

Einführung in die satellitengestützte Radarfernerkundung: physikalische Grundlagen und erste praktische Einblicke in die Nutzung von Copernicus Sentinel-1 Daten

Copernicus Netzwerkbüro Wald

25. September 2024

Team | Netzwerkbüro Wald



**Marietheres Hensch &
Nicole Voß**

Thünen-Institut für Waldökosysteme

Alfred-Möller-Str. 1

16225 Eberswalde

Telefon: +49 3334 3820-390

Telefax: +49 3334 3820-354

E-Mail: [copernicus-wald\[at\]thuenen.de](mailto:copernicus-wald[at]thuenen.de)

www.d-copernicus.de/wald



Agenda

Beginn 14 Uhr

Ende 15:30 Uhr

Begrüßung & Kurzvorstellung des Copernicus Netzbüros Wald

- 1. Vortrag: Physikalische Grundlagen satellitenbasierter Radarfernerkundung**
- 2. Live-Demo: Nutzung von Copernicus Sentinel-1 Daten im Copernicus Data Space Ecosystem**

Kurzvorstellung des Copernicus Netzwerkbüros Wald



Copernicus Netzwerkbüro Wald

Ziele des Vorhabens

- Schnittstelle zwischen Akteurinnen und Akteuren im Wald (z. B. forstliche Einrichtungen auf Bundes-, Landes- und Regionalebene) und Fernerkundungsexpertinnen und Experten
- im Dialog den fachlichen Austausch fördern, die Nutzungsmöglichkeiten der Copernicus-Daten und Dienste bestmöglich vermitteln, aktuelle Fragestellungen diskutieren und die Entwicklung passgenauer Unterstützungsmaßnahmen anstoßen
- Projektlaufzeit 08/2021 – 12/2024
- **Aktuell: Umfrage zur Nutzung von Fernerkundungsdaten und -diensten**
Bitte machen Sie mit!



<https://thuenen.limequery.com/519179?lang=de>

Wald und Forstwirtschaft

»Copernicus ist das Erdbeobachtungsprogramm der Europäischen Union, das sie in Partnerschaft mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) umsetzt. Es liefert wichtige Daten für den Umweltschutz, zur Klimaüberwachung, zum Infrastrukturmonitoring und für andere gesellschaftliche Aufgaben. Alle Daten sind offen und frei zugänglich. »Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Aufgaben der Copernicus Netzwerkbüros.

Die Erdbeobachtung birgt im Bereich Wald großes wissenschaftliches Potential, aber auch in der praktischen Forstwirtschaft, wenn es um den Schutz und die Bewirtschaftung des Waldes geht, sind die Potentiale noch nicht ausgeschöpft. Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Fernerkundungsdaten können in verschiedenen Anwendungsgebieten einen Überblick zu aktuellen und vergangenen Schäden im Waldes liefern und sind so eine wichtige Ergänzung zu bodengestützten Erfassungen. Im Bereich Wald finden Satellitendaten beispielsweise folgende Anwendung:

- Waldmonitoring
- Vitalitätsanalyse
- Schaderkennung (z. B. bei Sturmkalamitäten, Trockenheit, Waldbrand oder Schädlingsbefall)
- Baumartenerkennung

Copernicus Netzwerkbüro Wald

Als Schnittstelle zwischen Fernerkundungsexpertinnen und -experten und forstlichen Akteuren, Waldbesitzenden, Forstbehörden und -betrieben, Forschungseinrichtungen und Firmen unterstützt, berät und vernetzt das Copernicus Netzwerkbüro Wald alle Akteure, die Fernerkundungsdaten und -dienste nutzen bzw. nutzen möchten.

Mit einem umfassenden Katalog aktueller und abgeschlossener Forschungsprojekte finden Sie unter dem Reiter „Projekte und Produkte“ einen Überblick zum breiten Anwendungsfeld satelliten-, luftbild- und drohngestützter Erdbeobachtung in Wald und Forst. Viele Projekte haben wir auch bereits in unserem Newsletter vorgestellt. Eine Übersicht aller Themen der vergangenen Ausgaben und die Option zur Registrierung für den Newsletter finden Sie unter dem Reiter „Newsletter“. Unter „Online-Seminare“ finden Sie eine Übersicht zu allen Online-Veranstaltungen, die wir bereits durchgeführt und aufzeichnen haben. Sie wünschen sich fachlichen Austausch oder Informationen zu einem spezifischen Anwendungsgebiet? Sprechen Sie uns gern an!

Interessierte sind eingeladen, sich aktiv im Netzwerk einzubringen. Bitte kontaktieren Sie uns dazu über [copernicus-wald\[at\]thuenen.de](mailto:copernicus-wald[at]thuenen.de).

Inhalte zu diesem Thema

- Info
- Projekte
- Termine
- Newsletter
- Online-Seminare
- Datenzugang
- Produkte und Dienste
- Satelliten
- Schulungen
- Dienstleister
- Impressum

Team | Netzwerkbüro Wald



Marietheres Hensch &
Nicole Albert
Thünen-Institut für Waldökosysteme
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde
Telefon: +49 3334 3820-390
Telefax: +49 3334 3820-354
E-Mail: [copernicus-wald\[at\]thuenen.de](mailto:copernicus-wald[at]thuenen.de)
www.d-copernicus.de/wald

Copernicus Netzwerkbüro Wald

Projektdatenbank

Aktuelle und abgeschlossene Forschungsprojekte mit Kurzbeschreibung

Aufzeichnungen und Unterlagen vergangener Online-Seminare

Themen: Einführungsseminare in die Fernerkundung, Beispiele und Anwendungsmöglichkeiten aus Forschung und Praxis, Copernicus-Produkte für den Wald, Waldbrand, Borkenkäfer, Waldmasken und Waldstrukturen, Vegetationsphänologie

Link-Sammlung von Produkten im Bereich Fernerkundung im Wald

Kurzbeschreibung, Beteiligte, Status, Zugang

Link-Sammlung von Dienstleistern

Anbieter, Tätigkeitsbereich, Produkte/Leistungen



<https://netzwerk-wald.d-copernicus.de>

Inhalte zu diesem Thema

- Info
- **Projekte**
- Termine
- Newsletter
- **Online-Seminare**
- Datenzugang
- **Produkte und Dienste**
- Satelliten
- Schulungen
- **Dienstleister**
- Impressum

Link-Sammlung von Produkten im Bereich Fernerkundung im Wald

Produkt	Inhalt/Ziel	Anbieter/Beteiligte	Status	Zugang
Bestockte Holzbodenkarte 2018	Abbildung der mit Bäumen bestandenen Waldfläche des Jahres 2018 nach der für Deutschland optimierten Walddefinition der Bundeswaldinventur	Thünen-Institut für Waldökosysteme	verfügbar	kostenfrei zugänglich
CO₂-Zertifizierung von Waldklimaschutzprojekten	Finanzierung von Waldumbaumaßnahmen durch Erstellung digitaler CO ₂ -Zertifikate, Erfassung einzelner Bäume durch Fernerkundungstechnologien und Baumspezies-spezifische Machine Learning Modelle	Pina Earth	verfügbar	kostenpflichtig
Dynamic Forest-App	Forstmanagement App-Anwendung: Polygone für Kultur-, Pflege- und Förderflächen können mobil im Wald erfasst und mit Aufgaben versehen werden, Arbeitsaufträge können an zuständige Personen weitergeleitet werden Desktopversion: ermöglicht schnellen und einfachen Überblick über sämtliche Maßnahmen des Forstbetriebs	Ocell GmbH	verfügbar	kostenpflichtig
firemaps.net (englisch)	Umsetzung eines integrierten Brandmanagements mit Daten und Dokumentation. Zu den Funktionen gehören aktive Branderkennung und -anzeige, Kartierung verbrannter Bereiche mit häufigen Aktualisierungen, Schätzung von Brandemissionen, Brandrisiko- und Brandbedrohungsanalyse, Brandmodellierung und mehr	ZEBRIS Geo-IT GmbH München	verfügbar	kostenpflichtig
Forest Data Space	Datenraum; Plattform für den sicheren Austausch forstwirtschaftlicher Daten	wetransform GmbH M.O.S.S. Computer Grafik Systeme	noch in der Entwicklung - prototypische Umsetzung	-
ForestWatch	Kontinuierliches, bundesweites Monitoring der Vitalität der Wälder in Deutschland Erfassung flächiger Veränderungen der Bestandesstruktur (wie bei Sturmschäden), Stress-Symptome an Bäumen und Beständen (Chlorosen und Nekrosen an Blattoorganen; Blattverluste in Beständen)	LUP – Luftbild Umwelt Planung GmbH	verfügbar	kostenfrei zugänglich

© Screenshot Webseite Copernicus Netzwerkbüro Wald

Agenda

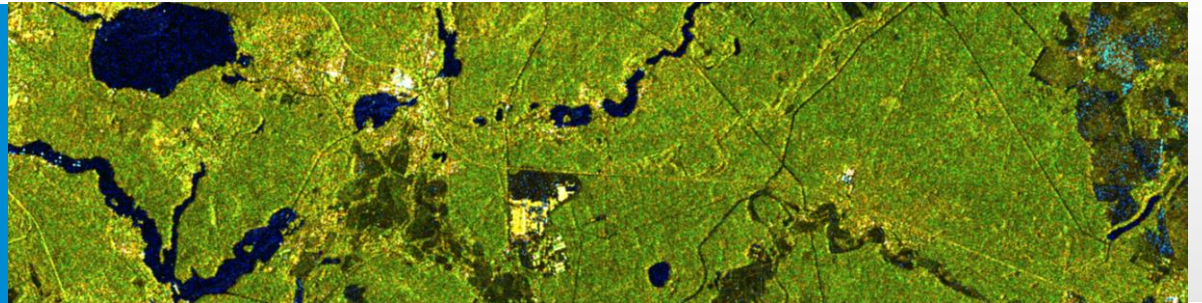
Beginn 14 Uhr

Ende 15:30 Uhr

Begrüßung & Kurzvorstellung des Copernicus Netzbüros Wald

- 1. Vortrag:** **Physikalische Grundlagen satellitenbasierter Radarfernerkundung**
- 2. Live-Demo:** **Nutzung von Copernicus Sentinel-1 Daten im Copernicus Data Space Ecosystem**

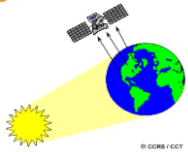
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung



Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung

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))

→ **Optische Fernerkundung**
(multi- und hyperspektrale Fernerkundung)



AKTIVE SENSOREN

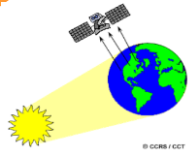
Senden selbst elektromagnetische Strahlung aus und
messen die von der Erdoberfläche reflektierten oder
gestreuten Anteile

→ **Radarfernerkundung**

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung

Satelliten - Sensoren

Es werden hauptsächlich zwei Arten von Sensoren eingesetzt:

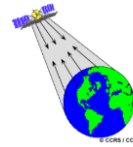


PASSIVE SENSOREN

Zeichnen natürlich vorkommende elektromagnetische Strahlung auf (z. B. die von der Sonne reflektierte Sonneneinstrahlung oder die von der Erde emittierte Wärmeenergie (thermale Fernerkundung))

Online-Seminar 15.05.2024
<https://netzwerk-wald.d-copernicus.de/online-seminare/>

Optische Fernerkundung
(multispektrale und hyperspektrale Fernerkundung)



AKTIVE SENSOREN

Senden selbst elektromagnetische Strahlung aus und messen die von der Erde reflektierten oder emittierten Anteile

heute

→ Radarfernerkundung

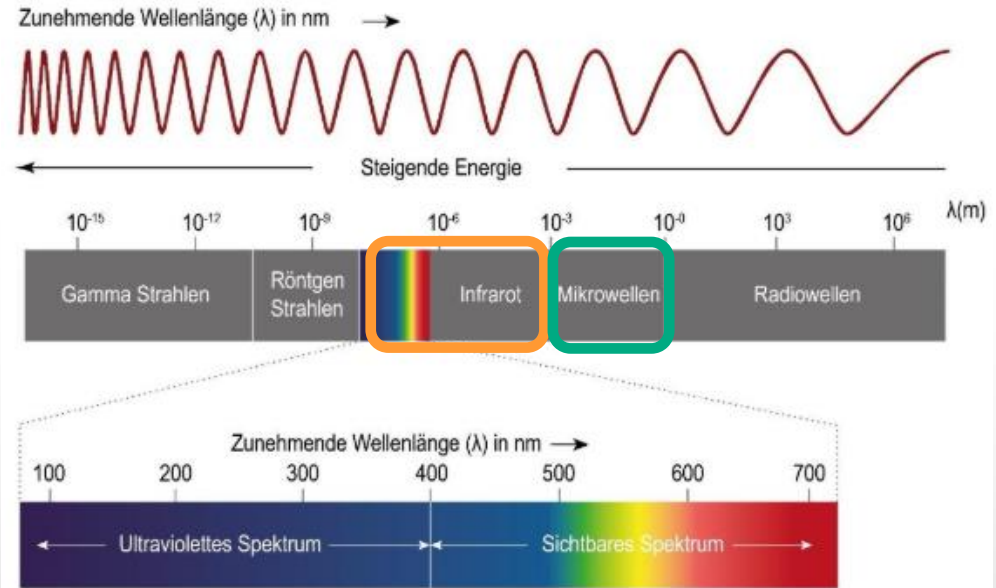
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung

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 und erlauben eine erweiterte Analyse über das sichtbare Licht hinaus.

