

Einführung in die Fernerkundung

Begleitmaterial für Lehrkräfte

Autoren: Pia Mailänder, Dr. Michael Schmidt, Prof. Dr. Zbynek Malenovský (*Remote Sensing Research Group Universität Bonn*)

Fächer: Geographie, Physik, Biologie, Naturwissenschaft, Technik

Jahrgangsstufe: 10-13 (Sek II)

Themen: Fernerkundung, Satellitenbilder, Erdbeobachtung, Vegetation, Klimawandel, Indizes, Elektromagnetisches Spektrum

Benötigte Materialien: PC/Laptop/Tablet mit Internetzugang (Smartphone auch möglich aber eher ungeeignet), Arbeitsblatt „Einführung in die Fernerkundung“

Zeitbedarf: 1-2 Unterrichtsstunden

Ziele

Die Schülerinnen und Schüler (SuS) können...

- die **Funktionsweise von Satelliten** und die Repräsentation der verschiedenen Wellenlängen durch individuelle Kanäle verstehen und in Anwendungsaufgaben selber nachvollziehen.
- die **Reflexionseigenschaften** von verschiedenen Oberflächentypen, insbesondere **Vegetation** verstehen und in Transferaufgaben übertragen.
- den **Sentinel-2** Satelliten des Copernicus Programmes u.a. der ESA kennenlernen und seine Einsatzmöglichkeiten erkunden, indem sie sich in den Aufgaben auf die spezifischen Kanäle des Satelliten beziehen.
- den NDVI als **Vegetationsindex** kennenlernen und die Werte verschiedener Oberflächentypen anhand eines Satellitenbild erkunden.
- Den EO Browser als **online Plattform für Satellitenbilder** kennenlernen und eigene Darstellungsformen und Indizes konfigurieren.
- eine **eigene Untersuchungsfrage** zum Themenbereich der Fernerkundung formulieren.

Voraussetzungen:

Die SuS benötigen ein mobiles Endgerät mit Internetzugang. Alternativ können die Aufgaben auch in zweier Gruppen bearbeitet werden, so dass nur die Hälfte der Geräte benötigt wird. Das Arbeitsblatt kann in schwarz-weiß ausgedruckt werden, Abbildung 4 sollte allerdings farbig gezeigt werden.

Vorbereitung:

Es wird empfohlen, dass sich die Lehrkraft im Vorhinein mit der im Aufgabenblatt genutzten Plattform „EO Browser“ ([Sentinel Hub EO Browser \(sentinel-hub.com\)](https://sentinel-hub.com)) vertraut macht, um den Schülerinnen und Schülern bei Problemen helfen zu können.

Lehrplanbezug

Auszug ausgewählter Bundesländer:

Bundesland	Inhaltsfeld	Klassen	Detail
NRW	Lebensräume und deren naturbedingte sowie anthropogen bedingte Gefährdung	SEKII	„(...) Möglichkeiten und Grenzen der modernen Technik deutlich werden können.“ (schulentwicklung.nrw.de)
Bayern	Geographische Arbeitstechniken	SEKII	„Die SuS (...) interpretieren differenziert physisch-geographische und thematische Karten, Diagramme sowie Bilder und Satellitenbilder; interpretieren und bewerten Strukturdaten, Daten aus Statistiken sowie Indices.“ (lehrplanplus.bayern.de)
Baden-Württemberg	Digitale Orientierung	Klassen 9/10	„Die Schülerinnen und Schüler können die Nutzung von digitalen Medien und von Informationen aus der Fernerkundung zur Raumanalyse darstellen.“ (bildungsplaene-bw.de)
Bremen	Kompetenzbereich „Geographische Analyse- und Methodenkompetenz“	SEKII	„Der Beurteilung und Einordnung raumbedeutsamer geographischer Phänomene und der Entwicklung geographischer Fragestellungen und Hypothesen geht daher eine gründliche Analyse unter Anwendung fachspezifischer, also an natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Verfahren angelehnter Methoden (zum Beispiel Nutzung geographischer Informationssysteme, Analyse digitaler Daten der Fernerkundung, ...)“ (lis.bremen.de)
Rheinland Pfalz	Grenzen der Raumnutzung	SEKII	„Methodische Anregungen: Satellitenbilder beschreiben, vergleichen und interpretieren.“ (lehrplaene.bildung-rp.de)
Sachsen	Geographische Denk- und Arbeitsweise	SEKII	„Die Schüler sind in der Lage, Wetterkarten und meteorologische Satellitenbilder Europas zu interpretieren.“ (cms.sachsen.schule)
Schleswig-Holstein	Einstieg in die Geographie	SEKII	„Arbeiten wie ein Geograph: Orientierung, Karte, Atlas, WebGIS / internetbasierte Raumdarstellungen“ (fachportal.lernnetz.de)
Thüringen	Methodenkompetenz	SEKII	„Methoden der Fernerkundung beschreiben und Luft- und Satellitenbilder interpretieren.“ (schulportal-thueringen.de)

