

**Fernerkundung:** Erfassung und Analyse der Erdoberfläche und anderer Objekte aus der Ferne ohne direkten Kontakt mit Hilfe von Sensoren

**NAHBEREICHSFERNERKUNDUNG**

2. LFB / LFE – PRAXISTAG

Erfassung aus geringer Entfernung von meist kleinräumigen Gebieten durch bodengestützte Sensoren oder Sensoren an Drohnen und Flugzeugen

**SATELLITENBASIERTE FERNERKUNDUNG**

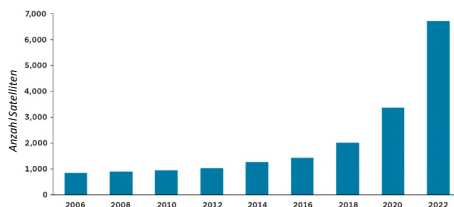


Erfassung aus dem Weltraum von großflächigen Gebieten durch Sensoren an Satelliten

**Satelliten**

circa 10.000 operative Satelliten befinden sich derzeit im Weltall (Quelle NASA)

Anstieg der operativen Satelliten von 2006 bis 2022



Grafik Quelle: © 2023 Union of Concerned Scientists

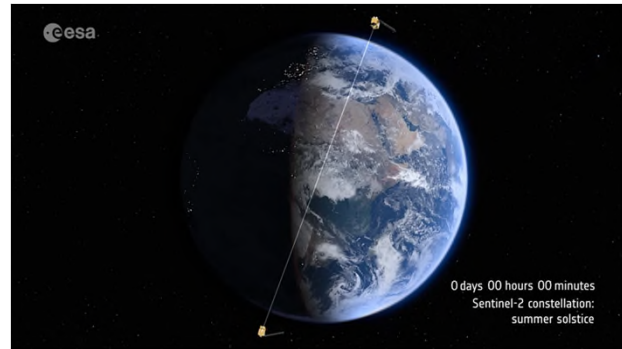


Illustration: © ESA

## Satelliten      Kreisen auf unterschiedlichen Umflaubahnen (Orbits):

### Erdnaher Orbit (200 bis 800 km) → „LEO-Satelliten“ (Low Earth Observation):

- Erdoberfläche wird von Sensoren in Zeilen (Streifen) „abgetastet“
- je nach Satellitenmission überqueren sie jeden Punkt der Erde etwa alle 1 bis 16 Tage
- dadurch ist eine kontinuierliche Überwachung und Beobachtung der Erdoberfläche möglich
- werden für die Überwachung der Landbedeckung genutzt und damit auch für das **Monitoring unserer Wälder**



Quelle: © ESA, ESA/ATG medialab; ESA Standard Licence – Copernicus Sentinel-2A und 2B zeitliche Auflösung

## Satelliten      Kreisen auf unterschiedlichen Umflaubahnen (Orbits):

### Erdnaher Orbit (200 bis 800 km) → „LEO-Satelliten“ (Low Earth Observation):

- Erdoberfläche wird von Sensoren in Zeilen (Streifen) „abgetastet“
- je nach Satellitenmission überqueren sie jeden Punkt der Erde etwa alle 1 bis 16 Tage
- dadurch ist eine kontinuierliche Überwachung und Beobachtung der Erdoberfläche möglich
- werden für die Überwachung der Landbedeckung genutzt und damit auch für das **Monitoring unserer Wälder**



Quelle: © ESA, ESA/ATG medialab; ESA Standard Licence – Copernicus Sentinel-2A und 2B zeitliche Auflösung

**Zeitliche Auflösung**  
Je häufiger man von derselben Region neue Messdaten erhält, desto höher ist die zeitliche Auflösung



## Satelliten – Sensoren Es werden hauptsächlich zwei Arten von Sensoren eingesetzt:



### PASSIVE SENSOREN

Zeichnen natürlich vorhandene Strahlung auf  
(z. B. die von der Erdoberfläche reflektierte  
Sonneneinstrahlung oder die von der Erde  
emittierte Wärmestrahlung (thermale  
Fernerkundung))

Vorteile: Bilder in Echtfarben und im  
Infrarotbereich erstellbar

Nachteile: von direkter Sonneneinstrahlung  
abhängig

→ Optische Fernerkundung  
(multi- und hyperspektrale Fernerkundung)



### AKTIVE SENSOREN

Senden selbst elektromagnetische Strahlung aus und  
messen die von der Erdoberfläche reflektierten oder  
gestreuten Anteile

