

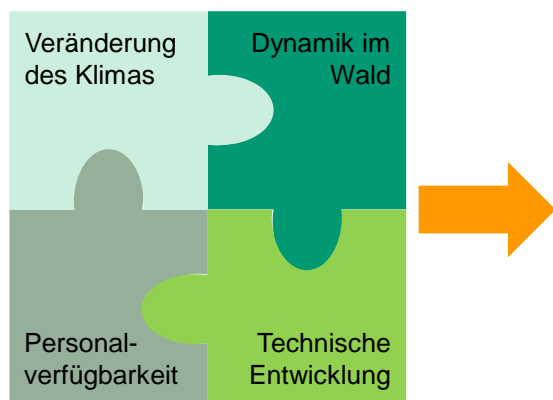
Praxistag

Satellitengestützte Fernerkundung – aktuelle Möglichkeiten und Grenzen der forstlichen Anwendung

Eberswalde, 10. Juli 2024



Aktueller Kontext



- Bedarf an
- möglichst aktuellen
 - flächenbezogenen
 - interpretierbaren
 - bildlich darstellbaren
- Informationen

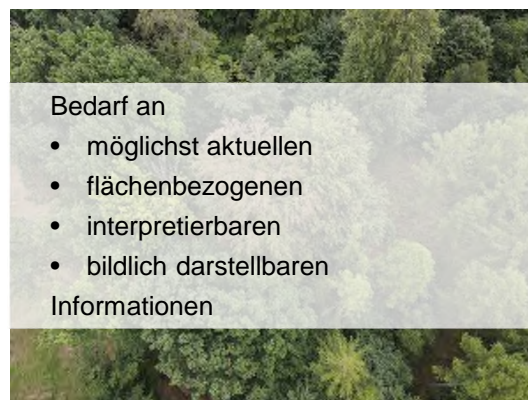



Foto: F. Becker




Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde



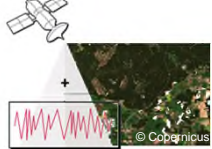
Mit Fernerkundung vom Punkt- zur Flächeninformation



© TH-WO Oka




© www.aerialphoto.com



© Copernicus



Einzelbaumerfassung




Plotinformation





Landschaft

Ulrike Hagemann | LFE | Einführung | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Folie 3



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Datenmenge und Speicherbedarf

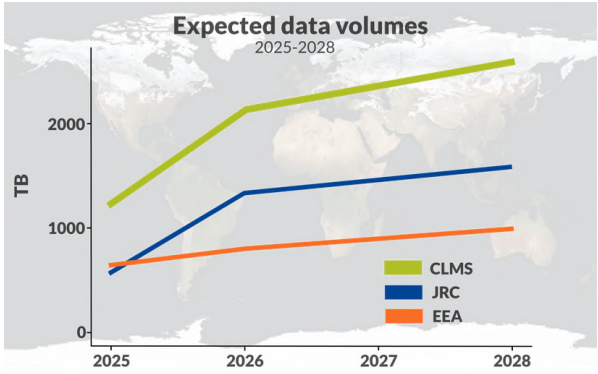
Deutliche Unterschiede bei Dateigrößen verschiedener Satelliten-Daten (Missionen)

Sentinel-2 MSI
110 x 110 km
Tile ≈ 1,09 GB

Landsat 8 OLI
170 x 185 km
Scene ≈ 1,05 GB

MODIS MOD13Q1
1200 X 1200 km
Granule ≈ 92,86 MB

Deutlich gesteigener Speicherbedarf – von 34 TB im Jahr 2019 auf ein erwartetes jährliches Ø-Wachstum von 200 TB!



Year	CLMS (TB)	JRC (TB)	EEA (TB)
2025	~1200	~600	~500
2026	~2100	~1300	~800
2027	~2300	~1500	~900
2028	~2500	~1600	~1000

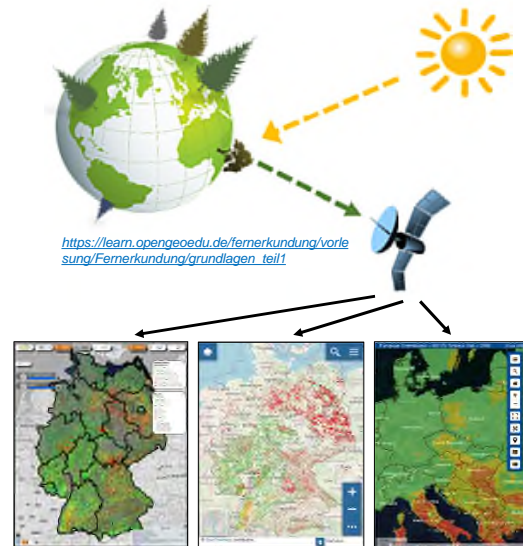
Ulrike Hagemann | LFE | Einführung | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Folie 4

Universalwerkzeug Fernerkundung ?

Potenzial für

- **flächenhafte Beobachtung** von Wald-ökosystemen und deren Entwicklung
- **räumlich präzise Darstellung** großflächiger Schadereignisse
- Identifikation von Regionen mit höherem **Gefährdungspotential**
- **Reduktion** von Kosten- und Aufwand für Bereitstellung von Informationen

Wunsch
Wirklichkeit


Was bedeutet eigentlich FERNeerkundung?

