

## Mit Satelliten gegen den Borkenkäfer

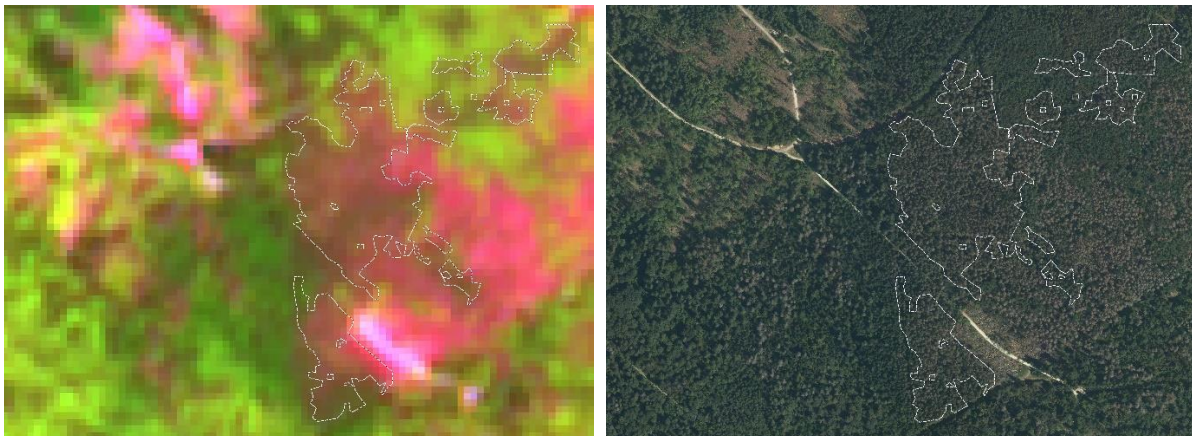
Von Pia Voigt

Seit über 50 Jahren wird am 21. März mit dem Internationalen Tag des Waldes auf die globale Waldvernichtung aufmerksam gemacht. Deutschland verliert jährlich etwa 150.000 Hektar Waldfläche. Trockenheit und Hitze sorgen dafür, dass Bäume geschwächt sind und die Vitalität der Wälder abnimmt. Selbst die widerstandsfähigen Buchen haben Probleme mit Dürre. Besonders leiden Fichten, denn längere Sommer und mildere Winter begünstigen die Vermehrung von Borkenkäfern. Geschwächte Bäume sind anfälliger für Sturmschäden. Sturmholz wiederum begünstigt die Vermehrung des Borkenkäfers, da er in dem entwurzelten Totholz ideale Bruträume findet. Auch die Waldbrandgefahr steigt durch die veränderten klimatischen Bedingungen.

Eine Veränderung muss her, um die Wälder den zukünftigen Klimabedingungen anzupassen. Dabei heißt es: weg von Nadelholz-Monokulturen und hin zum gesunden Laubmischwald, damit die Vitalität der Wälder wieder zunimmt. Mit Satellitendaten lässt sich monitoren, wie es um die Vitalität steht. Dabei ist unter anderem das Erdbeobachtungssystem Copernicus hilfreich.

### Vitalitätsverlust der Bäume frühzeitig erkennen

Laut Dr. Tanja Sanders, Leiterin des Arbeitsbereich Ökologie und Walddynamik am Thünen-Institut für Waldökosysteme, kann Copernicus helfen, Insektenschäden im Wald vorzubeugen: „Der Vitalitätsverlust ist oft vorher schon zu sehen, bevor der Borkenkäfer wirklich ausbricht. Das heißt, wir versuchen damit in Zukunft Massenvermehrungen zu vermeiden, indem wir gezielt eingreifen.“



Die markierten Bereiche der Sentinel-2 Karte (links) zeigen Bäume, die seit kurzem von Borkenkäfern befallen sind. Im Vorjahr abgestorbene Bereiche erscheinen pink. Auf dem Luftbild (rechts) lässt sich der Befall nur sehr schwach erkennen. Quelle: Simon König/NPV-BW

Die Schäden durch den Borkenkäfer können mit den Daten der Sentinel-2 Satelliten bereits in einem frühen Stadium der Nadelverfärbung erkannt werden, der sogenannten Early Red Attack. Die Vitalitätsverluste im Wald werden dafür mit einem near real-time Ansatz (NRT) detektiert und im zweiten Schritt wird basierend auf Trainingsdaten eine Klassifikation durchgeführt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Pixel der Klasse Early Red Attack zuzuordnen ist. Diese beiden Produkte werden kombiniert und ergeben die Schadenskartierung. Die Karten können für gezielte Bekämpfungsmaßnahmen genutzt werden, um eine Ausbreitung des Borkenkäfers einzudämmen. Im österreichischen Projekt [„BEAT IT! Bark Beetle Detection From Space“](#) berechneten Wissenschaftler sogar bereits KI-basierte Risikoprognosen der Borkenkäferausbreitung.



