



EFTAS.GeoIT
GENAU FÜR IHRE WELT

Geonetzwerk Münsterland, 14.11.2025

Erfassung und Monitoring urbaner Vegetation in
kommunalen Digitalen Zwillingen mit Hilfe von KI und
Fernerkundung



GeoIT rund um Luft- und Satellitenbilder!

Founded
1988.

Mithilfe von Geodaten können wir unsere Welt besser verstehen.

Deshalb entwickeln wir seit über 35 Jahren passgenaue GeoIT-Lösungen, die nicht nur präzise sind, sondern auch aktiv die Zukunft gestalten. Dafür nutzen wir neueste Technologien wie KI und Cloud-Computing.

Unser Fokus: Fernerkundung auf Basis von Luft- und Satellitenbildern, die großflächige Erfassung von In-SITU-Daten und individuelle GeoIT-Anwendungen.

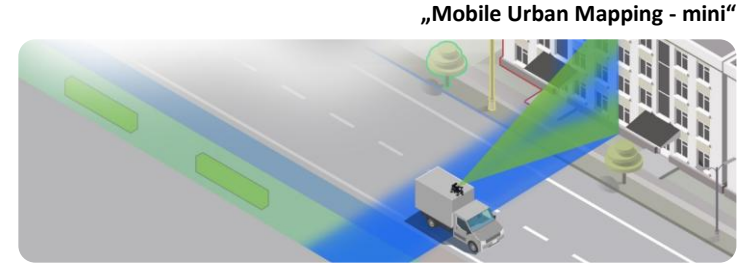
Unser Ziel: Umweltrelevante Prozesse und Entscheidungen in Ihren Anwendungswelten unterstützen und beschleunigen – und zwar weltweit.



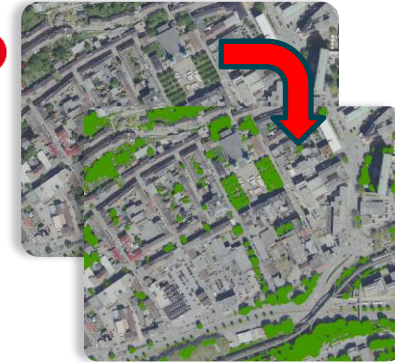
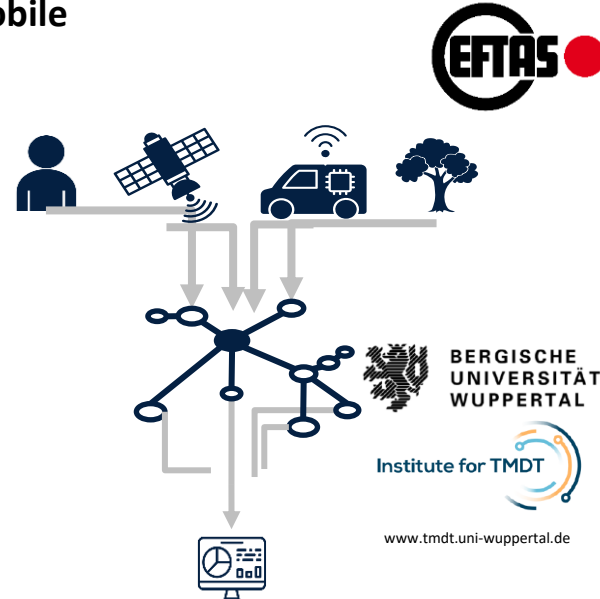
www.eftas.com

FORSCHUNGSKOOPERATION „DIGITAL ZWILLING 4D“

- Aktualisierung des DigiTal Zwillings
 - Regelmäßige Erfassung von Daten durch **Mobile Mapping, Satellitenfernerkundung** und KI
 - 3D Objekterfassung
 - Froschperspektive (Straßenraum)
 - Vogelperspektive (airborne/spaceborne)
 - Klassifikation (KI, Deep Learning)
- Einsatz semantischer Technologien zur Verwaltung und Verarbeitung heterogener Datenquellen
- Hohe Aktualität
- Einheitliche Datenqualität



www.ipm.fraunhofer.de



www.eftas.de

ERSTER SPRINT: „BAUM“

Integration und Semantische Modellierung als Lösung!