Erfassung und Analyse der Erdoberfläche und anderer Objekte **aus der Ferne** – d.h. ohne direkten Kontakt und mit Hilfe von Sensoren

SATELLITENBASIERTE FERNERKUNDUNG

HEUTE


Erfassung aus dem Weltraum von großflächigen Gebieten durch Sensoren an Satelliten

NAHBEREICHSFERNERKUNDUNG


2. PRAXISTAG AM 18.09.2024

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

© Nicole Albert (Thünen-Institut)

Ziele des heutigen Praxistags

Das nehmen Sie mit:

- Verständnis der physikalischen und biologischen **Grundlagen**
- Kenntnisse über die wichtigsten Fernerkundungsverfahren und **-produkte**
- aktuelle **forstlich relevante Anwendungsbeispiele** und Einsatzbereiche
- **ein realistisches Bild** der aktuellen technischen **Möglichkeiten** und **Grenzen**

mit Blick auf die Ableitung forstlich-praxisrelevanter Informationen aus Satelliten-Fernerkundungsdaten

Grundlagen

+

von Daten zur Information

+

Möglichkeiten und Grenzen

=

komplexe Theorie aufbereitet
für die Praxis

Ulrike Hagemann | LFE | Einführung | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Agenda – Vormittag

09:00 – 09:10	Begrüßung und Ziele <i>Ulrike Hagemann, Landeskennenzentrum Forst Eberswalde</i>
09:10 – 09:30	Fernerkundung früher & heute <i>Olaf Ruffer, Landeskennenzentrum Forst Eberswalde & Nicole Albert, HNEE / TI-WO</i>
Session 1	Einführung in die satellitengestützte Fernerkundung
09:30 – 10:00	Physikalische Grundlagen <i>Nicole Albert, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde / Thünen-Institut für Waldökosysteme</i>
10:00 – 10:20	Biologische Grundlagen <i>Ralf Kätzel, Landeskennenzentrum Forst Eberswalde</i>
10:20 – 10:30	Zeit für Fragen
10:30 – 11:00	Kaffeepause (...und Poster im Wintergarten)
Session 2	Von Daten zur Information
11:00 – 11:30	Grundlagen der Vegetationsindizes <i>Frank Becker, Landeskennenzentrum Forst Eberswalde</i>
11:30 – 11:50	Datenaufbereitung & Interpretation <i>Tanja Sanders, Thünen Institut für Waldökosysteme</i>
11:50 – 12:00	Zeit für Fragen
12:00 – 13:00	Mittagspause



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde



Agenda – Nachmittag

Session 3 Möglichkeiten und Grenzen – Anwendungsbeispiele

13:00 – 13:20	Grundlagen der Interpretation - Phänologie & Vitalität <i>Tanja Sanders, Thünen-Institut für Waldökosysteme</i>
13:20 – 13:45	Erfassung von Störungen <i>Tanja Sanders, Thünen-Institut für Waldökosysteme</i>
13:45 – 14:15	Praxisbeispiel Insektenfraß – Dokumentation & Analyse <i>Katrin Möller, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde</i>
14:15 – 14:30	Baumartenerkennung <i>Olaf Rüffer, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde</i>

14:30 – 15:30 Ausblick und Schlussdiskussion

Mit freundlicher Unterstützung durch das Thünen-Institut für Waldökosysteme und der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde



Fernerkundung früher & heute

Olaf Rüffer | Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde



Fernerkundung als räumliche Informationsquelle des Waldzustandes

- in Deutschland frühester Beleg - Artikel im Berliner Tageblatt v. 10. September 1887:

„ein „angehender Jünger des Waldes“ versucht (hat), von einem Fesselballon aus aufgenommene Luftbildaufnahmen zur Bestandeskartierung zu benutzen...“ (Hildebrandt, 1974)

- erste operationelle Anwendungen (Messtisch - Photogrammetrie) um 1880 in den österreichischen Alpen für unzugängliche Berghänge



Ballonfoto des Wiener Heldenplatzes um 1900

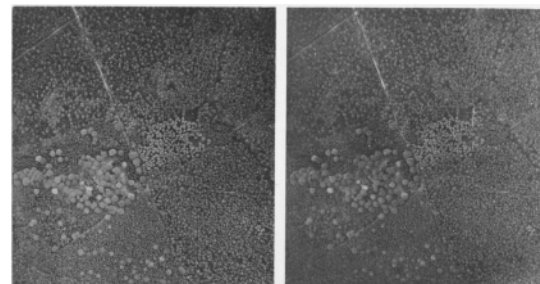


Fernerkundung als räumliche und zeitliche Informationsquelle des Waldzustandes

- REINHARDT HUGERSHOFF**(1911) Geodätisches Institut Forstakademie Tharandt:

Antrittsvorlesung: „Die Photogrammetrie und ihre Bedeutung für das Forstwesen“

- Hugershoff's Forschungsansatz ab 1920: I. WK Sprung in der Technikentwicklung → Flugzeug, → Reihenkamera, Luftbildaufnahme für die Erderkundung
- Frage nach der Verwendung von *Luftbildplänen* als *Waldkarten* und die Möglichkeiten der *Luftbildmessung* für die *Bestandesbeschreibung* und *Holzvorratsermittlung*



