

Protokoll zu:

Übung 2

3. Februar 2023

Gruppe 01:

Losbichler Maximilian (11815736)

Kittel Thomas (12002136)

Schutting Georg (01601919)

TU Wien

Department für Geodäsie und Geoinformation

Inhalt

Einführung	3
Teil 1	3
1.1 Lösungsansätze.....	3
1.2 Ergebnisse.....	4
Teil 2	7
2.1 Lösungsansätze.....	7
2.2 Ergebnisse.....	8
Literaturverzeichnis.....	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Vergleich der optischen Aufnahmen	4
Abbildung 2 - Gegenüberstellung NDVI und NDSI.....	5
Abbildung 3 - Klassifizierung der Schneedecke	6
Abbildung 4 - Sentinel 1-SAR Bilder	9
Abbildung 5 - Sentinel 1 - SAR Referenzbilder	9
Abbildung 6 - Hillshades	10
Abbildung 7 - PLIA Orbit 117	11
Abbildung 8 - Sigma Naught mit PLIA-Maske.....	12
Abbildung 9 - Referenzbilder: Sigma Naught mit PLIA-Maske	13
Abbildung 10 - Differenzbilder	13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - NDVI & NDSI - Klassifizierung.....	6
Tabelle 2 - Farblegende für Abbildung 8 und 9	11

Formelverzeichnis

Formel 1 – NDVI.....	3
Formel 2 - NDSI.....	4

Einführung

Die Angabe bestand aus zwei Teilen – jeweils mit Unterpunkten – als schrittweise Hilfestellung zur Erreichung des Ziels. Aus Konsistenzgründen und zur besseren Übersicht ist auch dieses Protokoll in einen Teil 1 und einen Teil 2 aufgeteilt.

Ziel der ersten Aufgabe war es die Schneebedeckung im Winter in einer geeigneten alpinen Region mittels optischer Satellitenbilder zu klassifizieren. Dabei haben wir uns im Sentinel-2 Datensatz für einen Ausschnitt entschieden, der einen Teil des Tiroler Oberlands und Südtirol zeigt. Teil der Aufgabe war es auch, anhand von vier im Monatsabstand folgenden optischen Bildern die Schneeschmelze zu klassifizieren und sichtbar zu machen.

Die zweite Aufgabe bestand dann darin, dieselbe Schneeschmelz-Klassifizierung mithilfe von 4 SAR-Bildern des Satelliten Sentinel-1 durchzuführen. Weil RADAR-Wellen deutlich besser zwischen trockenem und nassem Schnee unterscheiden lassen, sind auch die Ergebnisse der zweiten Aufgabe aussagekräftiger.

Teil 1

1.1 Lösungsansätze

Die Aufnahmedaten der Bilder sind:

- 16.02.2017
- 25.03.2017
- 14.04.2017
- 17.05.2017

Diese Bildausschnitte haben wir mit Hilfe des Datacubes geladen. Eine Einschränkung des Datacubes war neben dem Datum auch der Ordner (E048N015T1), so konnten wir sicherstellen, dass nur Bilder aus dem relevanten Gebiet genommen wurden. Um ein hochauflösendes RGB-Komposit zu erstellen haben wir die Spektralbänder B02(blau), B03(grün) und B04(rot) übereinandergelegt. Eine Verstärkung des Kontrasts im Bild erreichten wir mit der Anwendung der *auto_clip* Funktion zur Entfernung von Extremwerten. Mittels der Funktion *normalize* wurde die Intensität auf den Bereich [0 1] aufgespreizt. Das haben wir für alle vier Bilder gemacht.

Um die Schneebedeckung zu klassifizieren, eignen sich der NDVI und der NDSI, deren Berechnung Formel 1 und Formel 2 veranschaulichen.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Formel 1 - NDVI

$$\text{NDSI} = \frac{\text{Green} - \text{SWIR}}{\text{Green} + \text{SWIR}}$$

Formel 2 - NDSI

Für jedes der vier Bilder wurden der NDVI und NDSI berechnet und graphisch dargestellt. Der NDVI kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen, große Werte zeigen gesunde Vegetation an. Der NDSI nimmt ebenfalls Werte zwischen -1 und 1 an wobei hohe Werte Schnee anzeigen. Den Wertebereich der NDVI- und NDSI-Werte, der bei der Klassifizierung zwischen geschlossene Schneedecke, lückige Schneedecke, vitale Vegetation und weniger vitale Vegetation unterscheidet, haben wir gemäß den Angaben in der Vorlesung gewählt und minimal geändert. Wir haben die Werte so geändert, dass sie mit den optischen Bildern besser übereinstimmen.

1.2 Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die vier optischen Aufnahmen im Monatsabstand mit erhöhtem Kontrast.