Diese Messdaten werden mit digitaler Bildverarbeitung zu Geoinformationen verarbeitet.



Quelle: Kuechly, H.U., Cozacu, A., G. Kodl, Nicolai, C., Vallenin, C. (2020) Grundlagen der Fernerkundung. DOI: <https://doi.org/10.2312/sapiens.2020.001>



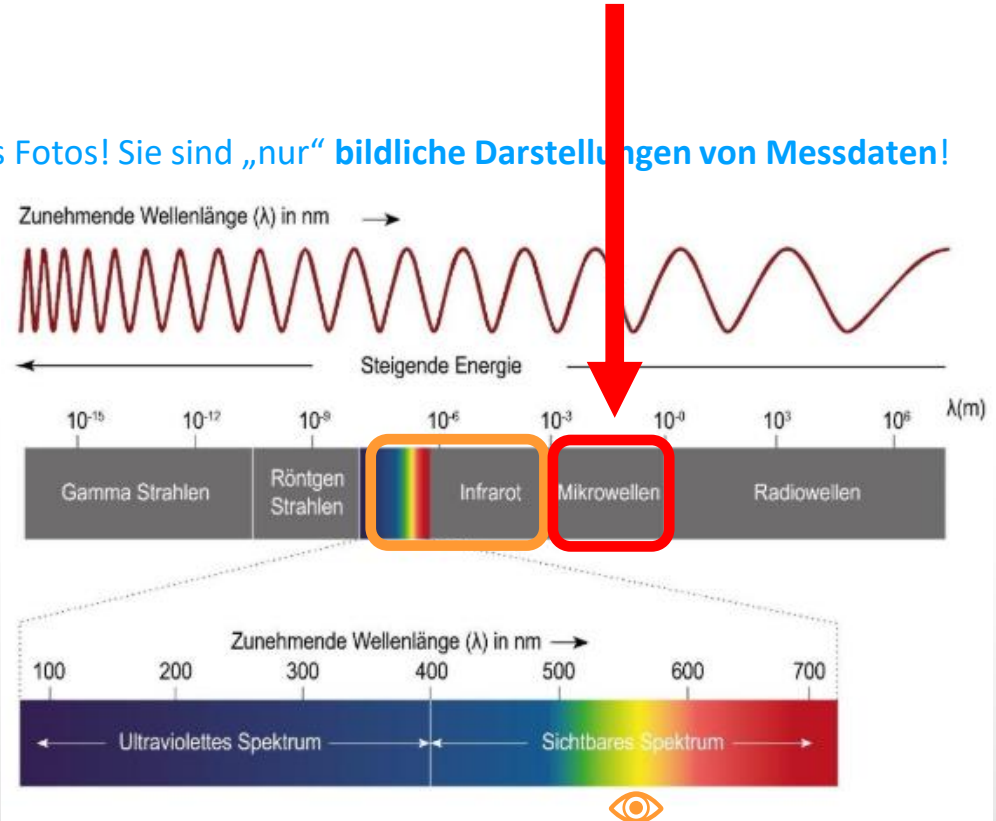
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

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 und erlauben eine erweiterte Analyse über das sichtbare Licht hinaus.

Diese Messdaten werden mit digitaler Bildverarbeitung zu Geoinformationen verarbeitet.



Quelle: Kuechly, H.U., Cozacu, A., G. Kodl, Nicolai, C., Vallenin, C. (2020) Grundlagen der Fernerkundung. DOI: <https://doi.org/10.2312/sapiens.2020.001>



Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

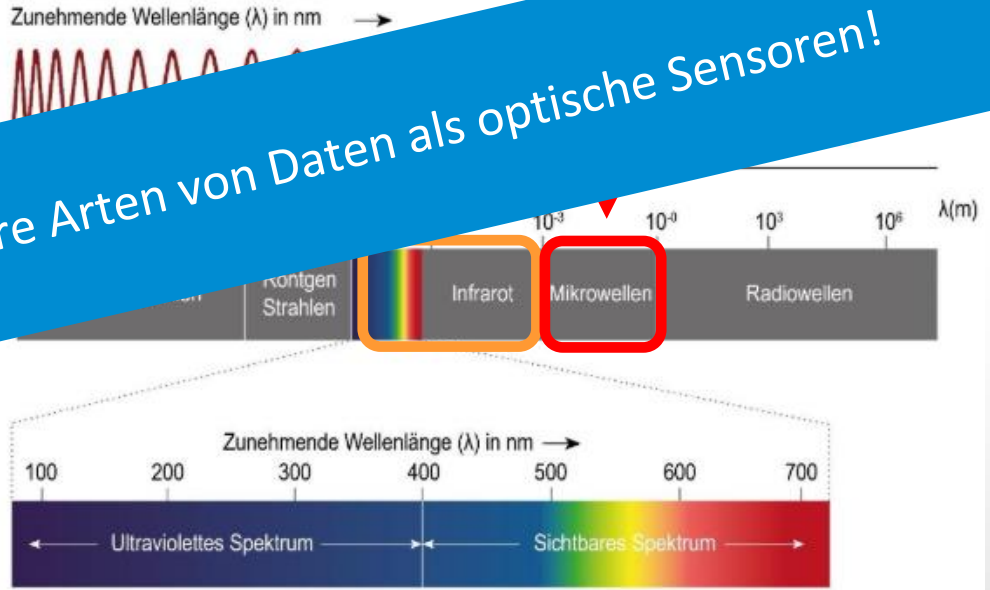
Satelliten – Sensoren - Messdaten

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 und analysieren diese.

Die Daten werden digitalisiert und zu Geoinformationen weiterverarbeitet.

Radarsensoren liefern andere Arten von Daten als optische Sensoren!



Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

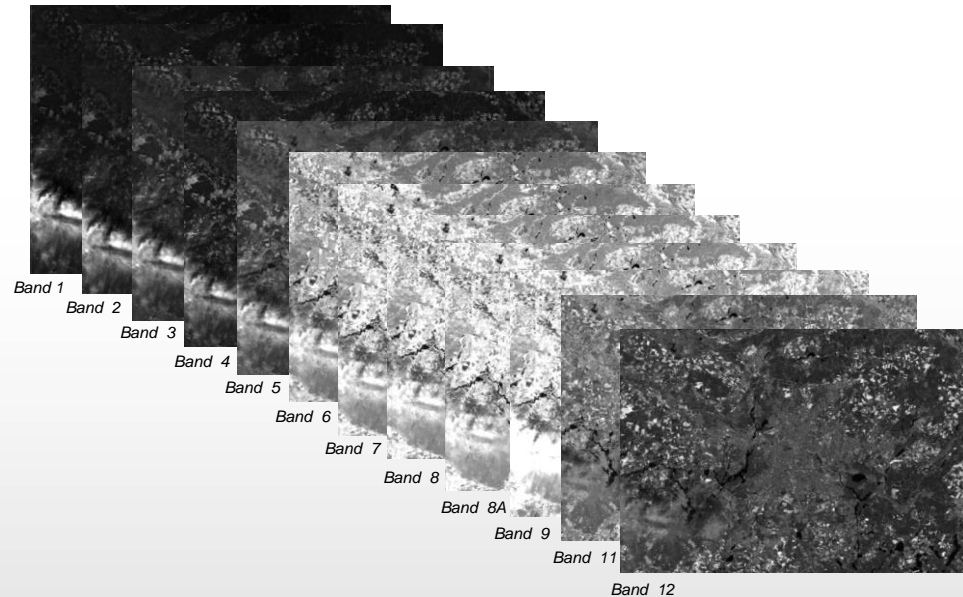
Optische Fernerkundung - erinnern wir uns...

Was man als Nutzer*in erhält, ist nicht eine einzige Bilddatei, sondern eine Reihe von einzelnen Dateien jeweils für einen bestimmten Bereich des Elektromagnetischen Spektrums (= Bänder)!

Für die **optische Fernerkundung** liefern **passive Sensoren je nach Satellitenmission** eine unterschiedliche Anzahl an Bändern.

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://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/mission/s/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath>

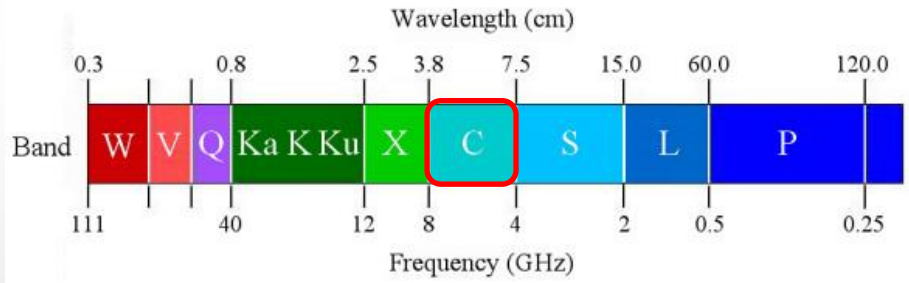


Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung

Was man als Nutzer*in erhält, ist eine Aufnahme (nicht mehrere Bänder für bestimmte Teilbereiche des elektromagnetischen Spektrums).

Für die **Radarfernerkundung** liefern **aktive** Sensoren **je nach Satellitenmission** Messdaten in spezifischen Frequenzbändern. Dabei ist jede Mission auf **ein bestimmtes Radarfrequenzband** ausgelegt!