Anlage V, Nr. 17

Jagen: 15 b c d
16 a b

25 a b c d e f g i
26 a b c e f

H. Krutzsch (1924): Vorschlag → einer „Stereokarthotek“ zur Dokumentation der Entwicklung



Fernerkundung als räumliche und zeitliche Informationsquelle des Waldzustandes

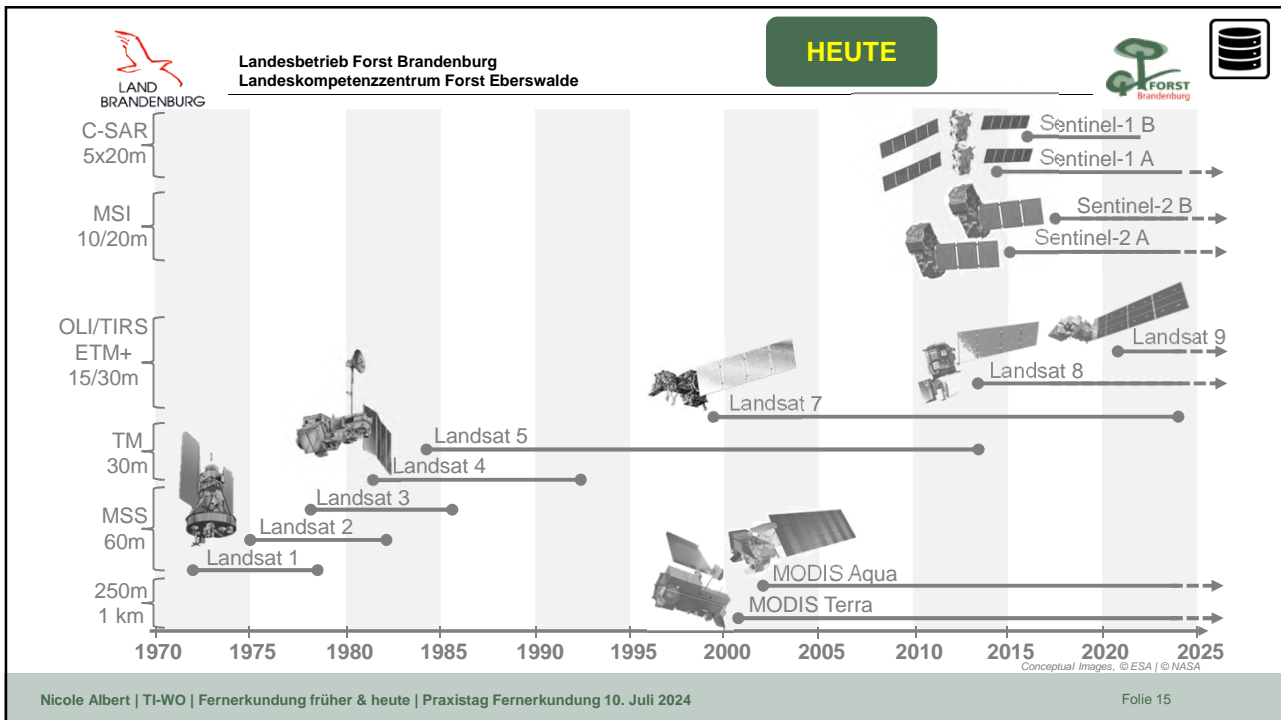
- K. Rebel (Bayern) 1920→Luftbilder vom Perlacher Forst und verschiedenen Alpenrevieren für Forsteinrichtung und Forstvermessung
- bis 1945 blieb der Einsatz von Luftbildern in der Forstwirtschaft → Einzelfälle
- (II. WK Sprung in der Technikentwicklung →flächige hochauflösende Luftbildaufnahmen, NIR, Radar)
- Ende der 50er Jahre war die Nutzung des Luftbildes (Luftbildkarte) in der Forsteinrichtung beider deutscher Staaten Normalität geworden
- 4. Oktober 1957 Sputnik 1 (Militär) → Beginn des Raumfahrtzeitalters
- 1960 → TIROS-Satellit (VIS, NIR) erster ziviler Meteorologie Satellit mit konventionellen Filmen; 1972 Landsat1 erster erdbeobachtender MS Satellit



Fernerkundung als räumliche und zeitliche Informationsquelle des Waldzustandes

Entwicklungen **seit der Jahrtausendwende:**

- Digitalisierung des Luft- und Satellitenbildes (neue digitale Kameras)
- Einbindung der Fernerkundungsdaten und deren Analyse in eine digitale (GIS) Umgebung
- Entwicklung der Lasertechnologie (als und tls)
- Computerisierung der Bildverarbeitung-und Analyse und der Außendienstarbeit
- Sprunghafte Entwicklung der Drohnentechnologie (Treiber Militär)
- neben kostenpflichtigen hochauflösenden Satellitenbilder (QuickBird, WorldView <1m GSD) → frei verfügbare (kostenlose) multispektrale Satellitenbilder (MODIS, Sentinel2)
- Google Earth Szene



LAND BRANDENBUR Landesbetrieb Forst Brandenburg Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

HEUTE

Das Erdbeobachtungsprogramm der Europäischen Union

- 1998 durch Vertreter der Europäischen Kommission und der Europäischen Weltraumagenturen EUMETSAT* und ESA ins Leben gerufen → Grundstein für die Schaffung eines europäischen Umweltbeobachtungsprogramms (hieß zunächst GMES – *Global Monitoring for Environment and Security*)
- 2005 Beschluss, eine weltraumgestützte Beobachtungskomponente zu integrieren (Grundlage der Sentinel-Satelliten)
- 2012 Umbenennung in Copernicus (nach Nikolaus Kopernikus)
- 2014 Start der Weltraumkomponente mit Launch des ersten Sentinel-Satelliten S-1A

Nicole Albert | TI-WO | Fernerkundung früher & heute | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Folie 16



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

HEUTE






The diagram shows the Copernicus satellite constellation from 2015 to 2030. It includes Sentinel-1A through Sentinel-6, Sentinel-5P, Sentinel-3A-C, Sentinel-2A-D, Sentinel-6B, CHIME-A/B, LSTM-A/B, CRISTAL-A/B, CIMR-A/B, ROSE-L-A/B, and CO2M-A/B/C. Logos for the European Union, Copernicus, and ESA are present.