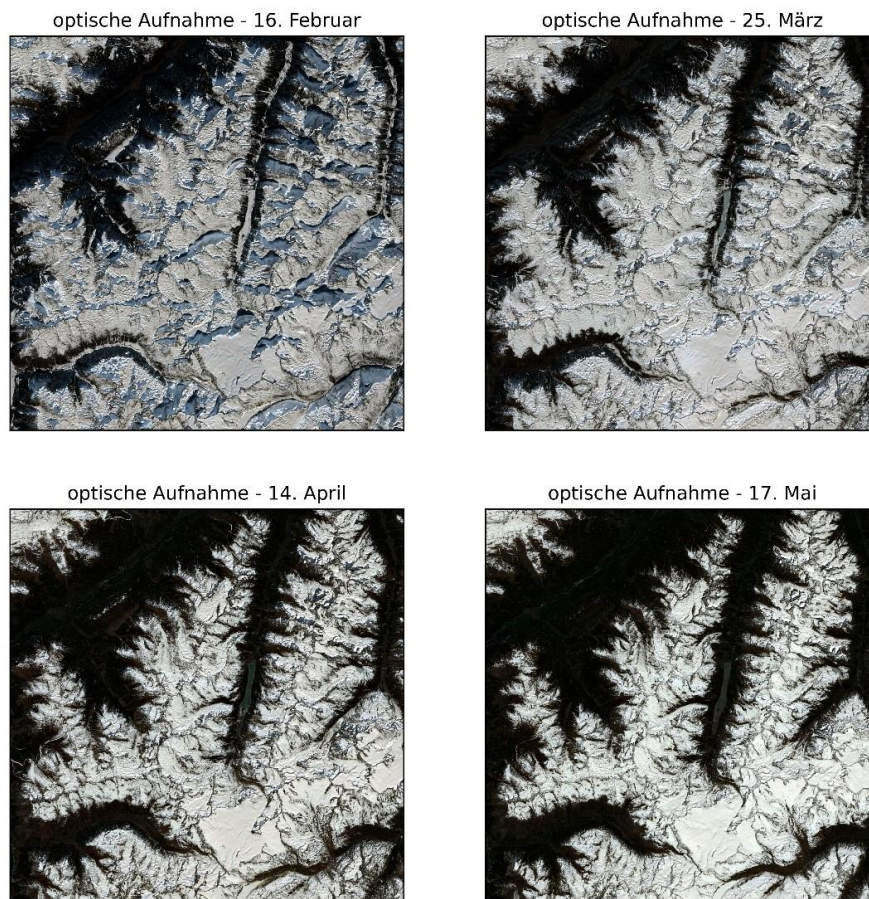


Abbildung 1 - Vergleich der optischen Aufnahmen

In Abbildung 2 sind für jedes Bild die NDVI- und NDSI-Werte gegenübergestellt. Große NDVI-Werte zeigen gesunde Vegetation an. Im Februar lässt sich nur in den tiefergelegenen Tälern gesunde Vegetation finden. Ihr Anteil erhöht sich mit jedem Monat. Große NDSI-Werte zeigen Schnee an. Im Februar ist ein großer Teil des Bildausschnitts mit Schnee bedeckt und somit werden hohe NDSI-Werte angezeigt. Im Mai befindet sich nur noch in höheren Lagen Schnee. Man kann erkennen, dass sich die Schneefläche mit fortschreiten der Monate immer weiter zurückzieht.

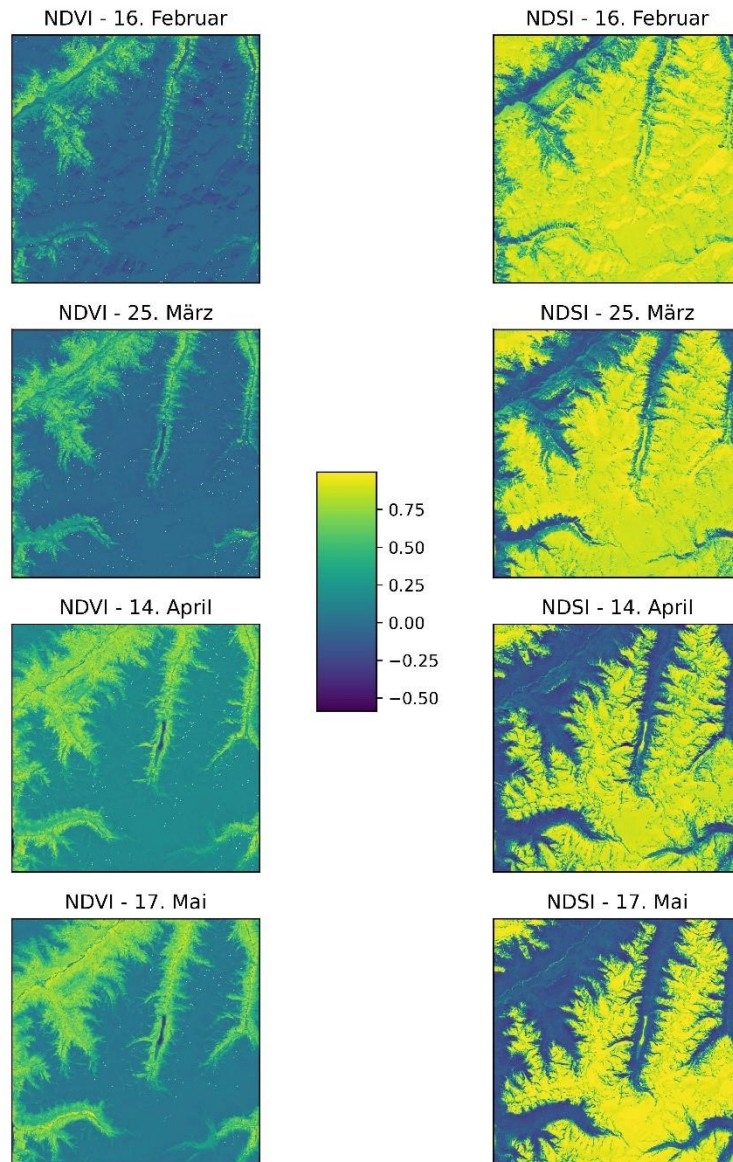


Abbildung 2 - Gegenüberstellung NDVI und NDSI

Für jedes der vier Bilder haben wir mithilfe der NDVI- und NDSI-Werte eine Klassifizierung vorgenommen, deren Grundlage in Tabelle 1 beschrieben ist.

