel-3-Daten wurden nur einzelne Pilotprojekte im Bereich der Überwachung von Wasserqualität erhoben. Während die Ergebnisse der Pilotierung einen klaren Mehrwert der Nutzung von Copernicus erkennen lassen, findet eine breitere Nutzung aufgrund der geringen Bekanntheit von Copernicus und insbesondere der Potenziale einer Copernicus-Nutzung (s. Kapitel 5 *Barrieren und Potenziale*) nicht statt. Auch hier kann aufgrund der geringen Anzahl an erhobenen Anwendungsfällen keine abschließende Einschätzung gegeben werden.

⁶⁴ Die Tatsache, dass keine Anwendung der Sentinel-6-Daten erhoben wurde, bedeutet nicht, dass eine behördliche Nutzung von Sentinel-6-Daten nicht stattfindet – mögliche Anwendungen im Rahmen der Stichprobe von knapp 60 Interviews wurden lediglich nicht erfasst.

Relevanz der Copernicus-Daten

Im Rahmen der Evaluation wurde ferner ermittelt, welcher Stellenwert Copernicus-Daten in bestehenden Anwendungen im Vergleich zu anderen Datenquellen zukommt. Hier zeigt die Evaluation ein klares Bild: Copernicus-Daten werden im öffentlichen Sektor grundsätzlich in Kombination mit anderen Daten verwendet.

Wie in der Abbildung 6 zu sehen ist, werden Copernicus-Daten fast ausschließlich (bei 93 % der befragten Nutzer) als komplementäre Datenquelle zu bestehenden Datensätzen genutzt. Als weitere bestehende Datensätze wurden vor allem klassische Befliegungsdaten sowie Daten aus Drohnenbefliegungen oder aus lokalen Messsystemen (u. a. Sensoren und Reflektoren) genannt, die behördliche Nutzer als Referenzdaten selber erheben. Dieses Untersuchungsergebnis sollte differenziert betrachtet werden, da sich die Mehrheit der Befragten auf die Sentinel-Daten und somit auf die Weltraumkomponente des Copernicus-Programms bezogen haben.

Für den Großteil der aktiven Nutzer spielen jedoch auch die von Copernicus oder von beteiligten deutschen Organisationen wie vom Deutschen Wetterdienst (DWD) bereitgestellten in-situ-Daten eine zentrale Rolle und werden vermehrt in Anwendungen integriert. Als Beispiele sind hier lokale Wasser- oder Luftqualitätsmessungen zu nennen. Während die Mehrheit der Befragten bei satellitengestützten Daten ausschließlich Copernicus nutzen, greifen auch behördliche Nutzer vereinzelt auf höherauflösende Satellitendaten, wie TerraSAR-X Daten, zurück.

Auch wenn die Sentinel-Daten in der Regel also hauptsächlich als ergänzende Datenquelle herangezogen werden und für behördliche Anwendungen weitere Referenzdaten und Geoinformationen notwendig sind, sollte das Copernicus-Programm mit seiner umfassenden Dateninfrastruktur als Ganzes betrachtet werden. Eine ausschließliche Nutzung von Copernicus-Daten wurde nur in vereinzelten Fällen erhoben. Diese findet in der Regel dann statt, wenn in bestimmten Situationen ausschließlich auf Copernicus-Produkte oder -Dienste, wie den Copernicus-Dienst für Katastrophen- und Krisenmanagement EMS, zurückgegriffen werden kann oder Anwendungen darauf ausgerichtet sind, die Nützlichkeit von Copernicus-Daten (primär Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten) unter Beweis zu stellen, wie in der Fallstudie SAR4Infra im Abschnitt 4.1.3 illustriert.

Die Relevanz von Copernicus-Daten sollte auch vor dem Hintergrund bewertet werden, dass Copernicus-Daten als ergänzende Datenquelle herangezogen werden, um existierende Verwaltungsleistungen zu optimieren (s. Abschnitt 4.1.3). Obgleich die überwiegende Mehrheit der erhobenen Verwaltungsleistungen auch vor dem Einstieg in die Copernicus-Nutzung erbracht wurden, eröffnet die Hinzunahme von Copernicus die Chance, den Verwaltungsaufwand erheblich zu reduzieren.

Reifegrad der Nutzung

Mit Blick auf den Reifegrad wird durch die Evaluation deutlich, dass die Copernicus-Nutzung im öffentlichen Sektor größtenteils noch im Rahmen von Pilotprojekten stattfindet. So gab mehr als die Hälfte (58 %) der im Rahmen der Evaluation befragten Behörden an, Copernicus im Anfangsstadium oder im Rahmen von Einzelprojekten zu nutzen. Zu den Nutzern im Anfangsstadium gehören Behörden, die bereits in das Experimentieren mit Copernicus-Daten oder -Diensten eingestiegen sind sowie erste konkrete Anwendungsfälle anvisieren oder sich an überregionalen Leuchtturmprojekten beteiligen, zu denen verschiedene öffentliche

Institutionen (in-situ-)Daten beisteuern oder Testgebiete zur Verfügung stellen.⁶⁵ Bei der Mehrheit der befragten Behörden, die in diese Kategorie fallen, wird eine Fortführung oder auch Ausweitung der Anwendungsfälle angestrebt.

Gerade durch überregionale Leuchtturmprojekte wird der Austausch über Copernicus unter behördlichen Nutzern über Bundesländergrenzen und föderale Ebenen hinweg gefördert. Zudem bringen sie die Expertise von Unternehmen der Erdbeobachtungsbranche mit ein und entwickeln neue Methoden und Anwendungsfälle für die Fläche.

Bei rund einem Viertel der Befragten ist die Copernicus-Nutzung weiter ausgereift: Hier wurden erste Anwendungen oder Pilotierungen in den operationellen Betrieb beziehungsweise die regelmäßige Erledigung von Verwaltungsaufgaben übersetzt und Copernicus wird nun regelmäßig im Zuge der Aufgabenerledigung genutzt. Dies trifft primär auf zwei Nutzergruppen zu: Diese sind zum einen die bereits erwähnten Hauptnutzer auf der Ebene der Landesfachämter. So gehört die Arbeit mit Geodaten – und zunehmend auch mit Erdbeobachtungsdaten – zum Kerngeschäft von Fachämtern im Bereich Vermessung und Kartierung. Neben der eigenen Nutzung werden Copernicus-Daten hier auch vermehrt weiterverarbeitet, um sie in Form von Karten für weitere Endnutzer bereitzustellen, wie für Forst- und Bergbaubehörden oder auch für Kommunen.

Zum anderen sind hier behördliche Nutzer zu nennen, die vorgefertigte Copernicus-Produkte oder -Dienste, etwa in den Bereichen Land- und Umweltüberwachung, in ihre Arbeitsabläufe integriert haben. So wird beispielsweise der von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe bereitgestellte BodenBewegungsdienst Deutschland regelmäßig im Bereich der Untertagenutzung oder zur Beobachtung von kritischer Infrastruktur eingesetzt.⁶⁶ Ein weiteres Beispiel ist die Verwendung des Dienstes CleanSeaNet im Bereich der maritimen Sicherheit und Schadstoffunfallbekämpfung, der von den verantwortlichen Stellen durchgängig genutzt wird. Wie die Anwendung von CleanSeaNet erfolgt und welche Mehrwerte sich daraus ergeben, wird in Form einer Fallstudie am Ende dieses Abschnitts vertieft (s. unten). Wiederum 16 Prozent der im öffentlichen Sektor geführten Gespräche fanden mit potenziellen Copernicus-Nutzern statt. Diese verwenden Copernicus aktuell noch nicht, ziehen eine Nutzung aber in Betracht. Sie sind demnach mit dem Copernicus-Programm vertraut und eruieren mögliche Anwendungsfälle und Potenziale. Potenzielle Nutzer wurden primär auf kommunaler Ebene erfasst.

Die Aussage, dass die Copernicus-Nutzung im öffentlichen Sektor größtenteils noch in einem Projektstadium zu verorten ist, sollte differenziert betrachtet werden. Wie zu Beginn des Kapitels dargelegt, ist die Arbeit mit Erdbeobachtungsdaten insgesamt ein komplexes Werkzeug, das Fachexpertise und das Einführen neuer Methoden und Ansätze erfordert, wie beispielsweise das Durchführen regelmäßiger Analysen oder die Nutzung spezifischer Software.⁶⁷ Es ist somit nicht verwunderlich, dass sowohl der Einstieg in die Copernicus-Nutzung als auch die Verstetigung von Einzelprojekten im Verwaltungskontext durchaus komplex sind. In solchen Fällen werden nach Angaben der Befragten vor allem projektunabhängige Stellen benötigt, die im nachgeordneten Bereich und auf Landes- und Kommunalebene nur schrittweise etabliert werden können, sowie mehr zeitliche Ressourcen gebraucht, um neben bestehenden Aufgaben auch den Bereich der Erdbeobachtung abzudecken. Die Bedarfe von behördlichen Nutzern werden nach Angaben der befragten Behörden aber zunehmend auf der Leitungsebene erkannt und auch bei der weiteren Ausgestaltung des Copernicus-Projekts verstärkt berücksichtigt.

⁶⁵ Dies ist unter anderem in den bereits erwähnten Pilotprojekten „Cop4ALL NRW“ und „Copernicus leuchtet Grün“ der Fall.

⁶⁶ BodenBewegungsdienst Deutschland (2022).

⁶⁷ Sentinel-Daten können unter anderem mit der Open-Source-Software SNAP der ESA verarbeitet werden: Hohmeister et al. (2018): S. 55f.

Fallstudie Havariekommando: Öldetektion auf Nord- und Ostsee mithilfe von CleanSeaNet

Herausforderung

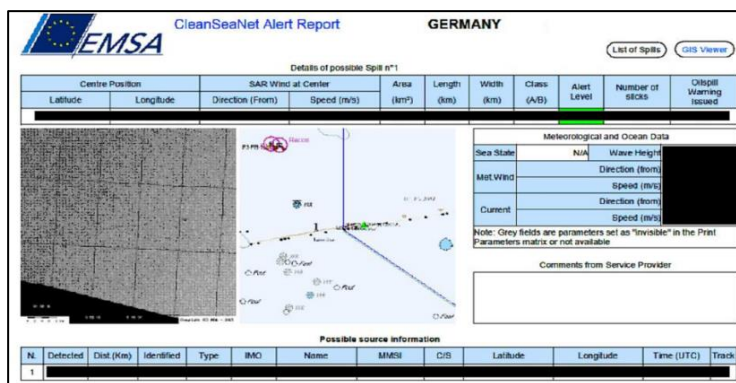
Seit 2003 ist das Havariekommando, eine gemeinsame Einrichtung des Bundes und verschiedener Küstenländer, für das Unfallmanagement und die Schadstoffunfallbekämpfung auf Nord- und Ostsee zuständig. Hierzu zählt auch die Bekämpfung von Ölverschmutzungen, die infolge von Schiffsunfällen, Unfällen an Bohrseln oder Umweltkriminalität auftreten können, die mitunter verheerende Auswirkungen auf die Meeresumwelt haben. Um beim Auftreten einer Ölverschmutzung effektive Maßnahmen ergreifen zu können, muss ein Schadstoffunfall rechtzeitig detektiert und lokalisiert werden.

Lösungsansatz mit Copernicus

Erstinformationen über mögliche Schadstoffunfälle erhält das Havariekommando über regelmäßig und nach vorgegebenen Routen durchgeführte Befliegungen mit Sensorflugzeugen und über Meldungen von Verkehrszentralen oder betroffenen Schiffen. Als zusätzliche Informationsquelle bei der Öldetektion nutzt das Havariekommando den Dienst CleanSeaNet, der seit 2007 von der Europäischen Agentur für die Sicherheit des Seeverkehrs europaweit bereitgestellt wird. CleanSeaNet kombiniert Radar-Daten und enthält zusätzliche Informationen und Services wie ein Schiffüberwachungssystem. Seit 2015 sind auch Sentinel-1-Daten in CleanSeaNet integriert, was zu einer besseren Satellitenabdeckung und Datenverfügbarkeit geführt hat.

Mehrwert und Innovationspotenzial

CleanSeaNet bietet dem Havariekommando eine wertvolle unterstützende Informationsquelle sowie einen „Trigger“ für gezielte Überprüfungsmaßnahmen: Wenn ein mögliches Ereignis mithilfe von CleanSeaNet detektiert wird (s. Abbildung), können kurz darauf Befliegungen oder auch der Einsatz von Patrouillenbooten initiiert werden, um die Ursache der Meldung zu verifizieren. Mithilfe von CleanSeaNet können zudem die Verursacher einer Ölverschmutzung zum Teil direkt identifiziert und Fahrrouen nachverfolgt und entsprechende polizeiliche Maßnahmen eingeleitet werden. CleanSeaNet wird vom Havariekommando routinemäßig genutzt und ist fester Bestandteil der Ölverschmutzungsbe-kämpfung.



Wesentliche Erfolgsfaktoren

- Gute Abdeckung von Nord- und Ostsee; durch einheitliches Angebot keine Abstimmung mit Nachbarstaaten zu Satelliten-Daten mehr notwendig
- Perspektivische Verbesserung des Algorithmus, um Ursache von Meldungen nachzuweisen

Abbildung: Beispielhafte Meldung eines Ereignisses durch CleanSeaNet; Quelle: EMSA

4.1.3 Nutzungszwecke

In diesem Abschnitt wird folgende Leitfrage beantwortet: *Warum und zu welchem Zweck greifen öffentliche Institutionen vermehrt auf Copernicus-Daten und -Dienste zurück?*

Die Frage nach dem *Warum* lässt sich grundsätzlich damit beantworten, dass die freie Verfügbarkeit von Copernicus-Daten und -Diensten sowie das breite Angebotspektrum von verschiedenen Datenquellen den wesentlichen Anlass zum Einstieg in die Nutzung von Copernicus für Behörden darstellen. So erlauben die Rückmeldungen der befragten Organisationen die Schlussfolgerung, dass ohne die freie Datenverfügbarkeit der bisherige Grad der Copernicus-Nutzung in der öffentlichen Verwaltung nicht erreicht sein dürfte, da die Copernicus-Nutzung unter diesen Voraussetzungen nur auf Organisationen mit entsprechender Ressourcenausstattung beschränkt wäre. Somit hat die Gewährleistung einer langfristigen Planungssicherheit in Bezug auf die kostenfreie und breite Verfügbarkeit der Daten eine hohe Relevanz für die Nutzer in der öffentlichen Verwaltung.

Auf die Frage nach dem *Zweck der Nutzung* wurden drei wesentliche Antworten gefunden: So nutzen die befragten Organisationen Copernicus-Daten und -Dienste insbesondere für:

- eine qualitative Verbesserung der Daseinsvorsorge,
- eine Effizienzsteigerung von Verwaltungsaufgaben
- sowie als mögliche Maßnahme gegen den Fachkräftemangel.

Zunächst kann die Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten aus Sicht der Nutzer zu einer qualitativen Verbesserung der Daseinsvorsorge durch öffentliche Institutionen führen.⁶⁸ So wird Copernicus bereits in verschiedenen Projekten genutzt, die klar in den Bereich der Daseinsvorsorge fallen. Hierzu gehören unter anderem Anwendungen im Monitoring von kritischer Infrastruktur (wie in den Bereichen Straße, Schiene, Stromnetze oder Brücken), zur Minimierung von Gesundheitsrisiken (z. B. mithilfe von Sentinel-2- und Sentinel-3-Daten sowie Luftqualitätsmessungen mit Sentinel-5p-Daten) sowie im Sicherheitsbereich und Katastrophenschutz. Als Beispiel ist hier der Copernicus-Dienst für Katastrophen- und Krisenmanagement (EMS) zu nennen, der nach einem Schadensereignis aktiviert werden kann, um unter anderem den Grad der Zerstörung und die räumliche Ausdehnung von Hochwassern aufzuzeigen. Da davon auszugehen ist, dass Extremwetterereignisse auch in Deutschland weiter zunehmen werden, wird die Rolle von Copernicus in diesem Anwendungsfeld mit hoher Wahrscheinlichkeit an Bedeutung gewinnen.

Eine Qualitätssteigerung der Daseinsvorsorge wird in der Regel dadurch ermöglicht, dass die satellitengestützten Copernicus-Daten eine zusätzliche Datenquelle darstellen, mit der bestehende Datensätze (wie z. B. Befliegungsdaten oder lokale Luftqualitätsmessungen) validiert oder angereichert werden können. So ermöglicht der Einsatz von Copernicus-Daten zum Teil bessere und genauere Zustandsbeschreibungen sowie das Ableiten geeigneter Maßnahmen.

Der zweite wesentliche Nutzungszweck liegt in der Effizienzsteigerung von bestehenden Verwaltungsleistungen durch Copernicus. Eine Effizienzsteigerung wird dort ermöglicht, wo Copernicus für Monitoring-Aufgaben und vergleichbare Leistungen eingesetzt wird, die ansonsten den ressourcenintensiven Einsatz von Personal und lokalen Messsystemen erfordern würden. Gerade durch die hohe zeitliche Auflösung der Sentinel-Daten (6 Tage bei Sentinel-1, 5 Tage bei Sentinel-2) sowie die Verfügbarkeit von historischen Daten können Veränderungen über die Zeit hinweg beobachtet und lokalisiert werden (*Change Detection*), so zum

⁶⁸ Der Begriff öffentliche Daseinsvorsorge wird hier allgemein im Sinne der Existenzsicherung verwendet.

Beispiel in den Bereichen Vegetation, Versiegelung oder Landwirtschaft. So können Maßnahmen zielgerichteter und auf der Basis einer besseren Entscheidungsgrundlage umgesetzt werden. In Schleswig-Holstein wurden zum Beispiel die Daten aus dem Sen4Cap-Projekt⁶⁹ (Sentinel-1-, Sentinel-2- und Landsat-8-Daten) herangezogen, um vor der Auszahlung von EU-Flächenbeihilfen die tatsächliche Bewirtschaftung von Agrarflächen zu überprüfen.

Der dritte Nutzungszweck liegt in der Möglichkeit, mithilfe von Copernicus dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Im öffentlichen Dienst zeichnet sich durch demografische Entwicklungen auf der einen Seite sowie immer komplexere Aufgabenfelder auf der anderen Seite (u. a. in den Bereichen Digitalisierung und Klimaschutz) eine wachsende Personallücke ab.⁷⁰ Gerade bei ressourcenintensiven Monitoring-Aufgaben kann die Copernicus-Nutzung langfristig eine Antwort auf den Personalmangel bedeuten, insbesondere wenn Copernicus als ein erster Arbeitsschritt etabliert wird, wodurch zeit- und kostenintensive lokale Einsätze dann in einem zweiten Schritt und bedarfsgerecht eingesetzt werden können – nämlich erst dann, wenn sich Veränderungen oder Auffälligkeiten abzeichnen. Auch wenn es sich hierbei um einen perspektivischen und eher übergeordneten Nutzungszweck handelt, stellt er aus Sicht der befragten Nutzer einen wesentlichen Anreiz für eine verstärkte Copernicus-Nutzung dar.

Gleichzeitig muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass der vorherrschende Fachkräftemangel auch die Bereiche Erdbeobachtung und Fernerkundung betrifft. Damit Copernicus als automatisierte Methode der Leistungserbringung innerhalb von Behörden und somit als Antwort auf den generellen Fachkräftemangel in der Verwaltung eingesetzt werden kann, muss durch gezielte Maßnahmen entsprechendes Fachpersonal erst einmal in die Verwaltung geholt werden, um solche automatisierten Abläufe einzuführen (s. Kapitel 5 *Barrieren und Potenziale*).

Ferner besteht bei den im Rahmen der Evaluation beteiligten Nutzern in bestimmten Anwendungsbereichen die Hoffnung, dass sich mithilfe von Copernicus und weiteren Messdaten automatisierte Verfahren entwickeln lassen, die terrestrisches Monitoring perspektivisch in Teilen sogar ablösen. Ein konkreter Anwendungsfall, in dem ein automatisiertes Monitoring-Verfahren mit Copernicus-Daten entwickelt und getestet wird, ist das Projekt SAR4Infra in Schleswig-Holstein, das nachfolgend vertieft wird.

⁶⁹ Vgl. Sen4Cap (n. D.).

⁷⁰ Vgl. Dbb (2021).

Fallstudie SAR4Infra in Schleswig-Holstein: Mit Copernicus Infrastruktur beobachten

Projektpartner (Laufzeit vom 01.12.2020 bis mindestens 30.11.2023)

Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein
Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein
Helmholtz Innovation LAB FERN.Lab des Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungs-Zentrum GFZ
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) der Leibniz Universität Hannover

Herausforderung

Bodenbewegungen wie Hebungen und Senkungen, insbesondere in sensiblen Baugrund, können zu Schäden an Infrastrukturen führen. Derartige Bewegungen nehmen infolge des Klimawandels und damit einhergehender Änderungen des Grundwasserspiegels zu. Eine frühzeitige Detektion solcher Deformationen ermöglicht rechtzeitige Sanierungsmaßnahmen, um potenzielle Gefahrenstellen zu verhindern und die allgemeine Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Für die verantwortlichen Behörden ist eine großflächige und kontinuierliche Überwachung der Verkehrsinfrastruktur aufgrund zeit- und kostenintensiver Vermessungsverfahren jedoch eine große Herausforderung.

Lösungsansatz mit Copernicus

Im Projekt SAR4Infra wird ein automatisiertes System für eine frühzeitige Erkennung von Deformationen über kurze Intervalle entwickelt, die die Verkehrsinfrastruktur – Straßen, Schienen oder Brücken – gefährden. Hierbei wird mit den Radardaten der Sentinel-1-Missionen gearbeitet: Von Sentinel-1 aufgenommene Bilder werden kontinuierlich in die Auswertung integriert; mithilfe des Messprinzips Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR; Deutsch: Radarinterferometrie) können so Bodenbewegungszeitreihen abgeleitet werden, die es ermöglichen, selbst kleinere Bewegungen im Zentimeter-Bereich zu detektieren und frühzeitig ein erhöhtes Risiko für Schäden an Verkehrsinfrastrukturen aufzudecken. Im Projekt SAR4Infra wird die Cloud-Prozessierungsumgebung der CODE-DE-Plattform genutzt.

Mehrwert und Innovationspotenzial

Die Ergebnisse des laufenden Projekts SAR4Infra werden über Schleswig-Holstein hinaus eine hohe Relevanz für die Nutzung von Copernicus-Daten im Bereich Infrastruktur-Monitoring haben. So wird in dem Projekt getestet, inwiefern mithilfe von Sentinel-1-Daten Deformationen an Straßen auch in Regionen mit geringer Bodenbewegung rechtzeitig nachgewiesen werden können. Aktuell wird getestet, bis zu welcher räumlichen Auflösung und mit welcher Verlässlichkeit die Radardaten Ergebnisse liefern. Im Projekt wird sich zeigen, ob die automatisierte Nutzung von Copernicus-Daten perspektivisch bestehende Messverfahren ergänzen können. Durch die breitflächige Einführung könnte somit eine deutliche Entlastung von Mitarbeitenden der zuständigen Ämter erreicht werden.

Wesentliche Erfolgsfaktoren

- Hochaufgelöste Sentinel-Daten sowie Nutzung der Cloud von CODE-DE
- Zusammenarbeit verschiedener Akteure unter Einbeziehung der Forschung, Auswertungsergebnisse müssen jedoch auch für Nicht-Radarexperten und -expertinnen verständlich sein

4.1.4 Nutzersicht

Im Folgenden wird die Sicht von behördlichen Nutzern auf die von Copernicus bereitgestellten Daten und Dienste wiedergegeben. Hierfür wurden im Rahmen der Interviewdurchführung Daten zur Nützlichkeit von Copernicus-Daten, zu ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung sowie zum Datenumfang erhoben und anschließend quantitativ ausgewertet. Die überwiegende Mehrheit der befragten Nutzer hat sich hierbei auf die Sentinel-Daten bezogen, insbesondere die der Sentinel-1- und Sentinel-2-Missionen. Zudem wurden Aussagen zur Nutzerfreundlichkeit der verschiedenen Datenzugangspunkte sowie des Copernicus-Programms insgesamt ausgewertet.

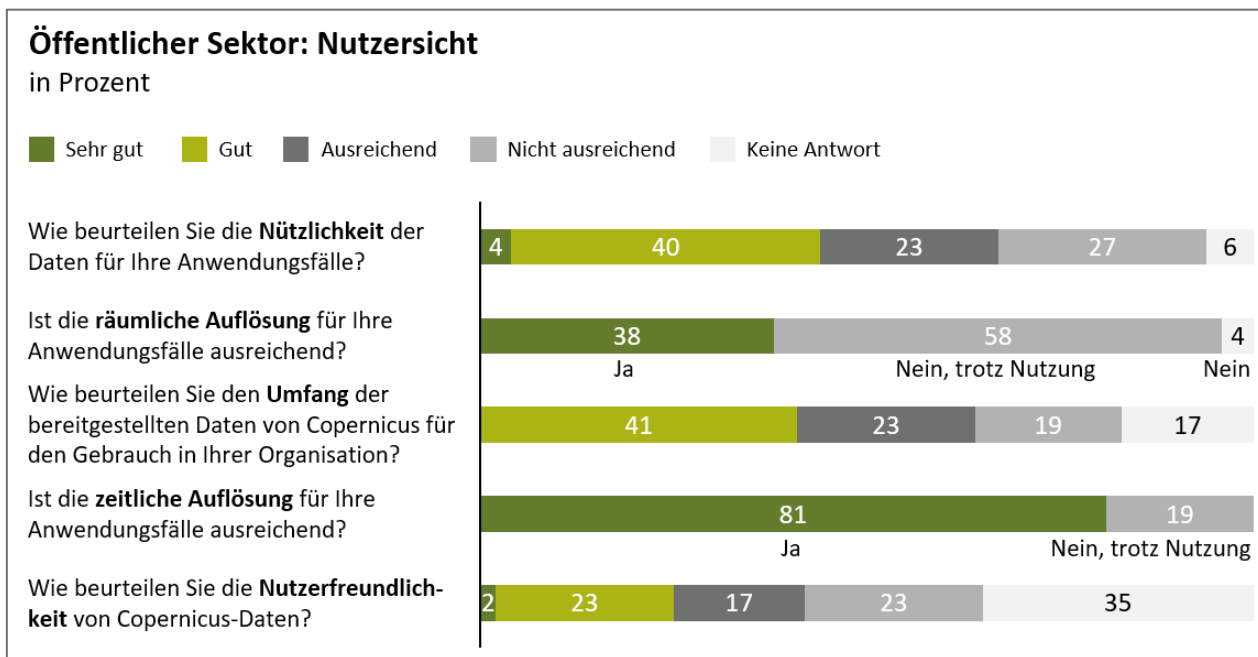


Abbildung 7: Nutzersicht auf Nützlichkeit, räumliche Auflösung, Umfang, zeitliche Auflösung und Nutzerfreundlichkeit im öffentlichen Sektor

Die Untersuchung der Nutzerperspektive ergibt insgesamt ein heterogenes Bild. So wird die Nützlichkeit von Copernicus-Daten und -Diensten je nach Anwendungsfall unterschiedlich eingeschätzt. Im Kontext von großflächigen Monitoring-Aufgaben werden insbesondere die zeitliche aber auch die räumliche Auflösung von satellitengestützten Copernicus-Daten (v. a. Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten) überwiegend positiv bewertet. Bei lokalen und zeitkritischen Anwendungen decken diese Daten jedoch nur zum Teil den Bedarf behördlicher Nutzer ab. Die bereitgestellte Datenmenge ist für die Mehrheit der Befragten passend, teilweise reichen bestehende Rechenkapazitäten für das regelmäßige Beziehen und Bearbeiten der Daten jedoch nicht vollständig aus. In Bezug auf die Nutzerfreundlichkeit sehen behördliche Nutzer vor allem Verbesserungspotenzial bei der Übersichtlichkeit der verschiedenen Copernicus-Datenportale und dem Schulungsangebot zu Copernicus. Diese Untersuchungsergebnisse werden nachfolgend detailliert.

Nützlichkeit und räumliche Auflösung

Wie der Abbildung 7 zu entnehmen ist, sprechen 44 Prozent der befragten Nutzer Copernicus eine hohe Nützlichkeit zu. Dies ist, wie bereits erwähnt, insbesondere bei hoheitlichen Monitoring-Aufgaben der Fall, wie in den Bereichen Vegetationsbeobachtung oder Landwirtschaft. Dass hingegen rund 30 Prozent der Befragten die Nützlichkeit eher als gering einschätzen, wurde mehrheitlich mit der räumlichen Auflösung der Sentinel-Daten (Sentinel-1 und Sentinel-2) begründet. Insbesondere für lokale Anwendungen, wie zum

Beispiel die Beobachtung von Flächenversiegelung oder die Verkehrswegeplanung im urbanen Raum, sei deren räumliche Auflösung (bis zu 5 Meter Auflösung für das C-Band-Radar von Sentinel-1 und bis zu 10 Meter Auflösung für die optischen Daten von Sentinel-2) nicht ausreichend.⁷¹

Die spektrale Auflösung der Daten der Sentinel-2-Missionen wiederum, die über einen multispektralen Sensor mit 13 Spektralkanälen im sichtbaren und infraroten Bereich verfügen, wurde von den behördlichen Nutzern größtenteils als sehr gut bewertet. Vereinzelt wurde die Bereitstellung von hyperspektralen Daten angeregt, die in zukünftigen Copernicus-Missionen jedoch bereits eingeplant sind.⁷²

Dieses Untersuchungsergebnis sollte weiter ausdifferenziert werden. So äußern zwar rund 60 Prozent der Befragten den generellen Wunsch nach einer höheren räumlichen Auflösung, sind sich mehrheitlich aber bewusst, dass eine Bereitstellung von höherauflösenden Satellitendaten durch das Copernicus-Programm mit größeren Datenmengen einhergehen würde. Auch wenn Copernicus den Bedarf an hochaufgelösten Satellitendaten nicht erfüllt, greifen Nutzer aufgrund der guten Abdeckung, der kostenfreien Bereitstellung und der hohen Verfügbarkeitsrate dennoch auf Copernicus zurück. Zudem wurde im Rahmen der Interviews deutlich, dass gerade bei lokalen Anwendungen die Kombination von satellitengestützten Daten mit anderen Datenquellen, wie in-situ-Daten, eine möglicherweise zu geringe räumliche Auflösung ausgleichen kann.