Source: Ouchi, Kazuo (2013)

SENSOR	LIFETIME	WAVELENGTH/ FREQUENCY
Seasat	1978	L-band $\lambda = 24.6\text{cm}$
ERS-1	1991-2001	C-band $\lambda = 05.6\text{cm}$
JERS-1	1995-1998	L-band $\lambda = 24.6\text{cm}$
ERS-2	1995-2011	C-band $\lambda = 05.6\text{cm}$
ENVISAT	2002-2012	C-band $\lambda = 05.6\text{cm}$
ALOS-1	2006-2011	L-band $\lambda = 24.6\text{cm}$
Radarsat-1	1995-2013	C-band $\lambda = 05.6\text{cm}$
TerraSAR-X TanDEM-X	2007- 2010-	X-band $\lambda = 03.5\text{cm}$
Radarsat-2	2007-	C-band $\lambda = 05.6\text{cm}$

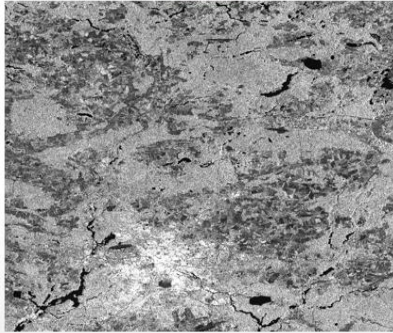
SENSOR	LIFETIME	WAVELENGTH/ FREQUENCY
COSMO -SkyMed	2007-	X-band $\lambda = 03.5\text{cm}$
ALOS-2 PALSAR-2	2014-	L-band $\lambda = 24.6\text{cm}$
Sentinel-1	2014-	C-band $\lambda = 05.6\text{cm}$
SAOCOM	2018-	L-band $\lambda = 24.6\text{cm}$
PAZ SAR	2018-	X-band $\lambda = 03.5\text{cm}$
RCM	2019	C-band $\lambda = 05.6\text{cm}$
NISAR	2021	L-band $\lambda = 24.6\text{cm}$
BIOMASS	2021	P-band $\lambda = 70.0\text{cm}$
TanDEM-L	2023	L-band $\lambda = 24.6\text{cm}$

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Vorteile gegenüber optischer Fernerkundung

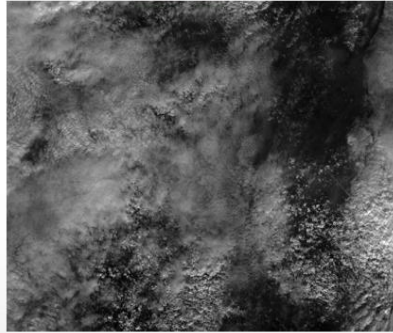
(beinah) wetterunabhängig (und Tag- und Nachtnutzung möglich)

Sentinel 1



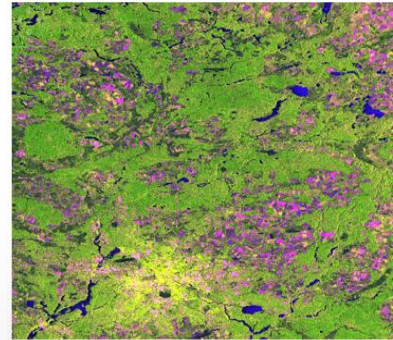
Sigma0_VH

Sentinel 2



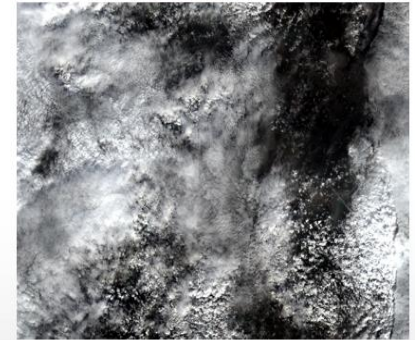
Single band: Green (B3)

Sentinel 1



Farbkomposit: Sigma0_VV – Sigma_VH
– Sigma0_VV/Sigma0_VH

Sentinel 2



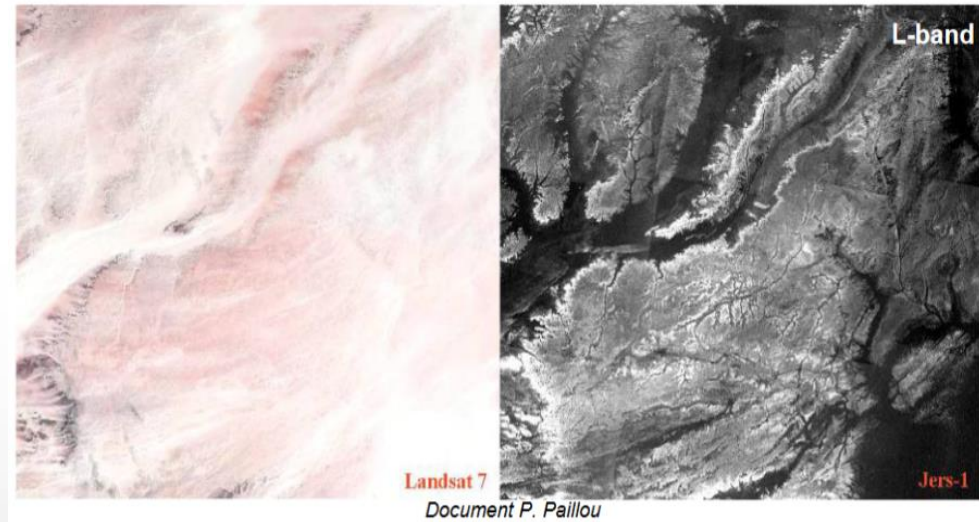
Farbkomposit: Red (B4) –
Green (B3) – Blue (B2)

→ Nachteil: kein Echtfarbenbild erstellbar
(komplexere, weniger intuitive Interpretation)

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Vorteile gegenüber optischer Fernerkundung

Druchdringungsfähigkeit durch oberflächennahe Bodenschichten



Quelle: <https://earth.esa.int/landtraining07/D1LA1-1-LeToan.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Vorteile gegenüber optischer Fernerkundung

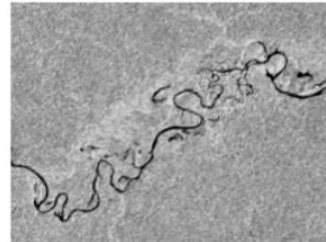
Druchdringungsfähigkeit durch Kronendächer



Varzea Dry Season

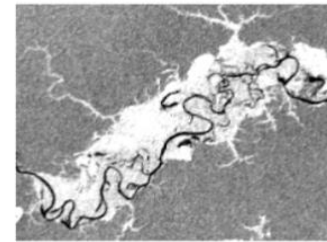


Varzea Wet Season



P-band image

Document S. Saatchi, JPL



P-band image

Quelle: <https://earth.esa.int/landtraining07/D1LA1-1eToan.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Radar (Radio Detection and Ranging):

aktives Sende- und Empfangsverfahren, das elektromagnetische Wellen im Mikrowellenbereich nutzt

SAR (Synthetic Aperture Radar):

spezielle Form der Radartechnologie: nutzt die Bewegung des Satelliten, um eine “künstliche” (synthetische) große Antenne zu simulieren

(Hintergrund: je länger die Antenne, desto höher die räumliche Auflösung → um z. B. von einem Satelliten bei einer Wellenlänge von etwa 5 cm (C-band Sentinel-1) eine räumliche Auflösung von 10 m zu erzielen, bräuchte man theoretisch eine Antenne von circa 4250 m Länge! Solche Geräte im Weltraum zu haben ist unmöglich! → Daher wurde die synthetische Apertur entwickelt, wobei eine Sequenz von Aufnahmen mit einer kürzeren Antenne kombiniert wird, um eine viel größere Antenne zu simulieren und damit Daten mit höherer Auflösung zu erhalten (Quelle: <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/what-is-sar>)

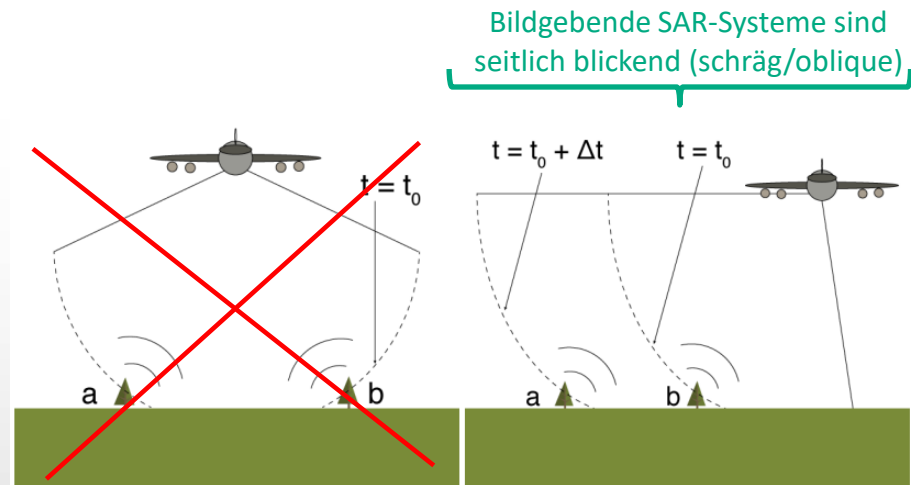
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren:

senden Mikrowellen in einem schrägen Winkel aktiv Richtung Erdoberfläche aus

- SAR-Sensor misst die Ankunftszeit des zurückgestreuten Signals → um ein 2D-Bild zu erstellen, werden die Echos, die von der Erdoberfläche empfangen werden, nach ihrer Ankunftszeit sortiert
- wäre es nicht seitwärts blickend, dann könnte zwischen zwei Signalen von Objekten auf der Erdoberfläche, die sich in der gleichen Entfernung vom Sensor befinden, nicht unterschieden werden



Quelle: E. Podest & A. Mehta (2018). Overview and Applications of Synthetic Aperture Radar. NASA.

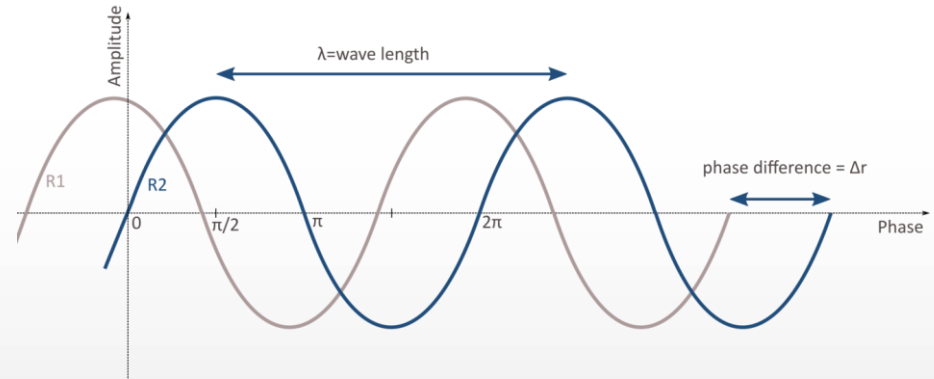
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten:

messen sowohl die **Amplitude** als auch die **Phase** der zurückgestreuten Signale

- **Amplitude:** gibt an, wie stark das zurückgestreute Signal ist und ist damit ein Maß für die Intensität des reflektierten Echos, das von der Erdoberfläche zurück zum Sensor gelangt (Backscatter-Koeffizient in Dezibel)
- **Phase:** bezieht sich auf den Zeitpunkt, zu dem das Signal empfangen wird, im Vergleich zu einem Referenzsignal (ist eine Art “Uhr”, die uns sagt, wo wir uns in der Wellenbewegung befinden und hilft dabei, Entfernungen und Bewegungen zu messen)



Quelle: <https://www.ngu.no/en/geological-mapping/what-insar>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten:

- **Phase:** bezieht sich auf den Zeitpunkt, zu dem das Signal empfangen wird, im Vergleich zu einem Referenzsignal (ist eine Art “Uhr”, die uns sagt, wo wir uns in der Wellenbewegung befinden und hilft dabei, Entfernungen und Bewegungen zu messen)

Verwendung, z. B. für:

- Topografiemodellierung
- Bodenbewegungen
- Gletscher- und Eisbewegungen

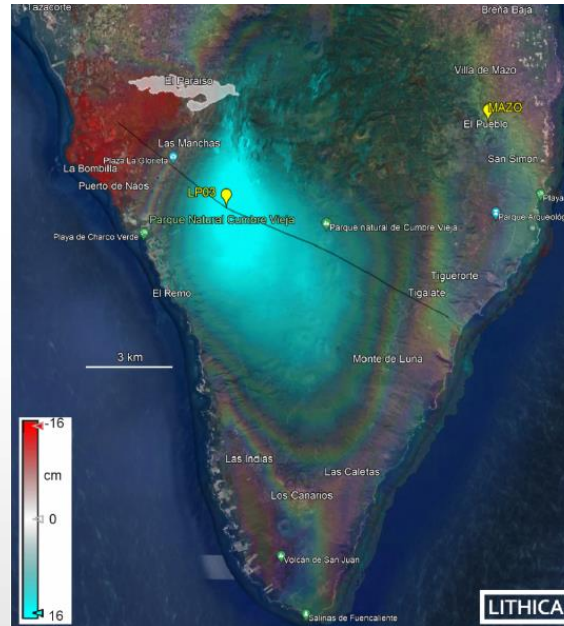


Abb.: Karte, die die Bodenverschiebung nach dem Vulkanausbruch auf La Palma im September 2021 zeigt (Analyse von zwei Sentinel-1 Szenen vom 10. und 22.09.2021). Blaue Farbe: Anhebung
Rote Farbe: Senkung

