



Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Geoinformatik

Bachelorarbeit
im Fach Geoinformatik

Rich Data Interfaces for Copernicus Data

Themensteller: Prof. Dr. Albert Remke
Betreuer: Dr. Christian Knoth, Dipl.-Geoinf. Matthes Rieke
Ausgabetermin: tbd.
Abgabetermin: tbd.

Vorgelegt von: Alexander Nicolas Pilz
Geboren: 06.12.1995
Telefonnummer: 0176 96982246
E-Mail-Adresse: apilz@uni-muenster.de
Matrikelnummer: 512 269
Studiengang: Bachelor Geoinformatik
Fachsemester: 6. Semester

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Motivation	6
1.2	Ziele	6
1.3	Aufbau	6
2	Grundlagen	7
2.1	Radarfernerkundung	7
2.2	Copernicus Programm	10
2.2.1	Ziele	10
2.2.2	Aufbau	10
2.2.3	Sentinel 1	11
2.2.4	Datenzugang	13
2.3	Überschwemmungsmonitoring	13
2.4	Programmierschnittstelle	15
2.5	OGC und OGC Standards	15
2.6	OGC API - Processes - Part 1: Core	16
2.7	Evaluationskriterien	17
3	Implementierung	18
3.1	Requirements Class Core	18
3.1.1	API Landig Page	18
3.2	Requirements Class OGC Process Description	18
3.3	Requirements Class JSON	18
3.4	Requirements Class HTML	18
3.5	Requirements Class OpenAPI 3.0	18
3.6	Requirements Class Job List	18
3.7	Requirements Class Dismiss	18
3.8	Prozesse	19
3.8.1	Echo	19
3.8.2	Überflutungsmonitoring	19
3.9	Zusätzliche Funktionalitäten	19
4	Evaluation	20
4.1	Jakob's Nutzbarkeitsheuristiken	20
4.2	Unit Testsuit	20
4.3	OGC Compliance Test	20
5	Diskussion	21

6	Ausblick	22
7	Fazit	23

Abbildungsverzeichnis

1	Prinzip eines SAR Fernerkundungssystems [1]	9
2	Aufnahmeverfahren SAR Systemen [1]	9
3	Aufnahmemodi der Sentinel-1 Mission [6]	12

Tabellenverzeichnis

1	Gängige Frequenz-Bänder in der Radarfernerkundung [1]	7
2	Eigenschaften der Aufnahmemodi der Sentinel-1 Mission [6]	12

Abkürzungsverzeichnis

API Application Programming Interface

OGC Open Geospatial Consortium

SAR Synthetic Aperture Radar

ESA European Space Agency

GMES Global Monitoring for Environmental Security

CAMS Copernicus Atmosphere Monitoring Service

CMEMS Copernicus Marine Environment Monitoring Service

CLMS Copernicus Land Monitoring Service

EMS Emergency Management Service

C3S Climate Change Service

SM Stripmap Mode

SLC Single Look Complex

GRD Ground Range Detected

OSW Ocean Swell Spectra

OWI Ocean Wind Field

RVL Radial Surface Velocity

NDSI Normalized Difference Sigma-Naught Index

DIAS Data and Information Access Services

JSON Java Script Object Notation

URL Uniform Resource Locator

1 Einleitung

1.1 Motivation

1.2 Ziele

1.3 Aufbau

2 Grundlagen

2.1 Radarfernerkundung

Bei der Radarfernerkundung werden vom Radarsystem in regelmäßigen Abständen elektromagnetische Signale ausgesandt. Nach dem Senden eines Signals (Chrip) folgt ein Zeitfenster, indem die Plattform auf Echos des ausgesandten Signals wartet. Trifft das ausgesandte Signal auf eine Oberfläche, zum Beispiel die Erdoberfläche, wird ein Bruchteil in Richtung Empfänger reflektiert und als Echo vom Fernerkundungssystem empfangen [1].

Die Radarfernerkundung gehört zu den aktiven Fernerkundungsmethoden da hier im Gegensatz zur optischen Fernerkundung nicht nur von Oberflächen reflektierte Strahlung von anderen Strahlungsquellen wie der Sonne aufgenommen wird, sondern das Fernerkundungssystem selbst als Strahlungsquelle dient. Messungen können daher tageszeitunabhängig erfolgen. Bildgebende Radarsysteme werden auf mobilen Plattformen montiert und blicken seitlich auf die zu beobachtende Oberfläche. Die Flugrichtung wird Azimut und die Blickrichtung als Slant Range bezeichnet [1] (Abbildung 1).

Die Eigenschaften des reflektierten Signals hängen sowohl von Parametern des Aufnahmesystems als von Parametern der reflektierenden Oberfläche ab. So werden in der Radarfernerkundung verschiedenen Frequenzbänder verwendet, welche sich in Frequenz und Wellenlänge unterscheiden. Da sich die Wechselwirkungen zwischen Signalen unterschiedlicher Frequenzbänder und den reflektierenden Oberflächen unterscheiden können so unterschiedliche Aspekte der beobachteten Oberflächen hervorgehoben werden. Dabei kommen in der Regel Wellenlängen von 0.75m bis 120m zum Einsatz (siehe Tabelle 1). Mit einer größeren Wellenlänge kann ein Medium auch tiefer durchdrungen werden. Außerdem werden Wolken, Dunst und Rauch durchdrungen was den zusätzlich Vorteil bietet wetterunabhängig Messungen durchführen zu können [2].

