

Automatisierte multitemporale Analyse der Küstenerosion an der Nordsibirischen Küste

Daniel Jaffke - 875714
Lucas Klück - 878102
Tim Sahre - 874538

Kurs: WP - Analyse von Fernerkundungsdaten
Dozent: Prof. Dipl. Ing. Michael Breuer
Datum: 09.07.2019

Inhalt

1. Einleitung	3
2. Datenextraktion	4
3. Multispektrale Analyse	7
4. Radardaten	15
5. Fazit	20
6. Ausblick	20
Abbildungserzeichnis	21

1. Einleitung

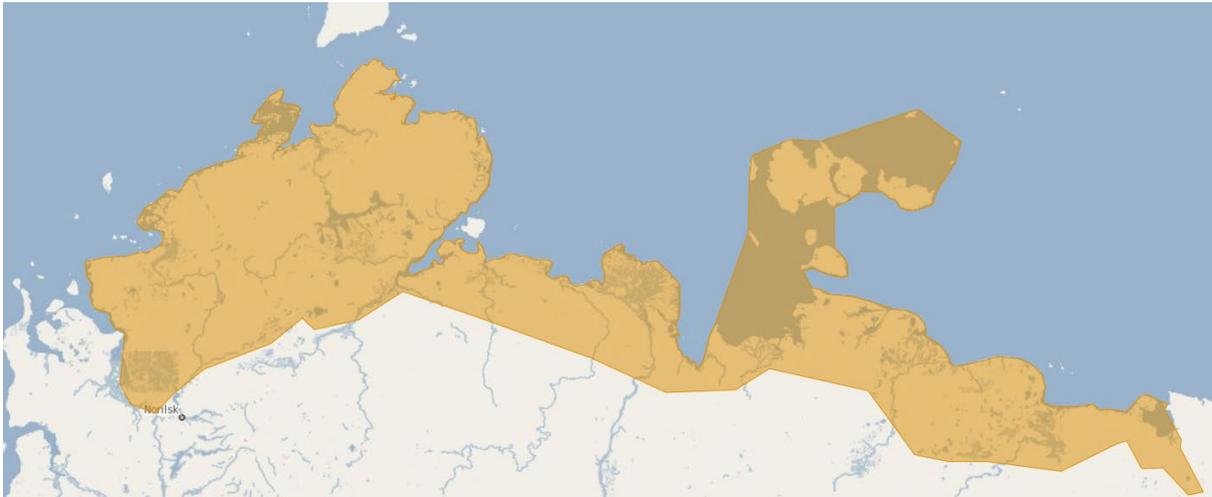


Abbildung 1: Area of Interest

Seit den 1970 Jahren ist die Erderwärmung ein omnipräsentes Thema in der Wissenschaft. Zur Untersuchung dieses Themas werden vor allem die Polarregionen der Erde untersucht. Diese reagieren am auffälligsten auf die Veränderungen des globalen Klimas. Der Rückgang der Landeismassen ist dabei nur ein zu Beobachtendes Phänomen. Diese Projektarbeit beschäftigt sich mit der Küstenerosion der Nordsibirischen Küste.

Diese Küsten bestehen aus Permafrostboden. Dieser Boden wird durch die Gezeiten viel schneller abgetragen als festes Gestein. Somit kommt es in den letzten Jahren zu einer viel größeren Abtragung von Landmassen an dieser Küste.

In diesem Projekt soll die Möglichkeit einer automatisierten Veränderungsanalyse der Küstenerosion erforscht werden. Dabei werden zwei verschiedenen Ansätze verfolgt. Zum einen eine Analyse mit Radardaten (Sentinel-1) und zum anderen eine Analyse mit Multispektralen Daten (Sentinel-2). Die Datenakquise soll genau wie die Analyse automatisiert werden. Die automatisierte Datenakquise erfolgt auf Grundlage eines Python-Scripts. Verwendete Software für diese Forschungsfrage ist SNAP (Version 6.0.10), eine eigens von der ESA entwickelte Software zur Prozessierung von Sentinel-Daten und Erdas Imagine (Version 16.5.0). Die automatisierte Datenakquise wurde mit Hilfe eines Batch-Prozesses realisiert.

Aufgrund unterschiedlicher Wissensstände auf dem Gebiet der Automatisierung und Change Detection soll ein Projekt geschaffen werden, welches ein Mehrwert für alle Projektteilnehmer erzeugt. Des Weiteren soll eine automatisierte Datenakquise, die Erhebung von Daten, über den ESA Hub, für zukünftige Projekte erleichtern. Durch dieses Projekt kann eine kostenlose Monitoring-Anwendung für unsere Fragestellung vorbereitet werden.

2. Datenextraktion

Am Beginn der Change Detection Analyse mittels Multispektraler Systeme auf der einen Seite und Radardaten auf der anderen Seite, steht die automatisierte Datenextraktion. Im Zuge der vorliegenden Projektarbeit wurde daher die technische Machbarkeit einer solchen automatisierten Datenextraktion im Hinblick auf die weitere Prozessierung der Datenprodukte mittels ERDAS IMAGINE und SNAP geprüft.

Als Datenquelle wurde hierzu auf den Copernicus Open Access Hub [1] der ESA (European Space Agency) zurückgegriffen. Dieser stellt unter anderem kostenfrei Sentinel-1 Radar- sowie Sentinel-2 multispektral- Datensätze zum öffentlichen Gebrauch bereit. Nach der kostenfreien Registrierung stellt die Plattform eine Schnittstelle bereit, mit deren Hilfe sich die gewünschten Produkte durch entsprechende Suchschlüssel in Kombination mit anderen Filterkriterien selektieren und herunterladen lassen. Dabei orientiert sich die Schnittstelle an der Representational State Transfer, kurz REST Architektur (Vgl. Fielding 2000, S. 76). Hierbei wird jeder Information einer Homepage eine eigene Adresse in Form von URL's (Uniform Resource Locator) zugewiesen. Hierdurch lassen sich sämtliche verfügbaren Ressourcen direkt und eindeutig adressieren. Mittels OpenSEARCH (Solr) [2] Technologien bietet der Open Access Hub eine einfache Möglichkeit durch das Angebot an verfügbaren Ressourcen zu navigieren und die gewünschten Datensätze zu identifizieren. Um die Datensätze schließlich herunterzuladen unterstützt der Open Access Hub des Weiteren das OData Protokoll [3]. Dieses Zugriffprotokoll ist mit einer Vielzahl von Client- Tools zum Download von Datensätzen, wie Webbrowsern und anderen Download- Managern kompatibel und ermöglicht die Erstellung von produktspezifischen URI's (Uniform Resource Identifier). Mittels dieser URI's lassen sich schließlich je nach Bedarf unterschiedlich komplexe Script- basierte Ansätze zur Datenextraktion auf die bereitgestellten Datensätze anwenden. Im Zuge der Projektarbeit wurden verschiedene Ansätze der Datenextraktion umgesetzt und miteinander verglichen.

Um später die reibungslose Ausführung der einzelnen Komponenten der vollautomatisierten Change Detection mit ERDAS IMAGINE und SNAP zu gewährleisten, wurde zunächst ein Batch- Script basierter Ansatz der Schnittstellenkommunikation verfolgt. Als Downloadmanager wurde hierbei auf das Programm wget [4] zurückgegriffen. Mittels wget ist es möglich, sich direkt über ein Terminal (z.B. die Windows Eingabeaufforderung) mit seinem Benutzernamen und Passwort im persönlichen Benutzerkonto des Copernicus Open Access Hub einzuloggen. Durch das Zusammenspiel von OData und OpenSearch können nun verschiedene URI's zu komplexen Suchabfragen kombiniert werden, woraufhin die entsprechenden Datensätze heruntergeladen werden können. Trotz ZIP- Komprimierung weisen die vom Open Access Hub bereitgestellten Datensätze je nach Produkt eine beträchtliche Dateigröße auf. Dies ist ein Problem bei diesem Ansatz der Datenextraktion. Präzisiert man die Suchabfrage (etwa durch Einschränkungen hinsichtlich der Aufnahmezeiträume) kann die Anzahl der Datensätze verringert werden. Dies birgt jedoch auch Nachteile. Durch die Verringerung der ausgewählten Datensätze steigt das Risiko keine brauchbaren Datensätze für die weitere Analyse zur Verfügung zu haben. So sind etwa bei der multispektralen Datenanalyse Datensätze mit viel Wolkenbedeckung unbrauchbar. Aus diesem Grund erwies sich dieser Ansatz der Datenextraktion als zu simpel für die Automatisierung.

