

Copernicus on the Job Forestry

Schulungsunterlagen
Modul 1
Grundlagen der Fernerkundung

Stand März 2023



Modul 1

Grundlagen der Fernerkundung

Copernicus on the Job - Forestry



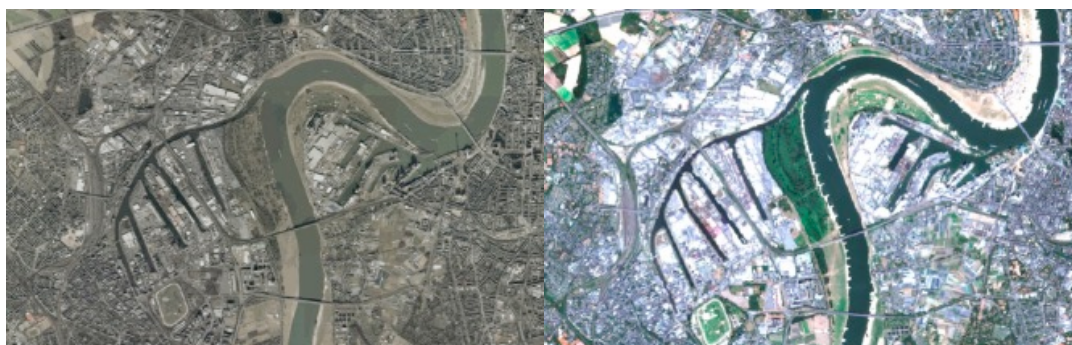
Inhalt

Definition	3
Das technische Prinzip – Strahlung	4
Spektrale Eigenschaften von Materialien	7
Aufnahmekanäle	10
Kanalkombinationen	11
Wolken	14
Hyperspektral, SAR, Thermal	15
Auflösung	16
In-Situ Daten	18

Definition

Definition

Satellitenfernerkundung ist das kontaktfreie Erfassen von Informationen über Objekte und Gebiete. Die Informationen werden aus Daten gewonnen, die z.B. von Drohnen, Flugzeugen oder Satelliten aufgezeichnet wurden.



Copernicus on the Job - Forestry

terranea

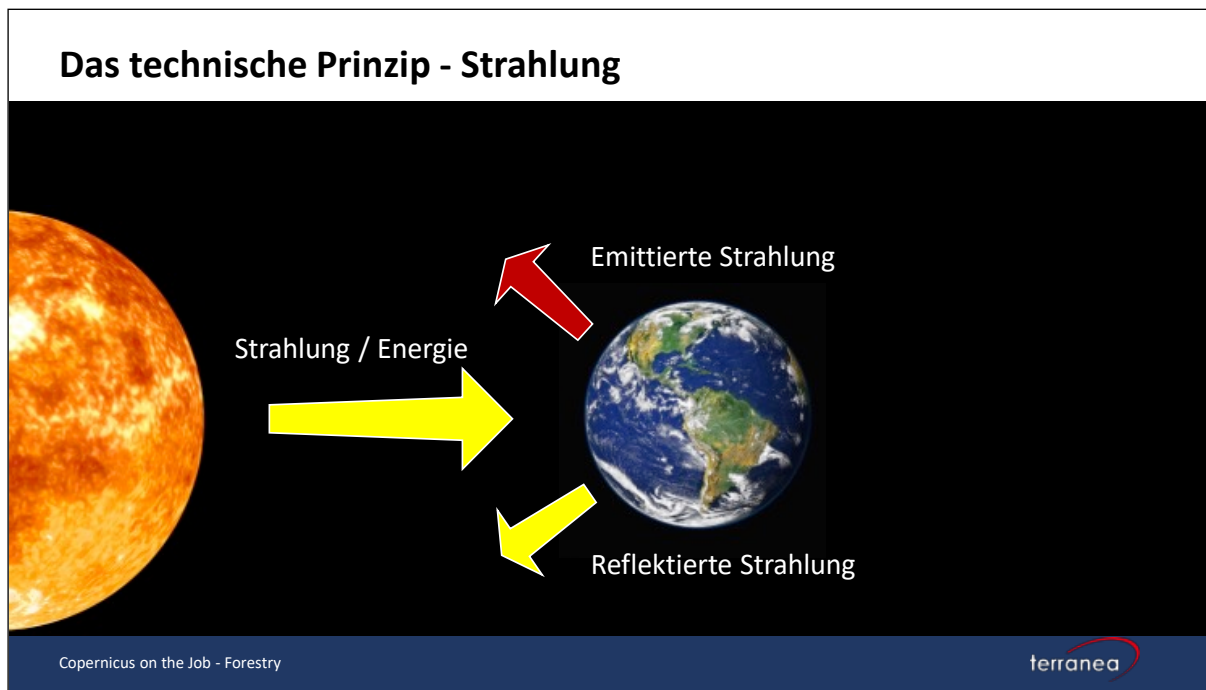
Unter Fernerkundung verstehen wir das kontaktfreie Erfassen von Informationen über Objekte, Oberflächen und Gebiete. Diese Informationen werden aus Daten gewonnen, die von Sensoren aufgezeichnet werden, die von einer Flugplattform getragen werden. Diese Flugplattform kann zum Beispiel eine Drohne (UAV), ein Flugzeug oder ein Satellit sein.

