

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie anhand bodengestützter Erhebungen und satellitenbasierter Fernerkundungsdaten

Copernicus Netzwerkbüro Wald

03. Juli 2024

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



Agenda



Begrüßung & **Kurzvorstellung des Copernicus Netzbüros Wald**

- 1. Rückblick:** Zusammenfassung Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung
(Online-Seminar vom 15.05.2024)
- 2. Vortrag:** Grundlagen phänologischer Beobachtungen – am Boden und aus dem All
- 3. Live-Demo:** Nutzung phänologischer Datenprodukte des Copernicus Landüberwachungsdienstes (CLMS) sowie des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in QGIS

Kurzvorstellung des Copernicus Netzwerkbüros 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



<https://netzwerk-wald.d-copernicus.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 Netzbüros.

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 Netzbüro Wald

Als Schnittstelle zwischen Fernerkundungsexpertinnen und -experten und forstlichen Akteuren, Waldbesitzenden, Forstbehörden und -betrieben, Forschungseinrichtungen und Firmen unterstützt, berät und vernetzt das Copernicus Netzbüro 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 drohnengestützter 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 aufgezeichnet 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\[at\]thuener.de](mailto:copernicus-wald[at]thuener.de).

Inhalte zu diesem Thema

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

Team | Netzbüro 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\[at\]thuener.de](mailto:copernicus-wald[at]thuener.de)
www.d-copernicus.de/wald

© Screenshot Webseite Copernicus Netzbüro Wald

Copernicus Netzbüro Wald

Themen vergangener Online-Seminar

- Fernerkundung im Wald – praktische Anwendungsmöglichkeiten
- Copernicus-Produkte für den Wald
- Brennglas – Waldbrand im Fokus
- Den Borkenkäfer mit FE-Daten früher finden – Was ist heute schon möglich?
- Waldmasken und Waldstrukturen
- Fernerkundung für Waldinventuren und Monitoring – Beispiele aus Forschung und Praxis
- Waldbrand
- Fernerkundung im Wald mit Beispielen aus Praxis und Forschung



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

Newsletter (alle zwei Monate)

- Anwendungsbeispiele, aktuelle Fernerkundungsprojekte und -produkte, Schulungen, Veranstaltungen und Termine



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



© Thünen-Institut:
Newsletter des Copernicus Netzbüros

Agenda



Begrüßung & Kurzvorstellung des Copernicus Netzbüros Wald

- 1. Rückblick:** **Zusammenfassung Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung**
(Online-Seminar vom 15.05.2024)
- 2. Vortrag:** **Grundlagen phänologischer Beobachtungen – am Boden und aus dem All**
- 3. Live-Demo:** **Nutzung phänologischer Datenprodukte des Copernicus Landüberwachungsdienstes (CLMS) sowie des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in QGIS**

Kurzer Rückblick – Grundlagen der satelliten- basierten Fernerkundung

(Online-Seminar vom 15.05.2024)



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

NAHBEREICHSFERNERKUNDUNG



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

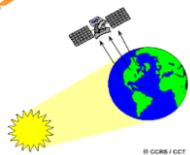
SATELLITENBASIERTE FERNERKUNDUNG



Erfassung aus dem Weltraum von großflächigen Gebieten durch Sensoren an Satelliten

Satelliten - Sensoren

Es werden hauptsächlich zwei Arten von Sensoren eingesetzt:



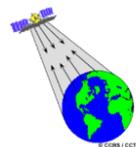
PASSIVE SENSOREN

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)

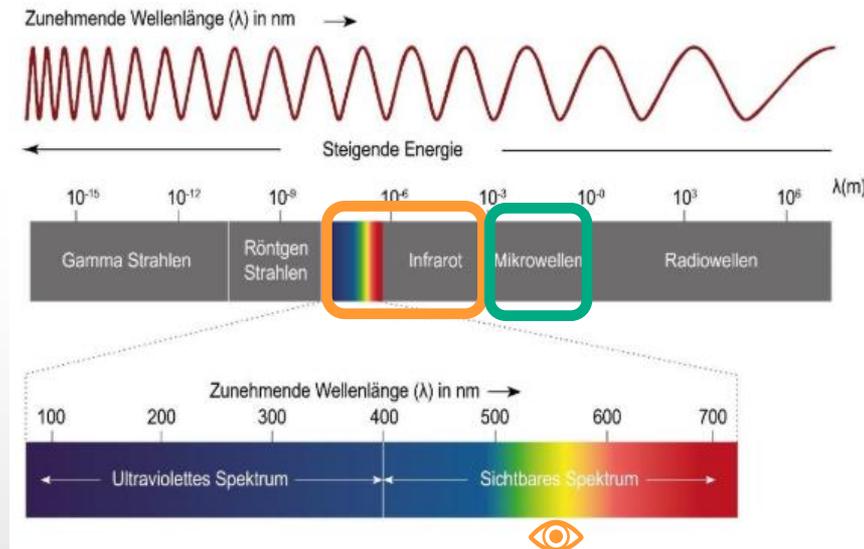
→ Radarfernerkundung

Satelliten – Sensoren - 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 Messdaten werden mit digitaler Bildverarbeitung zu Geoinformationen verarbeitet.

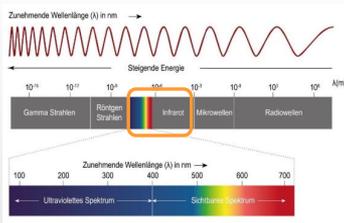


Quelle: Kuehly, H.U., Cozari, A., G. Kodat, Nicolai, C., Valentin, C. (2020) Grundlagen der Fernerkundung. In: Ingeborg S. Sattler (Hrsg.) Satelliten für Planung, Industrie, Energiewirtschaft und Naturschutz, Deutsches Geographisches Institut, GfZ. DOI: <https://doi.org/10.25725/gispiens.2020.001>

Satelliten – Sensoren - Messdaten

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)!

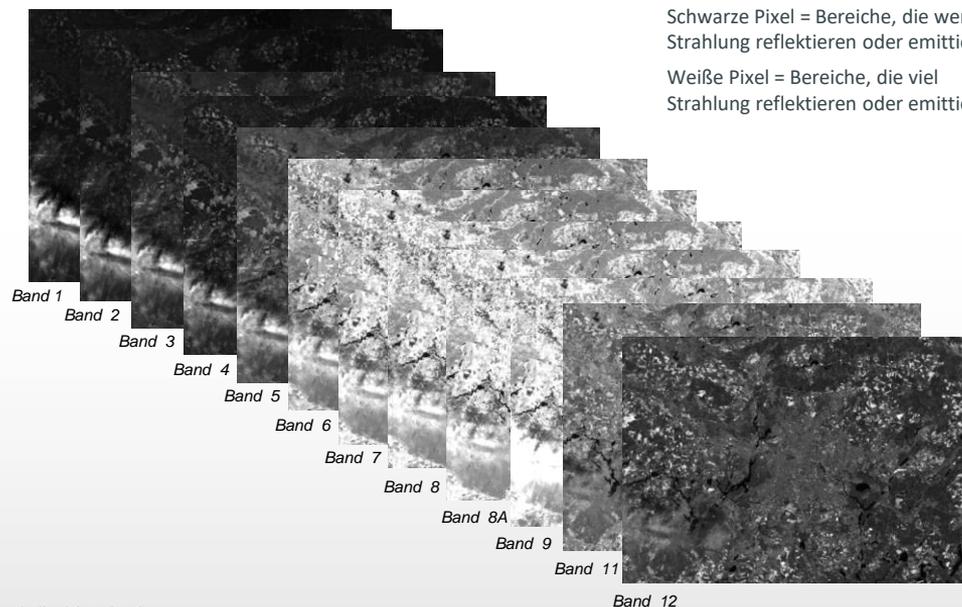
Für die **optische Fernerkundung** liefern **passive** Sensoren je nach **Satellitenmission** eine unterschiedliche Anzahl an Bändern.



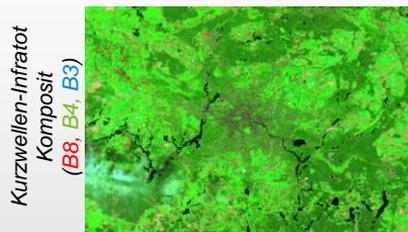
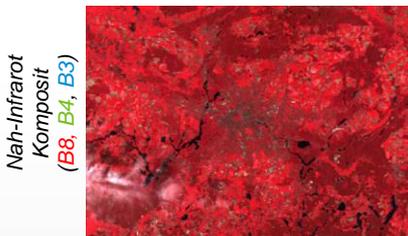
Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443
Band 2 - Blue	0.490
Band 3 - Green	0.560
Band 4 - Red	0.665
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783
Band 8 - NIR	0.842
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865
Band 9 - 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/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath>

Jedes Band kann einzeln in Graustufen (von schwarz bis weiß) durch ein digitales Bildgebungsverfahren dargestellt werden, wobei die verschiedenen Graustufen unterschiedliche Intensitäten der Strahlungsreflexion und -emission darstellen und damit Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche zulassen



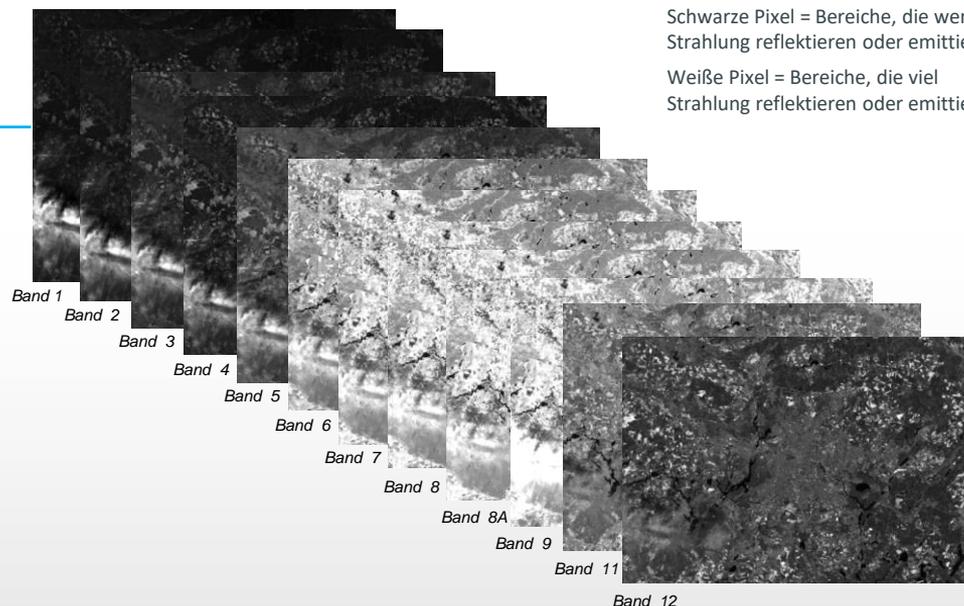
Erstellen von Farbkompositen



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 **Blau**kanälen

Jedes Band kann einzeln in Graustufen (von schwarz bis weiß) durch ein digitales Bildgebungsverfahren dargestellt werden, wobei die verschiedenen Graustufen unterschiedliche Intensitäten der Strahlungsreflexion und -emission darstellen und damit Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche zulassen