¹ Copernicus Open Access Hub: „Welcome to the Copernicus Open Access Hub“ – Online im Internet: <https://scihub.copernicus.eu/> [05.07.2019]

² Vgl. OpenSearch– Online im Internet: <http://www.opensearch.org/Home> [05.07.2019]

³ Vgl. OData - the best way to REST – Online im Internet: <https://www.odata.org/> [05.07.2019]

⁴ Vgl. Ubuntuusers: „wget“ – Online im Internet: <https://wiki.ubuntuusers.de/wget/> [05.07.2019]

Als Alternative zum reinen Batch- Script wurde daher ein Python- Script entwickelt. Dieses baut zwar auf denselben Grundlagen wie schon das reine Batch- Script auf, bietet jedoch darüber hinaus die Vorteile einer höheren Programmiersprache. Zur Erstellung des Scriptes wurde die Python Version 3.7.3 verwendet.

Um den Programmieraufwand zu reduzieren wurde des Weiteren die Sentinelsat (Vgl. Wille, Clauss 2019) Bibliothek für Python genutzt. Sentinelsat fungiert hierbei als Schnittstelle zum Copernicus Open Access Hub und bietet verschiedene Funktionen zum Download von Datenprodukten sowie dem Abruf der jeweiligen Metadaten. Weiterhin wurde die Python Datenanalyse Bibliothek pandas [5] verwendet. Hiermit können Produkte aus einer Abfrageantwort als Pandas Dataframe mit den Werten ihres jeweiligen Python Typs erstellt werden. In dieser Form können die einzelnen Attribute der Datenprodukte für weitere Filterfunktionen indiziert werden.



Abbildung 2: Ausschnitt des GeoJSON Features

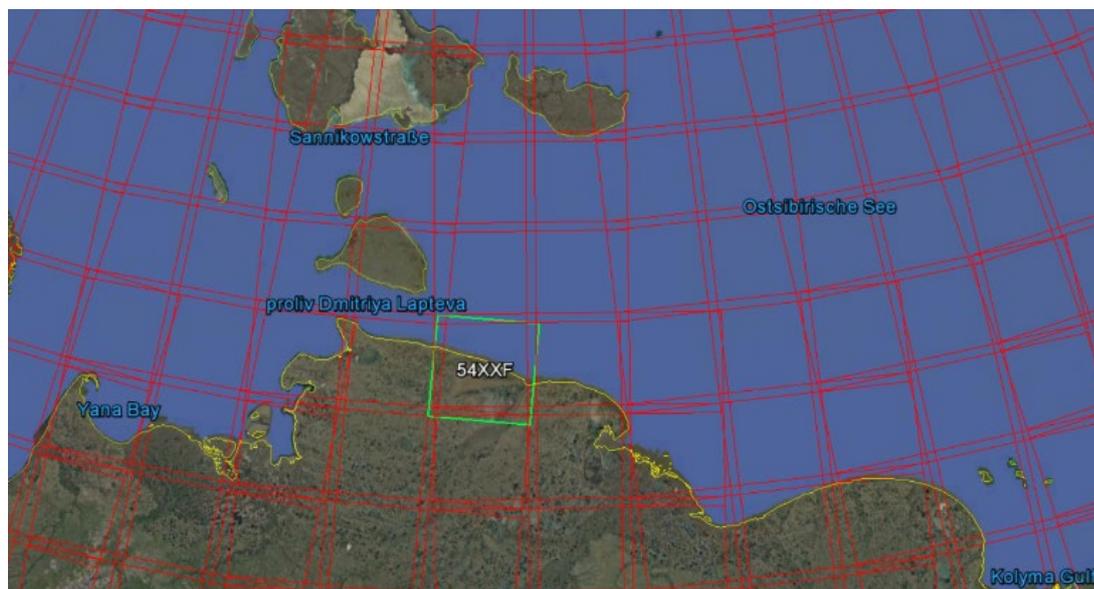


Abbildung 3: Entsprechende Sentinel Kachelgitter Referenz

⁵ Vgl. pandas: „Python Data Analysis Library“ – Online im Internet: <https://pandas.pydata.org/> [06.07.2019].

Das Python- Script logt sich zunächst im persönlichen Benutzerkonto des Copernicus Open Access Hub ein. Die Sentinelsat Bibliothek ermöglicht daraufhin die Abfrage der gewünschten Bereichskordinaten innerhalb eines bestimmten Datumsintervalls. Im Praxistest zeigte sich allerdings, dass die Georeferenzierung Anhand der Bereichskordinaten nicht ausreichend ist. Aufgrund sich leicht überlappender Satellitenpfade wurden auch Datenprodukte ausgewählt, welche nur Teile des Untersuchungsgebietes abdeckten [6]. Daher wurde zunächst versucht, nur die Datenprodukte zu extrahieren, welche dem natürlichen Umlaufintervall des Satelliten (etwa alle 5 Tage) entsprechen. Dieser Ansatz erwies sich im Praxistest allerdings ebenfalls als zu ungenau. Das Problem konnte schließlich gelöst werden, indem der Untersuchungsraum in Form einer GeoJSON [7] Geometrie (siehe Abb. 2) in das Script eingeladen wurde. Durch die Kombination mit der Sentinel Kachelgitter Referenz [8] (siehe Abb. 3), wird sichergestellt, dass das Script nun nur noch diejenigen Datensätze lädt, welche den tatsächlich gewünschten Untersuchungsraum in Gänze entsprechen.

Neben Bereichskordinaten und Zeitintervall werden durch das Script noch weitere Diskriminanten bestimmt werden. Je nach gewünschtem Produkt können so beispielsweise die erforderlichen Satelliten, Instrumente, etc. definiert werden [9]. Ein weiteres wichtiges Auswahlkriterium hinsichtlich der Analyse multispektraler Datensätze stellt die Bestimmung der Wolkenbedeckung dar. Hierbei ist es möglich einen bestimmten prozentualen Bereich zu definieren (etwa < 40 % Wolkenbedeckung). Wie weiter vorne erwähnt stellt uns dies vor ein Abwägungsproblem (Quantität vs. Qualität). Dies war der Hauptgrund für die Entwicklung eines Python Scripts. Durch Erstellung eines Panda Dataframes ist es, dank der höheren Funktionen Pythons möglich, die verbleibenden Datenprodukte nach ausgewählten Vorgaben zu sortieren und nur bestimmte Elemente der sortierten Liste zu indizieren. Das heißt, es ist möglich zunächst ein größeres Intervall hinsichtlich der Wolkenbedeckung abzufragen (prinzipiell könnte man komplett auf diesen Schritt verzichten. Aus Gründen der Performance bietet sich eine gewisse Vorselektierung jedoch an) und die entsprechenden Datenprodukte in einem zweiten Prozessierungsschritt absteigend nach der jeweiligen Wolkenbedeckung zu sortieren. Schließlich wird nun das Datenprodukt mit der geringsten Wolkenbedeckung heruntergeladen (siehe Abb. 4).

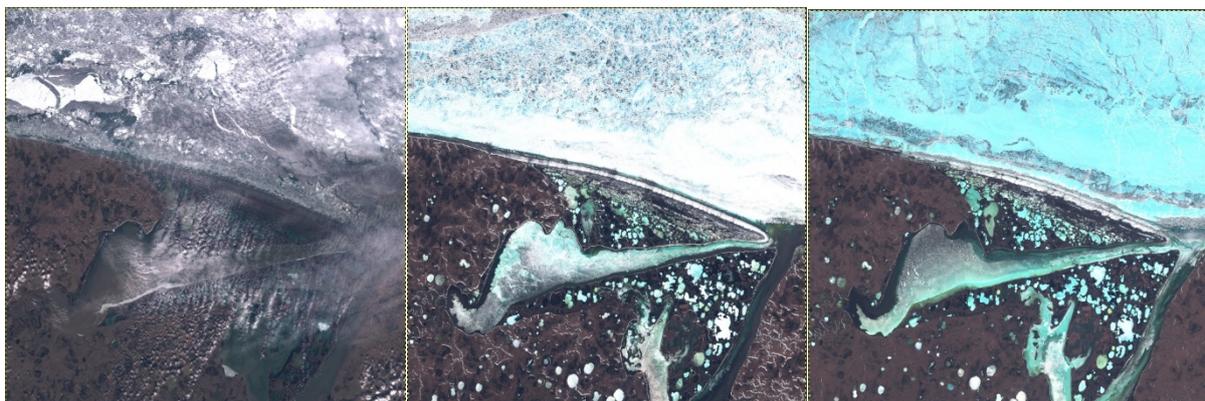


Abbildung 4: Auswahl der heruntergeladenen Produkte über die Monate Juni, Juli und August für die Jahre 2017-2019

⁶ Vgl. Esa Sentinel Online: „Revisit and Coverage“ – Online im Internet: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/revisit-coverage> [06.07.2019]

⁷ Vgl. GeoJSON– Online im Internet: <http://geojson.io/#map=2/20.0/0.0> [06.07.2019]

⁸ Vgl. Esa Sentinel Online: „Data Products“ – Online im Internet: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products> [06.07.2019]

⁹ Vgl. Copernicus Open Access Hub: „3. Full Text Search“ – Online im Internet: <https://scihub.copernicus.eu/userguide/FullTextSearch> [06.07.2019]

3. Multispektrale Analyse

Datenquelle:

Für die Change Detection von Multispektralen Bilddaten werden Sentinel-2A Daten verwendet (MSIL1C), welche eine Bodenauflösung von 10 Meter [10] haben. Die Multispektralen Daten werden in 13 Bändern erfasst, welche einen spektralen Bereich von 443–2190 nm abdecken.