Datenumfang und zeitliche Auflösung

Im Vergleich zur räumlichen Auflösung wird die zeitliche Auflösung der Sentinel-Daten (insbes. Sentinel-1 und Sentinel-2) deutlich besser bewertet. So gaben rund 80 Prozent der befragten behördlichen Nutzer an, dass die Verfügbarkeitsrate für ihre Anwendungsfälle ausreichend ist. Für die Mehrheit der Befragten liegt gerade in der hohen zeitlichen Auflösung sowie der Verfügbarkeit von historischen Daten der entscheidende Mehrwert von Copernicus: Dank der regelmäßig und in kurzen Abständen bereitgestellten Daten lassen sich Veränderungen über die Zeit nachweisen (*Change Detection*).

Wiederum 20 Prozent der Befragten würden für ihre Anwendungsfälle eine höhere zeitliche Auflösung der satellitengestützten Daten benötigen. Dies trifft in der Regel auf besonders zeitkritische Anwendungen zu, beispielsweise im Sicherheitsbereich oder unmittelbar nach dem Eintreten eines Katastrophenfalls. Zudem wurde gerade von Nutzern der optischen Sentinel-2-Daten darauf hingewiesen, dass trotz hoher Verfügbarkeitsrate die Verwertbarkeit der Daten durch Wolkenbedeckung und Schattenwurf deutlich eingeschränkt werden kann. Mit speziellen Algorithmen, die aus bestehenden Bildern wolkenfreie Mosaike erstellen, stehen hierfür zwar bereits technische Lösungen zur Verfügung, die bei besonders zeitkritischen Anwendungen jedoch nicht ausreichen.

Gleichzeitig ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass die Copernicus-Infrastruktur nicht darauf angelegt ist, Daten in (Fast-)Echtzeit bereitzustellen und dass eine solche Bereitstellung – ähnlich wie bei hochaufgelösten Satellitenbildern – Copernicus in eine Konkurrenzsituation mit privaten Anbietern bringen könnte. Eine solche Situation soll gemäß der Zielsetzung des Programms explizit vermieden werden. Um auf zeitlich oder optisch hochaufgelöste Daten zurückzugreifen, müssen Nutzer diese im Zweifelsfall von kommerziellen Anbietern beziehen.

Der Datenumfang steht in einem direkten Zusammenhang mit der zeitlichen Auflösung: Je höher die Frequenz der bereitgestellten Daten, desto größer auch die zu bewältigende Datenmenge. Bei immerhin rund

⁷¹ Diese Erkenntnisse stammen unter anderem aus einem im Rahmen dieser Evaluation durchgeführten, fachlich definierten Workshop zum Thema Infrastruktur-Monitoring mit rund 20 Teilnehmenden aus dem öffentlichen und privaten Sektor.

⁷² Vgl. DLR (o. D.).

20 Prozent der Befragten reichen die bestehenden Rechenkapazitäten für eine Verarbeitung von Copernicus-Daten nicht aus. Dies gilt im Besonderen für behördliche Nutzer, die den Prozess des Datenbezugs und der Datenverarbeitung nicht an privatwirtschaftliche Dienstleistungsunternehmen ausgelagert haben. Für über 60 Prozent der Befragten ist die verfügbare Datenmenge jedoch passend. So ließe sich die Datenmenge durch verschiedene Filterfunktionen bedarfsgerecht eingrenzen.

In diesem Zusammenhang wurden zudem die Cloud-Angebote der deutschen Copernicus-Plattform CODE-DE positiv hervorgehoben, durch die Nutzer Zugriff auf zusätzliche Rechen- und Speicherplatzressourcen erhalten. Um dieses Angebot von CODE-DE nutzen zu können, müssen behördliche Nutzer jedoch teilweise aufwendige IT-Genehmigungsverfahren innerhalb ihres Hauses durchlaufen.

Nutzerfreundlichkeit

Im Rahmen der Interviewdurchführung wurde darüber hinaus die Perspektive in Bezug auf die Nutzerfreundlichkeit der verfügbaren Datenangebote durch das Copernicus-Programm erfasst. Die Aussagen zur Nutzerfreundlichkeit beziehen sich dabei zum einen auf die verschiedenen Datenzugangspunkte von Copernicus im Sinne einer zuverlässigen Datenbereitstellung, einer einfachen Bedienung sowie einem verständlichen und übersichtlichen Aufbau. Die Mehrheit der befragten Organisationen nutzt die deutsche Copernicus-Plattform CODE-DE, vielfach erfolgt der Datenbezug aber auch über andere Datenbereitsteller (u. a. durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie sowie durch Landesvermessungsämter) oder wird durch Kooperationen mit privatwirtschaftlichen Dienstleistungsunternehmen ausgelagert. Zum anderen umfasst der Begriff Nutzerfreundlichkeit die Support-Struktur des Copernicus-Programms in Deutschland insgesamt mit verschiedenen Ansprechpartnern, Datenbereitstellern und Schulungsangeboten.

Vor diesem Hintergrund bewerten rund ein Viertel der Befragten die Nutzerfreundlichkeit als sehr gut oder gut und 17 Prozent als ausreichend. 23 Prozent der befragten Behörden wünschen sich hingegen eine höhere Nutzerfreundlichkeit.⁷³ Hierfür wurden in der Regel drei Gründe aufgeführt:

- Erstens wurde mit Blick auf den Datenbezug vermehrt der Wunsch nach einer übersichtlichen Darstellung der verschiedenen Daten-Angebote von Copernicus geäußert. Gerade was die Bereitstellung von spezifischen Produkten und -Diensten betrifft, empfinden behördliche Nutzer die Vielfalt an Datenzugangspunkten teilweise als komplex und würden eine Zusammenstellung der verfügbaren Angebote an möglichst zentraler Stelle befürworten. Auch der Zugang zu den Daten der beitragenden Missionen wurde gelegentlich als herausfordernd beschrieben. Zudem wurden zum Teil schnellere Bearbeitungszeiten von Nutzeranfragen angeregt.
- Zweitens besteht gerade bei potenziellen Nutzern der Bedarf nach weiteren Schulungsangeboten, die sich speziell an interessierte Nutzer richten, die noch keine Erfahrung im Umgang mit Erdbeobachtungsdaten besitzen. Auch wenn bereits ein breites Schulungscurriculum existiert, das beispielsweise durch Datenbereitsteller oder Universitäten angeboten wird, wurde wiederholt der Bedarf nach Trainings geäußert, die potenzielle Nutzer schrittweise durch den Prozess des Datenbezugs und der Datenaufbereitung führen und sie somit auf „der letzten Meile“ zur Nutzung unterstützen.
- Drittens wurden in Bezug auf die Copernicus-Dienste vereinzelt kürzere Bereitstellungszeiträume zwischen der Aufnahme und der Veröffentlichung der Dienste angeregt. Dies trifft unter anderem auf den von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) bereitgestellten BodenBewegungsdienst Deutschland zu, der auf Daten aus den Vorjahren basiert.

⁷³ Rund 35 Prozent der befragten Behörden haben keine Angaben bezüglich der Nutzerfreundlichkeit von Copernicus gemacht.

Über ein Drittel der Befragten hat bezüglich der Nutzerfreundlichkeit keine Einschätzung abgegeben. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass sie durch die Zusammenarbeit mit privaten Dienstleistungsunternehmen nur gelegentlich mit offiziellen Copernicus-Stellen in Kontakt stehen.

4.2 Copernicus-Nutzung in der Privatwirtschaft

Das erklärte Kernziel des Copernicus-Programms ist die Nutzung seiner Daten und -Produkte durch die öffentliche Verwaltung. Gleichzeitig wird Copernicus – auch dank der offenen Datenpolitik – von der Privatwirtschaft genutzt. Das Potenzial für die privatwirtschaftliche Nutzung ist bedeutsam: Eingangs zitierte Marktstudien prognostizieren ein enormes wirtschaftliches Potenzial von Copernicus in Europa für die Jahre 2018 bis 2020 sowie darüber hinaus einen fortlaufenden positiven wirtschaftlichen Beitrag. Dies veranschaulicht die wichtige Rolle, die Copernicus insbesondere für europäische Erdbeobachtungsunternehmen spielen kann.⁷⁴

Gleichzeitig unterstreicht das wirtschaftliche Potenzial von Copernicus für die europäische Erdbeobachtungsbranche den Bedarf nach einer Untersuchung der privatwirtschaftlichen Nutzung von Copernicus, um zu ermitteln, inwiefern sich dieses Potenzial auch in Deutschland tatsächlich realisieren lässt. Deshalb werden die nachfolgenden vier zentralen Fragen detailliert beantwortet:

- Wer sind die *Hauptnutzerguppen* von Copernicus?
- Auf *welche* Daten greifen Nutzer präferiert zurück und *wie* erfolgt die Datennutzung?
- Mit welchem *Zweck* werden Copernicus-Daten und -Dienste verwendet?
- Welche *Sicht* haben privatwirtschaftliche Nutzer auf die Copernicus-Daten und -Dienste hinsichtlich Nützlichkeit, Umfang und Nutzerfreundlichkeit?

Die Antworten auf obige Fragen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- **Erstens** zeigt der übergreifende Blick auf die Privatwirtschaft, dass privatwirtschaftliche Kernnutzer von Copernicus insbesondere in den Branchen Geoinformations- und Wetterdienstleistungen, Klima und Umwelt, Landwirtschaft sowie Infrastruktur angesiedelt sind. Die Daten werden zumeist für großflächige Monitoring-Leistungen verwendet. Die Copernicus-Nutzung erfolgt im Wesentlichen durch Dienstleistungsunternehmen, die Datenprodukte und -leistungen für genannte Branchen sowie Dienstleistungen für die öffentliche Hand anbieten. Start-ups beziehungsweise innerhalb der vergangenen drei Jahre gegründete Unternehmen machen davon einen maßgeblichen Anteil aus. Jenseits der Nutzung durch Dienstleistungsunternehmen wurde ermittelt, dass eine unmittelbare Datenendnutzung durch Großunternehmen, etwa aus der Industrie, nur vereinzelt stattfindet.
- **Zweitens** verwenden privatwirtschaftliche Akteure zu einem großen Teil Daten der Sentinel-1- und -2-Satelliten (75 % respektive 50 %). Die Datennutzung erfolgt meist im Rahmen einzelner Projekte oder Leistungen des Produktportfolios und überwiegend komplementär in Kombination mit weiteren Datenquellen, während eine ausschließliche Copernicus-Nutzung nur vereinzelt zu beobachten ist.⁷⁵ Es lässt sich zudem feststellen, dass privatwirtschaftliche Nutzer eindeutig Copernicus-Rohdaten aufgrund der besseren Weiterverarbeitungsmöglichkeiten gegenüber Diensten bevorzugen.

⁷⁴ Europäische Kommission (2019); Zudem schreiben laut einer Umfrage des europäischen Branchenverbands für Fernerkundungsunternehmen EARSC aus dem Jahr 2021 75 Prozent der Unternehmen Copernicus einen positiven oder sehr positiven Einfluss auf die eigene Geschäftsentwicklung zu. Mit Blick in die Zukunft rechnen sogar 87 Prozent der befragten Unternehmen mit positiven oder sehr positiven Auswirkungen von Copernicus auf den Geschäftserfolg; siehe EARSC (2021a): S. 17, 25, 43.

⁷⁵ Erdbeobachtungs- beziehungsweise Fernerkundungsdaten werden gewöhnlich in Kombination mit weiteren Daten ausgewertet. Die komplementäre Daten-nutzung ist demnach kein Indikator für die Qualität oder Nützlichkeit der Copernicus-Daten.

- **Drittens** hat die Evaluation vier maßgebliche Nutzungszwecke ergeben: Vornehmlich ermöglichen die offenen, kostenlos und niedrigschwellig nutzbaren Copernicus-Daten den Unternehmen, neue, datenbasierte Geschäftsmodelle aufzubauen. Darüber hinaus dienen die Daten zur Qualitätssteigerung bestehender Produkte und Prozesse, zur Ausweitung des Produktportfolios sowie zur Diversifizierung des Kundenstamms bei zunehmender Ausrichtung auf Kunden im öffentlichen Sektor.
- **Viertens** wird die Nützlichkeit der Sentinel-1- und -2-Daten aus privatwirtschaftlicher Nutzersicht aufgrund der als ausbaufähig erachteten räumlichen Auflösung sehr anwendungsfallspezifisch beurteilt. Gleichwohl stellt die generell als positiv bewertete zeitliche Auflösung von Sentinel-1- und -2-Daten einen klaren Vorteil der Copernicus-Daten dar, da diese das kontinuierliche Zustands- und Veränderungs-Monitoring beispielsweise im Klima- und Umweltbereich ermöglichen. Darüber hinaus zeigt sich, dass insbesondere die globale Abdeckung der Erdbeobachtungsdaten Unternehmen die Analyse weltweiter Einflussfaktoren gestattet und die Entwicklung von Dienstleistungen für ausländische Einsatzgebiete und Absatzmärkte begünstigt.

Zusammenfassend lässt sich auf Basis dieser Erkenntnisse bilanzieren, dass eine privatwirtschaftliche Nutzung von Copernicus in einzelnen Branchen vielfältig stattfindet und sich das Programm dank der offenen und kostenlosen Datenbereitstellung sowie den umfangreichen Datenmengen und Nutzungsmöglichkeiten positiv auf verschiedene Branchen der Privatwirtschaft auswirkt. Gerade dort, wo Copernicus den Grundstein für Unternehmensgründungen bildet und von Dienstleistungsunternehmen für die Entwicklung von auf die öffentliche Verwaltung zugeschnittenen Leistungen genutzt wird, zeigt sich der Nutzen von Copernicus für die Privatwirtschaft in besonderem Maße.

Mit Blick darauf, dass Copernicus überwiegend als komplementäre Datenquelle für einzelne Leistungen des Produktportfolios und von Start-ups genutzt wird, gilt Copernicus im Privatsektor jedoch gleichzeitig vor allem als Spezialprodukt für Fachexperten und -expertinnen sowie spezialisierte Dienstleistungsunternehmen. Eine Etablierung in der Breite abseits der eingangs genannten Hauptnutzungsbranchen ist noch nicht wahrzunehmen.

4.2.1 Nutzerverteilung

Die Beschreibung und Analyse der Nutzerverteilung auf Basis der geführten Interviews zielt auf die Beantwortung der Fragen ab, *wer* Copernicus in der Privatwirtschaft nutzt und *in welchen Branchen* die Hauptnutzergruppen zu verorten sind.

Wie im Abschnitt 3.2 *Vorgehen und Methodik* dargestellt, wurden im Rahmen dieser Evaluation 57 Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern des Privatsektors geführt. Die anhand der Interviews ermittelten Copernicus-Nutzer lassen sich auf die folgenden acht Branchen verteilen und sind nach Häufigkeit sortiert.

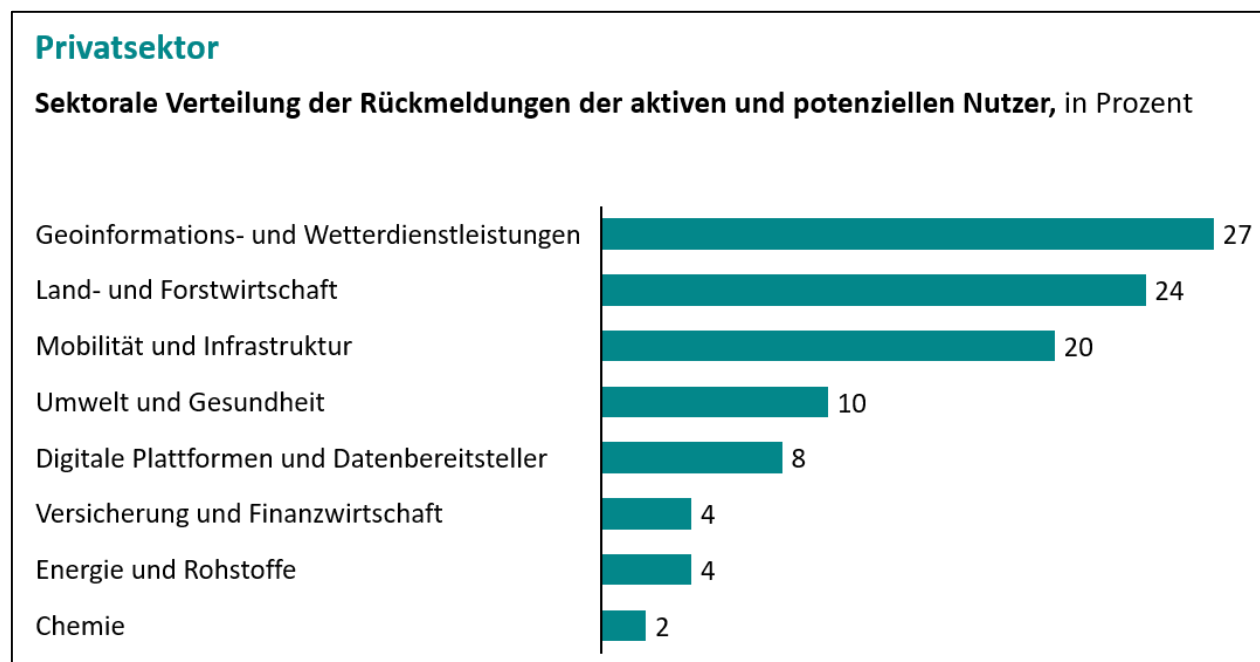


Abbildung 8: Branchenverteilung der erhobenen aktiven und potenziellen Copernicus-Nutzer im Privatsektor

Die im Rahmen dieser Evaluation geführten Interviews lassen den Schluss zu, dass

- die privatwirtschaftlichen Nutzer und Anwendungsfälle von Copernicus sehr heterogen und über ein breites Branchenspektrum verteilt sind⁷⁶,
- Copernicus-Daten schwerpunktmäßig von Dienstleistungsunternehmen in den Branchen Geoinformations- und Wetterdienstleistungen, Klima und Umwelt, Landwirtschaft sowie Infrastruktur⁷⁷ genutzt werden, die zudem im wesentlichen Zwischennutzer sind,
- und eine Endnutzung, insbesondere durch Großunternehmen, gering ist.

Zudem hat die Evaluation ergeben, dass

- knapp die Hälfte der privatwirtschaftlichen Copernicus-Nutzer niedrigschwellige staatliche Unterstützungsmöglichkeiten in Anspruch nehmen oder genommen haben, insbesondere über die Copernicus Masters und den Copernicus Accelerator.

Während die Abbildung 8 die Branchenverteilung der an dieser Evaluation beteiligten Unternehmen wiedergibt, lassen sich die vier eingangs genannten zentralen Schlussfolgerungen anhand der Verteilung der privatwirtschaftlichen Copernicus-Nutzer folgendermaßen weiter detaillieren:

- **Erstens** ergibt die Betrachtung der Nutzer und Anwendungsfälle für Copernicus im Privatsektor ein ausgesprochen vielfältiges Bild – sowohl hinsichtlich der Branchen als auch der Verwendungszwecke. Dies könnte einerseits für die Innovationsstärke der Privatwirtschaft und die Praktikabilität der Copernicus-Daten sprechen, andererseits erschwert dies eine umfassende Gesamtschau auf die bestehenden Anwendungsfälle.

⁷⁶ Eine Extrapolation auf Basis der Stichprobe, die die im Rahmen dieser Evaluation geführten Gespräche umfasst.

⁷⁷ Diese Erkenntnisse stammen unter anderem aus einem im Rahmen dieser Evaluation durchgeführten, fachlich definierten Workshop zum Thema Infrastruktur-Monitoring mit rund 20 Teilnehmenden aus dem öffentlichen und privaten Sektor.

- **Zweitens** sind gemäß der Wertschöpfungsketten-Logik rund 90 Prozent der identifizierten Unternehmen Zwischennutzer. Diese sind oftmals Start-ups sowie etablierte Dienstleistungsunternehmen, die die Rohdaten weiterverarbeiten und in den Branchen Geoinformations- und Wetterdienstleistungen, Klima und Umwelt sowie Mobilität und Infrastruktur verortet sind. Darüber lassen sich Copernicus-Zwischennutzer in der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Energiebranche identifizieren.

Der hohe Anteil an Zwischennutzern zeigt, dass diese eine entscheidende Rolle in der Copernicus-Wertschöpfungskette einnehmen, da sie eine essenzielle Schnittstellenfunktion zwischen der Bereitstellung von Copernicus-Daten und den spezifischen Bedürfnissen der Endkunden ausüben. Daraus lässt sich zweierlei schlussfolgern: Einerseits ist die unmittelbare Endnutzung von Rohdaten für viele Anwendungsfälle wenig geeignet. Andererseits kann die individuelle Veredelung von Copernicus-Daten und der Vertrieb aufbereiteter Copernicus-Produkte einen wesentlichen Mehrwert und volkswirtschaftlichem Nutzen generieren.

- **Drittens** konnte eine Endnutzung, insbesondere durch Großunternehmen, in etwa 10 Prozent der Fälle und somit nur vereinzelt erhoben werden. Auf Basis der geführten Interviews sowie der Rückmeldungen zu Interviewanfragen lässt sich hier in industriellen Sektoren, wie etwa der Chemieindustrie, oder in der Energie- oder Versicherungswirtschaft nur eine äußerst geringe Copernicus-Endnutzung feststellen. Zudem wurden potenzielle Nutzer aus den Branchen Automobilwirtschaft, Maschinenbau, Elektrotechnik, Bergbau, Katastrophenschutz, Immobilien, Handel sowie Tourismus kontaktiert, jedoch konnten keine Anwendungsfälle ermittelt werden. Der Mehrwert durch die Verwendung der von Copernicus bereitgestellten großflächigen Erdbeobachtungsdaten scheint in diesen Branchen demnach entweder nur sehr begrenzt gegeben oder teilweise noch nicht erkannt.

Dies liegt insbesondere daran, dass für viele Geschäftsmodelle potenzieller Endnutzer keine großflächigen Radar- oder optischen Daten beziehungsweise kein weiträumiges Flächen- und Umwelt-Monitoring benötigt werden oder dass aufgrund mangelnder Fachkompetenzen in den Bereichen Erdbeobachtung und Data Science eine Evaluation des Anwendungspotenzials noch nicht erfolgt ist. Darüber hinaus entwickeln viele Endnutzer keine eigenen Geoinformationsprodukte und greifen im Bedarfsfall auf maßgeschneiderte Leistungen von datenveredelnden Dienstleistungsunternehmen zurück, wobei ihnen oftmals nicht bekannt ist, ob und welche Erdbeobachtungsdaten dafür verwendet werden. Außerdem hat sich gezeigt, dass Copernicus als Programm in weiten Teilen der Privatwirtschaft nicht bekannt ist.

- **Viertens** hat die explizit für den Privatsektor durchgeführte Abfrage zu staatlichen Unterstützungsmöglichkeiten ergeben, dass mit circa 43 Prozent fast die Hälfte der Unternehmen diese in Anspruch genommen haben. Häufig genannte Fördermöglichkeiten sind die Copernicus Masters, der Copernicus Accelerator, die ESA Business Applications sowie staatlich unterstützte Vernetzungsformate. Diese Unterstützungsangebote spielen vor allem für Start-ups und Spin-offs von Forschungseinrichtungen eine wichtige Rolle. Somit können die Förderprogramme insbesondere beim Übergang von einer Geschäftsidee zur Kommerzialisierung, Skalierung und Entwicklung eines wirtschaftlich tragfähigen Geschäftsmodells von Bedeutung sein. Für Unternehmen mit diversifizierten Serviceportfolios sind staatliche Unterstützungsmöglichkeiten, etwa die zu gewinnenden Preisgelder im Rahmen der Copernicus Masters, weniger attraktiv und werden deshalb auch seltener genutzt. Diese Unternehmen beteiligen sich stattdessen eher an Copernicus-Forschungsprojekten, die beispielsweise über die ESA oder das DLR ausgeschrieben werden.

Die Fördermöglichkeiten werden von den befragten Unternehmen insgesamt positiv bewertet, gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass die finanzielle Unterstützung für Unternehmen in der Phase zur Beschaffung

von Wachstumskapital verbessert sowie die Vergabe öffentlicher Aufträge ausgeweitet werden könnten.⁷⁸ Insgesamt lässt sich somit feststellen, dass die privatwirtschaftliche Nutzung von Copernicus in bedeutendem Maße mittels staatlicher Unterstützung gefördert worden ist, insbesondere in unternehmerischen Frühphasen.

Hieraus lassen sich zwei Schlüsse ziehen: Auf der einen Seite zeigt dies, dass die vorhandenen Fördermöglichkeiten die deutschen Fernerkundungsunternehmen erreichen. So konnten alleine im Rahmen dieser Evaluation 19 Unternehmen ermittelt werden, die von Unterstützungsmaßnahmen profitiert haben. Die Leistungen der geförderten Unternehmen wirken in unterschiedlichste Bereiche hinein, inklusive der öffentlichen Verwaltung (s. Abschnitt 4.2.3 *Nutzungszweck*), sodass sowohl ein verwaltungsspezifischer als auch ein volkswirtschaftlicher Mehrwert in der staatlichen Förderung zu erkennen ist. Vor diesem Hintergrund sollte durch die finanziell fördernden Institutionen überprüft werden, in welchem Maße der Mittelabruf der nationalen Förderprogramme erfolgt ist und, ob eine Notwendigkeit und Möglichkeit der Ausweitung von finanzieller Förderung bestehen. Eine Ausweitung der Förderprogramme könnte erfolgen, wenn nachgewiesen werden kann, dass der angemeldete und fachlich berechtigte Bedarf nach Fördermitteln die Mittelausschüttung klar übersteigt.

Auf der anderen Seite lässt der vergleichsweise hohe Anteil an staatlich unterstützten Akteuren einen weiteren Rückschluss zu: Nämlich den, dass verschiedene Einstiegsbarrieren zur wirtschaftlich tragfähigen Nutzung von Copernicus-Daten existieren, sodass in das „Feld der privatwirtschaftlichen Copernicus-Nutzung“ im Wesentlichen ein vergleichsweise kleiner Anteil spezialisierter Dienstleistungsunternehmen und Start-ups vorgedrungen ist, die häufig staatliche Förderung in Anspruch nehmen. Die verschiedenen Barrieren, die den Einstieg in die Nutzung von Copernicus erschweren, umfassen technische Komponenten wie den komplexen Datenzugang und die teils nicht ausreichende räumliche Auflösung, aber auch den hohen Bedarf an Fachexpertise sowie die geringe Bekanntheit des Copernicus-Programms. Diese werden im Kapitel 5 *Barrieren und Potenziale* weiter ausgeführt.

Branchenspezifische Verwendungsmuster

Wie im Kapitel 3 *Evaluationsdesign* dargelegt, werden die branchenspezifischen Verwendungsmuster anhand der jeweils zentralen Anwendungsfälle für Copernicus-Daten identifiziert. Während diese Evaluation keine Gesamtschau auf die privatwirtschaftlichen Anwendungsfälle erlaubt, bieten die umfangreichen Interviews mit Akteuren des Privatsektors jedoch eine valide Indikation.

Die wesentlichen Verwendungsmuster der vier Kernbranchen Geoinformations- und Wetterdienstleistungen, Land- und Forstwirtschaft, Mobilität und Infrastruktur sowie Umwelt und Gesundheit lassen sich im Detail wie folgt charakterisieren:

- *Geoinformations- und Wetterdienstleistungen:* Die Hauptnutzungsbranche der Geoinformations- und Wetterdienstleistungsunternehmen verwendet Copernicus zur Erstellung von Landnutzungskartierungen, zum Monitoring von Naturschutzaktivitäten und zur Verbesserung der Qualität von meteorologischen und klimatologischen Vorhersagen. Ergänzend dazu sind Geoinformationsdienstleistungsunternehmen teils auch am Aufbau von Copernicus-IT-Infrastruktur für behördliche Nutzer beteiligt.
- *Land- und Forstwirtschaft:* Der Monitoring-Bedarf großer Flächen sowie die Abhängigkeit von klima- und meteorologischen Bedingungen prädestiniert die Land- und Forstwirtschaft für die Anwendung von Copernicus. In dieser Branche dienen Copernicus-Daten vor allem zur Steigerung des Ernteertrags und

⁷⁸ Die Verbesserungswünsche zur Finanzierung und öffentlichen Auftragsvergabe spiegeln die Sicht der befragten Unternehmen wieder und lassen sich nicht zwangsläufig über das Copernicus Programm direkt abdecken.

zur Reduktion des Ernteverlustrisikos durch bedarfsspezifische Bewirtschaftung. Des Weiteren generieren die Daten einen Nutzen bei der Erfüllung von gesetzlichen Auflagen und bei der Risikobewertung landwirtschaftlicher Betriebe.

- *Mobilität und Infrastruktur:* Im Rahmen der Evaluation wurden im Bereich Mobilität und Infrastruktur vor allem Anwendungsfälle zur Beobachtung von Schienen- und Straßennetzen, im Monitoring von Brücken und Stromnetzen sowie zur Meeresnavigation identifiziert.⁷⁹ Zentrales Verwendungsmuster ist hier oftmals die Beobachtung eines vergleichsweise großen Gebiets zur Definition von anwendungsspezifischen „Areas of Interest“, also Teilgebieten mit erhöhtem Anomalierisiko. Dies erfolgt insbesondere im Vegetations-Monitoring, zu dem ein Anwendungsfall des Unternehmens LiveEO in der nachfolgenden Fallstudie vertiefend dargestellt wird.

⁷⁹ Diese Erkenntnisse stammen unter anderem aus einem im Rahmen dieser Evaluation durchgeführten, fachlich definierten Workshop zum Thema Infrastruktur-Monitoring mit rund 20 Teilnehmenden aus dem öffentlichen und privaten Sektor.

Fallstudie LiveEO: Bahnstrecken-Monitoring durch den Einsatz von Copernicus



Herausforderung

Das Monitoring von Schienennetzen und die Überwachung und Pflege der Vegetation entlang von Bahnstrecken ist essentiell zur Gewährleistung eines reibungslosen Betriebsablaufs im Bahnverkehr: So führen rund 70 Prozent der Gleise in Deutschland durch Flächen mit Baumbestand und nicht selten sind Störungen im Betriebsablauf auf Vegetationsrisiken zurückzuführen. Die Hauptverursacher der vegetationsbedingten Versorgungsunterbrechungen sind stand- und bruchgefährdete Bäume, die bei Stürmen auf Bahnanlagen stürzen, sowie Wildwuchs. Eine frühzeitige Identifikation solcher Risiken reduziert die Kosten des Netzbetreibers und steigert nachhaltig die Sicherheit sowie Kundenzufriedenheit. Dafür begeben in der Regel Inspektionsteams die Bahnstrecken, die durch Waldgebiete führen, und überprüfen sie auf Risikostellen. Die Begehung der großflächigen Gebiete ist jedoch personal- sowie zeitintensiv und stellt somit einen großen Kostenfaktor dar.