Nicole Albert | TI-WO | Fernerkundung früher & heute | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Folie 17



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

HEUTE




Sechs unterschiedliche Missionen bilden die Sentinel-Satellitenfamilie:

- Sentinel -1, -2, -3, -5P und -6 sind eigenständige Satelliten,
- Sentinel-4 und -5 spezielle Messinstrumente sind, die auf Satelliten von EUMETSAT* mitfliegen



Sentinel-1
ESA / Europäische Kommission

- Start: 2014 (Sentinel-1A), 2016 (Sentinel-1B), 2023 (Sentinel-1C), 2024 (Sentinel-1D), ab 2032 (neue Generation)
- Instrument:
 - C-Band Radarinstrument mit synthetischer Apertur (SAR)
- Wiederholrate: 6 Tage (mit zwei Satellitenkonstellation)
- Räumliche Auflösung: je nach Aufnahmemodus 9m-10m

Quelle: <https://www.d-copernicus.de/daten/satelliten/>



Sentinel-2
ESA / Europäische Kommission

- Start: 2015 (Sentinel-2A), 2017 (Sentinel-2B), ab 2024 (Sentinel-2C), ab 2025 (Sentinel-2D), ab 2033 (neue Generation)
- Instrument:
 - MSI (Multi-Spectral Instrument)
- Wiederholrate: 5 Tage (mit zwei-Satellitenkonstellation)
- Räumliche Auflösung: je nach Kanal 10m- 60m Auflösung



Sentinel-3
ESA / Europäische Kommission

- Start: 2016 (Sentinel-3A), 2018 (Sentinel-3B), ab 2024 (Sentinel-3C), ab 2025 (Sentinel-3D), ab 2033 (neue Generation)
- Instrumente:
 - OLCI (Ocean and Land Colour Imager)
 - SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer)
 - Radarsatlimeter
 - Mikrowellenradiometer
- Wiederholrate: < 2 Tage

Sentinel-4, Sentinel 5P und Sentinel 5 messen atmosphärische Spurengase und Aerosole und liefern damit Informationen über die Atmosphäre und Luftqualität

Sentinel-6 ist auf die Messung des Meeresspiegels, Topografie der Ozeane und deren Zirkulation spezialisiert

*Europäische Organisation für meteorologische Satelliten

Nicole Albert | TI-WO | Fernerkundung früher & heute | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Folie 18



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde



Session 1 Einführung in die satellitengestützte Fernerkundung

09:30 – 10:00	Physikalische Grundlagen <i>Nicole Albert, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde / TI-WO</i>
10:00 – 10:20	Biologische Grundlagen <i>Ralf Kätzel, Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde</i>
10:20 – 10:30	Zeit für Fragen



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde



Physikalische Grundlagen

Session 1 – Einführung in die satellitengestützte Fernerkundung

Nicole Albert | Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Thünen-Institut für Waldökosysteme
Nicole.Albert@hnee.de | Nicole.Albert@thuenen.de

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

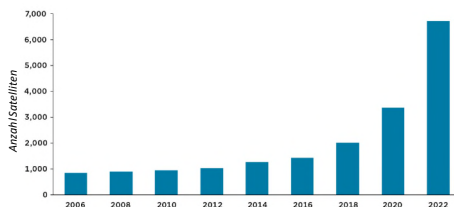


Erfassung aus dem Weltraum von großflächigen Gebieten durch Sensoren an Satelliten

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

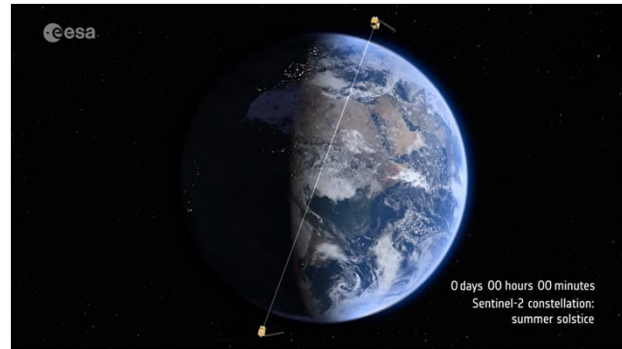


Illustration: © ESA

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**

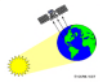


Quelle: © ESA, ESA/ATG medialab; ESA Standard Licence – Copernicus Sentinel-2A und 2B zeitliche Auflösung

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

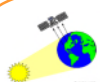
Vorteile: nicht auf Sonneneinstrahlung angewiesen; penetriert durch Wolken

Nachteile: keine Echtfarbenbilder erstellbar (erschwerter Interpretation)

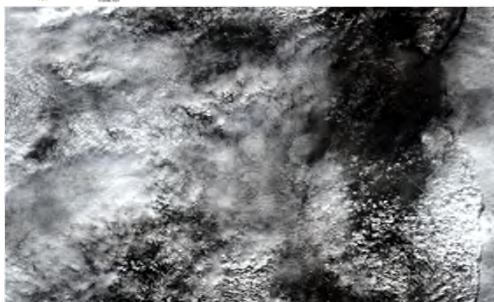
→ Radarfernerkundung



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



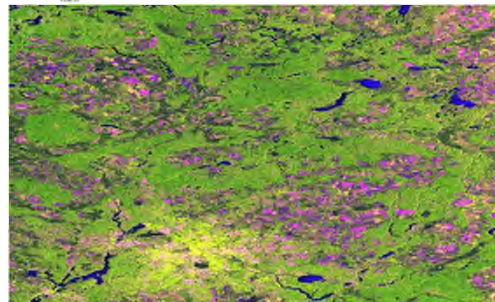
PASSIVE SENSOREN



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



AKTIVE SENSOREN



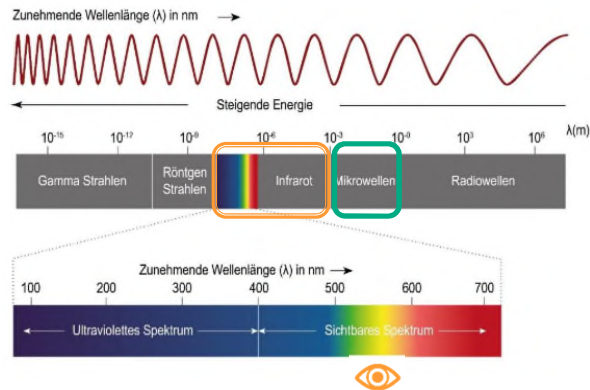
Nord-Ostbrandenburg inkl. Berlin
Sentinel 1 - 07. 10.2017 (frühester Datensatz nach Xavier)
Color composite: Sigma0_VV – Sigma_VH – Sigma0_VV/Sigma0_VH

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.