Die folgende Abbildung (siehe Abb. 5) zeigt in welchen Wellenlängen sich die Bänder befinden.

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Abbildung 5: MS Bänder Sentinel-2A (Quelle: Sentinel-2A Satellite Sensor (10m))

Im Rahmen des Projektes werden alle Bänder eingeladen um verschiedene Analysen zu erzeugen.

Durchführung:

Um zu verstehen wie der Prozessablauf einer Change Detection in Erdas Imagine abläuft wird zuerst eine manuelle Durchführung vollzogen. Damit werden alle Prozessschritte identifiziert, welche im automatischen Prozess benötigt werden. Nach erfolgreicher Auswertung kann Mithilfe des Spatial Model Editors mit allen benötigten Prozessen der Change Detection entwickelt werden.

¹⁰ Vgl. Sentinel-2A Satellite Sensor (10m) – Online im Internet:
<https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/sentinel-2a/> [08.07.2019]

Um mit Erdas Imagine fehlerfrei arbeiten zu können, sollten alle Daten und die Verarbeitung über das Laufwerk D, meist das 2. interne Laufwerk, stattfinden

Manuelle Umsetzung:

Um mit Erdas Imagine die Sentinel Daten verarbeiten zu können müssen die Daten eingeladen werden, hierzu wird ein Import zur Verfügung gestellt, welcher ein Image (.img) aus einer "manifest.safe" Datei erstellt. Dieser erfolgt über einen Sentinel-2 spezifischen Prozess (siehe Abb. 6) und lädt alle 13 Bänder ein. Um eine schnellere Bearbeitung zu ermöglichen wird ein AOI (Area Of Interest) erstellt und der den Datensatz verkleinert.

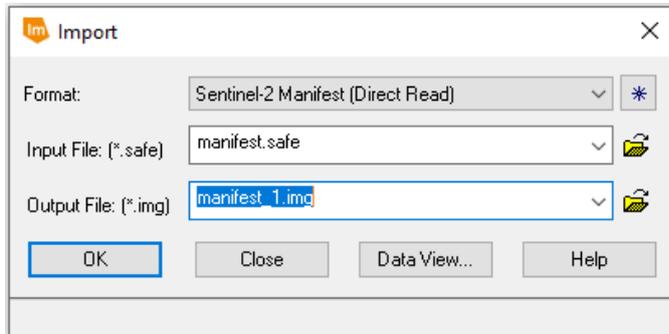


Abbildung 6: Erdas Imagine Sentinel-2 Manifest

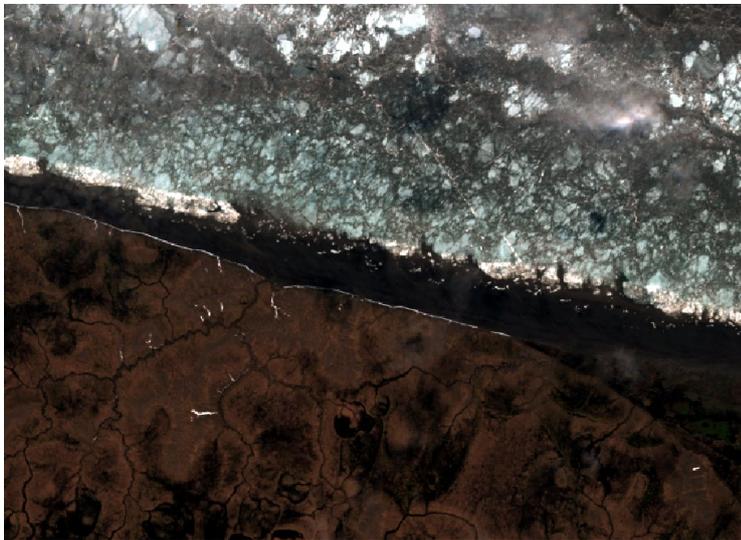


Abbildung 7: Ausgangsbild 2017



Abbildung 8: Ausgangsbild 2018

In den Ausgangsbildern wird ersichtlich, dass in dem Untersuchungsgebiet viele spezielle Voraussetzungen existieren, welche Probleme in der Analyse erzeugen können. Obwohl das Bild von 2017, vom 11.07. ist, hat es noch viel Eis und das Bild von 2018, vom 29.08., ist eisfrei.

Damit Veränderungen der Küstenregionen erkannt werden können, musste eine Möglichkeit gefunden werden, die Küste vom Meer abzugrenzen. Damit dies erzielt werden kann wird ein Index erstellt, dieser ist der NDWI (Normalized Difference Water Index). Es gibt keine eindeutige Zuweisung der benötigten Bänder, wie beim NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), in dem die Bändern NIR (Nahes Infrarot) und Rot [11] verwendet werden. Laut American Society for Photogrammetry and Remote Sensing [12] gibt es für unterschiedliche Bandkombinationen bei der NDWI Berechnung unterschiedlich gute Ergebnisse. Es findet eine Empfehlung von $(\text{Green} - \text{SWIR}) / (\text{Green} + \text{SWIR})$ statt. SWIR beschreibt dabei eine Wellenlänge von 1200 bis 1800 nm, dies wären die Bänder 10 und 11. Die Kombination der Bänder 3 (Grün) und 10 bzw. 11 ergab keine nutzbare Ausgabe. Daher mussten andere Bänder kombiniert werden. Der Sentinel Hub [13] hat mehrere Kombinationen vorgeschlagen mit folgenden Ergebnissen (siehe Abb. 9 und 10).

¹¹ Vgl. NDVI – Online im Internet: <http://www.fe-lexikon.info/lexikon-n.htm> [08.07.2019]

¹² Vgl. Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index (Ji, Lei; Zhang, Li; Wylie, Bruce) – Online im Internet: <https://www.ingentaconnect.com/content/asprs/pers/2009/00000075/00000011/art00004%3bjsessi-onid=1hns64lca5s4h.x-ic-live-03> [08.07.2019]

¹³ Vgl. Sentinel Hub – Online im Internet: <https://github.com/sentinel-hub/custom-scripts/blob/master/sentinel-2/ndwi/script.js> [08.07.2019]

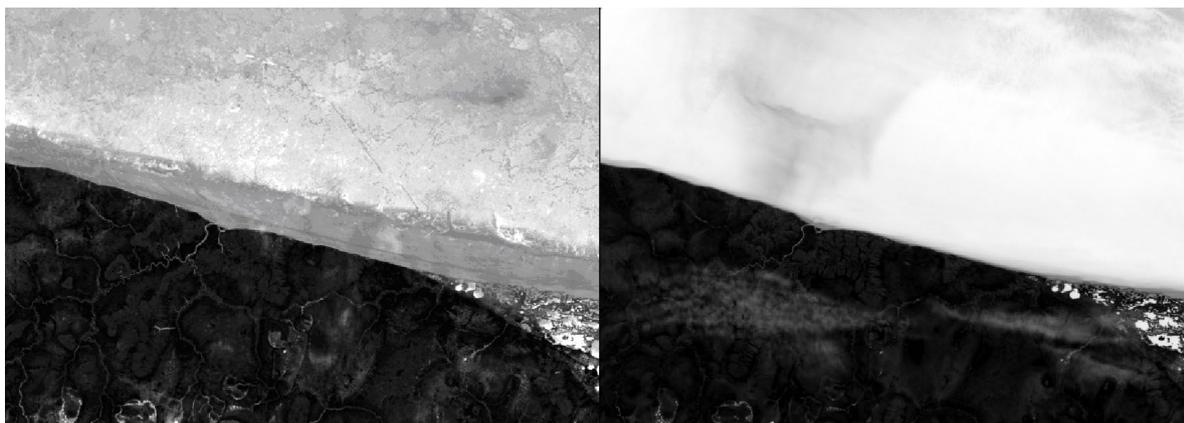


Abbildung 9: Bandkombination 3 und 8 [2017 links und 2018 rechts]