Lösungsansatz mit Copernicus

Die Technologie von LiveEO analysiert mit Hilfe von Sentinel-2-Daten und – je nach Bedarf – weiteren hochaufgelösten Multispektraldaten die Vegetation entlang der Schieneninfrastruktur, insbesondere in Waldgebieten mit hohem Risikopotenzial. Unter Verwendung innovativer Machine-Learning-Modelle und künstlicher Intelligenz erfolgt sowohl eine automatische Identifikation der Vegetation als auch eine Klassifikation von Spezies, Höhe und Vitalität des Pflanzenbestands. Diese Informationen werden anschließend in Bezug zu den kundenspezifischen Risikoparametern gesetzt, um eine ganzheitliche Analyse des Gefährdungspotenzials zu ermöglichen. Neben der Visualisierung der Ergebnisse in einer digitalen Vegetationskarte erfolgt zusätzlich eine automatisierte Erstellung und Priorisierung von Arbeitsaufträgen. Um eine nutzerfreundliche Anwendung zu gewährleisten, werden die Analysen dem Management und den Mitarbeitenden des Netzbetreibers vor Ort in Form einer App zur Verfügung gestellt.

Mehrwert und Innovationspotenzial

Zentraler Mehrwert des satellitengestützten Vegetationsmanagements von LiveEO ist nicht nur die Verlagerung der Überwachung der großflächigen Schienennetzinfrastruktur von einer bodennahen Analyse auf den Weltraum, sondern insbesondere die automatische Zulieferung von verwertbaren Erkenntnissen. So erhält der Netzbetreiber eine bessere Übersicht und zudem können die Inspektionsteams am Boden dank der Nutzung von Satellitendaten effizient dort eingesetzt werden, wo sie wirklich notwendig sind. Die auf andere Industrien flexibel übertragbare und skalierbare Lösung liefert „Near-time-Updates“ und zeigt, wie Satellitendaten dazu beitragen können, dass die Auswirkungen von Wetterereignissen auf das System Schiene und die Fahrgäste effektiv reduziert werden können.

Wesentliche Erfolgsfaktoren

- Langjährige Erfahrung im satellitengestützten Vegetationsmanagement von Infrastrukturnetzwerken wie zum Beispiel Pipelines, Strom- und Schienennetzen
- Aufgeschlossenheit der Kunden gegenüber neuen Technologien und Ansätzen aus den Bereichen Geospatial, Remote Sensing, Machine Learning und Cloud Architecture
- Stetiger und enger Austausch mit dem Kunden (Anforderungserhebung, Validierung Analyseergebnisse, Modelloptimierung)

- *Umwelt und Gesundheit:* Im Bereich Umwelt und Gesundheit stehen Anwendungen für das Monitoring von Luftqualität und Luftschadstoffen, der Gewässergesundheit sowie im Kontext von Klimaneutralität im Vordergrund. Ein wesentlicher Nutzen erfolgt in dieser Branche durch die Kombination von in-situ- und Satellitendaten: Während in-situ-Sensoren und Probenentnahmen vor Ort für viele Anwendungen in der Umwelt- und Gesundheitsbranche sehr genaue Daten liefern, aber damit nur einen kleinen Teil der betrachteten Fläche abdecken, sind Copernicus-Daten zwar ungenauer, können aber zur Analyse der gesamten Fläche genutzt werden. Ein konkreter Anwendungsfall im Umweltbereich ist die Beobachtung und Verifikation von im Boden gebundenem Kohlenstoff durch das Unternehmen Seqana. Diese Anwendung wird in der Fallstudie zu Seqana auf der Folgeseite vertiefend betrachtet.

Neben den Nutzungsmustern in den Kernbranchen wurden weitere Anwendungsbereiche mit geringerer Copernicus-Nutzung erhoben, die nachfolgend kurz skizziert sind:

- *Digitale Plattformen und Satellitendatenbereitsteller:* Auch digitale Plattformen und klassische kommerzielle Satellitendatenbereitsteller nutzen Copernicus, wenngleich in anders strukturierten Nutzungskontexten. Copernicus-Daten stellen für diese Unternehmen eine weitere, kundenrelevante Datenquelle dar, die auf der Plattform neben weiteren Datensätzen angeboten wird. Durch das Hosting „aus einer Hand“ steigert dies Attraktivität und Mehrwert der Plattformen.
- *Versicherung und Finanzwirtschaft:* Copernicus-Daten schaffen in der Versicherungswirtschaft vor allem bei der Risiko- und Schadensanalyse einen wesentlichen Mehrwert. Aufgrund der hohen Dichte an meteorologischen Daten wird Copernicus insbesondere zur Tarifierung von Elementarrisiken sowie nach Großwetterereignissen für einen ersten Schadensüberblick genutzt.
- *Energie und Rohstoffe:* In der Energie- und Rohstoffwirtschaft wurden vereinzelte Anwendungsfälle identifiziert, wobei Copernicus hier vor allem bei der Ertragsprognose von Anlagen für erneuerbare Energien und im Post-Tagebaukontext einen zusätzlichen Nutzen generiert.
- *Chemie:* In der Chemieindustrie wird Copernicus vereinzelt zur Beobachtung des Marktumfelds genutzt. So lassen sich aus Copernicus-Daten grundlegende Informationen zu Bedarfen von Kunden aus der Landwirtschaft ableiten, die von der Chemieindustrie produzierte Güter zur Bewirtschaftung großer landwirtschaftlicher Flächen abnehmen.

Fallstudie Seqana: Mit Copernicus Kohlenstoffbindungen in Böden überwachen und Klimaschutzziele effektiver erreichen



Herausforderung

Zur Erreichung globaler und nationaler Klimaschutzziele streben immer mehr Unternehmen an, ihren Ausstoß an Kohlenstoffdioxid (CO₂) zu reduzieren und so ihren ökologischen Fußabdruck zu verringern. Eine Möglichkeit, dies zu tun, ist der Erwerb von CO₂-Zertifikaten, die die klimaneutrale Kompensation von Emissionen durch die Bindung von organischem Kohlenstoff in Böden bestätigen. Die für den Kauf aufgewendeten Mittel fließen direkt zu Projektentwicklern, unter anderem Landwirte, die in Klimaschutzprojekten den Kohlenstoff durch regenerative Praktiken im Boden binden. Bestehende Verfahren zur Überwachung, Berichterstattung und Überprüfung von in Böden gebundenem Kohlenstoff sind jedoch mit hohen Kosten und umfangreichen Prozessen für die Netzbetreiber verbunden. Darüber hinaus erfordern naturnahe Klimalösungen eine zuverlässige und wiederholbare Quantifizierung der Kohlenstoffspeicherung in Böden, die durch klassische Lösungsansätze, wie lokale Bodenprobenentnahmen, nur bedingt gegeben ist. Der damit verbundene erhebliche Zeitaufwand kann Landwirtinnen und Landwirte davon abhalten, regenerative Bodennutzungspraktiken anzuwenden, obwohl auch sie finanziell von solchen Maßnahmen profitieren könnten.

Lösungsansatz mit Copernicus

Die satellitengestützte Software von Seqana ermöglicht die Überwachung, Berichterstattung und Verifizierung von im Boden gebundenem Kohlenstoff zu vergleichsweise geringen Kosten. Dies geschieht durch die Messung des organischen Kohlenstoffs im Boden unter Verwendung von Satellitendaten wie Vegetationsindices (z. B. NDVI), Temperatur- und Niederschlagsdaten sowie weiteren Umweltparametern wie etwa Steigungswinkel und Bodenbeschaffenheit. Zentraler Bestandteil der Anwendung sind optische Rohdaten des Sentinel-2-Satelliten sowie von Sentinel-1 abgeleitete Produkte, um den Kohlenstoff in der Biomasse zu quantifizieren. Durch den Einsatz von maschinellem Lernen können Algorithmen den Gehalt und die Bestände an organischem Kohlenstoff im Boden anhand der Satellitenbilder interpretieren und diese Erkenntnisse so für Landwirte, Projektentwickler, Nichtregierungsorganisationen, Konzerne und Regierungen nutzbar machen. Damit kann Bodenkohlenstoff als Teil des Lösungsportfolios gegen den Klimawandel deutlich an Bedeutung gewinnen.

Mehrwert und Innovationspotenzial

Die von Seqana angebotene Software-as-a-Service-Lösung ist bis zu 90 Prozent günstiger als die klassische Entnahme von Bodenproben, transparent sowie einfach zu nutzen und befähigt somit Landwirte und Projektentwickler, die Wirkung naturbasierter Klimalösungen zu maximieren.

Wesentliche Erfolgsfaktoren

- Fachkundiges Team mit Domain-Expertise und langjähriger Erfahrung im EO-Sektor
- Zugriff auf State-of-the-art-Cloud-Computing der Google Cloud-Plattform
- Kooperationen mit dem DLR, GFZ und zentralen Stakeholdern aus der Industrie
- European Innovation Council und Finanzierung durch Venture Capital

4.2.2 Art der Datennutzung

In diesem Abschnitt wird detailliert und quantifiziert, *welche* der verschiedenen Copernicus-Daten *wie* privatwirtschaftlich genutzt werden.

Die Analyse der Datennutzung zeigt deutlich, dass die Daten der Sentinel-1- und -2-Satelliten in der Privatwirtschaft schwerpunktmäßig verwendet werden. Aus der Untersuchung der Relevanz der Copernicus-Daten im Verhältnis zu weiteren Datenquellen geht hervor, dass die komplementäre Nutzung von Copernicus-Daten in Kombination mit weiteren externen Datenquellen klar gegenüber einer ausschließlichen Copernicus-Nutzung überwiegt. Der Evaluation der Rohdaten- und Dienste-Nutzung lässt sich entnehmen, dass in der Privatwirtschaft die Rohdaten den Copernicus-Diensten deutlich vorgezogen werden. Bezüglich des Reifegrads der Copernicus-Nutzung durch privatwirtschaftliche Unternehmen wurde beobachtet, dass die große Mehrheit der Unternehmen Copernicus-Daten für einzelne Projekte oder Leistungen des Produktportfolios nutzt, während die Regelnutzung, also eine regelmäßige und fest im Geschäftsprozess verankerte Nutzung mit zentraler ökonomischer Bedeutung für das Geschäftsmodell, nur sehr selten stattfindet.⁸⁰

Datennutzung

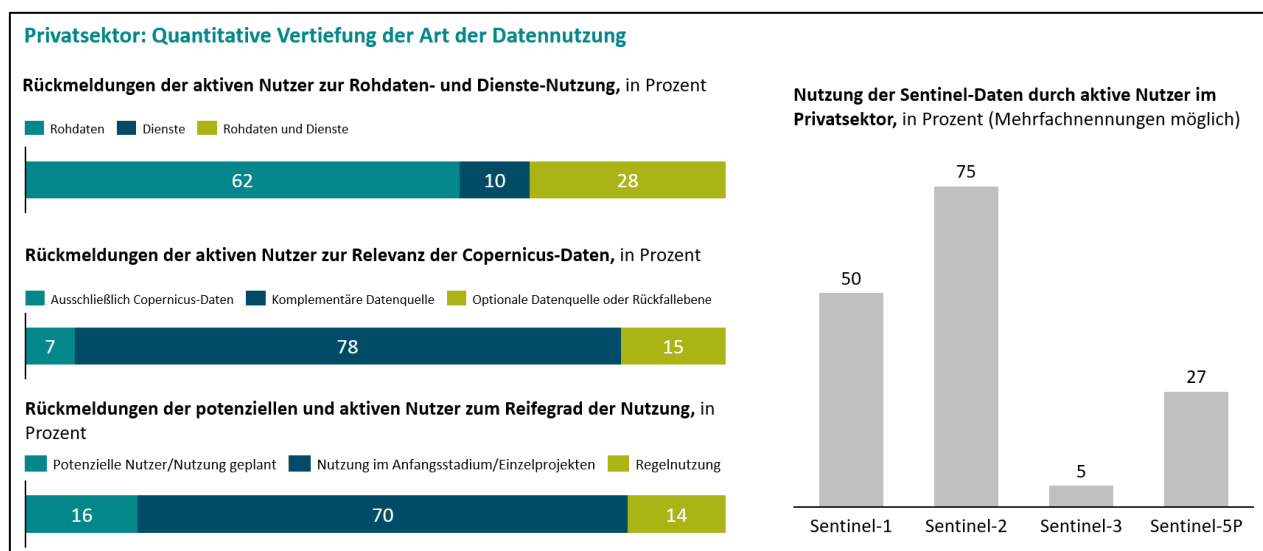


Abbildung 9: Art der Datennutzung im Privatsektor

Im Rahmen der Analyse der Datennutzung in der Privatwirtschaft wird zur Beantwortung der Frage, *welche* der verschiedenen Copernicus-Daten genutzt werden, der Blick auf die jeweiligen Datensätze der Sentinels gerichtet. Die aktiven Missionen S-1, S-2, S-3, S-5p und S-6A bilden den Kern des derzeitigen Copernicus-Programms. Deshalb wird die Nutzung dieser Datensätze – bis auf eine privatwirtschaftliche Nutzung von S-6A – nachfolgend genauer betrachtet.⁸¹

⁸⁰ Der Reifegrad der Nutzung wird in drei Stufen eingeteilt: 1) Potenzielle Nutzer oder Nutzung in Planung; 2) Nutzung im Anfangsstadium oder für einzelne Services des Produktportfolios mit begrenzter ökonomischer Bedeutung für das Unternehmen; 3) Regelnutzung, also eine regelmäßige und fest im Geschäftsprozess verankerte Nutzung mit zentraler ökonomischer Bedeutung für das Geschäftsmodell des Unternehmens. Mehr dazu s. Abschnitt *Reifegrad*.

⁸¹ Eine privatwirtschaftliche Nutzung von Daten des Satelliten Sentinel-6A wurde im Rahmen dieser Nutzung nicht festgestellt.

Die Evaluation hat ergeben, dass Sentinel-1- und -2-Daten am häufigsten verwendet werden. Eine Nutzung von Sentinel-2-Daten erfolgt in etwa 75 Prozent der Fälle, 50 Prozent der Unternehmen nutzen die Daten des Sentinel-1-Satelliten. Demgegenüber ist eine Anwendung von Daten des Sentinel-5P (27 %) und des Sentinel-3 (5 %) im Privatsektor nur in geringem Maße festzustellen.⁸²

Dieses Ergebnis lässt sich anhand von drei zentralen Gründen erklären:

- **Erstens** sind die Sentinel-1- und -2-Satelliten am längsten aktiv: Sentinel-1A ist seit 2014 (1b seit 2016) und Sentinel-2A seit 2015 (2b seit 2017) in Betrieb, während Sentinel-3A im Jahr 2016 (3b seit 2018) und Sentinel-5p erst 2017 gestartet worden sind. Daran anknüpfend wurden durch die Sentinel-1- und -2-Missionen am meisten Daten veröffentlicht, beispielsweise über den Open Access Hub der ESA: Seit Operationsstart wurde bis Ende 2020 ein Datenvolumen von über 12.02 Petabyte (PiB) der S-2-Mission und über 9.47 PiB der S-1-Mission veröffentlicht, während das Datenvolumen der S-3-Mission und S-5P-Mission lediglich 3.04 PiB beziehungsweise 0.35 PiB beträgt.⁸³

Somit konnten Unternehmen am längsten die Daten der S-1- und S-2-Satelliten verwerten, die meiste Erfahrung mit diesen Daten sammeln und darauf basierend Anwendungspotenziale erschließen, sodass die hauptsächliche Nutzung dieser Satelliten nicht verwunderlich ist.

- **Zweitens** finden Daten von Sentinel-1- und -2 in Branchen mit großem Absatzmarkt, wie etwa der Versicherungswirtschaft, der Mobilitätsbranche oder auch der Landwirtschaft, Anwendung, so beispielsweise zum Landwirtschafts- und Hochwasser-Monitoring oder zur Detektion von Bodenbewegungen. Demgegenüber stehen Sentinel-3- und -5P-Daten, die von weniger finanzstarken Branchen genutzt werden, etwa der Klima- und Umweltbranche, zum Monitoring der Atmosphäre und von Spurengasen oder zur Kartierung der Wasseroberflächentemperatur. Die steigende Relevanz der Themen Klima- und Umweltschutz auf der gesellschaftspolitischen Agenda sowie die häufiger stattfindende Bepreisung von externen Effekten könnte jedoch zu einigen wirtschaftlichen Nachholeffekten in diesen Branchen und bei der Inwertsetzung der Daten dieser bestehenden Satellitenmissionen sowie der zukünftigen Missionen S-5 und – nach Aktivierung – S-6 führen.
- **Drittens** ist die räumliche Auflösung von Sentinel-1 und -2 mit circa 10–60 Metern deutlich besser als die von Sentinel-3 (300–1020 Meter) und Sentinel-5P (7–68 Kilometer), sodass die Datensätze von Sentinel-3 und -5P insbesondere für sehr großräumige Anwendungsfälle geeignet sind. Großflächige Analysen sind allerdings vermehrt Teil der Leistungserbringung öffentlicher Akteure und bieten weniger Potenzial für die Entwicklung privatwirtschaftlicher Geschäftsmodelle. Zudem gibt es beispielsweise für optische Daten vergleichsweise viele kommerzielle Satellitenanbieter, was als weiteres Indiz für das herausgehobene wirtschaftliche Potenzial von optischen Sentinel-2-Daten gegenüber Sentinel-3- und -5P-Daten gewertet werden kann.

Wenngleich die hauptsächliche Nutzung von Sentinel-1- und -2-Daten somit nachvollziehbar ist, deutet dieses Ergebnis darauf hin, dass verschiedene Maßnahmen geprüft werden sollten, die auf eine breitere privatwirtschaftliche Nutzung von Copernicus abseits der Sentinel-1- und -2-Daten, die ohnehin bereits breitflächig genutzt werden, abzielen, um hier wirtschaftliche Impulse zu setzen und weitere Potenziale für die Wirtschaft und Umwelt zu heben.

⁸² Ein Unternehmen kann Daten von einem oder mehreren Sentinel-Satelliten nutzen. Die Ergebnisse dieser Erhebung decken sich mit der EARSC (2021a), S. 40, die eine ähnliche Verteilung entlang der europäischen Erdbeobachtungsunternehmen feststellt: S-1: ca. 52 Prozent; S-2: ca. 60 Prozent; S-3: ca. 5–15 Prozent und 5P: ca. 15 Prozent.

⁸³ ESA (2021): S. 26.

Rohdaten- und Dienstnutzung

Die Analyse zeigt zudem, dass in der Privatwirtschaft die Rohdaten den Copernicus-Diensten aufgrund schnellerer Bereitstellung sowie einfacherer Aufbereitung und Weiterverarbeitung vorgezogen werden. So nutzen 62 Prozent der Copernicus-Nutzer ausschließlich Rohdaten der Sentinel-1-, -2-, -3- und -5P-Satelliten. Demgegenüber greifen 10 Prozent ausschließlich auf Dienste zurück, während 28 Prozent sowohl Rohdaten als auch Dienste verwenden. Diese Erkenntnis fußt auf drei zentralen Gründen:

- **Erstens** basiert die primäre Nutzung von Rohdaten vor allem darauf, dass die Hauptnutzer im Privatsektor Start-ups und Geoinformationsdienstleistungsunternehmen mit hohem Innovationspotenzial sind, deren Geschäftsmodell auf der Veredlung und Inwertsetzung von Daten basiert. Hierfür sind Rohdaten besser geeignet, da sich diese bedarfsgerecht weiterverarbeiten und anpassen lassen. Die individuelle Auswahl und die zielgerichtete Anpassung an Kundenbedürfnisse ist mit Rohdaten effizienter möglich als mit standardisierten Produkten der Dienste und führt dazu, dass bevorzugt eigene, auf Rohdaten basierende Analysen durchgeführt werden.
- **Zweitens** spielt ergänzend dazu die dargestellte Bedeutung von weiteren Datenquellen eine wichtige Rolle, die sich mit Rohdaten in der Regel einfacher kombinieren lassen. Private Zwischennutzer generieren durch die individuelle Kombination von mehreren Datenquellen anstelle eines Rückgriffs auf frei verfügbare Standard-Dienste einen Wettbewerbsvorteil gegenüber potenziellen Mitbewerbern.
- **Drittens** erschweren teilweise sehr langwierige Bereitstellungszeiträume die Nutzung der Dienste und machen mitunter kommerzielle Alternativen aufgrund ihrer Aktualität attraktiver.⁸⁴ Nichtsdestotrotz zeigen mehr als ein Drittel der Rückmeldungen jedoch auch, dass besonders ausgereifte und relevante Copernicus-Dienste in der Privatwirtschaft in unterschiedlicher Ausprägungsstärke Anwendung finden. Gefragte Dienste und Produkte sind insbesondere:
 - der Land Covering Service und der Leaf Area Index in der Landwirtschaft,
 - der Copernicus Emergency Management Service in Katastrophenfällen sowie
 - der Copernicus Climate Change Service (C3S) in den Bereichen Meteorologie und erneuerbare Energien.

Eine Nutzung des C3S zur meteorologischen Reanalyse wird in der folgenden Fallstudie des Unternehmens variate.energy vertiefend dargestellt.

⁸⁴ Beispielhaft ist hier der Urban Atlas zu nennen, der grundsätzlich als sinnvolles Produkt betrachtet wird, aber mit vier Jahre alten Daten arbeitet beziehungsweise seitdem nicht mehr aktualisiert wurde (Stand Januar 2022). Währenddessen sind kommerzielle Anbieter in der Lage, dieselben Analysen des Urban Atlas automatisiert in monatlichen Zyklen bereitzustellen, was beispielhaft einen deutlichen Nutzungsnachteil der Copernicus-Dienste aufzeigt.

Fallstudie variate.energy: Mit Copernicus Ertragsprognose und Investitionsrisiko von erneuerbaren Energien bestimmen

variate.
energy

Herausforderung

Im Zuge der Umstellung der Energiesysteme auf erneuerbare Energien ist die wetterabhängige Energieerzeugung von Wind- und Solarenergie die zentrale Herausforderung der Energiewende. Dabei hängt der Nutzen und Wert von Erneuerbare-Energien-Anlagen maßgeblich vom exakten Zeitpunkt zukünftiger Energieerzeugung, gleichzeitigem Strombedarf sowie der Energieerzeugung durch weitere Anlagen ab. Derzeit werden diese Dynamiken jedoch nur stark vereinfacht in Analyseinstrumente zur Energieerzeugung und Entscheidungsprozesse mit aufgenommen, häufig kommen sogenannte „typische“ Wetterjahre zum Einsatz, die die zukünftige Variabilität nur unzureichend abbilden.

Lösungsansatz mit Copernicus

Die Analyse von variate.energy stellt die Dynamiken wetterabhängiger Energieerzeugung und den variablen Strombedarf ins Zentrum von Planung und Kosten-Nutzen-Rechnung für Erneuerbare-Energien-Anlagen. Kern der Technologie bilden Machine-Learning-Algorithmen, die unter Einsatz von High Performance Computing (HPC) auf standortspezifischen Wetteraufzeichnungen und Lastkurven trainiert werden und detaillierte Aussagen über die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Verläufe ermöglichen. Dabei werden Daten des Copernicus Climate Change Services und des Sentinel-5P-Satelliten genutzt, um mittels meteorologischer Reanalyse die unternehmenseigenen Algorithmen mit weltweiten, zeitlich hoch aufgelösten Wetterdaten zu trainieren. Mit Copernicus kann variate.energy auf einen umfassenden Datensatz mit über 40 Jahren historischer Wetterdaten direkt zugreifen und robuste Aussagen über Langzeitvariabilitäten treffen.

Mehrwert und Innovationspotenzial

Mit steigenden Anforderungen an erneuerbare Energien für die Stromversorgung werden Tools benötigt, die die relevanten Dynamiken direkt in Analysen und Optimierungen integrieren können. Erst dadurch werden zukunftssichere Systeme ermöglicht, die das volle Potenzial erneuerbarer Energien ausschöpfen und eine Energiewende mit einer 100-prozentigen Versorgung durch erneuerbare Energien möglich machen. Die Software von variate.energy ermöglicht es, die intelligente Kombination verschiedener Technologien wie Windenergie, Photovoltaik und Energiespeicher zu designen, die benötigt wird, um eine komplette erneuerbare Stromversorgung zu garantieren – trotz der fluktuierenden Natur von Wind- und Solarenergie. Der datenzentrierte Ansatz vereinbart ökologische und ökonomische Anforderungen miteinander und erkennt das ungenutzte Potenzial im Energiesektor.

Wesentliche Erfolgsfaktoren

- Expertise in der statistischen Modellierung und im maschinellen Lernen
- Performante IT-Infrastruktur und Verarbeitungsumgebung
- Unterstützung durch das Netzwerk der WISTA GmbH sowie Unterstützung und Beratung durch das Accelerator-Programm von Copernicus
- Europäischer Sozialfonds (ESF) und das Land Berlin

Relevanz der Daten

Hinsichtlich der Relevanz von Copernicus-Daten im Vergleich zu anderen Datenquellen zeigt sich, dass in der Privatwirtschaft die komplementäre Datennutzung gegenüber einer ausschließlichen Copernicus-Nutzung klar überwiegt.⁸⁵ Eine geringe Minderheit nutzt Copernicus zudem als optionale Rückfallebene beziehungsweise zur Kalibrierung.

So gaben 78 Prozent der Nutzer an, dass Copernicus-Daten der Sentinel-1-, -2-, -3- und -5P-Satelliten in Verknüpfung mit weiteren Datenquellen und somit als komplementäre Datenquelle genutzt werden. Lediglich 7 Prozent der Nutzer verwenden Copernicus als ausschließliche Datenquelle, in diesen Fällen sind dies vor allem Start-ups, deren Geschäftsmodell beziehungsweise Serviceangebot noch am Anfang steht und mitunter noch nicht vollständig kommerzialisiert ist.

Die Fokussierung auf eine komplementäre Nutzung im Vergleich zu einer ausschließlichen Nutzung unterstreicht die Erkenntnis, dass Copernicus-Daten vor allem von Zwischennutzern verwendet werden, deren Geschäftsmodell in Datenveredelung und der Kombination verschiedener Datenquellen – oft in hohen Volumina – besteht. Dies ist auch daran erkennbar, dass nur wenige Zwischennutzer eine ausschließliche Copernicus-Datenaufbereitung oder -visualisierung durchführen.

Weitere Datenquellen, die die verschiedenen Nutzer verwenden, sind kommerzielle oder frei zugängliche Satellitendaten, Daten von Flugzeug- oder Drohnenüberfliegungen oder in-situ-Messsystemen, die vor allem lokale oder zeitkritische Daten, im Sinne einer hohen räumlichen beziehungsweise zeitlichen Auflösung, beisteuern, die Copernicus in diesem Maße nicht bieten kann.

Falls externe Datenquellen, wie etwa kommerzielle Satellitendaten, kurzfristig ausfallbedingt nicht verfügbar sind, werden Sentinel-1-, -2- und -3-Daten von vereinzelt Unternehmen als Rückfallebene verwendet. Darüber hinaus nutzt die Privatwirtschaft Copernicus als optionale Datenquelle zur Kalibrierung ihrer eigenen Satelliten und zur Qualitätsüberprüfung ihrer Erdbeobachtungsanwendungen. In diesem Zusammenhang ist Copernicus für 15 Prozent der Nutzer relevant und zeigt, dass Copernicus auch abseits einer routinemäßigen Nutzung teils als signifikanter und zuverlässiger Referenzwert für die Privatwirtschaft gilt.

Aus Sicht dieser Evaluation und in Anbetracht der bereits aufgezeigten Potenziale einer privatwirtschaftlichen Nutzung von Copernicus bedeutet die hauptsächlich komplementäre Nutzung jedoch nicht, dass beispielsweise Sentinel-1- und -2-Daten per se einen geringen Mehrwert bieten. Stattdessen gilt hier zu betonen, dass Copernicus-Daten im Kombination mit weiteren Datenquellen eine mehrwertstiftende Rolle einnehmen können – wenn dies nicht der Fall wäre, würde der Rückgriff auf Copernicus in der Privatwirtschaft nicht erfolgen. Darüber hinaus stehen einzelne Nutzungsbarrieren einer ausschließlicheren Nutzung von Copernicus-Daten im Wege, die im Kapitel 5 *Barrieren und Potenziale* detailliert werden.

Reifegrad

Mit Blick auf den Reifegrad wurde ermittelt, dass sich die Nutzung bei der großen Mehrheit der befragten Unternehmen (rund 70 %) im Anfangsstadium befindet oder diese nur für einzelne Services des Produktportfolios erfolgt. Aufgrund des breiten Leistungsangebots der Firmen haben die Daten nur eine begrenzte ökonomische Bedeutung für die einzelnen Unternehmen. 16 Prozent der Befragten planen die Nutzung von

⁸⁵ Erdbeobachtungs- beziehungsweise Fernerkundungsdaten werden gewöhnlich in Kombination mit weiteren Daten ausgewertet. Die komplementäre Daten-nutzung ist demnach kein Indikator für die Qualität oder Nützlichkeit der Copernicus-Daten.

Copernicus-Daten beziehungsweise kommen als potenzielle Nutzer in Betracht. Eine Regelnutzung von Copernicus mit zentraler ökonomischer Bedeutung für die einzelnen Unternehmen erfolgt in 14 Prozent der Fälle und somit vergleichsweise selten, insbesondere bei Großunternehmen.