Es gibt unzählige Satellitenmissionen, welche Fernerkundungsdaten liefern. Wir werden uns im Rahmen der Schulung vor allem mit den Sentinel Satelliten des Copernicus Programms beschäftigen.

Im folgenden Modul beschäftigen wir uns mit einigen technischen Grundlagen der Fernerkundung. Diese sind notwendig, um Daten und abgeleitete Produkte einordnen und evaluieren zu können.

Neben der Fernerkundung finden sich in der Literatur auch Begriffe wie Erdbeobachtung oder auf englisch Earth Observation und Remote Sensing.

Das technische Prinzip – Strahlung



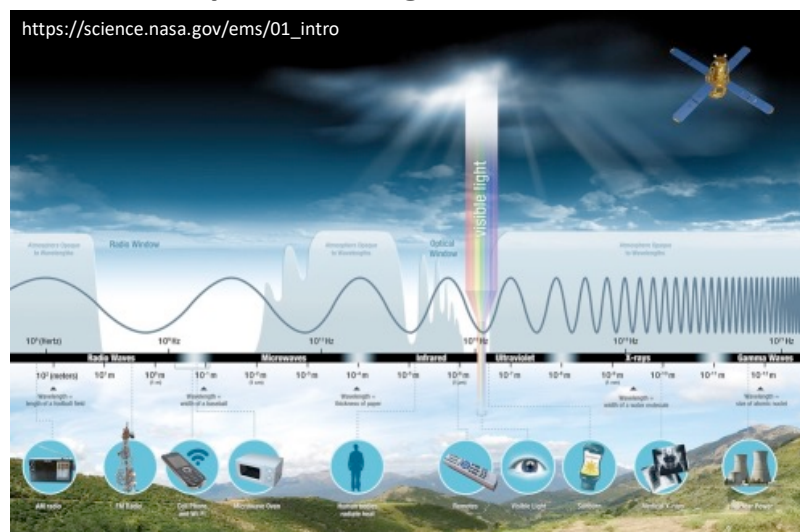
In der Fernerkundung arbeitet man mit Daten über die elektromagnetische Strahlung der Sonne. Die Sonne „scheint“. Dies bedeutet, dass elektromagnetische Strahlung ganz unterschiedlicher Wellenlängen von der Sonne emittiert wird.

In der Erdatmosphäre wird ein Teil der Strahlung bereits reflektiert oder von Wassertröpfchen und Ozon absorbiert. Ein Teil erreicht die Erdoberfläche, wo sie teilweise absorbiert wird oder aber wiederum reflektiert wird. Die absorbierte Energie wird in Wärme umgewandelt (ein bestrahlter Körper oder eine Oberfläche erwärmen sich).

Die Fernerkundung nutzt nun einen Teil der reflektierten Strahlung. Da jedes Material die Strahlung unterschiedlich reflektiert können die Sensoren entsprechend ausgelegt werden, um bestimmte Oberflächen zu detektieren. Anstatt Wellenlängenbereichen spricht man auch von Spektralbereichen.

Die sogenannte **passive Fernerkundung** nutzt nur die reflektierte Sonnenstrahlung. **Aktive Sensoren** senden selbst Strahlung aus und erfassen die reflektierte Energie. Radarsensoren funktionieren nach diesem Prinzip.

Das technische Prinzip - Strahlung



Copernicus on the Job - Forestry

terranea

Das elektromagnetische Spektrum erstreckt sich über einen weiten Bereich von kurzen bis zu sehr langen Wellen. Die obige Abbildung zeigt dies schematisch. Sehr kurze Wellenlängen finden sich zum Beispiel im Bereich der Gamma-Strahlen oder auch Röntgenstrahlen. Längere Wellenlängen finden sich im Bereich der Mikrowellen und Radiowellen. Mit zunehmender Wellenlänge nimmt die Energie ab.

Im mittleren Wellenlängenbereich befindet sich die Energie, welche für das menschliche Auge sichtbar ist. Wir unterscheiden dabei die drei Bereiche Blau, Grün und Rot (RGB) und entsprechende Farbmischungen.

