

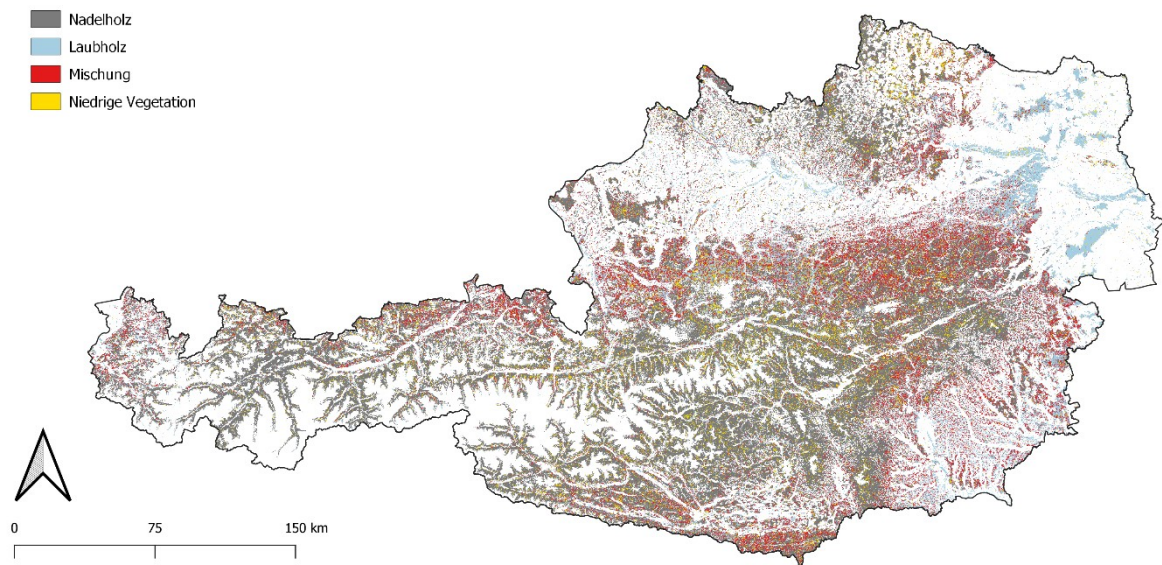
## BFW - Baumartenkarte mit 4 Klassen

Das **Institut für Waldinventur**, des Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) setzt bereits seit vielen Jahren gezielt Fernerkundungsmethoden für eine flächenhafte Beschreibung unterschiedlicher Waldparameter ein. Die rasante Entwicklung der Bereitstellung von Fernerkundungsdaten erfordert eine stetige Weiterführung der fachlichen Expertise in Kombination mit den terrestrischen Erhebungen der Österreichischen Waldinventur.

Die **Baumartenkarte** basiert auf Vegetations-Index-Zeitreihen die aus Sentinel-2-Satellitenbildern, errechnet werden. Gemeinsam mit Gelände und Vegetationshöhenmodellen, wird mit Neuronalen Netzen (eine Methode des maschinellen Lernens bzw. der künstlicher Intelligenz) eine Baumartenkarte für die gesamte österreichische Waldfläche erstellt (siehe Fehler: Verweis nicht gefunden).

Die Baumartenkarte mit 26 Klassen wird nach der Erstellung, für das vorliegende Produkt, auf 4 Klassen zusammengefasst. Die räumliche Auflösung beträgt 10-mal-10-Metern und entspricht der Auflösung der Sentinel-2 Satellitenbilder.