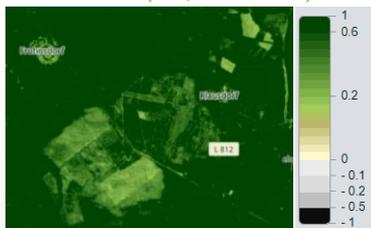
Schwarze Pixel = Bereiche, die wenige Strahlung reflektieren oder emittieren
Weiße Pixel = Bereiche, die viel Strahlung reflektieren oder emittieren

Berechnung von Vegetationsindizes

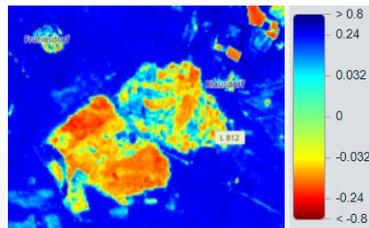
Der am häufigsten verwendete mathematische Ausdruck für die Berechnung von Vegetationsindizes ist die **normalisierte Differenz**:

$$\frac{(BandX - BandY)}{(BandX + BandY)}$$

NDVI (S-2, 15.05.2024)



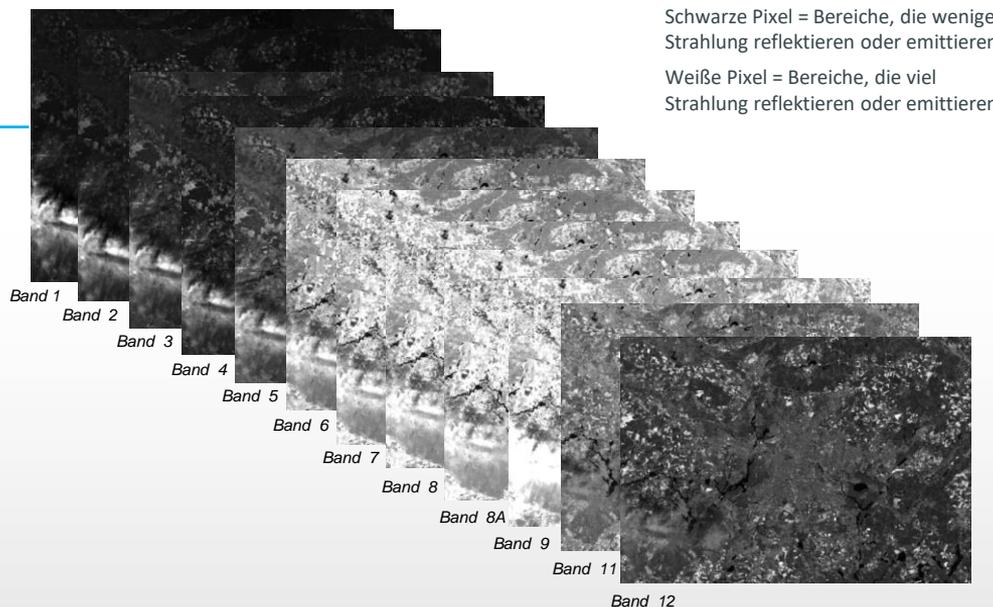
NDMI (S-2, 15.05.2024)



$$\frac{(BandNIR - BandRot)}{(BandNIR + BandRot)}$$

$$\frac{(BandNIR - BandSWIR)}{(BandNIR + BandSWIR)}$$

Jedes Band kann einzeln in Graustufen (von schwarz bis weiß) durch ein digitales Bildgebungsverfahren dargestellt werden, wobei die verschiedenen Graustufen unterschiedliche Intensitäten der Strahlungsreflexion und -emission darstellen und damit Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche zulassen



Berechnung von Vegetationsindizes

Der am häufigsten verwendete mathematische Ausdruck für die Berechnung von Vegetationsindizes ist die **normalisierte Differenz**:

$$\frac{(BandX - BandY)}{(BandX + BandY)}$$

Jedes Band kann einzeln in Graustufen (von schwarz bis weiß) dargestellt werden, wobei die unterschiedlichen Intensitäten der Strahlung Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche erlauben und damit

Farbkomposite und Vegetationsindizes können direkt online auf der Plattform Copernicus Data Space Ecosystem im Copernicus Browser erstellt werden

<https://dataspace.copernicus.eu/>



$$\frac{(BandNIR - BandSWIR)}{(BandNIR + BandSWIR)}$$

Band 7

Band 8

Band 8A

Band 9

Band 11

Band 12

Wie häufig gibt es eine Datenaufnahme von derselben Fläche?

Zeitliche Auflösung
(täglich, wöchentlich etc.)



Wie detailliert ist die Datenaufnahme?

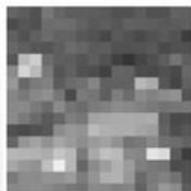
Räumliche Auflösung
(meist Pixelgröße, aber nicht immer!)



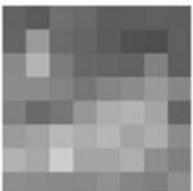
5 x 5 m



10 x 10 m



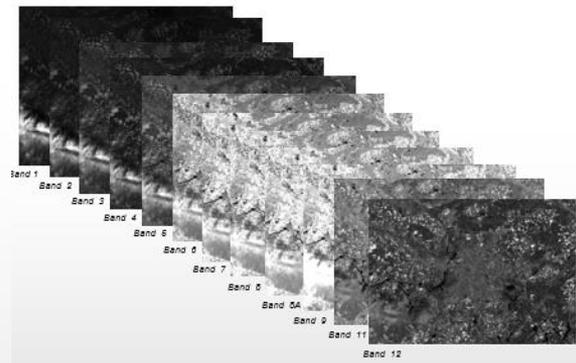
20 x 20 m



40 x 40 m

Wie viele Bänder werden zur Verfügung gestellt?

Spektrale Auflösung
(multispektral;
hyperspektral)



Wie häufig gibt es eine Datenaufnahme von derselben Fläche?

Zeitliche Auflösung
(täglich, wöchentlich etc.)

Wie detailliert ist die Datenaufnahme?

Räumliche Auflösung
(meist Pixelgröße)

Wie viele Bänder werden zur Datenaufnahme genutzt?

Das Copernicus Programm der EU liefert nicht nur die Sentinel Satellitendaten zur eigenständigen Bearbeitung auf der bereitgestellten Plattform **Copernicus Data Space Ecosystem**, sondern es bietet auch **Dienste** an, die bereits aufbereitete **Datenprodukte** liefert



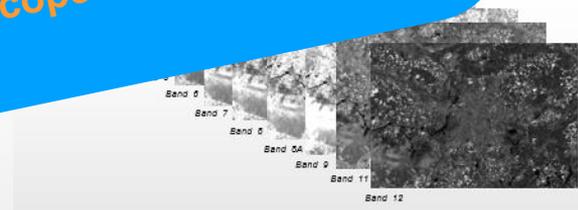
<https://www.copernicus.eu/de/copernicus-dienste>



20 x 20 m



40 x 40 m



Copernicus - Dienste



© European Union, © ESA



<https://www.copernicus.eu/de/copernicus-dienste>

Aus Daten werden Informationen



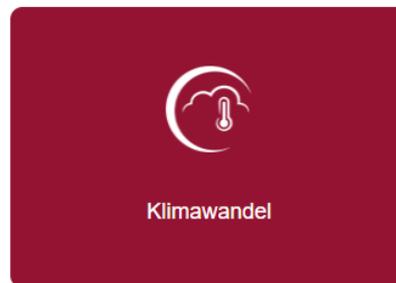
Atmosphäre



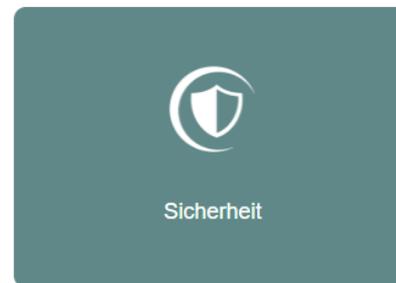
Meeresumwelt



Landüberwachung



Klimawandel



Sicherheit



Katastrophen- und
Krisenmanagement



Copernicus-Landüberwachungsdienst (Copernicus Land Monitoring Service – CLMS)

Technical assistance | Production updates | News and Events | Work opportunities | Register/Login | Search

CLMS portfolio | Dataset catalogue | Data viewer | Use cases | About us

Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)

We provide geographical information on land cover and its changes, land use, ground motion, vegetation state, water cycle and earth surface energy variables for both Europe and the entire globe.

All products are free of charge and can be used for any purpose.

1st CLMS General Assembly 3-5 June 2024 – REGISTRATION OPEN | Credits

- Land Cover and Land Use Mapping**
Land cover classifications complemented by detailed layers on vegetated and non-vegetated land cover characteristics
- Priority Area Monitoring**
Tailored land cover and land use information with a higher level of detail for specific areas of interest prone to environmental changes
- Bio-geophysical Parameters**
Qualified bio-geophysical products on the status and evolution of the land surface complemented by the long term time series
- Ground Motion Monitoring**
Information on the natural and anthropogenic ground motion throughout Europe with millimeter accuracy
- Satellite Data**
Satellite image mosaics from Copernicus and commercial satellite missions monitoring land surface conditions
- Reference and Validation Data**
Ground-based observations, geospatial reference data used in CLMS product creation or validation

- ✓ **Global:** Produkte mittlerer räumlicher und hoher zeitlicher Auflösung zur Landbedeckung, Vegetation, Wasser- und Energieflüssen und der Kryosphäre
- ✓ **Auf Europäischer Ebene:** konsistente Landbedeckungsinformationen (CORINE Land Cover) sowie sogenannte High-Resolution Layer (HRL) hochauflösende Produkte, z. B. zur Flächenversiegelung und Waldbedeckung
- ✓ **Lokal:** Detailkartierungen zur Landbedeckung und –nutzung in urbanen Siedlungsräumen, Natura 2000-Gebieten sowie entlang europäischer Binnengewässer
- ✓ Referenzdaten stehen u.a. in Form von aufbereiteten und on-demand verfügbaren Bildmosaiken, punktuellen Landbedeckungsaufnahmen und Geländemodellen zur Verfügung.



<https://land.copernicus.eu/en>



Copernicus-Landüberwachungsdienst (Copernicus Land Monitoring Service – CLMS)

Technical assistance | Production updates | News and Events | Work opportunities | Register/Login | Search

CLMS portfolio | Dataset catalogue | Data viewer | Use cases | About us

Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)

We provide geographical information on land cover and its changes, land use, ground motion, vegetation state, water cycle and earth surface energy variables for both Europe and the entire globe.

All products are free of charge and can be used for any purpose.

1st CLMS General Assembly 3-5 June 2024 – REGISTRATION OPEN

- Land Cover and Land Use Mapping**
Land cover classifications complemented by detailed layers on vegetated and non-vegetated land cover characteristics
- Priority Area Monitoring**
Tailored land cover and land use information with a higher level of detail for specific areas of interest prone to environmental changes
- Bio-geophysical Parameters**
Qualified bio-geophysical products on the status and evolution of the land surface complemented by the long term time series
- Ground Motion Monitoring**
Information on the natural and anthropogenic ground motion throughout Europe with millimeter accuracy
- Satellite Data**
Satellite image mosaics from Copernicus and commercial satellite missions monitoring land surface conditions
- Reference and Validation Data**
Ground-based observations, geospatial reference data used in CLMS product creation or validation

- ✓ **Global:** Produkte mittlerer räumlicher und hoher zeitlicher Auflösung zur Landbedeckung, Vegetation, Wasser- und Energieflüssen und der Kryosphäre
- ✓ **Auf Europäischer Ebene:** konsistente Landbedeckungsinformationen (CORINE Land Cover) sowie sogenannte High-Resolution Layer (HRL) hochauflösende Produkte, z. B. zur Flächenversiegelung und Waldbedeckung

Bietet auch Datenprodukte zur Vegetationsphänologie!