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

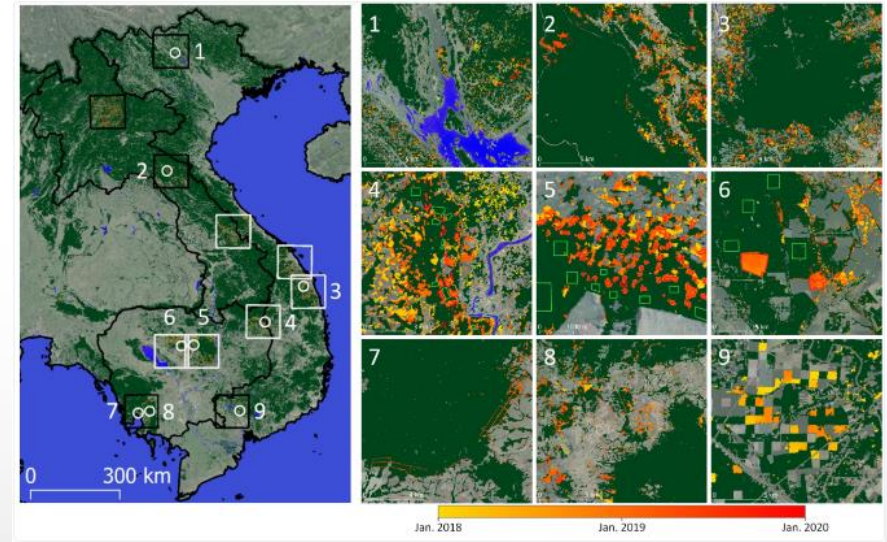
Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten:

- **Amplitude:** gibt an, wie stark das zurückgestreute Signal ist und ist damit ein Maß für die Intensität des reflektierten Echos, das von der Erdoberfläche zurück zum Sensor gelangt (Backscatter-Koeffizient in Dezibel)

Verwendung, z. B. für:

- Unterscheidung von Oberflächen
- Landnutzungs- und Vegetationsanalyse
- Umweltüberwachung



Quelle: <https://sentinewiki.copernicus.eu/web/is1-applications>

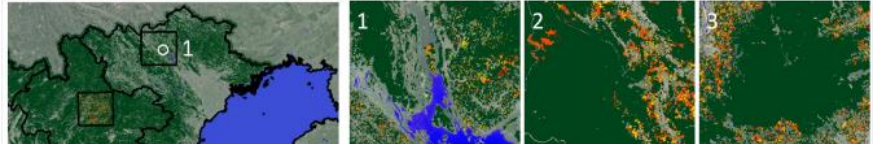
Abb.: Karte zur Detektion von Abholzung in Laos, Kambodscha und Vietnam von 2018 bis 2020 (Credits: EO Science for Society – ESA)

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – **Messdaten:**

- **Amplitude:** gibt an, wie stark das zurückgestreute Signal ist und ist damit ein Maß für die Intensität



lications

Jedes Pixel im Radarbild repräsentiert die Menge Energie, die zum Sensor zurückreflektiert wurde:

- hohe Amplitudenwerte deuten auf eine starke Rückstreuung hin, z. B. von rauen Oberflächen wie Felsen, Vegetation
 - niedrigere Werte zeigen eine schwache Rückstreuung an, z. B. von glatten Oberflächen wie ruhiges Gewässer
- Dabei erfassen SAR Sensoren andere Parameter als optische Sensoren, z. B. in Bezug auf Vegetation:
- Optischer Sensor: erfasst die Energie eines grünen Blattes, indem er sie z. B. mit dessen Chlorophyllgehalt und anderen Pflanzeninhaltsstoffen in Beziehung setzt (→ spektrale Beziehung, Farbe)
 - SAR: erfasst die Menge der vom Blatt gestreuten Energie proportional zu seiner Größe, Form und seinem Wassergehalt (→ Strukturparameter, Feuchtigkeit)

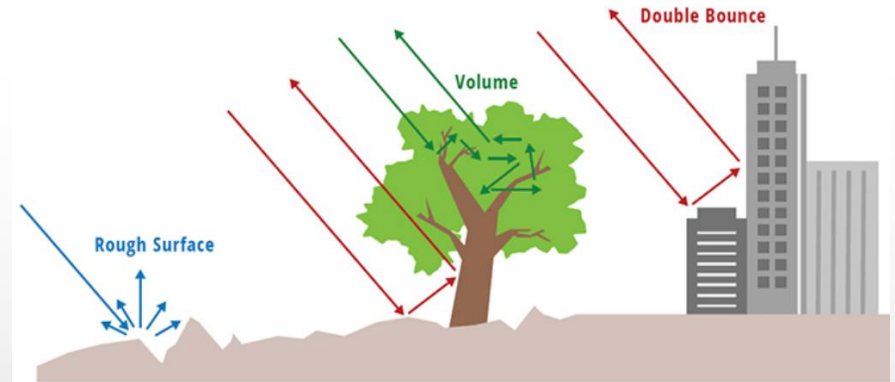
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten – Amplitude - Streuungstypen

Die Untersuchung der Signalstärke enthält Informationen über die Struktur der Erdoberfläche, basierend auf den folgenden Streuungstypen:

- Streuung an glatten Oberflächen (Smooth surface)
z. B. durch ruhiges Gewässer, Straßen
- Streuung an rauen Oberflächen (Rough surface)
z. B. durch unbedeckten Boden, turbulentes Wasser
- Volumenstreuung (Volume)
z. B. durch Blätter, Äste
- Doppelreflexion (Double Bounce)
z. B. durch Gebäude, Baumstämme, überflutete Vegetation



Quelle: <https://earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/what-is-sar>

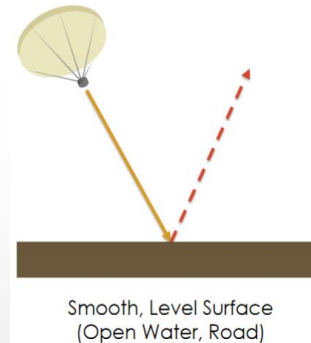
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

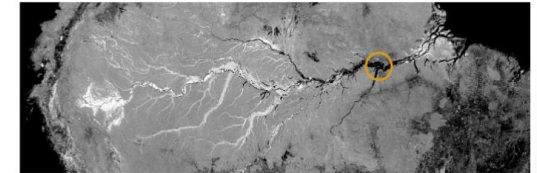
SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten – Amplitude - Streuungstypen

Die Untersuchung der Signalstärke enthält Informationen über die Struktur der Erdoberfläche, basierend auf den folgenden Streuungstypen:

- Streuung an glatten Oberflächen (Smooth surface)
z. B. durch ruhiges Gewässer, Straßen
- Streuung an rauen Oberflächen (Rough surface)
z. B. durch unbedeckten Boden, turbulentes Wasser
- Volumenstreuung (Volume)
z. B. durch Blätter, Äste
- Doppelreflexion (Double Bounce)
z. B. durch Gebäude, Baumstämme, überflutete Vegetation



SMAP Radar Mosaic of the Amazon Basin
April 2015 (L-band, HH, 3 km)



Pixel Color

Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

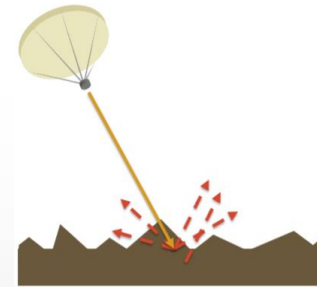
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten – Amplitude - Streuungstypen

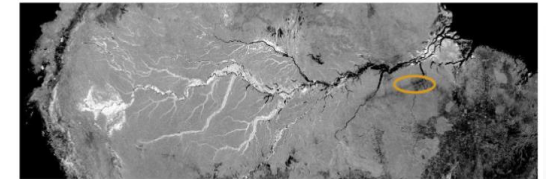
Die Untersuchung der Signalstärke enthält Informationen über die Struktur der Erdoberfläche, basierend auf den folgenden Streuungstypen:

- Streuung an glatten Oberflächen (Smooth surface)
z. B. durch ruhiges Gewässer, Straßen
- Streuung an rauen Oberflächen (Rough surface)
z. B. durch unbedeckten Boden, turbulentes Wasser
- Volumenstreuung (Volume)
z. B. durch Blätter, Äste
- Doppelreflexion (Double Bounce)
z. B. durch Gebäude, Baumstämme, überflutete Vegetation



Rough, Bare Surface
(deforested areas, tilled
agricultural fields)

SMAP Radar Mosaic of the Amazon Basin
April 2015 (L-band, HH, 3 km)



Pixel Color

Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

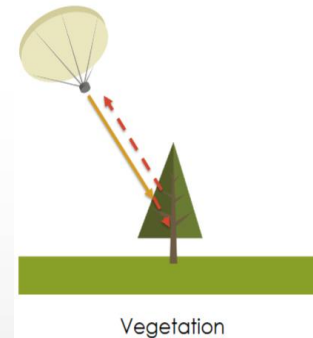
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

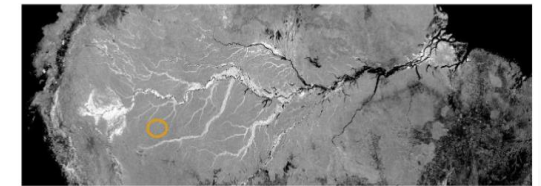
SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten – Amplitude - Streuungstypen

Die Untersuchung der Signalstärke enthält Informationen über die Struktur der Erdoberfläche, basierend auf den folgenden Streuungstypen:

- Streuung an glatten Oberflächen (Smooth surface)
z. B. durch ruhiges Gewässer, Straßen
- Streuung an rauen Oberflächen (Rough surface)
z. B. durch unbedeckten Boden, turbulentes Wasser
- Volumenstreuung (Volume)
z. B. durch Blätter, Äste
- Doppelreflexion (Double Bounce)
z. B. durch Gebäude, Baumstämme, überflutete Vegetation



SMAP Radar Mosaic of the Amazon Basin
April 2015 (L-band, HH, 3 km)



Pixel Color



Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

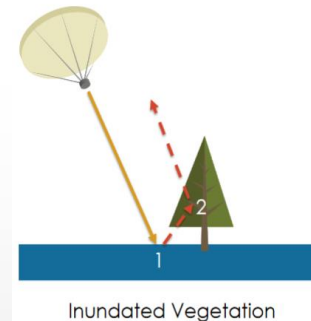
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

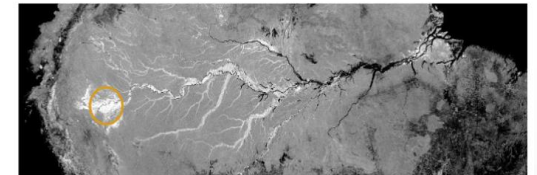
SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten – Amplitude - Streuungstypen

Die Untersuchung der Signalstärke enthält Informationen über die Struktur der Erdoberfläche, basierend auf den folgenden Streuungstypen:

- Streuung an glatten Oberflächen (Smooth surface)
z. B. durch ruhiges Gewässer, Straßen
- Streuung an rauen Oberflächen (Rough surface)
z. B. durch unbedeckten Boden, turbulentes Wasser
- Volumenstreuung (Volume)
z. B. durch Blätter, Äste
- Doppelreflexion (Double Bounce)
z. B. durch Gebäude, Baumstämme, überflutete Vegetation



SMAP Radar Mosaic of the Amazon Basin
April 2015 (L-band, HH, 3 km)



Pixel Color

Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

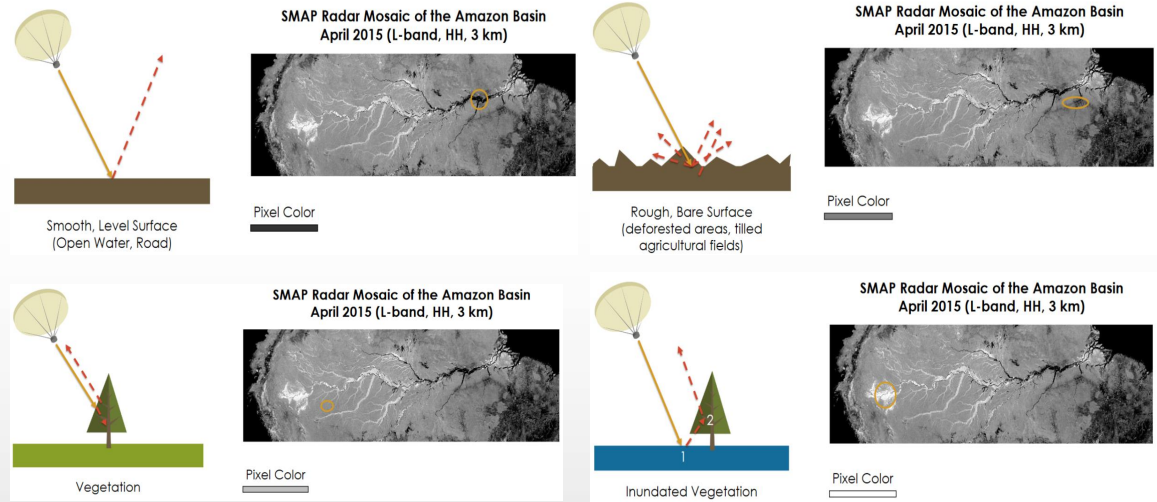
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR (Synthetic Aperture Radar) Sensoren – Messdaten – Amplitude - Streuungstypen

→ Im Allgemeinen zeigen hellere Pixel in SAR-Bildern Bereiche, die mehr Radarenergie reflektieren, während dunklere Pixel Bereiche anzeigen, die weniger Energie reflektieren.