Vorteile: nicht auf Sonneneinstrahlung angewiesen;  
penetriert durch Wolken

Nachteile: keine Echtfarbenbilder erstellbar  
(erschwerter Interpretation)

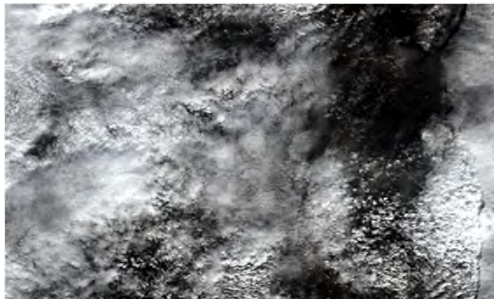
→ Radarfernerkundung



## Satelliten – Sensoren Es werden hauptsächlich zwei Arten von Sensoren eingesetzt:



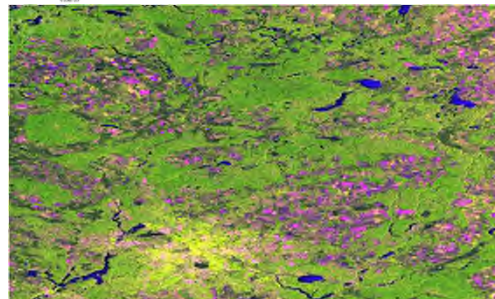
### PASSIVE SENSOREN



Nord-Ostbrandenburg inkl. Berlin  
Sentinel 2 - 11.10.2017 (frühester Datensatz nach Xavier)  
Color composite: Red (B4) – Green (B3) – Blue (B2)



### AKTIVE SENSOREN



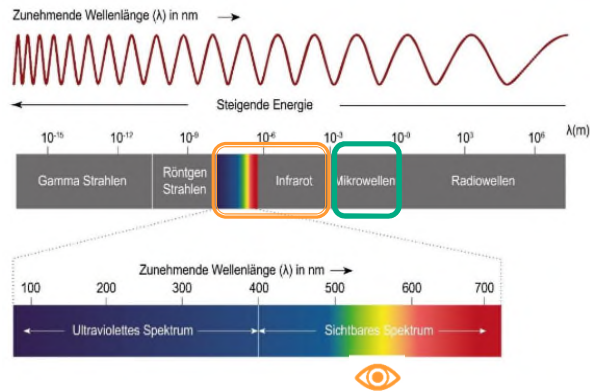
Nord-Ostbrandenburg inkl. Berlin  
Sentinel 1 - 07. 10.2017 (frühester Datensatz nach Xavier)  
Color composite: Sigma0\_VV – Sigma\_VH – Sigma0\_VV/Sigma0\_VH

### Satelliten – Sensoren – Messdaten

Satellitenbilder sind **keine Bilder** im Sinne eines Fotos! Sie sind „nur“ **bildliche Darstellungen von Messdaten!**

**Aktive** und **passive** Sensoren messen unterschiedliche elektromagnetische Strahlung des elektromagnetischen Spektrums.

Diese mit digitaler Bildverarbeitung zu Messdaten werden Geoinformationen verarbeitet.

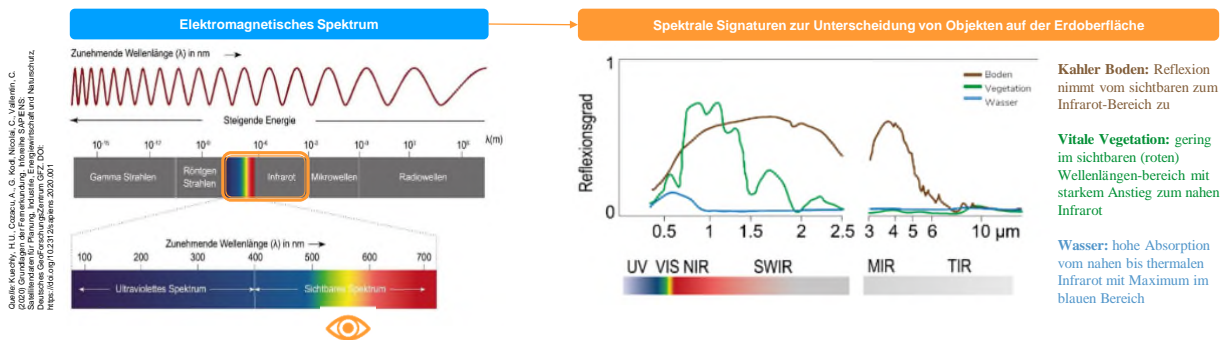


Quelle: Kuechly, H.U., Cozou, A., G. Koef, Nicolai, C., Valentin, C. (2020) Grundlagen der Fernerkundung. In: Reihe SAPR-NIS. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. DOI: <https://doi.org/10.2312/sapriens.2020.001>