Das technische Prinzip

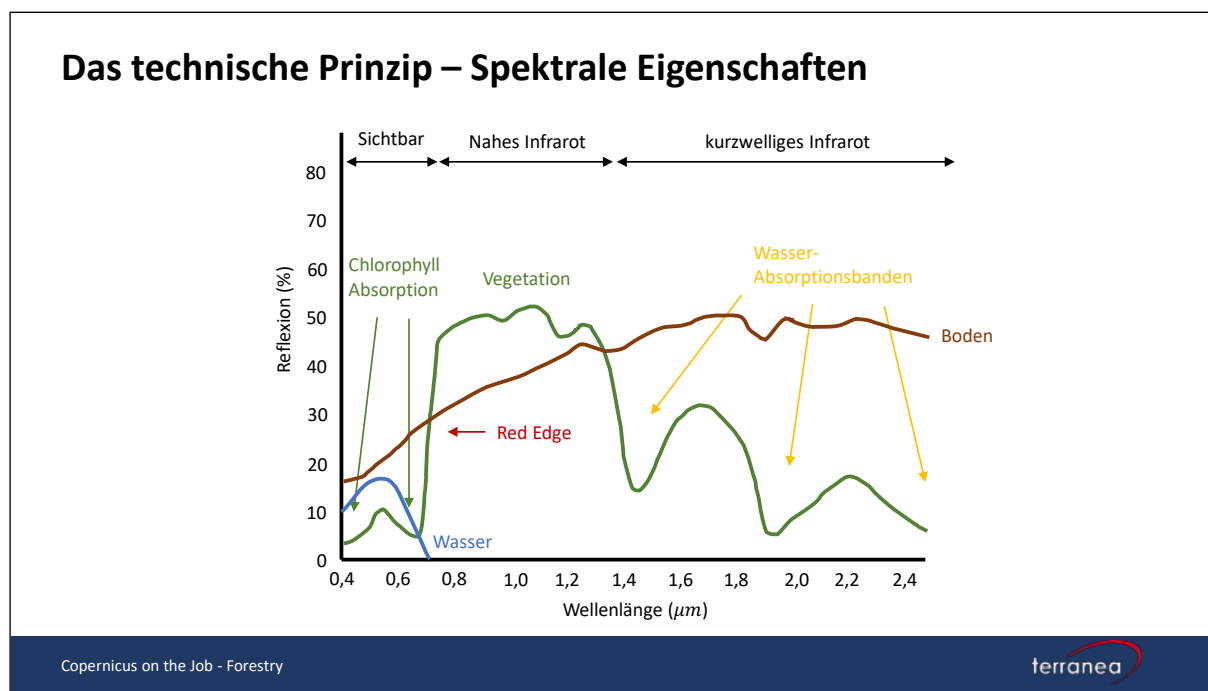


Copernicus on the Job - Forestry

terranea

In der obigen Abbildung (in den Folien als Videoanimation) wird dargestellt, wie der Satellit die Erdoberfläche umkreist und die reflektierte Energie aufzeichnet. Die meisten passiven Satelliten sind so aufgebaut, dass sie mehrere spektrale Bereiche erfassen können. Man nennt sie deshalb auch **multispektrale Sensoren**.

Spektrale Eigenschaften von Materialien



Betrachtet man Reflexionsgrad im Vergleich zur Wellenlänge, lassen sich für verschiedene Materialien und Oberflächen spezifische spektrale Eigenschaften erkennen.

Vegetation, Boden oder Wasser haben beispielsweise sehr unterschiedliche spektrale Eigenschaften. D.h. sie reflektieren unterschiedlich stark in den unterschiedlichen Wellenlängenbereichen.

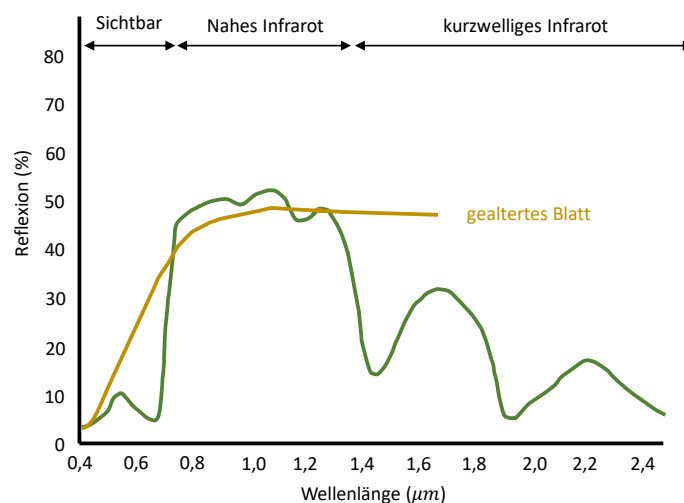
Diese Eigenschaften machen wir uns in der digitalen Bildverarbeitung zunutze.

Die in der Abbildung dargestellte grüne Kurve zeigt schematisch die Eigenschaften von Vegetation. Das Chlorophyll gesunder Pflanzen absorbiert die elektromagnetische Energie im blauen und roten Bereich sehr stark. Gleichzeitig erreicht die Reflexion im grünen Spektrum einen Höhepunkt, so dass unser Auge gesunde Vegetation als grün wahrnimmt.