→ die Stärke/Schwäche des reflektierten Signals (Amplitude/Radar-Backscatter-Koeffizient) ist abhängig von folgenden Faktoren:



Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisation
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisation
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

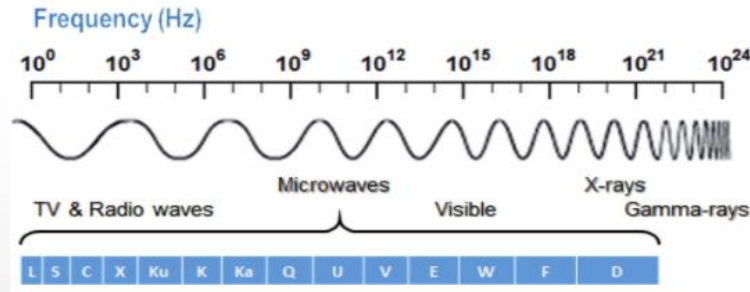
- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Wellenlänge

Je höher die Frequenz, desto kürzer die Wellenlänge:



Band	Frequency	Wavelength	Typical Application
Ka	27 – 40 GHz	1.1 – 0.8 cm	Rarely used for SAR (airport surveillance)
K	18 – 27 GHz	1.7 – 1.1 cm	rarely used (H ₂ O absorption)
Ku	12 – 18 GHz	2.4 – 1.7 cm	rarely used for SAR (satellite altimetry)
X	8 – 12 GHz	3.8 – 2.4 cm	High resolution SAR (urban monitoring,; ice and snow, little penetration into vegetation cover; fast coherence decay in vegetated areas)
C	4 – 8 GHz	7.5 – 3.8 cm	SAR Workhorse (global mapping; change detection; monitoring of areas with low to moderate penetration; higher coherence); ice, ocean maritime navigation
S	2 – 4 GHz	15 – 7.5 cm	Little but increasing use for SAR-based Earth observation; agriculture monitoring (NISAR will carry an S-band channel; expands C-band applications to higher vegetation density)
L	1 – 2 GHz	30 – 15 cm	Medium resolution SAR (geophysical monitoring; biomass and vegetation mapping; high penetration, InSAR)
P	0.3 – 1 GHz	100 – 30 cm	Biomass. First p-band spaceborne SAR will be launched ~2020; vegetation mapping and assessment. Experimental SAR.

Quelle: <https://earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/what-is-sar>

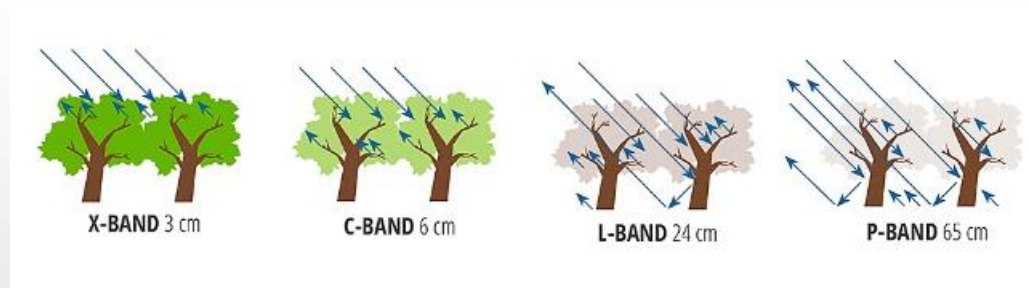
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

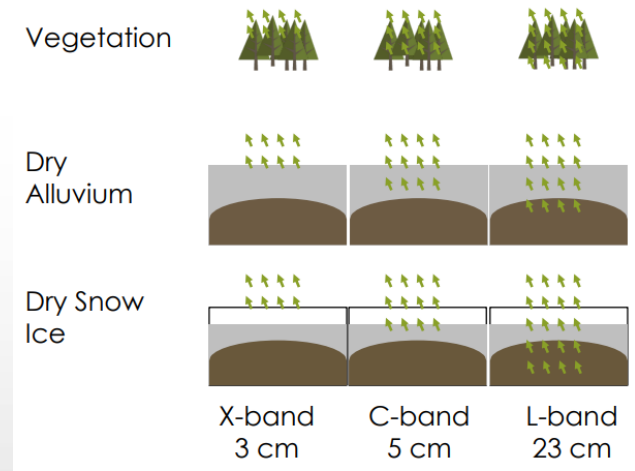
Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - **Wellenlänge**

Bestimmt, wie weit ein Signal in ein Medium eindringen kann (z. B. ins Kronendach, in Boden, Eis)

→ je länger die Wellenlänge, desto größer die Durch-/Eindringung



Quelle: The SAR Handbook 2019



Quelle: ESA Radar Course 2

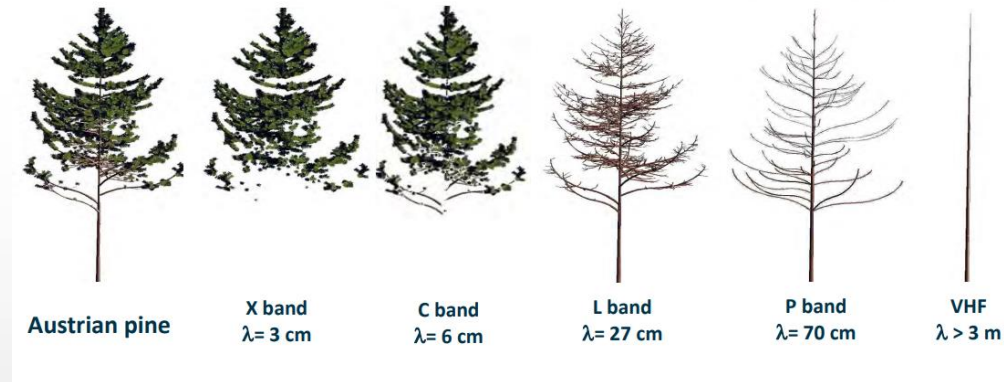
Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Wellenlänge

Bestimmt, wie das Signal mit der Oberfläche interagiert:

- Interaktion, wenn ein Objekt (oder die Oberflächenrauheit) etwa die Größe der Welle hat → die Oberfläche “erscheint” rau und die Energie wird zurückgestreut
- Keine/minimale Interaktion, wenn ein Objekt viel kleiner als die Welle ist → Oberfläche “erscheint” glatt und keine/minimale Energie wird zurückgestreut



Quelle: Thuy Le Toan (2021). Introduction to SAR Remote Sensing. ESA.

Quelle: The SAR Handbook 2019

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- **Polarisation**
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Polarisation

Beschreibt die Ausrichtung der elektromagnetischen Welle

Radarsignale sind polarisiert zwischen H und V:

Co-Polarisation:

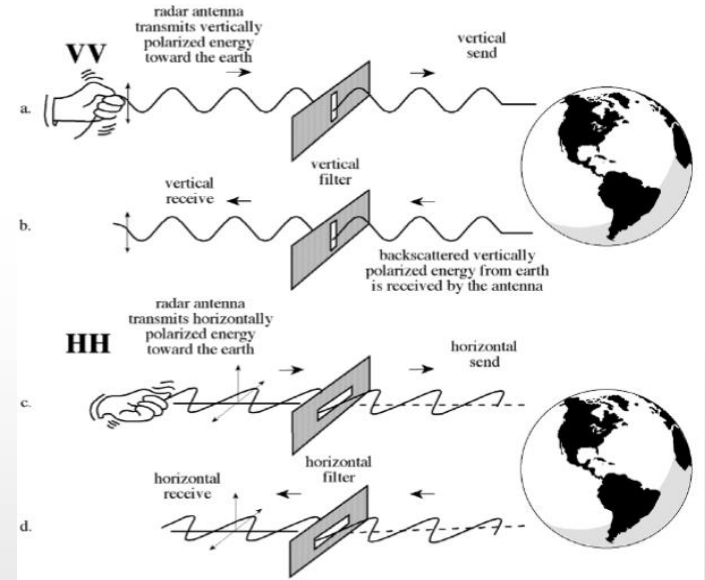
- HH: horizontal gesendet, horizontal empfangen
- VV: vertikal gesendet, vertikal empfangen

Cross-Polarisation:

- VH: vertikal gesendet, horizontal empfangen
- HV: horizontal gesendet, vertikal empfangen

Quad-Pol Modus: alle vier Polarisationen werden gemessen

Dual-Pol Modus: zwei Polarisationen werden gemessen



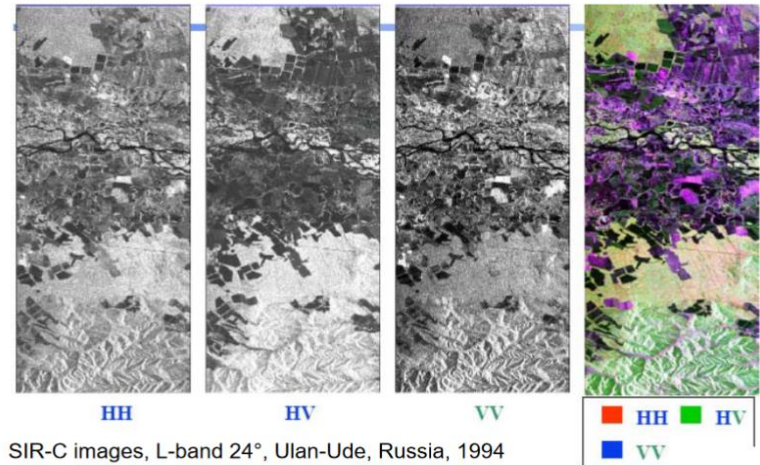
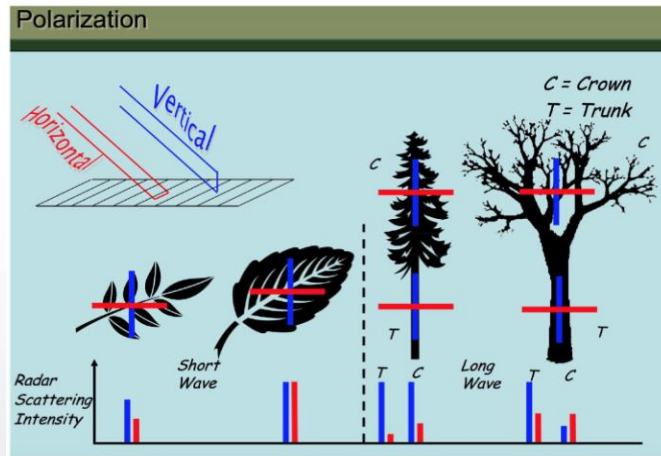
Quelle: J.R. Jensen, 2000. Remote Sensing of the Environment