### Satelliten – Sensoren – Messdaten

Satellitenbilder sind **keine Bilder** im Sinne eines Fotos! Sie sind „nur“ **bildliche Darstellungen von Messdaten!**

**Passive** Sensoren in der **optischen Fernerkundung** messen elektromagnetische Strahlung im sichtbaren und Infrarot-Bereich des elektromagnetischen Spektrums.

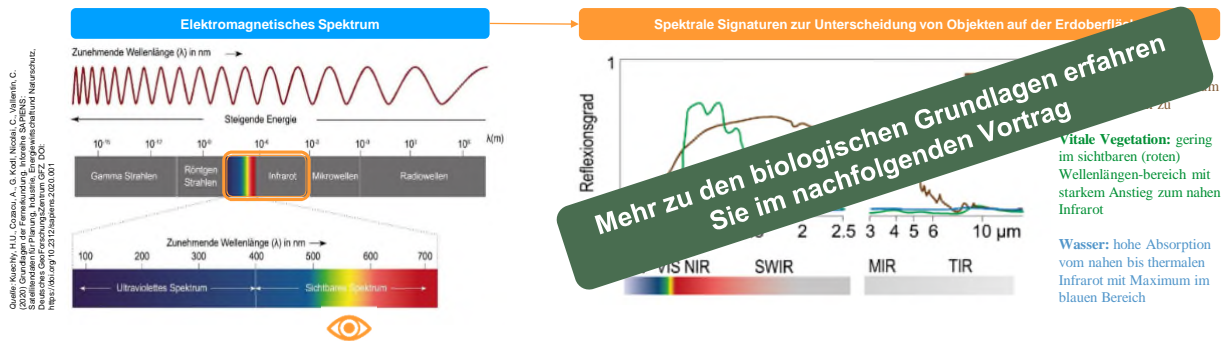


Quelle: Kuechly, H.U., Cozou, A., G. Koef, Nicolai, C., Valentin, C. (2020) Grundlagen der Fernerkundung. In: Reihe SAPR-NIS. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. DOI: <https://doi.org/10.2312/sapriens.2020.001>

## Satelliten – Sensoren – Messdaten

! Satellitenbilder sind keine Bilder im Sinne eines Fotos! Sie sind „nur“ **bildliche Darstellungen von Messdaten!**

**Passive** Sensoren in der **optischen Fernerkundung** messen elektromagnetische Strahlung im sichtbaren und Infrarot-Bereich des elektromagnetischen Spektrums.

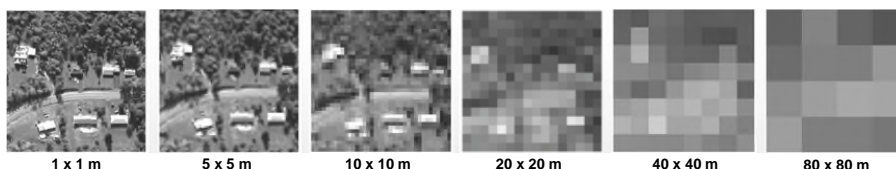


## Satelliten – Sensoren – Messdaten

! Satellitenbilder sind **keine Bilder** im Sinne eines Fotos! Sie sind „nur“ **bildliche Darstellungen von Messdaten!**

Jeder Bildpunkt (Pixel) auf der Erdoberfläche sendet eine charakteristische Reflexion aus, die vom Sensor gemessen wird.

- Diese gemessenen Reflexionswerte werden von den Sensoren in digitale Zahlenwerte umgewandelt, die dann gespeichert werden.
- Sie werden in einem Raster angeordnet, um ein flächendeckendes Bild der Erdoberfläche zu erzeugen.
- **Jeder Pixel** in diesem Raster erhält so einen numerischen Wert, der die **Intensität der Reflexion an dieser Stelle repräsentiert**.
- Je kleiner ein Pixel, desto detaillierter ist die Darstellung.