Zeitaufwand

Aufgabenart	Titel	Zeitaufwand	Empfohlene Durchführungsart
Lesen v. Informationsteil	„Was ist Fernerkundung“ & „Multispektrale Satelliten“	10 min	Einzelarbeit o. gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 1	10 min	Einzelarbeit o. gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Lesen v. Informationsteil	„Echt-Farbenbilder und Rasterbilder“	5 min	Einzelarbeit o. gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 2	5 min	Einzelarbeit oder gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Lesen v. Informationsteil	„Falsch-Farbenbilder“	<5 min	Einzelarbeit oder gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 3	5 min	Einzelarbeit oder gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Vertraut machen mit Online Plattform	„Zeit auszuprobieren“	15-20 min	Einzel- o. Partnerarbeit
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 4	10-15 min	Einzel- o. Partnerarbeit
Lesen v. Informationsteil	„Spektrale Indizes“	5 min	Einzelarbeit oder gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 5	10-15 min	Einzelarbeit oder gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Lesen v. Informationsteil	„Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)“	10 min	Einzelarbeit oder gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 6	5 min	Einzelarbeit oder gemeinsame Erarbeitung im Unterricht
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 7	10-15 min	Einzel- o. Partnerarbeit
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 8	10 min	Einzel- o. Partnerarbeit
Bearbeitung v. Aufgabe	Aufgabe 9	10-15 min	Einzel- o. Partnerarbeit

Reine Bearbeitungszeit: 150 min (Die reine Bearbeitungszeit bezieht sich ausschließlich auf die Zeit, die die SuS zum Lesen und Bearbeiten des Arbeitsblattes benötigen sollten. Für zusätzliche Erklärungen oder Besprechungen (besonders in der Durchführungsart „gemeinsame Erarbeitung im Unterricht“) bedarf es mehr Zeit.

Zusatzinformationen und Lösungen

Informationsteil „Was ist Fernerkundung“

Ziel: Der Informationsteil gibt eine Einführung in die physikalischen Grundlagen der Fernerkundung. Die SuS können nachvollziehen, dass jedes Objekt elektromagnetische Wellen reflektiert und diese von einem Sensor (z.B.: einem Satelliten) gemessen werden können. Die individuelle spektrale Signatur verschiedener Oberflächen soll anhand des Vergleichs mit dem menschlichen Fingerabdruck verdeutlicht werden. Anhand Abbildung 2 können die SuS die Unterschiede der Reflexionseigenschaften von Wasser, Vegetation und Boden nachvollziehen.

Informationsteil „Multispektrale Satelliten“

Hintergrund: Ein Multispektraler Satellit misst mehrere unterschiedlich breite Wellenlängenbereiche in einzelnen Kanälen. Multispektrale Bilder werden beispielsweise eingesetzt, um Landmuster oder -merkmale zu erkennen. Das Gegenstück zu multispektralen Satelliten bilden hyperspektrale Satelliten, die über hundert Kanäle bedienen können.