Tabelle 1: Gängige Frequenz-Bänder in der Radarfernerkundung [1]

Frequenzband	Ka	Ku	X	C	S	L	P
Frequenz (GHz)	40-25	17.6-12	12-7.5	7.5-3.75	3.75-2	2-1	0.5-0.25
Wellenlänge (cm)	0.75–1.2	1.7–2.5	2.5–4	4–8	8–15	15–30	60–120

Die Durchdringungstiefe hängt auch von der Dielektrizitätskonstante, also der Leitfähigkeit, ab. Ist diese groß, kommt es zu starken Reflektionen und die Durchdringungstiefe ist gering. Die Rauigkeit ist eine Eigenschaft der reflektierenden Oberfläche und hat großen Einfluss auf das reflektierte Signal. Ist diese im Verhältnis zur verwendeten Wellenlänge gering so kommt es zu spiegelnden Reflektionen und nur ein geringer Anteil des kehrt zum Empfänger zurück. Je diffuser die Reflektion mit zunehmender

Rauigkeit wird umso größer ist der Anteil des Signals welcher zum Empfänger zurückgeworfenen Signals. Doch auch die Form und Exposition der Oberfläche nimmt Einfluss auf das reflektierte Signal. So werden Flächen je nach Neigung unterschiedlich stark bestrahlt. Ist eine dem System abgewandte Fläche steiler geneigt als der Depressionswinkel liegen Sie sogar im Radarschatten und werden gar nicht bestrahlt [2]. Zusätzlich ist die Polarisation der ausgesandten und empfangenen Signale bei der Messung ausschlaggebend. Sie können horizontal oder vertikal polarisiert sein. Dies führt zu vier möglichen Polarisationsmodi für das Senden und das Empfangen nämlich HH, VV, HV und VH. Auch die Polarisation sorgt für eine unterschiedliche Wiedergabe von beobachteten Objekten und kann somit verwendet werden, um bestimmte Aspekte hervorzuheben [2]. Die Auflösung entlang des Azimut unterscheidet sich von der Auflösung in Blickrichtung. Die Auflösung in Azimutrichtung wird von der Antennenlänge bestimmt da diese festlegt wie lange die Reflektionen eines Objektes empfangen werden. Die Antennenlänge kann bauartbedingt nicht beliebig gesteigert werden. Die Bauart der Antenne bestimmt auch den Abstrahlwinkel Θ_a und somit die Ausdehnung am Boden eines Impulses in Azimutrichtung. Diese nimmt mit zunehmender Entfernung zu, während die Auflösung abnimmt. Die Auflösung in Blickrichtung hängt von der Bandbreite ab welche sich aus der Sendefrequenz und der Signaldauer. Die Ausdehnung des beobachteten Gebietes in Blickrichtung hängt von der Laufzeit des ausgesandten Signales ab. Die Objekte werden abhängig von ihrer Entfernung zur Antenne verzerrt wiedergegeben da nahegelegene Objekte von der Wellenfront schneller durchlaufen werden. Dieser Unterschied zwischen Schrägdistanz und Bodendistanz lässt sich jedoch nahezu vollständig korrigieren [2]. Die bisher beschriebenen Systeme werden auch als Systeme mit realer Apertur bezeichnet und eignen sich nur für geringe Flughöhen da hier der Abstand zwischen Antenne und Oberfläche gering ist. Bei Radarsystemen mit einer synthetischen Apertur wird durch die Bewegung des Sensors in Azimutrichtung die wirksame Antennenlänge rechnerisch verlängert indem die reflektierten Signale eines beobachteten Objektes von verschiedenen Standpunkten und unterschiedlichen Zeitpunkten miteinander korreliert werden. So können hohe Azimutauflösungen erzielt werden. Solche Systeme eignen sich auch für den Einsatz auf Satelliten [2].

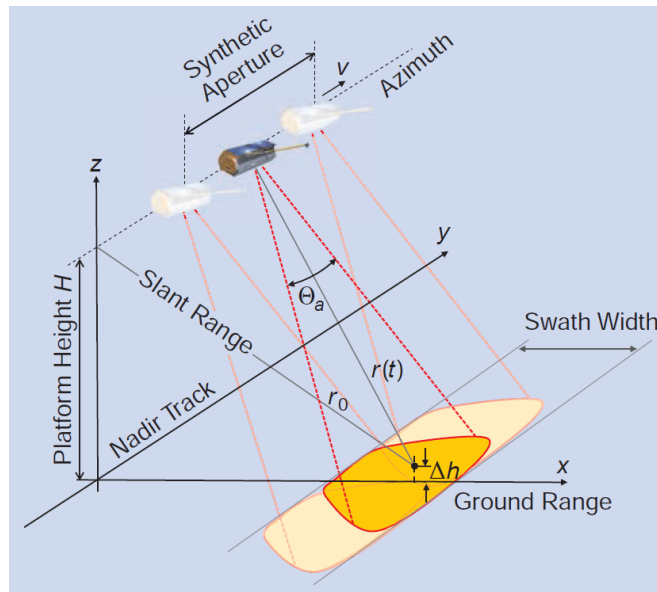


Abbildung 1: Prinzip eines SAR Fernerkundungssystems [1]

Solche Systeme können in unterschiedlichen Aufnahmeverfahren arbeiten. Das einfachste dieser Verfahren ist das Stripmap Verfahren bei dem nur ein Aufnahmestreifen kontinuierlich aufgenommen wird. Breitere Aufnahmestreifen können mit dem ScanSAR Verfahren erzielt werden. Dabei werden unter verschiedenen Depressionswinkeln, in Blickrichtung und zeitversetzt mehrere Subaufnahmestreifen erzeugt. Im Vergleich zum Stripmap Verfahren ist Auflösung jedoch geringer. Wird eine höhere Auflösung benötigt kann das Spotlight Verfahren zum Einsatz kommen, bei dem eine fixe Region über einen längeren Zeitraum hinweg beobachtet wird. Dies führt zu einer sehr langen wirksamen Antenne. Angepasste Verfahren oder Mischformen können je Beobachtungsszenario zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 2) [1].