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Polarisation

Verschiedene Polarisierungen können verschiedene Eigenschaften des beobachteten Objektes bestimmen:



Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

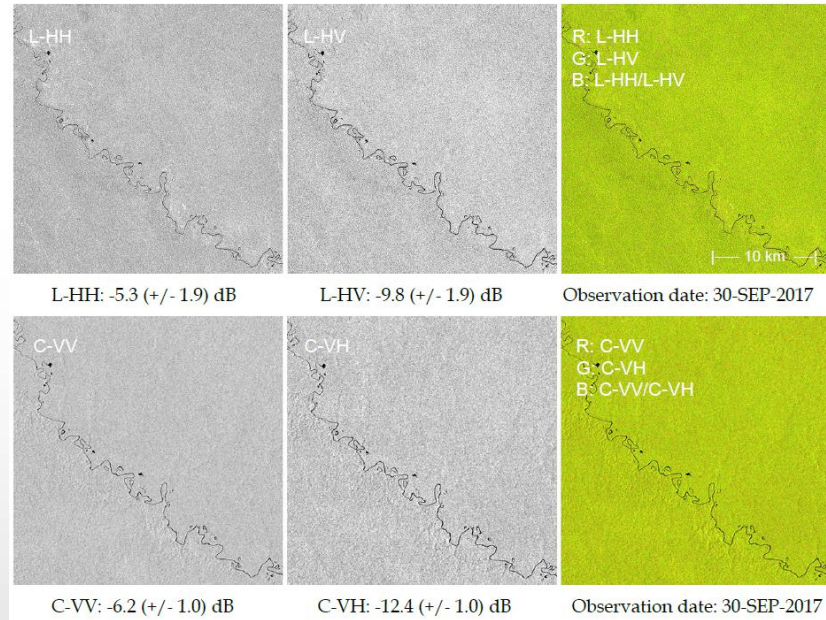
Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Polarisation

Verschiedene Polarisationen können verschiedene Eigenschaften des beobachteten Objektes bestimmen:

Zum Beispiel:

Dichter tropischer Regenwald in flachem Gelände (Kolumbien)



Quelle: A Loymann's Interpretation Guide to L-band and C-band Synthetic Aperture Radar data, Version 2.0, 15 November 2018

Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

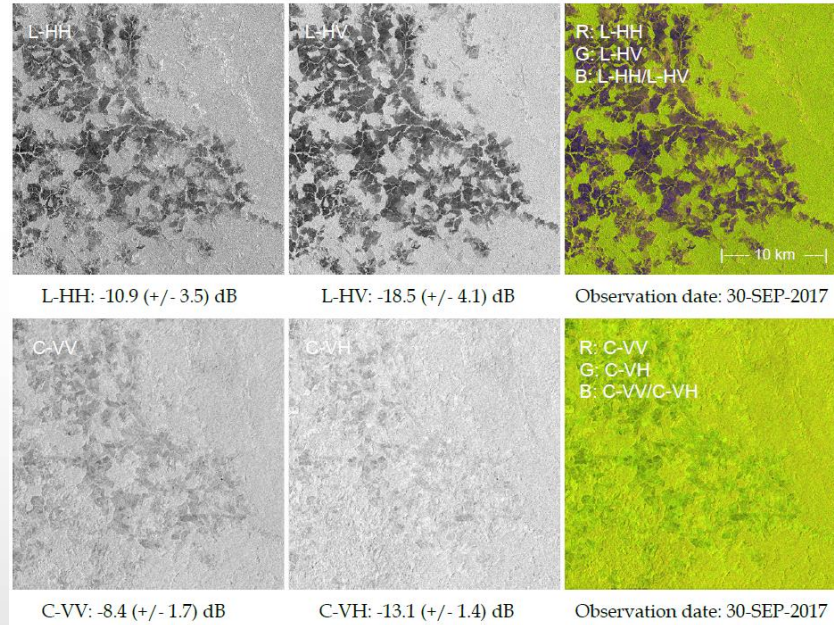
Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Polarisation

Verschiedene Polarisationen können verschiedene Eigenschaften des beobachteten Objektes bestimmen:

Zum Beispiel:

Abholzung von Wald (Kolumbien)



Quelle: A Loymán's Interpretation Guide to L-band and C-band Synthetic Aperture Radar data, Version 2.0, 15 November 2018

Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

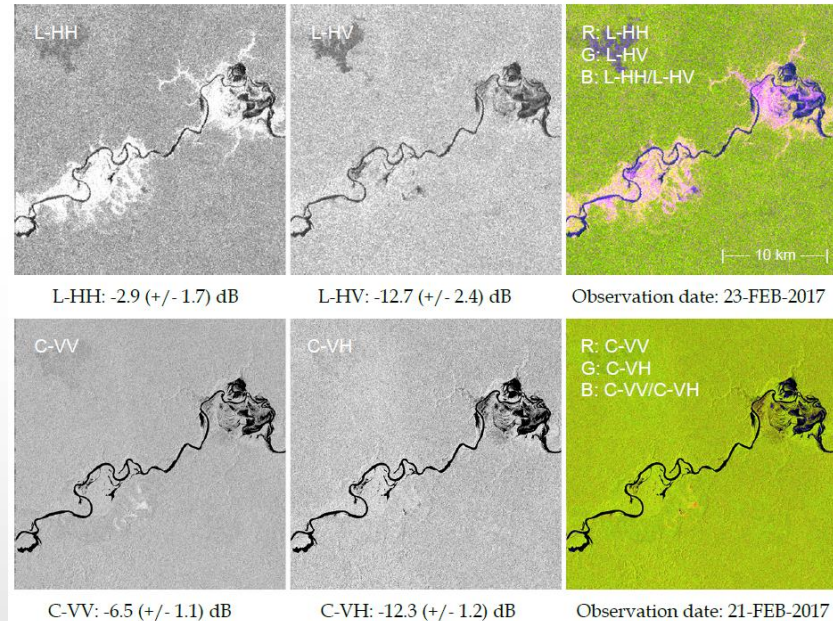
Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Polarisation

Verschiedene Polarisationen können verschiedene Eigenschaften des beobachteten Objektes bestimmen:

Zum Beispiel:

Saisonal überflutete Waldflächen
(Zentrales Amazonasbecken, Brasilien)



Quelle: A Loymann's Interpretation Guide to L-band and C-band Synthetic Aperture Radar data, Version 2.0, 15 November 2018

Quelle: <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisation
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

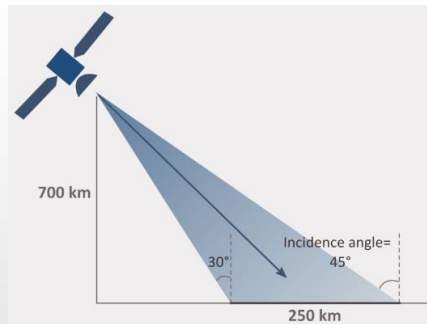
- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter - Einfallswinkel

- ist der Winkel zwischen der Beleuchtungsrichtung des Radars und der Ebene der Erdoberfläche (berücksichtigt die lokale Neigung der Oberfläche)
- beeinflusst das Rückstreuverhalten der Objekte auf der Erdoberfläche



Quelle: <https://www.ngu.no/en/geological-mapping/what-insar>

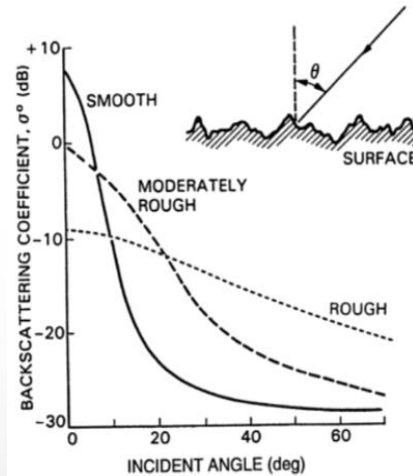
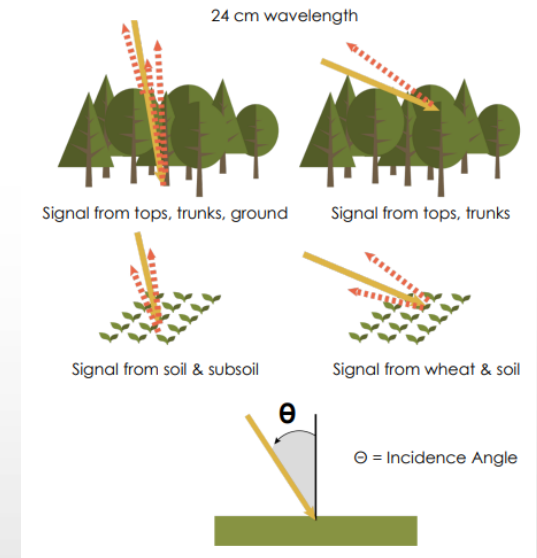


Figure 3-37. Typical radar backscatter curves for smooth, moderately rough and very rough surfaces. As the incident angle (θ) decreases, the probability of greater backscatter increases, especially as the target becomes smoother. (NASA, 1989).

Quelle: *A Layman's Interpretation Guide to L-band and C-band Synthetic Aperture Radar data, Version 2.0, 15 November 2018*



Quelle: Ulaby et al. (1981), ESA

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisierung
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

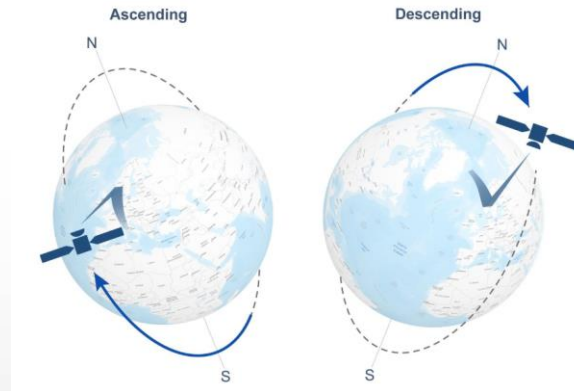
- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

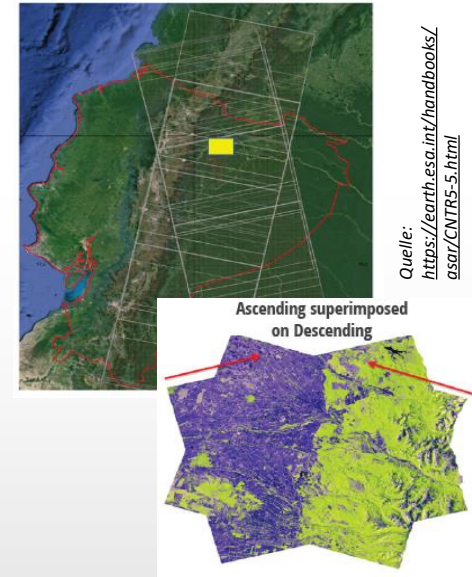
Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – System-Parameter – **Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden**

- bezieht sich auf die Richtung, in die die Radarantenne gerichtet ist, wenn das Radarsignal ausgesendet und empfangen wird
- bestimmt durch die Flugrichtung des Sensors – aufsteigend (ascending)/absteigend (descending)



Quelle: <https://www.ngu.no/en/geological-mapping/what-insar>



Quelle: <https://earth.esa.int/handbooks/asar/CNTRS-5.html>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisierung
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisierung
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

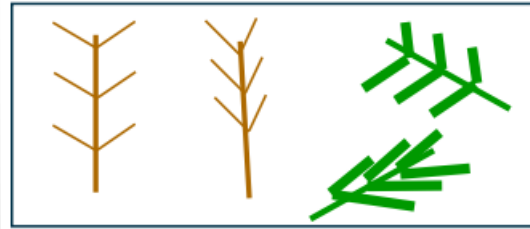
Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – Oberflächen-Parameter – Struktur

- Radarsignale sind sehr empfindlich gegenüber Oberflächenstrukturen
- Verschiedene Vegetationstypen haben unterschiedliche Rückstreuereigenschaften

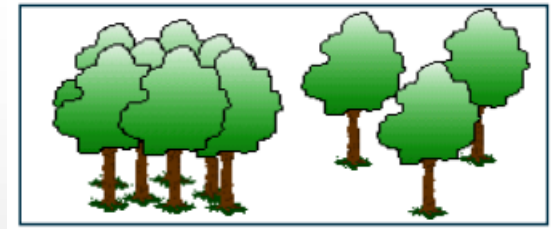
Größe der Objekte



Ausrichtung der Objekte



Verteilung/Dichte der Objekte



Quelle: https://eo4society.esa.int/wp-content/uploads/2021/05/2021_SARBasics_TLeToan_theory.pdf

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisierung
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – Oberflächen-Parameter – Oberflächenrauheit

- Ob eine Oberfläche rau erscheint oder nicht, hängt von der Wellenlänge des Sensors ab!
- Die Größenordnung der Objekte auf der Oberfläche im Verhältnis zur Wellenlänge bestimmt, wie rau oder wie glatt sie für das Radarsignal erscheinen → mit zunehmender Wellenlänge ist eine größere Höhenvariation erforderlich, um Rauheit zu erzeugen.