So sehen wir
den Baum

1



So sieht der
Digital Zwillling
den Baum

So sieht
Sentinel-2
den Baum

2



© EFTAS GmbH

So sieht der
Laserscanner
den Baum

3



© Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik - IPM

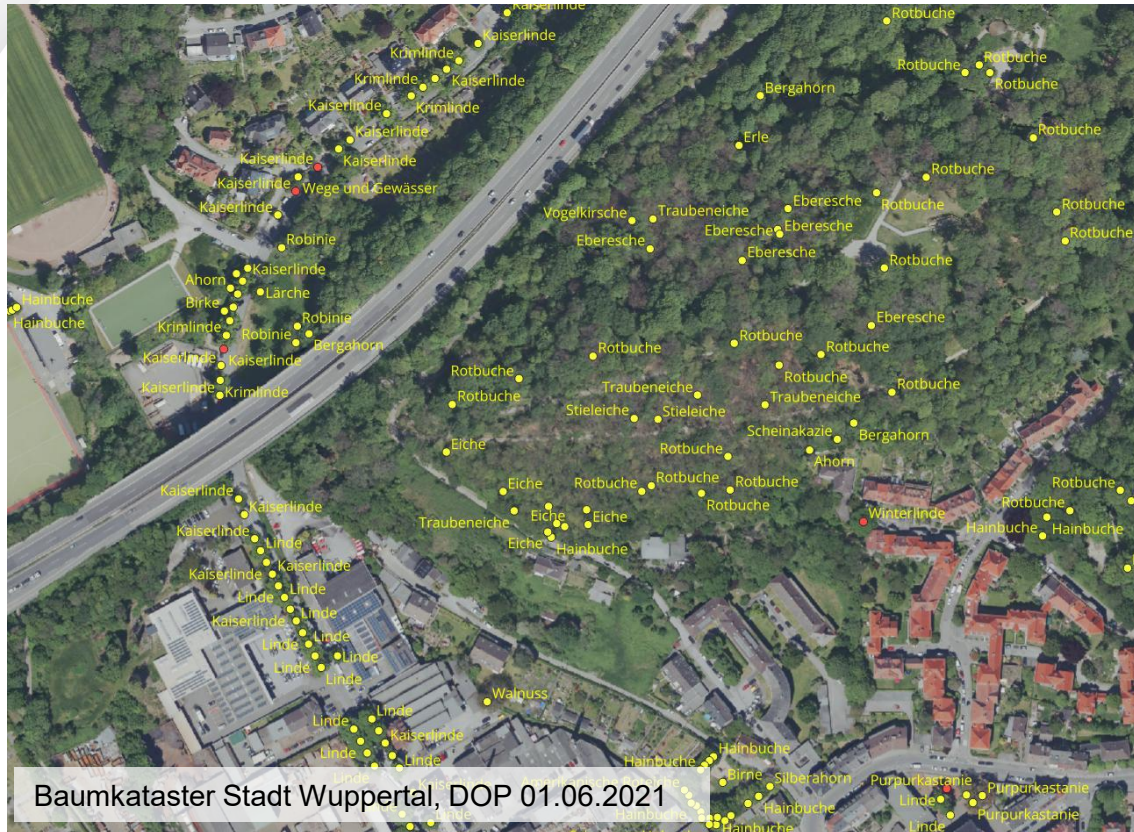
So sieht das
Kataster
den Baum

4



© Stadt Wuppertal

Ausgangslage Baumkataster



- 30.474 kartierte Bäume
- Attributierung:

GEFÄLLT	0
LFD_NR_STR	NULL
STATUS	1
ZUSATZ	A44
GIS_X_UTM	373743,00000
GIS_Y_UTM	5682830,00000
STADTEIL	Barmen
SNUMBER	101
NAME	Zentrale Parkanlagen
ART	Eiche
STAMM	103
KRONE	NULL
HOEHEVON	NULL
PFL_NR	11
PFL_NAME	ZUR FÄLLUNG VORGESEH

