Institut für Geographie
Universität Hamburg

**Seminararbeit und Erfahrungsbericht**

# 63-088 Fernerkundung: Erfahrungsbericht – Arbeiten mit SAGA GIS

Vorgelegt von: Vivienne Maxwell
Wintersemester 2019/2020

Betreuer:

Dr. Olaf Conrad

Vivienne Maxwell
7332398
vmaxwell@smith.edu
Auslandsfachsemester: 1

# 1. Einleitung

Waldbrände werden immer häufiger, da sich die Umwelt weiter erwärmt und Trockenperioden länger und mit einer höheren Frequenz auftreten. Die derzeitige Lage in Australien ist nur ein aktuelles Beispiel für ein solches Phänomen. Es gibt aber andere Fälle, zum Beispiel die Waldbrände in Brazilien. Diese wurden durch Abholzung in Form von Brandrodung verursacht. Das Ziel dieses Fernerkundungsprojekts ist es die Waldbrände in Brazilien zu visualisieren. Die Visualisierung umfasste den Vergleich zweier Satellitenbilder desselben Gebietes der Jahre 2011 und 2017. Das Untersuchungsgebiet, ein Teil des Bundesstaats Rondonia im Nordwesten Brasiliens umfasst einen landwirtschaftlich genutzten Teil und Regenwaldflächen. Die Analyse soll die Auswirkungen von Waldbränden im Amazonasgebiet durch das Erkennen von Veränderungen der Oberflächen zeigen.

Der Standort Rondonia wurde gewählt, da dieser eine Geschichte der Abholzung hat. In den 1980er Jahren hat das Gebiet in relativ kurzer Zeit große Mengen an Entwicklung erfahren. Die Auswirkungen dieser menschlichen Entwicklung waren sowohl für die Umwelt als auch für die Gemeinden, die sich in Rondonia niederließen, katastrophal. Die negativen Auswirkungen dieser Entwicklung dauern bis heute an (JAGGARD 2015).

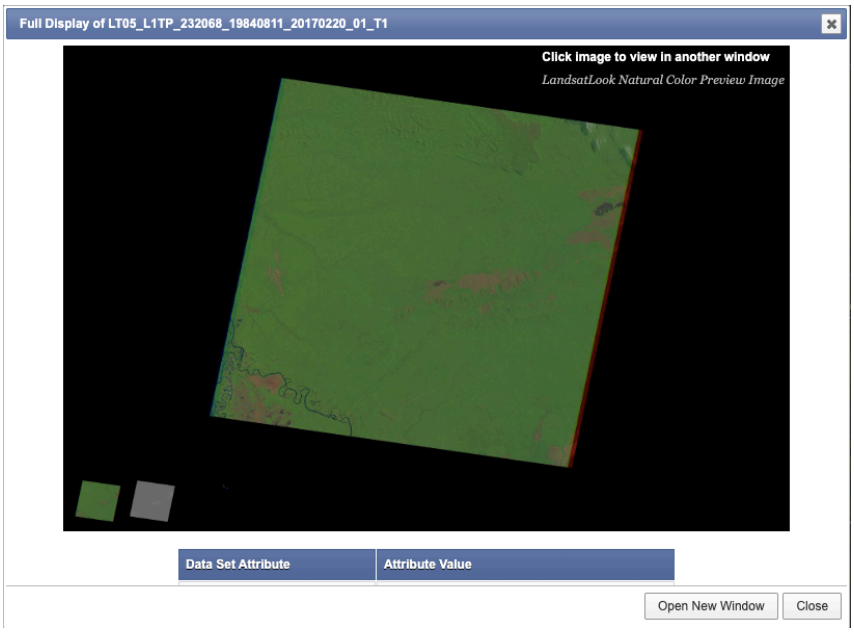


Abbildung 1: Rondonia im Jahr 1984 vor den immensen menschlichen Eingriffen und der Zunehmenden Entwicklung des Gebiets (USGS).

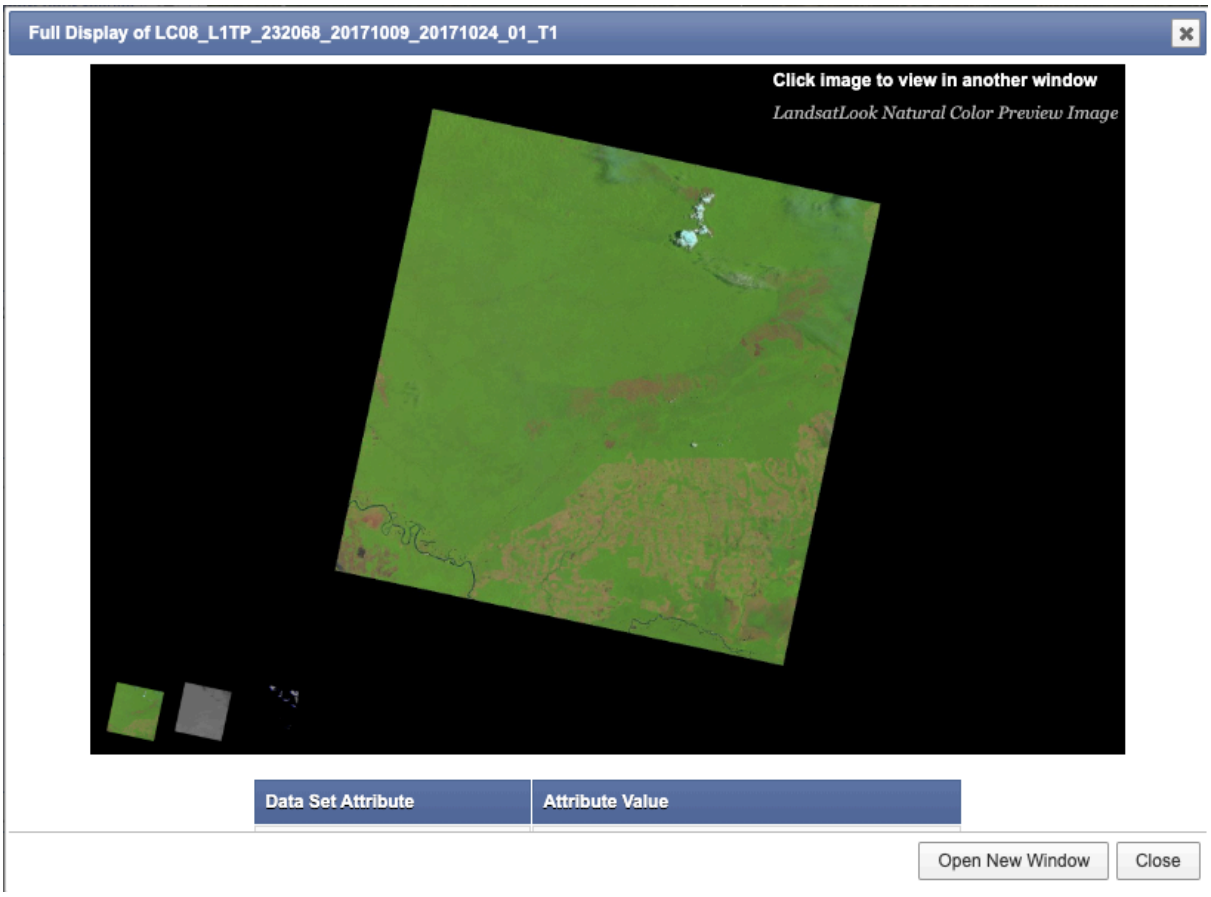


Abbildung 2: Rondonia im Jahr 2017 mit Flächen (vor allem im südöstlichen Bereich), die sichtbar von der menschlichen und landwirtschaftlichen Entwicklung betroffen sind (USGS).

## 1.1 Hintergrundinformation zu den Waldbränden im Amazonas-Gebiet

Der Amazonaswald enthält die größte Biodiversität der Welt. Ungefähr 30 Prozent der Arten von Tieren leben im Amazonas und über 390 Milliarden Bäume befinden sich dort. Normalerweise gibt es drei natürliche Ursachen für Waldbrände: trockene Umgebung, Blitzschläge, und Vulkanausbrüche (STEWARD 2019).

Im Fall von Rondonia kam es zu massiver Abholzung als Folge von Ernteausfällen. Die ursprüngliche Idee war, in Rondonia Getreide anzubauen. Spätere Bodenanalysen, die nach der Ansiedlung von einer Million Bauern durchgeführt wurden, kamen jedoch zu dem Schluss, dass nur 14% der Fläche für den Anbau von Feldfrüchten geeignet waren. Dies führte zum Kahlschlag von fast 70% des Baumbestandes. Als die Siedler mit der Erschließung des Gebietes begannen, schufen sie zudem ein Fischgrätenmuster von Straßen, um riesige Waldflächen zu roden. Auf diese Weise erlebte Rondonia eine massive Abholzung, die in den aktuellen Satellitenbildern sichtbar bleibt (JAGGARD 2015).