Zum nahen Infrarot hin erfolgt ein steiler Anstieg der Reflexion, die für uns bereits nicht mehr sichtbar ist. Man nennt diesen Anstieg auch die rote Kante - Red Edge. Im nahen Infrarotbereich (NIR) reflektiert ein Pflanzenblatt im Mesophyll etwa 50 % der einfallenden Energie.

Mit zunehmender Wellenlänge (im kurzwelligen Infrarot) absorbiert Wasser in den sogenannten Absorptionsbanden die Energie. Hier lässt sich also der Wassergehalt der Pflanze analysieren.

Das technische Prinzip – Spektrale Eigenschaften

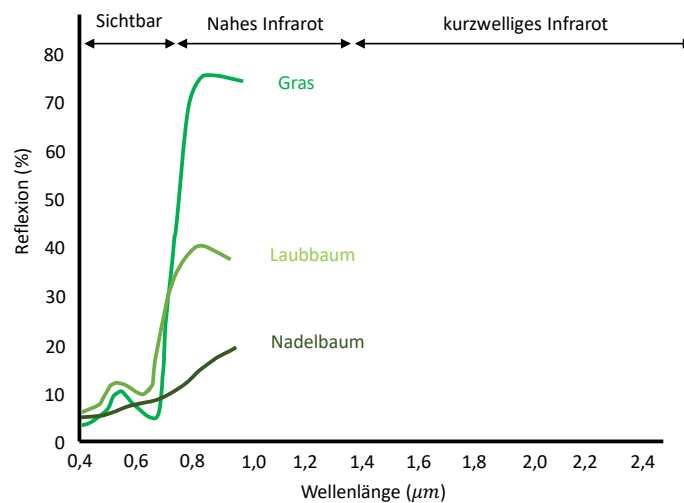


Copernicus on the Job - Forestry

terranea

Während gesunde Vegetation also grün für das Auge erscheint, weil eine starke Reflexion im grünen Spektralbereich erfolgt, zeigt eine gestresste oder eine gealterte Pflanze ein anderes spektrales Bild. Der Alterungsprozess hat zur Folge, dass weniger Chlorofyll produziert wird. Das Ergebnis ist eine geringere Absorption im blauen und roten Bereich. Da nun also im blauen, grünen und roten Bereich des Lichts reflektiert wird erscheint uns gestresste Vegetation gelb oder braun. Dies ist eine einfache Folge der Farbmischung.