<https://land.copernicus.eu/en>

Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung

Die Präsentation und Anleitung zur Handhabung der Daten aus dem letzten Online-Seminar finden Sie auf unserer Webseite (sowie die Inhalte aller weiteren früheren Online-Seminare):



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

Einführung in die satellitengestützte Fernerkundung: von den physikalischen Grundlagen bis zur praktischen Anwendung mit Copernicus-Daten (15. Mai 2024)

Agenda

- Physikalische Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung
- Das Copernicus-Programm der Europäischen Union
- Überblick und Einführung in das Copernicus Data Space Ecosystem
- Praktische Übung: Nutzen von Copernicus-Daten in QGIS

Referentin: Nicole Albert, Thünen-Institut für Waldökosysteme, Copernicus Netzbüro Wald

-  Vortrag als pdf
-  Tutorial "Copernicus Data Space Ecosystem & Verwendung in QGIS"

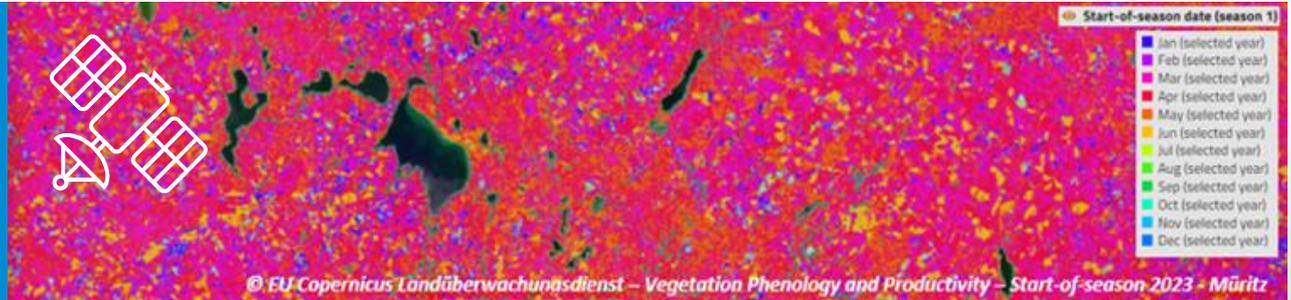
Agenda



Begrüßung & Kurzvorstellung des Copernicus Netzbüros Wald

- 1. Rückblick:** Zusammenfassung Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung
(Online-Seminar vom 15.05.2024)
- 2. Vortrag:** Grundlagen phänologischer Beobachtungen – am Boden und aus dem All
- 3. Live-Demo:** Nutzung phänologischer Datenprodukte des Copernicus Landüberwachungsdienstes (CLMS) sowie des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in QGIS

Grundlagen phänologischer Beobachtungen – am Boden und aus dem All

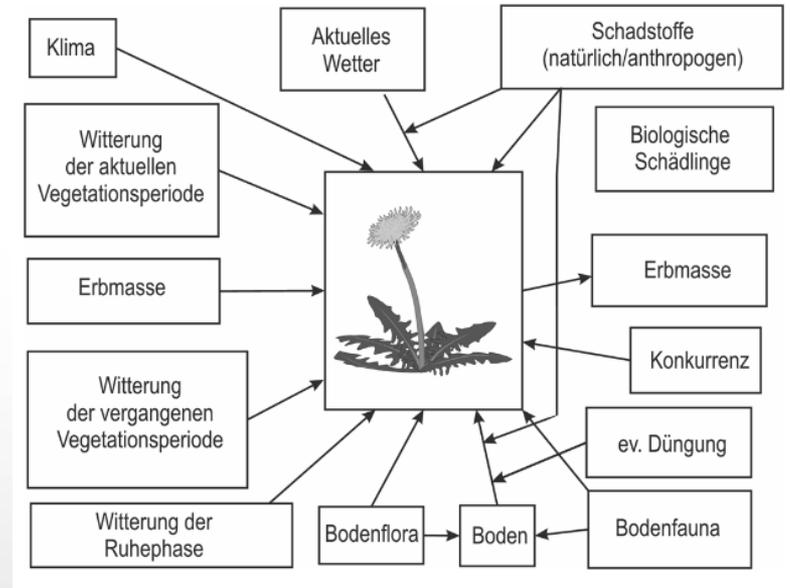


Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Vegetationsphänologie: untersucht periodische Ereignisse im Jahreszyklus von Pflanzen
(„Lehre von den Erscheinungen“)

Grundsätzliche Tatsachen hinsichtlich der **Anwendung der Phänologie für das Umweltmonitoring:**

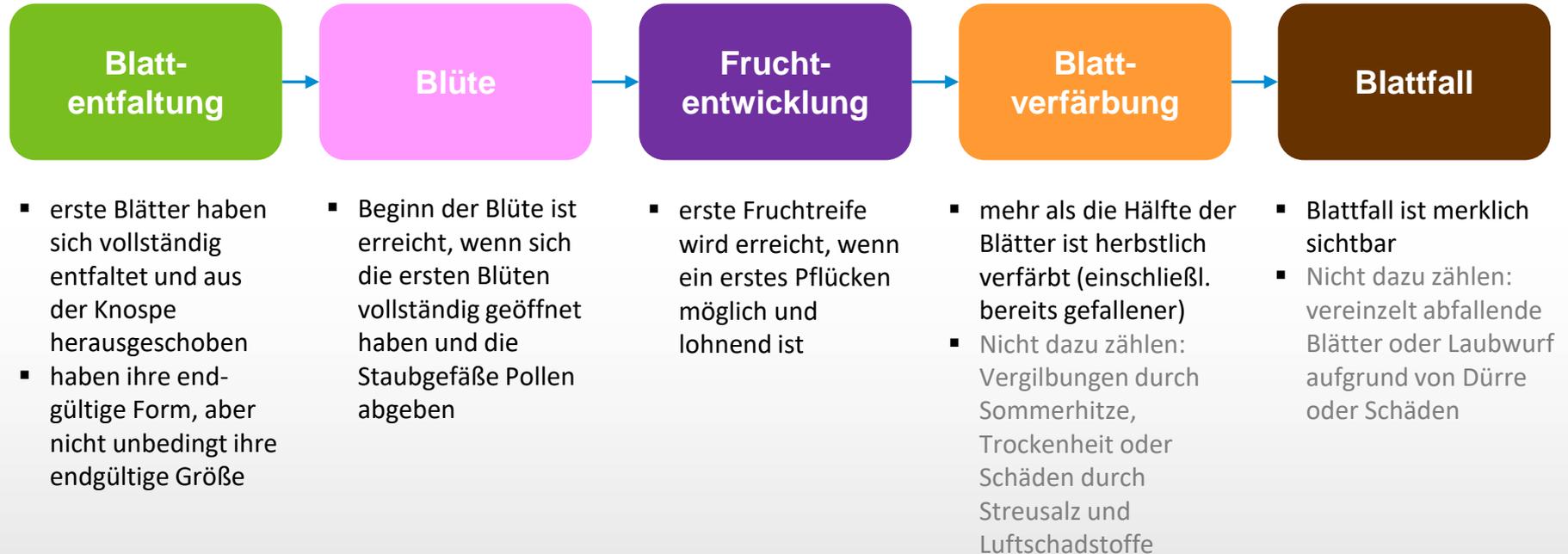
- Ursachen und Auslöser phänologischer Entwicklungen liegen in der gesamten Umwelt
- Mechanismen sind komplex und werden durch Rückkoppelungen gekennzeichnet
- Gute Korrelationen bedeuten nicht immer eine ursächliche Erklärung
- Rolle der vererbten Eigenschaften und der Adaption ist nicht zu unterschätzen



Quelle: Jeanneret, Rutishauser, Brügger (2018), nach Defila 1988, modifiziert

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Vegetationsphänologie – phänologische Phasen im Jahreszyklus



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Vegetationsphänologie – phänologische Phasen im Jahreszyklus

- sind **Entwicklungsstadien** der Vegetation im Jahresverlauf
- stellen **biologisch bedeutsame Ereignisse** im Lebenszyklus dar
- sind oft **standardisiert definiert**, um vergleichbare (**Langzeit-**)**Beobachtungen** zu ermöglichen

! Es gibt verschiedene Standards zur Definition phänologischer Phasen, zum Beispiel:

BBCH-Skala

*Biologische Bundesanstalt,
Bundessortenamt und Chemische
Industrie*

- Sehr detailliertes System mit dezimalem Code von 00 bis 99
- Definiert präzise Entwicklungsstadien für verschiedene Pflanzenarten
- International verbreitet und anerkannt

DWD-Standard

Deutscher Wetterdienst

- Weniger detailliert als BBCH, aber einfacher in der Anwendung
- Speziell für das deutsche phänologische Beobachtungsnetzwerk entwickelt

CIMO-Standard

*Commission for Instruments and
Methods of Observation -
Weltorganisation für
Meteorologie (WMO)*

- Weniger detailliert als BBCH oder DWD, aber global anwendbar → zielt auf eine einheitliche Erfassung von Phänologie-Daten weltweit ab

Regionale Standards

Viele Länder oder Regionen haben eigene Standards entwickelt, die an lokale Arten und Bedingungen angepasst sind

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

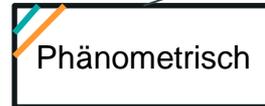
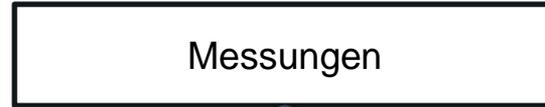
Vegetationsphänologie – Erfassungsmethoden

Einzelpflanze

Bestand



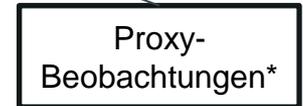
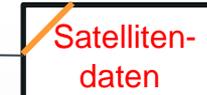
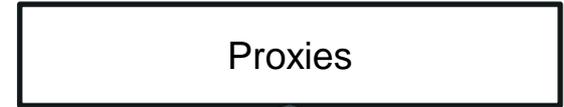
Direkte visuelle Erfassungen spezifischer Entwicklungsstadien von Pflanzen durch meist geschulte BeobachterInnen



Direkte Quantifizierung von Entwicklungsparametern wie Blattfläche, Pflanzenhöhe, Anzahl der Blüten etc.