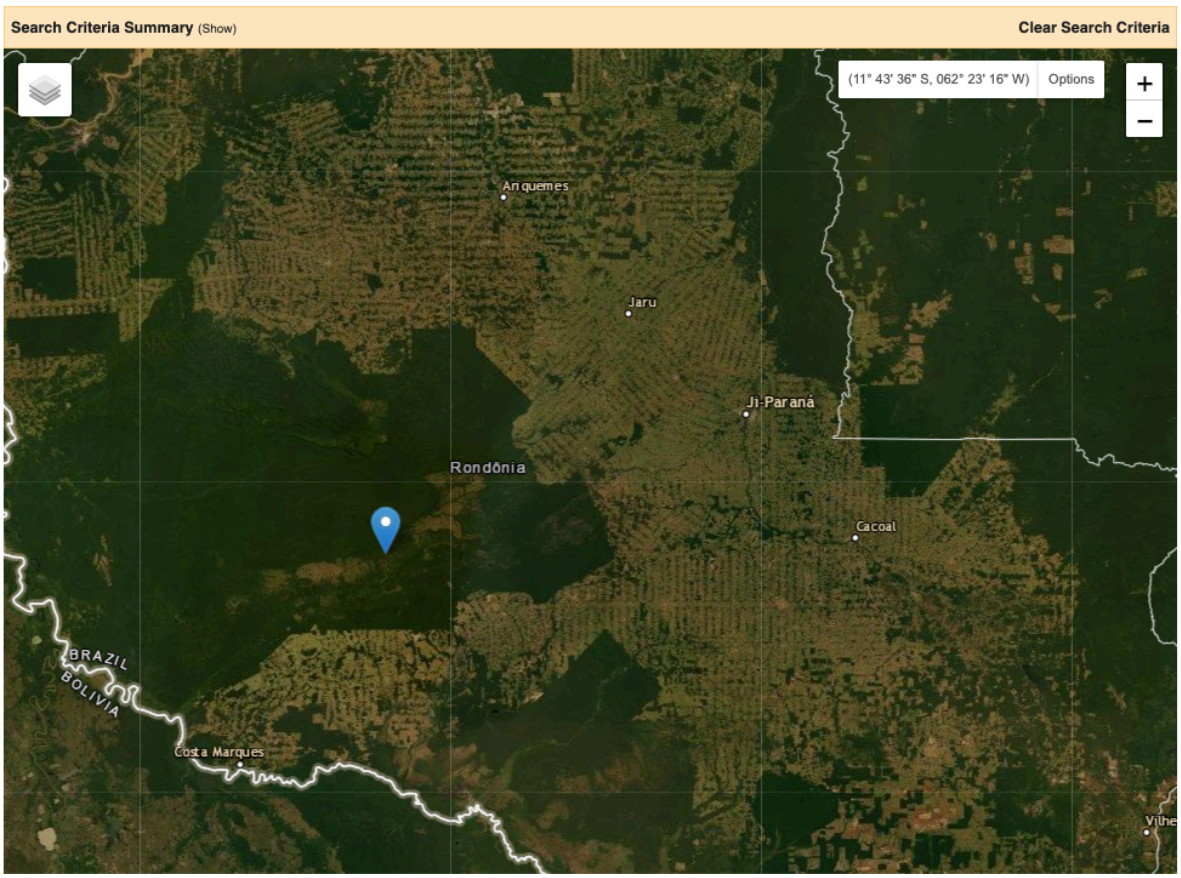


Abbildung 3: Standort des Untersuchungsausschnittes im Bundesstaat Rondonia. Der Screenshot des Rasters aus der Datenquelle USGS betont die fischgrätenartige, landwirtschaftliche Entwicklung (USGS).

Im Jahr 2015 hat die Weltbank Anstrengungen unternommen, um nachhaltigere Landwirtschaftsprojekte in Rondonia zu entwickeln, und die Satellitenbilder aus dem Jahr 2017 zeigen große Gebiete mit neuem Wachstum. Im Jahr 2019 kam es jedoch zu massiven Waldbränden im gesamten Amazonasgebiet, und Rondonia wurde stark in Mitleidenschaft gezogen. Mehrere verschiedene Faktoren, sowohl politische als auch ökologische, führten 2019 zu den extremen Waldbränden.

Eine weitere Ursache für diese Entwicklung kann wie im Folgenden erläutert werden. Zunächst einmal wurde im Januar 2019 ein neuer Präsident – Jair Bolsonaro – vereidigt. Seine wichtigsten Pläne zur Ankurbelung der Wirtschaft sind das Land zu entwickeln und die Landwirtschaft zu vergrößern. Die großflächige Verbrennung von Wald wurde von der Regierung zu landwirtschaftlichen Zwecken gefördert. Im Laufe von drei Monaten wurden fast 700 Quadratmeilen Wald abgeholzt. Gleichzeitig wurden die Mittel der brasilianischen Umweltbehörde gekürzt, und im August 2019 wurde der Amazonaswald massiv und unkontrolliert abgeholzt. Bolero entsandte erst Truppen zur Bekämpfung der Brände, nachdem er auf dem G7-Gipfel zunehmenden internationalen Druck erfahren hatte (BORUNDA 2019).

Es gibt jedoch auch ökologische Gründe, die für die unkontrollierbaren Waldbrände verantwortlich sind. Die „Brennsaison“ im Amazonas erstreckt sich von Juni bis Dezember, da das Amazonasbecken austrocknet und so optimale Bedingungen für Waldbrände geschaffen werden. Die Zahl der Waldbrände nahm im August exponentiell zu. Auf den ersten Blick erschienen die Brände zufällig über den Wald verteilt. Nach der Überlagerung von ECOStress-Daten, die vom Jet Propulsion Laboratory der NASA gesammelt wurden, scheint es jedoch, dass die Brände auf Gebiete mit starkem Trockenstress beschränkt waren. In diesem Fall beziehen sich jene Gebiete auf Gebiete des Regenwaldes, in denen der Wassergehalt der Pflanzenarten und des Bodens relativ gering ist (BORUNDA 2019). Wie auf der untenstehenden globalen Waldkarte zu sehen ist, gab es in Rondonia weit mehr Waldbrände als im Nachbarstaat Amazonas, was darauf hindeutet, dass Rondonia aus großen, durch Trockenheit gestresste Gebieten besteht.

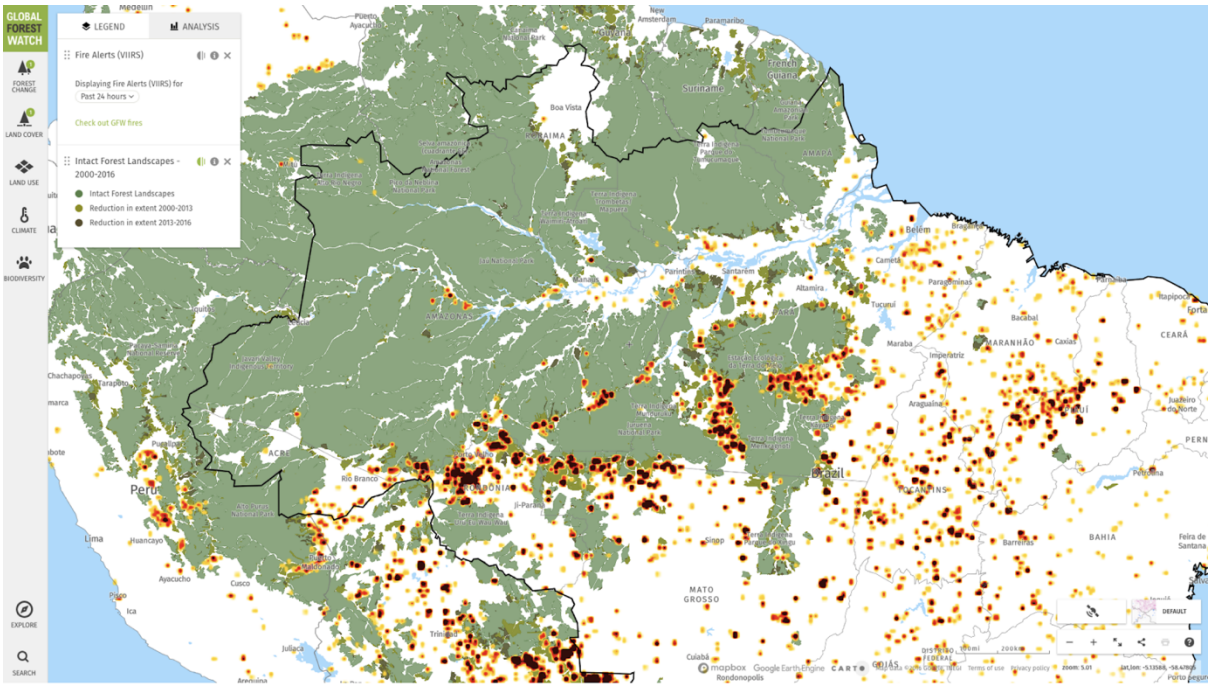


Abbildung 4: Verteilung von Waldbränden, die in Trockenheit gestresste Gebieten bestehen (Global Forest Watch)

# 2. Material und Methoden

Abholzungsbedingte Brände sind durch dicke Rauchfahnen gekennzeichnet, die sich hoch in die Atmosphäre wölben. Es gibt viele Werkzeuge, um diese Waldbrände zu erkennen. Diese sind die „Visible Infrared Imaging Radiometer Suite“ (VIIRS), der MODIS-Sensor an Bord der NASA-Satelliten Terra und Aqua, sowie Bilder von der Landsat 5, 7 und 8 Mission (BORUNDA 2019).