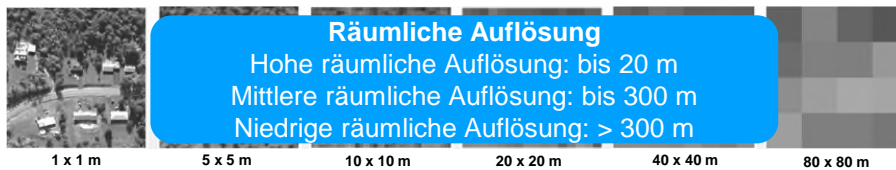
Quelle: Jensen 2007

## Satelliten – Sensoren – Messdaten

! Satellitenbilder sind **keine Bilder** im Sinne eines Fotos! Sie sind „nur“ **bildliche Darstellungen von Messdaten!**

Jeder Bildpunkt (Pixel) auf der Erdoberfläche sendet eine charakteristische Reflexion aus, die vom Sensor gemessen wird.

- Diese gemessenen Reflexionswerte werden von den Sensoren in digitale Zahlenwerte umgewandelt, die dann gespeichert werden.
- Sie werden in einem Raster angeordnet, um ein flächendeckendes Bild der Erdoberfläche zu erzeugen.
- **Jeder Pixel** in diesem Raster erhält so einen numerischen Wert, der die **Intensität der Reflexion an dieser Stelle repräsentiert**.
- Je kleiner ein Pixel, desto detaillierter ist die Darstellung.



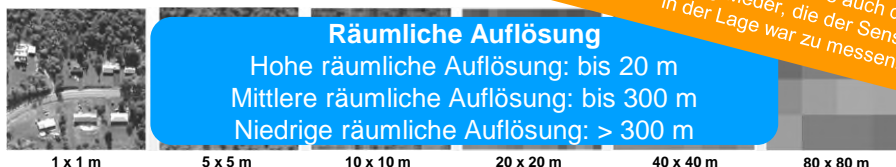
Quelle: Je nsen2007

## Satelliten – Sensoren – Messdaten

! Satellitenbilder sind **keine Bilder** im Sinne eines Fotos! Sie sind „nur“ **bildliche Darstellungen von Messdaten!**

Jeder Bildpunkt (Pixel) auf der Erdoberfläche sendet eine charakteristische Reflexion aus, die vom Sensor gemessen wird.

- Diese gemessenen Reflexionswerte werden von den Sensoren in digitale Zahlenwerte umgewandelt, die dann gespeichert werden.
- Sie werden in einem Raster angeordnet, um ein flächendeckendes Bild der Erdoberfläche zu erzeugen.
- **Jeder Pixel** in diesem Raster erhält so einen numerischen Wert, der die **Intensität der Reflexion an dieser Stelle repräsentiert**.
- Je kleiner ein Pixel, desto detaillierter ist die Darstellung.



Quelle: Je nsen2007



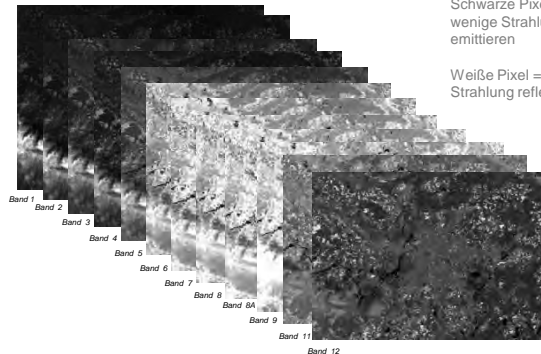
### Satelliten – Sensoren – Messdaten

Man erhält eine Reihe von einzelnen Dateien jeweils für einen bestimmten Bereich des Elektromagnetischen Spektrums (= Bänder)!

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

Quelle: <https://sentinel2.com/en/faq/faq-remote-sensing>  
Zitieren mit Angabe der Quelle ist erwünscht.

Darstellung in Graustufen, wobei die verschiedenen Graustufen unterschiedliche Intensitäten der Strahlungsreflexion und -emission darstellen und damit Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche zulassen



Schwarze Pixel = Bereiche, die wenige Strahlung reflektieren oder emittieren

Weißer Pixel = Bereiche, die viel Strahlung reflektieren oder emittieren

### Satelliten – Sensoren – Messdaten

Man erhält eine Reihe von einzelnen Dateien jeweils für einen bestimmten Bereich des Elektromagnetischen Spektrums (= Bänder)!

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

Quelle: <https://sentinel2.com/en/faq/faq-remote-sensing>  
Zitieren mit Angabe der Quelle ist erwünscht.