	NDVI	NDSI
geschlossene Schneedecke	$< -0,02$	$> 0,4$
lückige Schneedecke	$\geq 0,01$	$> 0,4$
vitale Vegetation	$> 0,5$	$< 0,4$
weniger vitale Vegetation	$(0,1; 0,5]$	$< 0,4$

Tabelle 1 - NDVI & NDSI - Klassifizierung

In Abbildung 3 ist schließlich die fertige Klassifizierung der Schneedecke dargestellt. Es ist gut erkennbar, dass der Anteil vitaler Vegetation im Mai am höchsten, und im Februar am geringsten ist. Im Februar ist, verglichen mit den anderen Monaten, viel lückige Schneedecke zu sehen. Diese Klassifizierung deckt sich mit dem optischen Bild vom Februar, wo in mittelhohen Lagen noch einige fleckenhafte Schneeflächen zu beobachten sind.

Die schwarzen Punkte, welche vor allem im April und Mai sichtbar sind, stellen nicht klassifizierbare Flächen dar. Hierbei handelt es sich großteils um Steine oder Schotter. Besonders von Februar bis April scheint eine große Schneeschmelze stattgefunden zu haben, während der Unterschied von April zu Mai nicht mehr allzu gravierend erscheint.

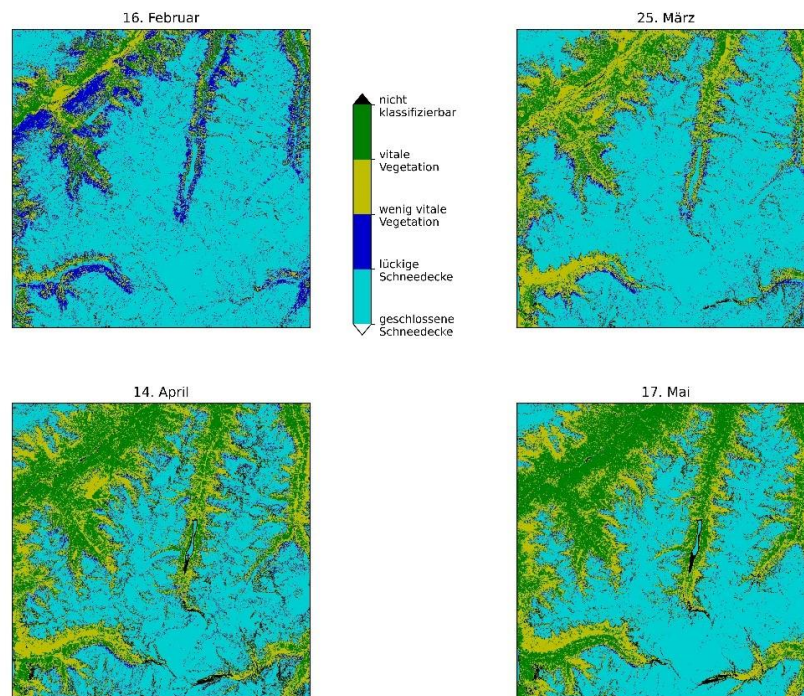


Abbildung 3 - Klassifizierung der Schneedecke

Teil 2

2.1 Lösungsansätze

Um einen akkuraten Vergleich zwischen den zuvor bei Aufgabe 1 erstellten Sentinel 2-MSI und den bei Aufgabe 2 zu erstellenden Sentinel 1-SAR Bildern desselben Interessensgebiets anstellen zu können, sollten wir Bilder aus denselben Monaten mit ähnlichen Daten wählen. Hierfür war es wichtig einen möglichst übereinstimmenden Orbit für das Interessensgebiet zu finden. Dies lösten wir durch mehrmaliges Einlesen, Ändern, Darstellen und Verleichen der jeweiligen Orbit- und Bilddaten in Datacubes mithilfe der gegebenen Code-Chunks als Sigma Naught-Arrays und den zuvor erstellten optischen Bildern in Python.

Es erwies sich Orbit 117 als optimal sowie die folgenden Aufnahmedaten:

- 11.02.2017
- 07.03.2017
- 12.04.2017
- 06.05.2017

für die 4 Radar-Differenzbilder und

- 23.06.2017
- 22.08.2017

für die Radar-Referenzbilder, wobei wir aufgrund der starken Niederschlagsereignisse Mitte August und der langen, heißen Trockenperiode im Juni letzteren als Referenz wählten¹.

Für die Bildausschnitte wählten wir, abgesehen von den Ordnern „EU48N015T1“, „EU010M“ und der generellen Uhrzeit von 00:00 Uhr, folgende Parameter:

- ul_row = 4800
- ul_col = 1300
- row_size = 3000
- col_size = 3000

Für die spätere Interpretation wichtig, erstellten wir 6 verschiedene Hillshades als Subplots, welche die Seehöhe, 45° Azimut, den Nord- und Südgradienten, die Nord- und Südseitigen Hänge und auch die Steigungslosen Areale darstellten.