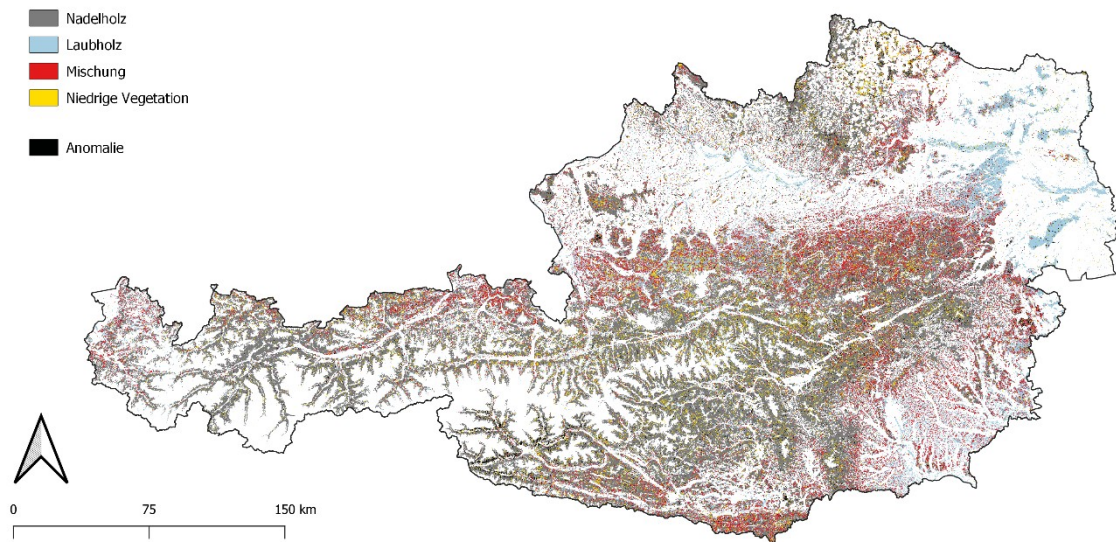
Da sich der österreichische Wald im Umbruch befindet, empfiehlt es sich, die Baumartenkarte mit Hilfe der Anomalienmaske anzupassen. Durch Kalamitätsnutzungen innerhalb der letzten Jahre entsprechen, vor allem durch Borkenkäfer und Windwurf, einige Flächen nicht mehr der in der Baumartenkarte ausgezeigten Baumartenmischung, bzw. sind nicht mehr bestockt. In Abbildung 2 wird die maskierte Baumartenkarte dargestellt. Bitte beachten Sie die Beschreibung der Anomalienmaske.



Datengrundlage: Baumartenkarte © BFW, Institut für Waldinventur  
Landesgrenze © BEV

**BFW** BUNDES  
FORSCHUNGS  
ZENTRUM  
FÜR WALD

Abbildung 1: BFW-Baumartenkarte mit 4 unterschiedlichen Klassen



Datengrundlage: Baumartenkarte © BFW, Institut für Waldinventur  
Anomalienmaske © BFW, Institut für Waldinventur  
Landesgrenze © BEV

**BFW** BUNDES  
FORSCHUNGS  
ZENTRUM  
FÜR WALD

Abbildung 2: BAK 4 Klassen mit Anomalien maskiert

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum  
für Wald, Naturgefahren und Landschaft  
Austrian Research and Training Centre for Forests,  
Natural Hazards and Landscape

Seckendorff-Gudent-Weg 8  
A-1131 Wien  
Tel.: +43 1 878 38 - 0  
Fax: +43 1 878 38 - 1250

Firmensitz Wien  
Bank PSK 96.050.844, BLZ: 60000  
IBAN: AT09 6000 0000 9605 0844  
UID ATU 61289616

Die 26 Klassen sind wie folgt zusammengefasst:

<b>26 Klassen</b>	<b>4 Klassen</b>	<b>4 Klassen Wert</b>
Fichte	Nadelholz	1
Fichte-Tanne	Nadelholz	1
Fichte-Lärche	Nadelholz	1
Fichte-Kiefer	Nadelholz	1
Fichte	Nadelholz	1
Fichte licht	Nadelholz	1
Lärche	Nadelholz	1
Lärche-Zirbe	Nadelholz	1
Lärche licht	Nadelholz	1
Kiefer	Nadelholz	1
Kiefer licht	Nadelholz	1
Schwarzkiefer	Nadelholz	1
Fichte-Buche	Mischung	2
Fichte-sonstiges Laubholz	Mischung	2
Lärche-sonstiges Laubholz	Mischung	2
Kiefer-Eiche	Mischung	2
Kiefer-sonstiges Laubholz	Mischung	2
Schwarzkiefer-sonstiges Laubholz	Mischung	2
Buche-Fichte	Mischung	2
Buche	Laubholz	3
Eiche	Laubholz	3
Sonstiges Laubholz	Laubholz	3
Laubholz licht	Laubholz	3

Latsche	Nadelholz	1
Grünerle	Laubholz	3
Niedrige Vegetation	Niedrige Vegetation	4

Eine interaktive Version der BFW-Baumartenkarte mit 4 Klassen ist unter [www.waldinventur.at](http://www.waldinventur.at) → Themenkarten zu finden.