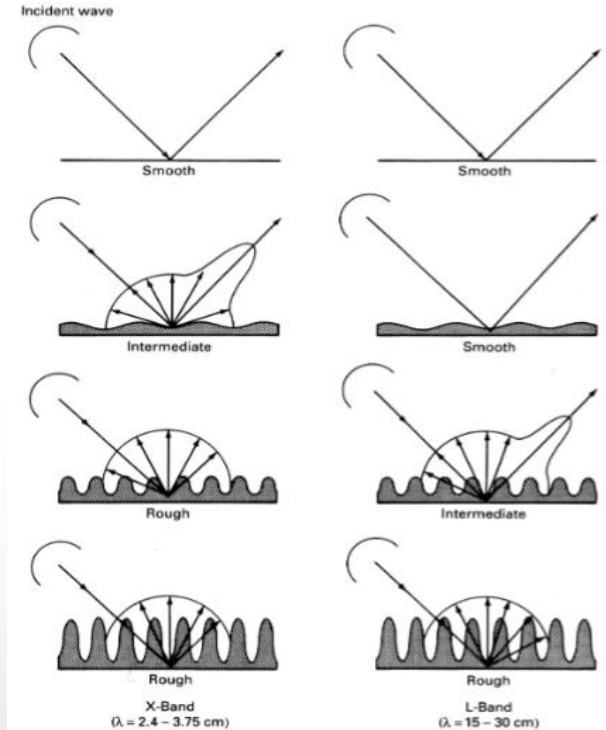


Figure 8.23 X-band and L-band radar reflection from surfaces of varying roughness. (Modified from diagram by Environmental Research Institute of Michigan.)

Quelle: https://eo4society.esa.int/wp-content/uploads/2021/05/2021_SARBasics_TLeToan_theory.pdf

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

- Wellenlänge
- Polarisierung
- Einfallswinkel des Radarsignals
- Blickrichtung, aus der die Daten aufgenommen werden

Oberflächen-Parameter (Erdoberfläche)

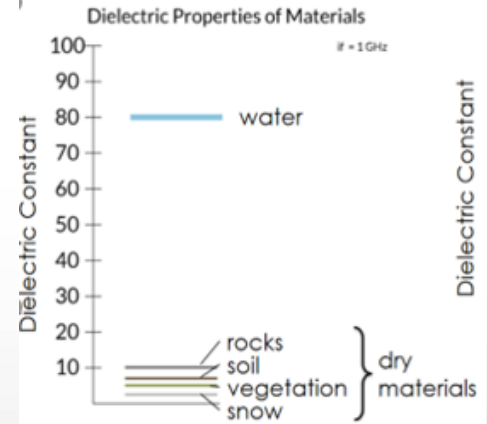
- Struktur (Größe, Ausrichtung, Verteilung/Dichte der streuenden Oberfläche)
- Oberflächenrauheit (relative zur Wellenlänge)
- Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen – Oberflächen-Parameter – Dielektrischen Eigenschaften

- Dielektrische Eigenschaften beschreiben das Verhalten von Materialien in elektrischen Feldern → stark abhängig vom Feuchtegehalt des Materials (z. B. der Menge an Feuchtigkeit in Vegetation und Böden)
- beeinflussen die Radarrückstreuung durch Auswirkungen auf die Absorption und Ausbreitung der elektromagnetischen Energie:
 - Im Mikrowellenbereich haben die meisten natürlichen Materialien eine dielektrische Konstante zwischen 3 und 10 im trockenen Zustand (Wasser 80)
→ ändert sich dieser Feuchtegehalt, ändert sich die dielektrische Konstante: erhöht sich die Feuchtigkeit von Vegetation, erhöht sich die Radarreflektivität (aber das Eindringen des Radarsignals durch das Vegetationsdach oder in den Boden reduziert sich)



Quelle: : <https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/D2P2-Overview-SAR-final.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radarfernerkundung – Physikalische Grundlagen

SAR Sensoren – Messdaten – Amplitude – Parameter, die die Radarreflexion beeinflussen

System-Parameter (Radarsensor-Parameter)

➤ Wellenlänge

Oberflächen-Parameter (Zielparameter)

Bei der Überwachung von Wäldern mit SAR-Satellitendaten müssen diese Parameter berücksichtigt werden, um eine effektive Analyse durchzuführen!
Und außerdem muss berücksichtigt werden, dass ...

➤ Dielektrische Eigenschaften

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

... Radarsignale Verzerrungen aufweisen können!

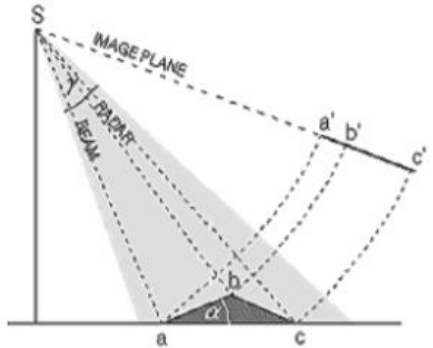
- Geometrische Verzerrungen (Verkürzungen, Überlagerungen, Schatten)
- Radiometrische Verzerrungen
- Speckle (Rauschen)

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Geometrische Verzerrungen (Verkürzungen, Überlagerungen, Schatten)

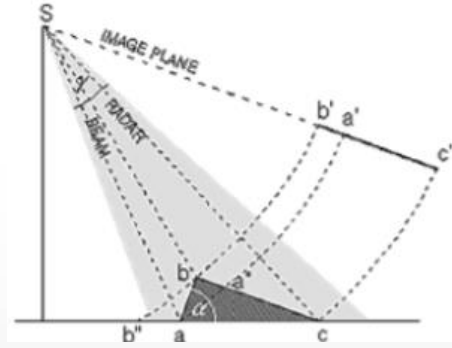
- sind geometrische “Fehlplatzierungen” von Pixeln, die durch topografisch geneigte Flächen entstehen
- es gibt 3 Arten von geometrischen Verzerrungen:

Verkürzungen (Foreshortening)



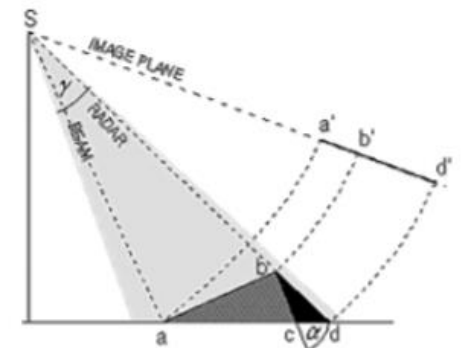
Verkürzte Darstellung tatsächlicher Entfernungen: die Länge des Hangs (a nach b) wird verkürzt dargestellt

Überlagerung (Layover)



Die geneigte Entfernung vom Sensor zur Bergspitze (b) ist kürzer als zum Bergfuß (a) – Radarsignal erreicht die Bergspitze (b), bevor er den Bergfuß erreicht (a), damit wird die Reihenfolge der Objekte im Bild umgekehrt

Schatten (Shadow)



Radarsignal ist nicht in der Lage, die Oberfläche zu beleuchten (hinter vertikalen Strukturen)

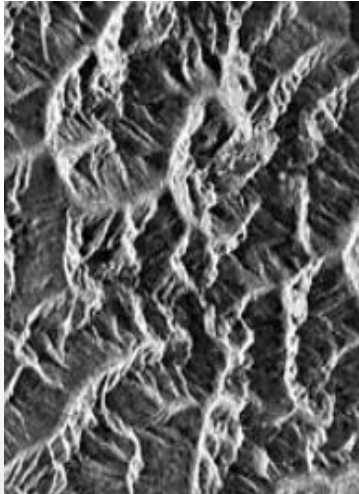
Quelle: <https://www.sarmap.ch/pdf/SAR-Guidebook.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

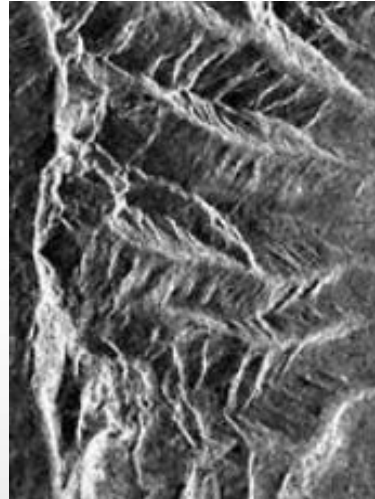
Geometrische Verzerrungen (Verkürzungen, Überlagerungen, Schatten)

- sind geometrische “Fehlplatzierungen” von Pixeln, die durch topografisch geneigte Flächen entstehen
- es gibt 3 Arten von geometrischen Verzerrungen:

Verkürzungen (Foreshortening)



Überlagerung (Layover)



Schatten (Shadow)



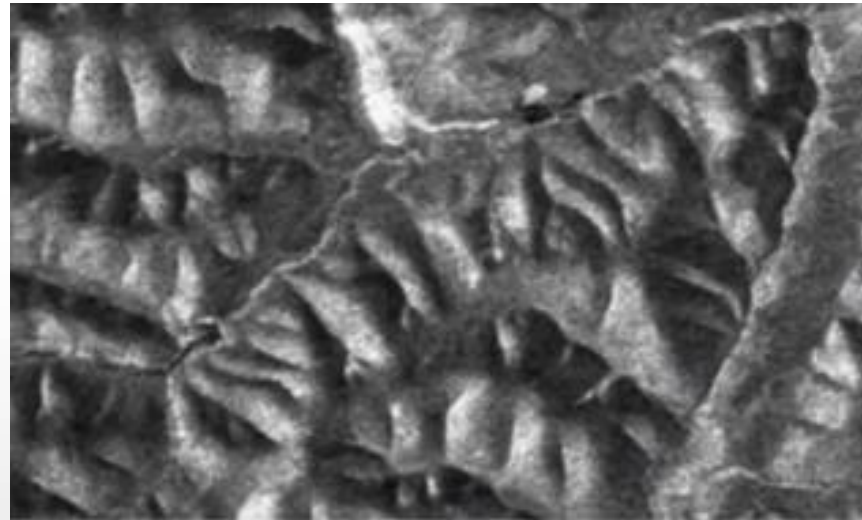
Quelle: <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/microwave-remote-sensing/radar-image-distortions/9325>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Radiometrische Verzerrungen

- Zusätzlich zu den geometrischen Verzerrungen im stark geneigten Gelände, wird die dem Sensor zugewandte Seite eines Hangs radiometrisch überbelichtet und verschleiert dadurch die wahre Radarreflektanz

Gebiet mit komplexer Topographie, das überbelichtete Radarreflektanzwerte aufweist