In diesem Projekt wurden Satellitenbilder von Landsat 5 – für Daten aus dem Jahr 2011 – und Landsat 8 – für Daten des Jahres 2017 – verwendet, um Veränderungen in der Landschaft zu vergleichen. Die Rasterdaten wurden von dem Datenportal „United States Geological Survey“ (USGS) - Earth Explorer heruntergeladen. Um letztendlich einen Vergleich zu machen, wurden zwei verschieden Datensätze aus den Jahren 2011 und 2017 benutzt. Zum einen wurden die Landsat-5-Bilder vom 6. August 2011 ausgewählt. Ursprünglich wurden Landsat 8 Bilder vom Jahr 2019 gewählt, um die Auswirkungen der Waldbrände von 2019 zu untersuchen. Aber es gab zu viel Opazität, um die verschiedenen Arten von Oberflächen wirklich zu unterscheiden. Alle Satelliten Bilder vom Jahr 2019 waren zu undurchsichtig, wie in der Abbildung unten zu sehen (Abbildung 5). Die mangelhafte Qualität der Satellitenbilder aus dem Jahr 2019 könnte möglicherweise auf die Brände zurückgeführt werden, doch lassen sich mit diesen derzeit keine geeigneten Analysen durchführen. Deshalb wurden stattdessen neue Rasterbilder des Monats Oktober des Jahres 2017 ausgewählt.

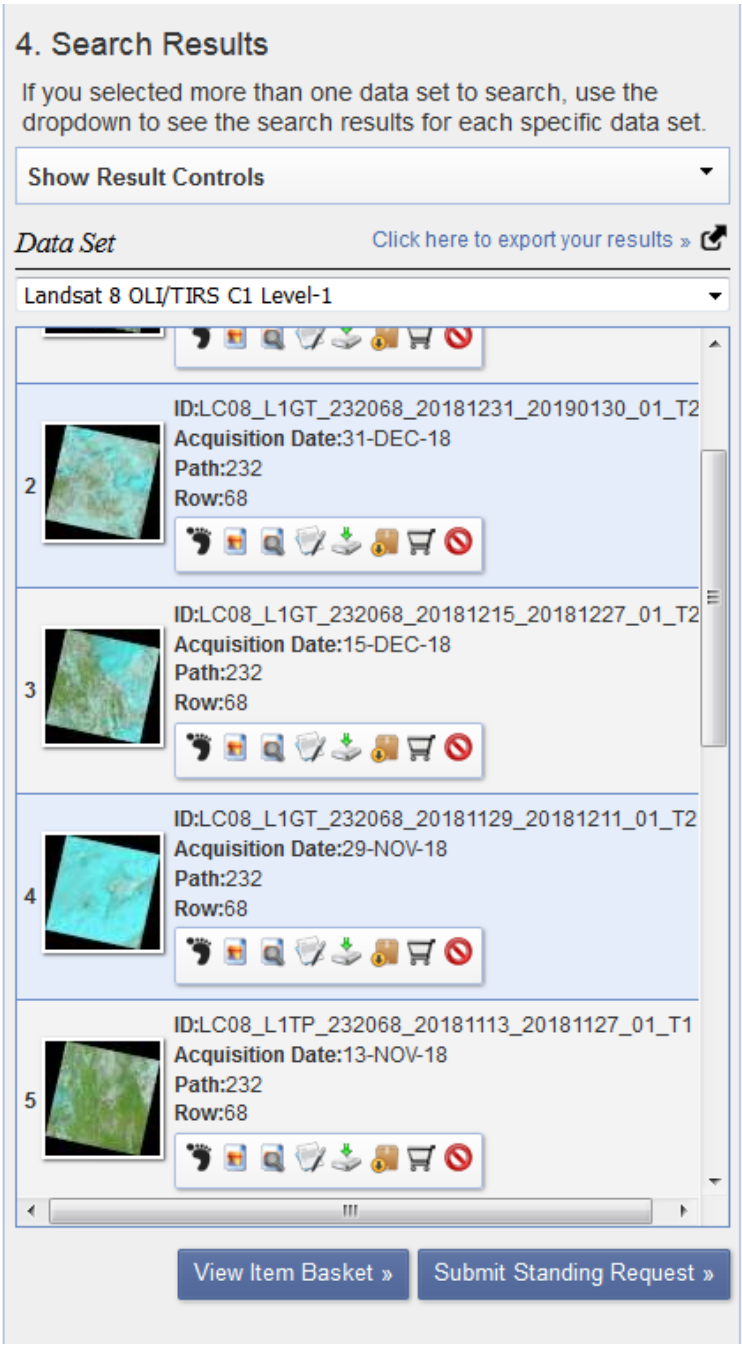


Abbildung 5: Undurchsichtige Satelliten Bilder vom Jahr 2019 (USGS)

Die Auswahl der Rasterszenen erfolgt auf dem Datenportal durch die Eingabe von Suchkriterien. Dabei müssen Standort oder Koordinaten angegeben, der Untersuchungszeitraum definiert und das Datenformat ausgewählt werden. In einer Ergebnisspalte werden darauffolgend die an die Suchkriterien angepassten Ergebnisse dargestellt. Mit einer Zoom-Funktion und einer Clouddetection-Anzeige können auf diesem Weg geeignete Raster für die Analyse gewählt werden. Bei der Auswahl des Rasters wurde vor allem auf ein wolkenfreies Bild geachtet.

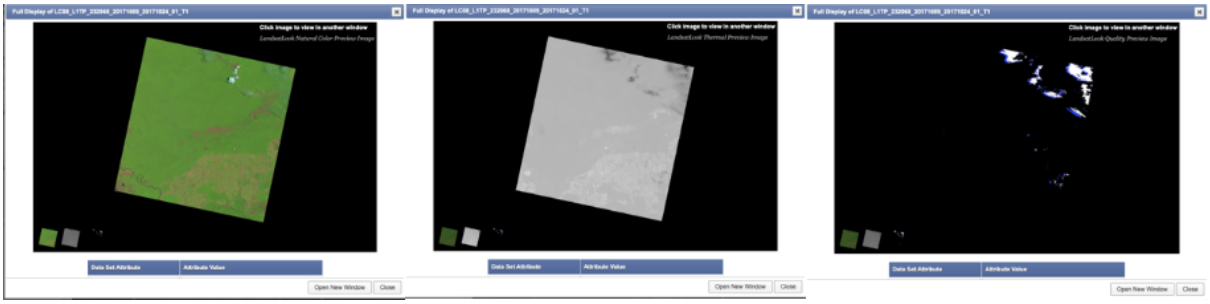

Abbildung 6: Beispiel für die Suche nach einer Rasterszene mit minimaler Wolkenbedeckung (USGS)

## 2.1 System for Automated Geoscientific Analysis (SAGA)

Zur Analyse aller Bilder wurde die Geographische Informationssystem (GIS) SAGA eingesetzt. Die SAGA-GIS-Software wurde für eine einfache und effektive Implementierung von räumlichen Algorithmen entwickelt. Das Programm bietet ein umfassendes, wachsendes Set an geowissenschaftlichen Methoden und bietet eine leicht zugängliche Benutzeroberfläche mit vielen Visualisierungsmöglichkeiten. SAGA läuft nur unter den Betriebssystemen Windows und Linux, ist aber eine Freie Open Source Software (FOSS). Die Entwicklung von SAGA wurde von einem kleinen Team von Forschern der Abteilung für Physikalische Geographie, Göttingen, initiiert. Im Jahr 2007 verlagerte sich das Zentrum der SAGA-Entwicklung nach Hamburg, wo Dr. Olaf Conrad und weitere Mitarbeiter aus dem Fachbereich Physikalische Geographie, Hamburg, diese Software derzeit entwickeln (CONRAD 2020).