Für diese Verteilung wurden drei zentrale Gründe ermittelt:

- **Erstens** begünstigt die offene Datenpolitik das niedrigschwellige Experimentieren mit Copernicus-Daten und kann so den Projektcharakter einiger Copernicus-Anwendungen erklären. Dies deckt sich mit der Beobachtung, dass sich diese Leistungen oftmals in einer relativ frühen Phase der Marktreife und des Produktentwicklungszyklus befinden. Etablierte Dienstleistungsunternehmen haben parallel dazu oftmals weitere Services im Produktportfolio, die nicht auf Copernicus-Daten basieren. Daher erfolgt die Nutzung von Copernicus häufig als zusätzliche Aktivität und die genutzten Copernicus-Daten stellen eine komplementäre Datenquelle dar (s. Abschnitt *Relevanz der Daten*).
- **Zweitens** ist die Regelnutzung von Copernicus durch Großunternehmen, etwa in der Industrie, aus zwei Gründen verhältnismäßig gering: Einerseits ist erkennbar, dass teilweise eine Wissenslücke vorherrscht und Großunternehmen die Potenziale der Nutzung von Erdbeobachtungsdaten unter Umständen noch nicht evaluiert haben und deshalb keine Nutzung erfolgt. Andererseits wird dort, wo der Mehrwert von Erdbeobachtungsdaten bereits erkannt wurde, oftmals auf Leistungen und Produkte kommerzieller Dienstleister zurückgegriffen.

Je nach Anwendungsfall erscheint es Unternehmen deshalb zielführender, auf die Angebote kommerzieller Dienstleister zurückzugreifen. Zudem ist es für Unternehmen zum Teil kostengünstiger und zeitsparend, auf die Angebote von Dienstleistungsunternehmen zurückzugreifen, anstatt eigene Erdbeobachtungs-Abteilungen aufzubauen.

- **Drittens** erfolgt eine Regelnutzung, also eine regelmäßige und fest im Geschäftsprozess verankerte Nutzung mit zentraler ökonomischer Bedeutung für das Geschäftsmodell des Unternehmens, in nur 14 Prozent der beobachteten Fälle. Festzustellen ist die ökonomisch bedeutsame Regelnutzung insbesondere bei Start-ups mit oftmals schmalen Produktportfolio, das aus Leistungen besteht, die ausschließlich auf Copernicus-Daten basieren. Diese sind teils noch nicht am Markt etabliert und fördermittelabhängig, beispielsweise Spin-offs von Universitäten.

Dies trifft mitunter auch auf Firmen zu, die sich im Zuge von Copernicus-Fördermaßnahmen, die teils eine Nutzung von Copernicus-Daten erfordern, gegründet haben und sich noch im Prozess der Kommerzialisierung ihrer Geschäftsideen befinden. Es ist zudem erkennbar, dass Regelnutzer, bei denen Copernicus eine initial zentrale ökonomische Bedeutung hat, ihr Produktportfolio im Laufe des Unternehmenswachstums mittels Rückgriff auf kommerzielle Datenquellen erweitern, sodass diese Firmen im Sinne dieses Reifegradmodells in die verhältnismäßig größte Kategorie „*Verwendung im Anfangsstadium oder für einzelne Services des Produktportfolios*“ übergehen.

4.2.3 Nutzungszweck

Nachdem aufgezeigt wurde, *wer welche* Copernicus-Daten *wie* im Privatsektor nutzt, wird nun darauf eingegangen, *wieso* die Daten des Copernicus-Programms Anwendung finden.

Übergreifende Nutzungszwecke

Copernicus ist innerhalb der deutschen Erdbeobachtungsbranche als kostenloser, umfangreicher und niedrigschwelliger Datenbereitsteller anerkannt und leistet für spezifische Anwendungsfälle in verschiedenen Branchen einen bedeutenden Mehrwert. Dieser lässt sich anhand von vier wesentlichen Nutzungszwecken weiter unterteilen, die nachfolgend – absteigend nach Relevanz – sortiert sind:

- Ermöglichung neuer Geschäftsmodelle,
- Steigerung der Qualität bestehender Produkte und Prozesse,
- Erweiterung des Produktportfolios sowie
- Diversifizierung des Kundenstamms mit zunehmender Ausrichtung auf die öffentliche Verwaltung.

Die frei verfügbaren und kostenlosen Copernicus-Daten stellen ein niedrigschwelliges Angebot insbesondere für junge Unternehmen dar, die oftmals aufgrund vergleichsweise geringfügiger Kapitalausstattung keinen Zugang zu kostenpflichtigen Erdbeobachtungsdaten haben. Copernicus-Daten ermöglichen so das datenbasierte Prototyping neuer Geschäftsmodelle und werden teilweise als Mittel für einen Markteinstieg gesehen.

Darüber hinaus sind die über Copernicus bereitgestellten Daten, vor allem Sentinel-1-, -2- und -5P-Daten, auch für forschungsnahen Akteure attraktiv, die mit einer noch nicht marktreifen Geschäftsidee vor einer Ausgründung stehen und eine günstige Verprobung und Machbarkeitsprüfung („Proof of Concept“) anstreben, beispielsweise in den Anwendungsfeldern Landwirtschaft, Energie oder Mobilität. Im Rahmen dieser Evaluation wurde dies unter anderem bei Unternehmen im Umfeld von Technischen Universitäten und universitätsnahen Technologiezentren beobachtet.⁸⁶ Die Möglichkeit zum schnellen Prototyping und Markteinstieg ist insbesondere in der Erdbeobachtungsbranche von Bedeutung, da die Inwertsetzung der Satellitendaten vor allem durch kleine und mittelständische Firmen erfolgt.⁸⁷

Neben der Datennutzung zur Ermöglichung neuer Geschäftsmodelle ist die Steigerung der Qualität bestehender Produkte und betrieblicher Prozesse ebenfalls zentraler Nutzungszweck von Copernicus-Daten. Dieser Nutzungszweck trifft auf etwa zwei Drittel der Copernicus-Zwischennutzer zu.⁸⁸ Oftmals greifen bereits am Markt etablierte Dienstleistungsunternehmen mit teils breitem Produktportfolio auf Copernicus-Daten zurück, um marktreife und kommerzialisierte Leistungen weiter zu verbessern, etwa um die Genauigkeit von Prognosen zu erhöhen. Dies ist gerade dann der Fall, wenn Copernicus-Daten mit weiteren Datenquellen, etwa kommerziellen Satellitendaten oder in-situ-Daten, kombiniert werden. Diese qualitative Aufwertung kann mitunter einen Wettbewerbsvorteil bedeuten, was beispielsweise bei Unternehmen in der Meteorologie- und Wetterbranche beobachtet wurde, die auf Modellrechnungen des Copernicus Climate Change Service zur meteorologischen Reanalyse zurückgreifen.

⁸⁶ In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde die Copernicus-Nutzung in der Forschung nicht explizit in dieser Evaluation betrachtet.

⁸⁷ EARSC (2021b).

⁸⁸ Je Unternehmen können ein oder mehrere Nutzungszwecke identifiziert werden.

Ergänzend dazu werden mit Copernicus-Daten auch interne (Markt-)Analysen und Prozesse verbessert oder zusätzliche Erkenntnisse der eigenen oder angrenzenden Branchen gewonnen, indem zusätzliche Informationen über Zulieferer, Kunden und Konkurrenz generiert werden. Diese Nutzung ist vereinzelt für große Konzerne, beispielsweise in der Versicherungs-, Landwirtschaft oder Chemieindustrie relevant, die so Marktrisiken wirksamer analysieren und abschätzen können. So kann beispielsweise ein Pflanzenschutzmittelproduzent auf Basis von Copernicus-Daten die landwirtschaftlichen Flächen der Kunden beobachten, um die zukünftige Nachfrage besser abzuschätzen und darauf basierend die Produktion steuern zu können.

Darüber hinaus ermöglichen Copernicus-Daten Zwischennutzern eine Erweiterung ihres Produktportfolios. So können vor allem Software- und Geoinformationsunternehmen dank des Hinzuziehens von Copernicus-Daten weitere Dienstleistungen in eigenen oder naheliegenden Geschäftsbereichen entwickeln. Beispielsweise sind manche der befragten IT-Dienstleistungsunternehmen hauptsächlich im Versicherungs- oder Finanzbereich aktiv, können aber dank Copernicus auch weitere Produkte in der Landwirtschaft oder für den öffentlichen Sektor anbieten – Marktbereiche, die ohne Copernicus möglicherweise nicht erschlossen worden wären.

Daneben verwenden einzelne Nutzer die kostenlosen und offenen Daten zur Bereitstellung zusätzlicher entgeltfreier Informationsleistungen für bestehende Kunden. Da diese Kundenservices von den jeweiligen Unternehmen nicht (direkt) monetarisiert werden, können betroffene Anwendungen vor allem als Marketing- beziehungsweise Vertriebswerkzeug verstanden werden. Das Anbieten möglichst vieler Services aus einer Hand reduziert die Komplexität aus Kundensicht und schafft eine engere Kundenbindung, beispielsweise in der Landwirtschaftsbranche: Während der Verkauf von Saatgut das Kerngeschäft von manchen landwirtschaftlichen Unternehmen bildet, können zusätzlich kostenlose, auf Copernicus-basierende Services für Wetter- und Ertragsprognosen mitgeliefert werden, um das Ausbringen des Saatguts zu optimieren. Auch in der Erdbeobachtungsbranche ist zudem der Trend zur Abdeckung mehrerer Schritte der Wertschöpfungskette erkennbar: IT-Dienstleistungsunternehmen, die ihr Geschäft früher beispielsweise auf Hardware- und Software-Einführungen fokussiert haben, bieten nunmehr darüber hinaus integrierte Plattformlösungen mit Copernicus-Daten zur individuellen Datenweiterverarbeitung oder Ableitung von Handlungsempfehlungen an.

Neben der Erweiterung des Produktportfolios erlauben Copernicus-Daten auch eine Diversifizierung des Kundenstamms der Unternehmen mit zunehmendem Fokus auf öffentliche Einrichtungen. Die Betrachtung der Zielgruppen von privatwirtschaftlichen Zwischennutzern zeigt, dass mit etwa 77 Prozent mehr als drei Viertel der Zwischennutzer ihre Dienstleistungen auch oder ausschließlich für die öffentliche Hand anbieten. Private Copernicus-Nutzer legen also ein großes Augenmerk auf Business-to-Government-Geschäftsbeziehungen. Dies bedeutet im Gegenzug, dass das Geschäftsmodell von nur etwa einem Viertel der Zwischennutzer von Copernicus-Daten ausschließlich auf Business-to-Business basiert, was vor allem auf Zwischennutzer in der Landwirtschaftsbranche zutrifft.

So wird die öffentliche Verwaltung bei ihrer Leistungserbringung durch eine Vielzahl von Dienstleistungsunternehmen entgeltlich unterstützt, die zusätzlichen Nutzen für die öffentliche Hand durch Copernicus-Daten schaffen. Der im Rahmen dieser Evaluation dargestellte Trend zu einer fortschreitenden Bedeutungssteigerung von Copernicus für die öffentliche Hand, inklusive der durch Dienstleistungsunternehmen unterstützte Trend hin zur Errichtung von Copernicus-Infrastrukturen auf Landesebene deutet darauf hin, dass das Marktsegment „Dienstleistungen für Verwaltungseinrichtungen“ zukünftig weiter wachsen wird (s. Abschnitt 4.1 *Copernicus-Nutzung in der öffentlichen Verwaltung*).

4.2.4 Nutzersicht

Zum Abschluss der Analyse des Privatsektors wird in den Blick genommen, *wie* privatwirtschaftliche Copernicus-Nutzer die Aspekte Nützlichkeit, räumliche Auflösung, Umfang, zeitliche Auflösung und Nutzerfreundlichkeit der Daten *bewerten*. Dabei beziehen sich die Auswertungen der räumlichen und zeitlichen Auflösung auf die Daten der Sentinel-1- und -2-Satelliten. Aufgrund der begrenzten Nutzung von Sentinel-3 und -5P durch die in dieser Evaluation interviewten Unternehmen lassen sich für diese Daten keine repräsentativen Aussagen treffen.

Nachfolgend werden folgende Erkenntnisse detailliert: Insgesamt zeigt sich ein heterogenes Bild mit Blick auf die Nützlichkeit von Copernicus-Daten für die Anwendungsfälle der befragten Nutzer. Dies liegt vor allem daran, dass die räumliche Auflösung der Sentinel-1- und -2-Daten kritisch beurteilt wird, während Datenumfang und zeitliche Auflösung von Sentinel-1- und -2-Daten positiver bewertet werden. Die Nutzerfreundlichkeit wird als ausbaufähig eingeschätzt, wobei hier die Vielzahl der Datenzugangspunkte eine übergreifende Aussage erschwert.

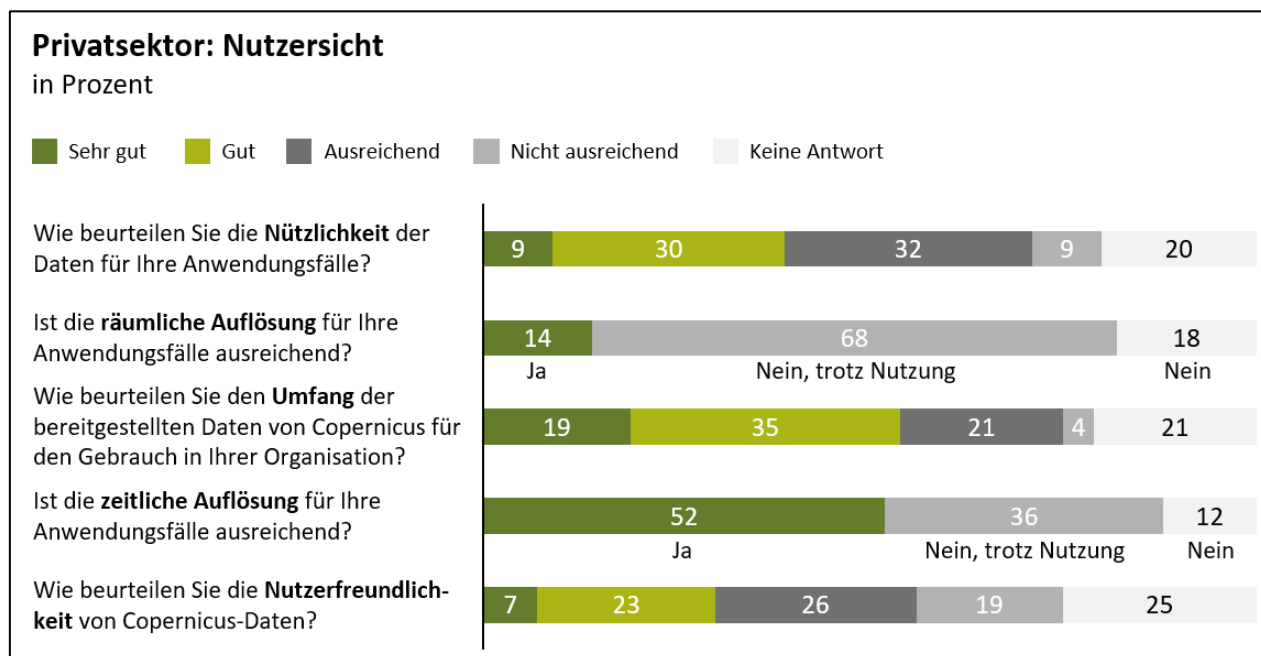


Abbildung 10: Nutzersicht auf Nützlichkeit, räumliche Auflösung, Umfang, zeitliche Auflösung und Nutzerfreundlichkeit im Privatsektor

Nützlichkeit und räumliche Auflösung

Bezüglich der Nützlichkeit der Copernicus-Daten ergibt sich ein dichotomes Bild: Knapp 40 Prozent der befragten Unternehmen bewerten die Nützlichkeit der Daten für ihre Anwendungsfälle als gut, teilweise sogar als sehr gut. Demgegenüber stehen über 40 Prozent, die die Nützlichkeit als ausreichend oder nicht ausreichend bewerten. 20 Prozent haben keine Antwort gegeben.

Diese Verteilung zeigt, dass die Nützlichkeit von Copernicus-Daten durch die befragten Unternehmen sehr anwendungsspezifisch beurteilt wird und für viele privatwirtschaftliche Anwendungsfälle nur eingeschränkt gegeben ist. Die Notwendigkeit nach einer fallspezifischen Beurteilung der Nützlichkeit von Copernicus für den Privatsektor wird auch durch die Rückmeldungen zur Vertiefungsfrage, ob die räumliche Auflösung für die Anwendungsfälle der Befragten ausreichend ist, unterstrichen. Demnach ist die räumliche Auflösung der Sentinel-1- und -2-Daten für 14 Prozent der befragten Unternehmen ausreichend, 18 Prozent beurteilen

sie als nicht ausreichend. Die große Mehrheit gibt allerdings an, dass die räumliche Auflösung für die Anwendungsfälle zwar nicht ausreichend ist, die Daten aufgrund ihrer kostenlosen Bereitstellung und breiten Verfügbarkeit dennoch verwendet werden.

Das differenzierte Bild zur Nützlichkeit und räumlichen Auflösung der Sentinel-1- und -2-Daten ist teils damit zu erklären, dass nach einem erfolgreichen Markteintritt mit Copernicus-Daten weitere höher aufgelöste kommerzielle Daten zur qualitativen Weiterentwicklung und Kommerzialisierung der Anwendungsfälle erforderlich sind. Insgesamt lässt sich somit feststellen, dass die Nützlichkeit von Copernicus-Daten in dem Maße sinkt, wie verstärkt lokale, räumlich höher aufgelöste Daten für den Anwendungsfall erforderlich sind.

Umfang und zeitliche Auflösung

Der Datenumfang und die zeitliche Auflösung von S-1- und S-2-Daten werden von den privatwirtschaftlichen Nutzern insgesamt positiv bewertet.

So beurteilt mit etwa 54 Prozent die Mehrheit den Umfang der bereitgestellten Daten für den Gebrauch in ihrem Unternehmen als sehr gut oder gut. 21 Prozent der Befragten schätzt den Datenumfang als ausreichend ein, während nur 4 Prozent den Umfang als nicht ausreichend bewerten. Damit sind die privatwirtschaftlichen Nutzer mit dem Datenumfang deutlich zufriedener als mit der räumlichen Auflösung der Sentinel-1- und -2-Daten.

Als Vorteil wird hier vor allem die weitreichende globale Abdeckung der Sentinel-1- und -2-Daten genannt, die es privatwirtschaftlichen Akteuren ermöglicht, ihre Dienstleistungen nicht nur in Deutschland, sondern weltweit anzubieten. Für die internationale Erdbeobachtungsbranche schafft Copernicus somit klare wirtschaftliche Marktpotenziale, von denen auch deutsche Unternehmen profitieren. Dies ist insbesondere für Anwendungsfälle im internationalen Katastrophen- oder Umweltschutz relevant, etwa beim Monitoring von Waldbränden in Australien, der Detektion von illegaler Abholzung in Südostasien oder bei der Navigation in der Arktis.

In diesem Zusammenhang wird die zeitliche Auflösung der Sentinel-1- und -2-Daten ebenfalls überwiegend positiv bewertet. Über 50 Prozent der befragten Unternehmen beurteilen die zeitliche Auflösung als ausreichend, für nur etwa 10 Prozent gilt die zeitliche Auflösung der Daten als nicht ausreichend. Für 36 Prozent ist die zeitliche Auflösung zwar nicht ausreichend, dennoch findet eine Nutzung statt. Die von Copernicus gelieferte zeitliche Auflösung der Sentinel-1- und 2-Satelliten deckt somit die Anforderungen der meisten Nutzer.

Sofern bei Nutzern der Bedarf nach einer höheren Wiederholungsrate besteht, greifen hier ähnliche Mechanismen wie im Falle einer als nicht ausreichend bewerteten räumlichen Auflösung von Sentinel-1- und -2-Daten: Nutzer greifen auf kommerzielle Satellitendaten, mitunter in Kombination mit weiteren in-situ-Datenquellen, zurück. Auch hier gilt: Je zeitkritischer die Anwendungsfälle sind, desto eher steigen Nutzer auf kommerzielle Daten um und verwenden zeitlich höher aufgelöste Satellitendaten, Drohnenbefliegungen und feste oder mobile Sensoren am Boden, beispielsweise integriert in Infrastruktur oder Fahrzeuge.

Nutzerfreundlichkeit

Ferner wurde zur weiteren Erhebung der Nutzerperspektive der Blick der Unternehmen auf die Nutzerfreundlichkeit beleuchtet. Auf Copernicus-Daten kann mittels verschiedener Datenzugänge, etwa über den Open Access Hub der ESA, die DIAS-Plattformen oder weitere privatwirtschaftliche Angebote, zugegriffen

werden.⁸⁹ Aktuelle Studien zufolge wird vor allem über den Open Access Hub (35 %) auf die Copernicus-Daten zugegriffen, was sich größtenteils mit den Intervieweindrücken der Autoren dieser Evaluation deckt.⁹⁰ So sind die nachfolgenden Erkenntnisse auf diesen Datenzugang bezogen, wenngleich die begrenzte Datenlage eine einheitliche Bewertung der Nutzerfreundlichkeit erschwert.

Im Rahmen der Evaluation wurde die Nutzerfreundlichkeit von Copernicus als ausbaufähig bewertet. Knapp ein Drittel der Unternehmen (30 %) beurteilen diese Dimension als sehr gut oder gut, etwa ein Viertel als ausreichend (26 %). Für etwa ein Fünftel der Unternehmen ist die Nutzerfreundlichkeit nicht ausreichend (19 %), ein Viertel (25 %) hat diese Frage nicht beantwortet.⁹¹

Die zentralen Kriterien der Nutzer zur Bewertung der Nutzerfreundlichkeit einer Plattform waren:

- eine funktionsfähige und zuverlässige Datenbereitstellung,
- eine einfache Bedienung und ein verständlicher Aufbau,
- eine nachvollziehbare Dokumentation und
- ein nutzerfreundlicher technischer Support.

Private Nutzer erkennen Optimierungspotenzial beim Open Access Hub vor allem in der Datenbereitstellung, bei der Dokumentation von Anwendungsbeispielen sowie im operativen Support bei Problemen. Dagegen wurden die Bedienung und der Aufbau des Open Access Hubs überwiegend als zufriedenstellend eingeschätzt.

Mit Blick auf die funktionsfähige und zuverlässige Datenbereitstellung wurde vor allem die Beschränkung auf aktuell zwei gleichzeitige Downloads als verbesserungswürdig eingeschätzt. Des Weiteren könnte aus Nutzersicht der User Guide des Open Access Hubs regelmäßig aktualisiert und detailliert werden, sodass weniger Rückfragen zur Nutzung des Portals entstehen. In diesem Zusammenhang ist auch der Wunsch nach einer nachvollziehbareren und ausführlicheren Dokumentation von Anwendungsfällen zu verstehen, die es insbesondere unerfahrenen Nutzern ermöglichen würde, potenzielle Nutzungsmöglichkeiten schneller zu durchdringen und zu evaluieren. Zudem könnte die Beantwortungszeit von Tickets durch den technischen Support verringert werden, sodass Problemstellungen schneller behoben werden.

⁸⁹ Laut EARSC (2021a) sind – neben den genannten Datenzugängen – der Sentinel Hub der Firma Sinergise, Amazon Web Services, Google Earth Engine, der nationale Zugang CODE-DE oder der Zugang als Partner in der Bereitstellung eines Copernicus Services weitere Datenzugänge.

⁹⁰ Laut EARSC (2021) sind die DIAS-Plattformen und der Sentinel Hub der Firma Sinergise mit circa 25 Prozent der von der Privatwirtschaft am zweithäufigsten verwendete Zugang zu Copernicus-Daten.

⁹¹ Aufgrund dieser statistischen Unschärfe und der unterschiedlichen Datenzugänge ist die Aussagekraft der Erfahrungen mit der Nutzerfreundlichkeit begrenzt.

4.3 Exkurs: Copernicus-Nutzung im europäischen Vergleich

Nachdem der Fokus der vorangegangenen Kapitel auf der Nutzung und den Effekten des Copernicus-Programms im öffentlichen und privaten Sektor in Deutschland lag, wird im nachfolgenden Exkurs die Copernicus-Nutzung im internationalen beziehungsweise europäischen Kontext illustriert.⁹² Dies geschieht entlang von drei Kerndimensionen:

- Staatliche Rahmenbedingungen und Copernicus-Aktivitäten öffentlicher Einrichtungen (*Auswahl*)
- Die deutsche Erdbeobachtungsbranche und privatwirtschaftliche Nutzungstrends im internationalen Vergleich

Auf dieser kombinierten Grundlage erfolgt eine Perspektive auf ausgewählte

- internationale Innovationsbeispiele im öffentlichen und privaten Sektor.

Staatliche Rahmenbedingungen und Copernicus-Aktivitäten öffentlicher Einrichtungen

Um einen Überblick über die staatlichen Rahmenbedingungen in Europa zu gewinnen, werden zunächst die Strategien ausgewählter Länder zur Förderung der Copernicus-Nutzung betrachtet. Aus den 27 EU-Mitgliedstaaten werden **neben Deutschland** die Länder **Italien, Frankreich, Österreich und Dänemark** nachfolgend **näher betrachtet**, da diese aufgrund ihrer unterschiedlichen Größe und Wirtschaftskraft ein relativ breites Spektrum europäischer Mitgliedstaaten abbilden. Dabei wurden insbesondere die in den Copernicus- oder Weltraumfahrtstrategien skizzierten Zielsetzungen betrachtet sowie die nationalen Förderstrukturen und Begleitaktivitäten, die zur Steigerung der Copernicus-Nutzung beitragen sollen. Darüber hinaus werden die im Rahmen des EU-Projekts FPCUP (Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake) erhobenen Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzerdurchdringung in den EU-Mitgliedstaaten herangezogen.⁹³

Laut der European Global Navigation Satellite Systems Agency, dem Vorgänger der EUSPA, verfügten im Jahr 2019 18 der 27 Mitgliedstaaten der EU über eine nationale Weltraumstrategie.⁹⁴ Die vier betrachteten Länder sind hier inkludiert, allerdings fokussieren lediglich die Strategien aus Italien und Frankreich Copernicus. In der deutschen Raumfahrtstrategie (2010) wird Copernicus beziehungsweise die Methoden der Fernerkundung adressiert, allerdings noch unter der ehemaligen Bezeichnung GMES.⁹⁵ Insgesamt lassen sich insbesondere auf Basis des *Sonderberichts des Europäischen Rechnungshofs zu den EU-Weltraumprogrammen Galileo und Copernicus* teilweise deutliche nationale Unterschiede in der strategischen Begleitung und Förderung der Copernicus-Nutzung feststellen.⁹⁶

⁹² Aufgrund des Evaluationsfokus auf Deutschland sind die meist auf Sekundärquellen basierenden Erkenntnisse dieses Exkurses vor allem illustrativ zu verstehen.

⁹³ FPCUP (2022).

⁹⁴ Diese Mitgliedstaaten sind: Belgien, Bulgarien, Tschechien, Dänemark, Deutschland, Irland, Griechenland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Ungarn, Malta, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Finnland und Schweden.

⁹⁵ Französisches Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2012).

⁹⁶ Europäischer Rechnungshof (2021).

Der Überblick zeigt, dass die deutsche Copernicus-Strategie (2017) vergleichsweise viele fachliche Aspekte adressiert.⁹⁷ So setzt sich die Bundesregierung in ihrer Strategie für eine enge Ausrichtung des Copernicus-Programms an behördlichen Bedarfen ein und beabsichtigt gleichzeitig, neue Wachstumsimpulse für die deutsche Wirtschaft zu generieren. Zudem sollen die deutsche Industrie, die Wissenschaft und die öffentlichen Institutionen an Copernicus und dessen Weiterentwicklung beteiligt und die internationale Zusammenarbeit zu Copernicus gestärkt werden.

Von den vier näher betrachteten Mitgliedstaaten haben neben Deutschland Italien und Frankreich nationale Strategien zur Unterstützung der Nutzung von Copernicus und anderen Weltraumdiensten verabschiedet.

Die italienische Strategie (2016) gilt insofern als bemerkenswert, als sie schwerpunktmäßig auf die wirtschaftliche Entwicklung des Privatsektors und die Steigerung privatwirtschaftlicher Investitionen ausgerichtet ist, anstatt auf die Förderung von Einzelprojekten und Demonstrationsvorhaben in der öffentlichen Verwaltung zu setzen – obwohl das Copernicus-Programm insbesondere für die Kernnutzer im öffentlichen Bereich angelegt ist. Zudem soll die staatliche Nachfrage nach Weltraumdienstleistungen vor allem von lokalen und regionalen Behörden gebündelt werden, um Synergiepotenziale unter öffentlichen Einrichtungen zu heben und die Kosteneffizienz durch den gemeinsamen Einkauf von Leistungen zu erhöhen.

So ist zu beobachten, dass die italienische Strategie neben regulatorischen Impulsen für die öffentliche Verwaltung insbesondere in der Privatwirtschaft einen bedeutenden Hebel zur Realisierung von Potenzialen von Copernicus sieht.⁹⁸ Die italienischen Copernicus-Aktivitäten umfassen dabei ein differenziertes Angebot für verschiedene Akteure. So hat Italien mit dem Copernicus National User Forum (CNUF), der National Copernicus Academy Coordination (NCAC) und dem National Network (NCAN) mehrere Netzwerk- und Koordinierungsstellen zur Unterstützung aufgebaut.⁹⁹ Ziel des CNUF ist die Formulierung, Implementierung und fortwährende Begleitung eines Drei-Jahres-Plans zur Nutzungssteigerung von Copernicus unter Einbezug von Nutzern im öffentlichen, privaten und akademischen Bereich sowie die Harmonisierung der Copernicus-Aktivitäten in diesen Sektoren.

Zudem hat die italienische Regierung eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die mögliche regulatorische Hindernisse in der Copernicus-Nutzung ermitteln soll. Deren Aufgabe ist es, Rechtsvorschriften und behördliche Aktivitäten zu analysieren, die für die Erdbeobachtung einen zusätzlichen Nutzen darstellen könnten, um Copernicus in der Verwaltungsarbeit weiter zu etablieren.¹⁰⁰ Die Arbeit dieser Arbeitsgruppe adressiert somit eine der wesentlichen Barrieren, die in der öffentlichen Nutzung von Copernicus in Deutschland beobachtet wurde, nämlich die fehlende Verankerung von Copernicus in relevanten Verwaltungsrichtlinien und Gesetzestexten (s. Kapitel 5 *Barrieren und Potenziale*).

Weiterhin setzt sich die italienische Regierung für eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Verwaltung, Privatsektor und akademischen Institutionen ein, etwa durch umfangreiche Weiterbildungsmaßnahmen. Die FPCUP-Übersicht der italienischen Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzerdurchdringung

⁹⁷ Die Informationslage zu den Copernicus-Strategien und -Aktivitäten der jeweiligen EU-Mitgliedstaaten sind äußerst fragmentiert. Die Informationen lassen sich aufgrund der verschiedenen Landessprachen und geringer internationaler Transparenz oftmals nur sehr begrenzt identifizieren und analysieren. Diese illustrativen Ausführungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

⁹⁸ Ministero dello sviluppo economico (2016).