¹ Die meteorologischen Messdaten des Jahres 2017 werden später noch detaillierter besprochen

Im Anschluss mussten wir einen Datacube für den, in weiterer Folge zu verwendenden, PLIA-Array des 117. relativen Orbits erstellen. Dies erreichten wir zur Gänze mithilfe der Code-Chunks. Außerdem schlossen wir Foreshortening, Shadowing und Layover so gut wie möglich aus, indem wir die PLIA-Werte unter 15° und über 70° herausfilterten und mit dem Befehl `ma.masked_where` die jeweiligen Sigma Naught-Arrays maskierten. Wir wählten die PLIA-Maske etwas konservativer als in den Code-Chunks, da in einigen engen Tälern mit der Standardeinstellung einige unglaubliche Rückstreuwerte auftraten.

Jetzt konnten wir die maskierten sigma0-Radarbilder vom maskierten sigma0-Referenzbild abziehen. Für eine optimale Klassifizierung des Schneeschmelzstatus in die vier gegebenen Kategorien „kein Abschmelzvorgang“, „eventueller Abschmelzvorgang“, „schwacher Abschmelzvorgang und „starker Abschmelzvorgang“, erstellten wir eine Colorbar mit plausibler Differenzierung der Sigma0-Differenz-Werte in den Intervallen [-100, -25, -8, -3, -1.5, 10, 100] dB.

Zunächst zu den Rändern: Alle Werte unter -25 erschienen uns unrealistisch und die Werte über 10 dB Differenz würden entweder auf eine enorme Schneezunahme hinweisen, fehlerhafte Rückstreuung enthalten oder sie gehören zu den mit der PLIA-Maske ausgeblendeten Pixeln (diese hatten wir zuvor mit den Sigma0-Werten 40 und 60 versehen, um später eine einfachere Klassifizierung vornehmen zu können). Um sie alle zusammenzufassen, erstellten wir eine 5. Kategorie „keine Aussage“.

Die Schwellen dazwischen, für die eine Aussage möglich war, probierten wir in mehreren Kombinationen aus und wählten dann diejenigen, die am meisten Konsistenz mit den optischen Bildern aufwiesen und auch vor dem Hintergrund der meteorologischen Daten plausibel erschienen.

2.2 Ergebnisse

Abbildung 4 zeigt die gewählten Radaraufnahmen des Interessensgebietes in einem Abstand von 24 Tagen (2 Orbits) und Abbildung 5 zeigt die Referenzbilder des 23.06.2017 und 22.08.2017 anhand ihrer Sigma Naught-Rückstreuung jeweils mit erhöhtem Kontrast.