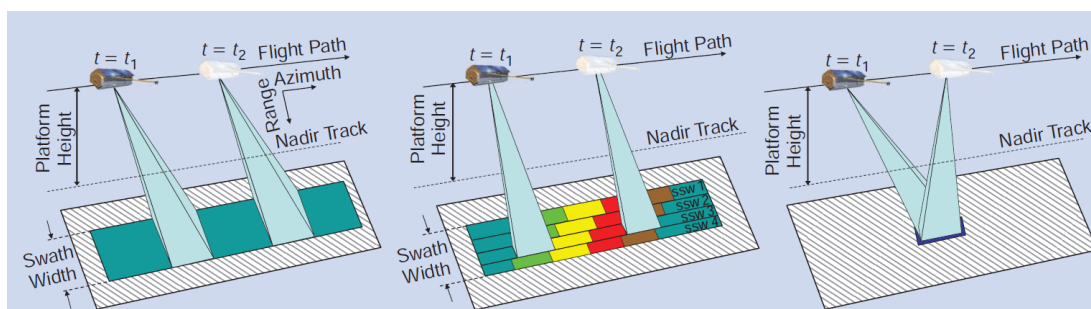


Abbildung 2: Aufnahmeverfahren SAR Systemen [1]

Im Gegensatz zu optischen Aufnahmeverfahren liefern die Rohdaten einer Befliegung mit Radarsensoren noch keine Bilddaten. Um Bilder zu erzeugen, bedarf es zunächst einer komplexen Verarbeitung der aus Amplitude und Phase bestehenden reflektierten Signale. Dabei werden die Daten entlang des Azimuts und der Blickrichtung gefiltert.

In der Regel repräsentieren die Pixelwerte eines aus Radardaten abgeleiteten Bildes die Reflektivität des korrespondierenden Bodenelements. Mittels Geocodierung kann das so entstandene Bild verortet werden. Zusätzlich können diverse, ebenfalls rechen- und zeitintensive, Kalibrierungen vorgenommen werden. Dazu gehören Verfahren welche Rauscheffekte minimieren, die geometrischen Eigenschaften verbessern oder die Interpretation der Bilder erleichtern [1].

2.2 Copernicus Programm

2.2.1 Ziele

Das Copernicus-Programm ging aus dem Global Monitoring for Environmental Security Programm (GMES) Programm hervor welches 1998 mit dem Ziel initiiert wurde um Europa zu ermöglichen eine führende Rolle bei der Lösung von weltweiten Problemen im Kontext Umwelt und Klima zu verschaffen. Teil dieser Bestrebungen ist der Aufbau eines leistungsfähigen Programms zur Erdbeobachtung. 2012 wurde das GMES-Programm zum Copernicus-Programm umbenannt [3]. Erklärte Ziele des Copernicus-Programmes ist das Überwachen der Erde um den Schutz der Umwelt sowie Bemühungen von Katastrophen- und Zivilschutzbehörden zu unterstützen. Gleichzeitig soll die Wirtschaft im Bereich Raumfahrt und der damit verbundenen Dienstleistungen unterstützt und Chancen für neue Unternehmungen geschaffen werden [7].

2.2.2 Aufbau

Das Copernicus-Programm besteht aus Weltraum, In-Situ- und Service-Komponente. Zur Weltraum-Komponente gehören die verschiedenen Satellitenmissionen sowie Bodenstationen welche für den Betrieb sowie die Steuerung und Kalibrierung der Satelliten sowie der Verarbeitung und Validierung der Daten verantwortlich sind [7].

Sentinel-1 Satelliten sind mit bildgebenden Radarsystemen ausgerüstet und beobachten wetter- und tageszeitunabhängig Land-, Wasser- und Eismassen, um unter anderem das Krisenmanagement zu unterstützen. Satelliten der Sentinel-2 Mission führen hochauflösende, multispektrale Kameras mit und liefern weltweit optische Fernerkundungsdaten.

Altimetrische und radiometrische Daten von Land- und Wasserflächen werden von der Sentinel-3 Satellitenmission gesammelt während spektrometrische Daten zur Überwachung der Luftqualität von Sentinel-4 und 5 Satelliten erfasst werden. Ozeanografische Daten sollen von den Sentinel-6 Satelliten geliefert werden [4].

Die In-Situ-Komponente sammelt Daten von See-, luft- und landbasierten Sensoren sowie geografische und geodätische Referenzdaten. Die harmonisierten Daten werden verwendet, um die Daten der Weltraum-Komponente zu verifizieren oder zu korrigie-

ren. Gleichzeitig können räumliche oder thematische Lücken in der Datenabdeckung gefüllt werden [7] [5].