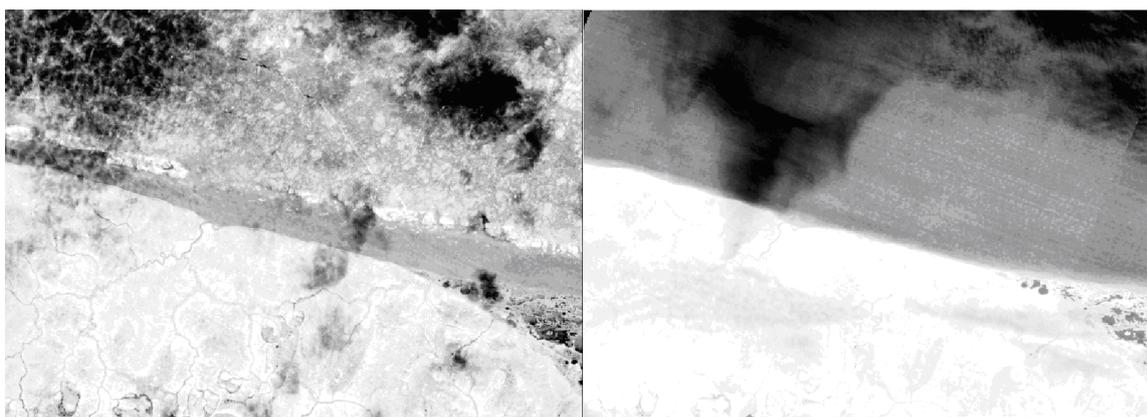


Abbildung 10: Bandkombination 8 und 11 [2017 links und 2018 rechts]

In der Abbildung 9 kann die Küste gut erkannt werden. Jedoch wird bei genauerer Analyse der Pixelwerte jedoch erkennbar, dass in den Küstenregionen die Abgrenzung von Wasser und Land nicht klar zu vollziehen ist. Der verwendete Index der Bänder 8 und 11 ergibt einen erstaunlich guten Wolkenindex (siehe Abb. 10). Daher musste eine andere Kombination gefunden werden.



Abbildung 11: Bandkombination 3 und 12 [2017 links und 2018 rechts]

Diese Bandkombination hat das gewünschte Ergebnis. Nun kann eine Klassifikation des Ergebnis Bildes stattfinden. Alle Werte die größer / gleich 0 sind werden als Wasser klassifiziert und Werte die kleiner als 0 sind, werden als Landmasse klassifiziert (siehe Abb.

12). Mehr Klassen werden in diesem Projekt nicht benötigt, können aber bei anderen Analysen hinzugefügt werden.

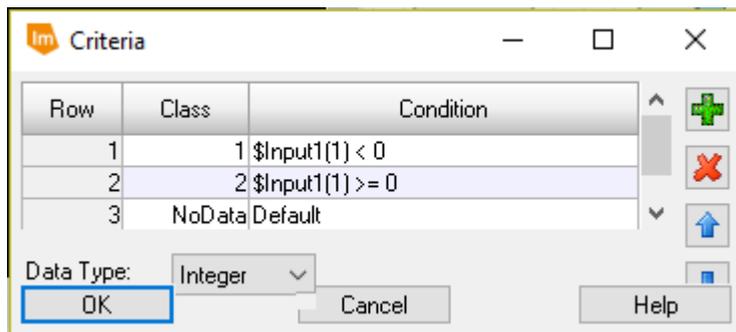


Abbildung 12: Klassifizierung

Um eine aussagekräftige Analyse der Küsten vollziehen zu können, ist eine Elimination von Lücken erforderlich. Hierfür wird der Morphologische Operator des Closings verwendet, mit einer 7x7 Filtermatrix.

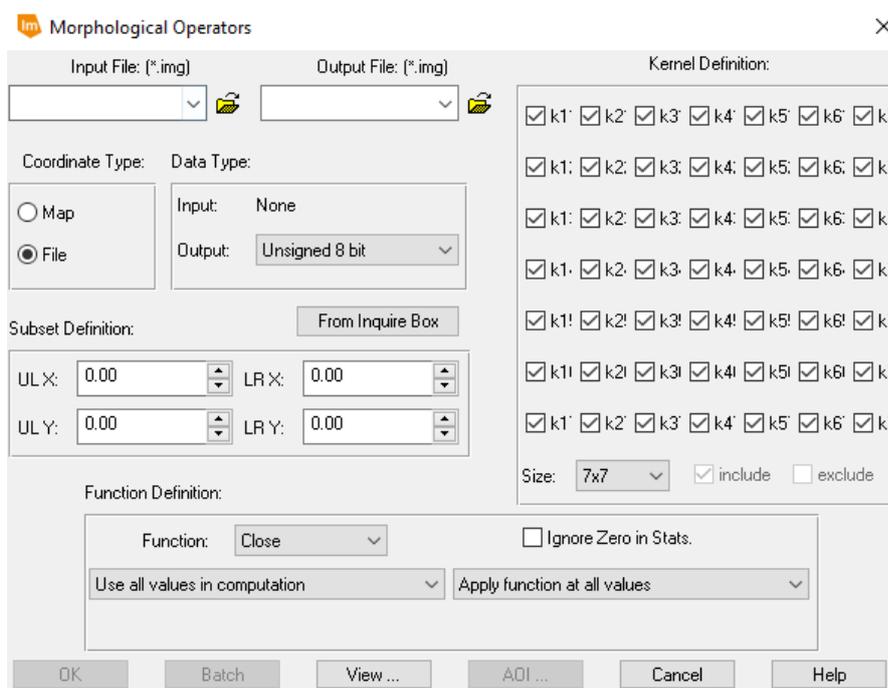


Abbildung 13: Closing Operator

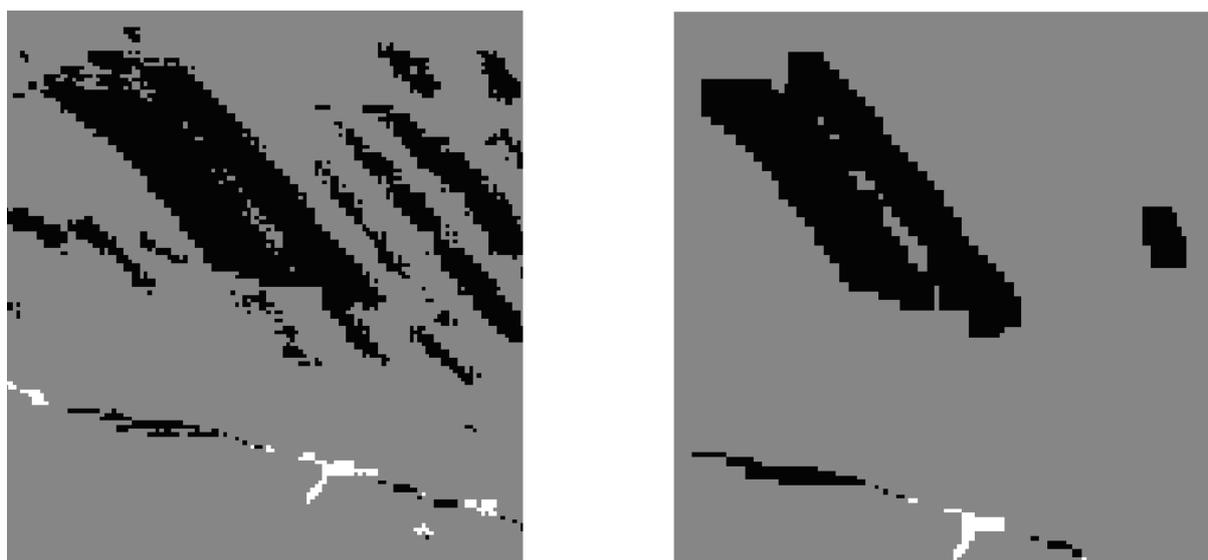


Abbildung 14: Vor und Nach dem Closing Operator

Die Ergebnisse des Operators können in der Abbildung 14 gesehen werden und ergeben ein Bild, in dem weniger separierte Pixel vorhanden sind. Da nun das Bild vorbereitet ist, kann nun die eigentliche Veränderungsanalyse stattfinden. Hierzu wird der Operator des Image Differenz verwendet (siehe Abb. 15).