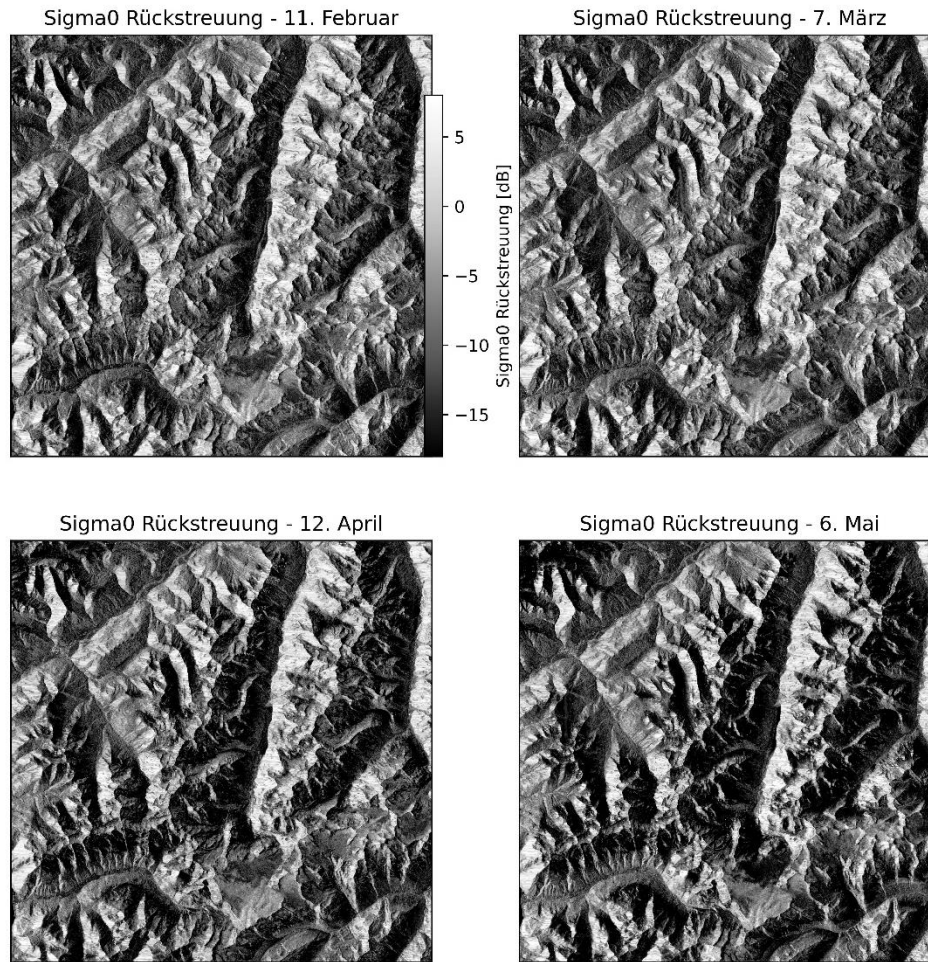


Abbildung 4 - Sentinel 1-SAR Bilder

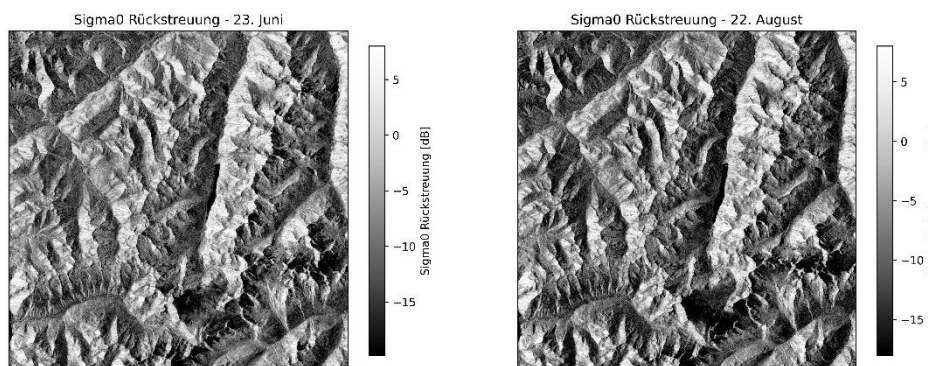


Abbildung 5 - Sentinel 1 - SAR Referenzbilder

Abbildung 6 veranschaulicht die Hillshades des Interessensgebietes als 6 verschiedene Subplots, wobei (von links nach rechts und von oben nach unten) die Seehöhe in Meter, der Winkel des

Azimuts, der Nord-Süd Gradient in Meter pro Meter, die Nordseitigen, Südseitigen Hänge und die Steigungslosen Areale in gelber Farbe dargestellt werden. Man kann sehr gut das Inntal im Nordwesten erkennen mit seinen ausgeprägten Nord- und Südhängen sowie den Alpenhauptkamm mit einigen der höchsten Berge Österreichs. Bemerkenswert ist auch das Niveau der Seehöhen, die im tiefsten Bereich nur knapp unter 1000m liegen.

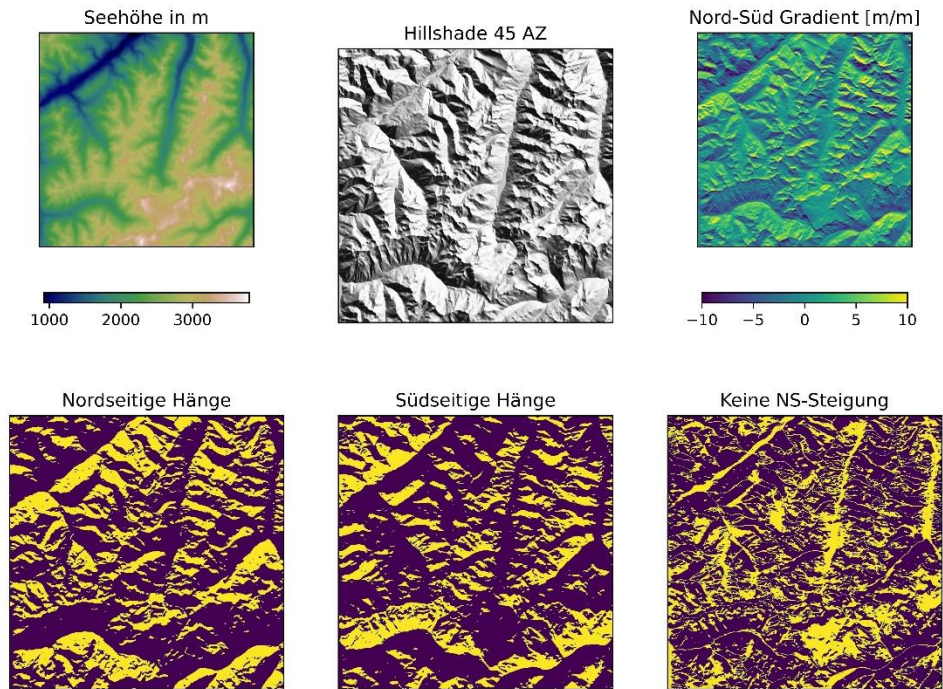


Abbildung 6 - Hillshades

Abbildung 7 stellt den PLIA [°] des 117. relativen Orbits von Sentinel-1 dar. Aufgrund der engen Täler und hohen Hänge treten starke Extremwerte in den Bereichen unter 20° und über 80° des PLIAs auf. Dies führt zu Forshortening, Shadowing und auch Layovers. Es können daher hier nur bendingt Aussagen getroffen werden und weitere Filterungen sind notwendig.