Zur Service-Komponente gehören unterschiedliche Dienste, welche jeweils auf Themengebiet abgestimmt sind und Daten in hoher Qualität bereitstellen. Der Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) soll Informationen zur Luftqualität und der chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre liefern. Daten bezüglich des Zustands und der Dynamik der Meere und deren Ökosysteme lassen sich über den Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) beziehen. Informationen zur Flächennutzung und Bodenbedeckung werden vom Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) bereitgestellt. Um eine nachhaltige Klimapolitik planen und umsetzen zu können stellt der Copernicus Climate Change Service (C3S) aktuelle sowie historische Klimadaten bereit. Um den Zivilschutzbehörden schnelle Reaktionen auf Umweltkatastrophen zu ermöglichen, stellt der Emergency Management Service (EMS) entsprechende Fernerkundungsdaten bereit. Ähnliche Daten können von europäischen Zoll- und Grenzschutzbehörden über den Copernicus Security Service bezogen werden [7] [5].

2.2.3 Sentinel 1

Die Sentinel-1 Satellitenmission liefert wetter- und tageszeitunabhängige Radardaten der Erdoberfläche. Die Mission besteht aus zwei Satelliten, Sentinel-1 A und B, sowie einer Bodenkomponente welche für Steuerung, Kalibrierung und Datenverarbeitung verantwortlich ist. Die Satelliten tragen als Hauptinstrument ein bildgebendes Radar mit synthetischer Apertur welches im C-Frequenzband arbeitet. Es stehen zwei Polarisationsmodi, Single (HH, VV) oder Dual (HH+HV, VV+VH), zur Verfügung [8]. Die Erfassung von Daten kann in vier Aufnahmemodi erfolgen welche sich in Auflösung, Streifenbreite und Anwendungsszenario unterscheiden (siehe Tabelle 2). Der Standardmodus ist der Stripmap Modus (SM) bei dem Aufnahmestreifen mit einer kontinuierlichen Folge von Signalen abgetastet wird [8]. Die Aufnahmemodi Interferometric Wide Swath Mode (IW) und Extra-Wide Swath Mode (EW) arbeiten im TOPSAR Verfahren mit drei beziehungsweise fünf Sub-Aufnahmestreifen um ein größeres Gebiet aber in geringerer Auflösung aufnehmen zu können. TOPSAR ist eine Abwandlung des ScanSAR Verfahrens bei dem die Antenne zusätzlich in Azimut-Richtung vor und zurück bewegt wird, um die radiometrische Qualität der resultierenden Bilder zu verbessern. Wenn der Wave Modus (WV) zu Einsatz kommt werden kleine, Vignetten genannte, Szenen im Stripmap Verfahren aufgenommen. Sie werden in regelmäßigen Abständen und wechselnden Depressionswinkeln aufgenommen (siehe Abbildung 3) [1] [8].

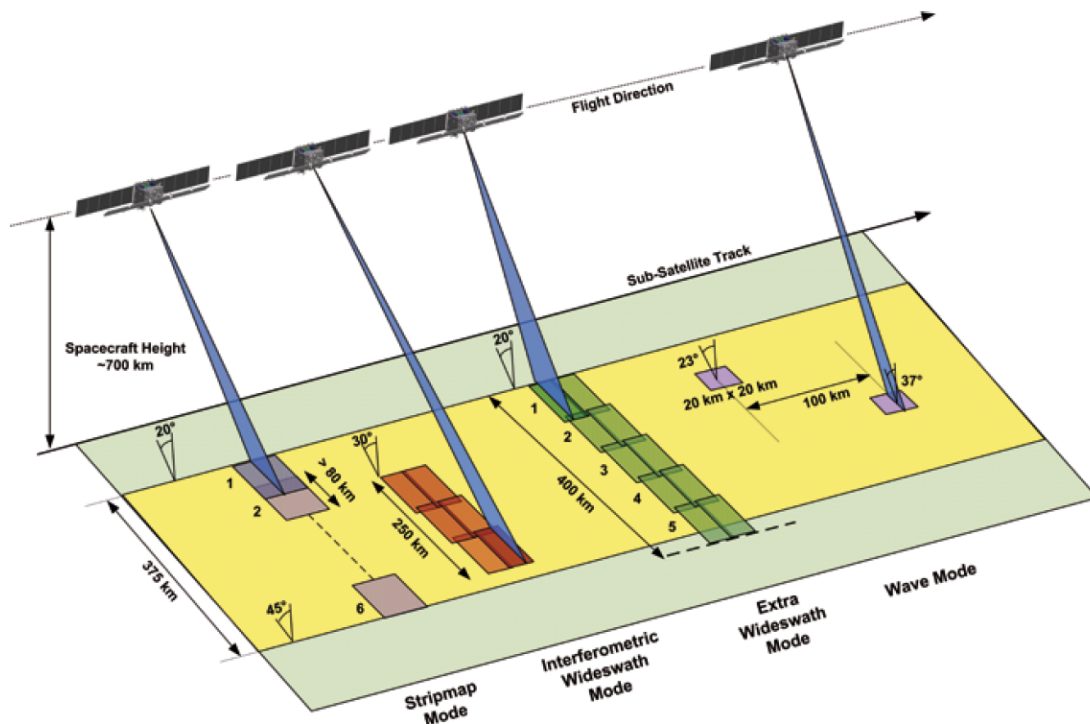


Abbildung 3: Aufnahmemodi der Sentinel-1 Mission [6]

Tabelle 2: Eigenschaften der Aufnahmemodi der Sentinel-1 Mission [6]

Modus	IW	WV	SM	EW
Polarisation	Dual	Single	Dual	Dual
Azimutauflösung (m)	20	5	5	40
Rage-Auflösung (m)	5	5	5	20
Streifenbreite (km)	250	20x20	80	410

Beide Satelliten befinden sich auf einem polnahen, sonnensynchronen Orbit. Ein Zyklus dauert 12 Tage, in denen die Erde 175 umrundet wird. Da es sich um ein Satellitenpaar handelt, welches als Tandem die Erde umrundet, wird ein Punkt alle sechs Tage von einem der Satelliten überflogen. Das System kann eine zuverlässige globale und systematische Abdeckung liefern. Dabei können im IW Modus alle relevanten Land-, Wasser- und Eismassen alle zwölf Tage vollständig von einem Satelliten erfasst werden. In Krisensituationen können nach Bedarf innerhalb von zweieinhalb und fünf Tagen Daten erfasst werden [6].