## Daten und Modellierung

Die Eingangsdaten für die Neuronale Netze setzen sich aus dem Vegetationshöhenmodell, dem Geländemodell und Vegetations-Index-Zeitreihenmodelle zusammen.

Zur Erstellung der Vegetations-Index-Zeitreihenmodelle wurden Sentinel-2 Daten aus den Jahren 2017-2021 herangezogen und Bildausschnitte mit Schnee, Wolken und deren Schatten verworfen. Nachfolgend wurden Ausreißer pro Pixel gefiltert, und - für ausgewählte Vegetationsindices - eine glatte Modelllinie an die Daten angepasst (siehe Abbildung 3). Aus den resultierenden Modellen werden zusätzliche statistische und phänologische Metriken abgeleitet.

Das digitale Geländemodell wird vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen bereitgestellt und lediglich auf die Auflösung der Vegetations-Index-Zeitreihenmodelle angepasst.

Das Vegetationshöhenmodell wird aus den Luftbildbefliegungen Österreichs mit Hilfe eines geometrischen Algorithmus dem sogenannten Image Matching abgeleitet. Der Datensatz wird ebenfalls auf die Auflösung der Vegetations-Index-Zeitreihenmodelle angepasst.

Um die Baumartenkarten-Modelle zu trainieren, wurden durch visuelle Orthofoto-Interpretation 3600 Trainingsflächen, die hauptsächlich (mehr als 90 %) der jeweiligen Klasse entsprechen, polygonisiert. Aus diesen Trainingsflächen wurden insgesamt ca. 570.000 Sentinel-2-Trainingspixel erstellt.

### GNDVI - pixel-time-series

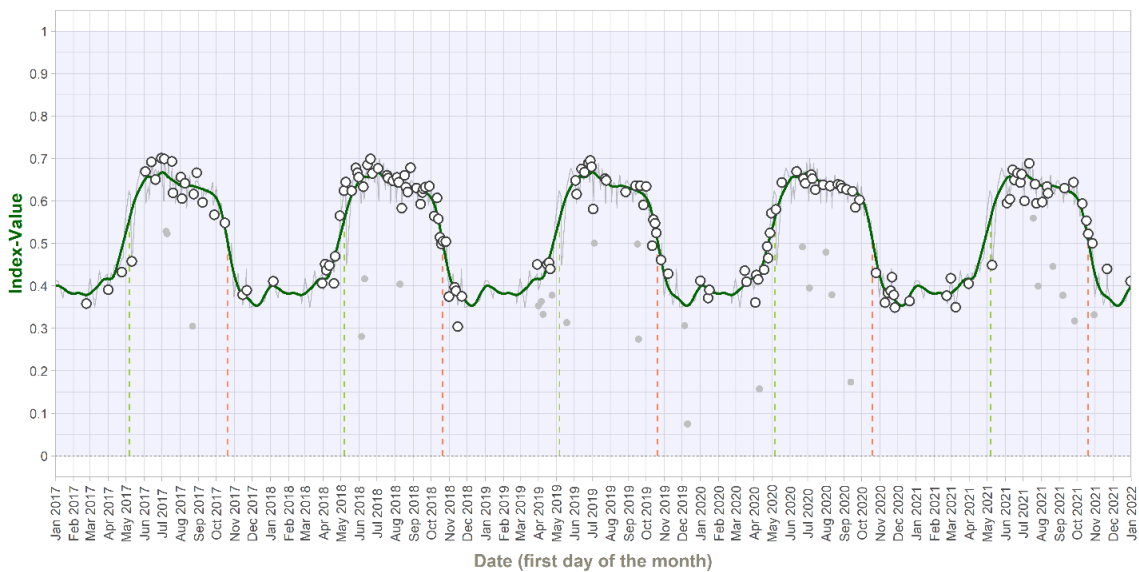


Abb. 3: Modelllinie für den Green-normalized-difference-vegetation-index (GNDVI) über die Jahre 2017 – 2021 für ein Buchenpixel. Modelllinie in grün, Datenpunkte schwarz umrandet und Ausreißer in grau.