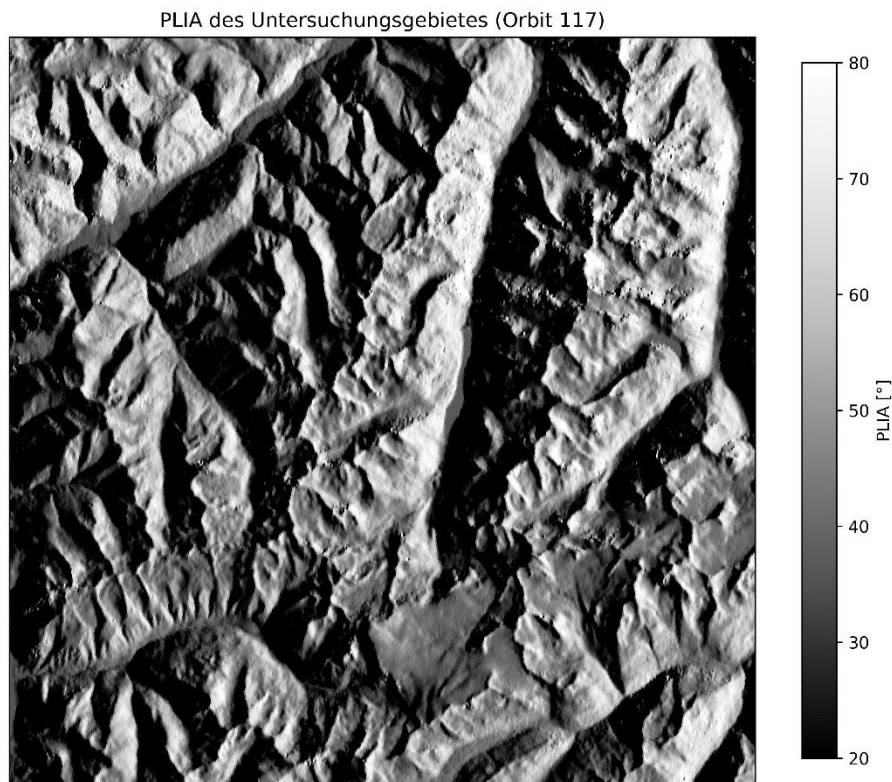


Abbildung 7 - PLIA Orbit 117

In Abbildung 8 werden die 4 gewählten Sigma0-Rückstreuungs-Bilder mit PLIA-Maskierung und in Tabelle 2 die zugehörige Farblegende in Worten wiedergegeben. Hier spiegeln sich bereits die meteorologischen Aufzeichnungen der ZAMG (2017&2023) und von WetterOnline (2023) wider, allerdings werden wir erst bei Abbildung 10 darauf eingehen. Es sei zusätzlich erwähnt, dass die Farbe weiß (-12 bis -4 dB) sowohl trockenen Schnee als auch dichte Vegetation beinhaltet, weshalb große Teile der Täler im April und Mai weiß erscheinen, obwohl dort kein Schnee mehr lag.

Farbe	Klassifikation
Blau	Nasser Schnee
Grün	Vegetation, LW, raue Flächen
Weiß	Trockener Schnee, Eis, dichte Vegetation
Beige	Stark Reflektierende Materialien (z.B. Metalle, Spiegelflächen, geringer PLIA)
Grau	Keine Aussage