Nach dem Erfassen der Daten und Übersenden an eine Bodenstation werden diverse Vorverarbeitungsschritte vorgenommen, in die sowohl interne als auch externe Parameter einfließen. Daraus ergeben sich diverse Produkte, welche sich durch Aufnahmemodus (IW, SM, EW und WV), Produkt-Typ sowie durch ihre Auflösung (Full-,

High-, und Medium-Resolution) unterscheiden. Single Look Complex (SLC) Produkte sind im wesentlichen kalibrierte Rohdaten in denen Amplitude und Phase nicht zur Reflektivität kombiniert wurden und die geometrische Auflösung sich in Azimut- und Blickrichtung unterscheidet. Ground Range Detected (GRD) Produkte bilden hingegen die Reflektivität ab und haben eine annähernd quadratische geometrische Auflösung. Die Reflektivität wird in der logarithmischen Maßeinheit Dezibel (dB) angegeben. Die Korrektur der Schrägdistanz in Blickrichtung erfolgt durch Projektion auf einen Ellipsoiden. [8]. Aus den Level-1 Produkten, SLC und GRD, können die Level-2 Produkte OSW, OWI und RVL abgeleitet werden.

2.2.4 Datenzugang

Die Daten des Copernicus-Programmes sollen einer möglichst breiten Nutzergruppe möglichst einfach zugänglich gemacht werden. Sie sollen frei zugänglich und kostenlos angeboten werden [7]. Daten der Sentinel-1, 2, 3 und 5 können über das von der ESA betriebene Copernicus Open Access Hub bezogen werden. Datensätze können sowohl auf der Webseite als auch mithilfe einer API gesucht und heruntergeladen werden. Der Zugang zu Daten der Sentinel-3, 6 und 4 sowie weiterer Satelliten können über das dem Copernicus Open Access Hub ähnlichen EUMETCast bezogen werden. In Ergänzung zu diesen Quellen werden Daten von fünf privaten, in Kooperation mit dem Copernicus-Programm stehenden Unternehmen in unterschiedlichen Formen bereitgestellt. Diese als Data and Information Access Services (DIAS) bezeichneten Zugänge stellen unverarbeitete und abgeleitete Daten sowie Werkzeuge zur Analyse zur Verfügung [13]. Da die DIAS kommerziell betrieben werden müssen einige Dienste und Werkzeuge bezahlt werden während Nutzer sich lediglich am Copernicus Open Access Hub oder EUMETCast registrieren müssen. Zu erwähnen ist das die DIAS Zugriff auf die gesamten Daten gestatten. Aus dem Copernicus Open Access Hub lassen sich nur Teile der Daten synchron beziehen. In der Regel müssen Daten welche älter als einen Monat sind aus dem Archiv wiederhergestellt werden. Dieser Vorgang kann einige Zeit in Anspruch nehmen.

2.3 Überschwemmungsmonitoring

Um Wasserflächen und damit auch überflutete Areale auf Radarbildern zu erkennen können die Reflektionseigenschaften von Wasserflächen genutzt werden. Das Wasser eine sehr niedrige Rauigkeit besitzt kommt beim Aufprall eines Radarsignals zu einer spiegelnden Reflektion und nur ein sehr geringer Teil des Signals wird zum Empfänger zurückgeworfen. In den resultierenden Bildern äußert sich dieser Umstand in niedrigen Reflektivitätswerten. Um die Areale mit niedrigen Reflektionswerten zu detektieren können Verfahren genutzt werden, welche aus den Histogrammen der Bilder einen

Schwellwert ermitteln. Um die Ergebnisse einer solchen Schwellwertbestimmung zu verbessern, sollten die Radardaten, zum Beispiel Sentinel-1 IW GRD, zusätzlich kalibriert werden. So können die genaue Kenntnis über die tatsächliche Flugbahn des Satelliten dazu beitragen die geografische Genauigkeit zu verbessern. Diese kann zusätzlich durch Verfahren wie die Differentialentzerrung gesteigert werden die die durch das Relief entstandenen Lagefehler ausgleicht [2]. Die radiometrische Genauigkeit kann gesteigert werden indem zum Beispiel thermisches Rauschen aus den Daten entfernt wird und die Reflektivitätswerte zum sogenannten σ_0 -Wert umgerechnet werden. Dieser repräsentiert den Querschnitt der Reflektivität für eine normierte Fläche am Boden [11]. Dieses Maß erlaubt zudem das Vergleichen unterschiedlicher Radaraufnahmen. Auch sollte ein Speckle-Filter zum Einsatz kommen um. Dieser reduziert körnige Bildstrukturen welche auf homogenen Flächen in Radarbildern auftreten und die rechnerische Bildauswertung erschweren können. [2] [10]. Auf Basis des Schwellwertes kann eine Binärisierung des Bilder durchgeführt werden. Die entstehenden Werte würden überflutete beziehungsweise trocken liegende Areale repräsentieren [10]. Die Binärisierung kann direkt auf Basis der Radaraufnahme der Überflutung, oder auf abgeleiteten Daten erfolgen. So können zum Beispiel das Radaraufnahme der Überflutung σ_0^f mit einer überflutungsfreien Referenzaufnahme (σ_0^r) kombiniert zum Normalized Difference Sigma-Naught Index (NDSI) [12]. Dabei werden die Reflektivitätswerte von zwei unterschiedlichen Zeitpunkten zum NDSI verrechnet welcher als Maß für die Stärke der Veränderung interpretiert werden kann.