Das technische Prinzip – Spektrale Eigenschaften



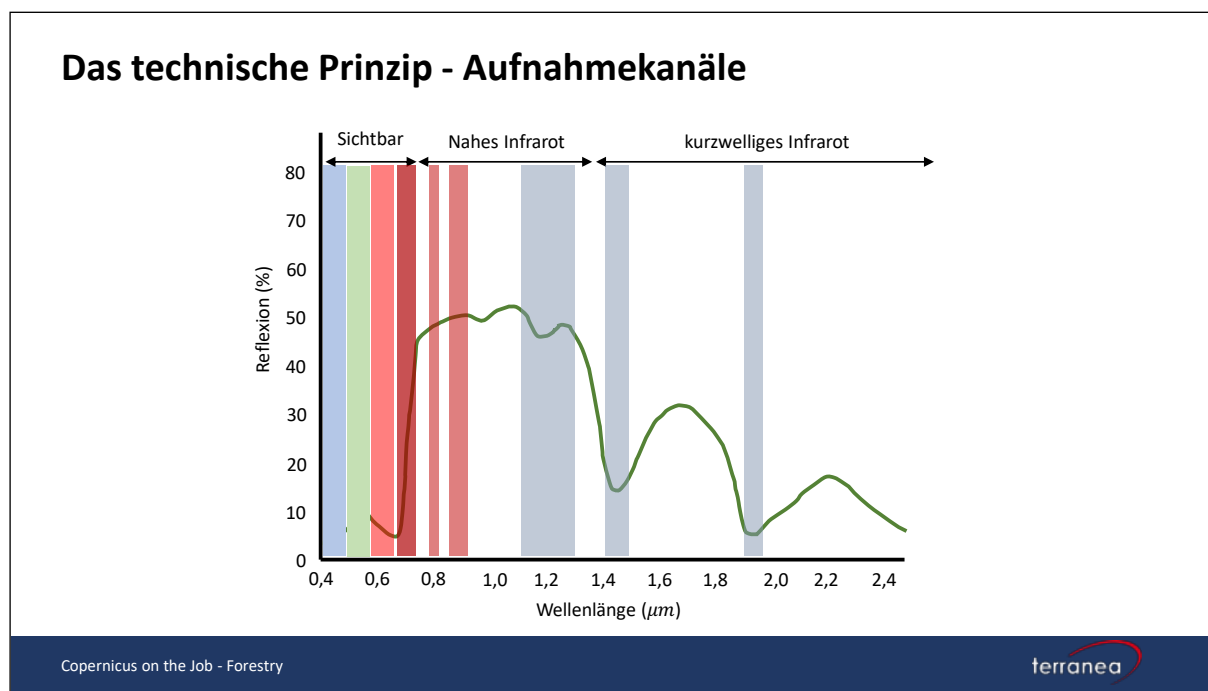
Copernicus on the Job - Forestry

terranea

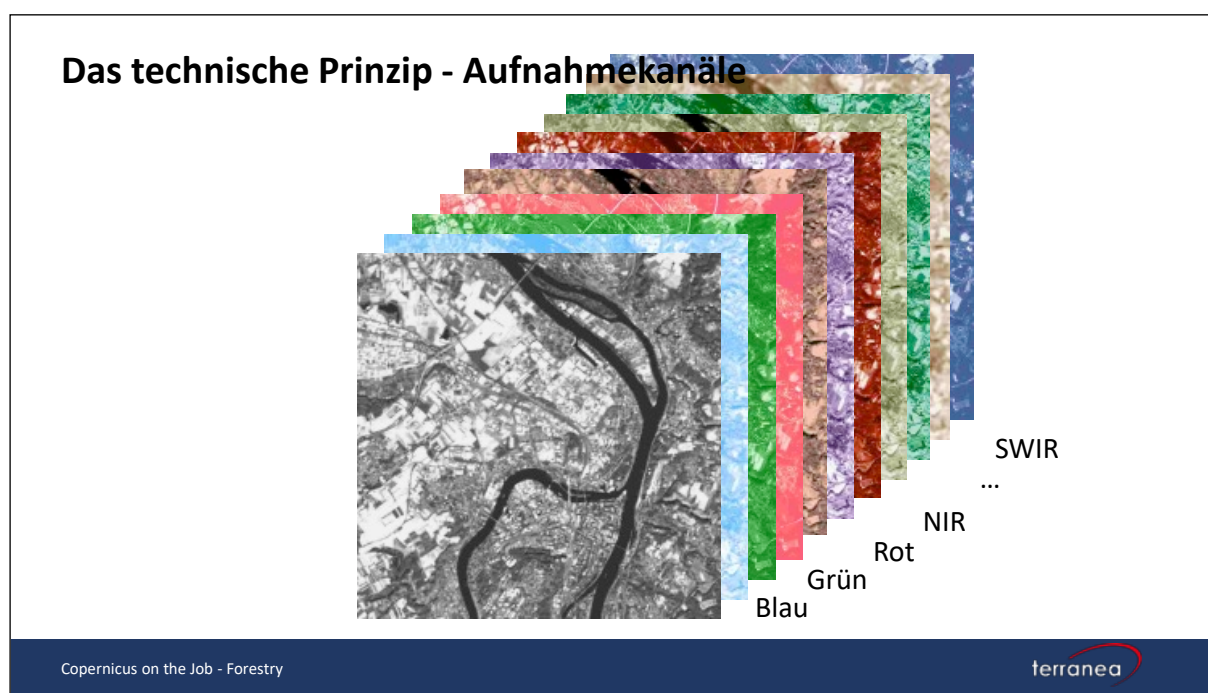
Da die Blattstruktur je nach Pflanzenart sehr unterschiedlich ist, lassen sich vor allem im nahen Infrarot Arten unterscheiden. So kann beispielsweise die spektrale Reflexion von Laub- und Nadelbäumen im grünen Bereich ähnlich sein. Laubbäume weisen jedoch eine höhere Reflektion im nahen Infrarot auf als Nadelbäume. Gras reflektiert noch stärker.

Wir werden in der Folge einige Bildbeispiele sehen, wo dies sichtbar wird.

Aufnahmekanäle



Je nach Fragestellung werden Satellitensensoren nun so konzipiert, dass sie die verschiedenen Wellenlängenbereich erfassen können. Sentinel-2 ist zum Beispiel so ausgelegt, dass 13 verschiedene Wellenlängenbereiche parallel erfasst werden. Man spricht auch von 13 Bändern.



Kanalkombinationen

Das technische Prinzip - Aufnahmekanäle

Echtfarben

Rot

Grün

Blau

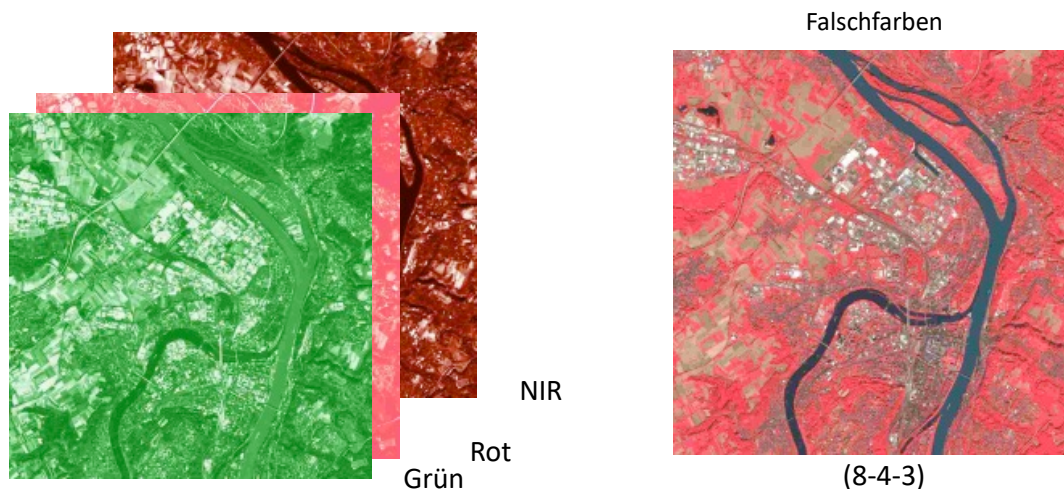
(4-3-2)