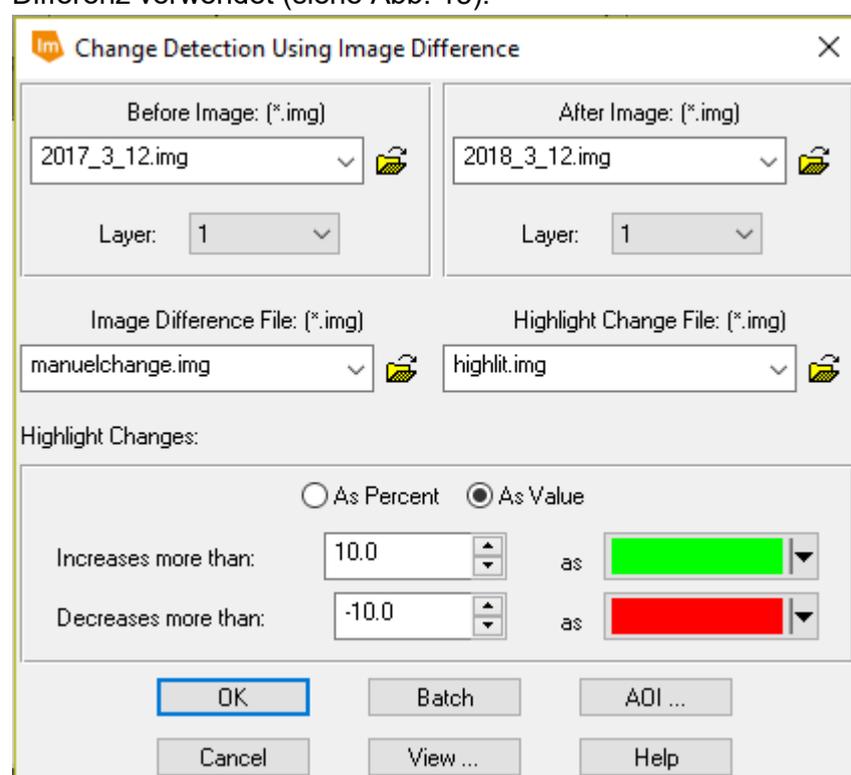


Abbildung 15: Image Differenz

Dies ergibt eine Ausgabe von Flächen, in denen eine Veränderung stattgefunden hat und damit ist der manuelle Prozess abgeschlossen.



Abbildung 16: Ergebnis Change Detection

Automatisierung des Prozesses

Zu Beginn des Prozesses erfolgt die Indexberechnung. Diese kann von einem klassischen Index kopiert werden. Hierzu wird im Prozess bei der Auswahl der Bänder und der Ausgabedatei, der Knopf „View ...“ ausgewählt. Das Model kann angesehen und bearbeitet werden. Durch kopieren kann der Teilprozess in einen eigenen Prozess implementiert werden. Dieser wird als „gmdx“ Datei gespeichert. Durch einfügen eines AOI's kann das Laden des Bildes beschleunigt werden.

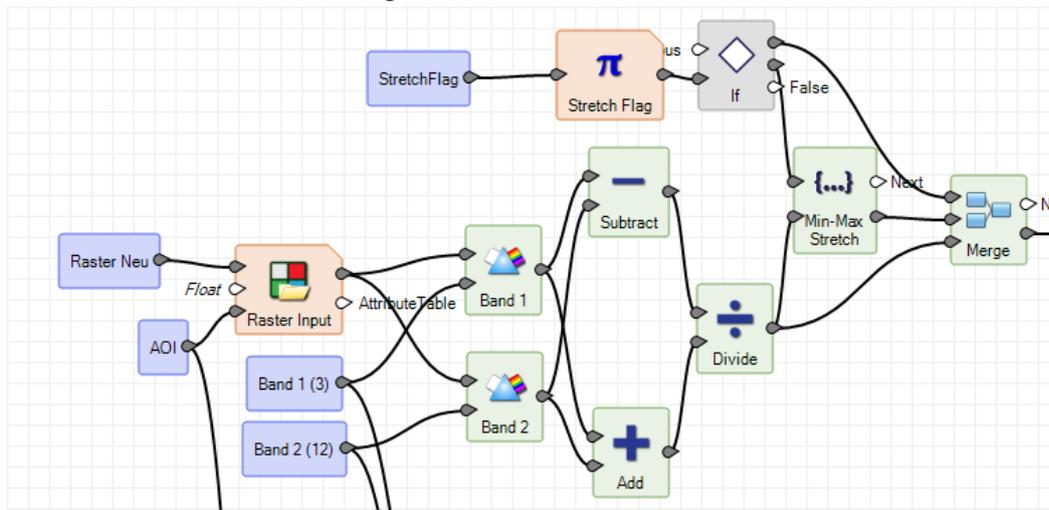


Abbildung 17: Teilprozess – Index

Im nachfolgenden Prozess wird nun aus dem Index die Klassifizierung erstellt und es wird der Operator Criteria aus der Liste an Operatoren eingeladen. Nun kommt es zum Morphologischen Closing Operator. Dieser wird wieder aus einem vorhandenen Prozess kopiert. Da dieser jedoch älter ist und in Form einer „.gmd“ Datei zur Verfügung steht, muss eine Umwandlung stattfinden. Hierfür muss das Model neu abgespeichert werden. Danach kann die Veränderungsanalyse stattfinden, doch zuvor muss der bisherige Prozess kopiert werden um den 2. Pfad zu erstellen, damit das 2. Bild verarbeitet werden kann. Das Model der Change Detection ist zu aufwendig und kann durch eine Differenzbildung verkürzt werden. Die Distance wurde für visuelle Effekte angelegt.

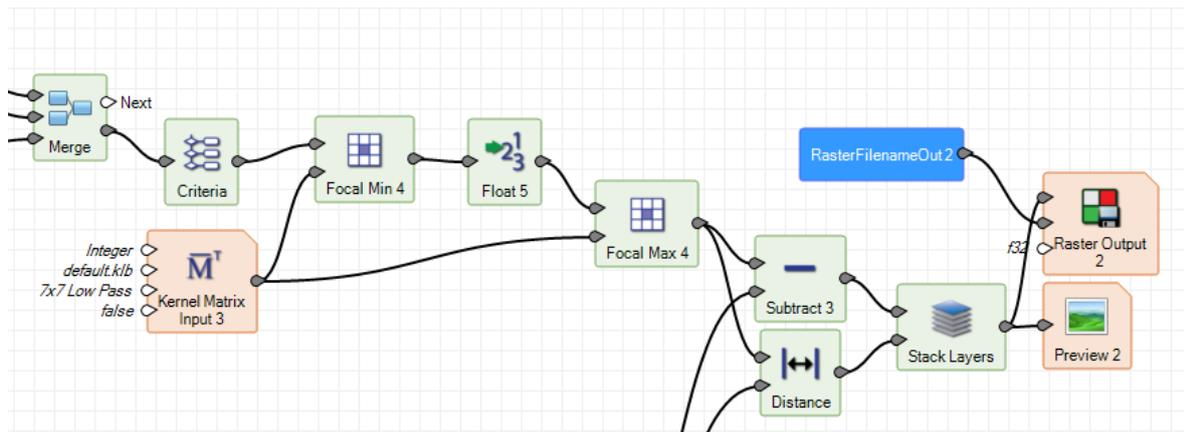


Abbildung 18: Teilprozess - Abschluss

Der gesamte Prozess kann in der Abbildung 19 gesehen werden. Um einer Verknüpfung mit dem Batch Prozess zu ermöglichen kann das Model auch in dem Format ausgegeben werden, dies ist Möglich bei der Auswahl des Run Modus und ergibt den Prozess in Abbildung 20.

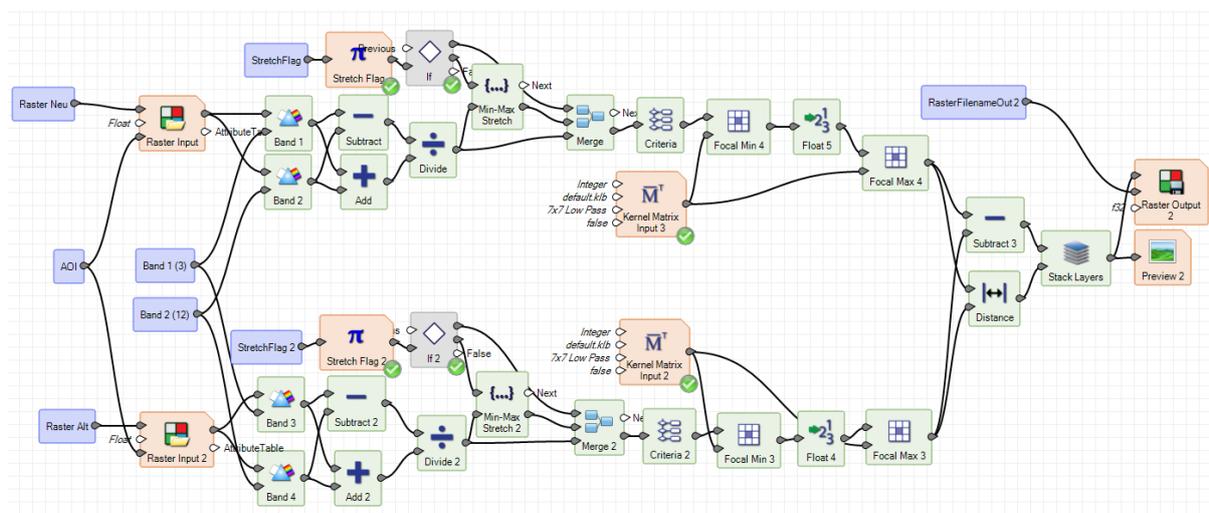


Abbildung 19: Übersicht des Gesamten Prozess

```
smprocess C:/Users/danie/AppData/Local/Temp/SM_BATCH_GMDX_008812.gmdx
'Raster Neu=$(RasterNeu)' 'Band 1 (3)=$(Band1(3))' 'StretchFlag=$(StretchFlag)'
'Raster Alt=$(RasterAlt)' 'Band 2 (12)=$(Band2(12))' 'StretchFlag 2=$(StretchFlag2)'
'AOI=$(AOI)' 'RasterFilenameOut 2=$(RasterFilenameOut2)'
```