Darstellung in Graustufen, wobei die verschiedenen Graustufen unterschiedliche Intensitäten der Strahlungsreflexion und -emission darstellen und damit Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche zulassen

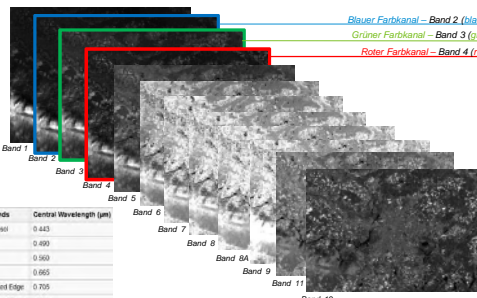


#### Spektrale Auflösung

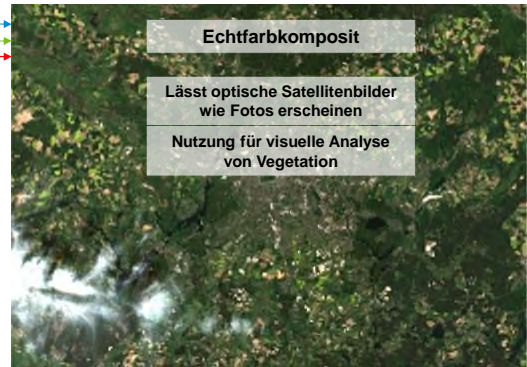
Multispektral: wenige Bänder (typischerweise ab 3)  
Hyperspektral: sehr viele Bänder (typischerweise mehr als 200)

### Satelliten – Sensoren – Messdaten – Erstellen von Farbkompositen

Nutzung des Prinzips des menschlichen Auges, welches Farbrezeptoren hat, die für drei Farbreize empfindlich sind: **Rot, Grün, Blau**  
→ digitale Bilder speichern Farbinformationen in Form **Rot-, Grün- und Blaukanälen**



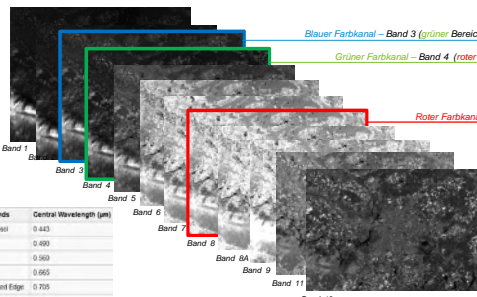
Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.490
Band 3 - Green	0.560
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - Water vapour	0.945
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375
Band 11 - SWIR	1.640
Band 12 - SWIR	2.130



**Echtfarbkomposit**  
Lässt optische Satellitenbilder wie Fotos erscheinen  
Nutzung für visuelle Analyse von Vegetation

### Satelliten – Sensoren – Messdaten – Erstellen von Farbkompositen

Nutzung des Prinzips des menschlichen Auges, welches Farbrezeptoren hat, die für drei Farbreize empfindlich sind: **Rot, Grün, Blau**  
→ digitale Bilder speichern Farbinformationen in Form **Rot-, Grün- und Blaukanälen**



Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.490
Band 3 - Green	0.560
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - Water vapour	0.945
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375
Band 11 - SWIR	1.640
Band 12 - SWIR	2.130

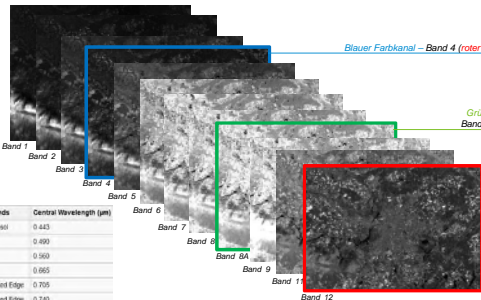


**Nah-Infrarot Komposit (Falschfarbenbild)**  
stellt photosynthetisch aktive Vegetation in kräftigen pinken Farbtönen dar, da diese stark im Nahinfrarotbereich reflektiert  
kann somit Aufschluss über den Zustand und die Vitalität der Vegetation geben

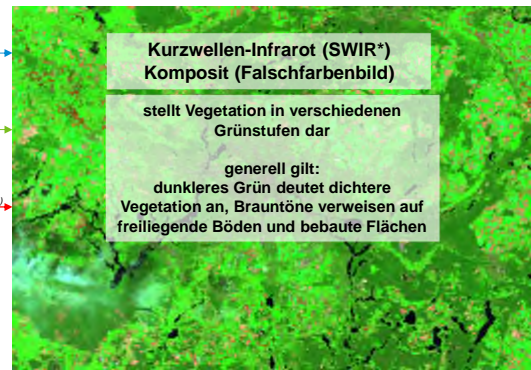


### Satelliten – Sensoren – Messdaten – Erstellen von Farbkompositen

Nutzung des Prinzips des menschlichen Auges, welches Farbrezeptoren hat, die für drei Farbreize empfindlich sind: **Rot, Grün, Blau**  
→ digitale Bilder speichern Farbinformationen in Form **Rot-, Grün- und Blaukanälen**