Indirekte Indikatoren für den phänologischen Zustand durch Messung physikalischer Eigenschaften, z. B. Oberflächentemperatur der Vegetation; Spektrale Reflexion



Fokus des heutigen Seminars

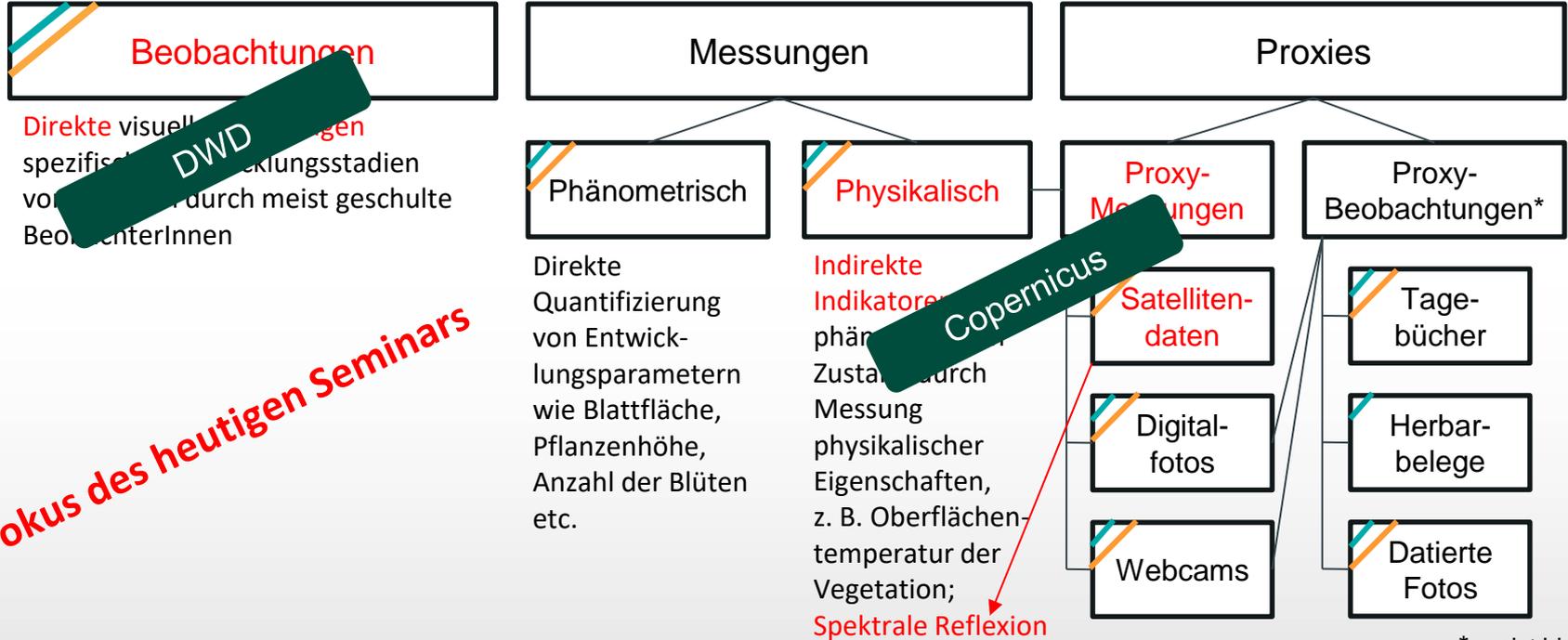
* meist historisch

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Vegetationsphänologie – Erfassungsmethoden

Einzelpflanze

Bestand



Fokus des heutigen Seminars

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen

→ Beobachtungen sind Wahrnehmungen

! bestimmte Voraussetzungen sind notwendig:

- Artenkenntnisse
- Beachtung der Standards der Beobachtungsanleitungen
- Zeit und Gelegenheit, insbesondere zu relativ häufigen Besuchen der gleichen Standorte in sensiblen Perioden während der Jahreszeiten
- Verlässlichkeit in Bezug auf die Meldungen an die Zentrale
- Durchhaltewillen und Ausdauer

→ Beobachtungen finden auf unterschiedliche Art und Weise statt:

- **Phänologische Gärten:** Netzwerke von Beobachtungsstandorten mit genetisch identischen Pflanzen
- **Bürgerwissenschaftliche Netzwerke:** Freiwillige erfassen phänologische Ereignisse in ihrer Umgebung
- **Feldstudien:** WissenschaftlerInnen führen regelmäßig Beobachtungen ausgewählter Flächen durch

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen – Phänologische Gärten

- Netzwerk der Internationalen Phänologischen Gärten Europas (IPG) ist eine unabhängige Einrichtung innerhalb der Phänologie Kommission der Internationalen Gesellschaft für Biometeorologie (ISB)
- 1959 gegründet, Betreuung 1996 vom Deutschen Wetterdienst an die Humboldt-Universität Berlin übergeben, seit 2024 betreut durch Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
- derzeit 61 aktive IPG aus 18 Ländern
- in jeden IPG werden genetisch identische Bäume und Sträucher gepflanzt → dadurch lassen sich die Auswirkungen von Umweltfaktoren wie Temperatur, Niederschlag und Fotoperiode auf phänologische Ereignisse besser ermitteln
- Fokus liegt auf der Untersuchung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Baumarten, die für unsere Waldökosysteme von Bedeutung sind



Quelle: <https://ipg.ku.de/ueber-das-netzwerk>

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

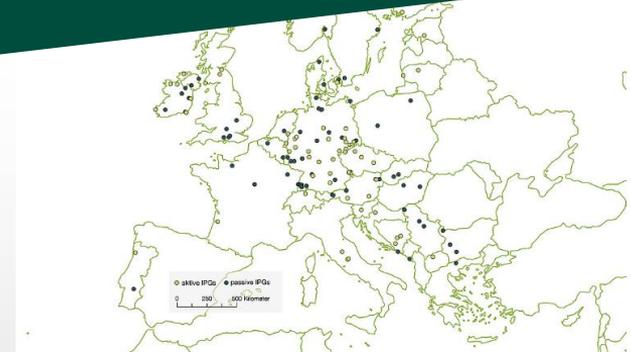
Bodengestützte Beobachtungen – Phänologische Gärten

- Netzwerk der Internationalen Phänologischen Gärten Europas (IPG) ist eine unabhängige Einrichtung innerhalb der Phänologie Kommission der Internationalen Gesellschaft für Biometeorologie
- 1959 gegründet

Die Webseite mit weiterführenden Informationen ist unter <https://ipg.ku.de/> zu finden.

Hinweis: Diese Webseite befindet sich derzeit noch im Aufbau.

- Phänologische Gärten beobachten phänologische Bäume und Sträucher
- Beobachtungen werden genutzt, um die Auswirkungen von Umweltfaktoren wie Temperatur, Niederschlag und Fotoperiode auf phänologische Ereignisse besser ermitteln
- Fokus liegt auf der Untersuchung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Baumarten, die für unsere Waldökosysteme von Bedeutung sind



Quelle: <https://ipg.ku.de/ueber-das-netzwerk>

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte
Beobachtungen –
Deutscher
Wetterdienst
(DWD)

<https://www.dwd.de/phaenologie>

Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD),
<https://www.youtube.com/watch?v=wrx7eWknsQw&list=PL3A9F4ED357684197&index=37>



Dieses Video des DWDs ist abrufbar unter:
<https://www.youtube.com/watch?v=wrx7eWknsQw&list=PL3A9F4ED357684197&index=37>

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD)



Sofortmelder

- Daten ausgewählter phänologischer Phasen und Stationen in ganz Deutschland archiviert für den Zeitraum ab 1992 (in einigen Fällen ab 1979)
- Im laufenden Jahr übermitteln ca. 400 Beobachter sofort nach ihrer Beobachtung ihre Meldungen, die einen Tag später zur Verfügung stehen



Jahresmelder

- Daten aus dem phänologischen Grundnetz (rund 1050 aktive Stationen) des DWDs archiviert für den Zeitraum ab 1951
- werden meist am Jahresende per Meldebogen eingesandt und stehen etwa Anfang März des Folgejahres zur Verfügung (einige Beobachter melden online, so dass die Daten zeitnah bereitgestellt werden können)

Quelle: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/daten_deutschland/daten_deutschland_node.html

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD)



Sofortmelder



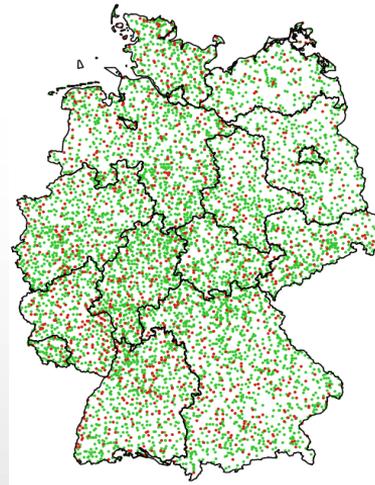
Jahresmelder

Datenerfassung, wie z. B. Blattentfaltung, Blüte, Fruchtreife etc., erfolgt in zugewiesenen Beobachtungsgebieten (festgelegte Standorte)

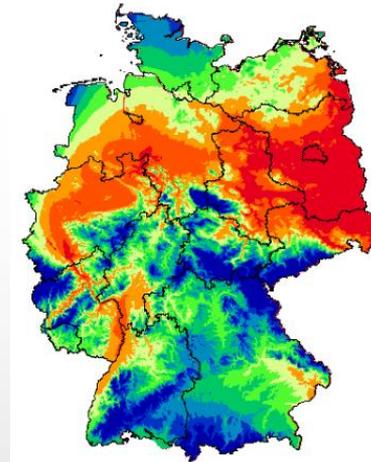
= punktelle Beobachtungsdaten



werden durch geostatistische Verfahren auf die Fläche interpoliert



- Stationen Jahresmelder
- Stationen Sofortmelder



31.5 2.6 4.6 6.6 8.6 10.6 12.6 14.6

Deutschland
Sommer-Linde: Blüh-Beginn 2024
1. Meldung: 27. April letzte Meldung: 26. Juni Meldequote: 70 %

Quelle: https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaeno_akt/phaenoakt.html

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD)



Sofortmelder



Jahresmelder

Datenerfassung, wie z. B. Blattentfaltung, Blüte, Fruchtreife etc., erfolgt in zugewiesenen Beobachtungsgebieten (festgelegte Standorte)

= punktelle Beobachtungsdaten



werden durch geostatistische Verfahren auf die Fläche interpoliert

Sicherstellung der Genauigkeit:

- Richtlinien & Definitionen
- Qualitätskontrollen & Plausibilitätsprüfungen
- Mehrfachbeobachtungen
- Regelmäßige Schulungen
- Vergleich mit anderen Datenquellen
- Feedback-Systeme

Typischerweise werden diese phänologischen Daten auf ein Raster interpoliert, dessen räumliche Auflösung (Pixelgröße) variieren kann, oft im Bereich:

- 1 x 1 km
- 5 x 5 km
- 10 x 10 km

Interpolationsverfahren kombinieren Stationsdaten oft mit anderen räumlichen Informationen (z. B. digitale Geländemodelle)

Quelle: https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaeno_akt/phaenoakt.r

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD)

Das phänologische Grundnetz des DWD
wird von ehrenamtlichen
Pflanzenbeobachtern getragen!

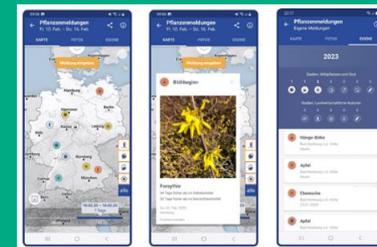
Möchten Sie unterstützen? Dann kontaktieren
Sie den DWD unter phaenologie@dwd.de

In diesen Orten sucht der DWD derzeit
ehrenamtliche Beobachter:

https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/daten_deutschland/beobachtersuche/beobachtersuche_liste.pdf



Oder nutzen Sie die WarnWetter-App
des DWDs,
in welcher ebenfalls
Pflanzenmeldungen
eingetragen werden
können!