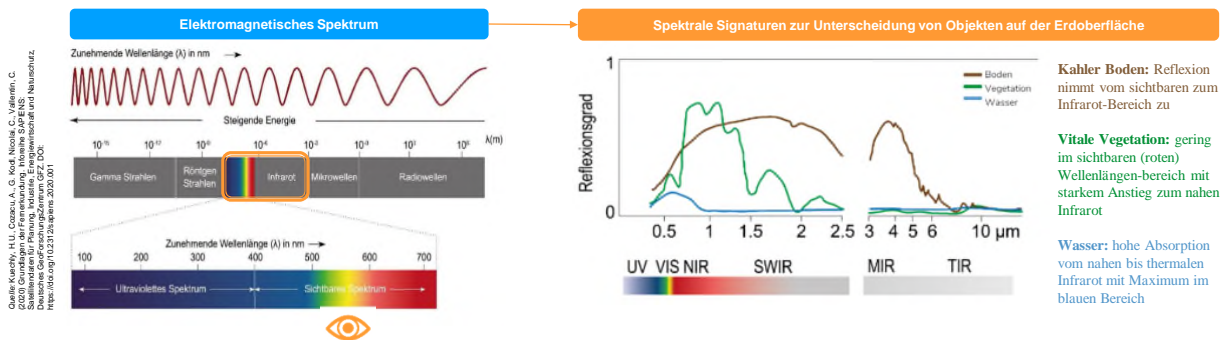


Quelle: Kuechly, H.U., Cozou, A., G. Koef, Nicolai, C., Valentin, C. (2020) Grundlagen der Fernerkundung. In: Reihe SAPR-NIS. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. DOI: <https://doi.org/10.2312/sapriens.2020.001>

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.

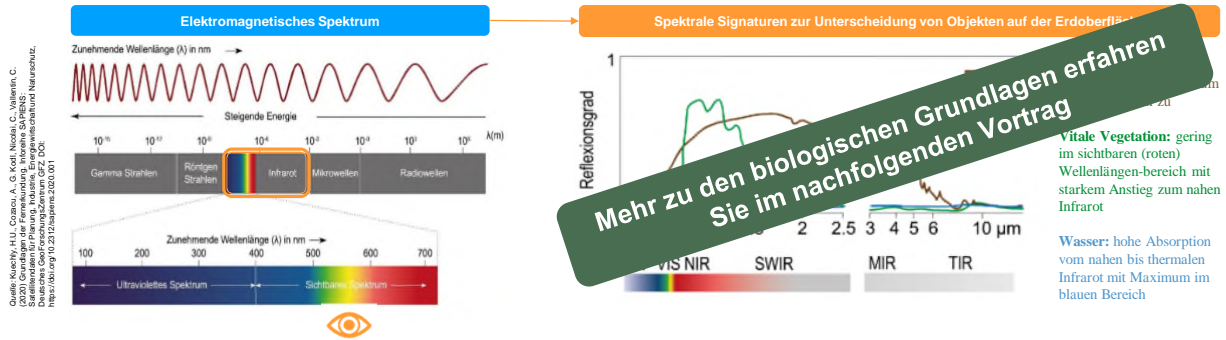


Kahler Boden: Reflexion nimmt vom sichtbaren zum Infrarot-Bereich zu
Vitale Vegetation: gering im sichtbaren (roten) Wellenlängen-bereich mit starkem Anstieg zum nahen Infrarot
Wasser: hohe Absorption von nahen bis thermalen Infrarot mit Maximum im blauen Bereich

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.

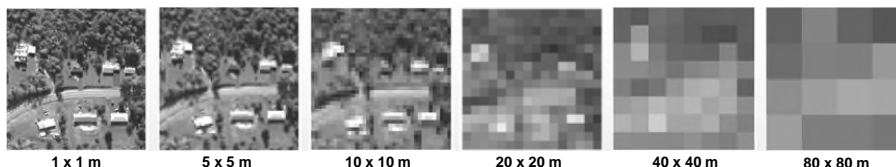


Satelliten – Sensoren – Messdaten

! 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.



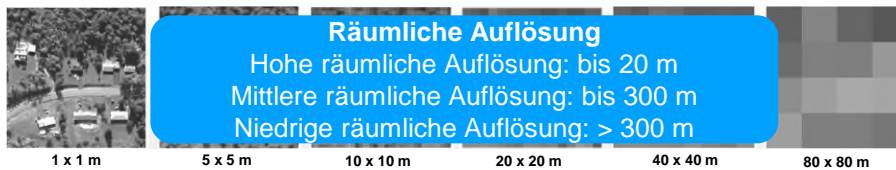
Quelle: Jensen 2007

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.