Die Sentinel-2 Mission des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus hat einen thematischen Fokus auf der Vegetationsentwicklung, Landnutzungsveränderungen und dem Naturrisiko-Management. Die zwei identischen Satelliten bieten eine Wiederholrate von 5 Tagen und eine räumliche Auflösung von bis zu 10 m. An Bord tragen die Satelliten eine multispektrale Kamera mit 13 Spektralkanälen.

Ziel: Die SuS arbeiten heraus, wie multispektrale Satelliten verschiedene Wellenlängenbereiche in den jeweiligen Kanälen messen und eine Verbindung zum vorher kennengelerntem elektromagnetischem Spektrum ziehen. Außerdem wird Sentinel-2 als multispektraler Satellit vorgestellt. Abbildung 3 zeigt die Verteilung der 13 Spektralkanäle von Sentinel-2 auf dem elektromagnetischen Spektrum.

Aufgabe 1

Lösung: Vegetation reflektiert ...

- ... mehr im grünen als im roten Bereich
- ... mehr im blauem als im grünen Bereich
- ... mehr im Infrarot als im rotem Bereich
- ... mehr im rotem als im Infrarotem Bereich

Lösungsweg: Zur Lösung der Aufgabe müssen Abbildungen 1 und 2 miteinander verglichen werden. Aus Abbildung 1 müssen die Wellenlängen für die Farben des sichtbaren Lichts entnommen werden, um anschließend die Lösungen aus Abbildung 2 zu entnehmen.

Informationsteil „Echt-Farbenbilder und Rasterbilder“

Hintergrund: Digitale multispektrale Satellitenbilder werden in Form von Graustufen-Rasterbildern geliefert. Ein Rasterbild besteht aus einer Vielzahl an Pixeln, wobei jeder Pixel einen individuellen Grauwert besitzt. Der Grauwert, oder auch Helligkeitswert, beschreibt die Reflexionsintensität der auf dem Pixel aufgenommenen Erdoberfläche. Ein Pixel ist die kleinste Bildzelle eines Rasterbildes. Jeder Pixel repräsentiert einen einzigen Grauwert. Je höher die räumliche Auflösung eines Satelliten ist, desto kleiner sind die einzelnen Pixel und desto genauer ist die Darstellung der Erdoberfläche. Bei einem Satelliten mit einer räumlichen Auflösung von 10 m, repräsentiert ein Pixel einen 10x10 m großen Abschnitt der Erdoberfläche. Jeder Kanal des Satelliten liefert ein eigenes Rasterbild. Erst durch das Übereinanderlegen drei verschiedener Kanäle kann ein RGB-Bild dargestellt werden.

Aufgabe 2

Lösung:

Rot = Kanal 4

Grün = Kanal 3

Blau = Kanal 2

Lösungsweg: Um ein Bild in Echtfarben darzustellen, müssen die richtigen Kanäle in einer bestimmten Reihenfolge übereinandergelegt werden. Um die Aufgabe zu lösen, müssen die zu den Grundfarben Rot, Grün und Blau passenden Kanäle des Sentinel-2 Satelliten aus der Tabelle entnommen werden. So kommen die SuS auf die Echtfarben-RGB Visualisierung RGB = 432.

Informationsteil „Flasch-Farbenbilder“

Ziel: Die SuS können nachvollziehen, dass die Informationen der verschiedenen Kanäle genutzt werden können, um die Erdoberfläche in einer Art und Weise darzustellen, die unser Auge sie nicht wahrnehmen kann. So können so genannte Falsch-Farbenbilder beispielsweise genutzt werden, um Nahes Infrarot zu

Aufgabe 3

visualisieren.