Abbildung 20: Batch Prozess des Models

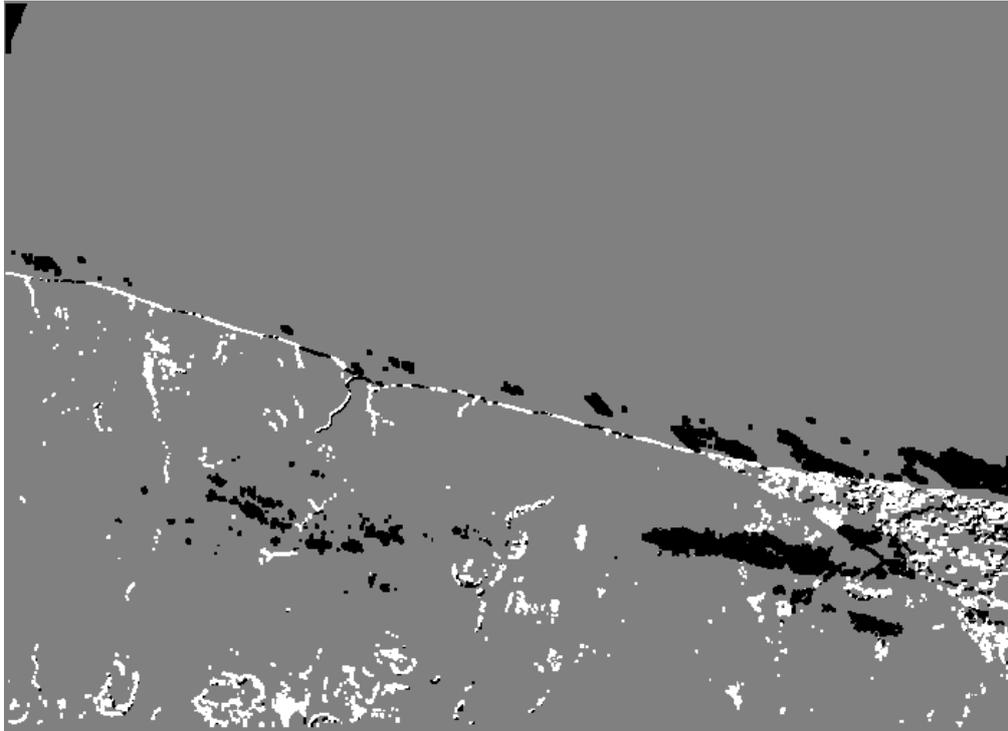


Abbildung 21: Ergebnis Change Detection 2017 und 2018

4. Radardaten

Für dieses Projekt werden Daten des Sentinel-1 Satelliten genutzt. Die Daten können über das OpenHub des Copernicus Projektes der ESA heruntergeladen werden. Der Satellit stellt Daten in drei verschiedenen Stufen der Aufbereitung zur Verfügung. Sentinel-1 wird vorrangig zur monetären Beobachtung der Meereisausdehnung, Überwachung der Meeresumwelt, Landoberflächen und zur Erkennung von Schiffen verwendet.

Produkttypen

Level 0 Daten sind unprozessierte RAW-Daten. Um diese nutzen zu können müssen sie dekomprimiert und mit einem SAR-Prozessor verarbeitet werden.

Level 1 Daten unterscheiden sich in zwei Produkttypen. Zum einen SLC (Single Look Complex) und zum anderen GRD (Ground Range Detected) Daten. SLC-Daten werden unter der Verwendung von Orbit- und Lagedaten des Satelliten georeferenziert [14]. Des Weiteren wird dieses Produkt in einer Null-Doppler-Schräglagengeometrie bereitgestellt. Unter Ausnutzung der vollen Sendersignalbandbreite und bestehend aus komplexen Abtastwerten, werden die Phaseninformationen erhalten.

Dagegen stehen die GRD-Daten, welche mithilfe eines Erd-Ellipsoidmodells [15] georeferenziert werden. Die Phaseninformationen gehen durch die Prozessierung verloren.

¹⁴ Vgl. Sentinel Products – Online im Internet: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/data-products> [08.07.2019]

¹⁵ Vgl. Sentinel Products – Online im Internet: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/data-products> [08.07.2019]

Das resultierende Produkt weist annähernd quadratische Pixel mit räumlicher Auflösung und quadratischen Pixelabständen auf. GRD-Produkte werden in drei Auflösungen angeboten:

- Full Resolution (FR)
- High Resolution (HR)
- Medium Resolution (MR).

Die Auflösung ist abhängig von der Anzahl der durchgeführten Aufnahmen.

Level 2 Daten, OCN-Produkte, bestehen aus geolokalisierten, geophysikalischen Produkten, die sich aus Level 1 Produkten ableiten lassen. Dieses Produkt lässt sich in drei anwendungsbezogene Produkte untergliedern:

- Ocean Wind field (OWI)
- Ocean Swell spectra (OSW)
- Surface Radial Velocity (RVL).

OWI-Produkte werden aus den intern verarbeiteten GRD-Produkten erzeugt. RVL- und OSW-Produkte aus verarbeiteten SLC-Daten.

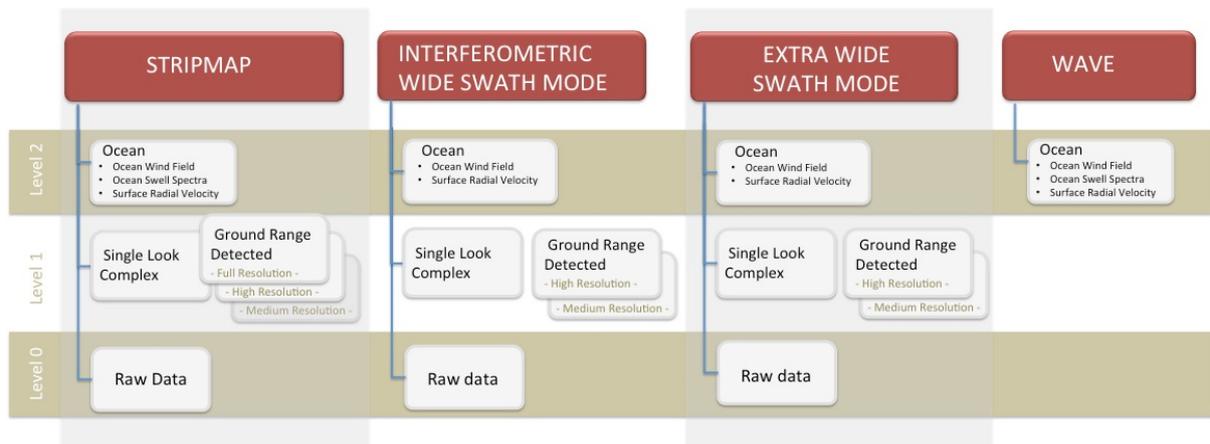


Abbildung 22: Produktübersicht Sentinel-1

Aufnahmemodi

Sentinel-1 bietet vier verschiedene Aufnahmemodi:

- Stripmap (SM)
- Interferometric Wide Swath (IW)
- Extra-Wide Swath (EW)
- Wave (WV).