Die Gänge des Borkenkäfers. Quelle: Daniela Blöching/NPV-BW

Die beiden Sentinel-2-Satelliten sind Teil des Copernicus-Programms. Copernicus ist das Erdbeobachtungsprogramm der Europäischen Kommission und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA). Der erste der beiden baugleichen Sentinel-2 Satelliten startete 2015, der zweite folgte 2017. Seitdem liefern sie multispektrale Daten im sichtbaren und im nahen Infrarotbereich des elektromagnetischen Spektrums. Die hohe räumliche Auflösung von bis zu 10 x 10 Metern ist ideal, um Veränderungen der Vegetation zu erkennen und so beispielsweise Waldbestände zu kartieren. Da es sich um eine Zwillingssmission (Sentinel-2A und Sentinel-2B) handelt, ist eine fünftägige Wiederholungsrate und somit eine sehr hohe zeitliche Auflösung der Daten gegeben. Dadurch können Veränderungen auf der Erdoberfläche wie das Wachstum von Pflanzen oder Veränderungen in der Landnutzung schnell erkannt werden. Die Daten der Sentinel-2-Satellitenmission sind frei verfügbar und können kostenlos von jedem genutzt werden.

### **Waldbrandmonitoring aus dem Orbit**

Der [Copernicus Emergency Management Service \(CEMS\)](#) hilft Einsatzkräften, einen Überblick über Waldbrände zu bekommen. Mit dem Rapid Mapping können innerhalb weniger Stunden Karten der entsprechenden Gebiete erstellt werden. Während der wochenlang anhaltenden Waldbrände im Elbsandsteingebirge im Juli und August 2022 wurden ergänzend zu der Kartierung der Brandgebiete Betankungsflächen für Löschflugzeuge kartiert und den Piloten zur Verfügung gestellt. Einen automatisierten Dienst stellt das Europäische Waldbrandinformationssystem EFFIS dar, das die Waldbrandaktivität und das Waldbrandrisiko nahezu in Echtzeit überwacht.

### **Baumartenerkennung mit Copernicus**

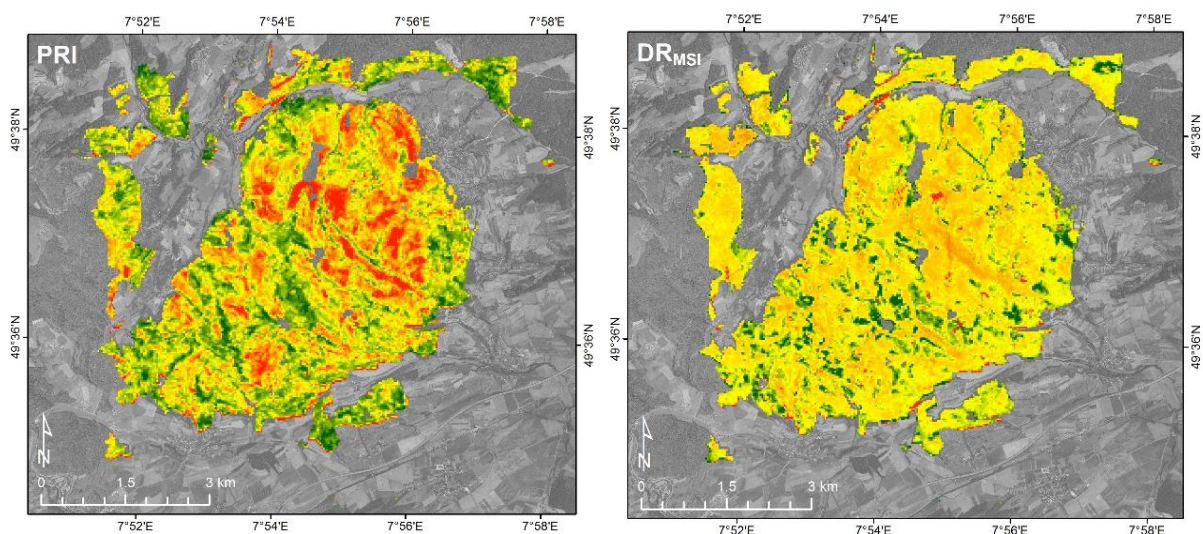
Baumartenerkennung mit Copernicus-Daten ist besonders zwischen den Zeiträumen der Bundeswaldinventur (BWI) sinnvoll, um den Erfolg im Waldumbau zu beobachten, sagt Tanja Sanders: „Die Baumartenerkennung anhand von Satellitendaten bietet eine fantastische, zeitlich aktuelle Ergänzung der BWI für großflächige Aussagen. Im Mischwald sind die Daten jedoch noch etwas ungenau.“ Das liegt unter anderem daran, dass im Mischwald häufig andere Baumarten im Unterstand stehen, für deren Unterscheidung derzeit noch die Erfahrungswerte fehlen. Die Differenzierung zwischen Nadel- und Laubbäumen und die Hauptbaumartklassen funktionieren jedoch schon gut.