Weitere Informationen und eine Anleitung dazu
finden Sie unter:

<https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/pflanzenmeldungen/Pflanzenmeldungen.html>



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD) – Daten & Produkte

Daten des DWD der Jahres- und Sofortmelder

Kostenfrei über das **CDC-Portal**
(**Climate Data Center**) verfügbar

Individuelle Datenanforderungen
sowie Anfragen zur Historischen
Phänologischen Datenbank können
an den zentralen Vertrieb des DWD
gestellt werden (klima.vertrieb@dwd.de)



https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdc/cdc_ueberblick-klimadaten.html

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

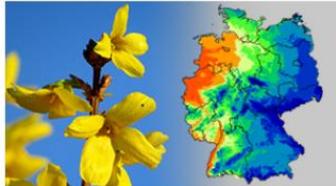
Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD) – Daten & Produkte

Produkte des DWD zur **aktuellen** Pflanzenentwicklung



Phänologische Meldestatistik

Pflanzenentwicklung mit Meldezeiträumen und -quoten im aktuellen Jahr



Aktuelle Phänologie

Aktueller Stand der Pflanzenentwicklung in Deutschland und den Bundesländern



Phänologische Jahresstatistik

Vergleich der aktuellen Pflanzenentwicklung mit den Vorjahren in Deutschland und den Bundesländern



Phänologische Uhr

Vergleich der aktuellen phänologischen Jahreszeiten mit dem langjährigen Mittel in Deutschland und den Bundesländern



Klimatologische Einordnung der Phänologie

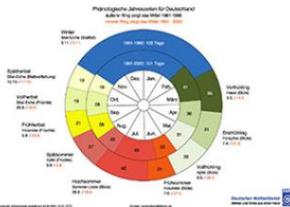
Klimatologische Einordnung der aktuellen Pflanzenentwicklung in Deutschland und den Bundesländern

Quelle: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/produkte/produkte_node.html

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

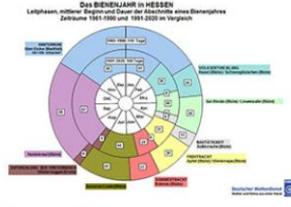
Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD) – Daten & Produkte

Produkte des DWD zur langjährigen Pflanzenentwicklung



Phänologische Uhr basierend auf langjährigen Mittelwerten

Vergleich der Referenzperiode 1961–1990 mit dem Mittel der letzten 30 Jahre.



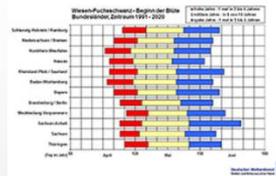
Bienenjahr

Für die Bienenentwicklung relevante Pflanzen dargestellt als Vergleich der Referenzperiode 1961–1991 mit dem Mittel der letzten 30 Jahre.



Phänologische Jahreszeiten

Aufgelistet werden die 10 phänologischen Jahreszeiten mit Erläuterungen zu Leit- und Ersatzphasen.



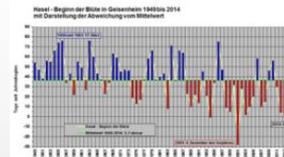
Phänologischer Kalender

Ermöglicht werden detaillierte Aussagen zur Schwankungsbreite und zur Häufigkeit von Eintrittsterminen. Als Beispiel wurde der Beginn der Blüte des Wiesenschwanzes im Vergleich der Bundesländer gewählt.



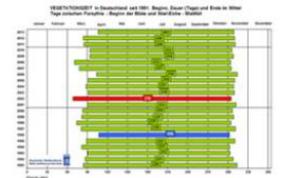
Jahresmittelwerte ab 1951

Grafische Darstellungen der phänologischen Leit- und Ersatzphasen ab 1951.



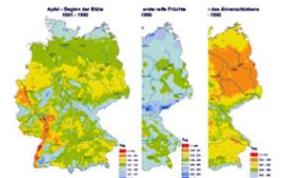
Spezielle Reihen

Grafische Darstellungen zweier besonderer Zeitreihen.



Vegetationszeit

Dargestellt wird die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Blüte der Forsythie und dem Blattfall der Stiel-Eiche.



Mittelwertkarten

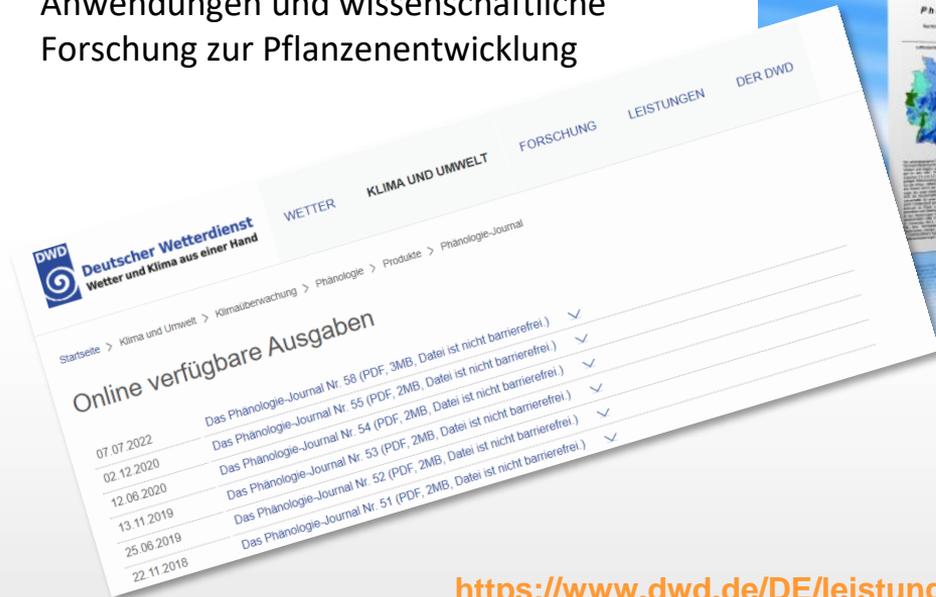
Für einige phänologische Phasen stehen Mittelwertkarten des Zeitraums 1961–1990 zur Verfügung.

Quelle: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaueberwachung/phaenologie/produkte/produkte_node.html

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Bodengestützte Beobachtungen – Deutscher Wetterdienst (DWD)

Informiert über praktische
Anwendungen und wissenschaftliche
Forschung zur Pflanzenentwicklung



<https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaenjournal/phaenjournal.html>

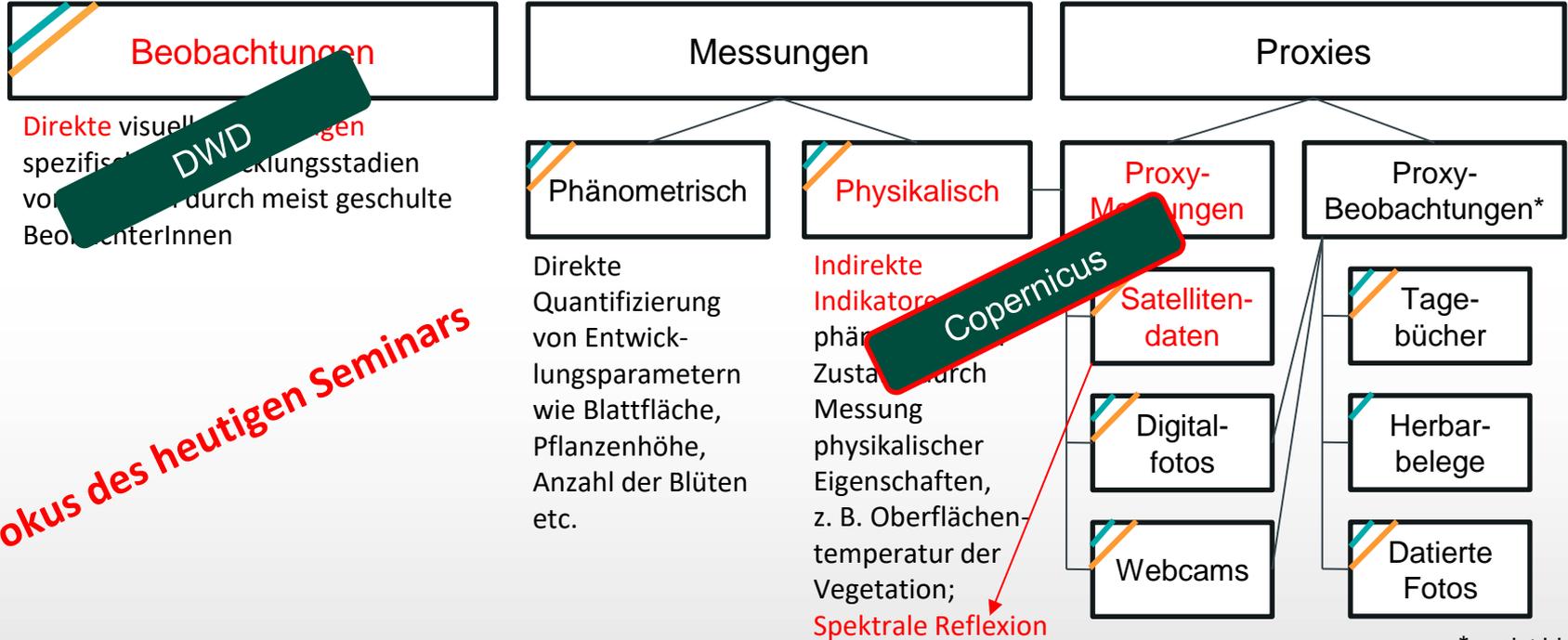


Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Vegetationsphänologie – Erfassungsmethoden

Einzelpflanze

Bestand



Fokus des heutigen Seminars

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Satellitengestützte Messungen

→ Indirektes Verfahren

! Proxymessungen:

- Satelliten **messen nicht direkt** phänologische Ereignisse, sondern erfassen die vom Pflanzenbestand reflektierte elektromagnetische Strahlung
- Aus diesen Messungen werden **Rückschlüsse auf den phänologischen Zustand** gezogen

→ Ableitungen / Rückschlüsse auf die Phänologie anhand von **Vegetationsindizes**:

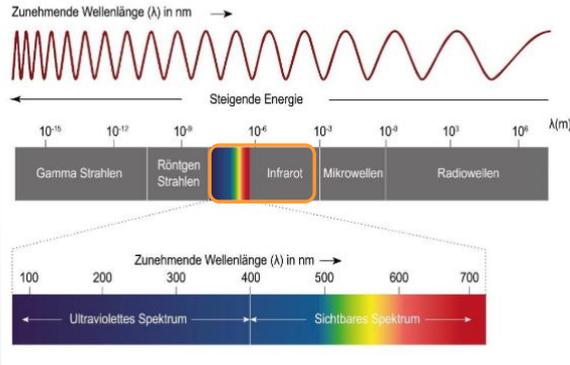
- Vegetationsindizes (z. B. NDVI) zur Erfassung des Vegetationszustandes basierend auf den Unterschieden in der Reflexion verschiedener Wellenlängen durch die Vegetation
- Kontinuierliche Messung über die Zeit erlaubt Zeitreihenanalyse
- Aus den Verlaufskurven können phänologische Variablen abgeleitet werden, wie z. B.:
 - **Beginn und Ende des Wachstums**
 - **Dauer der Vegetationsperiode**
 - **Zeitpunkt maximaler Biomasse**

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Satellitengestützte Messungen - Satellitendaten

→ für die Berechnung von **Vegetationsindizes** werden **multispektrale Satellitendaten** benötigt

! Bitte erinnern Sie sich:

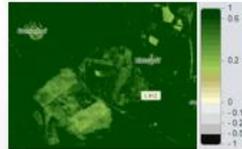


Berechnung von Vegetationsindizes

Der am häufigsten verwendete mathematische Ausdruck für die Berechnung von Vegetationsindizes ist die **normalisierte Differenz**:

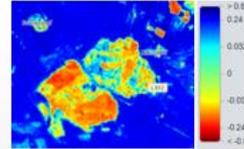
$$\frac{(BandX - BandY)}{(BandX + BandY)}$$