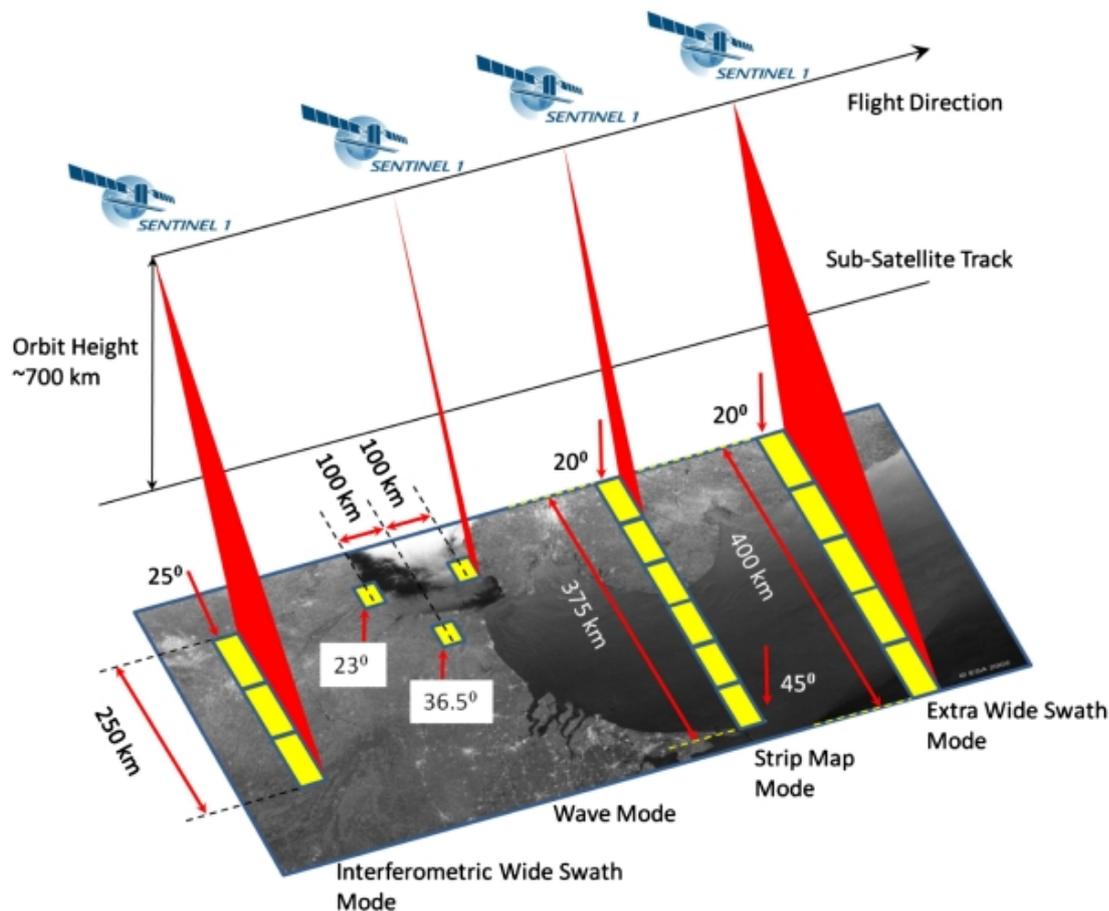


Abbildung 23: Aufnahmemodi Sentinel-1

Des Weiteren nimmt der Satellit in verschiedenen Polarisierungen auf. Hierbei wird zwischen der einfachen und der doppelten Polarisation unterschieden. Zur einfachen Polarisation zählt HH (Horizontal-Horizontal) und VV (Vertikal-Vertikal). Zur doppelten Polarisation zählt HH+HV (Horizontal-Horizontal + Horizontal-Vertikal) und VV+VH (Vertikal-Vertikal + Vertikal-Horizontal) [16].

Stripmap-, Interferometric Wide Swath- und Extra-Wide Swath-Produkte sind in beiden Polarisierungen verfügbar. Nur Wave-Produkte sind in einfacher Polarisation abrufbar. Für das Projekt, wurde der IW-Modus mit einer einfachen VH Polarisation gewählt. Diese Einstellungen werden für konfliktfreie Modi zur Beobachtung von Landflächen verwendet.

Durchführung

Zur Durchführung dieses Projektes wurde die Software SNAP (Sentinel Application Plattform) genutzt. SNAP wurde speziell für die Auswertung von Sentinel Daten programmiert. SNAP zeichnet sich besonders dadurch aus, dass es eine sehr schnelle Bildanzeige und Navigation auch bei Bildern in Gigabyte Größe ermöglicht. Außerdem sind vorprogrammierte Operatoren vorhanden, die eine einfache Prozessierung der Radardaten ermöglicht.

¹⁶ Vgl. Sentinel Acquisition – Online im Internet: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/acquisition-modes>

Zielführend für dieses Projekt war die Durchführung einer Prozessierung der Daten zur Land-Use/Land-Cover Analyse. Diese sollte, nach erfolgreicher Durchführung, in ein Model umgewandelt werden, welches der Automatisierung dieses Prozesses dient. Zur Automatisierung von Prozessen wird in SNAP der „Graph Builder“ verwendet. Dieser funktioniert ähnlich, wie der „Spatial Model Editor“ in Erdas Imagine. Die Vorprozessierung der Radardaten konnte somit automatisiert werden. Eine Land-Use/Land-Cover Analyse kann mit den gegebenen Operatoren in SNAP aber nicht realisiert werden. Deswegen wurde entschieden die Analyse der Prozessierten Daten in Erdas Imagine durchzuführen.

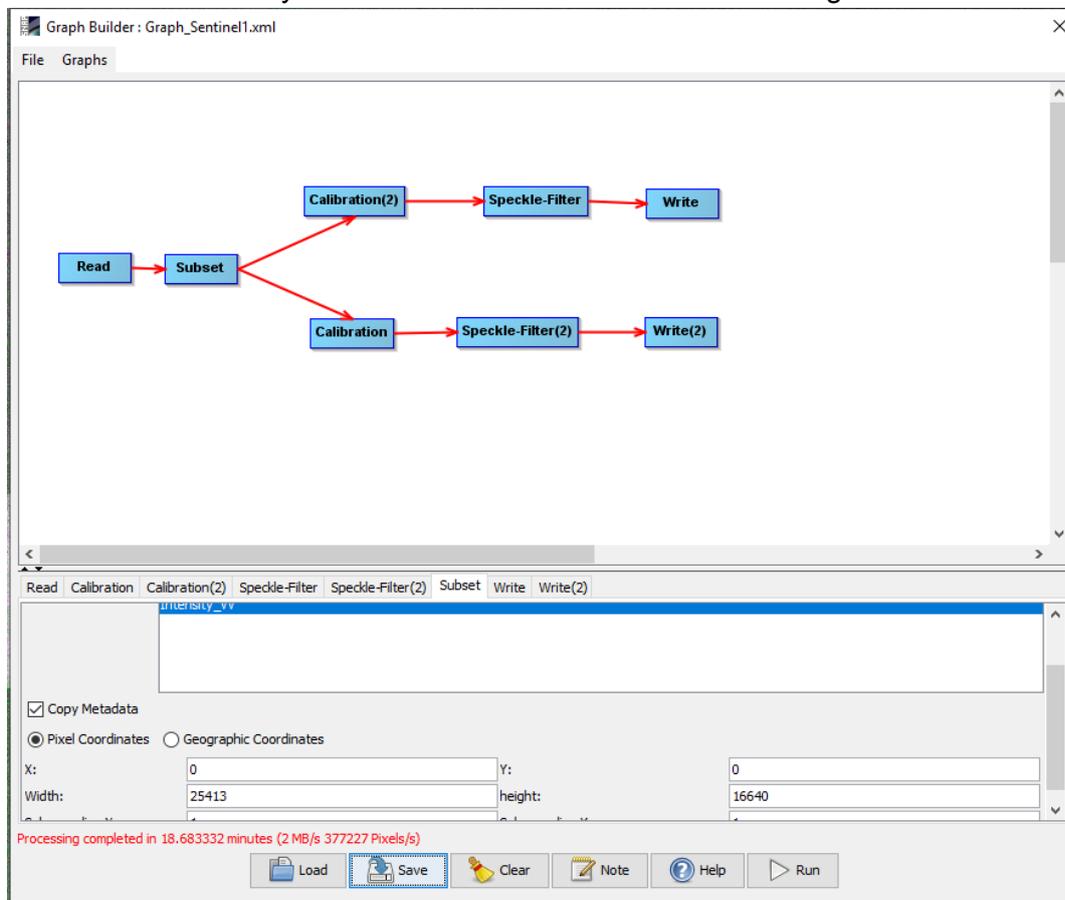


Abbildung 24: Graph Builder SNAP mit Prozessschritten

Die Schritte, die mit SNAP durchgeführt werden konnten, waren somit auf das Einladen, Zuschneiden, Kalibrieren und Filtern beschränkt.

Beim Einladen muss die gewünschte Kachel als Source Product gewählt werden. Das Zuschneiden wird über das Erstellen eines „Subsets“ realisiert. Dabei muss darauf geachtet werden, dass alle Bänder (Amplitude und Intensity) ausgewählt werden. Über die Angabe der Pixel Koordinaten wird der Ausschnitt dann zugeschnitten. Bei der Kalibrierung werden die einzelnen Bänder so kalibriert, dass sie vergleichbar werden. Dies passiert durch Erstellung eines Sigma0-Wertes. Dies ist wichtig, um spätere Vergleiche mit diesen Bildern vornehmen zu können. Sollte bei einer späteren Untersuchung ein Bild aus einem anderen Monat zum Vergleich benutzt werden, können durch diese Kalibrierung Fehler in der Analyse ausgeschlossen werden. Bei der Aufnahme von Radardaten mit einem SAR kann es auch zur Bildung sogenannter „Speckles“ kommen. Das sind Interferenzphänomene, die sich bei kohärenter Beleuchtung von Objekten bilden. Um diese Bildfehler zu eliminieren wird in SNAP ein „Speckle-Filter“ verwendet. Nach diesem Schritt wird eine GeoTIFF-Datei

zur weiteren Analyse des Bildes erzeugt. Die Klassifizierung und Analyse erfolgt dann mit Erdas Imagine.