$$NDSI = \frac{\sigma_0^f - \sigma_0^r}{\sigma_0^f + \sigma_0^r} \quad (1)$$

Dieses Maß bewegt sich zwischen -1 und 1 wobei Werte um 0 für identische Reflektivitätswerte an beiden Zeitpunkten und daher für geringe Veränderung stehen. Aufgrund der Reflektionseigenschaften von Wasserflächen deuten Werte nahe -1 auf überflutete Areale hin [12]. Die der vielen und teilweise zeitintensiven Prozessierungsschritte können, je nach Größe des zu untersuchenden Areals, viel Zeit und Rechenleistung in Anspruch nehmen. Der Schwellwert kann mit unterschiedlichen Verfahren aus dem Bild beziehungsweise seinem Histogramm abgeleitet werden. Eines dieser Schwellwertverfahren wurde von Nobuyuki Otsu entwickelt und ist nach ihm benannt. Bei diesem Verfahren werden alle Werte eines Histogramms durchlaufen. Jeder dieser Werte teilt das Histogramm in zwei Gruppen und bildet so einen Schwellwert. Jener Wert welcher die gewichtete Varianz zwischen der Klassen maximiert wird als optimaler Grenzwert angesehen [9]. Gegeben sei ein Bild C mit N Pixeln in L Grauwertstufen. Die Anzahl der Pixel einer Grauwertstufe i sein dann gegeben durch n_i und es gilt:

$$N = \sum_{i=1}^L n_i \quad (2)$$

Ein betrachteter Grenzwert t teilt das Bild in die Gruppen C_0 und C_1 wobei C_0 alle Pixel der Graustufen 1 bis t und C_1 alle Pixel der Graustufen $t + 1$ bis L enthält. Die Gewichte für die Gruppen C_0 und C_1 sind nun gegeben durch:

$$w_0(t) = w(t) = \sum_{i=1}^t p_i \text{ und } w_1(t) = \sum_{i=t+1}^L p_i \quad (3)$$

mit p_i :

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (4)$$

sowie μ_0 , μ_1 und μ_T :

$$\mu_0(t) = \sum_{i=1}^t ip_i/w_0 \text{ und } \mu_1(t) = \sum_{i=t+1}^L ip_i/w_1 \text{ und } \mu_T = \sum_{i=1}^L ip_i \quad (5)$$

Die Klassenvarianzen $\sigma_0^2(t)$ und $\sigma_1^2(t)$ sind gegeben durch:

$$\sigma_0^2(t) = \sum_{i=1}^t (i - \mu_0)^2 p_i/w_0 \text{ und } \sigma_1^2(t) = \sum_{i=t+1}^L (i - \mu_1)^2 p_i/w_1 \quad (6)$$

Zu Maximieren ist nun die Inter-Klassenvarianz K :

$$K = \frac{\sigma_t^2}{\sigma_W^2} \quad (7)$$

mit σ_W^2 und σ_T^2 :

$$\sigma_W^2 = w_0\sigma_0^2 + w_1\sigma_1^2 \text{ und } \sigma_T^2 = \sum_{i=1}^L (i - \mu_T)^2 p_i \quad (8)$$

2.4 Programmierschnittstelle

Eine Programmierschnittstelle, kurz API für Application Programming Interface, ist eine Menge von Funktionen und Prozeduren die einem Programm erlauben Zugriff auf Funktionen einer anderen Anwendung zu gewähren [17].

2.5 OGC und OGC Standards

Das Open Geospatial Consortium (OGC) widmet sich der Aufgabe die Entwicklung von internationalen Standards und unterstützender Dienste welche die Interoperabilität im Bereich der Geoinformatik verbessern voranzutreiben. Das OGC soll dabei

offene Systeme und Techniken verbreiten welche es erlauben Dienste und Prozesse mit geobezug in Kreisen der Informatik verbreiten und die Nutzung von interoperabler und kommerzieller Software fördern [16]. Dabei wird versucht möglichst viel Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung zu beteiligen um Standards zu schaffen welche auf möglichst breitem Konsens basieren. Zudem werden Mechanismen zur Zertifizierung von standardkonformen Software-Lösungen angeboten [16].

Das OGC formuliert Standards für unterschiedliche Themenbereiche. In Standards aus dem Bereich Data Models und Encodings werden Daten- und Datenaustauschformate definiert. Standards welche Webdienste und Schnittstellen zum Austausch von Geodaten beschreiben werden dem Bereich Services und APIs zugeordnet. Der OGC API - Processes - Part 1: Core Standard gehört in diesen Bereich. Die Bereiche Discovery und Containers enthalten Standards für die Speicherung von Geodaten sowie die Auffindbarkeit und Durchsuchbarkeit dieser. Ein weiterer Bereich widmet sich Standards rund um den betrieb von Sensornetzwerken sowie deren Schnittstellen.

2.6 OGC API - Processes - Part 1: Core

Der OGC API - Processes - Part 1: Core Standard soll das Bereitstellen von aufwendigen Prozessierungsaufgaben und ausführbaren Prozessen welche über eine webbasierte Programmierschnittstelle von anderen Programmen aufgerufen und gestartet werden können unterstützen [14]. Der Standard ist dabei von Konzepten des OGC Web Processing Service 2.0 Interface Standards beeinflusst und bedient sich des RESTful Paradigmas sowie der Java Script Object Notation (JSON).