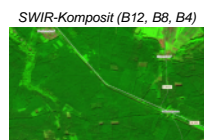
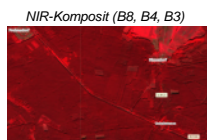


Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.490
Band 3 - Green	0.560
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - Water vapour	0.945
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375
Band 11 - SWIR	1.640
Band 12 - SWIR	2.130

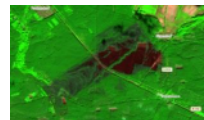
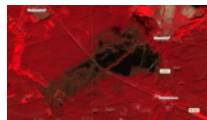


**Kurzwellen-Infrarot (SWIR\*)  
Komposit (Falschfarbenbild)**  
stellt Vegetation in verschiedenen  
Grünstufen dar  
generell gilt:  
dunkleres Grün deutet dichtere  
Vegetation an, Brauntöne verweisen auf  
freiliegende Böden und bebaute Flächen

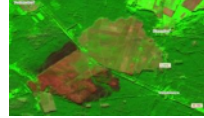
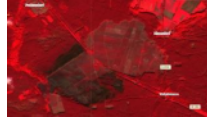
Sentinel-2  
29.09.2017



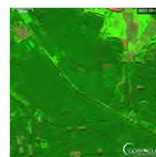
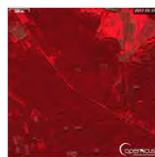
Sentinel-2  
29.09.2018  
Brand:  
24. – 26.08.2018



Sentinel-2  
30.09.2022  
Brand:  
17. – 19.06.2022

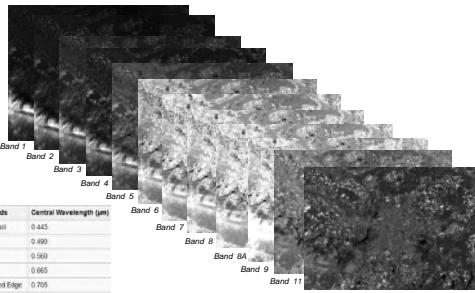


Sentinel-2  
Zeitreihe  
29.09.2017 –  
02.05.2024



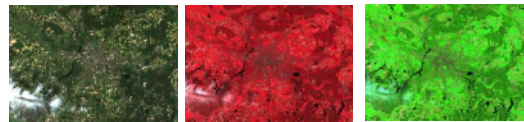
### Satelliten – Sensoren – Messdaten – Erstellen von Farbkompositen

Nutzung des Prinzips des menschlichen Auges, welches Farbrezeptoren hat, die für drei Farbreize empfindlich sind: **Rot, Grün, Blau**  
→ digitale Bilder speichern Farbinformationen in Form **Rot-, Grün- und Blaukanälen**



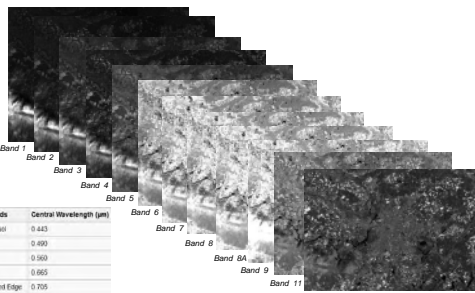
Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.491
Band 3 - Green	0.561
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - Water vapour	0.945
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375
Band 11 - SWIR	1.640
Band 12 - SWIR	2.130

Durch die Kombination verschiedener Spektralbänder in Farbkompositionen können Informationen für den menschlichen Betrachter besser visualisiert und interpretiert werden!



### Satelliten – Sensoren – Messdaten – Erstellen von Farbkompositen

Nutzung des Prinzips des menschlichen Auges, welches Farbrezeptoren hat, die für drei Farbreize empfindlich sind: **Rot, Grün, Blau**  
→ digitale Bilder speichern Farbinformationen in Form **Rot-, Grün- und Blaukanälen**



Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.491
Band 3 - Green	0.561
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - Water vapour	0.945
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375
Band 11 - SWIR	1.640
Band 12 - SWIR	2.130

Außerdem können anhand dieser Spektralbänder so genannte **Vegetationsindizes** berechnet werden...