NDVI (S-2, 15.05.2024)



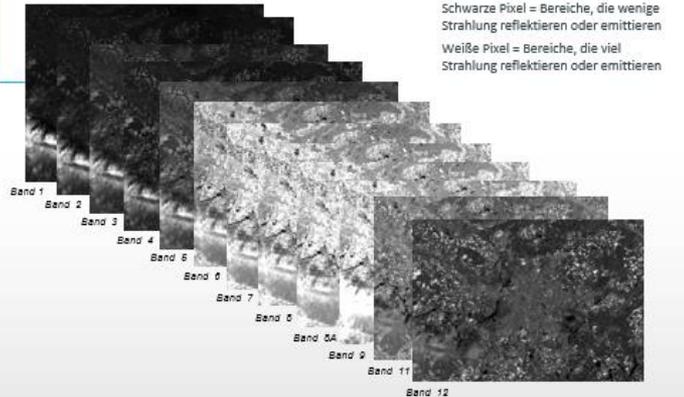
$$\frac{(BandNIR - BandRot)}{(BandNIR + BandRot)}$$

NDMI (S-2, 15.05.2024)



$$\frac{(BandNIR - BandSWIR)}{(BandNIR + BandSWIR)}$$

Jedes Band kann einzeln in Graustufen (von schwarz bis weiß) durch ein digitales Bildgebungsverfahren dargestellt werden, wobei die verschiedenen Graustufen unterschiedliche Intensitäten der Strahlungsreflexion und -emission darstellen und damit Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der Erdoberfläche zulassen



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Satellitengestützte Messungen – multispektrale Satellitenmissionen (frei verfügbare Daten)

Copernicus Sentinel-2

- **Räumliche Auflösung:**
10 m, 20 m, 60 m (je nach Spektralband)
- **Zeitliche Auflösung:**
5 Tage
- **Spektrale Auflösung:**
13 Bänder

**Höchste räumliche Auflösung
und gute zeitliche Abdeckung**

NASA / USGS* Landsat

- **Räumliche Auflösung:**
15 m, 30 m, 100 m (je nach Spektralband)
- **Zeitliche Auflösung:**
16 Tage
- **Spektrale Auflösung:**
11 Bänder

NASA / USGS* MODIS

- **Räumliche Auflösung:**
250 m, 500 m, 1000 m (je nach Spektralband)
- **Zeitliche Auflösung:**
1 – 2 Tage
- **Spektrale Auflösung:**
36 Bänder

*NASA = National Aeronautics and Space Administration, Vereinigte Staaten; USGS = United States Geological Survey

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Satellitengestützte Messungen – Methoden zur Ableitung von phänologischen Ereignissen

- Ist ein komplexer Prozess, bei dem es keine universell gültigen Grenzwerte gibt!
- Um einzelne Phasen zu identifizieren, werden verschiedene Methoden angewandt.

Beispiele Methoden auf Basis von NDVI-Zeitreihen:

(es gibt weitere Methoden und auch andere Vegetationsindizes können herangezogen werden)

Schwellenwertmethode

- Ein bestimmter NDVI-Wert wird als Schwelle festgelegt, z. B. 0,2 oder 0,3 (alternativ: relativer Schwellenwert, z.B. 50 %)
- Beginn der Vegetationsperiode: wird als Zeitpunkt definiert, an dem der NDVI diesen Schwellenwert überschreitet
- Ende der Vegetationsperiode: NDVI-Wert fällt wieder unter diese Schwelle
- Zeitpunkt maximaler Biomasse (Peak of Season): Maximum der NDVI-Kurve
- Länge der Vegetationsperiode: Differenz zwischen Ende und Beginn der Vegetationsperiode

Ableitungsmethode

- Beginn der Vegetationsperiode: Zeitpunkt des stärksten Anstiegs der NDVI-Kurve
- Ende der Vegetationsperiode: Zeitpunkt des stärksten Abfalls der NDVI-Kurve

Moving-Average-Methode

- gleitender Durchschnitt wird berechnet - Abweichungen von diesem werden zur Bestimmung phänologischer Ereignisse genutzt

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Satellitengestützte Messungen – Methoden zur Ableitung von phänologischen Ereignissen

- Ist ein komplexer Prozess, bei dem es keine universell gültigen Grenzwerte gibt!
- Um einzelne Phasen zu identifizieren, werden verschiedene Methoden verwendet

Beispiele Methoden auf Basis von NDVI-Zeitreihen

(es gibt weitere Methoden)

Wahl der Methode und spezifischen Schwellenwerte hängt von verschiedenen Faktoren ab
(Vegetationstyp, Klima, räumliche Auflösung der Daten etc.)
Oft ist eine Kalibrierung und Validierung mit Bodendaten erforderlich, um die am besten
geeignete Methode für ein bestimmtes Gebiet zu finden!

Beginn der Vegetationsperiode: Zeitpunkt des stärksten Anstiegs der NDVI-Kurve

- Ende der Vegetationsperiode: Zeitpunkt des stärksten Abfalls der NDVI-Kurve definiert

Moving-Average-Methode

- gleitender Durchschnitt wird berechnet - Abweichungen von diesem werden zur Bestimmung phänologischer Ereignisse genutzt

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Satellitengestützte Messungen – Methoden zur Ableitung von phänologischen Ereignissen

- ... Prozess, bei dem es keine universell gültigen Grenzwerte gibt!
- ... werden verschiedene Methoden ... (von verschiedenen Faktoren ab ... etc.)

Nutzung der auf die Vegetationsphänologie bezogenen Produkte des
Alternative:
Copernicus Landüberwachungsdienstes!

Wahl der ... (veg ...
Offt ist eine Kalibrierung und Validierung ...
geeignete Methode für ein bes ...
... Beginn der Vegetationsperiode

- Beginn der Vegetationsperiode: Zeitpunkt des stärksten Anstiegs der NDVI-Kurve
- Ende der Vegetationsperiode: Zeitpunkt des stärksten Abfalls der NDVI-Kurve definiert

Moving-Average-Methode

- gleitender Durchschnitt wird berechnet - Abweichungen von diesem werden zur Bestimmung phänologischer Ereignisse genutzt

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



Landüberwachung

Copernicus-Landüberwachungsdienst (Copernicus Land Monitoring Service – CLMS)

Technical assistance | Production updates | News and Events | Work opportunities | Register/Login |

CLMS portfolio | Dataset catalogue | Data viewer | Use cases | About us

Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)

We provide geographical information on land cover and its changes, land use, ground motion, vegetation state, water cycle and earth surface energy variables for both Europe and the entire globe.

All products are free of charge and can be used for any purpose.

1st CLMS General Assembly 2-5 June 2024 – REGISTRATION OPEN Credits

- Land Cover and Land Use Mapping**
Land cover classifications complemented by detailed layers on vegetated and non-vegetated land cover characteristics.
- Priority Area Monitoring**
Tailored land cover and land use information with a higher level of detail for specific areas of interest prone to environmental changes.
- Bio-geophysical Parameters**
Qualified bio-geophysical products on the status and evolution of the land surface complemented by the long term time series.
- Ground Motion Monitoring**
Information on the natural and anthropogenic ground motion throughout Europe with millimeter accuracy.
- Satellite Data**
Satellite image mosaics from Copernicus and commercial satellite missions monitoring land surface conditions.
- Reference and Validation Data**
Ground-based observations, geospatial reference data used in CLMS product creation or validation conditions.

- ✓ **Global:** Produkte mittlerer räumlicher und hoher zeitlicher Auflösung zur Landbedeckung, Vegetation, Wasser- und Energieflüssen und der Kryosphäre
- ✓ **Auf Europäischer Ebene:** konsistente Landbedeckungsinformationen (CORINE Land Cover) sowie sogenannte High-Resolution Layer (HRL) hochauflösende Produkte, z. B. zur Flächenversiegelung und Waldbedeckung
- ✓ **Lokal:** Detailkartierungen zur Landbedeckung und –nutzung in urbanen Siedlungsräumen, Natura 2000-Gebieten sowie entlang europäischer Binnengewässer
- ✓ Referenzdaten stehen u.a. in Form von aufbereiteten und on-demand verfügbaren Bildmosaiken, punktuellen Landbedeckungsaufnahmen und Geländemodellen zur Verfügung.



<https://land.copernicus.eu/en>

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



Landüberwachung

Copernicus-Landüberwachungsdienst (Copernicus Land Monitoring Service – CLMS)

Technical assistance | Production updates | News and Events | Work opportunities | Register/Login |

CLMS portfolio | Dataset catalogue | Data viewer | Use cases | About us

Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)

We provide geographical information on land cover and its changes, land use, ground motion, vegetation state, water cycle and earth surface energy variables for both Europe and the entire globe.

All products are free of charge and can be used for any purpose.

1st CLMS General Assembly 2-5 June 2024 – REGISTRATION OPEN

- Land Cover and Land Use Mapping**
Land cover classifications complemented by detailed layers on vegetated and non-vegetated land cover characteristics.
- Priority Area Monitoring**
Tailored land cover and land use information with a higher level of detail for specific areas of interest prone to environmental changes.
- Bio-geophysical Parameters**
Qualified bio-geophysical products on the status and evolution of the land surface complemented by the long term time series.
- Ground Motion Monitoring**
Information on the natural and anthropogenic ground motion throughout Europe with millimeter accuracy.
- Satellite Data**
Satellite image mosaics from Copernicus and commercial satellite missions monitoring land surface conditions.
- Reference and Validation Data**
Ground-based observations, geospatial reference data used in CLMS product creation or validation conditions.

- ✓ **Global:** Produkte mittlerer räumlicher und hoher zeitlicher Auflösung zur Landbedeckung, Vegetation, Wasser- und Energieflüssen und der Kryosphäre
- ✓ **Auf Europäischer Ebene:** konsistente Landbedeckungsinformationen (CORINE Land Cover) sowie sogenannte High-Resolution Layer (HRL) hochauflösende Produkte, z. B. zur Flächenversiegelung und Waldbedeckung

Bietet auch Datenprodukte zur Vegetationsphänologie!



<https://land.copernicus.eu/en>

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



Satellitengestützte Messungen – Satellitenmissionen – Copernicus Landüberwachungsdienst

→ Stellt verschiedene Datensätze zur Vegetationsphänologie zur Verfügung:

Gesamteuropäische Ebene

- Räumliche Auflösung: 10 m
- Zeitraum: von 2017 bis Gegenwart
- 13 bereitgestellte phänologische Parameter als jährliche Rasterdatensätze, die aus Vegetationsindex abgeleitet wurden, darunter:
 - **Beginn der Wachstumsperiode**
 - **Ende der Wachstumsperiode**
 - **Länge der Wachstumsperiode**
 - **Jährliche Produktivität**

Globale Ebene

- Bereitgestellte phänologische Parameter als 10-tägige Rasterdatensätze
 - **Trockenmasse-Produktivität & Brutto-Trockenmasse Produktivität:**
räumliche Auflösung von 300 m (2014 – Gegenwart)
räumliche Auflösung von 1 km (1999 – 2020)
 - **Netto-Primarproduktion & Brutto-Primärproduktion:**
räumliche Auflösung von 300 m (2023 – Gegenwart)

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



Landüberwachung

Satellitengestützte Messungen – Satellitenmissionen – Copernicus Landüberwachungsdienst

→ Stellt verschiedene Datensätze zur Vegetationsphänologie zur Verfügung:

Gesamteuropäische Ebene

- Räumliche Auflösung: 10 m
- Zeitraum: von 2017 bis Gegenwart
- 13 bereitgestellte phänologische Parameter als jährliche Rasterdatensätze, die aus Vegetationsindex abgeleitet wurden, darunter:
 - **Beginn der Wachstumsperiode**
 - **Ende der Wachstumsperiode**
 - **Länge der Wachstumsperiode**
 - **Jährliche Produktivität**

Verwendeter Vegetationsindex: Pflanzenphänologie-Index (PPI)

basiert auf dem roten Band (B4), nahinfrarotem Band (8) und kurzwelligem Infrarotband (B11 oder B12) der Sentinel-2 Daten; Formel:

$$PPI = a * \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} + b * \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

a und b sind Gewichtungsfaktoren, die je nach Vegetationstyp und Anwendung angepasst werden können

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



Landüberwachung

Satellitengestützte Messungen – Satellitenmissionen – Copernicus Landüberwachungsdienst

Produkte zum freien Download auf der Webseite:

Technical assistance | Production updates | News and Events | Work opportunities | Register/Login | Search Site

Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)

We provide geographical information on land cover and its changes, land use, ground motion, vegetation state, water cycle and earth surface energy variables for both Europe and the entire globe.