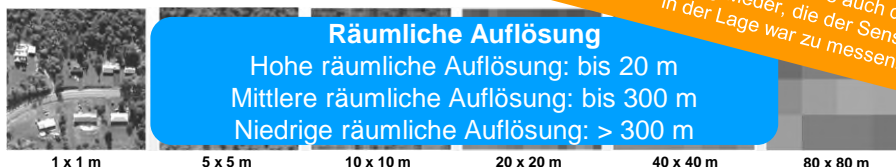
Quelle: Je nsen2007

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

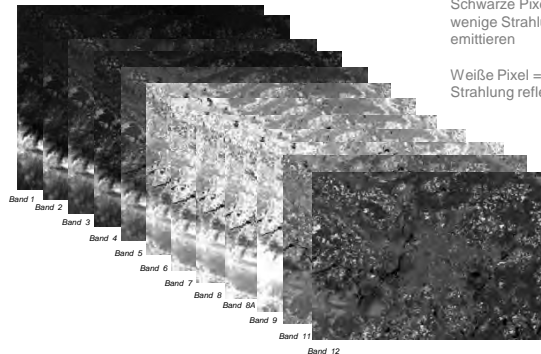
Satelliten – Sensoren – Messdaten

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

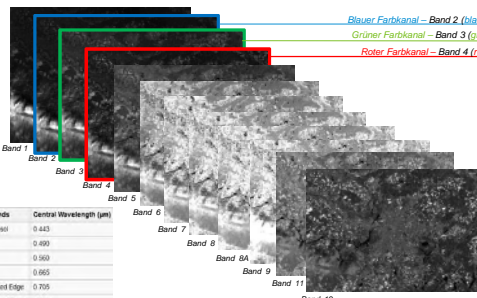


Spektrale Auflösung

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**



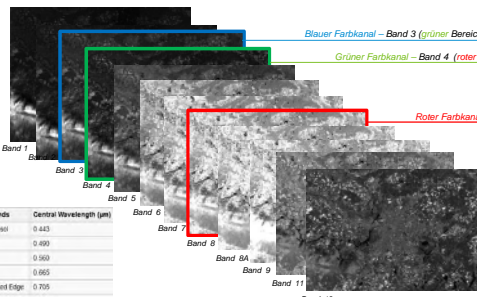
Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.490
Band 3 - Green	0.560
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - 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**



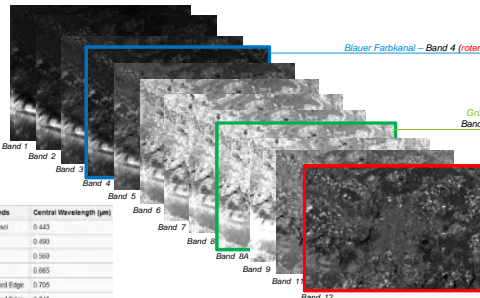
Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.490
Band 3 - Green	0.560
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 -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



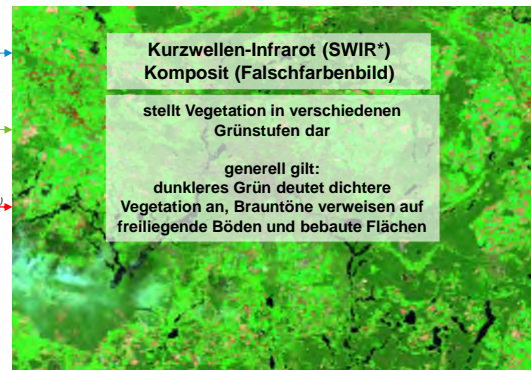
Nah-Infrarot Komposit (Falschfarbenbild)
stellt photosynthetisch aktive Vegetation in kräftigen pinken Farbtönen dar, da diese stark im Nahinfrarotbereich reflektiert
kann somit Aufschluss über den Zustand und die Vitalität der Vegetation geben

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**

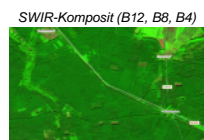
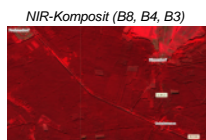


Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.490
Band 3 - Green	0.560
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 -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

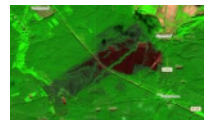
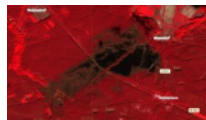


**Kurzwellen-Infrarot (SWIR*)
Komposit (Falschfarbenbild)**
stellt Vegetation in verschiedenen Grünstufen dar
generell gilt:
dunkleres Grün deutet dichtere Vegetation an, Brauntöne verweisen auf freiliegende Böden und bebaute Flächen

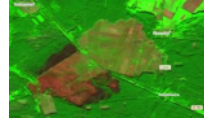
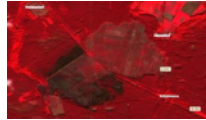
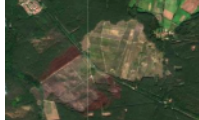
Sentinel-2
29.09.2017



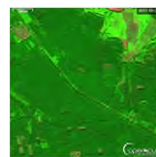
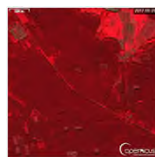
Sentinel-2
29.09.2018
Brand:
24. – 26.08.2018



Sentinel-2
30.09.2022
Brand:
17. – 19.06.2022



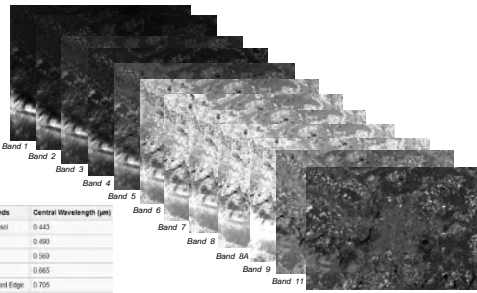
Sentinel-2
Zeitreihe
29.09.2017 –
02.05.2024



Quelle: RBB Twitter Post 19.06.2022

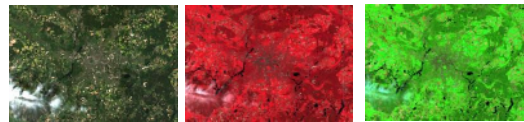
Satelliten – Sensoren – Messdaten – Erstellen von Farbkompositen

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**



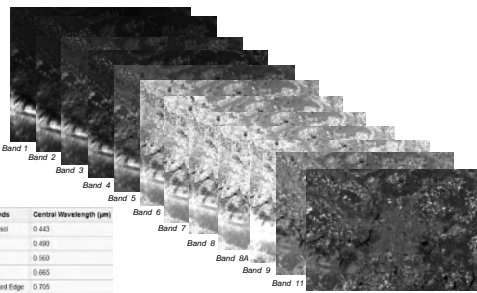
Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.423
Band 2 - Blue	0.491
Band 3 - Green	0.561
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - 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...