Der Aufbau des OGC API - Processes - Part 1: Core Standards orientiert sich am OGC Spezifikationsmodell. Dieses beschreibt die modularen Komponenten eines Standards und wie diese miteinander in Verbindung stehen [15]. Das Spezifikationsmodell definiert einen Standard als Teillösung eines Entwicklungsproblems. Diese Teillösung limitiert die Anzahl an möglichen Implementierungen. Ziel ist die Harmonisierung der Implementierungen und so die Interoperabilität zu steigern. Der OGC API - Processes - Part 1: Core Standard formuliert Requirements, Recommendations und fasst diese zu Requirements-Classes zusammen welche wiederum ein Standardisierungsziel beschreiben. Requirements beschreiben Eigenschaften oder Vorgehensweisen die die Implementierung umsetzen muss um standardkonform zu sein. Recommendations sind hingegen nicht verpflichtend beschreiben aber aus Sicht der Autoren empfehlenswerte Eigenschaften oder Vorgehensweisen [15]. Jedes Requirement kann mit einem ebenfalls im Standard definierten Conformance-Test-Case überprüft werden. Diese Tests können zu Conformance-Test-Modules zusammengefasst welche alle Test zum prüfen einer Requirements-Class umfassen. Die Gesamtheit dieser Conformance-Test-Modules wird auch als Conformance-Test-Class bezeichnet. Alle vom Standard

Conformance-Test-Classes werden im Conformance-Suit zusammengefasst [15]. Erfüllt eine Implementierung alle im Conformance-Suit definierten Tests kann sie mit einem Certificate of Conformance für die implementierten Requirements-Classes versehen werden. Requirements, Recommendation und Conformance-Suit bilden gemeinsam eine Spezifikation welche nach der Anerkennung durch ein legitimes Gremium wie das OGC als Standard angesehen werden. Der OGC API - Processes - Part 1: Core Standard definiert sieben Requirements-Classes. Die Requirements-Class Core beschreibt dabei die Kernfunktionalitäten welche von standardkonformen Implementierungen umgesetzt werden. Da dem Nutzer mit diesen Kernfunktionalitäten Ressourcen zugänglich gemacht werden sollen werden in den Requirements-Classes JSON und HTML Repräsentationen dieser Ressourcen in JSON und HTML definiert [14]. Die Requirements-Class Core macht keine expliziten Vorgaben für die Beschreibung einer standardkonformen API. Solche Vorgaben finden sich in der nicht verpflichtend umzusetzenden Requirements-Class OpenAPI Specification 3.0. Diese definiert wie implementierte APIs mithilfe der OpenAPI 3.0 Spezifikation beschrieben und dokumentiert werden können [14]. Ebenso werden in der Core Requirements-Class keine expliziten Vorgaben zur Beschreibung der angebotenen Prozesse gemacht. Da der Standard primär, aber nicht ausschließlich, zum Breitstellen von Diensten aus dem Bereich der Geoinformatik genutzt werden soll wird in der Requirements-Class OGC Process Description die Nutzung des OGC Processes Description Formats zum Beschreiben von angebotenen Prozessen empfohlen [14]. Zusätzliche Funktionen werden in den Requirements-Classes Job-List, Callback und Dismiss beschreiben. Sie beschreiben zusätzliche Ressourcen und Interaktionsmöglichkeiten mit den auszuführenden Instanzen eines Prozesses welche als Jobs bezeichnet werden [14]. Die Requirements-Classes definieren hier Endpoints sowie deren Funktionen, Responses und mögliche Fehlersituationen. Jede implementierte Requirements-Class kann mit einem entsprechenden Test, welcher im Abstract Test Suit beschreiben ist, auf ihre korrekte Implementierung hin überprüft werden.

2.7 Evaluationskriterien

Die Evaluation einer Implementierung einer API kann unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. Zum einen können technische Aspekte Effizienz, Skalierbarkeit, Stabilität und Wartbarkeit untersucht werden. Zu dieser technischen Bewertung einer API kann auch das Überprüfen der Standardkonformität gezählt werden.

3 Implementierung

3.1 Requirements Class Core

In der Requirements-Class Core werden alle wesentlichen Funktionalitäten beschreiben die eine minimale Implementierung des Standards zur Verfügung stellen muss. Dazu gehören Endpunkte zum Beschaffen von Ressourcen, zum Ausführen der angebotenen Prozesse sowie zum Beschaffen der Prozessierungsergebnisse. Auch definiert diese Requirements-Class grundlegende Eigenschaften der Implementierung wie die HTTP-Version.

3.1.1 API Landig Page

Die Landing Page der API kann als Zugangspunkt zu allen weiteren Funktionen und Ressourcen der API gesehen werden. Sie ist über den URL / mittels der HTTP-Get Über den Parameter *f* kann definiert werden ob die Ressource als HTML- oder JSON-Dokument geliefert werden soll. Bei erfolgreicher Ausführung wird mit dem HTTP-Statuscode 200 geantwortet. Wird der Endpunkt mit einer falschen HTTP-Methode aufgerufen wird mit dem HTTP-Statuscode 405 geantwortet. Ein erfolgreiches Abrufen der Landing Page mittels einer

3.2 Requirements Class OGC Process Description

3.3 Requirements Class JSON

3.4 Requirements Class HTML

3.5 Requirements Class OpenAPI 3.0

3.6 Requirements Class Job List

3.7 Requirements Class Dismiss

Die Requirements-Class Dismiss beschreibt eine weitere Interaktionsmöglichkeit mit von Nutzern angelegten Jobs. Sie soll dazu dienen angelegte Jobs abubrechen oder Dateien eines abgeschlossenen Jobs zu löschen [14].