⁹⁹ Observer (2020).

¹⁰⁰ Vgl. FPCUP (2022a).

umfasst 10 Copernicus-Aktivitäten in den Jahren 2019 bis 2022, darunter vor allem fachspezifische nationale und internationale Informations- und Trainingsmaßnahmen für Copernicus-Nutzer.¹⁰¹

Die französische Strategie (2018) zielt darauf ab, Partnerschaften zwischen der öffentlichen Verwaltung und Start-ups gezielt aufzubauen sowie die Einführung und Kommerzialisierung von Copernicus-Anwendungen zu erleichtern. So sollen Kooperationen zwischen der Erdbeobachtungsbranche und erdbeobachtungsfernen Akteuren verbessert und privatwirtschaftliche Innovationen durch Wissenstransfer gesteigert werden. So fördert die französische Regierung die Entwicklung eines industriellen Ökosystems, das die Bedürfnisse von Unternehmen und Verbrauchern durch Produkte, die auf der Verwendung von Erdbeobachtungsdaten basieren, bedienen soll.¹⁰² Die FPCUP-Übersicht der französischen Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzerdurchdringung umfasst mit 49 Copernicus-Aktivitäten für die Jahre 2018 bis 2022 vergleichsweise viele Maßnahmen, etwa zur Entwicklung und Pilotierung von Downstream-Anwendungen im Energiesektor oder zur Verknüpfung von Copernicus-Daten mit regionalen Datenbeständen.¹⁰³

In Frankreich wird das nationale Arbeitsprogramm für Copernicus flankiert durch Aktivitäten der französischen Raumfahrtbehörde CNES (Centre national d'études spatiales), die sowohl Weltraumdienste im Allgemeinen als auch den Aufbau von Partnerschaften zwischen öffentlicher Verwaltung und Unternehmen stärkt. Außerdem findet Copernicus im französischen Klima-Anpassungsplan Berücksichtigung.

In Österreich und Dänemark wurden keine zentralen Copernicus-Strategien identifiziert. In Österreich zielt ein nationales Programm auf die Förderung von anderen Weltraumprogrammen wie Galileo- und EGNOS-Diensten ab. Parallel dazu wird jedoch die Nutzung von Copernicus mit Fördermitteln explizit unterstützt. Der Schwerpunkt der Ausschreibungen liegt im Klima- und Umweltbereich, wobei das Ziel verfolgt wird, insbesondere neue, bislang nicht geförderte Organisationen zu unterstützen, um aktuellen gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen zu begegnen und die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Erdbeobachtungsbranche zu stärken.¹⁰⁴ Die Übersicht des FPCUP-Projekts weist keine österreichischen Copernicus-Aktivitäten in den Jahren 2018 bis 2022 aus.¹⁰⁵

Die Informationslage zu unterstützenden Strukturen zur Copernicus-Nutzung in Dänemark ist auf den ersten Blick überschaubar. Auch die Übersicht der dänischen Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzerdurchdringung zeigt lediglich zwei Copernicus-Aktivitäten für den Zeitraum von 2018 bis 2023 an.¹⁰⁶ Bemerkenswert ist hingegen die Studie „Danish Uses of Copernicus“ der dänischen Agency for Data Supply and Efficiency, die das Endprodukt eines dieser beiden Copernicus-Aktivitäten darstellt.¹⁰⁷ Der Aktivitäten-Katalog listet 50 Anwendungen von Copernicus-Daten im öffentlichen Sektor in Dänemark auf und lässt aufgrund der großen Zahl an Anwendungsfällen auf eine vergleichsweise hohe Nutzerdurchdringung der öffentlichen Verwaltung schließen, was insbesondere für ein relativ kleines Land mit Blick auf die Einwohnerzahl, Fläche und vermutlich auch Copernicus-Mittel bemerkenswert ist.

¹⁰¹ Vgl. FPCUP (2022a).

¹⁰² Ministère de la Transition Ecologique (2018).

¹⁰³ Vgl. FPCUP (2022b): Running Actions France.

¹⁰⁴ Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2021): S. 4.

¹⁰⁵ Vgl. FPCUP (2022c): Running Actions Austria.

¹⁰⁶ Vgl. FPCUP (2022d): Running Actions Denmark.

¹⁰⁷ Danish Agency for Data Supply and Efficiency (2021).

Zentrale Anwendungsbereiche, die teilweise einen hohen Reifegrad aufweisen, sind hier das Vegetations- und Infrastruktur-Monitoring, die Kartierung von Eisflächen, das Monitoring atmosphärischer Bedingungen, die Überwachung von Bodenbewegungen sowie im Bereich der Stadtplanung. Insgesamt scheint Copernicus im öffentlichen Sektor in Dänemark somit bereits angekommen zu sein, wenngleich eine klassische Top-down-Steuerung der Nutzerdurchdringung durch die Regierung nicht ersichtlich ist. Angesichts der hohen Nutzerdurchdringung könnte ein vertiefter Austausch auf fachlicher Ebene mit dänischen Behörden – insofern dieser noch nicht erfolgt – für deutsche Verwaltungseinrichtungen fruchtbar sein.

Die deutsche Erdbeobachtungsbranche und privatwirtschaftliche Nutzungstrends im Vergleich

Der Blick auf die europäische Erdbeobachtungsbranche bestätigt zwei in dieser Evaluation gemachte Beobachtungen, nämlich, dass es sich hierbei um einen Wachstumsmarkt handelt und deutsche Unternehmen auf dem Erdbeobachtungsmarkt eine zentrale Rolle einnehmen. So stellt der Verband der europäischen Erdbeobachtungsbranche EARSC fest, dass die Branche im Jahr 2020 mit Erdbeobachtungsservices einen Umsatz von 1,71 Milliarden Euro erzielt hat, was einem Wachstum von 24 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht. Demgegenüber lag das Wirtschaftswachstum in der Europäischen Union im selben Zeitraum bei etwa minus 6 Prozent, sodass sich die Branche klar entgegen der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung in Europa entwickelt hat. Weiterhin sind der Studie zufolge im Jahr 2020 über 700 europäische Unternehmen der Erdbeobachtungsbranche zuzuordnen. Dies ist ein Wachstum von 24 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Die Branche ist stark geprägt durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU): 92 Prozent der Unternehmen haben weniger als 50 Mitarbeitende.

Deutsche Unternehmen prägen die europäische Erdbeobachtungsbranche wesentlich mit. Im Jahr 2020 liegt Deutschland mit 93 Erdbeobachtungsfirmen auf Platz 2 in Europa. Großbritannien befindet sich mit 101 Unternehmen knapp vor Deutschland, dahinter liegen Frankreich (75) und Spanien (57). Deutschland stellt zudem mit 1.434 Beschäftigten nach Frankreich (1.794) mit die meisten Mitarbeitenden in der europäischen Erdbeobachtungsbranche.¹⁰⁸ An dritter Stelle rangieren Firmen aus Großbritannien mit 1.049 Mitarbeitenden. Spanien und Schweden verzeichnen noch vor Großbritannien und Deutschland das höchste prozentuale Personalwachstum. Europaweit liegt das durchschnittliche jährliche Personalwachstum bei knapp 20 Prozent in den letzten zwei Jahren.¹⁰⁹

Der europäische Vergleich privatwirtschaftlicher Nutzungstrends deckt sich überwiegend mit der beobachteten privatwirtschaftlichen Copernicus-Nutzung in Deutschland. So wird Copernicus von europäischen Start-ups in der Regel als komplementäre Datenquelle genutzt, wie der Verband der europäischen Erdbeobachtungsbranche EARSC mit Blick auf die Relevanz der Sentinel-Daten feststellt. Die meisten der befragten Unternehmen gaben an, dass ihr Geschäftsmodell auch ohne Sentinel-Daten weitergeführt werden könnte, aber ohne Copernicus weniger effizient und profitabel wäre. Dagegen stellen die Sentinel-Daten für ein Drittel der Befragten einen signifikanten Wettbewerbsvorteil dar beziehungsweise deren Geschäftsmodell wäre ohne Sentinel-Daten nicht möglich.¹¹⁰ Diese Erkenntnis deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen dieser Evaluation, wonach auch in Deutschland in der Privatwirtschaft Copernicus-Daten vor allem als (wichtige) komplementäre Datenquelle genutzt werden, die ihre zentrale ökonomische Bedeutung vor allem bei Start-ups entfalten.

¹⁰⁸ Als Land mit der höchsten Bevölkerungszahl und Wirtschaftskraft in Europa sind diese Zahlen in Relation zu betrachten, unabhängig davon prägt Deutschland die europäische Erdbeobachtungsbranche entscheidend mit.

¹⁰⁹ EARSC (2021a): S. 14–17.

¹¹⁰ EARSC (2019): S. 4.

Auch sind die Geschäftsmodelle von Start-ups in Europa und Deutschland ziemlich deckungsgleich: Jene der europäischen Erdbeobachtungsbranche basieren überwiegend auf integrierten Lösungen, die neben der Bereitstellung eigener Software auch eine Aggregation, Analyse und Visualisierung von Daten sowie die Datenverarbeitung in eigenen Clouds ermöglichen. Dies wurde auch bei einem Großteil der deutschen privatwirtschaftlichen Zwischennutzer erhoben.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass europäische Unternehmen der Erdbeobachtungsbranche verstärkt auf innovative Methoden der Datenverarbeitung zurückgreifen. So ist ein Trend zur Nutzung von künstlicher Intelligenz (KI) und zur Verarbeitung von großen Datenmengen sowohl im Copernicus-Kontext als auch in der Erdbeobachtungsbranche allgemein zu erkennen. So gaben im Jahr 2021 mehr als 50 Prozent der europäischen Erdbeobachtungsunternehmen an, dass sie KI bereits nutzen, weitere 25 Prozent teilten mit, dass sie eine entsprechende Nutzung im Unternehmen prüfen.¹¹¹ Auch in Deutschland erklärten viele privatwirtschaftliche Copernicus-Nutzer, dass sie für die Verarbeitung von Copernicus-Daten künstliche Intelligenz anwenden. Dieser technologische Trend zu neuen Methoden der Datenverarbeitung wird in Kapitel 6 *Ausblick* weiter vertieft.

Internationale Innovationsbeispiele im öffentlichen und privaten Sektor

Der exemplarische Blick auf Copernicus-Anwendungen im europäischen Ausland zeigt, dass sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor innovative Anwendungsbeispiele vorliegen. Innovative Nutzungsbeispiele, die auf Deutschland übertragbar wären, sind insbesondere in den Bereichen Umwelt, Stadtplanung, Landwirtschaft und humanitäre Hilfe zu finden.

Für den öffentlichen Sektor illustrieren Projekte der dänischen Stadt Odense, der spanischen Regionalregierung von Castilla sowie der Universität von Athen beispielhaft innovative Anwendungsfälle in den Bereichen Bodenbewegungen, Waldbrandvorhersage und Bewässerungsmanagement.

Die dänische Stadt Odense nutzt beispielsweise Sentinel-1-Daten zur Identifikation von Bodensenkungen sowie zur Bestimmung der Auswirkungen von Bautätigkeiten. Die mittels Radardaten festgestellten Bodenbewegungen können insbesondere für überschwemmungsgefährdete Gebiete relevant sein, die ihre Hochwasserschutzmaßnahmen auf Basis der Bodenveränderungen anpassen können. Weiterhin helfen die Copernicus-Daten bei Baumaßnahmen nachzuweisen, ob die durch Bodenbewegungen ausgelösten Risse in naheliegenden Gebäuden und in der Infrastruktur tatsächlich auf beispielsweise einen aktuellen Tunnelbau zurückzuführen sind. Die auf Copernicus-Daten basierende Anwendung bietet somit auch ein unabhängiges Messinstrument zur Klärung von Haftungsfragen.¹¹² Dies ist für die Stadt Odense aufgrund von umfassenden Bau- und Grabungsaktivitäten im Stadtzentrum und daraus resultierenden Bodenveränderungen besonders nützlich. Dieser Anwendungsfall steht exemplarisch für die Nutzung von Copernicus auf kommunaler Ebene in Dänemark und kann ein Beispiel für die fachlich sinnvolle Anwendung von Copernicus in deutschen Städten und Kommunen sein.

Die spanische Regionalregierung von Castilla verwendet den Copernicus Land Service sowie Sentinel-3-Daten zur Erkennung von waldbrandgefährdeten Regionen und zur Vorhersage der möglichen Brandintensität bei Waldbränden. Mittels des Vegetation Condition Index (VCI) und Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kann die Trockenheit der Vegetation und die Brennstoffbelastung von Wäldern bestimmt wer-

¹¹¹ EARSC (2021a): S. 48.

¹¹² Danish Agency for Data Supply and Efficiency (2018): S. 16–17.

den. Auf Basis dieser Erkenntnisse werden die grundsätzliche Waldbrandgefahr sowie die Ausbreitung prognostiziert, sodass die begrenzten Ressourcen zur Feuerbekämpfung effektiver eingesetzt werden können.¹¹³ In Deutschland wird allgemein aufgrund der negativen Auswirkungen des Klimawandels künftig von einer höheren Waldbrandgefahr ausgegangen, sodass ein Nutzungspotenzial auch für deutsche öffentliche Einrichtungen zu bestehen scheint.

Das dritte Anwendungsbeispiel, ein Forschungsprojekt an der griechischen Universität von Athen, zielt darauf ab, die Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen mittels Wasserverfügbarkeitskarten zu verbessern. Dafür wird der auf Sentinel-2-Daten basierende Leaf Area Index mit Sentinel-1-Daten zur Schneeschmelze sowie Modellierungen zum Pflanzenwachstum kombiniert, um die Wasserverfügbarkeit in Regionen mit hoher landwirtschaftlicher Aktivität zu bestimmen. Diese Lösung ist insbesondere für Regionen relevant, in denen die Bewässerung eine wichtige Rolle für die Ernährungssicherheit spielt.¹¹⁴ Freilich ist eine Absenkung des Grundwasserspiegels mit Auswirkungen auf das nachhaltige Bewässerungsmanagement auch in Teilen Deutschlands zu beobachten, sodass dieser Anwendungsfall für deutsche Copernicus-Nutzer mittelfristig ebenfalls in Frage kommt.¹¹⁵

Im Privatsektor sind nachfolgend drei innovative Anwendungen der Unternehmen Polisensio, TerraNIS und Space4Good aus den Nutzungsbereichen Luftqualität, Weinanbau und humanitäre Hilfe beispielhaft aufgeführt.

Die Anwendung des dänischen Unternehmens Polisensio nutzt Sentinel-5P-Daten für das Monitoring der Luftqualität in Städten. Auf der Grundlage der Monitoring-Ergebnisse werden Strategien für ein verbessertes Verkehrsmanagement und zur Stadt- und Straßenplanung umgesetzt. Dank Copernicus kann – in Kombination mit beweglichen Sensoren und hyperlokalisierten Wärmekarten – ein schnelleres und flexibleres Monitoring der Luftqualität erfolgen.¹¹⁶ Angesichts des seit Jahren im Fokus umfassender Maßnahmen der Bundesregierung stehenden hohen Werts an Stickstoffdioxid in der Luft deutscher Städte erscheint diese Anwendung auch für Deutschland von Interesse. Durch den Einsatz eines solchen Monitorings kann ein langfristiger Beitrag zur Bekämpfung von Luftverschmutzung erzielt werden und neben dem Bundesumweltamt können weitere Akteure, insbesondere auf lokaler Ebene, flexibel und effizient bei Monitoring-Aufgaben unterstützt werden. Dies kann perspektivisch zu Einsparungen im Gesundheitswesen, der Verbesserung der Daseinsvorsorge und der allgemeinen Informationslage führen sowie eine wichtigere Grundlage für eine nachhaltigere Verkehrsplanung bilden.

Das französische Unternehmen TerraNIS nutzt Sentinel-2-Daten, um den Weinanbau in Frankreich effizienter zu gestalten.¹¹⁷ Das Produkt Oenoview hilft Winzern, ihren Ernteertrag zu erhöhen und Kosten in der Bewirtschaftung zu senken, indem Gesundheit und Wachstum von Reben besser beobachtet und ihr optimaler Erntezeitraum genauer bestimmt werden. Das Produkt kombiniert Sentinel-2-Daten mit hoch aufgelösten Satellitendaten, wobei der Vorteil der niedriger aufgelösten Sentinel-Daten die kostenlose und regelmäßige Bereitstellung, also eine vergleichsweise hohe zeitliche Auflösung, ist. Derzeit nutzen etwa ein Prozent der französischen Winzer das Produkt Oenoview. Unter der Prämisse, dass die Marktdurchdringung

¹¹³ Castilla-La Mancha Forest Fires Service (2020).

¹¹⁴ Hagos, Desta Haileselassie & Kakantousis et al. (2021): S. 9039.

¹¹⁵ Vgl. Bayrisches Landesamt für Umwelt (2020).

¹¹⁶ Vgl. Copernicus Masters (2022):

¹¹⁷ EARSC (2021b).

des Produkts in Frankreich weiter zunimmt, sind signifikante Effizienzsteigerungen in der Produktion möglich. Der Verband der Erdbeobachtungsbranche EARSC sieht hierhin einen potenziellen wirtschaftlichen Nutzen von etwa fünf bis neun Millionen Euro pro Jahr.

Diese Anwendung ist auch vor dem Hintergrund der Arbeit der deutschen Weinbaubranche relevant: So hat die Ansprache verschiedener zentraler Branchen-Akteure im Rahmen dieser Evaluation ergeben, dass Copernicus im deutschen Weinbau bisher nicht zur Anwendung kommt.

Das niederländische Unternehmen Space4Good nutzt Sentinel-1- und -2-Daten, um nicht detonierte Sprengstoffwaffen in Krisenregionen zu identifizieren.¹¹⁸ Dazu werden multispektrale Veränderungskartierungen erstellt, die Schäden an Gebäuden und in Stadtvierteln abbilden. In Verbindung mit KI-Algorithmen können so kleinräumige Veränderungen während und nach Bombardierungen erkannt und als Indikator für gegebenenfalls noch nicht explodierte Bomben oder sonstige Sprengkörper genutzt werden. Durch eine Kombination mit einer Landnutzungsklassifizierung wird die Genauigkeit der Ergebnisse weiter erhöht. Das Projekt ermöglicht so ein besseres Verständnis von Konfliktfolgen sowie der Zerstörung von Städten. Weiterhin werden so Leben vor Ort geschützt.

In deutschen Städten und in der Ostsee befinden sich weiterhin Sprengkörper aus dem 2. Weltkrieg. So wäre zu prüfen, ob eine gegebenenfalls modifizierte Lösung von Space4Good auch in Deutschland einen Mehrwert zur Detektion von Sprengstoff schaffen kann. Unabhängig davon kann eine solche Anwendung ein weiteres Standbein deutscher humanitärer Unterstützung in Krisengebieten in Europa und weltweit darstellen.

Als Fazit lässt sich anhand dieses exemplarischen Blicks auf die Nutzung von Copernicus in Europa somit feststellen, dass die vielfältigen internationalen Anwendungsbeispiele im öffentlichen und privaten Sektor teils hohes Potenzial für eine Anwendung in Deutschland bieten. Mit Blick auf die Erhöhung der Nutzerdurchdringung von Copernicus in Europa sollte geprüft werden, inwieweit ein Wissenstransfer zu Best Practices und Innovationsbeispielen insbesondere zwischen öffentlichen Einrichtungen der einzelnen EU-Mitgliedstaaten weiter gefördert werden kann.

¹¹⁸ Space4Good (2022).

5 Barrieren und Potenziale

Im Rahmen der Evaluation wurden verschiedene Barrieren und Potenziale in Bezug auf die Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten in der öffentlichen Verwaltung sowie der Privatwirtschaft ermittelt. Mit Barrieren sind nachfolgend jene Faktoren gemeint, die eine Copernicus-Nutzung maßgeblich behindern, während unter Potenzialen Maßnahmen erfasst sind, die diese Barrieren adressieren und zu einer intensiveren Nutzung von Copernicus beitragen können. Diese Logik gilt gleichermaßen für Akteure im öffentlichen und im privatwirtschaftlichen Sektor.

Die identifizierten Barrieren und Potenziale werden im Rahmen folgender Aspekte differenziert:

- Datenbereitstellung und Datennutzung
- Ressourcen und Kompetenzen
- Kommunikation und Vernetzung
- Rechtliche Grundlagen und externe Rahmenbedingungen

5.1 Datenbereitstellung und Datennutzung

Unter den Aspekten Bereitstellung und Nutzung der Daten wurden folgende Barrieren identifiziert:

- Vielzahl von Datenbereitstellern und -portalen auf nationaler und europäischer Ebene erschwert die Übersicht über und das Verständnis der verfügbaren Datenangebote
- Zum Teil zu geringe räumliche Auflösung insbesondere von Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten führt zu eingeschränkten Anwendungsmöglichkeiten
- Leistungsschwache IT-Infrastrukturen innerhalb der Verwaltungsorganisationen behindern lokale Verarbeitung großer Datenmengen
- Leistungsschwache Copernicus-Schnittstellen und -Bereitstellungsstrukturen (Open Access Hub und DIAS-Plattformen) beeinträchtigen schnelles und einfaches Herunterladen sowie effizientes Verarbeiten der Daten

Einige gezielte Maßnahmen können die oben genannten Barrieren adressieren und zudem Potenziale für eine intensivere Copernicus-Nutzung heben:

- Schaffung von Transparenz zu verfügbaren Produkten, Diensten und Anwendungsmöglichkeiten von Copernicus sowie Prüfung möglicher Zusammenlegung von Datenzugängen oder Einrichtung einer zentralen Landingpage
- Ausweitung des Zugangskontingents zu CODE-DE für öffentliche Einrichtungen, insbesondere auf Landes- und kommunaler Ebene sowie Prüfung von Zugängen zu sogenannten Information-as-a-Service-Modellen
- Optimierung von Open Access Hub und DIAS-Plattformen, insbesondere Erhöhung der Flexibilität beim Download von Dateien, Verbesserung der Dokumentation der Schnittstellen sowie Aktualisierung von Dateiformaten

Barriere 1: Vielzahl von Datenbereitstellern und -portalen auf nationaler und europäischer Ebene erschwert die Übersicht über und das Verständnis der verfügbaren Datenangebote

Zunächst muss festgehalten werden, dass die fragmentierte Struktur der Copernicus-Datenbereitstellung entlang von diversen Datenzugängen und Plattformen eine grundsätzliche Barriere darstellt. Wie im Kapitel 2 dargelegt, ist eine Vielzahl nationaler, internationaler und supranationaler Organisationen am Copernicus-Programm beteiligt und die Copernicus-Daten und -Leistungen werden über verschiedene Dienste und Datenportale zur Verfügung gestellt. Obwohl diese organisch gewachsene Struktur verschiedene Vorteile bietet, beispielsweise teils wirtschaftliche Anreize,¹¹⁹ ergeben sich hieraus verschiedene Nachteile.

Im Rahmen der Interviews wurde von öffentlichen und privatwirtschaftlichen Nutzern wiederholt darauf hingewiesen, dass die Struktur der Datenzugänge zu komplex ist. Die Einarbeitung in das zum Teil fragmentierte Angebot erschwert (potenziellen) Nutzern, ein Verständnis von den verfügbaren Datenquellen und deren jeweiligen Eigenschaften zu gewinnen. Aktive Nutzer hindert das zum Teil daran, die Nutzung über das ihnen jeweils bekannte Angebot hinaus auszuweiten und neue Anwendungsfälle zu erproben.

Vor diesem Hintergrund würden insbesondere behördliche Nutzer die Schaffung von Transparenz zu verfügbaren Produkten und Diensten von Copernicus durch eine übersichtliche Zusammenfassung an zentraler Stelle befürworten. Gleichzeitig wünschen sich auch private Nutzer eine anschauliche Dokumentation von Anwendungsmöglichkeiten, inklusive Best Practices und umfassenden FAQs (Frequently Asked Questions), zur Umsetzung.

Mit Blick auf die privatwirtschaftlichen Nutzerzugänge wäre zu prüfen, ob eine derartige Vielzahl von auf die Privatwirtschaft ausgerichteten und gleichzeitig mit öffentlichen Mitteln geförderten Datenzugängen notwendig ist oder ob diese teilweise konsolidiert werden sollten. Dies betrifft insbesondere die DIAS-Plattformen und den Open Access Hub. Eine Evaluation der Datenzugänge anhand festgelegter Leistungs- und Nutzerindikatoren und transparenter Kriterien müsste hier die Basis für die Konsolidierung öffentlicher Förderung und die Neustrukturierung des Angebots an Datenzugängen sein. Zusätzlich sollten eine übergreifende Landingpage und eine davon ausgehende Navigation zu den jeweiligen nutzerspezifischen Datenzugängen weitere Transparenz für potenzielle und aktive Nutzer im öffentlichen und privaten Sektor schaffen.

Barriere 2: Zum Teil zu geringe räumliche Auflösung von insbesondere Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten führt zu eingeschränkten Anwendungsmöglichkeiten

Nutzer aus der Verwaltung und Privatwirtschaft haben mehrheitlich darauf hingewiesen, dass die räumliche Auflösung der am meisten genutzten Daten (Sentinel-1 und Sentinel-2) für ihre jeweiligen Anwendungszwecke zu gering ist. Für die Privatwirtschaft stellt dies eine besondere Barriere dar, da private Nutzer im Vergleich zu öffentlichen Nutzern nicht auf die hochauflösenden kommerziellen Daten der beitragenden Missionen zurückgreifen können und sich stattdessen auf das kostenfreie Kernangebot der Sentinel-Daten beschränken müssen. Bei Bedarf nach höherer räumlicher und zeitlicher Auflösung entsprechender Daten bleibt in der Regel nur der entgeltliche Rückgriff auf zusätzliche Daten kommerzieller Satellitenanbieter oder – für öffentliche Nutzer – der beitragenden Copernicus-Missionen (s. u.).

¹¹⁹ Beispielsweise sollen die von der Europäischen Kommission geförderten DIAS-Plattformen eine Wettbewerbssituation unter den jeweiligen datenbereitstellenden Plattformen schaffen und so wirtschaftliche Anreize zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Infrastruktur erzeugen.

Dieser Wunsch nach einer höheren räumlichen und zeitlichen Auflösung wird hier in den Potenzialen jedoch nicht weiter berücksichtigt. Dies hat verschiedene Gründe: Einerseits sind bereits verschiedene neue Copernicus-Missionen in der Entwicklung, die eine höhere räumliche und zeitliche Auflösung mit sich bringen werden. Es wird empfohlen, die Erfahrungen der Nutzer mit diesem verbesserten Angebot abzuwarten, bevor weitere Schritte zur Aufwertung der räumlichen oder zeitlichen Auflösung eingeleitet werden. Andererseits ist für öffentliche Akteure geboten, Wettbewerbsverzerrungen durch vermeidbare Konkurrenz- oder Verdrängungssituationen mit privaten Anbietern zu vermeiden. Dies könnte zu Ineffizienzen und folglich Wohlfahrtsverlusten am – bestehenden – Markt für hochaufgelöste Satellitendaten führen.

Behördliche Nutzer, die zusätzlich zu den Copernicus-Daten hochaufgelöste Daten benutzen möchten, haben grundsätzlich die Option, solche über die beitragenden Missionen und deren Datenangebote zu beziehen. Im Rahmen der Evaluationsinterviews wurden die beitragenden Missionen jedoch nicht referenziert und sind dem Großteil der behördlichen Nutzer nicht bekannt – ihr Mehrwert sollte daher breiter kommuniziert werden (s. Abschnitt 5.3 *Kommunikation und Vernetzung*).

Barriere 3: Leistungsschwache IT-Infrastrukturen innerhalb der Verwaltungsorganisationen behindern lokale Verarbeitung großer Datenmengen

Auf technischer Ebene wurde die dritte wesentliche Nutzungsbarriere innerhalb der öffentlichen Verwaltung identifiziert: So erschweren leistungsschwache IT-Infrastrukturen mit begrenzten Download- und Speicherkapazitäten innerhalb der Verwaltungsorganisationen die Verarbeitung großer Datenvolumen, die bei einem regelmäßigen Bezug von Sentinel-1- und Sentinel-2-Daten anfallen. Insbesondere für die Prozessierung dieser Daten sowie die Kombination mit anderen Datenquellen wie in-situ-Daten sind entsprechend umfangreiche Rechenkapazitäten jedoch notwendig.

Bezüglich der mangelnden Leistungsfähigkeit von IT-Infrastrukturen behördlicher Einrichtungen bietet die im Kapitel 2 dargestellte Copernicus-Plattform CODE-DE eine Teilantwort, da auf CODE-DE Copernicus-Daten in einer effizienten Prozessierungsumgebung verarbeitet und entsprechende Datensätze Cloud-basiert gehostet werden können. Der Zugang zur CODE-DE-Cloud ist allerdings an eine begrenzte Anzahl von Kontingenten gebunden, bei deren Zuteilung zunächst Anfragen von Bundesbehörden sowie deren Auftragnehmer berücksichtigt werden.¹²⁰ Vor diesem Hintergrund ist zu empfehlen, das Zugangskontingent zu CODE-DE für öffentliche Einrichtungen insbesondere auf Landes- und kommunaler Ebene perspektivisch zu erweitern. Alternativ dazu sollte geprüft werden, inwiefern der Zugang zu sogenannten Information-as-a-Service-Modellen, also dem direkten Einkauf relevanter Informationen, für die öffentliche Hand unterstützt werden könnte, sodass öffentliche Einrichtungen die Datenverarbeitung nicht selber durchführen müssen.

Barriere 4: Leistungsschwache Copernicus-Schnittstellen und -Bereitstellungsstrukturen beeinträchtigen schnelles und einfaches Herunterladen sowie effizientes Verarbeiten der Daten

Während im öffentlichen Sektor insbesondere die technische Infrastruktur innerhalb der Verwaltungsorganisationen als Nutzungsbarriere gilt, bildet die Leistungsfähigkeit der Schnittstellen und Bereitstellungsstrukturen seitens Copernicus eine Barriere für die Privatwirtschaft.

¹²⁰ Code-DE (2022b).