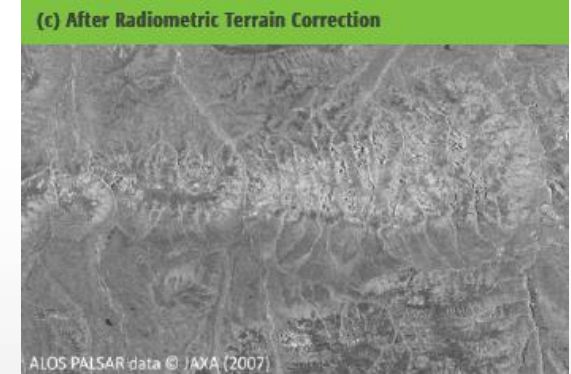
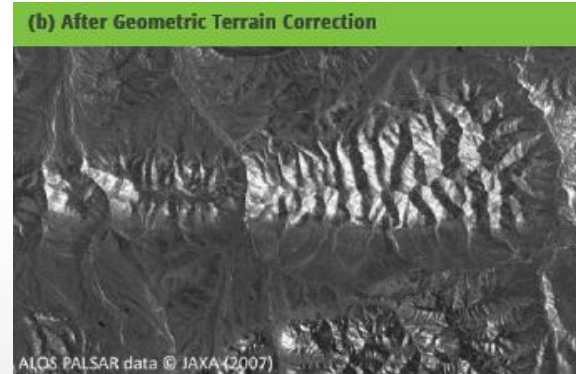
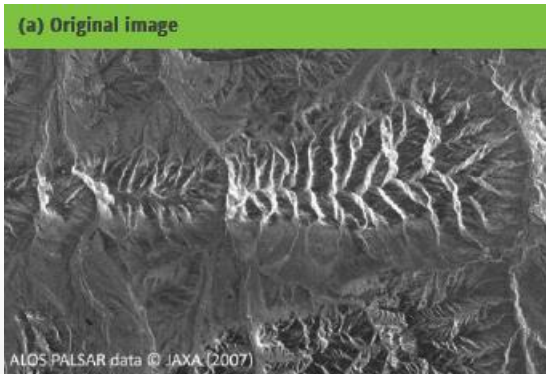


Quelle: <https://www.sarmap.ch/pdf/SAR-Guidebook.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Korrektur geometrischer und radiometrischer Verzerrungen

- Mit Hilfe von digitalen Geländemodellen (DEM) und in entsprechender Software/Programmierungsumgebung kann eine radiometrische und geometrische Geländekorrektur erfolgen



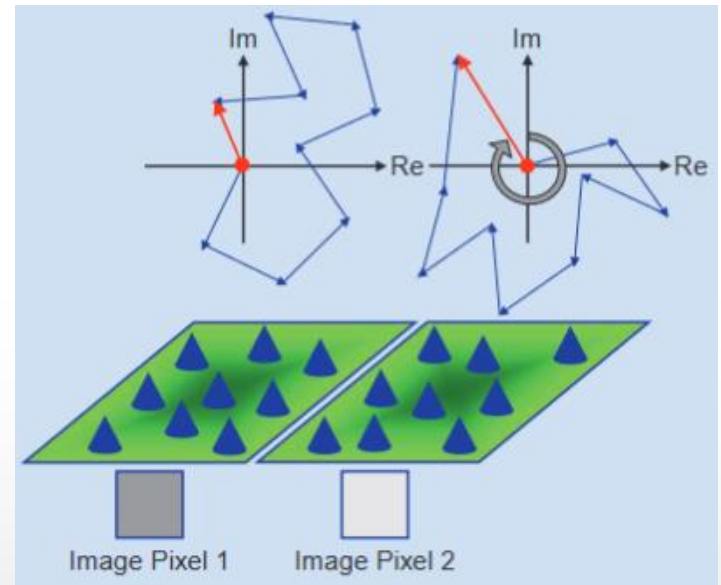
Quelle: SAR Handbook, 2019

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Speckle (Rauschen)

- Körniges “Rauschen” (“Salz-und-Pfeffer” –Effekt in der Pixelhelligkeit), das die Interpretation komplexer macht
- ist nicht das Ergebnis räumlicher Variationen der Reflektivität der Oberfläche, sondern entsteht durch viele Streu-Echos innerhalb einer Auflösungszelle, denn:

es gibt viele einzelne Streuer in einem gegebenen Pixel
→ die Streuantwort von einem Pixel (z. B. von 10 x 10 m) ist die Summe vieler einzelner Streueignisse



Quelle: <https://core.ac.uk/download/pdf/31005519.pdf>

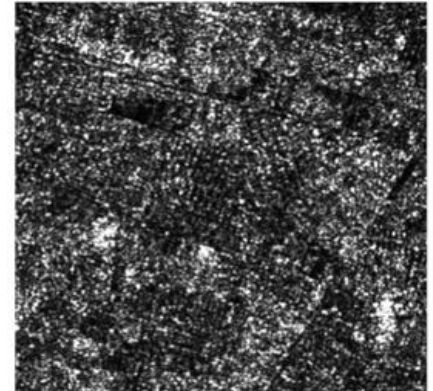
Quelle: <https://www.sarmap.ch/pdf/SAR-Guidebook.pdf>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

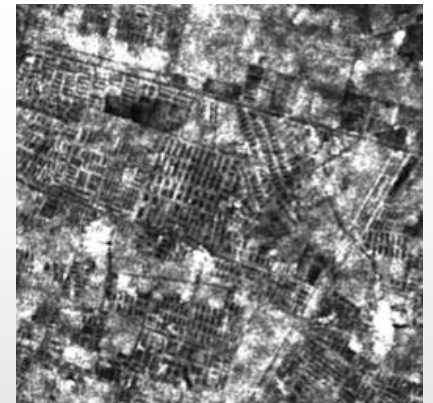
Speckle (Rauschen)

- Für die Speckle-Korrektur wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene Speckle-Filter entwickelt, z. B.:
 - Change-preserving multi-temporal speckle filter (Quegan and Yu, 2001)
 - Lee filter (Lee, 1980)
 - Enhanced Lee filter (Lopes et al., 1990)
 - Frost and enhanced Frost filters (Frost et al., 1982, Lopes et al. 1990)
 - Non-local means filters (Buades et al., 2005; Chen et al., 2014; Di Martino et al., 2016; Martino et al., 2015)
 - und andere ...

vor
speckle filtering



nach
speckle filtering



Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Zusammenfassung

Denken Sie an ...

... die Vorteile der SAR-Fernerkundung, hauptsächlich ihre Fähigkeit, Wolken zu durchdringen sowie Tag und Nacht zu operieren!

Beachten Sie, dass ...

... der Rückstreuwert durch System-Parameter (Wellenlänge, Polarisierung, Einfallswinkel und Blickrichtung) und der Oberflächen-Parameter (Struktur, Rauheit und dielektrische Eigenschaften) beeinflusst wird!

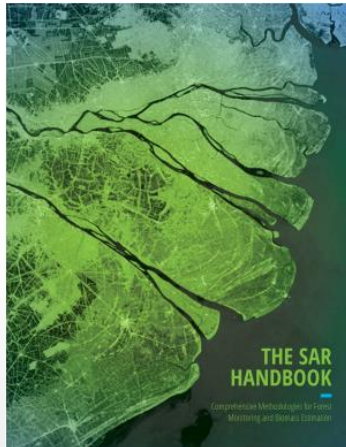
Erinnern Sie sich an ...

... Radarsignal-Verzerrungen (geometrische und radiometrische Verzerrung sowie Speckle).

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

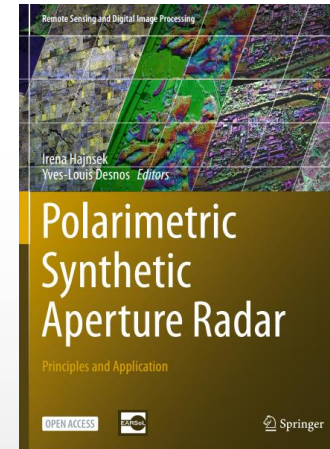
Literaturempfehlung

The SAR Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation. 2019



<https://servirglobal.net/resources/sar-handbook>

Polarimetric Synthetic Aperture Radar Principles and Applications. 2021

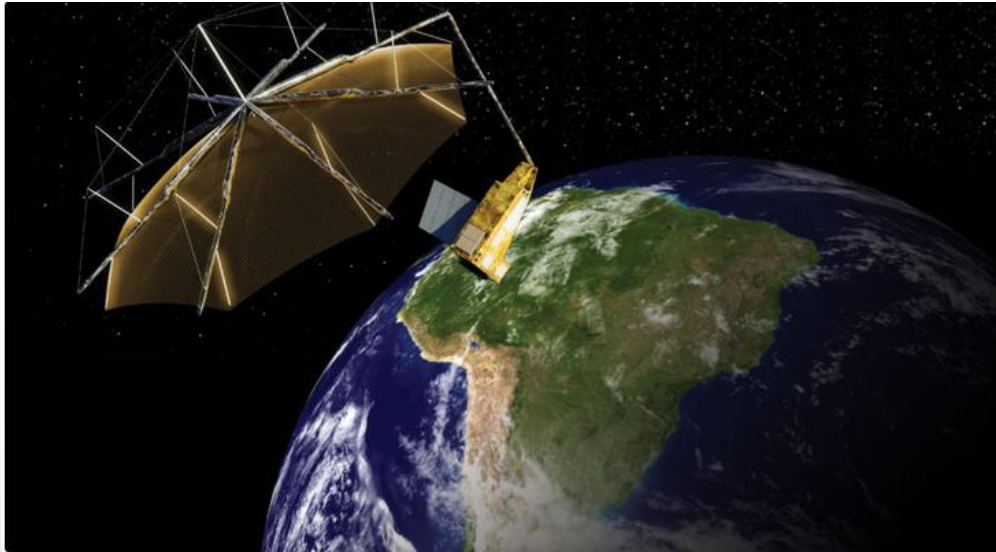


https://elib.dlr.de/145020/1/Hajnsek-Desnos-2021_Book_PolarimetricSyntheticApertureRadar.pdf

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Radarfernerkundung

Zukünftige Radarsatellitenmission

ESA Copernicus BIOMASS



Copyright Airbus Defence and Space

<https://d-copernicus.de/daten/satelliten/satelliten-details/news/biomass/>

- Start: 2025
- Instrument:
 - P-Band SAR (P-Band Synthetic Aperture Radar)
- Wiederholrate: 3 Tage
- Räumliche Auflösung: 200m bzw. 50m
- Orbit: Sonnensynchron, 660 km
- Datenpolitik: (Angaben folgen)
- Programm: ESA Living Planet (Earth Explorer)

Einsatzbereiche

- Methoden- und Anwendungsentwicklung
- Umwelt- und Naturschutz
- Wald und Forstwirtschaft
- Wetter und Klimawandel

Agenda

Beginn 14 Uhr

Ende 15:30 Uhr

Begrüßung & Kurzvorstellung des Copernicus Netzbüros Wald

1. Vortrag: Physikalische Grundlagen satellitenbasierter Radarfernerkundung
2. Live-Demo: **Nutzung von Copernicus Sentinel-1 Daten im Copernicus Data Space Ecosystem**

Nutzung von Copernicus Sentinel-1 Daten im Copernicus Data Space Ecosystem

Live-Demo

Sie sind herzlich eingeladen, die nachfolgenden Schritte mitzumachen!

Eine Dokumentation wird im Nachgang des Seminars online auf der Copernicus Netzwerkbüro Wald Webseite als Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Verfügung gestellt.

Abschlussumfrage

**Wir bedanken uns für Ihr Interesse und freuen uns über
Ihr Feedback und Anregungen!**

**Das nächste
Online-Seminar wird voraussichtlich im
November 2024 stattfinden.**

**Bitte nehmen Sie sich nochmal kurz Zeit für die
Beantwortung unserer Abschlussfragen, die in Kürze auf
Ihrem Bildschirm erscheinen,
vielen Dank!**

Team | Netzwerkbüro Wald



Marietheres Hensch &
Nicole Voß

Thünen-Institut für Waldökosysteme
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde
Telefon: +49 3334 3820-390
Telefax: +49 3334 3820-354
E-Mail: [copernicus-wald\[at\]thuenen.de](mailto:copernicus-wald[at]thuenen.de)
www.d-copernicus.de/wald