All products are free of charge and can be used for any purpose.

1st CLMS General Assembly 3-5 June 2024 – REGISTRATION OPEN

- Land Cover and Land Use Mapping**
Land cover classifications complemented by detailed layers on vegetated and non-vegetated land cover characteristics
- Priority Area Monitoring**
Tailored land cover and land use information with a higher level of detail for specific areas of interest prone to environmental changes
- Bio-geophysical Parameters**
Qualified bio-geophysical products on the status and evolution of the land surface complemented by the long term time series
- Ground Motion Monitoring**
Information on the natural and anthropogenic ground motion throughout Europe with millimeter accuracy
- Satellite Data**
Satellite image mosaics from Copernicus and commercial satellite missions monitoring land surface conditions
- Reference and Validation Data**
Ground-based observations, geospatial reference data used in CLMS product creation or validation



<https://land.copernicus.eu/en>

Technical assistance | Production updates | News and Events | Work opportunities | Register/Login | Search Site

CLMS portfolio | Dataset catalogue | Data viewer | Use cases | About us

Home > CLMS portfolio > Vegetation

Vegetation

View in the data viewer

Main

- Applications & Use cases
- News
- User outreach
- Roadmap

Technical summary

Datasets

Whether forest, grassland, shrublands, or agricultural areas, it is safe to say that most of the European continent is covered by vegetation. Plants, just like all other living things, experience cycles of growth and decay which vary both within and in between years. These cycles are affected by environmental conditions such as temperature fluctuations, precipitation levels, wildfires, and human disturbances—factors that are becoming less predictable and more extreme in the modern era of climate change and human urbanization.

The Vegetation product group offers a collection of datasets designed to provide analysis of vegetation status across the globe. It boasts a broad range of datasets—including phenology and productivity parameters (e.g., Start of Growing Season, End of Growing Season, Annual Productivity), seasonal growth trajectories (e.g., Plant Phenology Index), Vegetation Properties (e.g., Fraction of Green Vegetation Cover, Leaf Area Index, and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation), and Vegetation Indices (e.g., Normalized Difference Vegetation Index and Plant Phenology Index), and assessments of the outcome of wildfires (e.g., Burnt Areas)—which support users in applications such as Common Agricultural Policy reporting to urban planning at the regional scale or climate change mitigation at the continental scale. The high-resolution phenology data will also allow for a much more detailed assessment of vegetation responses to disturbances like droughts, storms, wildfires, insect infestations, and human influence.

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



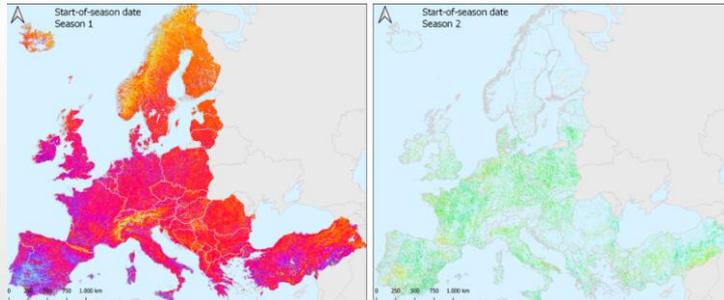
Landüberwachung

Produkte: Beginn der Wachstumsperiode

Start-of-season Date (SOSD)

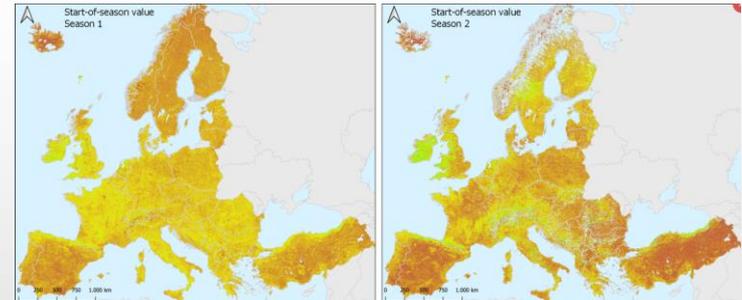
Markiert den Zeitpunkt, an dem die Vegetationswachstumsperiode im Zeitprofil des Pflanzenphänologie-Index (PPI) beginnt

- Definitionsgemäß, wenn der PPI-Wert während der Wachstumsphase 25 % der Saison-Amplitude erreicht
- Wird als Tag-des-Jahres (day-of-year DOY) angegeben
- Wird für zwei Wachstumsperioden pro Jahr angegeben:



Start-of-season Value (SOSV)

Liefert den PPI-Wert zu Beginn der Vegetationswachstumsperiode



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



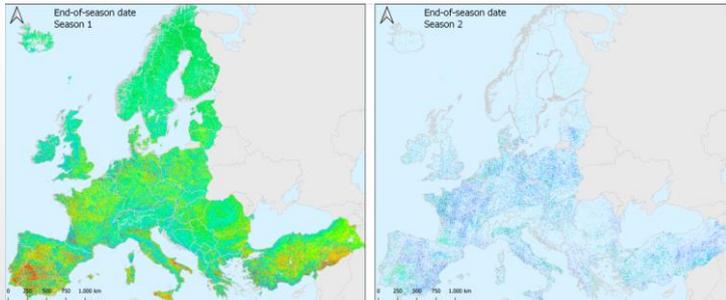
Landüberwachung

Produkte: Ende der Wachstumsperiode

End-of-season Date (EOSD)

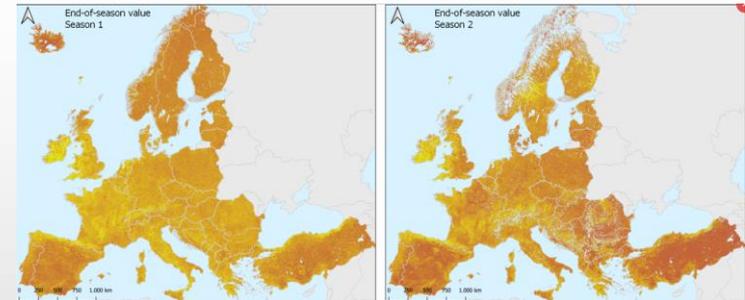
Markiert den Zeitpunkt, an dem die Vegetationswachstumsperiode im Zeitprofil des Pflanzenphänologie-Index (PPI) endet

- Definitionsgemäß, wenn der PPI-Wert während der Abnahmeperiode 15 % der Saison-Amplitude erreicht
- Wird als Tag-des-Jahres (day-of-year DOY) angegeben
- Wird für zwei Wachstumsperioden pro Jahr angegeben:



Ende-of-season Value (EOSV)

Liefert den PPI-Wert zum Ende der Vegetationswachstumsperiode



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



Landüberwachung

Produkte: Saison-Maximum

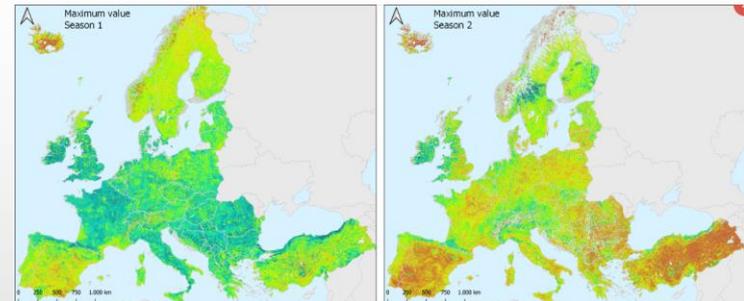
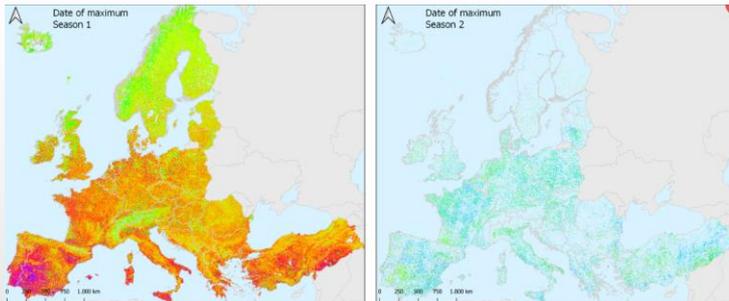
Season maximum date (MAXD)

Markiert den Zeitpunkt, an dem die Vegetationsperiode im Zeitprofil des Pflanzenphänologie-Index (PPI) ihren maximalen Wert hat

- Wird als Tag-des-Jahres (day-of-year DOY) angegeben
- Wird für zwei Wachstumsperioden pro Jahr angegeben:

Season maximum value (MAXV)

Liefert den maximalen PPI-Wert der Vegetationsperiode



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

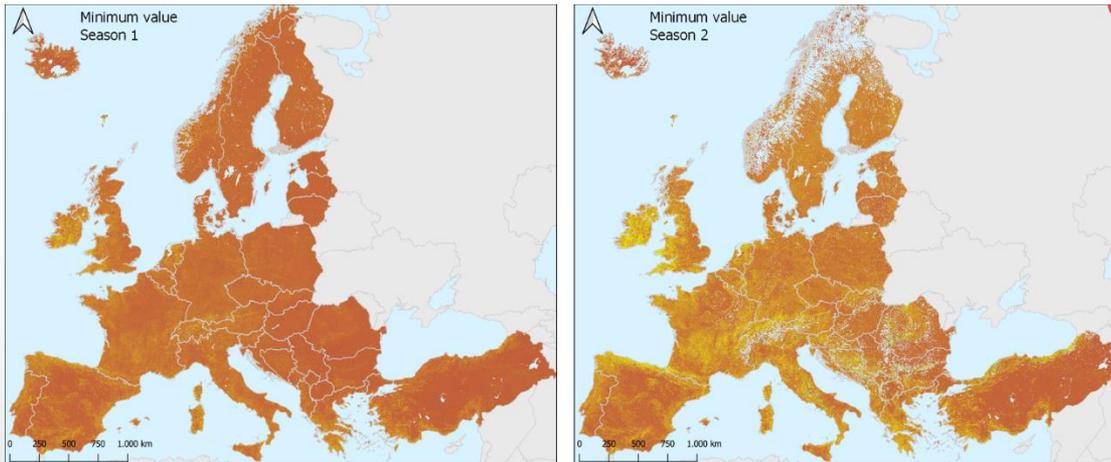


Landüberwachung

Produkte: Saison-Minimum

Season minimum value (MINV)