Tabelle 2 - Farblegende für Abbildung 8 und 9

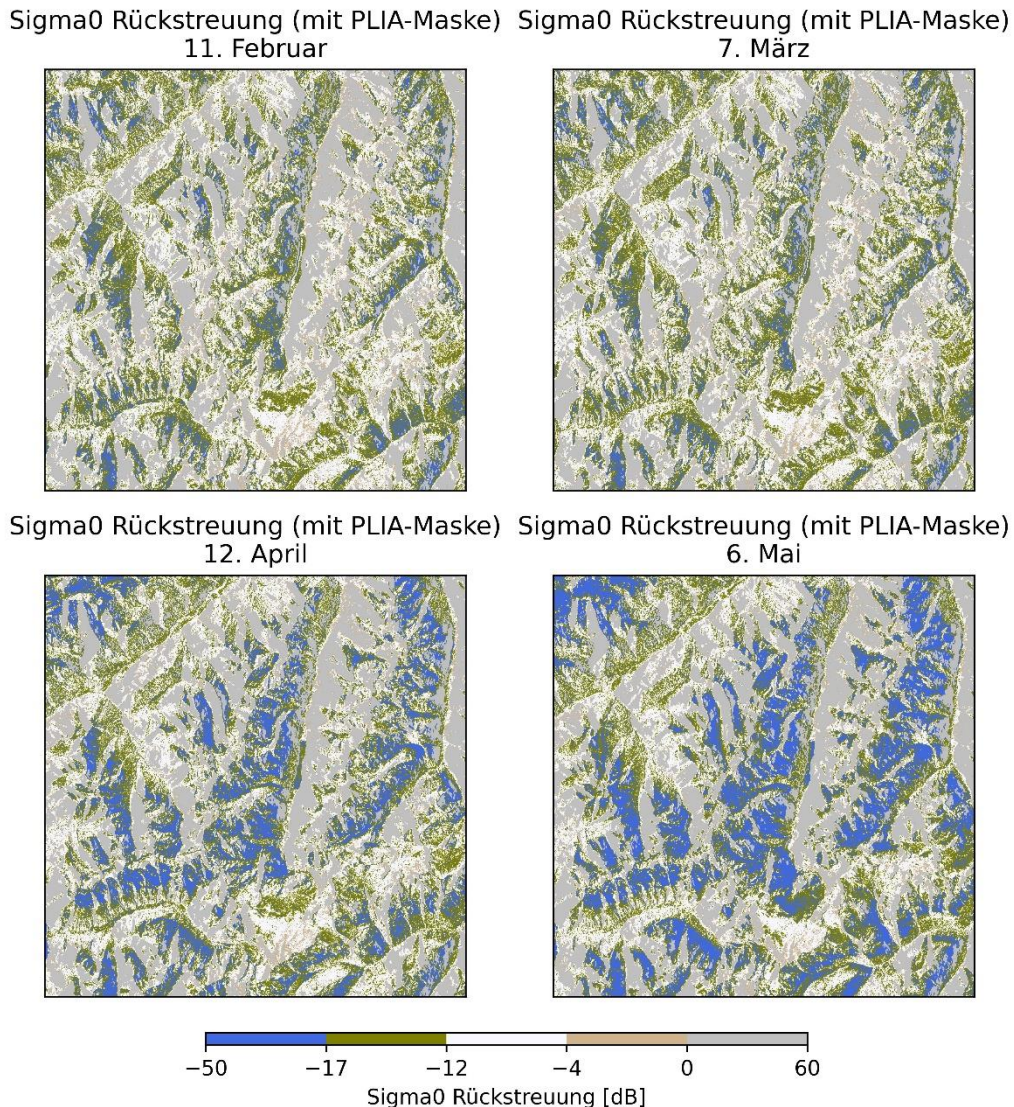


Abbildung 8 - Sigma Naught mit PLIA-Maske

Abbildung 9 stellt die in Frage kommenden Referenzbilder mit PLIA-Maskierung - einmal Juni und einmal August - gegenüber. Vergleicht man die Gebiete mit den Rückstreuwerten unter -17 (in blau), so fällt auf, dass auf dem Bild des Augustes etwas mehr Areale eingefärbt sind, als auf dem des Junis. Dies kann etwa an den von der ZAMG (2017&2023) und von WetterOnline (2023) aufgezeichneten starken Regenereignissen um den 20. August herum liegen. Außerdem fanden von Anfang Juni bis Mitte August insgesamt 7 Hitzewellen verbunden mit einem extrem starken Gletscherrückgang statt, der den Anteil von nassem Schnee/Eis gegen Ende des Sommers eventuell erhöht hat. Aufgrund dieser Erkenntnisse wird der Juni als geeignetere Referenz bewertet.