3.8 Prozesse

3.8.1 Echo

3.8.2 Überflutungsmonitoring

3.9 Zusätzliche Funktionalitäten

4 Evaluation

4.1 Jakob's Nutzbarkeitsheuristiken

4.2 Unit Testsuit

4.3 OGC Compliance Test

5 Diskussion

6 Ausblick

7 Fazit

Literatur

- [1] A. Moreira, M. Younis, P. Prats-Iraola, G. Krieger, I. Hajnsek und K. P. Papathanassiou (2013, April 17). A Tutorial on Synthetic Aperture Radar [Online]. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/257008464_A_Tutorial_on_Synthetic_Aperture_Radar (Zugriff am: 6. Juni 2022).
- [2] J. Albers, Einführung in die Fernerkundung, 4. Auflage Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2009
- [3] Europäische Kommission (2018, Oktober 06). Copernicus: 20 years of History [Online]. Verfügbar unter: <https://www.copernicus.eu/en/documentation/information-material/signature-esafrance-collaborative-ground-segment> (Zugriff am: 13. Juni 2022).
- [4] European Space Agency (2018). Sentinels - Space for Copernicus [Online]. Verfügbar unter: <https://www.d-copernicus.de/daten/satelliten/daten-sentinels/> (Zugriff am: 13. Juni 2022).
- [5] Europäische Kommission (2019). What is Copernicus [Online]. Verfügbar unter: <https://www.copernicus.eu/en/documentation/information-material/brochuresbrochures> (Zugriff am: 13. Juni 2022).
- [6] ESA Communications (2012, März). Sentinel-1 ESA's Radar Observatory Mission for GMES Operational Services [Online]. Verfügbar unter: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview> (Zugriff am: 13. Juni 2022).
- [7] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2014, April 24). Regulation (EU) No 377/2014 Establishing the Copernicus Programme and repealing Regulation (EU) No 911/2010 [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kowi.de/Portaldata/2/Resources/horizon2020/coop/Copernicus-regulation.pdf> (Zugriff am: 13. Juni 2022).
- [8] M. Bourbigot, H. Johnson, R. Piantanida (2016, März 03). Sentinel-1 Product Definition [Online]. Verfügbar unter: https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/document-library/-/asset_publisher/1dO7RF5fJMbd/content/sentinel-1-product-definition (Zugriff am: 13. Juni 2022).
- [9] N. Otsu (1976, Januar). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms [Online]. Verfügbar unter: <http://www.scribd.com/doc/122107/Threshold-Selection-Method-from-Gray-Level-Histograms>

- ps://ieeexplore.ieee.org/document/4310076/citations#citations (Zugriff am: 14. Juni 2022).
- [10] A. McVittie (2019, Februar). Sentinel-1 Flood mapping tutorial [Online]. Verfügbar unter: <https://step.esa.int/main/doc/tutorials/> (Zugriff am: 15. Juni 2022).
- [11] N. Miranda und P.J. Meadows (2015, Mai 21). Radiometric Calibration of S-1 Level-1 Products Generated by the S-1 IPF [Online]. Verfügbar unter: https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/document-library/-/asset_publisher/xlslt4309D5h/content/sentinel-1-radiometric-calibration-of-products-generated-by-the-s1-ipf (Zugriff am: 15. Juni 2022).
- [12] N. I. Ulloa, S.-H. Chiang und S.-H. Yun (2020, April 27). Flood Proxy Mapping with Normalized Difference Sigma-Naught Index and Shannon's Entropy [Online]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3390/rs12091384> (Zugriff am: 21. Juni 2022).
- [13] Europäische Kommission (2018, Juni). The DIAS: User-friendly Access to Copernicus Data and Information [Online]. Verfügbar unter: <https://www.copernicus.eu/en/access-data/dias> (Zugriff am: 24. Juni 2022)
- [14] B. Pross und P. A. Vretanos. (2021, Dezember 20). OGC API – Processes – Part 1: Core [Online]. Verfügbar unter: <https://docs.opengeospatial.org/is/18-062r2/18-062r2.html> (Zugriff am: 24. Juni 2022).
- [15] S. Cox, D. Danko, J. Greenwood, J.R. Herring, A. Matheus, R. Pearsall, C. Portele, B. Reff, P. Scarponcini, A. Whiteside (2009, Oktober 19). The Specification Model - A Standard for Modular specifications [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ogc.org/standards/modularspec> (Zugriff am: 27. Juni 2022).
- [16] Open Geospatial Consortium (2021, Dezember 16). Bylaws of Open Geospatial Consortium [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ogc.org/ogc/policies> (Zugriff am: 27. Juni 2022).
- [17] C. Holmes, D. WWesloh, C. Heazel, G. Gale, A. Christl, J. Lieberman, C. Reed, J. Herring, M. Desruisseaux, D. Blodgett, S. Simmons, B. de Lathower und G. Percivall (2017, Februar 23). OGC® Open Geospatial APIs - White Paper [Online]. Verfügbar unter: <https://docs.ogc.org/wp/16-019r4/16-019r4.html> (Zugriff am: 03. Juli 2022).

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Bachelorarbeit zum Thema Rich Data Interfaces for Copernicus Data selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Münster, den 3. Juli 2022