Aus Sicht der Nutzer erschwert die geringe Leistungsfähigkeit von Schnittstellen (API) auf den im Kapitel 2 dargelegten Datenplattformen den Download großer Datenmengen sowie die Weiterverarbeitung ebenjener Daten mit KI- und Machine-Learning-Algorithmen. Insbesondere die API der ESA erfüllt nicht die Performance-Ansprüche von Nutzern, die ein hohes Datenverkehrsaufkommen generieren. So ist beim Open Access Hub nur ein gleichzeitiger Download möglich und nicht mehrere. Zudem ist diese API für weniger erfahrene Nutzer technisch kompliziert einzubinden. So wurde beobachtet, dass einzelne Programme von Zwischennutzern mit den von der ESA bereitgestellten Skripten nicht zusammenarbeiten.¹²¹

Mit Blick auf die Bereitstellungsstrukturen ist der Daten-Download vergleichsweise unflexibel gestaltet. So muss beispielsweise bei Sentinel-2-Daten das Herunterladen aller dreizehn Spektralbänder erfolgen. Eine bedarfsspezifische Auswahl, die effizienter wäre und die Bandbreite schonen würde, ist nicht möglich. Daran anknüpfend haben die Rückmeldungen einiger Akteure zum Dateiformat der bereitgestellten Copernicus-Daten ergeben, dass die Copernicus-Daten über den Open Access Hub der ESA in einem Archivierungs- und Kompressionsformat bereitgestellt werden, das teilweise als überholt bezeichnet wird.¹²²

Zur Adressierung dieser Barriere sollten die Schnittstellen und Datenbereitstellungsstruktur des Open Access Hubs und der DIAS-Plattformen mit dem Ziel weiterentwickelt werden, die allgemeine Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Folgende Maßnahmen können die technischen Nutzerbedarfe adressieren und zur Ausweitung der Nutzung führen:

- Erhöhung der Flexibilität beim Download von Dateien, beispielsweise durch das Zulassen parallel ausführbarer Downloads und der Auswahl einzelner Spektralbänder über den Open Access Hub
- Verbesserte Dokumentation zur Einbindung der Copernicus-Schnittstellen in Programme
- Aktualisierung des Archivierungs- und Kompressionsformats der heruntergeladenen Dateien

5.2 Ressourcen und Kompetenzen

Unter den Aspekten Ressourcen und Kompetenzen wurden folgende Barrieren identifiziert:

- Ausbaufähige Fachkenntnisse in den Bereichen der Erdbeobachtung und Fernerkundung in der öffentlichen Verwaltung, insbesondere auf kommunaler Ebene, erschweren Nutzung und Einstieg in die Nutzung
- Mangelnde personelle und/oder finanzielle Ressourcen in der öffentlichen Verwaltung erschweren Einführung beziehungsweise etablierte Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten

Diese sollten durch gezielte Maßnahmen im Sinne einer Steigerung der Potenziale der Copernicus-Nutzung abgebaut werden:

- Ausweitung von Fortbildungsmöglichkeiten in Bezug auf Methoden der Fernerkundung für Fachpersonal und Führungskräfte in der öffentlichen Verwaltung

¹²¹ Insbesondere in der Privatwirtschaft fehlen zudem Schnittstellen zur einfachen Integration von Copernicus-Diensten in die bestehenden Systeme von potenziellen Endnutzern, wie beispielsweise Landwirten. Die derzeit vorhandenen Schnittstellen erschweren vor allem kleinen, weniger kompetenten privatwirtschaftlichen Akteuren die direkte Nutzung von Copernicus.

¹²² Das vom Open Access Hub genutzte und weit verbreitete Zip-Dateiformat weist zwar eine hohe Kompressionsgeschwindigkeit auf, allerdings geht dies mit einem vergleichsweise geringen Kompressionsverhältnis einher.

- Verstärkte Kooperation mit Universitäten und vergleichbaren Ausbildungsstätten zur Identifikation und Anwerbung von Fachpersonal im Bereich der Erdbeobachtung, Fernerkundung, Geowissenschaften, Informationswissenschaft mit Geodatenbezug sowie vergleichbaren Wissenschaften sowie zur Verankerung von Erdbeobachtungsmethoden in relevante Curricula
- *Zu prüfen: Ausweitung der Förderung von Pilotprojekten in der öffentlichen Verwaltung auf allen föderalen Ebenen, insbesondere in jenen Themenbereichen, in denen im Rahmen dieser Evaluation keine oder nur vereinzelte Anwendungen erhoben werden konnten (z. B. Klimaüberwachung und Atmosphäre, Verkehr sowie Krisen- und Katastrophenmanagement)*

Barriere 1: Ausbaufähige Fachkenntnisse in den Bereichen der Erdbeobachtung und Fernerkundung in der öffentlichen Verwaltung, insbesondere auf kommunaler Ebene, erschweren Nutzung und Einstieg in die Nutzung

Zunächst wurde von den befragten öffentlichen Institutionen die Arbeit mit Erdbeobachtungsdaten allgemein und damit auch mit Copernicus-Daten und -Diensten als komplexe Thematik eingestuft, deren Anwendung tiefe und breite Expertise erfordert. Hierzu gehören unter anderem Kenntnisse in IT und digitalem Arbeiten (jenseits der Arbeit mit gängiger Büro-Software), die Analyse und Weiterverarbeitung von Satelliten-Daten und zum Teil großen Datenmengen sowie spezifische Fachkenntnisse in den Bereichen Geoinformation, Erdbeobachtung und Fernerkundung. Zudem erfordert die Nutzung von Copernicus sehr gute Englischkenntnisse unter Verwendung von fachspezifischem Vokabular.

Während diese Fachkenntnisse in Wissenschaft und Forschung sowie in der Privatwirtschaft vielerorts vorhanden sind, müssen sie laut der befragten Organisationen innerhalb der öffentlichen Verwaltung zum Großteil erst noch auf- und ausgebaut werden. Vor diesem Hintergrund wird eine zentral gesteuerte Ausweitung von Fortbildungsmöglichkeiten für Fachpersonal, aber auch für Führungskräfte in Verwaltungsorganisationen der verschiedenen föderalen Ebenen empfohlen. Diese sollte – wo möglich – von den an Copernicus beteiligten Organisationen ausgehen und auf existierenden Formaten aufsetzen. Gleichzeitig sollten zentrale Akteure jener Bundesländer, in denen die Nutzung von Copernicus bereits fortgeschritten ist, eine Einführung solcher Formate ebenso prüfen und – wo möglich – einführen.

Derartige Formate sollten die Grundlagen von Geoinformation und Erdbeobachtung, den Umfang des Copernicus-Programms und seiner Daten und Dienste sowie insbesondere konkrete Anwendungsfälle und -methoden vermitteln. Dies sollte durch – für den jeweiligen Adressatenkreis – relevante Praxisbeispiele ergänzt werden, um so den fachlichen Nutzen von Copernicus weiter zu unterstreichen und das Netzwerk aus Nutzern zu erweitern. Führungskräften von behördlichen Organisationen sollte zudem systematisch vermittelt werden, welche nachhaltigen Vorteile sich aus dem Einsatz von Erdbeobachtungsmethoden ergeben.

Eine solche Ausweitung der Fortbildungsmöglichkeiten scheint auf allen föderalen Ebenen empfehlenswert, insbesondere aber auf der Ebene der Hauptnutzer (Landesakteure) sowie in den Kommunen.

Barriere 2: Mangelnde finanzielle und personelle Ressourcen im Bereich Erdbeobachtung in der öffentlichen Verwaltung erschweren beziehungsweise etablierte Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten

Eine weitere maßgebliche Barriere besteht in einem Mangel an finanziellen und personellen Ressourcen an verschiedenen Stellen der öffentlichen Verwaltung. Diese wesentliche Nutzungsbarriere betrifft überproportional viele Einrichtungen auf Landes- und auf kommunaler Ebene. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass sich die Erdbeobachtung innerhalb der Verwaltung noch nicht als breites Betätigungsfeld etabliert hat und somit noch mit vergleichsweise wenig finanziellen Mitteln und Arbeitsressourcen ausgestattet ist. Zum anderen wird Fachpersonal im Spezialbereich Erdbeobachtung und Data Science auch von privatwirtschaftlichen Unternehmen verstärkt angeworben.

Eng verbunden mit dem Mangel an personellen Ressourcen ist die Tatsache, dass es sich bei der Mehrheit der erhobenen Anwendungsfälle innerhalb der öffentlichen Verwaltung um geförderte Pilotprojekte handelt (s. Thema Reifegrad im Abschnitt 4.1.2). Während dies auf ein Funktionieren der Förderstrukturen hindeutet, ist der Einsatz von Copernicus damit oftmals noch an (zeitlich) begrenzte Projektmittel gebunden. Dies führt bei den befragten Akteuren zum Teil zu Unsicherheit bezüglich des zukünftigen Einsatzes von Copernicus und einer Zurückhaltung bei der Etablierung dauerhafter Stellen und Strukturen. Auch diese Herausforderung betrifft insbesondere Behörden auf Landesebene und in den Kommunen, die an Pilotprojekten der jeweiligen Länder beteiligt sind.

Vor diesem Hintergrund wurden zwei mögliche Potenziale beobachtet: Da die unter der Barriere 1 genannten hohen fachlichen Anforderungen das Bestandspersonal der Verwaltung vor Herausforderungen stellen, wird Bundes-, Landes- und kommunalen Behörden eine fokussierte „Recruitment-Offensive“ für entsprechend qualifiziertes Fachpersonal empfohlen. Diese sollte sich insbesondere auf die Anwerbung von Absolventen und Berufsanfängern mit zwei bis drei Jahren Berufserfahrung aus der Wissenschaft konzentrieren, die als typisches Profil von Neueinstellungen bei neu geschaffenen Copernicus-Stellen beobachtet wurden.

Eine derartige Offensive sollte in Kooperation mit Universitäten und vergleichbaren Ausbildungsstätten mit einschlägiger fachlicher Ausrichtung erfolgen. Solche Kooperationen sollten beispielsweise Gastvorträge und gezielte Werbemaßnahmen, Messestände und die Teilnahme an universitären Fachveranstaltungen, gegebenenfalls aber auch Traineeships, Fellowships oder Gastaufenthalte in Verwaltungsorganisationen (insb. auf kommunaler Ebene) umfassen. Durch die verstärkte Kooperation mit entsprechenden universitären Einrichtungen soll der nachhaltige Transfer von Wissen und Expertise hinein in die öffentliche Verwaltung gesichert und Absolventen und Berufsanfängern entsprechende Entwicklungsperspektiven aufgezeigt werden.

Gleichzeitig sollten die vielfältigen Möglichkeiten der Nutzung von Erdbeobachtungsdaten – und insbesondere Copernicus – stärker in die Curricula von Ausbildungen und entsprechenden Studiengängen verankert werden, um den Bekanntheitsgrad von Copernicus zu erhöhen und zukünftige Fachkräfte besser auf den Einstieg in die verwaltungsinterne und anwendungsorientierte Arbeit mit Erdbeobachtungsdaten vorzubereiten. Beispiele hierfür sind bereits vereinzelt auszumachen: So konzipiert der Verband der Feuerwehren in Nordrhein-Westfalen momentan eine modulare Geodatenausbildung, in die Copernicus als Themenfeld mit aufgenommen wird. Derartige Bestrebungen sollten in Kooperationen zwischen Verwaltungsorganisationen und Ausbildungsstätten ausgeweitet werden.

Mit Blick auf den Mangel an finanziellen Ressourcen in verschiedenen Verwaltungsorganisationen sollte als zweites wesentliches Potenzial geprüft werden, ob die Mittel für die im Rahmen von Copernicus geförderten Pilotprojekte auf Landes- und kommunaler Ebene verstetigt werden können und ob die Förderung von Pilotprojekten auf allen föderalen Ebenen ausgeweitet werden kann. Diese Prüfung sollte zunächst vom

BMDV als federführendes Ressort oder vom Projektträger DLR anhand transparenter Kriterien durchgeführt werden. Eine anschließende Verstärkung der Fördermittel oder Ausweitung der Projektförderung sollte entweder im Rahmen der bestehenden Copernicus-Förderprogramme oder aber durch die entsprechenden Landesoberbehörden sichergestellt werden.

Als thematische Schwerpunkte für die Ausweitung der Projektförderung bieten sich vor allem jene Themenbereiche an, in denen hier keine oder nur einzelne Pilotprojekte erhoben wurden, beispielsweise Klimaüberwachung und Atmosphäre, Verkehr sowie im Bereich Krisen- und Katastrophenmanagement.

5.3 Kommunikation und Vernetzung

Unter den Aspekten Kommunikation und Vernetzung wurden folgende Barrieren identifiziert:

- Zum Teil geringer Bekanntheitsgrad des Copernicus-Programms und insbesondere der Potenziale möglicher Anwendungsfälle erschwert breitere Nutzerdurchdringung
- Geringe horizontale und vertikale Vernetzung unter behördlichen Nutzern auf Landes- und kommunaler Ebene sowie geringe Vernetzung zwischen privaten und behördlichen Nutzern verhindert Wissenstransfer über erfolgreiche Anwendungen und Methoden

Diese sollten durch gezielte Maßnahmen im Sinne einer Steigerung der Potenziale der Copernicus-Nutzung abgebaut werden:

- Ausweitung umfassender Maßnahmen zur Kommunikation von Möglichkeiten, Anwendungsfällen und Potenzialen der Nutzung von Copernicus-Daten zur Steigerung des Bekanntheitsgrads des Copernicus-Programms
- Stärkere Vernetzung unter aktuellen und potenziellen Copernicus-Nutzern und insbesondere zwischen öffentlichen und privatwirtschaftlichen Akteuren

Barriere 1: Geringer Bekanntheitsgrad des Copernicus-Programms und möglicher Anwendungsfälle erschwert breitere Nutzerdurchdringung

Zunächst zeigen zahlreiche Rückmeldungen im Rahmen der Evaluation, dass der Bekanntheitsgrad des Copernicus-Programms klar ausbaufähig ist.¹²³ Insbesondere außerhalb von Fachkreisen sind das Copernicus-Programm und seine Angebote oft wenig bekannt. Dies trifft vor allem auf Unternehmen zu, die in der Evaluation als potenzielle Endnutzer verstanden werden, wie beispielsweise aus den Bereichen Automobilwirtschaft, Maschinenbau, Elektrotechnik, Immobilien oder Handel. Aber auch innerhalb der öffentlichen Verwaltung hat sich gezeigt, dass Copernicus insbesondere auf kommunaler Ebene wenig bekannt ist. Weiterhin ist auch die Option, zusätzliche Daten über die beitragenden Missionen zu beziehen, unter den befragten behördlichen Nutzern größtenteils unbekannt.

¹²³ Im öffentlichen Sektor erfolgte bei einer Gesamtzahl von 130 Interviewanfragen bei 70 Anfragen keine Rückmeldung, bei wiederum 10 Prozent der angefragten Interviews wurde zurückgemeldet, dass aktuell keine Copernicus-Nutzung vorliegt oder angestrebt wird. Im Privatsektor wurden 247 Interviews angefragt, bei 144 erfolgte keine Rückmeldung. Bei 11 Prozent der angefragten Interviews wurde zurückgemeldet, dass keine Copernicus-Nutzung vorliegt. Dieser Rücklauf deutet darauf hin, dass Copernicus und die Potenziale einer möglichen Copernicus-Nutzung bei der Mehrzahl der Organisationen, die sich nicht zurückgemeldet haben, nur begrenzt bekannt sind.

Der geringe Bekanntheitsgrad des Copernicus-Programms hat zur Folge, dass auch die Potenziale eines Einsatzes von Copernicus in verschiedenen Themenfeldern noch nicht erkannt worden sind. So wurde in Interviews mit potenziellen Nutzern und Nichtnutzern relevanter Anwendungsbereiche (z. B. der Flugsicherung, der Immobilienwirtschaft und der kommunalen Umweltverwaltung) wiederholt festgestellt, dass die befragten Organisationen über die Einsatzmöglichkeiten von Copernicus in ihrem Bereich und die damit einhergehenden Potenziale nicht informiert waren.

Um den Bekanntheitsgrad des Copernicus-Programms sowie der beitragenden Missionen zu steigern, wird eine Ausweitung der breitenwirksamen Kommunikations- und Informationsmaßnahmen zur Ansprache von potenziellen Nutzern empfohlen. Mit Blick auf den Privatsektor erscheint die Ergreifung gezielter Maßnahmen mit dem Fokus auf solche Branchen ratsam, in denen Copernicus bisher noch nicht genutzt wird, eine Nutzung aber klare Potenziale hätte. In der Verwaltung sollte dies insbesondere auf die Bereiche Verkehr und Infrastruktur, Klima und Atmosphäre sowie kommunale Anwendungsfelder wie Stadtplanung, Bau und Umwelt abzielen.

Zu diesen Branchen gehören – basierend auf den Ergebnissen dieser Evaluation – die Baubranche, der Tourismus, die Automobilwirtschaft und das kommerzielle Monitoring von Verkehrsaufkommen sowie der Luftverkehr. Zu solchen Maßnahmen gehören zum Beispiel Informationsbroschüren und -videos sowie weitere Veröffentlichungen, Werbemaßnahmen auf Social-Media-Kanälen und ähnlichen Plattformen sowie (digitale) Informationsveranstaltungen, Workshops und ähnliche Formate.

Solche Maßnahmen sollten sowohl von an Copernicus beteiligten Organisationen (z. B. den Plattformbetreibern und dem DLR) sowie von entsprechenden Akteuren auf den drei föderalen Ebenen ausgehen, um dadurch insbesondere innerhalb der öffentlichen Verwaltung eine größere Zahl potenzieller Nutzer zu erreichen.

Barriere 2: Geringe horizontale und vertikale Vernetzung unter behördlichen Nutzern auf Landes- und kommunaler Ebene sowie geringe Vernetzung zwischen privaten und behördlichen Nutzern verhindert Wissenstransfer über erfolgreiche Anwendungen und Methoden

Im Rahmen der Evaluation wurde deutlich, dass die Vernetzung von behördlichen Nutzern auf gleicher föderaler Ebene ausbaufähig ist. Dies betrifft insbesondere Verwaltungseinrichtungen, die in jedem Bundesland oder jeder Kommune in vergleichbarer Form existieren und die sich bei einer Einführung und Nutzung von Copernicus oft mit ähnlichen fachlichen und strukturellen Herausforderungen konfrontiert sehen. Hierzu zählen beispielsweise Fachämter in den Bereichen Forst- und Straßenwesen oder im Kataster- oder Umweltbereich auf kommunaler Ebene.

Durch deren fehlende Vernetzung (insbes. auf kommunaler Ebene) wird ein Austausch von Kompetenzen, Erfahrungen und Expertise erschwert, der insbesondere in Anbetracht der beschränkten Ressourcenausstattung von Relevanz sein kann. So wurde vonseiten der befragten Nutzer ein verstärkter Wissens- und Erfahrungstransfer über erfolgreiche Anwendungsfälle angeregt, um Redundanzen in den Copernicus-Aktivitäten verschiedener Bundesländer und Kommunen – wie etwa die Erprobung oder Entwicklung neuer Methoden der Datenverarbeitung – zu vermeiden.

Gleichzeitig hat sich im Rahmen der Evaluation gezeigt, dass sich auch über die verschiedenen föderalen Ebenen hinweg eine systematische und fortlaufende Vernetzung noch nicht ausreichend herausgebildet hat. Dies betrifft insbesondere die Vernetzung zwischen der Landesverwaltung und der kommunalen

Ebene, wodurch kommunale Vertreter über relevante Anwendungen oder auch die Potenziale einer Copernicus-Nutzung oft nicht im Bilde sind. Die im Rahmen der Evaluation interviewten (potenziellen) Nutzer auf kommunaler Ebene waren über landesweite Aktivitäten zumeist nur begrenzt informiert.

Schließlich wurde in verschiedenen Bereichen auch eine zum Teil geringe Vernetzung zwischen öffentlicher Hand und privatwirtschaftlichen Dienstleistungsunternehmen offensichtlich. Eine derartige Vernetzung sollte behördliche Nutzer dabei unterstützen, schnell Wissen und Erfahrungswerte aufzubauen. Dies trifft beispielsweise auch auf Sektoren zu, in denen eine enge Zusammenarbeit zwischen staatlichen und privaten Akteuren bereits gegeben ist, wie im Bereich Verkehr und Infrastruktur, in dem verschiedene öffentliche Einrichtungen aktuell in die Copernicus-Nutzung einsteigen und hierbei von dem Wissensvorsprung verschiedener Dienstleistungsunternehmen profitieren könnten.

Mit Blick auf den Privatsektor sollte eine stärkere Vernetzung mit öffentlichen Behörden dazu beitragen, Bedarfe besser zu identifizieren und passende Angebote zu entwickeln. Derzeit ist privaten Anbietern zum Teil nicht bewusst, welche aktuellen Bedarfe in der öffentlichen Verwaltung vorliegen, was die Entwicklung entsprechender Produkte oder Dienstleistungen für den öffentlichen Sektor erschwert. Zugleich ist in öffentlichen Einrichtungen die Kenntnis von relevanten Akteuren im Privatsektor begrenzt; dies erschwert einen zielgerichteten Dialog auch seitens der Verwaltung.

Im Rahmen der Evaluation konnten als Teilantwort auf den niedrigen Grad an Vernetzung verschiedene Vernetzungsansätze und -initiativen erfasst werden, die weiter ausgebaut oder auf andere Anwendungsfelder von Copernicus übertragen werden sollten. So haben sich mit Blick auf die horizontale Vernetzung innerhalb der Verwaltung bereits regelmäßige Austauschformate im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen sowie zwischen den Landesumweltämtern herausgebildet und zeigen klar den Mehrwert einer stärkeren Vernetzung auf. Da sich diese Austauschformate allerdings größtenteils noch auf Fachkreise beschränken, sollten vergleichbare Netzwerke auch in anderen Themenfeldern initiiert werden, wie zum Beispiel in den Bereichen Verkehr, Stadtentwicklung und Bau.

Auch in Bezug auf die vertikale Vernetzung konnten im Rahmen der Evaluation erste erfolgreiche Vernetzungsansätze identifiziert werden: So wurden in dem Pilotprojekt „Cop4ALL NRW“ gezielt drei kommunale Katasterverwaltungen mit einbezogen, um die Entwicklung neuer Methoden im Bereich Landbedeckung und Landnutzung auch auf kommunale Bedarfe auszurichten. Der Einbezug von Kommunen sollte auch in zukünftigen Pilotprojekten verfolgt und gegebenenfalls durch die Aufnahme in Förder- oder Nebenbestimmungen gezielt gefördert werden.

Im Rahmen der Evaluation hat sich zudem das Schaffen von dedizierten Zuständigkeiten auf Landesebene als effektiver organisatorischer Ansatz erwiesen, um den Austausch über Copernicus mit Kommunen sowie zwischen unterschiedlichen Ressorts von zentraler Stelle aus zu koordinieren. Als Beispiel ist die Leistelle Copernicus beim Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein zu nennen, die die Copernicus-Aktivitäten im Land koordiniert, die Nutzung von Copernicus-Daten fördert und als Ansprechpartner für andere Ressorts und Kommunalverwaltungen fungiert. Der Aufbau vergleichbarer Strukturen sollte daher auch in anderen Bundesländern eruiert werden.

Zu guter Letzt sollte auch der Austausch zwischen behördlichen Nutzern und privatwirtschaftlichen Akteuren intensiviert werden. Mit den Copernicus-Relays gibt es hierfür auf regionaler Ebene bereits einen organisatorischen Rahmen; jedoch ist nur ein Teil der Copernicus-Relays in Deutschland fortlaufend aktiv. Es wird daher empfohlen, dass das BMDV darauf hinwirkt, dass die Aktivitäten der Copernicus-Relays durch die Europäische Kommission in regelmäßigen Abständen überprüft und bei Bedarf mit zusätzlichen Ressourcen ausgestattet werden. Zudem ist das Aufsetzen neuer themenspezifischer Vernetzungsformate zwi-

schen behördlichen Nutzern und privaten Anbietern zu empfehlen, die über vereinzelt stattfindende Veranstaltungen hinausgehen. Dies gilt beispielsweise für den Bereich Verkehr und Infrastruktur, in dem sich ein Zusammenbringen der verantwortlichen Bundes- und Landesbehörden (verkehrsträgerübergreifend) mit Dienstleistungsunternehmen in einem eigens für die vorliegende Evaluation durchgeführten Workshop als besonders ergiebig erwiesen hat.

Gleiches wäre beispielsweise in den Bereichen zivile Sicherheit und Katastrophenschutz sowie im Bereich Luftqualität und Atmosphäre denkbar, in denen bereits verschiedene deutsche Start-ups mit Copernicus-Daten arbeiten und entsprechende Dienstleistungen anbieten.

5.4 Rechtliche Grundlagen und externe Rahmenbedingungen

Unter den Aspekten rechtliche Grundlage und externe Rahmenbedingungen wurden folgende Barrieren identifiziert:

- Geringe rechtliche Verankerung von Copernicus und Erdbeobachtungsmethoden in relevanten Verwaltungsrichtlinien und Gesetzestexten behindert Akzeptanz in öffentlichen Einrichtungen
- Eingeschränkte privatwirtschaftliche Möglichkeiten zur Risikoabsicherung gegenüber Systemausfällen oder Änderungen des Copernicus-Programms erhöhen potenzielle Kosten für privatwirtschaftliche Nutzer

Gezielte Maßnahmen können den oben genannten Barrieren entgegenwirken und darüber hinaus zur Ausweitung der Copernicus-Nutzung im Sinne einer Steigerung der Potenziale beitragen:

- Aufnahme von Fernerkundung und Nutzung der Daten des Copernicus-Programms als Arbeitsmethode in fachlich relevante nationale und internationale Verwaltungsrichtlinien (s. u.), ebenso auf Landes- und kommunaler Ebene
- Etablierung der Möglichkeit von Service Level Agreements als entgeltlicher Service über DIAS-Plattformen für privatwirtschaftliche Nutzer und frühzeitige Kommunikation von geplanten Wartungsarbeiten

Barriere 1: Geringe rechtliche Verankerung von Copernicus und Erdbeobachtungsmethoden in relevanten Verwaltungsrichtlinien und Gesetzestexten behindert Akzeptanz in öffentlichen Einrichtungen

Die Beobachtung, dass insbesondere Führungskräfte die Potenziale einer Copernicus-Nutzung teils noch nicht erkannt haben, wurde in den Interviews auch mit einer rechtlichen Komponente begründet. So wurde wiederholt darauf hingewiesen, dass die Arbeit mit Copernicus- und Erdbeobachtungsdaten bisher nicht als offizielle Arbeitsmethode der Leistungserbringung in wesentlichen Richtlinien enthalten ist. Somit fehlen die verwaltungsrechtliche und organisatorische Grundlage für die Einführung entsprechender Dienstposten und die Bereitstellung benötigter Mittel.

Daher wird empfohlen, den Einsatz von Copernicus und weiteren Fernerkundungsmethoden als zulässiges Instrument in die fachlich relevanten europäischen und nationalen Richtlinien aufzunehmen. Hierdurch würde ein wesentlicher Beitrag zur gesetzlichen Verankerung von Copernicus in der öffentlichen Verwaltung geleistet und die notwendige Planungssicherheit für das in der Verwaltung sitzende Fachpersonal geboten. Gleichzeitig kann angenommen werden, dass eine entsprechende Aufwertung von Copernicus als Arbeitsmethode in den Behörden als Anstoß für die Bereitstellung weiterer (Projekt-)Mittel dienen kann.

Mögliche Richtlinien, in denen die Aufnahme von Copernicus als Instrument der Aufgabenerledigung geprüft werden sollte, sind beispielsweise: EU-Wasserrahmenrichtlinie, Gesetze über Landesvermessung und das Liegenschaftskataster, Verwaltungsrichtlinien von Landesämtern im Bereich Natur-, Umwelt- und Küstenschutz, unter anderem Verordnungen über Erhebungen zum Zustand des Waldbodens und zur Bewertung von Waldfunktionen und Waldkompensationsmaßnahmen, Verordnungen zur Überwachung von Naturschutzgebieten, Landeswasserschutzgebietsverordnungen, Landesforststrichtlinien sowie die BZE-Verordnung. Eine erfolgreiches Beispiel für die Verankerung von Copernicus in europäischen Rechtsakten ist die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP), bei der der Rückgriff auf Sentinel-Daten zur Flächenüberwachung und zur Kontrolle von Beihilfeanträgen erfolgen soll.¹²⁴

Die Identifikation von relevanten Gesetzestexten und Richtlinien ist mit einigem Aufwand verbunden. Um dies zu bewältigen, wird daher zunächst eine flächendeckende Abfrage unter aktuellen Copernicus-Nutzern in der öffentlichen Verwaltung vorgeschlagen, die beispielsweise entweder über den Weg der Zirkulation durch Bundes- und Landesministerien erfolgen könnte („Top-down“-Verfahren) oder durch eine Befragung der an dieser Evaluation beteiligten Nutzer seinen Anfang nehmen könnte („Bottom-up“-Verfahren).

Barriere 2: Eingeschränkte privatwirtschaftliche Möglichkeiten zur Risikoabsicherung gegenüber Systemausfällen oder Änderungen des Copernicus-Programms erhöhen potenzielle Kosten für privatwirtschaftliche Nutzer

Aus privatwirtschaftlicher Sicht sind eingeschränkte Absicherungsmöglichkeiten gegenüber Ausfällen oder Änderungen von Copernicus eine weitere Nutzungsbarriere, da seitens der Copernicus-Plattformen keine Möglichkeit geboten wird, Service Level Agreements abzuschließen. In der Regel sichern sich Firmen durch diese Vereinbarungen ab, um Risiken mit Blick auf die Datenqualität sowie die kurz- und langfristige Sicherheit der Bereitstellung zu minimieren. Damit Unternehmen Dienste wie Copernicus in strategische Entscheidungen und insbesondere ihr dauerhaftes Produktportfolio integrieren, ist diese Zuverlässigkeit entscheidend. Im Vergleich zu anderen kommerziellen Anbietern, die Service Level Agreements anbieten, wirkt die fehlende Absicherungsmöglichkeit deshalb als Risiko.

Weiterhin ist aus privatwirtschaftlicher Sicht kritisiert worden, dass Nutzer des Open Access Hubs wiederholt nicht rechtzeitig auf eventuelle Ausfallzeiten oder Änderungen der (Speicher-)Struktur und somit der Datenverfügbarkeit hingewiesen wurden. Dies kann bei Unternehmen zu einer Abwendung von Copernicus führen, da aufgrund der fehlenden Service Level Agreements eine Kompensation für hierdurch entstandene Ausfälle und Kosten nicht stattfindet.