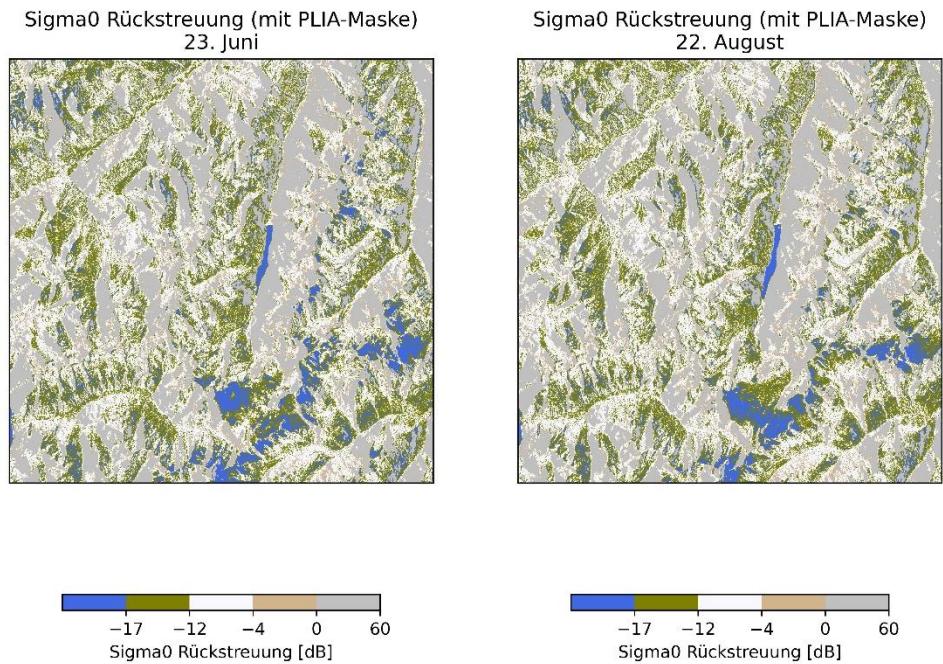


Abbildung 9 - Referenzbilder: Sigma Naught mit PLIA-Maske

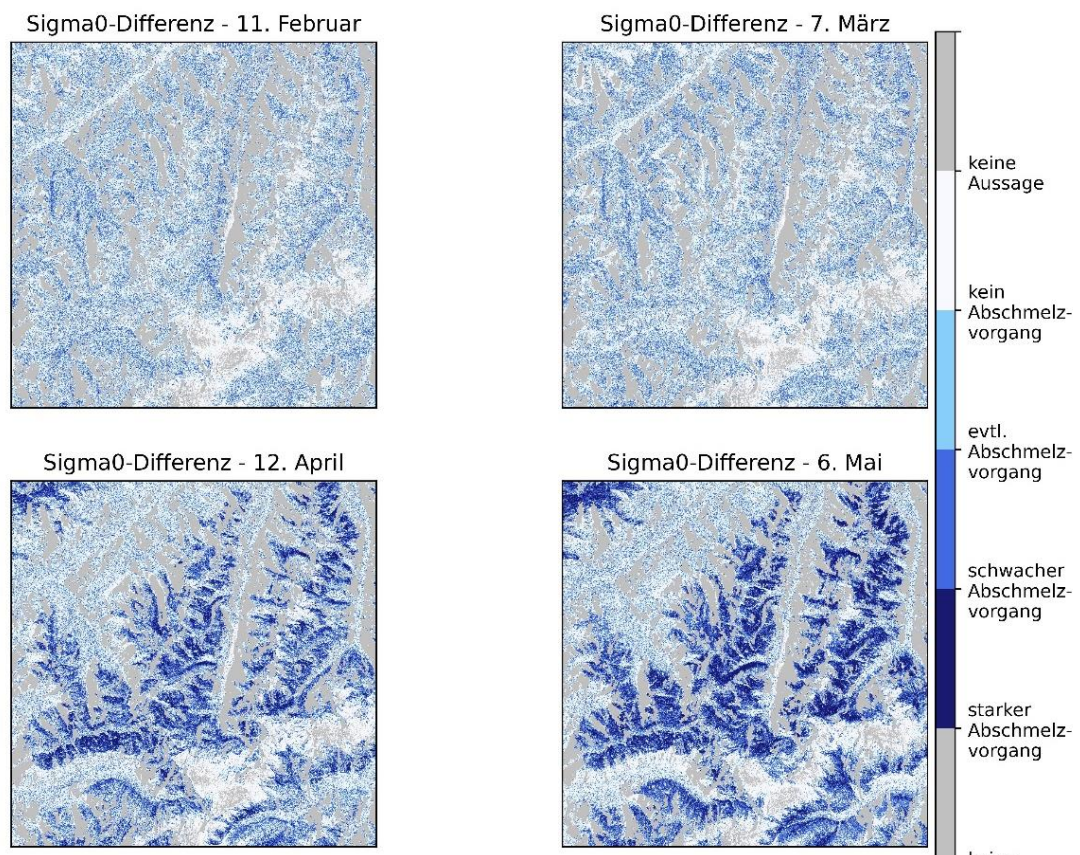


Abbildung 10 - Differenzbilder

Abbildung 10 zeigt schließlich das Endresultat, nämlich 4 Sigma0-Differenzbilder im Monatsabstand. Es wurde jeweils der Sigma0-Rückstreuwert des Juni-Referenzbildes vom jeweiligen Monatsbild subtrahiert.

Um der abschließenden Interpretation besser folgen zu können, wird hier noch einmal ein Überblick über die Witterungsverhältnisse im ersten Halbjahr 2017 in Tirol gegeben (ZAMG 2017&2023, WetterOnline 2023):

Einem kalten und schneearmen Jänner folgten ein warmer Februar und ein extrem warmer März, die beide bis auf 2 intensive Ereignisse sehr niederschlagsarm verliefen. Der April setzte warm fort, am Ende des Monats gab es jedoch 2 starke Kälteeinbrüche mit Frost bis in die Täler und viel Neuschnee im Gebirge. Weiter ging es mit einem unauffälligen Mai, der mit der ersten von 7 Hitzewellen im Sommer endete. Der Juni war historisch heiß und brachte große Trockenheit, die erst im Juli wirklich gebrochen wurde. Auch der August war viel zu warm, kam aber mit einigen starken Regenereignissen zur Monatsmitte daher. Die Gletscherschmelze schritt im Sommer 2017 rasant voran.

In den Differenzbildern zeigt sich Anfang Februar zunächst keine signifikante Schneeschmelze, was auf die erst kurz zurückliegende mehrwöchige Kaltwetterperiode mit wenig Schneefall im Jänner zurückgeführt werden könnte. Den Aufzeichnungen von wetteronline.de nach lag in Landeck noch bis Ende Jänner Schnee und danach nicht mehr. Unerwartet gering fällt jedoch der Abschmelzvorgang Anfang März aus, offensichtlich dürfte trotz positiver Abweichung das Temperaturniveau auf 1000m+ nicht hoch genug für ein großflächiges Schmelzen gewesen sein.

So richtig Fahrt nimmt die Schneeschmelze nämlich erst im April auf, hier könnte der extrem warme März noch nachgehallt haben, vielleicht auch befeuert durch einige starke Regenereignisse. In den niederen Lagen ist zu diesem Zeitpunkt bereits kein Schnee mehr vorhanden, was man auch daran sieht, dass sich das Dunkelblau auf die gebirgigen Regionen konzentriert.

Im Mai steigert sich der Abschmelzvorgang noch einmal und betrifft sogar eine größere Fläche als im April. Eine Erklärung könnte sein, dass in den 2 Wochen vor dem 6. Mai die großen Kälteeinbrüche stattgefunden haben, die die Schneebedeckung steigen ließen. Dieser neu gefallene Schnee konnte dann bei wärmerer Witterung im Mai großflächig schmelzen.

Es sei hier angemerkt, dass die Witterung rund um das Aufnahmedatum allgemein einen großen Einfluss auf die gemessenen Werte hat und langfristige Trends eventuell verschleiern könnte (wie eben Anfang Mai). Insgesamt zeigt die Bilderserie jedoch einen kontinuierlichen, wenn auch spät und intensiv einsetzenden, Schneeschmelzvorgang im Frühling 2017 mit Höhepunkt im Mai.

Literaturverzeichnis

Vorlesungsunterlagen VU Angewandte Fernerkundung

WetterOnline Meteorologische Dienstleistungen GmbH. 2023. Wetter im Rückblick.
<https://www.wetteronline.de/wetterdaten> (zugegriffen 28.01.2023)

ZAMG. 2017. Österreichisches Klimabulletin. Jahr 2017.

ZAMG. 2023. Klimamonitoring. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring> (zugegriffen 28.01.2023)