## 2.2 Methoden

Im Folgenden Abschnitt sollen die verwendeten Methoden im Open-Source-Programm SAGA GIS einzeln beschrieben werden. Der Arbeitsablauf erstreckt sich zunächst auf die Erstellung einfacher Bandkombinationen um die Beschaffenheit der Flächen zu analysieren und erweitert sich zuletzt auf das Erstellen von sogenannten „Training Areas“ und einer folgenden „Change Detection“ um die Veränderungen zwischen den beiden Untersuchungsjahren visuell hervorzuheben. Dabei sollen auch Einzelschritte berücksichtigt werden, um die Analyse möglich nachvollziehbar zu gestalten.

**Erstellung eines Naturfarbbilds („Natural-Color-Image“)**

Satelliten nehmen sogenannte Spektralbänder auf. Diese geben die Lage im elektromagnetischen Spektrum an. Die Multispektralsensoren der Satelliten nehmen zudem die Breite der Aufnahmekanäle auf. So können bei Landsat-Daten zunächst 8 Bänder bei Landsat

4-7 und später 11 Bänder bei der Landsat 8 Mission unterschieden werden. Die Bänder geben dabei immer sichtbaren oder nicht sichtbaren Teil des Lichts wieder. Die Bänder geben so den Spektalbereich von zum Beispiel Blau, Grün, Rot und das Nahe Infrarot an. Abbildungen 7 und 8 zeigen die Bänder und ihren Spektralbereich der Landsat 4-5 (USGS.COM) und 8 Mission an (GISGEOGRAPHY.COM).

| Landsat 4-5 | Wavelenth (micrometers) | Resolution (meters) |
|---|---|---|
| Band 1 | 0.45-0.52 | 30 |
| Band 2 | 0.52-0.60 | 30 |
| Band 3 | 0.63-0.69 | 30 |
| Band 4 | 0.76-0.90 | 30 |
| Band 5 | 1.55-1.75 | 30 |
| Band 6 | 10.40-12.50 | 120 (30) |
| Band 7 | 2.08-2.35 | 30 |

Abbildung 7: Übersicht der Bandbeschreibungen von Landsat 4-5 (USGS)

| Band Number | Description | Wavelength | Resolution |
|---|---|---|---|
| Band 1 | Coastal / Aerosol | 0.433 to 0.453 µm | 30 meter |
| Band 2 | Visible blue | 0.450 to 0.515 µm | 30 meter |
| Band 3 | Visible green | 0.525 to 0.600 µm | 30 meter |
| Band 4 | Visible red | 0.630 to 0.680 µm | 30 meter |
| Band 5 | Near-infrared | 0.845 to 0.885 µm | 30 meter |
| Band 6 | Short wavelength infrared | 1.56 to 1.66 µm | 30 meter |
| Band 7 | Short wavelength infrared | 2.10 to 2.30 µm | 60 meter |
| Band 8 | Panchromatic | 0.50 to 0.68 µm | 15 meter |
| Band 9 | Cirrus | 1.36 to 1.39 µm | 30 meter |
| Band 10 | Long wavelength infrared | 10.3 to 11.3 µm | 100 meter |
| Band 11 | Long wavelength infrared | 11.5 to 12.5 µm | 100 meter |

Abbildung 8: Übersicht der Bandbeschreibungen von Landsat 8 (GISGeography)

Zunächst wurden die Landsat-5-Bilder in SAGA geöffnet, um ein Naturfarbenbild und ein Klassifizierungsbild durch das Umstellen der Bandkombinationen zu erstellen. Um ein Naturfarenbbild zu erstellen, wurde zunächst Band 3 als rotes Band ausgewählt, danach wird Band 2 als grünes Band und Band 1 als blaues Band gesetzt. So werden die Spektralbereiche so eingestellt, dass die Farben erscheinen, wie das menschliche Auge sie wahrnimmt (EARTHOBSERVINGSYSTEM.COM). Auf diesem Wege entsteht ein Rasterbild wie zu sehen in Abbildung 9.

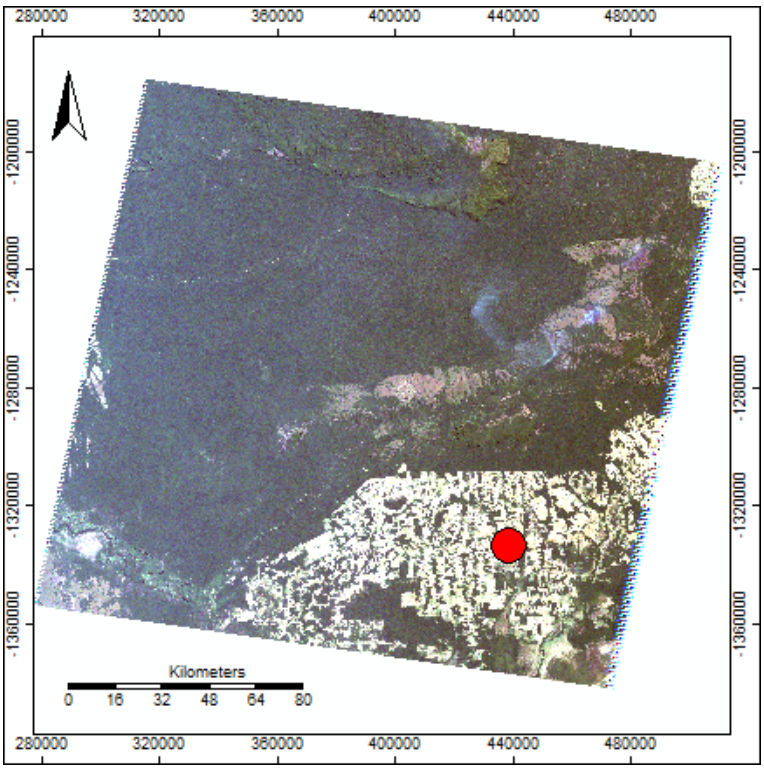


Abbildung 9: Standort von der Siedlung Rondonia, Naturfarbbild aus dem Jahr 2011 (Eigenes Abbildung)

Für den nächsten Schritt der Erstellung der „Training Areas“ wurden hingegen andere Bandkombinationen gewählt, um den Kontrast zwischen unterschiedlichen Flächen zu erhöhen. Um diese Klassifikationsbilder zu erstellen, wurde Band 4 auf Rot, Band 5 auf Grün und Band 1 auf Blau gesetzt. Weitere Beschreibungen folgen in weiteren Unterabschnitten. Da die natürlichen Farbbilder der typischen Sichtweise des Menschen auf die Welt entsprechen, erscheint die Vegetation grün, das Wasser ist blau bis schwarz, die nackte Erde und die undurchlässigen Oberflächen erscheinen hellgrau und braun. In der GIS-Analyse werden Naturfarbbilder verwendet, um einen Überblick über die Landschaft zu erhalten, an der gearbeitet wird (EARTHOBSERVINGSYSTEM.COM).

## Erstellen Thematischer Karten

Der Zweck des Erstellens von Rasterszenen mit Farbkombinationen ist die Durchführung der Bildklassifikation, die im Wesentlichen ein Akt des Extrahierens von Informationsklassen aus einem Multiband-Rasterbild ist. Diese Bildklassifikation kann dann zur Erstellung einer thematischen Karte verwendet werden (ARCGIS.COM). Landsat 5 and 8 messen verschiedene Frequenzbereiche entlang des elektromagnetischen Spektrums. Jeder Bereich wird als Band bezeichnet. Landsat 5 hat nur 7 Bänder während Landsat 8 elf Bänder hat. Die Thematische Karten, die durch verschiedener Bänder Kombinationen erstellt sind, ermöglicht unterschiedliche Visualisierungen derselben Szene. Diese verschiedenen Visualisierungen können verschiedene Merkmale hervorheben, die sonst vielleicht übersehen werden.

In diesem Projekt wurden zwei Thematische Karten mit zwei verschiedenen Bandkombination von Landsat 5 erzeugt. Die erste war Bandkombination 4-3-2, um die Vegetation besser sichtbar zu machen. Band 4 stellt kurzes Infrarot dar und stellt besonders gut die Biomasse, also photosynthetisierende Oberfläche, dar. Band 3 ist rot sichtbar und bildet ebenfalls gut die Vegetation ab, und Band 2 mach grün sichtbar und betont, wo es Spitzenmengen an Vegetation gibt. Diese Rasterkombination soll also vor allem die Vegetation von Flächen ohne Vegetationsbedeckung abheben. In diesem Fall erscheint die Vegetation grün, verbrannte Flächen erscheinen blau und Flächen, die früher verbrannt wurden, jetzt aber mit Nachwachsenden bedeckt sind oder vegetationslos sind, erscheinen pink (EARTHOBSERVINGSYSTEM.COM). Die Abbildung 10 zeigt das Ergebnis dieser Rasterkombination im Vergleich zum Naturfarbenbild.