Ausgangslage Baumkataster



- 30.474 kartierte Bäume
- Attributierung:

GEFÄLLT	0
LFD_NR_STR	NULL
STATUS	1
ZUSATZ	A44
GIS_X_UTM	373743,00000
GIS_Y_UTM	5682830,00000
STADTTEIL	Barmen
SNUMBER	101
NAME	Zentrale Parkanlagen
ART	Eiche
	103
	NULL
	NULL
	11
PFL_NAME	ZUR FÄLLUNG VORGESEH

Anforderung für einen digitalen Zwilling:

- Erfassung aller einzelnen Bäume

Einzelbaumerkennung

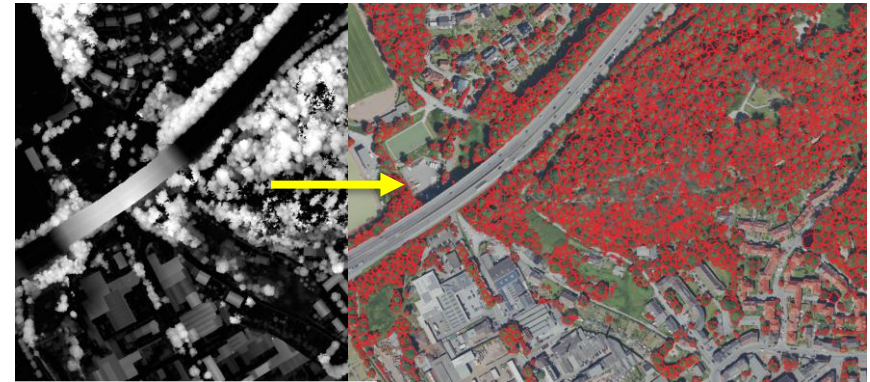
2-stufiger Ansatz:

1. Ableitung einer Baummaske aus dem digitalen Orthofoto
2. Segmentierung von Einzelbäumen aus dem normalisierten Oberflächenmodell



DOP

Baummaske



nDOM

Einzelbaumpolygone

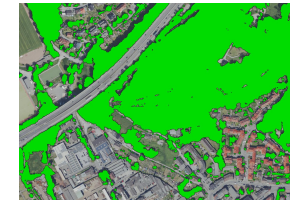
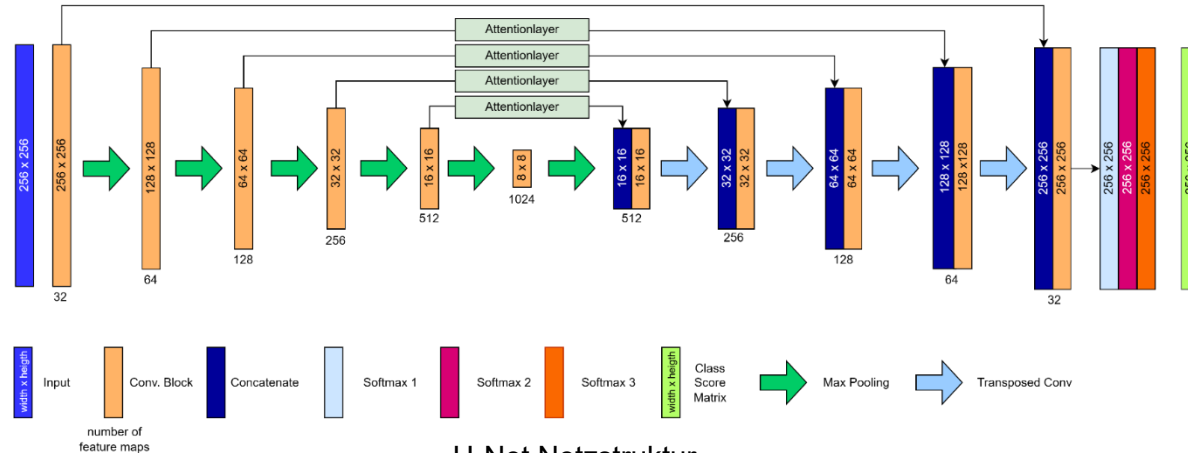
Einzelbaumerkennung: Baummaske