Copernicus on the Job - Forestry

terranea

Das menschliche Auge sieht nur die drei Wellenlängenbereiche blau, grün und rot und entsprechende Mischformen. Ein Blick ins Internet erklärt die Prinzipien der additiven und subtraktiven Farbmischung (https://de.wikipedia.org/wiki/Additive_Farbmischung). Dementsprechend werden für die Visualisierung von Satellitenbildern diese drei Farbtöne herangezogen. Wie oben dargestellt ergibt eine Mischung aus blauem, grünem und rotem Band eine sogenannte Echtfarbandarstellung. Sie entspricht der natürlichen Wahrnehmung. Durch die Visualisierung in RGB lassen sich nun auch die spektralen Bereiche sichtbar machen, die für das Auge eigentlich nicht sichtbar sind. Man belegt einfach eine der Grundfarben mit dem gewünschten Kanal.

Das technische Prinzip - Aufnahmekanäle

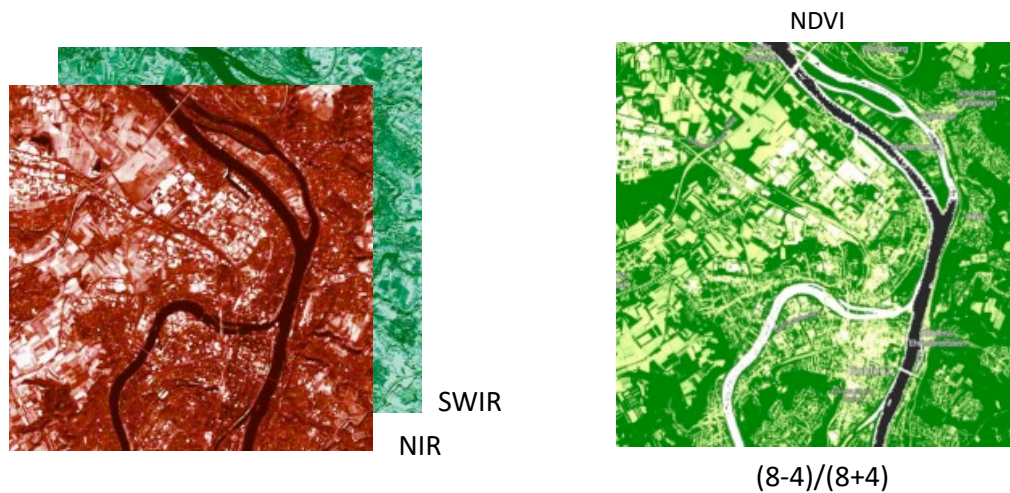


Da Vegetation unterschiedlich stark im nahen Infrarot reflektiert, eignet sich bei Vegetationsbetrachtungen eine Kombination mit dem nahen Infrarot. Eine Kombination der spektralen Bereiche grün, rot und nahem Infrarot ergibt eine sogenannte Falschfarbendarstellung. Das nahe Infrarot wird in rot, rot wird in grün und grün wird in blau dargestellt. Dies kann schnell zu Verwirrung führen. Dennoch gibt es typische Kanalkombinationen, wie auch die oben dargestellte. Darin wird Vegetation in verschiedenen Rottönen dargestellt (starke Reflexion im nahen Infrarot, der rote Kanal in der Dreifarbenkombination wird mit dem nahen Infrarot belegt). Offener Boden zeigt sich in Brauntönen, Bebauung in grau und weiß, Wasser in dunklem blau.

Da es sich z.B. bei Sentinel-2 um die Bänder 8 (NIR), 2 (R) und 3 (G) handelt, werden in Dokumentationen auch diese Zahlen als Erläuterung angegeben (z.B. Falschfarbendarstellung 8-4-3). Somit weiß der Leser, welche Bandkombination in RGB dargestellt wird.

Wie erwähnt gibt es zahlreiche Farb-/Kanalkombinationen, die es erlauben die visuelle Interpretation von Bildern zu erleichtern und bestimmte Sachverhalte zu betonen.