Durchschnittlicher Wert des PPI der Minima vor der Wachstumsperiode



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

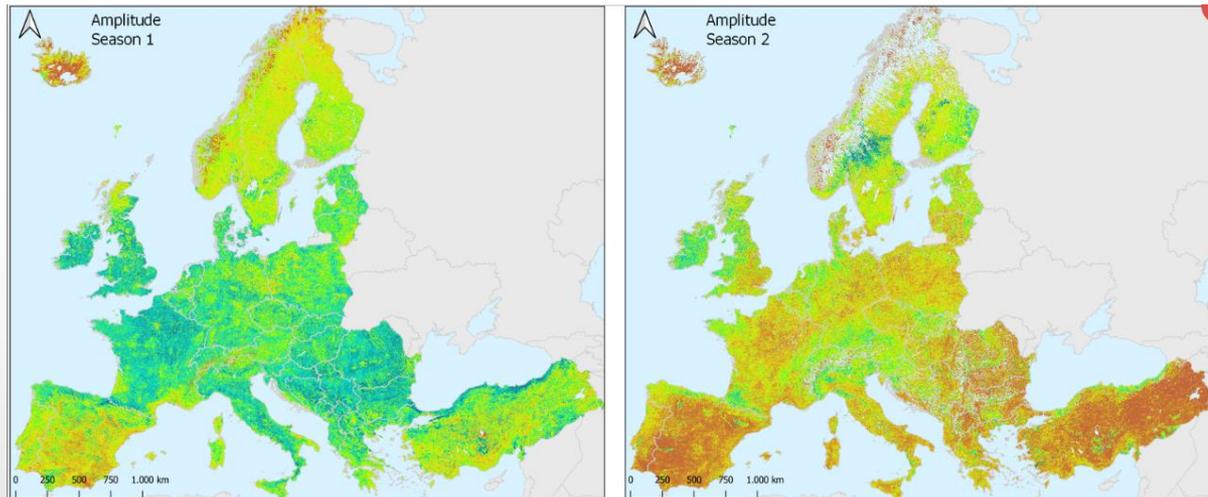


Landüberwachung

Produkte: Saison-Amplitude

Season amplitude (AMPL)

Differenz zwischen maximalem und minimalem PPI-Wert, die während der Saison erreicht wird
→ erlaubt Rückschlüsse, wie stark sich die Vegetation während der Saison verändert hat



Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

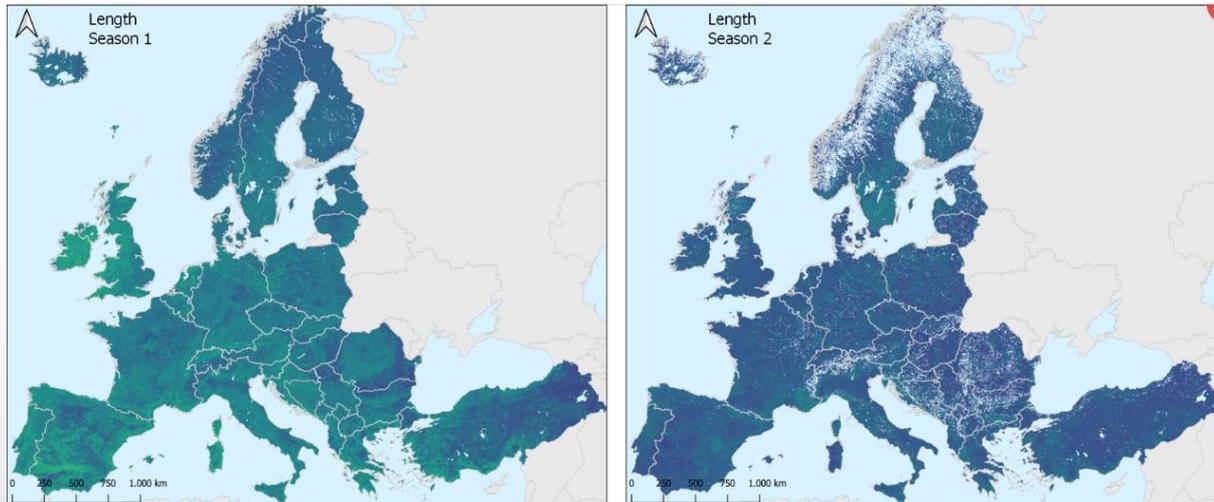


Landüberwachung

Produkte: Saison-Länge

Season length (LENGTH)

Anzahl der Tage zwischen dem Start- und Enddatum der Vegetationsperiode im Zeitprofil des PPI



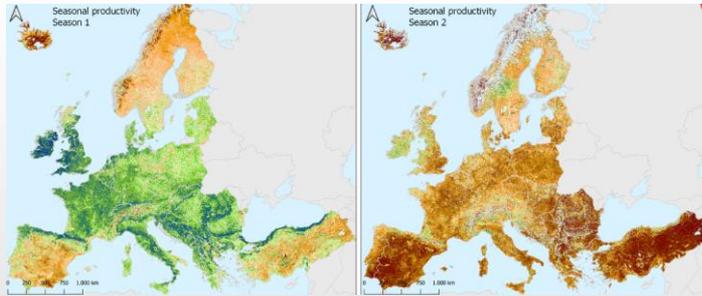


Produkte: Saisonale Produktivität

Seasonal productivity (SPROD)

Maß für das gesamte Pflanzenwachstum während einer Wachstumsperiode

- man kann sie sich als die „Gesamtmenge“ an Vegetation vorstellen, die in einer Saison produziert wird
- es werden die PPI-Werte vom Beginn bis zum Ende der Wachstumsperiode summiert
- von dieser Summe wird ein Basiswert abgezogen – der Basiswert stellt das „Hintergrundrauschen“ oder die minimale Vegetation dar, die immer vorhanden ist
- Wird auch „kleines Integral“ genannt, weil mathematisch gesehen die Fläche unter der Kurve der PPI-Werte berechnet wird, aber nur der Teil oberhalb des Basisniveaus wird berücksichtigt



Es wird so ermöglicht, die Gesamtproduktivität einer Wachstumsperiode in einem einzigen Wert auszudrücken, was für Vergleiche zwischen verschiedenen Jahren oder Regionen nützlich sein kann.

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All



Landüberwachung

Lernen Sie in der Live-Demo, wie Sie diese Daten herunterladen und in QGIS verwenden können

Technical assistance | Production updates | News and Events | Work opportunities | Register/Login | Search Site

Land Monitoring Service

CLMS portfolio | Dataset catalogue | Data viewer | Use cases | About

Home > CLMS portfolio > Vegetation

Vegetation

Whether forest, grassland, shrublands, or agricultural areas, it is safe to say that most of the European continent is covered by vegetation. Plants, just like all other living things, experience cycles of growth and decay which vary both within and in between years. These cycles are affected by environmental conditions such as temperature fluctuations, precipitation levels, wildfires, and human disturbances—factors that are becoming less predictable and more extreme in the modern era of climate change and human urbanization.

The Vegetation product group offers a collection of datasets designed to provide analysis of vegetation status across the globe. It boasts a broad range of datasets—including phenology and productivity parameters (e.g., Start of Growing Season, End of Growing Season, Annual Productivity), seasonal growth trajectories (e.g., Plant Phenology Index), Vegetation Properties (e.g., Fraction of Green Vegetation Cover, Leaf Area Index, and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation), and Vegetation Indices (e.g., Normalized Difference Vegetation Index and Plant Phenology Index), and assessments of the outcome of wildfires (e.g., Burnt Areas)—which support users in applications such as Common Agricultural Policy reporting to urban planning at the regional scale or climate change mitigation at the continental scale. The high-resolution phenology data will also allow for a much more detailed assessment of vegetation responses to disturbances like droughts, storms, wildfires, insect infestations, and human influence.

Technical summary

Datasets

- Start-of-season Date 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- Start-of-season Value 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- End-of-season Date 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- End-of-season Value 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- Season Maximum Date 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- Season Minimum Value 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- Season Amplitude 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- Season Length 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly
- Seasonal Productivity 2017-present (raster 10 m), Europe, yearly

Provides the value of the Plant Phenology Index at the end of the vegetation growing season. The data at pan-European level are updated in the first quarter of each year. The data at pan-European level are updated in the first quarter of each year. The data are available at 10 m x 10 m spatial resolution with the temporal extent from 2017 to present.

The growing season integral that is computed as the sum of all daily Plant Phenology Index values between the dates of the season start and end, minus their base level value. The data at pan-European level are updated in the first quarter of each year. The data are available at 10 m x 10 m spatial resolution with the temporal extent from 2017 to present.

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All - Zusammenfassung

Bodengestützte Beobachtungen

- Direktes Verfahren
- Spezifische phänologische Stadien können genau erfasst werden (z. B. Blattentfaltung, Blüte, Fruchtreife etc.)
- Detaillierte Artinformationen
- Keine Einschränkung durch Witterung bei der Beobachtung
- Begrenzte räumliche Abdeckung (punktuelle Beobachtungen, die räumlich interpoliert werden)
- begrenzte Zugänglichkeit von Gebieten
- Arbeitsintensiv

Satellitengestützte Messungen

- Indirektes Verfahren
- „allgemeinere“ phänologische Stadien können abgeleitet werden (z. B. Beginn und Ende der Vegetationswachstumsperiode, Amplitude)
- (meist) nicht artspezifisch möglich
- Wetterabhängigkeit (Wolken beeinflussen Verfügbarkeit von multispektralen Satellitendaten)
- Großflächige Abdeckung bis hin zu globalen Skalen (und gute räumliche Auflösung mit Sentinel-2)
- Zugänglichkeit auch von entlegenen Gebieten
- Durch digitale Verfahren weniger arbeitsintensiv (aber: Kalibrierung, Validierung und Interpretation der Daten/Produkte können komplex sein)

Idealerweise werden beide Methoden kombiniert, um ihre jeweiligen Stärken zu nutzen und ein umfassendes Bild der Vegetationsphänologie zu erhalten.

Räumliche Betrachtung der Vegetationsphänologie - am Boden und aus dem All

Fazit

Phänologie kann auch als Dauerbeobachtung bezeichnet werden:
sie lebt von der Sammlung **möglichst langer Zeitreihen**,
erst dann wird die Auswertung der Daten wertvoll.

Jede Methode hat ihre spezifischen **Vor- und Nachteile** in Bezug auf die räumliche und zeitliche Auflösung, Genauigkeit und Anwendbarkeit für verschiedene (Forschungs-)Fragen in der Vegetationsphänologie.

Neben Beobachtungen durch (geschulte) Personen und satellitengestützten Methoden gibt es weitere Alternativen bzw. ergänzende Verfahren, z. B. Methoden der Nahbereichsfernerkundung wie automatisierte, bodengestützte Kameras und diverse Sensoren an Drohnen.

Agenda



Begrüßung & Kurzvorstellung des Copernicus Netzbüros Wald

- 1. Rückblick:** Zusammenfassung Grundlagen der satellitenbasierten Fernerkundung
(Online-Seminar vom 15.05.2024)
- 2. Vortrag:** Grundlagen phänologischer Beobachtungen – am Boden und aus dem All
- 3. Live-Demo:** Nutzung phänologischer Datenprodukte des Copernicus Landüberwachungsdienstes (CLMS) sowie des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in QGIS

Nutzung von phänologischen Datenprodukten des Copernicus Landüberwachungsdienstes sowie des Deutschen Wetterdienstes in QGIS

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 im September 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 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