Lösung:

Rot = Kanal 5/6/7/8 Grün = Kanal 4 Blau = Kanal 3

Lösungsweg: Die SuS sollen wie in Aufgabe 2 die Tabelle nutzen, um die richtigen Kanäle zu finden. Für Nahes Infrarot können sowohl Kanäle 5,6,7 und 8 genutzt werden.

„Zeit auszuprobieren“

Hintergrund: Der EO Browser des Sentinel Hub ist eine kostenlose online Plattform, die die Inspektion und Visualisierung von Satellitenbildern ermöglicht. Dabei kann auf ein komplettes Archiv an Bildern der Sentinel-1,-2,-3 und 5, sowie der Landsat 5,7,8, Envisat Meris, MODIS, Proba-V und GIBS Produkte zugegriffen werden.

Wenn zusätzliche Zeit im Unterricht vorhanden ist, kann der „Bildungs-Modus“ des EO Browsers genutzt werden, um einen thematischen Einstieg in die Diversität von Satellitenbildern zu geben und das Interesse der SuS zu wecken. Dafür muss nach dem Öffnen des EO Browsers rechts oben der Bildungsmodus aktiviert werden:

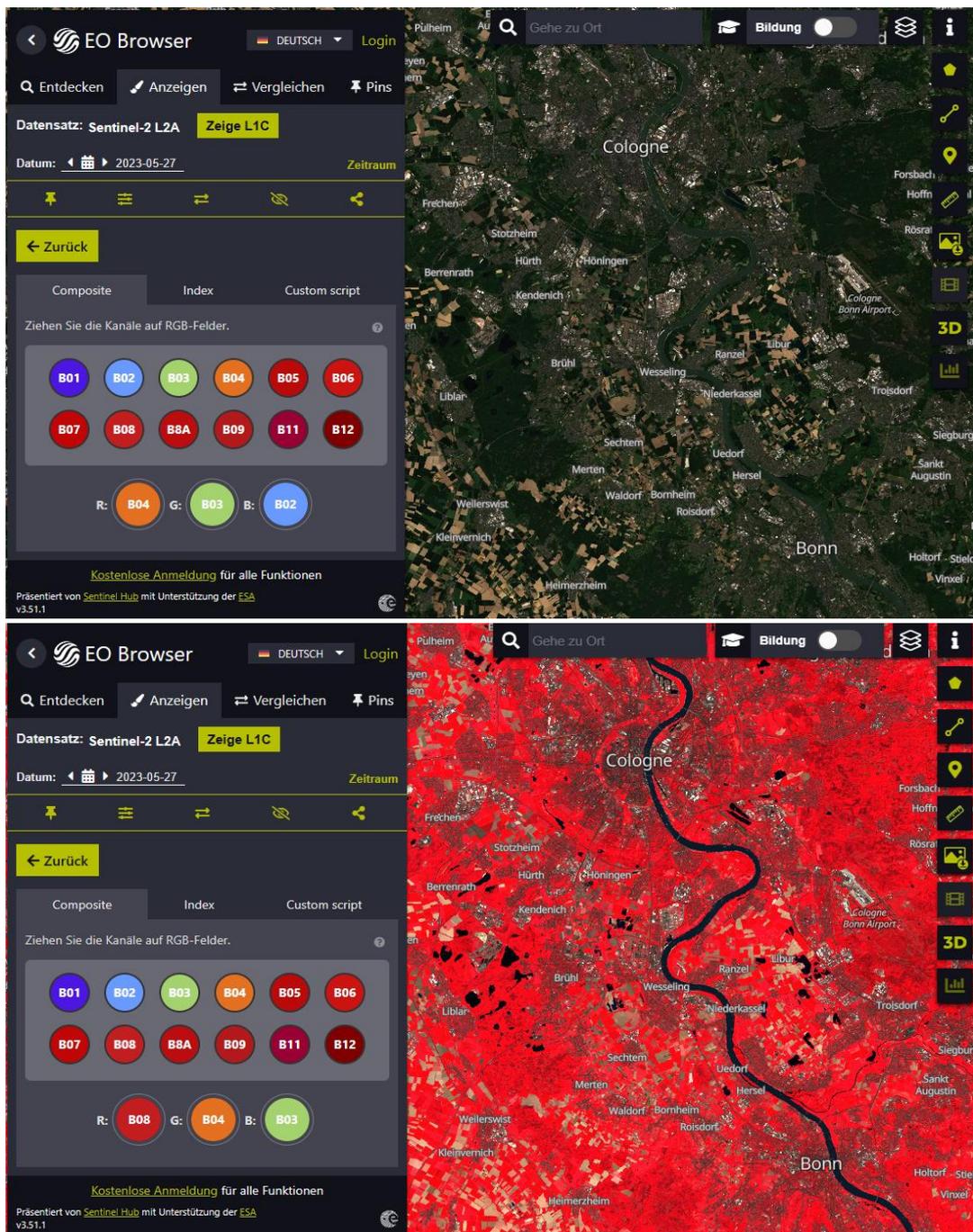


Anschließend muss unter dem Menüpunkt „Thema“ ein Anwendungsgebiet gewählt werden. Unter dem Menüpunkt „Highlights“ können sich die SuS dann je nach Interessensgebiet verschiedene Darstellungsformen interessanter Gegenden auf der ganzen Welt ansehen. Um nach diesem thematischen Einstieg mit der Aufgabe fortzufahren, sollte der Link im Arbeitsblatt neu geöffnet werden, um zum Satellitenbild der Köln-Bonner Region zurück zu gelangen.