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde




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**



Außerdem können an Spektralbanden Vegetationsindizes

Mehr zu den Grundlagen der Vegetationsindizes erfahren Sie im übernächsten Vortrag

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

Nicole Albert | HNEE & Thünen-Institut | Physikalische Grundlagen | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Folie 41



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde





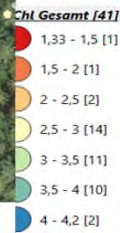
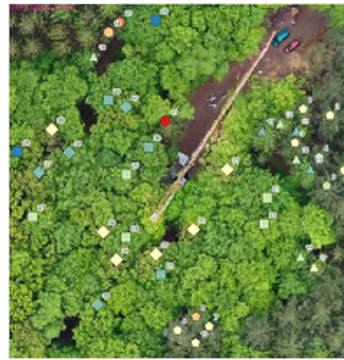
Biologische Grundlagen

Session 1 – Einführung in die satellitengestützte Fernerkundung

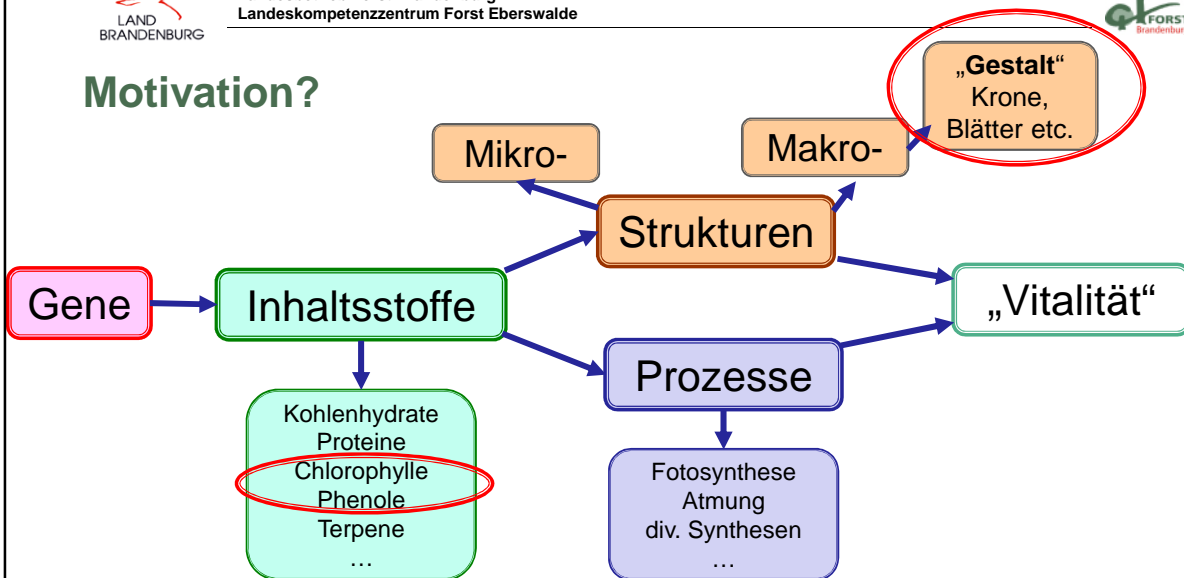
Ralf Kätzel | Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Biologische Grundlagen

1. Was sieht man „von oben“?
2. Biochemische Zusammensetzung Blätter/Blattoberflächen und physikalische Eigenschaften



Motivation?





Was sieht man?

Kronenoberflächen=Strukturen mit chem. Eigenschaften

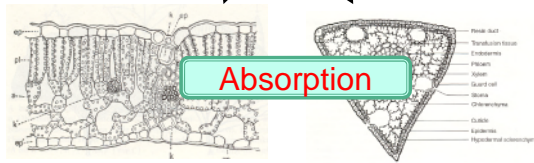
Blätter

Äste, Holz, Rinde

Schattenblätter



Lichtblätter

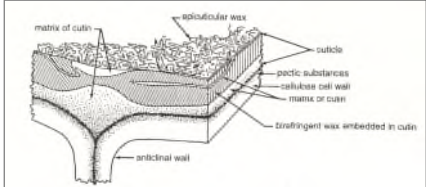


Fagus sylvatica

Pinus sylvestris

Absorption

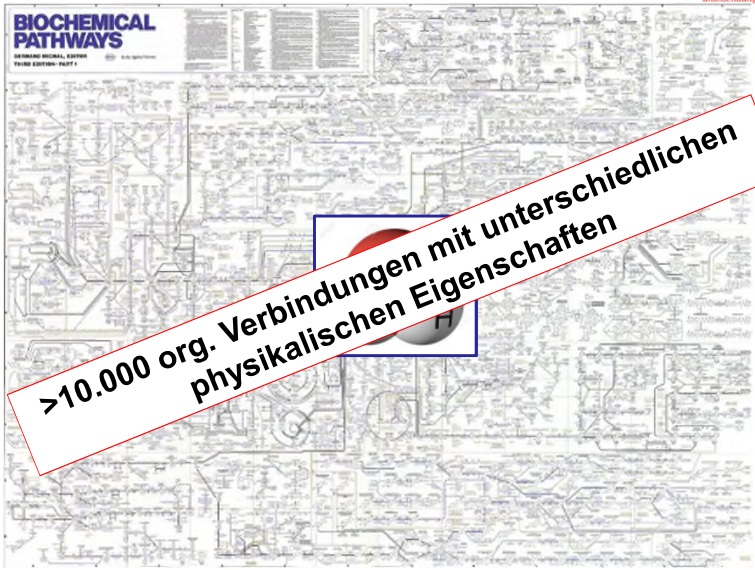
Reflektion (Remission)



Beachte: Natürliche saisonale und räumliche Variation!