- Verfahren: Semantische Segmentierung
- Convolutional Neural Network: U-Net
- Deep-Learning-Modell aus Cop4ALL
- Patch size: 256 x 256 m
- Inputvektor: R,G,B,NIR in 1 m Auflösung
- Output: Klassenscores für 8 Klassen

- Klassen:

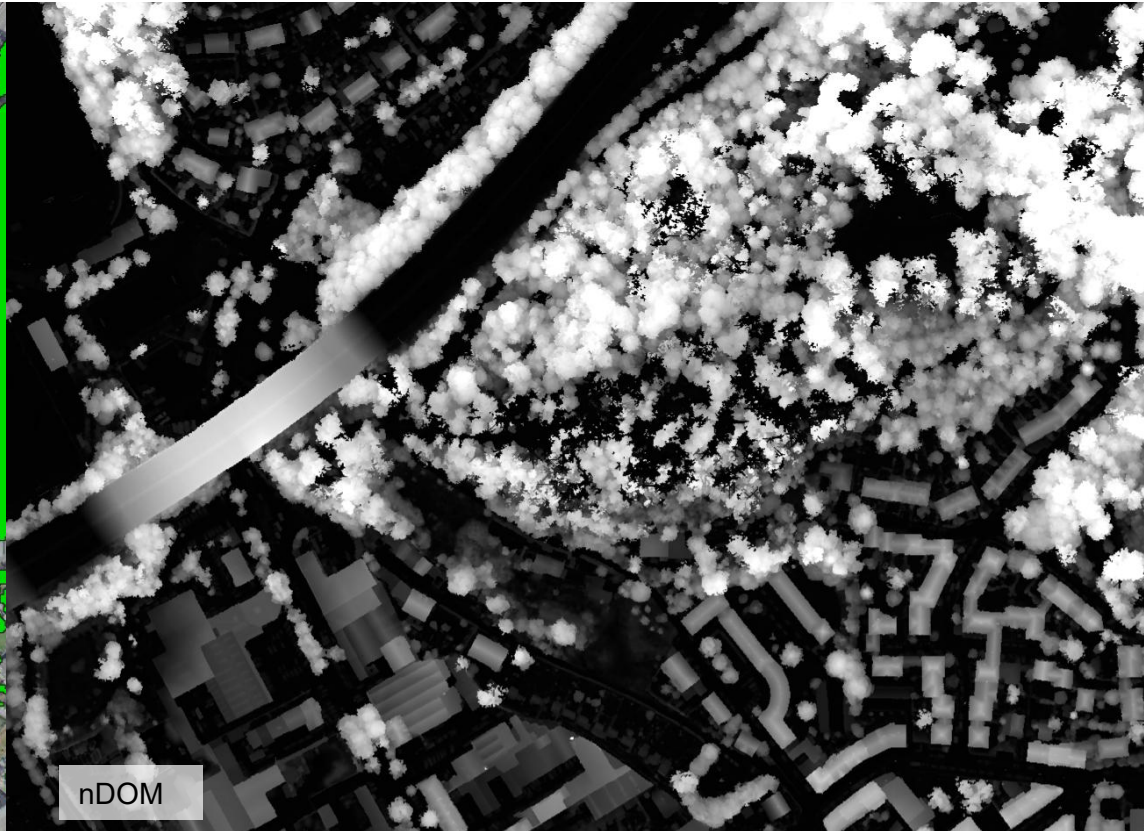
1	Hochbau
2	Tiefbau
3	Lockermaterial/Festgestein
4	Gras
5	Getreide
6	Bäume
7	Wasser
8	Büsche_Sträucher_Zwergsträucher