Das technische Prinzip - Aufnahmekanäle



Copernicus on the Job - Forestry

terranea

Es lassen sich die Kanäle auch durch einfache mathematische Operatoren miteinander verknüpfen. Die Abbildung oben zeigt eine Darstellung des normierten differenzierten Vegetationsindex (NDVI, engl. Normalized Difference Vegetation Index).

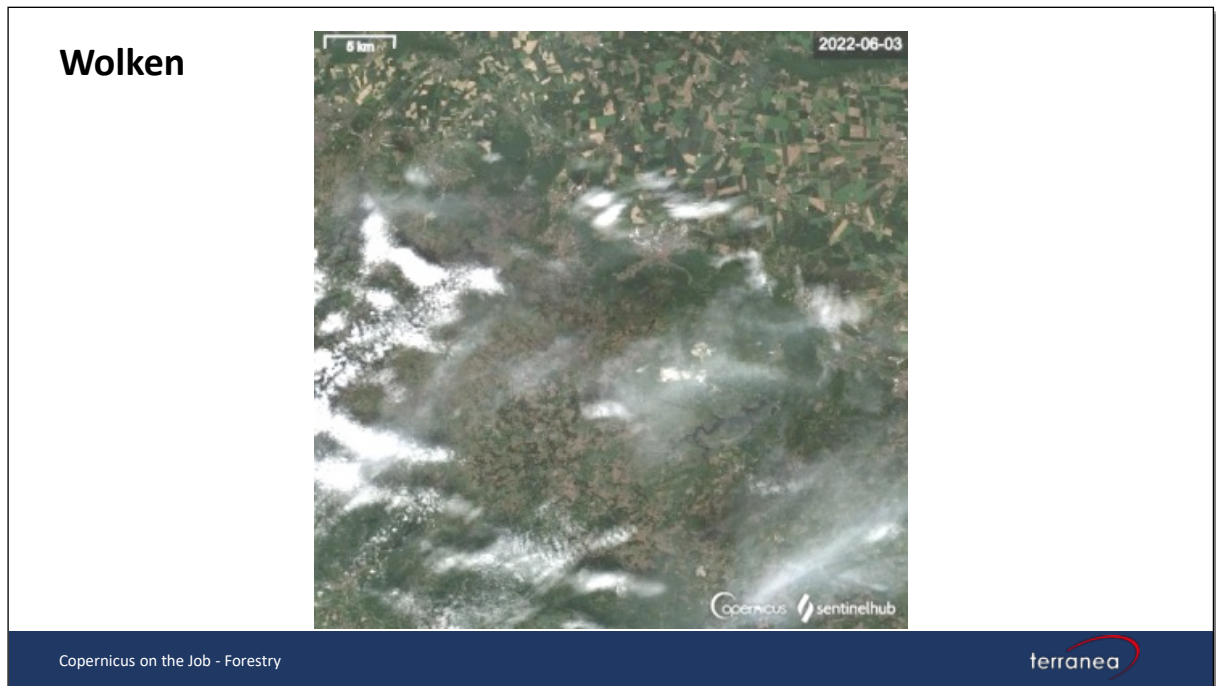
Dafür werden die Kanäle 8 und 4 von Sentinel-2 zunächst voneinander subtrahiert und dann durch die Summe der beiden Kanäle geteilt. Als Ergebnis erhält man ein Graustufenbild, das man gewöhnlich, um die Interpretation zu erleichtern, wieder einfärbt.

So lassen sich für unterschiedliche Fragestellungen unzählige Indizes berechnen. Eine detaillierte Übersicht geben z.B. Henrich et al. in ihrer IDB – Indexdatenbase¹.

<https://www.indexdatabase.de/info/credits.php>

¹ Henrich, V., Krauss, G., Götze, C., Sandow, C. (2012): IDB - www.indexdatabase.de, Entwicklung einer Datenbank für Fernerkundungsindizes. AK Fernerkundung, Bochum, 4.-5. 10. 2012. (PDF)

Wolken



Die von der Erdoberfläche reflektierte Energie kann bei klarem Himmel vom Sensor erfasst werden. Da die Energie jedoch in Wolken erneut reflektiert und auch absorbiert werden kann, stellen sie ein Problem für passive Sensoren da. Aktive Radarsensoren senden Energie im Bereich der Mikrowellen aus. Diese durchdringen Wolken. So lassen sich mit Radarsensoren auch Informationen der Erdoberfläche bei Bewölkung erfassen.

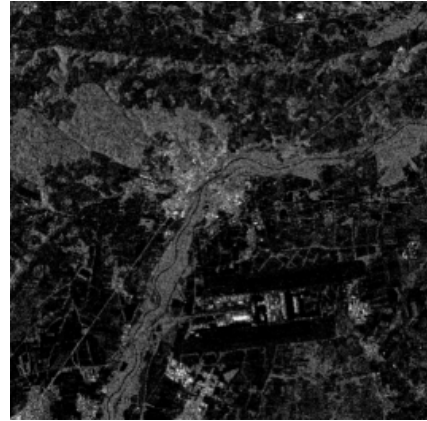
Hyperspektral, SAR, Thermal

Hyperspektral, SAR, Thermal

Es gibt unzählige Satellitenmissionen, die für die Erfassung unterschiedlicher Wellenlängen ausgelegt sind.