Vollständiger Link für die Aufgabe (klickbarer Quicklink im Arbeitsblatt): <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=11&lat=50.81027&lng=6.64398&themelId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fservices.sentinel-hub.com%2Fogc%2Fwms%2Fbd86bcc0-f318-402b-a145-015f85b9427e&evalscript=Ly9WRVJTSU9OPTMKZnVuY3Rpb24gc2V0dXAoKSB7CiAgcmV0dXJlHsKICAgIGlucHV0OiBBklwMSlslklwMlslklwMylsClJKYXRhTWFzayJdLAogICAgb3V0cHV0OIB7IGJhbmRzOIA0IHOKICB9Owp9CgpmdW5jdGlvbiBldmFsdWFOZVZpeGVsKHNBXSBzSkgewogIiAogIHJldHVybiBbMi41Cocg2FtcGxllklwMSwgMi41Cocg2FtcGxllklwMiwgMi41Cocg2FtcGxllklwMywg2FtcGxllMmRhdGFNYXNrXTskfQ%3D%3D&datasetId=S2L2A&fromTime=2023-05-27T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2023-05-27T23%3A59%3A59.999Z&demSource3D=%22MAPZEN%22#custom-composite>

Zur Erinnerung: Um ein Echtfarbenbild darzustellen muss die Kombination RGB = 432 genutzt werden. Für das Falschfarbenbild sollte möglichst RGB = 843 eingestellt werden.

Echt-Farbenbild mit RGB = 432 und Falsch-Farbenbild mit RGB= 843



Aufgabe 4

Lösung:

Wald im Siebengebirge bei Königswinter: Kräftiges Rot

Boden ohne Vegetation im Hambacher Tagebau: Beige

Urbane Flächen in Köln: Grau

Wasser des Rheins: Dunkelblau-Schwarz

Informationsteil „Spektrale Indizes“

Hintergrund: Spektrale Indizes werden genutzt, um bestimmte Merkmale der Erdoberfläche hervorzuheben. Dabei wird ein künstlicher Kanal Neuberechnet. Indizes haben den Vorteil, dass sie weniger sensibel auf atmosphärische Einflüsse und Beleuchtungsunterschiede reagieren. Ein häufig genutzter Vegetationsindex ist der Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Er nutzt die unterschiedlichen Reflexionseigenschaften zwischen gesunder und gestresster Vegetation, die vor allen Dingen im roten und nahen Infrarot Bereich auffällig sind.