## Validierung

Zur Validierung der Baumartenkarte werden Daten aus der österreichischen Waldinventur herangezogen. Diese entsprechen einer systematischen Zufallsstichprobe. Um die räumliche Unabhängigkeit zu verbessern, wird ein Puffer von 1 500 Metern um die Validierungsdaten ergänzt, innerhalb dessen keine Trainingsdaten liegen durften. Im Validierungsschema werden für die Version mit 26 Klassen die lichten Klassen mit den entsprechenden reinen Klassen zusammengeführt (z. B. Fichte mit Fichte licht). Des Weiteren wurden die Klassen Fichte-Buche und Buche-Fichte sowie die Klassen Schwarzkiefer und Weißkiefer vereint.

Die Gesamtgenauigkeit der Karte liegt bei 64 %, 91 % für die (post-hoc) Rein-Klassen Genauigkeit (hier wurde die Konfusionsmatrix auf die Rein-Klassen eingeschränkt) und 86 % wenn Klassen-nahe Verwechslungen erlaubt sind, z. B. Fichte mit Fichte-Buche verwechselt oder Fichte-Zirbe mit Lärche-Zirbe. Eine Validierung für die Reklassifikation mit 4 Klassen ist derzeit nicht verfügbar.

Rein-Klassen werden gut differenziert; Misch-Klassen können weniger gut differenziert werden da sie Phänologische Merkmale von verschiedenen Spezies beinhalten.

Zusätzlich werden Rein-Klassen auf Kosten der Misch-Klassen überschätzt. Viele Verwechslungen passieren insbesondere in phänologischer Nähe: Die meisten Verwechslungen für Fichte, Kiefer und Fichten-Mischklassen treten zwischen diesen drei Nadelholzklassen auf, während die meisten Verwechslungen für Buche, Eiche und sonstiges Laub zwischen diesen drei Laubholzklassen auftreten.

Auf individueller Ebene können die Klassen Latsche, Fichte, Eiche, Grünerle, Buche und sonstiges Laub am besten ausgewiesen werden. Die Mischklassen Fichte-Zirbe, Lärche-sonstiges Laub, Fichte-Kiefer, Kiefer-Eiche, und Lärche-Zirbe können am schlechtesten klassifiziert werden.

Die beiliegende Konfusionsmatrix (baumartenkarte\_konfusions\_matrix\_2025\_07.pdf) zeigt, wie oft die Baumartenklassen in der Validierung korrekt vorhergesagt wurden und mit welchen anderen Klassen sie verwechselt wurden. Die Spalten repräsentieren die korrekten Klassen, während die Zeilen die vorhergesagten Klassen aus der Karte darstellen. Möchte man beispielsweise wissen, wie oft Fichte, wenn sie im Wald vorkommt, auch in der Karte korrekt erkannt wird, betrachtet man die Spalte „spr“ (spruce). Hier sieht man, dass Fichte 7650-mal korrekt erkannt wurde, während sie 62-mal mit Fichte-Tanne (Spalte „spr\_fir“) verwechselt wurde. Um zu prüfen, wie oft die Vorhersagen der Karte für Fichte tatsächlich korrekt sind, analysiert man die Zeile „spr“. Diese zeigt, dass 7650-mal Fichte korrekt vorhergesagt wurde, während 433-mal stattdessen Fichte-Buche vorkam (Zeile „spr\_bee“).

## Publikationen

Technische Details können der Publikation <https://www.mdpi.com/2072-4292/16/16/2887#sec2dot10-remotesensing-16-02887> entnommen werden.