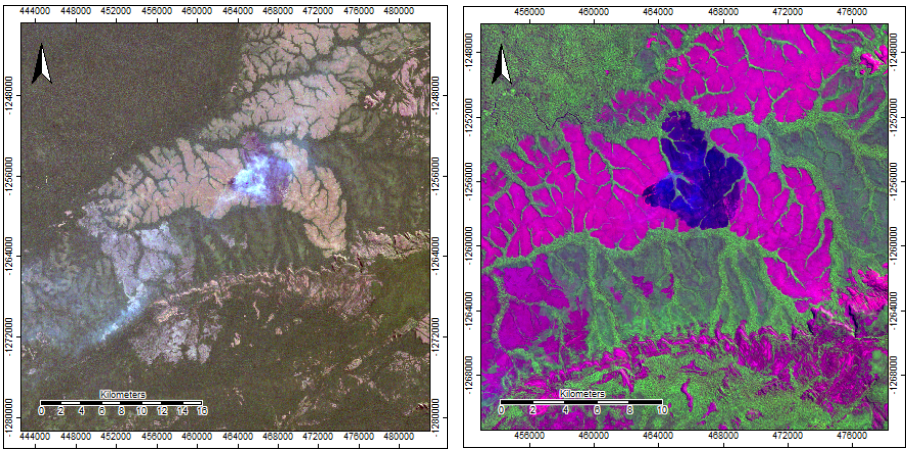


Abbildung 10: Thematische Karte mit Farbkombination 4-3-2 aus dem Jahr 2011, mit Betonung der Vegetation (Eigenes Abbildung)

Die zweite thematische Karte wurde mit der Farbkombination 5-4-3 und mit einer stärkeren Betonung des Feuchtigkeitsgehalts erstellt. Band 5 ist hier das kurzwellige Infrarot und stellt die im Boden und in der Vegetation vorhandene Feuchtigkeit dar. Die verbrannten und damit trockenen Flächen sind daher in rot dargestellt, während der üppige feuchte Tropenwald in violett dargestellt ist (EARTHOBSERVINGSYSTEM.COM). Auch hier treten die verbrannten Flächen sehr gut hervor.

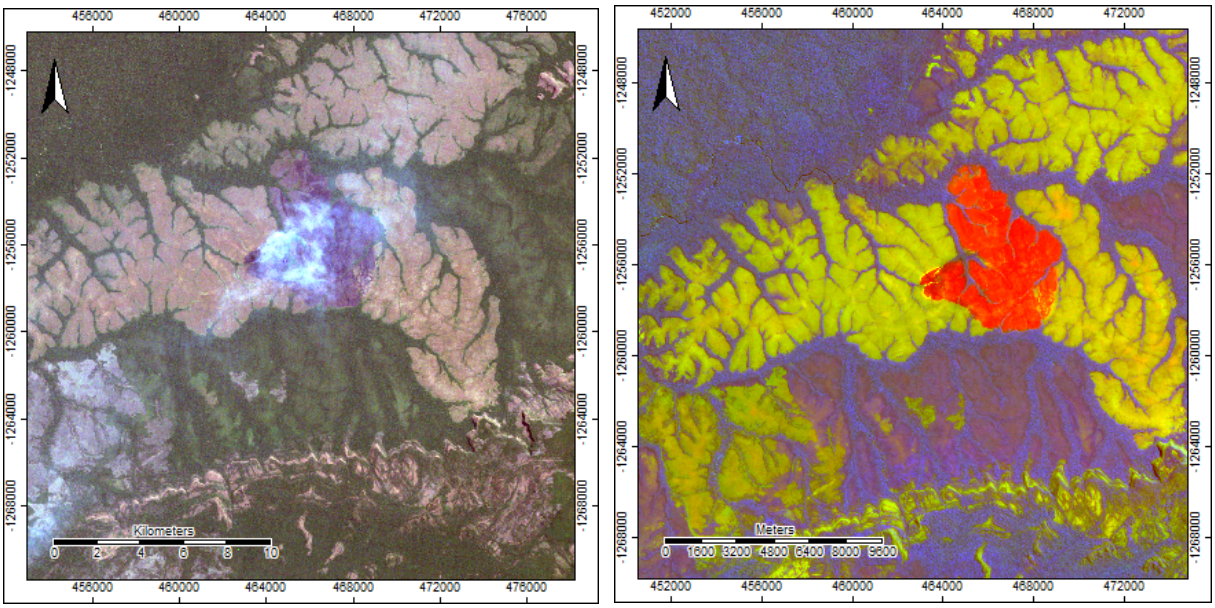


Abbildung 11: Thematische Karte mit Farbkombination 5-4-3 aus dem Jahr 2011, mit Betonung des Feuchtigkeitsgehalts (Eigenes Abbildung).

**Erstellen von „Supervised“ Klassifikationsbildern**

Um ein Klassifikationsbild zu erstellen, bei denen verbrannte Flächen als auch Flächen mit unterschiedlicher Nutzung unterschieden werden sollen, müssen zunächst „Training Areas“ geschaffen werden, um die verschiedenen Arten der Oberflächen, die in den Satellitenbildern vorhanden sind, zu klassifizieren.

Die „Training Areas“ wurden mit dem Werkzeug „Create New Shapes Layer“ erstellt. Nachdem die gewünschte Raster-Szene ausgewählt wurde, wurde der Befehl „neue Form hinzufügen“ ausgeführt. Eine solche Form wurde dann um Pixel, die zum Beispiel die Oberflächenbedeckung Wald abbilden gelegt. Nach der richtigen Benennung in der dazugehörigen Attributtabelle enthält das neue „Shape“ somit die Information, dass die

enthaltenden Pixel „Wald“ zeigen. Diese Vorgehen wurde für alle sichtbaren und definierbaren Oberflächen vorgenommen.

Im Wesentlichen wurden 5 verschiedene Klassen von Oberflächen kodiert: Landwirtschaft (Agriculture), Wald (Forest), Wasser (Water), verbrannte Oberflächen (Burned), und urbane Gebiete (Urban). Die fünfte Klasse – Urban – wurde nicht in die endgültige Klassifizierung aufgenommen, weil es wenig versiegelte Flächen gab. Die Straßen im Ort Rondonia bestehen aus befestigtem Boden, wodurch sie wie Ackerbode erscheinen, und zwischen den Häuser besteht viel Vegetation. Aus diesem Grund unterscheidet sich die Klasse „Urban“ nicht signifikant von weiteren Klassen in den Klassifikationsbildern.

Sobald die „Training Areas“ und die Attributtabelle erstellt waren, wurde das Werkzeug „Supervised Classification“ verwendet. Im Wesentlichen handelt es sich bei dieser Klassifizierung um die Auswahl von Beispielpixeln aus den erstellten „Training Areas“. Letztlich soll dabei eine neue Karte entstehen, das bestimmte Klassen, die zuvor im „Shape“ angegebenen, repräsentiert. Die Bildbearbeitungssoftware verwendet dann diese „Training Areas“ als Referenz für die Klassifizierung aller anderen Pixel im Bild (MAPASYST 2019).

Das Werkzeug „Combine Classes“ ermöglicht die Zusammenführung mehrerer Klassen zu einer Klasse (ARCGIS.COM). Beispielsweise wurden drei verschiedene Arten von Landwirtschaftsklassen als Trainingsbereiche definiert, ebenso wie drei verschiedene Waldtypen, da diese in der Bandkombination leicht oder durchaus stärker voneinander abweichen. Ein Beispiel sind landwirtschaftlich genutzte Grünflächen und Ackerböden. Die Grünflächen erscheinen durch die Vegetationsbedeckung in der Klassifikation orange-rot bis rosa, während die Ackerböden charakteristisch wie vegetationsloser Boden, hellgrün bis hellblau erscheint.

Das primäre Ziel war jedoch nicht die Unterscheidung zwischen verschiedenen Arten von Landwirtschaft oder Wald. Deshalb wurden die Unterklassen zu einer großen Klasse zusammengefasst, um die Klassifizierung zu vereinfachen. Das Ergebnis der zusammengeführten Klassen der „Supervised Classification“ zeigen Abbildung 12 und 13 für die beiden Jahre 2011 und 2017. Dadurch konnte für die Analyse ein wichtiger Zwischenschritt erreicht werden, denn die Klassen sind Grundlage der Erfassung von Unterschieden zwischen den verbrannten Flächen und somit für die „Change Detection“.