Gleichzeitig ist insgesamt festzustellen, dass die Serverausfälle von Copernicus sehr gering sind – so weist der Open Access Hub etwa eine Verfügbarkeit im Jahr 2020 von über 99 Prozent aus.¹²⁵ Jedoch sollte geprüft werden, ob eine ausreichend hohe private Nachfrage nach Service Level Agreements durch Copernicus-bereitstellende Datenplattformen besteht und ob dieser Zusatzservice beispielsweise als ein entgeltliches Serviceangebot ergänzt werden kann. Mit Blick auf mögliche Ausfälle wird den Betreibern der Datenportale grundsätzlich empfohlen, diese frühzeitig, transparent und umfangreich über geeignete Kommunikationskanäle (z. B. E-Mail-Verteiler sowie Social-Media-Kanäle) zu kommunizieren.

¹²⁴ Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021b): S. 197.

¹²⁵ ESA (2021): S. 100.

6 Ausblick

An dieser Stelle wird ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Copernicus-Nutzung in Deutschland gegeben. Dieser erfolgt unter folgenden Prämissen:

- *Zeithorizont*: Bis 2027 (Ende des aktuellen Bewilligungszeitraums von EU-Mitteln für das Copernicus-Programm¹²⁶)
- *Betrachtungsgegenstand*: Copernicus-Nutzung in der deutschen Verwaltung und Privatwirtschaft
- *Grundannahme*: Die zuvor identifizierten Maßnahmen zur Reduzierung der Barrieren und Realisierung der Potenziale von Copernicus werden über den genannten Zeithorizont umgesetzt und beginnen ab Umsetzung der jeweiligen Maßnahme zu wirken

Innerhalb des genannten Zeithorizonts sind verschiedene Weiterentwicklungen von Copernicus in Form neuer Sentinel-Missionen geplant, die auf eine Erneuerung der Copernicus-Infrastruktur und eine damit einhergehende Ausweitung des Datenangebots abzielen. Zu den geplanten Sentinel Missionen gehören:

- Sentinel-4A-Mission ab voraussichtlich 2024: Bereitstellung weiterer optischer Daten per UVN-abbildendem Spektrometer, die unter anderem in den Bereichen Atmosphäre, Klima und Umwelt sowie Messung der globalen Luftqualität Anwendung finden sollen
- Sentinel-5A-Mission ab voraussichtlich 2024: Bereitstellung weiterer Daten mittels troposphärischer Messinstrumente zur Anwendung in den Bereichen Atmosphäre, Klima und Umwelt sowie Messung der globalen Luftqualität
- Sentinel-6B-Mission ab voraussichtlich 2025: Bereitstellung von Radardaten, die in den Bereichen Meteorologie, Klima- und Meeresschutz genutzt werden sollen
- Copernicus-Sentinel-Expansion-Missions ab voraussichtlich 2025 bis 2028: Sechs weitere Copernicus-Missionen (CHIME, CIMR, CO2M, CRISTAL, LSTM und ROSE-L) – vorbehaltlich verfügbarer Haushaltsmittel – unter anderem zum Monitoring von CO₂ innerhalb der Atmosphäre und zur Aufnahme von Hyperpektraldaten von Land und Küstenregionen

Die Art der durch die geplanten Missionen bereitgestellten Daten zeigt die künftig verstärkte Ausrichtung des Copernicus-Programms auf die Bereiche Klima und Umwelt. Diese Ausrichtung kommt dem in dieser Evaluation identifizierten Potenzialen beim Einsatz von Copernicus zum Klima- und Umweltschutz entgegen und kann das Entstehen und die Weiterentwicklung von Anwendungsfällen in Verwaltung und Privatwirtschaft in diesem Bereich unterstützen.

Vor diesem Hintergrund und den genannten Prämissen werden zunächst verschiedene übergreifende Trends dargestellt, die sich voraussichtlich sowohl auf die öffentliche Verwaltung als auch die Privatwirtschaft auswirken werden.

So ist erstens zu erwarten, dass die *fortschreitende Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung* und von Unternehmen zu einer allgemein gesteigerten *Data Literacy*¹²⁷ und ausgebauten Kompetenzen im Umgang mit großen Datenmengen und voraussichtlichen auch mit Erdbeobachtungsdaten führen wird. Vor diesem

¹²⁶ Trotz des Endes des derzeitigen Bewilligungszeitraums der Fördermittel im Jahr 2027 liefern die Copernicus-Satelliten planmäßig über 2027 hinaus Daten.

¹²⁷ Data Literacy oder Datenkompetenz beschreibt die Fähigkeit, mit Daten kompetent umzugehen. Sie umfasst verschiedene Einzelkompetenzen, Daten zu erfassen, anzupassen, zu verändern, zu interpretieren und zu präsentieren, und ist eine wesentliche Grundlage der Digitalisierung.

Hintergrund werden voraussichtlich neue Anwendungsmöglichkeiten identifiziert werden und sich die Nutzung von Copernicus sowohl im öffentlichen wie auch im privatwirtschaftlichen Bereich ausweiten. Zeitgleich benötigen solche Veränderungen in der Regel in der Verwaltung deutlich mehr Zeit als in der Privatwirtschaft, weswegen auch künftig der Grad der Digitalisierung und die allgemeine Datenkompetenz in der Privatwirtschaft ausgeprägter sein werden als in der öffentlichen Verwaltung.

Darauf aufbauend ist mit einer *steigenden Nutzung von Big-Data-Anwendungen und Methoden der künstlichen Intelligenz* zu rechnen. Die KI-Anwendungen werden perspektivisch einen hohen Erkenntnisgewinn durch die Kombination von mehreren Datenquellen und großen Datenmengen erzeugen. Für das Trainieren spezieller Erdbeobachtungsanwendungen sind die Daten des Copernicus-Programms auch aufgrund ihrer umfangreichen historischen Daten besonders geeignet. Gleichzeitig wachsen damit im praktischen Anwendungsalltag die Anforderungen an die Datenverarbeitung und Schnittstellen zur Zusammenführung von verschiedenen Datenquellen.

Zugleich wird der bereits jetzt *bestehende Fachkräftemangel* weiter zunehmen. Die demographische Entwicklung wird die Situation auf dem Arbeitsmarkt für hochqualifizierte Fachkräfte weiter verschärfen und es insbesondere der öffentlichen Verwaltung erschweren, gut ausgebildete Mitarbeitende in technischen Bereichen anzuwerben. Angesichts dieser knappen Ressourcenlage ist – in Verbindung mit dem Trend zu weitergehender Digitalisierung – von einem steigenden Automatisierungsgrad von Arbeitsprozessen in Verwaltung und Wirtschaft auszugehen, um weniger Personalressourcen im Regelbetrieb einsetzen zu müssen. Gleichzeitig wird jedoch die Implementierung der Automatisierungsprozesse durch den Mangel an technischen Fachkräften grundsätzlich erschwert.

Schließlich werden in den nächsten Jahren verschiedene *Themen- und Politikfelder verstärkt in den Fokus von Politik und Gesellschaft* rücken. Den Bereichen *Krisen- und Katastrophenschutz sowie zivile Sicherheitsüberwachung* wird aufgrund der klimabedingten Zunahme von Extremwetterereignissen, aber auch im Lichte neuer geopolitischer Herausforderungen und einer sich ändernden Sicherheitslage eine höhere Priorität eingeräumt. Auch der *Klima- und Umweltschutz* gewinnt fortlaufend politische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Relevanz auf nationaler und europäischer Ebene. Gerade für den öffentlichen Sektor ergeben sich aus der Priorisierung von klima- und umweltpolitischen Maßnahmen vielfältige und komplexe Aufgabenfelder vor dem Hintergrund des Ziels, (inter-)nationale Klimaziele einzuhalten. Außerdem wird aufgrund der angestrebten Energie- und Mobilitätswende die satellitengestützte *Beobachtung von Infrastruktur* an Bedeutung gewinnen, um Effizienz und Nachhaltigkeit von Verkehrs- und Stromnetzen zu erhöhen. Auf Basis dieser an Dynamik gewinnenden Trends ergeben sich zunehmend neue Herausforderungen, die den Handlungsdruck auf die öffentliche Verwaltung erhöhen und die Notwendigkeit evidenzbasierter Politik- und Verwaltungsgestaltung unterstreichen.

All dies berücksichtigend wird ein Ausblick auf mögliche Entwicklungen und die weitere Nutzung von Copernicus in der öffentlichen Verwaltung sowie der Privatwirtschaft in den nächsten Jahren gegeben.

6.1 Zunehmende Etablierung von Copernicus in der öffentlichen Verwaltung

Die vorliegende Evaluation hat gezeigt, dass die Nutzung von Copernicus in der öffentlichen Verwaltung zu verschiedenen Zwecken erfolgt und bereits heute in ausgewählten Bereichen einen Beitrag zur Daseinsvorsorge und damit zum Schutz und Wohlergehen der Bürgerinnen und Bürgern leistet. Generell zeichnet sich eine allgemeine Ausweitung der Nutzerdurchdringung und Nutzungsintensität sowie eine Diversifizierung von Nutzergruppen und Anwendungsfällen von Copernicus ab. Hierfür gibt es verschiedene Gründe:

- **Erstens** wird der eingangs genannte Trend der allgemeinen Digitalisierung der Verwaltung unter Etablierung neuer Arbeitsmethoden und Verwaltungsleistungen die fortschreitende Nutzung von Erdbeobachtungsdaten voraussichtlich positiv beeinflussen. Dieser generelle Trend ist nicht auf das Gebiet der Erdbeobachtung beschränkt, dennoch scheint ein vergleichsweise neues Feld wie die Erdbeobachtung von diesem Trend klar zu profitieren. Dafür ist es jedoch notwendig, dass die Voraussetzungen für die Integration eines solchen Arbeitsfeldes (wie etwa Digitalisierung der Arbeitsumgebung, Etablierung von Fachwissen und umfassendem Wissensmanagement sowie Big-Data-Kompetenzen) geschaffen werden.
- **Zweitens** ist die perspektivische Ausweitung der Nutzungsgruppen auch durch die fortschreitende Vernetzung unter Nutzern und potenziellen Nutzern zu begründen. Dies findet bereits in verschiedenen Fachbereichen statt wie beispielsweise der Landesvermessung und dem Landesumweltschutz. Darüber hinaus sind von verschiedenen, momentan laufenden, überregionalen Leuchtturmprojekten in näherer Zukunft Arbeitsergebnisse sowie neue Anwendungsmethoden zu erwarten, die perspektivisch in der Breite angewendet werden können und so in einer Nutzerausweitung resultieren.
- **Drittens** werden die oben identifizierten Zukunftsfelder der Erdbeobachtung in den kommenden Jahren weiterhin an Bedeutung gewinnen. Während gesamtgesellschaftliche Herausforderungen und Aufgaben an Dringlichkeit gewinnen, bleibt die öffentliche Verwaltung mit strukturellen Herausforderungen wie dem Mangel an finanziellen und personellen Ressourcen konfrontiert, auf die die durch Automatisierung und Digitalisierung begünstigte Nutzung von Erdbeobachtungsdaten eine Teilantwort darstellen kann.
- **Viertens** deuten die im Rahmen der Evaluation erhobene hohe Motivation von Verwaltungsakteuren, Copernicus innerhalb der Verwaltung zu nutzen, sowie eine fortschreitende Professionalisierung der Nutzung auf eine perspektivische Zunahme der Nutzungsintensität hin. In diesem Zusammenhang wurde deutlich, dass sich die behördliche Copernicus-Nutzung aktuell in einer Umbruchphase befindet, da sich öffentliche Einrichtungen vermehrt von der Nutzung vorgefertigter Produkte und Dienste hin zu einer Nutzung individueller Lösungen bewegen, die oftmals mit Unterstützung der Privatwirtschaft entwickelt werden.

Gleichzeitig wird es aber auch – unabhängig von der föderalen Ebene – perspektivisch Anwendungsbereiche geben, in denen sich Copernicus kaum durchsetzen dürfte. Dies betrifft vor allem jene Themengebiete, in denen ein möglicher Einsatz von Erdbeobachtungsdaten zeitkritisch erfolgen müsste (u. a. Echtzeit-Einsätze im Sicherheitsbereich oder automatisiertes und vernetztes Fahren im Verkehrssektor) oder in besonderem Maße von einer hohen räumlichen Auflösung abhängig ist (u. a. Echtzeit-Parkraum-Monitoring und Infrastrukturplanung im kommunalen Bereich).¹²⁸

¹²⁸ Dies gilt unter der Prämisse, dass keine hochauflösenden und Echtzeit-Daten unter der freien und offenen Datenpolitik von Copernicus bereitgestellt werden. Eine Ausnahme könnte jedoch der Bereich Sicherheit bilden, da die Europäische Kommission plant, den Copernicus-Sicherheitsdienst auszubauen (Stand: April 2022). Es bleibt abzuwarten, inwiefern die Copernicus-Daten und -Produkte aus dem Bereich Sicherheit dann genutzt werden.

Mit Blick auf die Zukunft von Copernicus in der öffentlichen Verwaltung kann unter Erfüllung der im vorherigen Kapitel genannten Prämissen folgender vorsichtiger Ausblick gegeben werden:

- Im nachgeordneten Bereich der Bundesregierung wird sich Copernicus weiter etablieren, insbesondere in den Bereichen Verkehr (BMDV), Bevölkerungsschutz (BMI), Klima und Wirtschaft (BMWK) sowie Umwelt- und Naturschutz (BMUV). Die in dieser Evaluation identifizierten Potenziale könnten diesen Vorgang weiter beschleunigen und zu einer breiteren Nutzerdurchdringung auf Bundesebene führen.
- Im nachgeordneten Bereich des BMDV, des bei Copernicus federführenden Ministeriums, wird sich die Nutzung von Copernicus weiter etablieren, insbesondere durch Anwendungen im Straßenwesen. Zu prüfen bleiben die Verwendbarkeit von Copernicus-Daten im Bereich der Flugsicherung sowie bei möglichen Aufgaben bezüglich der Aufsicht und Betreuung der Bundesautobahnen. Somit wird perspektivisch die klare Mehrheit der nachgeordneten Behörden Copernicus nutzen und weiter etablieren.
- Auf Landesebene wird sich die Nutzung von Copernicus zunehmend verfestigen. Diese Ausweitung wird sich voraussichtlich entlang bestehender Netzwerke (z. B. dem AdV) und Pilotprojekten vollziehen und besonders in jenen Bundesländern stattfinden, in denen Copernicus derzeit immer mehr in die Anwendung kommt und in denen notwendige Infrastrukturen für eine breitere Nutzung von Copernicus geschaffen werden (neben Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein und Sachsen bspw. auch Thüringen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Hamburg).
- Auf kommunaler Ebene wird sich die Nutzung von Copernicus nur langsam ausweiten. Hier wird Copernicus vor allem in jenen Bundesländern verstärkt durch Kommunen genutzt werden, in denen bereits zentrale Copernicus-Strukturen auf Landesebene existieren, wovon kommunale Nutzer maßgeblich profitieren. Gleiches gilt für Kommunen in jenen Bundesländern, in denen bereits jetzt Pilotprojekte unter Einbindung von Kommunen erfolgreich durchgeführt werden. Eine umfassende Ausweitung auf Kommunen dürfte nicht zu erreichen sein.

Für diese möglichen Entwicklungen bestehen verschiedene Anhaltspunkte: Auf der Bundesebene planen verschiedene nachgeordnete Behörden, die Copernicus noch nicht nutzen, mit einer künftigen Integration von Copernicus in eigene Arbeitsabläufe. Dies trifft insbesondere auf den nachgeordneten Bereich des BMDV zu sowie auf Behörden mit Aufgaben im Bereich Klima- und Umweltschutz. Eine Ausweitung der Nutzung auch in Belangen der Wirtschafts- und Energiepolitik – gerade vor aktuellen geopolitischen Entwicklungen in Europa – ist hier denkbar. Gleichzeitig wird sich Copernicus vor allem in nachgeordneten Bundesbehörden anstatt in den Bundesministerien selbst etablieren, da hier die Verwaltungsaufgaben und -leistungen näher an möglichen Anwendungsfällen (bspw. Monitoring-Aufgaben) liegen und der Fokus nicht auf der Koordination von Verwaltung und Entscheidungen liegt.

Dass sich die Nutzung von Copernicus gerade auf Landesebene ausweiten wird, ist einerseits darauf zurückzuführen, dass hier bereits der Kernnutzungsbereich liegt, derzeit die meisten Pilotprojekte laufen und der Nutzerkreis zunehmend vernetzt ist. Besonderen An Schub wird weiterhin die Einrichtung zentraler, landeseigener Copernicus-Plattformen geben, die möglichst allen Behörden des jeweiligen Landes den Zugriff auf und die Nutzung von Copernicus-Daten bietet.

Auf kommunaler Ebene wird sich Copernicus weiterhin nur langsam ausweiten und auch perspektivisch vor allem durch fachlich spezialisierte Nutzer oder im Rahmen von Pilotprojekten genutzt werden. Dies ist auf den fortdauernden breiten Ressourcenmangel innerhalb kommunaler Verwaltungen und der im Vergleich zur Landesebene langsamer voranschreitenden Digitalisierung in Kommunen zurückzuführen. Außerdem besteht weiterhin eine begrenzte Nutzbarkeit von Copernicus-Anwendungen im urbanen Raum, da Anwendungen hier oftmals auf den Einsatz hochaufgelöster (Befliegungs-)Daten angelegt sind.

Dieser Ausblick wurde unter der Annahme formuliert, dass die in Kapitel 5 genannten Maßnahmen zum Abbau von Nutzungsbarrieren zeitnah ergriffen und sich entsprechend positiv auswirken werden. Sollten die Maßnahmen nicht ergriffen werden, würde dieser Ausblick deutlich negativer ausfallen. Die Ausweitung der Nutzerdurchdringung von Copernicus wäre dann zwar weiterhin perspektivisch zu erwarten, nur würde diese deutlich langsamer vollzogen und die Zahl von Nutzern und Anwendungsfällen wäre eingeschränkt. Dies hätte einerseits negative Auswirkungen auf die Nutzung von Copernicus im öffentlichen Bereich – und damit auch auf die Qualität der Daseinsvorsorge – und andererseits würden sich die bestehenden Herausforderungen der öffentlichen Verwaltung – insbesondere der erhöhte Handlungsdruck und der vorherrschende Fachkräftemangel – weiter verschärfen.

6.2 Eine anwendungsfallsspezifische Entscheidung für oder gegen die Nutzung von Copernicus in der Privatwirtschaft

Unter Annahme der zuvor genannten Prämissen ergibt sich ein heterogeneres Bild mit Blick auf die künftige Nutzung und Bedeutung von Copernicus in der Privatwirtschaft:

- Copernicus wird weiterhin den Grundstein von Unternehmensgründungen und neuen Geschäftsmodellen in der Erdbeobachtungsbranche bilden. Die Nutzung erfolgt voraussichtlich vor allem durch Dienstleistungsunternehmen und insbesondere Start-ups, die verschiedene, sowohl auf den Privatsektor, aber insbesondere auch auf die Verwaltung zugeschnittene Produkte und Leistungen anbieten.
- Die bereits zu beobachtende Internationalisierung des Absatzmarktes von Copernicus-Dienstleistungen sowohl deutscher als auch internationaler Unternehmen wird zunehmen – unter Umständen auch mit Ausrichtung auf öffentliche Einrichtungen innerhalb der EU – und zusätzliche Erlöspotenziale, aber auch internationale Konkurrenz mit sich bringen.
- Copernicus wird, unterstützt durch Hosting und Aggregation der Daten auf kommerziellen digitalen Plattformen, insbesondere eine größere Rolle im Rahmen von Big-Data-Anwendungen und in Kombination mit weiteren Daten spielen. In diesem Zusammenhang werden privatwirtschaftliche Betreiber von Datenplattformen ihr Angebot an entgeltfreien und entgeltlichen Copernicus-Dienstleistungen ausweiten.
- Privatwirtschaftliche Copernicus-Nutzer werden künftig häufiger eine anwendungsfallsspezifische Entscheidung treffen, ob eine Verwendung von kommerziellen Satellitendaten, unter anderem der aufstrebenden *New-Space*-Branche, die zwar nicht kostenfrei sind, aber eine höhere Auflösung aufweisen, eine wirtschaftliche Nutzungsalternative darstellen. Vor diesem Hintergrund könnte ein verstärkter Rückgriff auf Daten von Unternehmen der *New-Space*-Branche sowie Angeboten von Datenplattformen anstelle von Copernicus entstehen und Copernicus für verschiedene Marktsegmente obsolet werden.

Diese Evaluation hat aufgezeigt, dass Copernicus bereits jetzt für Zwischennutzer, insbesondere für Start-ups, von großem Nutzen ist. Dies hängt vor allem mit der freien Verfügbarkeit von Copernicus-Daten zusammen, die die Hürden für das Prototyping senkt und Start-ups einen einfacheren Markteinstieg ermöglicht. Hier kann prognostiziert werden, dass Copernicus weiterhin branchenübergreifend eine wichtige Rolle als Markteinstiegshilfe spielen wird und in Kernnutzungsbranchen wie Klima und Umwelt, Landwirtschaft und Infrastruktur von spezialisierten Zwischennutzern genutzt wird, wengleich dieser Aspekt im Falle von sinkenden Preisen kommerzieller Satellitendatenanbieter abgeschwächt werden könnte.

Dienstleistungsunternehmen haben zudem wiederholt den hohen Wert von Copernicus als Referenzquelle und Kalibrierungswerkzeug zur Prüfung der Korrektheit von Daten und Dienstleistungen hervorgehoben –

dieser zeitlose komparative Vorteil wird anhalten. Zudem werden private Zwischennutzer ihr Copernicus-Produktportfolio noch mehr auf öffentliche (End-)Nutzer ausrichten, da die im vorherigen Abschnitt prognostizierte zunehmende Copernicus-Nutzung in der öffentlichen Verwaltung oftmals durch privatwirtschaftliche Leistungsangebote vorangetrieben wird. Eine Steigerung der privatwirtschaftlichen Endnutzung ist nur sporadisch zu erwarten, da die Copernicus-Daten auch perspektivisch in diesen Branchen aufgrund der – im Vergleich mit kommerziellen Angeboten – geringen Auflösung nur einen begrenzten Mehrwert leisten können. Somit sind auch in Zukunft die privatwirtschaftlichen Hauptnutzer von Copernicus im Bereich der Zwischennutzung zu verorten.

Vor dem Hintergrund einer zu erwartenden Ausweitung der Nutzung von Copernicus dank neuer Missionen und der globalen Abdeckung der Daten ist eine Skalierung von Copernicus-Dienstleistungen sowie eine Internationalisierung des Absatzmarktes zu erwarten. Dies wird zur Folge haben, dass wettbewerbsfähige Zwischennutzer ihre Produkte auch auf einen europäischen, wenn nicht gar globalen, Absatzmarkt ausrichten werden. Aufgrund der potenziellen Größe eines internationalen Absatzmarktes ist hier mit perspektivisch wachsenden Erlösen zu rechnen, aber auch mit erhöhter internationaler Konkurrenz. Besonderes Kooperations- und Erlöspotenzial liegt dabei im Angebot von Copernicus-Dienstleistungen für öffentliche Einrichtungen, da diese ähnlichen Herausforderungen zur Gewährleistung der Daseinsvorsorge gegenüberstehen – unabhängig davon, in welchem Land sie angesiedelt sind. Auf dem Wege der Internationalisierung von öffentlichen Copernicus-Angeboten könnten für deutsche Copernicus-Zwischennutzer aufgrund der geringen Sprachbarriere vor allem Verwaltungen in Österreich und gegebenenfalls in der Schweiz relevant werden.

Die Trends zur steigenden Digitalisierung sowie der Etablierung von Big-Data-Anwendungen und Methoden der künstlichen Intelligenz auf dem Markt für Erdbeobachtungsdaten kommt privatwirtschaftlichen (zumeist multinationalen bzw. ausländischen) Betreibern von Datenplattformen zugute. Es ist zu erwarten, dass digitale Plattformen dank ihrer umfangreichen technischen Kapazitäten eine größere Rolle im Hosting und in der Aggregation von Copernicus-Daten einnehmen und ihr Datenbereitstellungsangebot weiter ausbauen werden. Die oftmals umfangreichen Rechenkapazitäten privater Plattformbetreiber begünstigen zudem KI- und Big-Data-Anwendungen, die einen hohen Erkenntnisgewinn durch die Kombination von mehreren Datenquellen und großen Datenmengen erzielen. Es ist wahrscheinlich, dass digitale Plattformbetreiber zukünftig nicht nur (Copernicus-)Daten bereitstellen, sondern ihr Geschäftsmodell auf integrierte Angebote, die entgeltfreie oder entgeltliche Copernicus-Dienstleistungen beinhalten, ausweiten. Dies könnte den Konkurrenzdruck insbesondere für kleine und mittelgroße deutsche Dienstleistungsunternehmen deutlich erhöhen.

Bei alledem scheint die Nutzung von Copernicus jenseits von Fachkreisen und Start-ups eine anwendungsfallspezifische Entscheidung für Unternehmen zu bleiben. Dies ist auf den verstärkten Rückgriff privater Nutzer auf private Satellitendatenanbieter zurückzuführen: Moderne Technologien und Verfahrensweisen erlauben es privatwirtschaftlichen Akteuren, vor allem aus der aufstrebenden *New-Space*-Branche, eigene Satellitenmissionen zügig und vergleichsweise kostengünstig zu starten und mit diesen Daten entsprechende Dienstleistungen anzubieten – wiewohl Kapitalausstattung und Erfahrung dieser Akteure zum Teil nicht mit denen supranationaler Organisationen wie der ESA zu vergleichen sind. Die Daten und Satellitenbilder, die *New-Space*-Unternehmen zur Verfügung stellen, übersteigen die Copernicus-Daten und Satellitenbilder in punkto Auflösung zum Teil um ein Vielfaches und entsprechen teilweise noch mehr den Bedarfen möglicher Nutzer in der Privatwirtschaft.

Es ist davon auszugehen, dass dieser Trend nicht nur auf Multispektraldaten beschränkt sein wird, sondern sich auf weitere Datentypen ausweitet, die auch von Copernicus zur Verfügung gestellt werden, beispielsweise Radar- und Atmosphärendaten. Insofern mögliche Anwendungsfälle in verschiedenen Bereichen (wie

z. B. Klimaüberwachung und Katastrophenschutz) mehr in den Fokus gesamtgesellschaftlicher Herausforderungen rücken und sich monetarisieren lassen, wird der Trend zur Satellitendatennutzung kommerzieller Anbieter vermutlich weiter zunehmen.

Vor diesem Hintergrund wird davon ausgegangen, dass Copernicus in der Privatwirtschaft zukünftig auch weiterhin überwiegend durch als Zwischennutzer fungierende Dienstleistungsunternehmen und weitere spezialisierte Fachkreise genutzt werden wird. Gleichzeitig könnte Copernicus jenseits der Hauptnutzungsgruppe Start-ups und Fachkreise insofern teilweise obsolet werden, als vor allem *New-Space*-Unternehmen oder digitale Plattformen Zwischen- und Endnutzern leistungsfähigere und zielgruppenspezifischere Produkte anbieten können. An dieser Stelle gilt es zu bedenken, dass das Copernicus-Programm insbesondere für die Hauptnutzer in der öffentlichen Verwaltung konzipiert wurde und sich an den Bedarfen behördlicher Einrichtungen orientieren soll. Der Leistungsanspruch von Copernicus zielt nicht darauf ab, die Bedarfe der Privatwirtschaft zu decken, sondern soll im Gegenteil eine Konkurrenzsituation mit kommerziellen Satellitendatenanbietern vermeiden.

Die vergangenen Jahre haben gezeigt, dass die vorherrschende Koexistenz von privatwirtschaftlichen Angeboten und öffentlicher Datenbereitstellung zum Vorteil sowohl der Verwaltung als auch der Privatwirtschaft sein kann. Statt diese aufzuheben, sollten die im Rahmen dieser Evaluation identifizierten Potenziale dieses Zusammenspiels weiter gehoben und durch die Ergreifung der hier identifizierten Maßnahmen beschleunigt werden.

7 Abschließende Würdigung

Die vorliegende Evaluation hat die Nutzung von Copernicus-Daten und -Leistungen innerhalb der öffentlichen Verwaltung sowie der Privatwirtschaft beleuchtet und dabei die Verteilung von Nutzern und Anwendungsfällen, Nutzungstrends sowie konkrete Nutzungsbarrieren und Potenziale identifiziert.