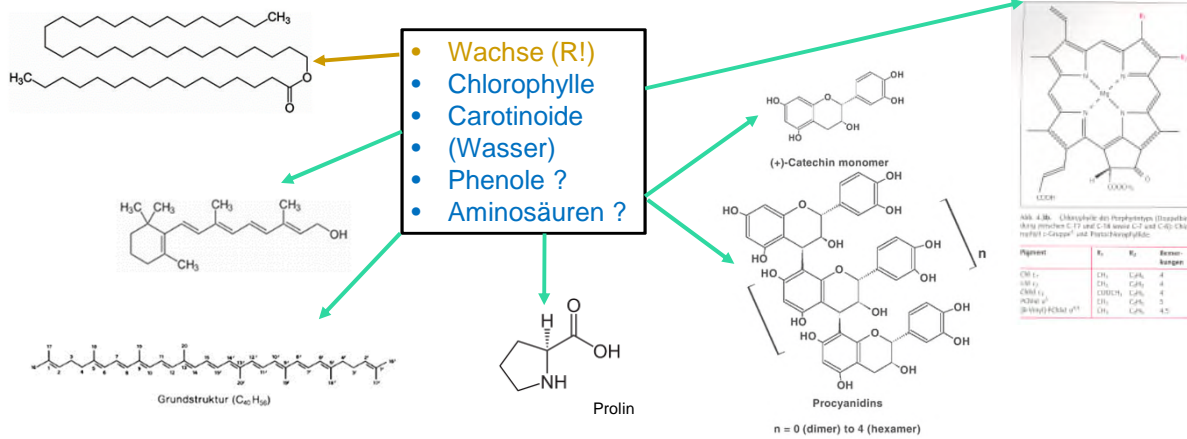
Blätter
biochemisch
betrachtet



>10.000 org. Verbindungen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften

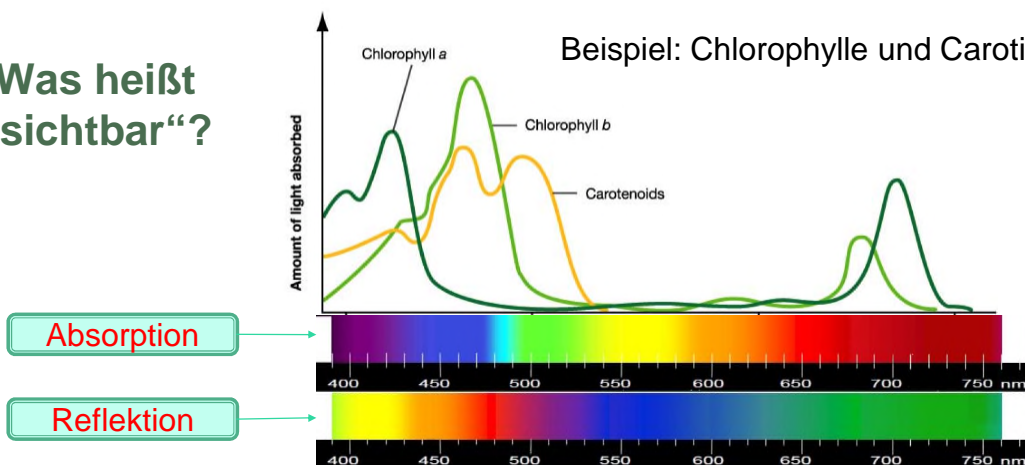


Nur relativ wenige chemische Bausteine sind „sichtbar“




Was heißt „sichtbar“?



Beispiel: Chlorophylle und Carotinoide



Sichtbares Anregungslicht (oben) und das Farbspektrum der Farbstoffe (unten)
Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Farbstoffe#Chemisch-physikalische_Grundlagen




Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Beispiel: Vitalitätsdiagnostik → Fernerkundung vs. Laboranalyse

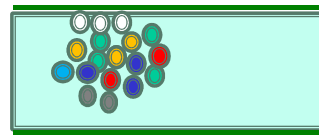
Fernerkundung

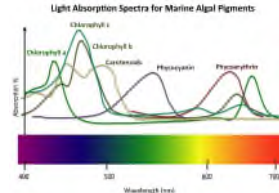


Reflektion

Relativ schnell aber unspezifisch


Blattquerschnitt





Light Absorption Spectra for Marine Algal Pigments

Labor: aufwändig aber genau




Trennung der Inhaltsstoffe


Messung der **Absorption**

Ralf Kätzel | LFE | Biologische Grundlagen | Praxistag Fernerkundung 10. Juli 2024

Folie 49



Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde



Zusammenfassung Session 1

Zusammenfassung physikalische Grundlagen

1. Es gibt frei verfügbare Satellitendaten mit **aktiven und passiven Sensoren**, die unterschiedliche Bereiche des elektromagnetischen Spektrums messen und durch digitale Bildgebungsverfahren für das Monitoring unserer Wälder genutzt werden können.
2. Die **zeitliche, räumliche und spektrale Auflösung** bestimmt dabei die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen, um unsere Wälder kontinuierlich zu monitoren → Copernicus Sentinel-2:
 - ! räumliche Auflösung von 10 m (Einzelbäume nicht erkennbar!)
 - ! zeitliche Auflösung von 5 Tagen (nicht täglich)
 - ! Spektrale Auflösung von 13 Bändern (begrenzte Bereiche des EMS)

Folie 51

Zusammenfassung biologische Grundlagen

1. Was Blätter/Kronen reflektieren, hängt von ihrer **Struktur und der biochemischen Zusammensetzung** vieler überlagerter Substanzen ab (d.h. was nicht von Molekülen absorbiert wird)
2. Nur relativ **wenige organische Verbindungen** können optisch erfasst werden
3. Unterscheidung zwischen **Absorption (Funktion!) und Reflektion**
4. Aus der Reflektion sind **keine Rückschlüsse auf Funktionen** möglich (z.B. Photosynthese)

Folie 52