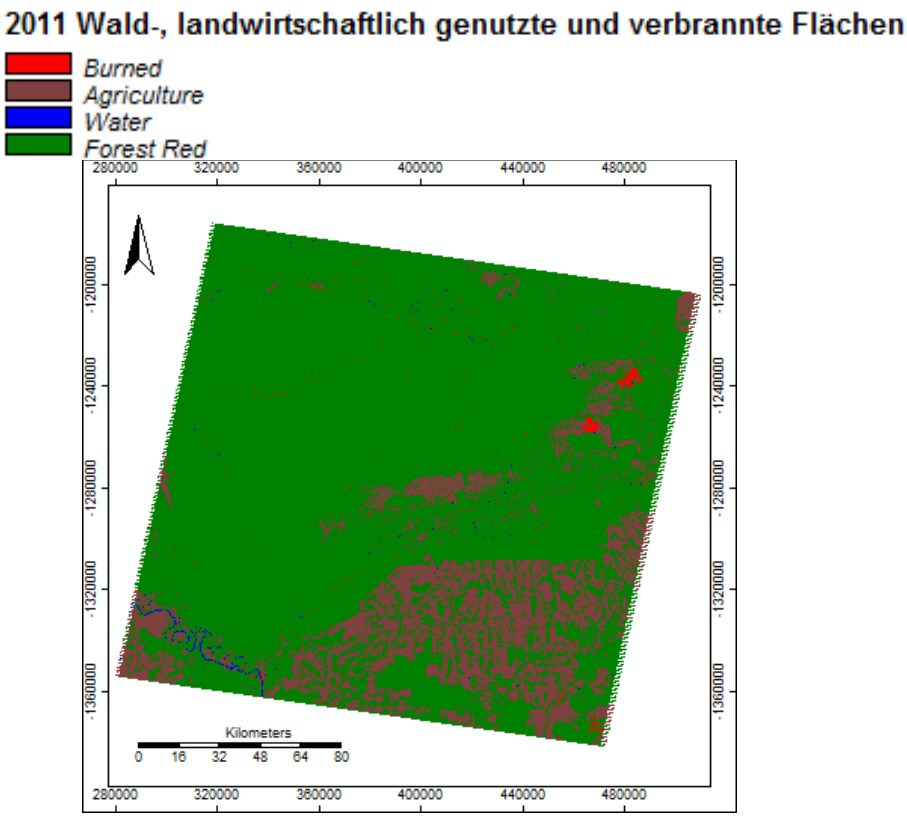


Abbildung 12: Klassifikationbild aus dem Jahr 2011 (Eigenes Abbildung)

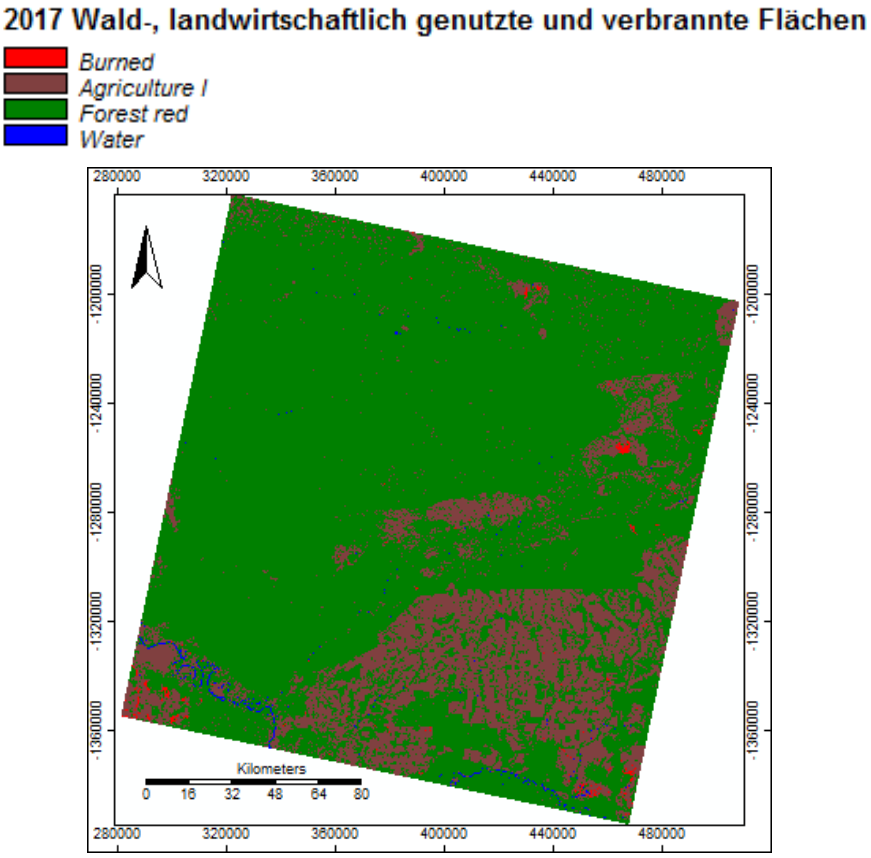


Abbildung 13: Klassifikationbild aus dem Jahr 2017 (Eigenes Abbildung)

**Erstellen einer Landbedeckungsklassifizierung zum Erkenntnisgewinn von Veränderungen**

Das Erkennen von Änderungen wird häufig in GIS verwendet. Es ist eine Methode, um zu verstehen und zu visualisieren, wie sich ein bestimmtes Gebiet im Laufe der Zeit verändert hat. Bei der Erkennung von Veränderungen werden zwei Satellitenbilder desselben Ortes zu zwei verschiedenen Zeiträumen verglichen (DEMPSY 2012).

In diesem Projekt, nachdem die beiden Klassifikationsbilder erstellt worden waren, wurde eine Visualisierung erstellt, die die Erkennung von Änderungen darstellt. Bevor die beiden Rasterszenen in die Analyse eingehen können, mussten sie auf das gleich „Grid-System“ durch einen Clip-Vorgang gebracht werden. Dabei wurde das Raster von 2017 auf das Raster von 2011 zugeschnitten. Nachdem die beiden Raster den gleichen Ausschnitt abbilden können sie in die Analyse einfließen. Die Erkennung von Änderungen wurde mit dem „Confusion Matrix“ Werkzeug ausgeführt. Dieses Werkzeug stellt die Unterschiede zwischen den beiden Rastergitter-Datensätzen dar. In diesem Fall wurden die „Combine Classes“-Raster-Datensätze von 2011 und 2017 genutzt, nachdem sie wie beschrieben geclipped wurden.

Die „Confusion Matrix“ stellt alle Veränderungen zwischen den Rasterdatensätzen dar. Um nur die Veränderungen in den verbrannten Flächen abzubilden wurde nachdem die „Confusion Matrix“ erstellt worden war, nur noch die Bereiche ausgewählt, die sich auf verbrannte Flächen beziehen. Alle anderen Klassen, die Veränderungen abbilden, konnten simpel aus dem Ergebnis gelöscht werden. Auf diese Weise wurde ausschließlich die Veränderung der verbrannten Oberflächen dargestellt. Wie unten dargestellt, repräsentiert Violett die Flächen, die 2011 verbrannt wurden, und Rot die aktuell verbrannten Flächen. Neben der Karte, die die Veränderungen zeigt wurde zum Abgleich der Daten die Datensätze der Vergleichsjahre dargestellt (Abbildung 14).