Ziel: Die SuS verstehen das Prinzip und Ziel von Vegetationsindizes. Anhand Abbildung 5 können sie die Unterschiede zwischen gesunder und gestresster Vegetation herausstellen, auf denen der NDVI beruht.

Aufgabe 5

Lösung:

Frage 1: Gesunde Pflanzen reflektieren deutlich mehr im Nahen Infrarotbereich als gestresste Pflanzen. Der Anstieg der Kurve zwischen 700 und 750 nm ist daher bei gesunden Pflanzen signifikant steiler als bei gestressten Pflanzen. Um den Unterschied der Reflexion im Nahen Infrarot zwischen gesunden und gestressten Pflanzen zu messen, können die Kanäle 7 & 8 genutzt werden.

Frage 2: Gesunde Pflanzen reflektieren weniger im roten Bereich als gestresste Pflanzen. Um diesen Unterschied zu messen sollte Kanal 4 genutzt werden.

(Erklärung: Die Chlorophyllpigmente in gesunder Vegetation absorbieren sichtbares und insbesondere rotes Licht für die Photosynthese. Bei gestresster Vegetation ist diese Absorption vermindert, weswegen sie mehr Licht im Wellenlängenbereich des roten Lichts reflektieren.)

Informationsteil „Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)“

Hintergrund: Der Normalized Difference Vegetation Index (deutsch: Normalisierter Differenzierter Vegetationsindex) (NDVI) beschreibt die „Greenness“ der Vegetation und kann so als Indikator für die Vegetationsdichte und -produktivität genutzt werden. Die Chlorophyllpigmente in den Blättern absorbieren einen großen Teil des roten Lichts. Es bleibt also nur ein kleiner Anteil des Lichtes übrig, welches reflektiert wird. Gegensätzlich verhält es sich im Wellenlängenbereich des Nahen Infrarot. Hier wird sehr wenig Licht absorbiert, also ein großer Anteil reflektiert. Die Werte des NDVIs liegen zwischen -1 und 1, wobei negative Werte, die beispielsweise Wasser oder Schnee beschreiben, eher im Bereich zwischen -0.5 und 0 liegen. Je näher der Wert an 1 liegt, desto dichter und gesunder ist die beobachtete Vegetation.

Ziel: Die SuS lernen den NDVI als Vegetationsindex kennen und können seine Funktionsweise nachvollziehen. Dieses Wissen wird in den folgenden Anwendungsaufgaben benötigt.

Aufgabe 6

Lösung:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{Kanal 8} - \text{Kanal 4})}{(\text{Kanal 8} + \text{Kanal 4})}$$

Aufgabe 7

Lösung:

Wald im Siebengebirge: 0.8-1 Wasser im Rhein: -0.5-0

Urbane Fläche in Köln: -0.1-0.2 Boden ohne Vegetation im Hambacher Tagebau: 0.2-0.4

Lösungsweg: Durch das Klicken auf verschiedene Oberflächen mit dem „Interessenfokus“-Tool, können die NDVI-Werte erfragt werden. Die in der Lösung angegebenen Werte können leicht abweichen.

Aufgabe 8

Lösung:

Normalized Difference Water Index (NDWI):

1. Oberflächengewässer
2. $(B3-B8) / (B3+B8)$; B3= Grün, B8= Nahes Infrarot

Moisture Index:

1. Wassergehalt von Vegetation
2. $(B8a-B11) / (B8a+B11)$; B8a= Nahes Infrarot, B11= Kurzwelliges Infrarot

Aufgabe 9

Lösung (Beispiele):

NDWI: Welches räumliche Ausmaß hatte das Hochwasserereignis im Ahrtal?

Moisture Index: Wie haben sich Trockenperioden in Deutschland in den letzten Jahren räumlich und zeitlich verändert?