Auf Basis der vorangestellten Ergebnisse werden abschließend 10 Thesen entlang der Themen *Wirkung und Zielerreichung des Copernicus-Programms (1–2)*, *Nutzung von Copernicus in öffentlicher Verwaltung und im Privatsektor (3–6)* sowie *Zukunft von Copernicus und Rolle der offenen Datenpolitik (7–10)* formuliert:

1. **Copernicus bietet einen klaren Mehrwert** als Wissensquelle und niedrigschwelliger Einstieg in die Arbeit mit Erdbeobachtungsdaten und kann langfristig einen **bedeutenden Beitrag zur Daseinsvorsorge, zum Erreichen politischer, ökonomischer und insbesondere klimatologischer Ziele** sowie zur **Steigerung der Effizienz der Verwaltung** bieten. Dieser Beitrag ist bereits jetzt in ausgewählten Bereichen klar zu erkennen, insbesondere innerhalb der öffentlichen Verwaltung im Klima- und Umweltschutz, der amtlichen Vermessung, dem Katastrophenschutz und im Rahmen privatwirtschaftlicher Leistungen in den Branchen Geoinformations- und Wetterdienstleistungen, Landwirtschaft und Umwelt.
2. Insgesamt ist damit ein wesentlicher **Teil der Ziele des Copernicus-Programms** – nämlich die **dauerhafte Sicherstellung des autonomen Zugangs zu Umweltwissen** für die öffentlichen Hauptnutzer aus dem Bereich Erdbeobachtung und Geoinformationen sowie die Unterstützung eigenständigen Handelns der EU unter anderem in den Bereichen Umwelt und Klima – bereits **erfüllt**.
3. **Innerhalb der öffentlichen Verwaltung** sind die letzten Jahre als eine **Art Initialzündung der Nutzung von Copernicus** zu sehen: Aufgrund der freien Verfügbarkeit der Daten und einer steigenden Anzahl an verfügbaren Copernicus-Produkten und -Leistungen ist eine zunehmende Integration der Arbeit mit Copernicus in Verwaltungsabläufe in behördlichen Einrichtungen auf Bundes- und Landesebene zu erkennen.
4. Perspektivisch kann der **Einsatz von Copernicus-Daten und -Leistungen eine wirkungsvolle Antwort auf spezifische Herausforderungen für die öffentliche Verwaltung** darstellen. Dies betrifft insbesondere den Mangel an personellen Ressourcen sowie den erhöhten Handlungsdruck auf die Verwaltung, was nicht zuletzt in einem wachsenden Leistungsspektrum öffentlicher Einrichtungen resultiert.
5. Gleichzeitig sind **umfassende Maßnahmen** zu treffen, um die **Etablierung von Copernicus in der öffentlichen Verwaltung zu beschleunigen**: Insbesondere sollten potenzielle Nutzer in besonders relevanten Bereichen stärker an Copernicus herangeführt werden, indem aktuelle Nutzer bereits erfolgreiche Anwendungsbeispiele teilen und spezifisches Fachwissen in der Breite etabliert wird. Zudem sollte die Arbeit mit Copernicus in relevanten Verwaltungsrichtlinien und Gesetzestexten verankert werden.
6. **In der Privatwirtschaft** liegt der zentrale Mehrwert von Copernicus darin, neue Geschäftsmodelle einfach und kostengünstig zu ermöglichen. Etablierte Copernicus-Dienstleistungsunternehmen erschließen zudem zunehmend einen internationalen Absatzmarkt. Bisher ist Copernicus aber überwiegend eine komplementäre Datenquelle für Unternehmen, die Erdbeobachtungsdaten nutzen, und gilt als Spezialprodukt für Fachexperten und spezialisierte Dienstleistungsunternehmen. **Eine Etablierung in der Breite, insbesondere in der Endnutzung in der Industrie, ist noch nicht erreicht**.
7. In Zukunft kann Copernicus weiterhin **Impulsgeber zur Realisierung von privatwirtschaftlichem Innovationspotenzial** sein, sofern Copernicus auch künftig für Start-ups attraktiv bleibt und Copernicus-Da-

ten im Rahmen von Big-Data-Methoden mit weiteren relevanten Daten komplementär kombiniert werden. Gleichzeitig bringt die aufstrebende *New-Space*-Branche, die derzeit noch eine Nischenbranche darstellt, immer mehr kostengünstige und auf die Bedarfe von Nutzern zugeschnittene Erdbeobachtungsprodukte auf den Markt. Diese stehen zum Teil als Alternative zu den Daten und Produkten des Copernicus-Programms zur Verfügung.

8. **In den kommenden Jahren könnte es also zu einem Verdrängungsprozess kommen** – angestoßen vor allem durch die *New-Space*-Branche. In diesem sollte die öffentliche Hand private Anbieter nicht an der Verwirklichung wirtschaftlicher Potenziale hindern. Vor diesem Hintergrund sollte fortlaufend evaluiert werden, welchen konkreten Mehrwert das Copernicus-Programm privaten Nutzer bietet und, ob der Fokus des Programms künftig möglicherweise noch stärker auf die öffentliche Verwaltung ausgerichtet werden sollte – möglicherweise durch Ausbau und Erweiterung der Copernicus-Dienste für öffentliche Nutzer und einer noch stärkeren Einbindung von behördlichen Nutzern in die Weiterentwicklung von Copernicus.
9. Übergreifend betrachtet **stellt das Copernicus-Programm einen Meilenstein in der öffentlichen Generierung und Bereitstellung von Wissen dar** und wird insbesondere von öffentlichen Einrichtungen benötigt. Dabei spielt die **offene Datenpolitik eine entscheidende Rolle**: Ohne diese würde die Nutzung von Copernicus innerhalb der öffentlichen Verwaltung stark zurückgehen, zu Lasten der identifizierten Potenziale beim Einsatz von Copernicus und damit letztendlich auch zu Lasten der Daseinsvorsorge.
10. Die von Copernicus produzierten Daten und das inhärente Wissen stellen ein **besonderes öffentliches Gut** dar, das langfristig Einfluss auf gesamtgesellschaftliche Fragen und Herausforderungen haben wird. Mit Blick auf die Kernnutzer der öffentlichen Verwaltung sollte **die Bereitstellung dieses Wissens weiterhin unabhängig und durch die öffentliche Hand erfolgen**. Zur Wahrung der positiven Effekte des Copernicus-Programms gilt dabei die unbeschränkte und offene Datenpolitik als Erfolgsrezept.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sentinel-Missionen des Copernicus-Programms	15
Abbildung 2: Evaluationsvorgehen	22
Abbildung 3: Copernicus-Wertschöpfungskette	23
Abbildung 4: Übersicht Datenbasis	25
Abbildung 5: Verteilung der erhobenen aktiven und potenziellen Copernicus-Nutzer im öffentlichen Sektor auf verschiedene thematische Anwendungsbereiche	30
Abbildung 6: Art der Datennutzung im öffentlichen Sektor	35
Abbildung 7: Nutzersicht auf Nützlichkeit, räumliche Auflösung, Umfang, zeitliche Auflösung und Nutzerfreundlichkeit im öffentlichen Sektor	44
Abbildung 8: Branchenverteilung der erhobenen aktiven und potenziellen Copernicus-Nutzer im Privatsektor	50
Abbildung 9: Art der Datennutzung im Privatsektor	57
Abbildung 10: Nutzersicht auf Nützlichkeit, räumliche Auflösung, Umfang, zeitliche Auflösung und Nutzerfreundlichkeit im Privatsektor	65

9 Quellenverzeichnis

Gesetzestexte:

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2014): VERORDNUNG (EU) Nr. 377/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 3. April 2014 zur Einrichtung des Programms Copernicus. Abgerufen am 19.01.2022 unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0377&from=BG>

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021a): VERORDNUNG (EU) 2021/696 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 28. April 2021 zur Einrichtung des Weltraumprogramms der Union und der Agentur der Europäischen Union für das Weltraumprogramm. Abgerufen am 14.02.2022 unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0696&from=EN>

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2021b): VERORDNUNG (EU) 2021/2116 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 2. Dezember 2021 über die Finanzierung, Verwaltung und Überwachung der Gemeinsamen Agrarpolitik und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 1306/2013. Abgerufen am 05.04.2022 unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2021:435:FULL&from=DE>.

Quellentexte:

Bayrisches Landesamt für Umwelt (2020): Wasserentnahmen für die Bewässerung. Abgerufen am 22.02.2022 unter <https://www.lfu.bayern.de/wasser/bewaesserung/index.htm>

BMVI/BMDV (2018): Nationales Copernicus Arbeitsprogramm 2018. Abgerufen am 06.02.2022 unter https://www.d-copernicus.de/fileadmin/Content/pdf/BMVI_Nationales_Copernicus_Arbeitsprogramm_2018_150dpi.pdf

BodenBewegungsdienst Deutschland (2022), abgerufen am 03.02.2022 unter: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG_Fernerkundung/BodenBewegungsdienst_Deutschland/bodenbewegungsdienst_deutschland_node.html

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2021): ASAP Ausschreibungsleitfaden. S. 4. Abgerufen am 22.02.2022 unter https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/agentur_fuer_luft-und_raumfahrt/programmdokumente/Ausschreibungsleitfaden_ASAP18_FINAL.pdf

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2012): Für eine zukunftsfähige deutsche Raumfahrt. Die Raumfahrtstrategie der Bundesregierung. S. 21. Abgerufen am 04.04.2022 unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/zukunftsfaeheige-deutsche-raumfahrt.pdf?__blob=publicationFile&v=8.

Bundesregierung (2017): Die Copernicus Strategie der Bundesregierung. Präambel. S. 8. Abgerufen am 24.11.2021 auf https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/copernicus-strategie-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile

Castilla-La Mancha Forest Fires Service (2020): Forest Fire Risk through vegetation stress. Abgerufen am 21.02.2022 unter https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2020-03/CGLOPS_UC_INFOCAM_I1.00.pdf

CODE-DE (2022a): Hauptseite. Abgerufen am 22.02.2022 unter <https://code-de.org/de/>

CODE-DE (2022b): CODE-DE Cloud. Abgerufen am 23.02.2022 unter <https://code-de.org/de/about/>

Copernicus Masters (2022): POLISENSIO – HOW CLEAN IS THE AIR WE BREATHE? Abgerufen am 21.02.2022 unter <https://copernicus-masters.com/winner/polisensio-how-clean-is-the-air-we-breathe/>

Danish Agency for Data Supply and Efficiency (2018): Danish Uses of Copernicus. S. 16–17. Abgerufen am 21.02.2022 unter https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2021-01/Copernicus_ENG_digital.pdf

Danish Agency for Data Supply and Efficiency (2021): Danish Uses of Copernicus – 50 User Stories based on Earth Observation. Abgerufen am 22.02.2022 unter https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2021-01/Copernicus_ENG_digital.pdf

Dbb (2021): Personalmangel im öffentlichen Dienst. Abgerufen am 30.01.2022 unter <https://www.dbb.de/artikel/dem-staat-fehlen-fast-330-000-mitarbeitende.html>

Deutscher Wetterdienst (o. D.): Attributionsforschung. Abgerufen am 15.03.2022 unter https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/spez_themen/attributionen/node_attribs.html

DLR (2018) Sentinel-2 Level-2A jetzt auf CODE-DE. Abgerufen am 18.02.2022 unter https://www.dlr.de/eoc/desktopdefault.aspx/tabid-12632/22039_read-53558

DLR (o. D.): CHIME – der Biodiversität auf der Spur. Abgerufen am 18.02.2022 unter <https://www.dlr.de/content/de/bilder/2021/03/leuchtturm-copernicus-satellit-chime.html>

EARSC (2021a): EARSC Industry Survey 2021. S. 17, 25. Abgerufen am 10.01.2022 unter <https://earsc.org/wp-content/uploads/2021/10/EARSC-Industry-survey-2021.pdf>

EARSC (2021b): Sentinels Benefits Study (SeBS). A Case Study. Making Wine in France. Abgerufen am 21.02.2022 unter <https://earsc.org/sebs/wp-content/uploads/2021/01/Making-wine-in-france-vfinal-1.pdf>

ESA (2021): Copernicus Sentinel Data Access Annual Report 2020. Abgerufen am 18.02.2022 unter https://scihub.copernicus.eu/twiki/pub/SciHubWebPortal/AnnualReport2020/COPE-SERCO-RP-21-1141_-_Sentinel_Data_Access_Annual_Report_Y2020_final_v2.3.pdf

ESA (o. D.): Die Copernicus-Dienste. Abgerufen am 18.02.2022 unter https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Die_Copernicus-Dienste

European Commission, Directorate-General for Budget (2014): Multiannual financial framework 2014-2020 and EU budget 2014: the figures, Publications Office. Abgerufen am 18.02.2022 unter <https://data.europa.eu/doi/10.2761/9592>

Europäische Kommission (2019): Copernicus Market Report. Issue 2, February 2019. Prepared by PwC. S. 7–8. Abgerufen am 10.01.2022 unter https://www.copernicus.eu/sites/default/files/PwC_Copernicus_Market_Report_2019.pdf

Europäischer Rechnungshof (2021): Special Report No 07/2021: EU space programmes Galileo and Copernicus. Abgerufen am 22.02.2022 unter https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR21_07/SR_EUs-space-assets_DE.pdf

FPCUP (2022a): Background. Abgerufen am 22.02.2022 unter <https://www.copernicus-user-uptake.eu/about/background>

FPCUP (2022b): Running Actions France. Abgerufen am 22.02.2022 unter https://www.copernicus-user-uptake.eu/user-uptake?tx_news_pi1%5B%40widget_0%5D%5BcurrentPage%5D=5&tx_news_pi1%5BoverwriteDemand%5D%5Bcategories%5D=24&cHash=ad470afc8038bc83c1550be1dfe93df0

FPCUP (2022c): Running Actions Austria. Abgerufen am 22.02.2022 unter https://www.copernicus-user-uptake.eu/user-uptake?tx_news_pi1%5BoverwriteDemand%5D%5Bcategories%5D=144&cHash=ba32c19b8cd5ade3bf9ac4c8a3e1b54c

FPCUP (2022d): Running Actions Denmark. Abgerufen am 22.02.2022 unter https://www.copernicus-user-uptake.eu/user-uptake?tx_news_pi1%5BoverwriteDemand%5D%5Bcategories%5D=25&cHash=67e3366abd4f973f2df5a4c65b4daf10

Geoportal.NRW (n. D.): Copernicus. Abgerufen am 12.02.2022 unter https://www.geoportal.nrw/copernicus#:~:text=Kernaufgabe%20der%20AG%20Copernicus%20ist,%20Dsitu%20Daten%20bereitgestellt%20werden.https://sha.parrtnerschaft-deutschland.de/websites/PD/_layouts/15/start.aspx#/SitePages/Homepage.aspx

Hagos et al. (2021). Extreme Earth Meets Satellite Data From Space. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. S. 9039. 10.1109/JSTARS.2021.3107982. Abgerufen am 21.02.2022 unter https://ris.utwente.nl/ws/files/267876638/ExtremeEarth_Meets_Satellite_Data_From_Space.pdf

Hoffmann & Schultz-Lieckfeld (2020): Das Europäische Copernicus-Programm. Abgerufen am 14.01.2022 unter https://geodaesie.info/system/files/privat/zfv_2020_4_Hoffmann_Schultz-Lieckfeld.pdf

Hohmeister et al. (2018): Copernicus für das Umweltmonitoring. Eine Einführung. (Ehlert & Schweitzer, Hrsg.) S. 55f. Abgerufen am 23.02.2022 unter https://www.d-copernicus.de/fileadmin/Content/pdf/Tutorial_Copernicus_online.pdf

Konitzer (2019): Vom Grundgesetz zur Geodäsie. Abgerufen am 16.02.2022 unter <https://geodaesie.info/zfv/heftbeitrag/8457>

Ministero dello sviluppo economico (2016): PIANO STRATEGICO SPACE ECONOMY. Quadro di posizionamento nazionale. Abgerufen am 22.02.2022 unter https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/all_6_Piano_Strategico_Space_Economy_master_13052016_regioni_final.pdf

Ministère de la Transition Ecologique (2018): Plan d'applications satellitaires. Abgerufen am 22.02.2022 unter <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Plan%20d%E2%80%99applications%20satellites%202018.pdf>

Observer (2020): How do Italy, Germany and Spain boost the development of the Copernicus networks and user uptake? Abgerufen am 22.02.2022 unter <https://www.copernicus.eu/en/news/news/observer-how-do-italy-germany-and-spain-boost-development-copernicus-networks-and-user>

PwC (2016): Study to examine the socio-economic impact of Copernicus in the EU. Report on the Copernicus downstream sector and user benefits. Abgerufen am 15.11.2021 unter https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2018-10/Copernicus_Report_Downstream_Sector_October_2016_0.pdf

PwC (2017): Interim evaluation of Copernicus. Final report. Abgerufen am 15.11.2021 unter https://www.copernicus.eu/sites/default/files/2020-05/ET0417742ENN.en_.pdf

PwC (2019): Copernicus Market Report. Abgerufen am 15.11.2021 unter https://www.copernicus.eu/sites/default/files/PwC_Copernicus_Market_Report_2019.pdf

Sen4Cap (n. D.): Sen4CAP – Sentinels for Common Agriculture Policy. Abgerufen am 28.01.2022 unter <http://esa-sen4cap.org/>

Space4Good (2022): UXO detection and post-conflict assessments. Abgerufen am 25.02.2022 unter <https://www.space4good.com/portfolio>

Thünen-Institut (n. D.): Projekt Copernicus leuchtet Grün. Abgerufen am 14.01.2022 unter <https://www.thuenen.de/de/institutsuebergreifende-projekte/copernicus-leuchtet-gruen/>

10 Abkürzungsverzeichnis

AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder
API	Application Programming Interface (Programmierschnittstelle)
AWS	Amazon Web Services
BBD	BodenBewegungsdienst Deutschland
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMI	Bundesministerium des Innern und für Heimat
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
B2B	Business to business
B2G	Business to government
(C)EMS	Copernicus Emergency Management Service
CNES	Centre national d'études spatiales (französische Raumfahrtagentur)
C3S	Copernicus Climate Change Service
CODE-DE	Copernicus Data and Exploitation Platform Deutschland
DIAS	Data and Information Access Services
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DWD	Deutscher Wetterdienst
EARSC	European Association of Remote Sensing Companies
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ESA	European Space Agency (Europäische Weltraumorganisation)
EU	Europäische Union
EUSPA	European Union Agency for the Space Programme
FAQ	Frequently Asked Questions
FPCUP	Framework Partnership Agreement on Copernicus User Uptake

GMES	Global Monitoring for Environment and Security (Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung)
IT	Informationstechnologie
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NRW	Nordrhein-Westfalen
OAH	Open Access Hub
PiB	Pebibyte
TiB	Tebibyte
UBA	Umweltbundesamt
VCI	Vegetation Condition Index

11 Anhang

Dieser Anhang enthält nachfolgend die Leitfäden für die Evaluationsinterviews mit

- den nationalen Copernicus-Fachkoordinatoren,
- öffentlichen Nutzern,
- privatwirtschaftlichen Nutzern sowie
- Fachexpertinnen und -experten.

Copernicus-Evaluation: Interviewleitfaden für Experteninterviews mit Nationalen Fachkoordinatoren – Beispiel Copernicus-Landdienst

Themenblock 1: Einleitung

- Sie sind Nationaler Fachkoordinator für den Copernicus-Dienst zur Überwachung der Landoberfläche [hiernach „Copernicus-Landdienst“]. In Kürze: Was sind in Ihren Augen die wichtigsten Komponenten des Copernicus-Landdienstes für Deutschland?
- Nutzt Ihre Organisation Copernicus-Daten direkt, sind Sie an der Datenveredelung/Datenverarbeitung für bestimmte Produkte beteiligt oder stellen Sie auch selbst Daten für den Informationsdienst zur Verfügung?

Themenblock 2: Öffentlicher Sektor

- Welches sind die zentralen Nutzer vom Copernicus-Landdienst im öffentlichen Sektor auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene?
- Was sind wichtige Anwendungsfälle vom Copernicus-Landdienst im öffentlichen Sektor in Deutschland? Im europäischen Ausland?
- Was sind mögliche Hürden für öffentliche Akteure bei der Nutzung vom Copernicus-Landdienst?
- Mit Blick auf die Zukunft: Sehen Sie andere Anwendungsfelder, in denen der Copernicus-Landdienst in Zukunft relevant sein könnte?

Themenblock 3: Privatwirtschaft

- Was sind wichtige Nutzer vom Copernicus-Landdienst in der Privatwirtschaft? In welchen Branchen werden die Daten insbesondere genutzt?
- Welche generellen Trends sind am Markt zu beobachten?
- Was sind mögliche Hürden für Unternehmen in Deutschland bei der Nutzung vom Copernicus-Landdienst?
- Sind die meisten der Unternehmen eher Zwischennutzer (veredeln Daten vom Copernicus-Landdienst, um Produkte zu entwickeln) oder Endnutzer (nutzen Daten und Produkte vom Copernicus-Landdienst direkt)?
- Welche interessanten Anwendungsfälle aus der Wirtschaft kennen Sie aus dem europäischen Ausland?

Themenblock 4: Datennutzung

- Datenquantität: Wie passend sind Formate sowie Umfang der bereitgestellten Daten und Produkte des Copernicus-Landdienstes für den Gebrauch? [Skala: 1 – nicht passend / 2 – ausreichend / 3 – gut passend / 4 – keine Antwort]
- Datenqualität: Wie gut erfüllt die Qualität der bereitgestellten Daten und Produkte des Copernicus-Landdienstes den Bedarf unterschiedlicher Nutzergruppen [Skala: 1 – ungenügend / 2 – ausreichend / 3 – gut / 4 – keine Antwort]
- Welche Hürden sehen Sie bei der Nutzung von Daten und Produkten des Copernicus-Landdienstes?

Themenblock 5: Schlussfragen

- Gibt es Ihrer Ansicht nach weitere Ansprechpartner, mit denen wir reden sollten? Relevante Dokumente?

Copernicus-Evaluation: Interviewleitfaden für öffentliche Nutzer

Themenblock 1: Datennutzung und Deckung Ihres Bedarfs

- Welche Copernicus-Daten oder -Dienste nutzen Sie wofür?
- Nutzt Ihre Organisation Copernicus-Daten direkt oder verwenden Sie auch Copernicus-Dienste?
- Ist Ihre Organisation auch an der Datenveredelung/Datenverarbeitung für bestimmte Produkte beteiligt?
- Nutzen Sie für Ihre Arbeit ausschließlich Copernicus-Daten oder Dienste oder sind diese eher eine Ergänzung für andere Daten?
- Nutzen Sie eventuell auch andere Erdbeobachtungsdaten oder auch private Angebote?
- Datenquantität: Wie passend sind (1) der Umfang sowie die (2) zeitliche Bereitstellung der Copernicus-Daten und -Produkte für Ihren Gebrauch? [Skala: 1 – nicht passend / 2 – ausreichend / 3 – gut passend / 4 – keine Antwort]
- Datenqualität: Wie gut erfüllt die Qualität der bereitgestellten Copernicus-Daten und -Produkte Ihren Bedarf? Denken Sie hier gerne sowohl an Brauchbarkeit/Nützlichkeit sowie Korrektheit der Daten [Skala: 1 – ungenügend / 2 – ausreichend / 3 – gut / 4 – keine Antwort]
- Hat sich in Bezug auf den Umfang der Daten Ihre Nutzung in den vergangenen Jahren verändert?
- Welche weiteren Hürden sehen Sie persönlich bei der Nutzung von Copernicus-Daten oder -Diensten?
- Wie könnte man die Bereitstellung von Copernicus-Daten und -Diensten Ihrer Meinung nach verbessern?
- Wie schätzen Sie den Nutzersupport von Copernicus ein? [Skala: 1 – ungenügend / 2 – ausreichend / 3 – gut / 4 – keine Antwort]
- Wie funktioniert die Schulung zu Copernicus in Ihrem Haus? Gibt es ein entsprechendes Angebot intern oder durch das Copernicus-Programm?

Themenblock 2: Nutzerdurchdringung öffentlicher Sektor insgesamt

- Was sind weitere wichtige Anwendungsfälle in Ihrem Verantwortungsbereich? Was wissen Sie eventuell von Kolleginnen/Kollegen in anderen Häusern?
- Welche anderen Nutzer im öffentlichen Sektor, beispielsweise auf Landes-, aber auch auf Kommunalebene, sind Ihnen bekannt?
- Mit Blick auf die Zukunft: Sehen Sie andere Anwendungsfelder in Ihrem Verantwortungsbereich, in denen Copernicus-Daten oder -Dienste künftig relevant sein könnten?
- Wie könnten mögliche Hürden für öffentliche Akteure bei der Nutzung von Copernicus-Daten oder -Diensten abgebaut werden? Wie könnten noch mehr Nutzer erreicht werden?

Themenblock 3: Schlussfragen

- Wie schätzen Sie die Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten durch private Akteure in Ihrem Bereich ein?
- Gibt es Ihrer Ansicht nach weitere Ansprechpersonen, mit denen wir reden sollten? Relevante Dokumente?

Copernicus-Evaluation: Interviewleitfaden für Nutzer im Privatsektor

Themenblock 1: Einleitung

- In Kürze: Was ist Ihre Rolle und was sind Ihre Aufgaben?

Themenblock 2: Privatwirtschaft

- Für welche Anwendungsfälle werden Copernicus-Daten in Ihrem Unternehmen vorwiegend verwendet?
- Welche Copernicus-Daten nutzen Sie?
- Für wie relevant halten Sie Copernicus-Daten und -Dienste für Ihre Branche im Allgemeinen und für Ihre Arbeit im Speziellen? (Skala gar nicht relevant bis sehr relevant, warum)?
- Kennen Sie noch weitere wichtige Nutzer von Copernicus in Ihrer Branche? Für welche „Player“ sind Copernicus-Daten oder -Dienste besonders wichtig (sammeln)?
- Ist Ihr Unternehmen Zwischennutzer (veredeln Daten vom Copernicus, um Produkte zu entwickeln) oder Endnutzer (nutzen Daten und Produkte vom Copernicus direkt)? Wenn Sie Zwischennutzer sind, bieten Sie auch Dienstleistungen für die öffentliche Hand an?
- Welche generellen Trends und technologischen Entwicklungen sind am Markt mit Satelliten-/Geodaten zu beobachten?
- Arbeiten Sie mit digitalen Plattformen (Alphabet, Amazon/ AWS, Microsoft, Facebook etc.) zusammen und wie würden Sie Ihr Verhältnis zu diesen Akteuren beschreiben?
- Sind Sie als kommerzieller Akteur an Copernicus und am Weiterentwicklungsprozess der bereitgestellten Daten und Dienst beteiligt?
- Welche Rolle spielen aus Ihrer Sicht staatliche Fördermöglichkeiten für Ihre Branche im Rahmen von Copernicus (wie z. B. Copernicus-Masters)?
- Was sind mögliche Hürden bei der kommerziellen Nutzung von Copernicus-Daten?
- Mit welchen Mitteln könnte man die kommerzielle Copernicus-Nutzung Ihrer Meinung nach stärken?

Themenblock 3: quantitative Fragen Datennutzung [1 – nicht ausreichend / 2 – ausreichend / 3 – gut / 4 – sehr gut / keine Angabe]

- Wie beurteilen Sie die Datenqualität mit Blick auf die Brauchbarkeit und Nützlichkeit der Copernicus-Daten für Ihre Anwendungsfälle?
- Wie schätzen Sie die Datenqualität in Bezug auf die Korrektheit (correctness) beziehungsweise Fehlerquote (error rate) der Daten ein?
- Wie beurteilen Sie den Umfang („Menge“) (quantity) der bereitgestellten Daten von Copernicus für den Gebrauch in Ihrem Unternehmen?
- Wie bewerten Sie die Frequenz („Regelmäßigkeit / zeitliche Auflösung“) (temporal resolution) der bereitgestellten Copernicus-Daten für Ihre Anwendungsfälle?
- Wie beurteilen Sie den Nutzersupport für kommerzielle Nutzer von Copernicus-Daten?
- Nutzen Sie auch private Dienstleister? Falls nicht, sind Ihnen welche bekannt?
- Wie könnte man die Bereitstellung von Copernicus-Daten und -Dienstleistungen Ihrer Meinung nach verbessern?

Themenblock 4: Schlussfragen

- Gibt es Ihrer Ansicht nach weitere interessante Unternehmen und Ansprechpartner im In- oder Ausland, mit denen wir reden sollten? Relevante Dokumente? Können wir bei eventuellen Nachfragen zukünftig noch einmal auf Sie zukommen?

Copernicus-Evaluation: Interviewleitfaden für Experteninterviews, am Beispiel des Bereichs Binnengewässer und Wasserstraßen

Themenblock 1: Einleitung

- Sie sind Copernicus-Fachexperte für den Bereich Binnengewässer und Wasserstraßen. In Kürze: Was sind in Ihren Augen die wichtigsten Komponenten der Copernicus-Daten und -Dienste für diesen Bereich in Deutschland?
- Nutzt Ihre Organisation Copernicus-Daten direkt, sind Sie an der Datenverarbeitung für bestimmte Produkte beteiligt oder stellen Sie auch selbst Daten für Copernicus-Informationendienste zur Verfügung?

Themenblock 2: Öffentlicher Sektor

- Welches sind die zentralen Nutzer von Copernicus im Bereich Binnengewässer und Wasserstraßen im öffentlichen Sektor (auf Bundes-, Landes- und -Kommunalebene)?
- Ihrer Erfahrung nach: Nutzen öffentliche Akteure im Bereich Binnengewässer und Bundeswasserstraßen ausschließlich Copernicus-Daten oder nutzen sie Copernicus-Daten eher als Ergänzung? Greifen sie gegebenenfalls auch auf andere/private Erdbeobachtungsdaten zurück?
- Was sind wichtige Anwendungsfälle in dem Bereich im öffentlichen Sektor in Deutschland? Eventuell auch im europäischen Ausland?
- Was sind mögliche Hürden für öffentliche Akteure bei der Nutzung von Copernicus-Daten oder -Diensten in dem Bereich?
- Sehen Sie andere Anwendungsfelder, in denen Copernicus-Daten oder -Dienste in dem Bereich in Zukunft relevant werden könnten?

Themenblock 3: Privatwirtschaft

- Was sind wichtige Nutzer von Copernicus im Bereich Binnengewässer und Bundeswasserstraßen in der Privatwirtschaft? In welchen Branchen werden die Daten insbesondere genutzt?
- Welche generellen Trends sind am Markt zu beobachten?
- Was sind mögliche Hürden für Unternehmen in Deutschland bei der Nutzung von Copernicus-Daten und -Diensten in diesem Bereich?
- Sind die meisten der Unternehmen eher Zwischennutzer (veredeln Daten vom Copernicus, um Produkte zu entwickeln) oder Endnutzer (nutzen Daten und Produkte vom Copernicus direkt)?
- Welche interessanten Anwendungsfälle aus der Wirtschaft kennen Sie aus dem europäischen Ausland?

Themenblock 4: Datennutzung

- Datenquantität: Wie passend sind Formate, Umfang sowie zeitliche Bereitstellung der Daten und Produkte von Copernicus im Bereich Binnengewässer und Bundeswasserstraßen für den Gebrauch? [Skala: 1 – nicht passend / 2 – ausreichend / 3 – gut passend / 4 – keine Antwort]
- Datenqualität: Wie gut erfüllt die Qualität der bereitgestellten Daten und Produkte den Bedarf der Nutzer? [Skala: 1 – ungenügend / 2 – ausreichend / 3 – gut / 4 – keine Antwort]
- Ihrer Erfahrung nach: Welche Erwartungen haben die Kernnutzer im Bereich Binnengewässer und Bundeswasserstraßen an das Copernicus-Programm?

Themenblock 5: Schlussfragen

- Gibt es Ihrer Ansicht nach weitere Ansprechpartner, mit denen wir reden sollten? Relevante Dokumente?

Kontakt / Autorin und Autoren



Dr. Julian Tenorth
Principal Expert

M +49 152 284 637 43
Julian.Tenorth@pd-g.de



Dr. Sinaida Hackmack
Senior Consultant

M +49 172 7504013
Sinaida.Hackmack@pd-g.de



Benjamin Thake
Senior Consultant

M +49 174 215 13 71
Benjamin.Thake@pd-g.de



Patrick Petit
Senior Consultant