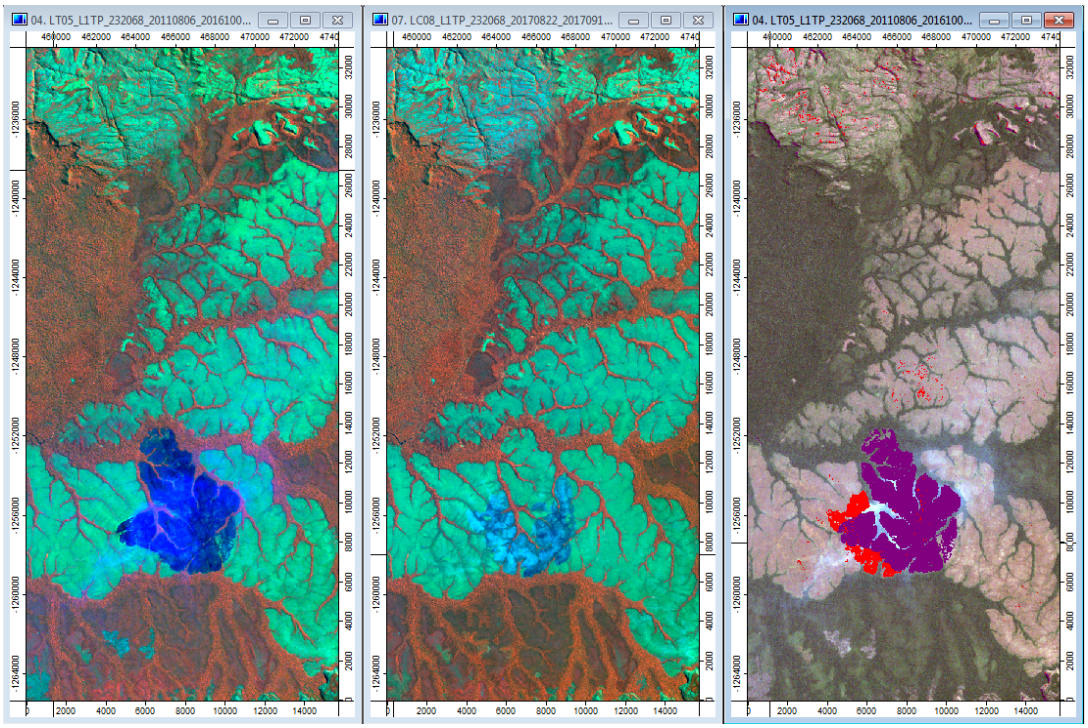


Abbildung 14: Erkennung von Veränderungen aus dem Jahr 2011 mit Betonung der verbrannte Oberfläche. Flächen, die 2011 verbrannt waren erscheinen violett, Flächen, die 2017 verbrannt waren erscheinen rot (Eigenes Abbildung).

Waldbrände werden oft von Menschenhand für landwirtschaftliche Zwecke gelegt. Waldbrände können aber auch auf natürliche Weise entstehen. Die verschiedenen Arten von Waldbränden können in den unten dargestellten Karten abgebildet werden (Abbildungen 15 und 16).

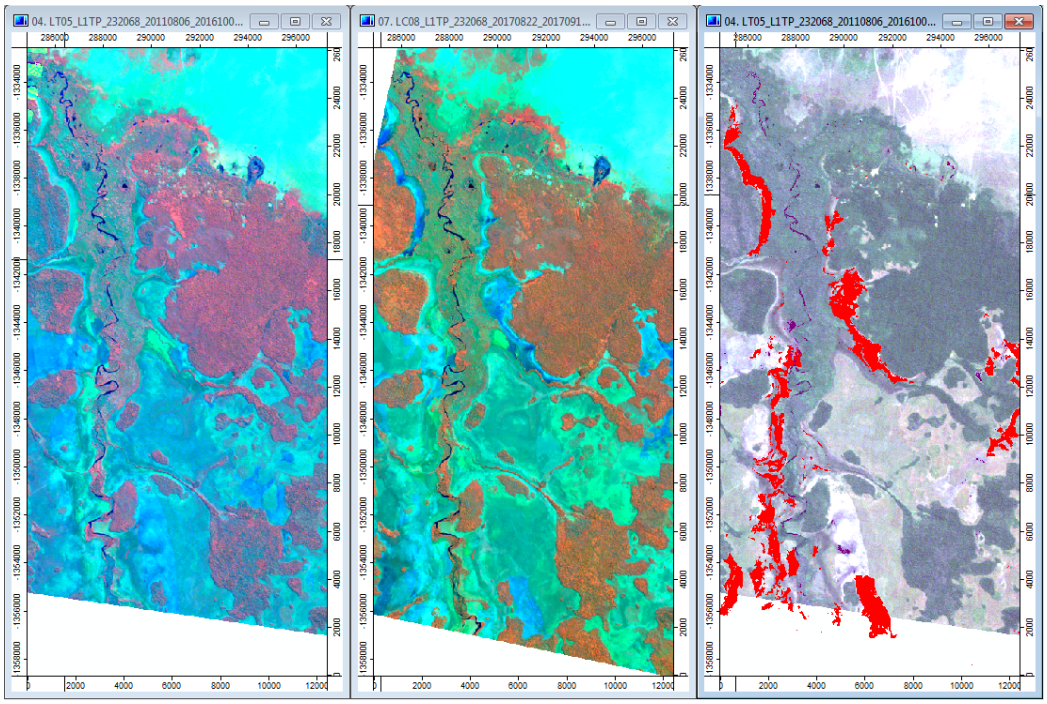


Abbildung 15: Erkennung von Veränderungen aus dem Jahr 2011 mit Betonung der verbrannte Oberfläche von 2017, die womöglich auf natürliche Ursachen zurückzuführen sind, da das Verbreitungsmuster und der Standort der Brandflächen daraufhinweist (Eigenes Abbildung).

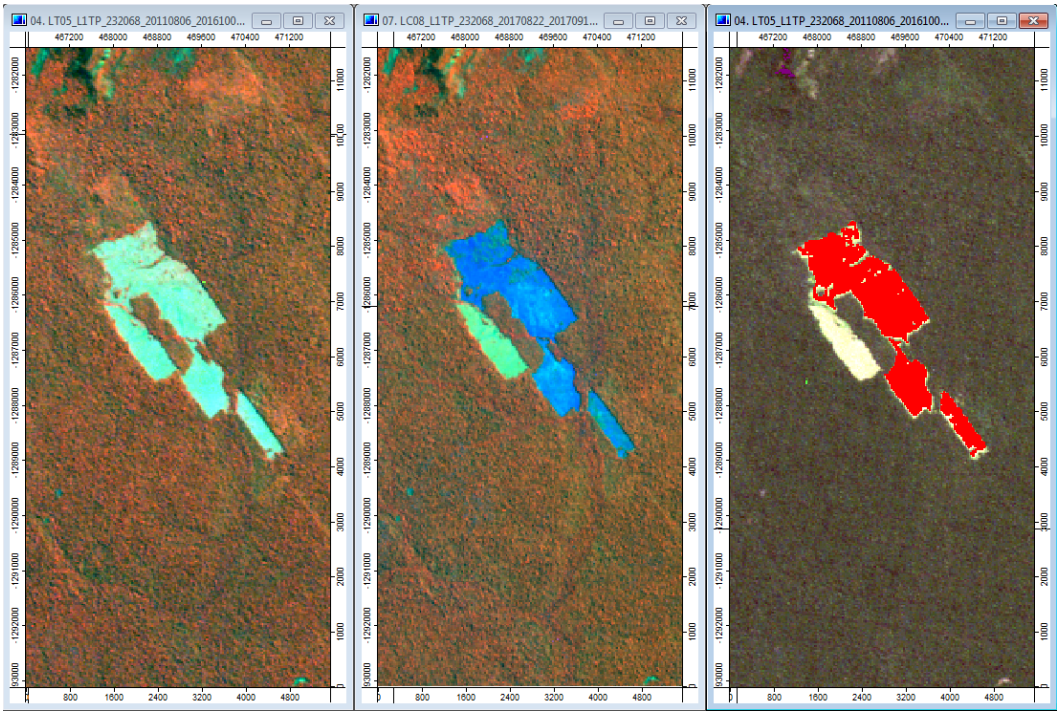


Abbildung 16: Erkennung von Veränderungen aus dem Jahr 2011 mit Betonung der verbrannte Oberfläche auf Grund der Brandrodung als landwirtschaftliche Praktik als Düngung nach der Ernte (Eigenes Abbildung).

# 3. Fazit

Der Amazonas-Regenwald spielt eine entscheidende Rolle beim Klimawandel. Der Wald absorbiert ein viertel des CO2, das vom gesamten Land der Erde aufgenommen wird, aber diese Menge nimmt aufgrund der Abholzung ab. Während Brasilien versucht hat seine Auswirkungen auf das Klima zu reduzieren, bleiben Entwaldung und Waldbrände ein aktuelles Thema. Die anhaltende Entwaldung im Amazonasgebiet hat nachhaltige Auswirkungen auf die Niederschlagsmuster und -verteilung, was sich negativ auf die Wälder, die Wasserverfügbarkeit, die biologische Vielfalt, die Landwirtschaft und die menschliche Gesundheit auswirkt (HAYWOOD 2016). Der Einsatz von GIS-Technologien kann dazu beitragen, die Entwaldung zu bekämpfen, und Einblicke geben, wie dieses Problem am besten angegangen und gelöst werden kann.

Angesichts des zunehmenden Klimawandels können GIS und Fernerkundung eine wichtige Rolle bei der Visualisierung der nachhaltigen Auswirkungen dieses Phänomens spielen. Ebenso wie Jack Dangermond, der Mitbegründer des Environmental Systems Research Institute (ESRI), sagte:

> "Climate change is a geographic problem, and we believe solving it takes a geographic solution. GIS users represent a vast reservoir of knowledge, expertise, and best practices in applying this cornerstone technology to the science of climate change and understanding its impact on natural and human systems." (DANGERMOND 2010)

GIS und Fernerkundung sind leistungsstarke Instrumente zur Bekämpfung des Klimawandels. Einige der in diesem Projekt verwendeten Werkzeuge sind Beispiele dafür, wie diese Technologie positiv eingesetzt werden kann. Durch die Vermessung des Geländes und die Erkennung von Veränderungen an der Oberfläche können neue Politiken und Projekte, die sich auf die Wiederaufforstung konzentrieren, umgesetzt werden.