Das zuvor erzeugte GeoTIFF wird über die Funktion „Raster Input“ in Erdas Imagine geladen. Als zweiter Schritt wird ein „Criteria-Filter“ erzeugt, der eine Klassifizierung nach Pixelwerten vornimmt.



Abbildung 25: Condition Editor – Criteria

Nach Überprüfung der Pixelwerte wurde ein Grenzwert von $-15,5$ gewählt, um eine Abgrenzung der Wasser und Landfläche zu erzeugen.

Nach der Klassifizierung treten dennoch Fehler bei der Analyse auf. Diese fehlinterpretierten Pixel können durch weitere morphologische Filter eliminiert werden. Für dieses Projekt wurde sich für den „Closing-Filter“ entschieden. Dieser Filter besteht aus einer Dilatation und einer anschließenden Erosion. Die Dilatation vergrößert Segmente und schließt somit Löcher. Die Erosion verkleinert diese Segmente wieder und schließt somit kleinere Lücken [17]. Das Resultat ist eine homogenere Fläche, welche die Analyse begünstigt.

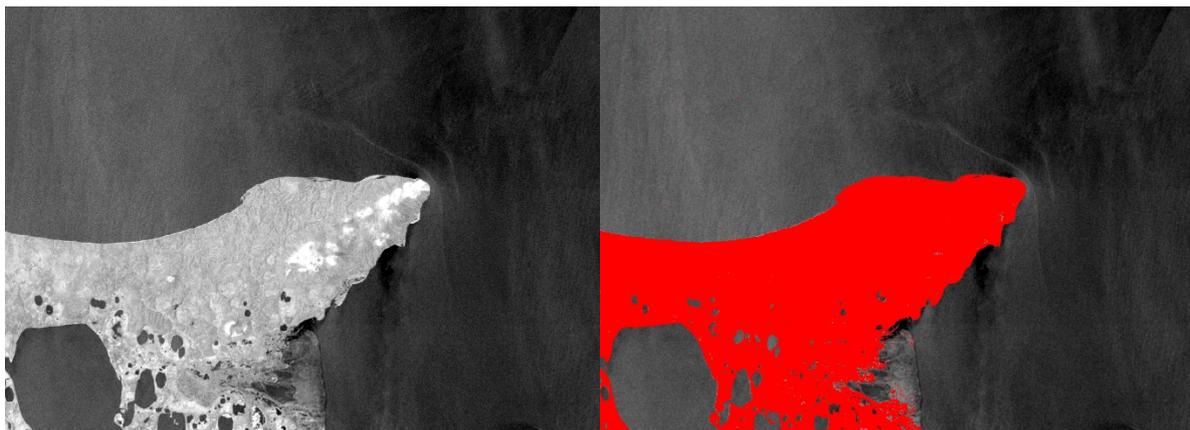


Abbildung 26: Klassifizierung mit Erdas Imagine

Das Ergebnis der Prozessierung ist eine gut erkennbare Küstenlinie durch eine Land-Use/Land-Cover Analyse. Durch eine weitere Analyse des folgenden Jahres, könnte man die Küstenerosion der Nordsibirischen Küste genau untersuchen. Dabei wäre man unabhängig von der Wolkenbedeckung während des Aufnahmezeitpunkts.

¹⁷ Vgl. Morphologische Operatoren – Online im Internet:
<http://www9.in.tum.de/seminare/ps.SS06.gdbv/ausarbeitungen/psbv-ss06-morphologie-karakoc.pdf>
[08.07.2019]

5. Fazit

Generell lässt sich sagen, dass die automatisierte Datenextraktion für die Sentinel- 2 Datenprodukte hinsichtlich der Selektion der gewünschten Datenprodukte gut funktioniert. Da die Sentinel- 2 Mission erst am 23. Juni 2015 startete, konnten jedoch nur eine begrenzte Anzahl an Testfällen (Für die Jahre 2015-2019) durchgespielt werden. Die Sentinel- 1 Daten werden bereits nach 6 Monaten archiviert. Die archivierten Daten können angefordert werden und werden in der Folge 24 Stunden später zur Verfügung gestellt. Allerdings limitiert die Plattform solche Anfragen (Eine Anfrage alle 30 Minuten). Aus diesem Grund eignen sich die Sentinel- 1 Daten nur bedingt für eine automatisierte Change Detection über einen längeren Zeitraum.

Die Küstenerosion ist auf Grund von Eis und Wolkenbedeckung in dieser Analyse nicht ersichtlich. Eine vollautomatisierte Change Detection kann mit Hilfe des Spatial Modeler von Erdas Imagine erstellt werden. Viele Models sind im alten GMD Format vorhanden, wodurch eine Umwandlung in das neuere GMDX Format erforderlich ist. Ein Model kann schnell erstellt werden, aber durch Spezifikationen, wie die Klassengrenzen oder die passenden Bänder, kann der Prozess durchaus länger dauern. Die Küsten können trotz Schnee und Eis sehr gut im Ausgabebild erkannt werden.

Probleme bereitete die Prozessierung der Radardaten mit SNAP. Die Software konnte zu einem späteren Zeitpunkt nur noch über den Administrationsmodus ausgeführt werden. Die Vorprozessierung der Daten mit SNAP erwies sich als leicht umsetzbar. Auch die Automatisierung der Prozessierung über den Graph Builder stellte keine Probleme dar. Die vollautomatisierte Change Detection konnte auf Grund von Schnittstellenproblemen nicht erreicht werden.

6. Ausblick

Um eine robustere Datenextraktion zu gewährleisten wären Funktionen zum Abfangen von unvorhergesehenen Fällen, wie etwa die automatische Anpassung von Default Einstellungen bei ergebnislosen Intervallabfragen, wünschenswert.

Um einer genauere Analyse durchführen zu können wäre es noch möglich einen anderen Index mit in das Model zu integrieren, und diesen zur Berechnung zu verwenden oder durch eine Gewichtung die Eisflächen zu erkennen und in der Analyse zu verarbeiten.

Um eine genauere Analyse der Küstenerosion durchführen zu können, sollte eine Flächenstatistik erstellt werden. Hierbei könnten sowohl die Radar- als auch die multispektralen Daten verwendet werden. Ein weiterer Radardatensatz (z.B aus dem vergangenen Jahr) könnte vorprozessiert und mit Hilfe des Models zur multispektralen Analyse verarbeitet werden. Sowohl SNAP als auch Erdas Imagine könnten die Verwendung älterer Operatoren erleichtern oder diese in deren Software implementieren.

Die Schnittstellenprobleme könnten durch mehr Zeit gelöst und somit ein kostenloses Monitoring geschaffen werden.

Abbildungserzeichnis

Abbildung 1: Area of Interest.....	3
Abbildung 2: Ausschnitt des GeoJSON Features	5
Abbildung 3: Entsprechende Sentinel Kachelgitter Referenz.....	5
Abbildung 4: Auswahl der heruntergeladenen Produkte über die Monate Juni, Juli und August für die Jahre 2017-2019	6
Abbildung 5: MS Bänder Sentinel-2A (Quelle: Sentinel-2A Satellite Sensor (10m)).....	7
Abbildung 6: Erdas Imagine Sentinal-2 Manifest	8
Abbildung 7: Ausgangsbild 2017	8
Abbildung 8: Ausgangsbild 2018	9
Abbildung 9: Bandkombination 3 und 8 [2017 links und 2018 rechts].....	10
Abbildung 10: Bandkombination 8 und 11 [2017 links und 2018 rechts].....	10
Abbildung 11: Bandkombination 3 und 12 [2017 links und 2018 rechts].....	10
Abbildung 12: Klassifizierung	11
Abbildung 13: Closing Operator	11
Abbildung 14: Vor und Nach dem Closing Operator	12
Abbildung 15: Image Differenz	12
Abbildung 16: Ergebnis Change Detection.....	13
Abbildung 17: Teilprozess – Index	13
Abbildung 18: Teilprozess - Abschluss.....	14
Abbildung 19: Übersicht des Gesamten Prozess	14
Abbildung 20: Batch Prozess des Models	14
Abbildung 21: Ergebnis Change Detection 2017 und 2018	15
Abbildung 22:Pruduktübersicht Sentinel-1.....	16
Abbildung 23: Aufnahmemodi Sentinel-1	17
Abbildung 24: Graph Builder SNAP mit Prozessschritten.....	18
Abbildung 25: Condition Editor – Criteria.....	19
Abbildung 26: Klassifizierung mit Erdas Imagine.....	19