Das Projekt [KlimBa](#) (Modellierung einer klimaangepassten Baumartenverbreitung) erarbeitet derzeit Datengrundlagen und Modelle, die eine standortgerechte und an das Klima angepasste Baumartenwahl ermöglichen sollen. Außerdem ist die Entwicklung einer öffentlichen Signaturdatenbank, mit welcher bundesweite Baumartenkarten erzeugt werden können, in Planung. Weitere Projekte, die mit Baumartenerkennung auf Basis der kostenlosen Copernicus-Daten arbeiten sind [SENTINEL4GRIPS](#) und die [Bundesweite fernerkundungsbasierte Baumartenerkennung](#).

## Trockenstress früher erkennen

Die hyperspektral auflösenden Daten der Satellitenmission EnMAP lassen sich ebenfalls gut zum Waldmonitoring nutzen. Sie unterstützen bei der Entwicklung und Optimierung von Methoden der Baumartenkartierung, Altersstufen von Bäumen, sowie Analyse der Bestandsdichte, Kronenschluss oder Totholzvorkommen.

Die Besonderheit der hyperspektral auflösenden Daten kommt ganz besonders bei der Erfassung physiologischer Zustandsgrößen von Waldökosystemen zum Tragen. So kann beispielsweise Trockenstress unter Anwendung des Photochemischen Reflexionsindex (PRI) früher erkannt werden als durch den herkömmlichen auf multispektralen Daten basierenden Feuchtigkeitsbelastungsindex ( $DR_{MSI}$ ). Die regelmäßige Beobachtung über mehrere Wachstumszyklen eröffnet neue Perspektiven zur Integration hyperspektral abgeleiteter Vitalitätsindikatoren mit Modellrechnungen zur pflanzlichen Produktion und des Waldwachstums.



Die Karte zeigt das rheinland-pfälzische Waldgebiet Donnersberg. Der hyperspektrale Photochemische Reflexionsindex (links) zeigt Trockenstress früher an als der multispektrale Feuchtigkeitsbelastungsindex (rechts) (Simulierte EnMAP-Daten).  
Quelle: Universität Trier

[EnMAP](#) ist der erste in Deutschland entwickelte und gebaute Hyperspektralsatellit mit einer räumlichen Auflösung von 30 x 30 Metern und kann mit seinen 242 Kanälen sichtbares sowie infrarotes Licht mit Wellenlängen von bis zu 2450 Nanometern aufnehmen. Die hyperspektralen Sensoren erfassen das reflektierte Licht in vielen eng benachbarten Bändern des elektromagnetischen Spektrums, was es ermöglicht, Informationen über die chemische Zusammensetzung von Materialien auf der Erdoberfläche zu erhalten. So können quantitative Aussagen beispielsweise über die Nährstoffversorgung von Pflanzen oder die Wasserqualität von Seen getroffen werden. Auch die [EnMAP-Daten](#) stehen kostenfrei zur Verfügung.

## Satellitenbilder machen erstmals das Ausmaß der Verluste im Baumbestand sichtbar

Die Datenauswertung einer DLR-Forschungsgruppe des Earth Observation Center (EOC) hat über 20.000 Datensätze der beiden Missionen Sentinel-2 und Landsat-8 kombiniert und ausgewertet, um damit flächendeckend den Baumverlust in Deutschland zu kartieren. Das Projekt lieferte alarmierende Ergebnisse: von Januar 2018 bis einschließlich April 2021 zeigen die Karten einen Rückgang von fast fünf Prozent der gesamten Waldfläche Deutschlands. Diese Verluste waren deutlich höher als zuvor angenommen. Weitere Informationen zu dem Projekt finden sich auf dem [DLR-Portal: Sorge um den deutschen Wald](#).

Noch mehr Anwendungsbeispiele finden sich auf der Seite des [Copernicus Netzbüro Wald](#). Das Netzbüro dient als Kontaktstelle rund um die Nutzung von Erdbeobachtungsdaten im Bereich Wald und Forst. Interessierte sind herzlich eingeladen, [sich ins Netzwerk einzubringen](#).

#### **Weitere Infos**

Im Podcast „Inside Copernicus“ sprechen Godela Roßner und Seraphine Luneau von der Raumfahrtagentur im DLR gemeinsam mit Expertinnen und Experten über Anwendungsbereiche von Satellitendaten. Folge 2 [„Copernicus für den Wald“](#) beantwortet unter anderem Fragen zur Waldzustandserfassung mit Satellitendaten. Folge 7 [„Krisen und Katastrophen – Copernicus für den Ernstfall“](#) behandelt neben anderen Katastrophenfällen auch Waldbrände in Deutschland.

Einen einfachen Zugang zu den Copernicus-Daten sowie umfangreiches Informations- und Schulungsmaterial erhalten Sie auf der [Datenplattform CODE-DE \(Copernicus Data and Exploitation Platform – Deutschland\)](#).