Das Hauptziel dieses Projekts war die Visualisierung von Waldbränden in Rondonia, Brasilien. Das ursprüngliche Ziel, die Auswirkungen der Waldbrände von 2019 auf den Amazonas zu untersuchen, war zwar nicht möglich, aber die Endergebnisse waren dennoch recht interessant. Sowohl natürliche, als auch durch die Landwirtschaft verursachten Waldbrände wurden durch die Erstellung einer thematischen Karte veranschaulicht. Die Klassifikationskarte ist ein gutes Beispiel dafür, wie die Fernerkundung bei der Bekämpfung des Klimawandels eingesetzt

werden könnte. Diese Technologie könnte es politischen Entscheidungsträgern und Klimawissenschaftlern ermöglichen, bestimmte Oberflächen zu identifizieren und ihnen helfen zu verstehen, ob es bestimmte Muster von Waldbränden gibt oder in welchen Gebieten sie ihre Bemühungen auf die Wiederaufforstung konzentrieren sollten.

Um dieses Projekt einen Schritt weiter zu bringen, wäre es interessant, mit quantitativen Daten zu arbeiten. Dies könnte durch die Berechnung der Gesamtfläche, die in beiden Jahren verbrannt wurde, und auch der Gesamtfläche, die 2017 zurückgewonnen wurde, geschehen. Diese Berechnung würde nach der Verwendung des „Supervised Classification“ und der Erstellung der Klassifikationskarte erfolgen. Die Verwendung eines Histogramms könnte die quantitativen Daten visuell darstellen, und dies könnte uns eine interessante Geschichte erzählen, und ob sich die Dinge in den letzten Jahren verbessert oder verschlechtert haben.

Die zukünftige Arbeit könnte den Vergleich verschiedener Teile des Amazonas-Waldes beinhalten und die Frage, wo die Entwaldung am schlimmsten ist. Dieses Projekt könnte auch weltweit in unterschiedlichen Regionen der Welt durchgeführt werden, und die Auswirkungen von Waldbränden könnten visualisiert und verstanden werden. Zum Beispiel könnte man die jüngsten Waldbrände in Australien mit den jüngsten in Kalifornien und im Amazonasgebiet vergleichen. Vielleicht könnten durch die Veranschaulichung dieser Brände und den Vergleich dieser Brände Trends gezeichnet und neue Informationen gewonnen werden.

Als Studentin, die sich für die Schnittmenge zwischen Daten- und Umweltwissenschaften interessiert, fand ich diesen Kurs äußerst nützlich. Ich werde auf jeden Fall die zukünftige Arbeit im Bereich GIS fortsetzen und untersuchen, wie man GIS und Fernerkundung mit dem Klimawandel kombinieren kann.

# 4. Literaturverzeichnis

ARCGIS, 2019: What is image classification?. In: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/spatial-analyst/image-classification/what-is-image-classification-.htm, letzter Zugriff am 11.02.2019

ARCGIS, 2020: Merge Classes. In: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/analysis/image-analyst/supervised-merge-classes.htm, letzter Zugriff am 11.02.2019

BORUNDA, 2019: See how much of the Amazon is burning, how it compares to other years. In: https://www.nationalgeographic.com/environment/2019/08/amazon-fires-cause-deforestation-graphic-map/, letzter Zugriff am 11.02.2019

CONRAD, 2020: A Short History of the SAGA Development. In: http://www.saga-gis.org/en/index.html, letzter Zugriff am 11.02.2019

DANGERMOND und BAKER, 2010: GIS for Climate Change. In: https://www.esri.com/library/bestpractices/climate-change.pdf, letzter Zugriff am 11.02.2019

DEMPSY, 2012: Change Detection in GIS. In: https://www.gislounge.com/change-detection-in-gis/, letzter Zugriff am 11.02.2019

EARTH OBSERVING SYSTEM, 2020: Natural Color. In: https://eos.com/natural-color/, letzter Zugriff am 11.02.2019

EARTH OBSERVING SYSTEM, 2020: Landsat 5 (TM). In: https://eos.com/landsat-5-tm/, letzter Zugriff am 11.02.2019

GISGEOGRAPHY, 2019: Landsat 8 Bands and Band Combinations. In: https://gisgeography.com/landsat-8-bands-combinations/, letzter Zugriff am 11.02.2019

HAYWOOD, 2016: Amazon Deforestation and Climate Change. In: https://www.nationalgeographic.org/media/amazon-deforestation-and-climate-change/, letzter Zugriff am 11.02.2019

JAGGARD, 2015: How a Farming Project in Brazil Turned Into a Social and Ecological Tragedy. In: https://www.smithsonianmag.com/science-nature/how-farming-project-brazil-turned-social-and-ecological-tragedy-180956310/, letzter Zugriff am 11.02.2019

MAPASYST, 2019: What's the difference between a supervised and unsupervised image classification?. In: https://mapasyst.extension.org/whats-the-difference-between-a-supervised-and-unsupervised-image-classification/, letzter Zugriff am 11.02.2019

PANDA, 2019: Climate Change in the Amazon. In: https://wwf.panda.org/knowledge_hub/where_we_work/amazon/amazon_threats/climate_change_amazon/, letzter Zugriff am 11.02.2019

STEWARD, 2019: An Analysis of Amazonian Forest Fires. In: https://towardsdatascience.com/an-analysis-of-amazonian-forest-fires-8facca63ba69, letzter Zugriff am 11.02.2019

USGS, 2019: What are the band designations for the Landsat satellites? In: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products, letzter Zugriff am 11.02.2019

# 5. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rondonia im Jahr 1984 vor den immensen menschlichen Eingriffen und der Zunehmenden Entwicklung des Gebiets (USGS). ..... 2

Abbildung 2: Rondonia im Jahr 2017 mit Flächen (vor allem im südöstlichen Bereich), die sichtbar von der menschlichen und landwirtschaftlichen Entwicklung betroffen sind (USGS).3

Abbildung 3: Standort des Untersuchungsausschnittes im Bundesstaat Rodonia. Der Screenshot des Rasters aus der Datenquelle USGS betont die fischgrätenartige, landwirtschaftliche Entwicklung (USGS). ..... 4

Abbildung 4: Verteilung von Waldbränden, die in Trockenheit gestresste Gebieten bestehen (Global Forest Watch). ..... 5

Abbildung 5: Undurchsichtige Satelliten Bilder vom Jahr 2019 (USGS) ..... 7

Abbildung 6: Beispiel für die Suche nach einer Rasterszene mit minimaler Wolkenbedeckung (USGS). ..... 8

Abbildung 7: Übersicht der Bandbeschreibungen von Landsat 4-5 (USGS) ..... 9

Abbildung 8: Übersicht der Bandbeschreibungen von Landsat 8 (GISGeography). ..... 9

Abbildung 9: Standort von der Siedlung Rondonia, Naturfarbbild aus dem Jahr 2011 (Eigenes Abbildung) ..... 10

Abbildung 10: Thematische Karte mit Farbkombination 4-3-2 aus dem Jahr 2011, mit Betonung der Vegetation (Eigenes Abbildung) ..... 11

Abbildung 11: Thematische Karte mit Farbkombination 5-4-3 aus dem Jahr 2011, mit Betonung des Feuchtigkeitsgehalts (Eigenes Abbildung). ..... 12

Abbildung 12: Klassifikationbild aus dem Jahr 2011 (Eigenes Abbildung) ..... 14

Abbildung 13: Klassifikationbild aus dem Jahr 2017 (Eigenes Abbildung) ..... 14

Abbildung 14: Erkennung von Veränderungen aus dem Jahr 2011 mit Betonung der verbrannte Oberfläche. Flächen, die 2011 verbrannt waren erscheinen violett, Flächen, die 2017 verbrannt waren erscheinen rot (Eigenes Abbildung). ..... 16

Abbildung 15: Erkennung von Veränderungen aus dem Jahr 2011 mit Betonung der verbrannte Oberfläche von 2017, die womöglich auf natürliche Ursachen zurückzuführen sind, da das Verbreitungsmuster und der Standort der Brandflächen daraufhinweist (Eigenes Abbildung). ..... 17

Abbildung 16: Erkennung von Veränderungen aus dem Jahr 2011 mit Betonung der verbrannte Oberfläche auf Grund der Brandrodung als landwirtschaftliche Praktik als Düngung nach der Ernte (Eigenes Abbildung). ..... 17