Manche Missionen ergänzen sich (z.B. Landsat und Sentinel-2).

- Hyperspektralsensoren (z.B. EnMAP) erfassen die Energie in sehr vielen schmalen Bändern.
- Thermalsensoren erfassen die Wärmestrahlung der Erdoberfläche (z.B. Sentinel-3).
- SAR (Mikrowellen) Sensoren senden selbst aktiv Energieimpulse auf, deren Reflexionen wieder erfasst werden. SAR durchdringt die Wolkendecke.




Wie bereits erwähnt gibt es Satellitensensoren unterschiedlicher Auslegung. Im Bereich der passiven Sensoren gibt es sogenannte Hyperspektralsensoren, welche die Energie in sehr schmalen Bändern erfassen. Der deutsche EnMAP Satellit zeichnet die Energie z.B. in 230 Bändern auf (vgl. Sentinel-2: 13 Bänder). In der Fernerkundung wurden hyperspektrale Aufnahmen ursprünglich vor allem für geologische Anwendungen eingesetzt (z.B. bei der Erkundung von Mineralien).

Auf das aktive Radarprinzip wurde oben bereits eingegangen. In der thermalen Fernerkundung wird die reflektierte Wärme von Erd- und Meeresoberfläche erfasst.


Auflösung

Die Auflösung

- Räumlich
- Zeitlich
- Spektral
- Radiometrisch



10 m

Copernicus on the Job - Forestry


Bei der Arbeit mit Fernerkundungsdaten wird man regelmäßig mit dem Begriff der Auflösung konfrontiert. Die Auflösung wird anhand von vier gänzlich unterschiedlichen Charakteristika definiert.

Die **räumliche Auflösung** bezeichnet die Flächengröße, die einer Rasterzelle (Pixel) des Satellitenbildes entspricht. Je nach räumlicher Auflösung lassen sich einzelne Objekte im Bild erkennen. Luftbilder werden heute mit sehr hohen räumlichen Auflösungen im Zentimeterbereich aufgenommen. Es gibt auch Satellitensensoren, die eine sehr hohe räumliche Auflösung erzielen. Diese Daten werden von kommerziellen Anbietern vertrieben. Im Englischen sprechen wir von Very High-Resolution Satellites (VHR). Sentinel-2 erfasst die Erdoberfläche in verschiedenen räumlichen Auflösungen (10m, 20m, 60m). Dieser sogenannte mittlere Auflösungsbereich reicht für sehr viele Fragestellungen völlig aus. Sentinel-3 wiederum liefert Daten in einer Auflösung von 300m und meteorologische Satelliten mit nur 1km Auflösung.

Die **zeitliche Auflösung** bezeichnet die sogenannten Wiederholungsrate, d.h. die Periode, die zwischen zwei Überflügen des Satelliten liegt. Durch den Einsatz von zwei Satelliten liegt die zeitliche Auflösung von Sentinel-2 in Europa bei ca. 5 Tagen. Je nach Fragestellung wird eine

hohe oder geringere zeitliche Auflösung benötigt (hohe z.B. bei Naturkatastrophen; geringere z.B. für die Waldbeobachtung).

Die **spektrale Auflösung** definiert die Anzahl der Bänder eines Satelliten sowie die spektralen Bereiche, die erfasst werden. Wie oben erwähnt spricht man von multi- und hyperspektralen Satelliten.

Die **radiometrische Auflösung** beschreibt die Farbtiefe eines Sensors. Diese wird in unterscheidbaren Graustufen definiert. Eine Darstellung in 8 Bit entspricht z.B. 256 Graustufen. Eine Darstellung in 12 Bit umfasst dagegen 4096 Graustufen.

In-Situ Daten

In situ Daten



Sind essentiell als Referenzdaten (Kalibrierung, Validierung, Training von Auswerteargorithmen) und notwendige Ergänzung für die Datenanalyse

Copernicus on the Job - Forestry


Im Kontext von Copernicus umfasst der Begriff "in situ" alle Daten aus anderen Quellen als der Erdbeobachtung. Folglich sind alle bodengestützten, luftgestützten und schiffsgestützten Messungen, die für die Umsetzung und den Betrieb der Copernicus-Dienste erforderlich sind, Teil der Copernicus In situ-Komponente.

In der Erdbeobachtung sind in situ Daten essenziell: sie werden zunächst für die Kalibrierung von Satelliten eingesetzt. Darüber hinaus dienen sie zur Validierung von Produkten, die aus Satellitenbildern abgeleitet wurden. In situ Daten werden auch benötigt, um Algorithmen für die automatisierte Bildauswertung zu trainieren.

Darüber hinaus dienen in situ Daten als Ergänzung bei der Datenanalyse.

Ende MODUL 1