- Ergebnisklasse aus höchstem Klassenscore



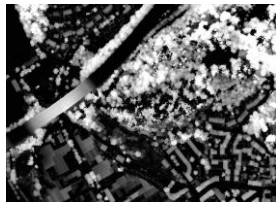
U-Net Netzstruktur

Einzelbaumerkennung: Baummaske



Einzelbaumerkennung: Einzelbaumpolygone

- Verfahren: Template Matching → initiale Baumstandorte
- 7 Templates der Hauptbaumarten nach Silván-Cárdenas
- 15 Fenstergrößen: 5x5, 7x7, ... ,31x31, 33x33 px
- Überlappung max. 30 % zulässig
- Verfahren: Watershed Segmentierung
- Modellierung der Rastersegmente durch geometrische Kurven (Splines) als natürliche Kronenform



sphärisch



elliptisch



zylindrisch



paraboloid



hyperboloid



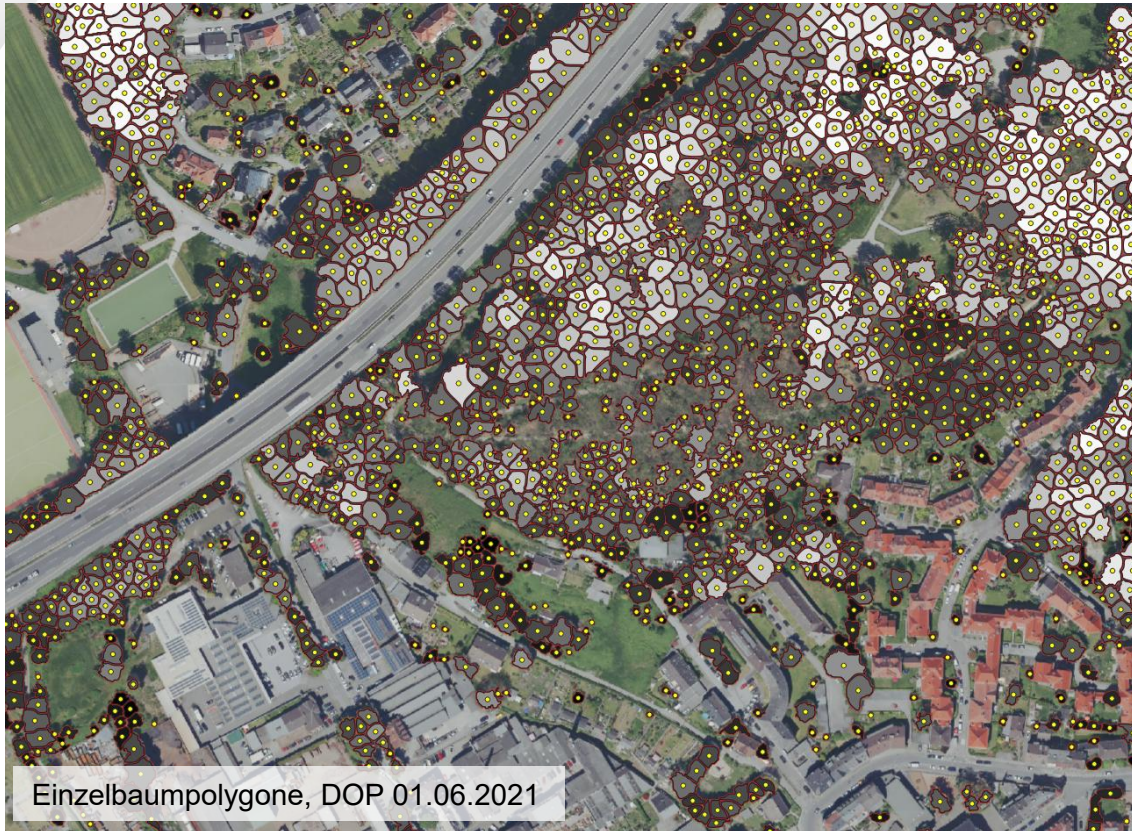
konisch



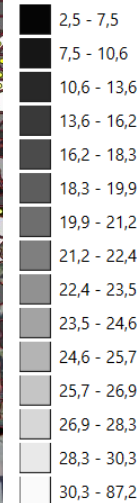
z-paraboloid



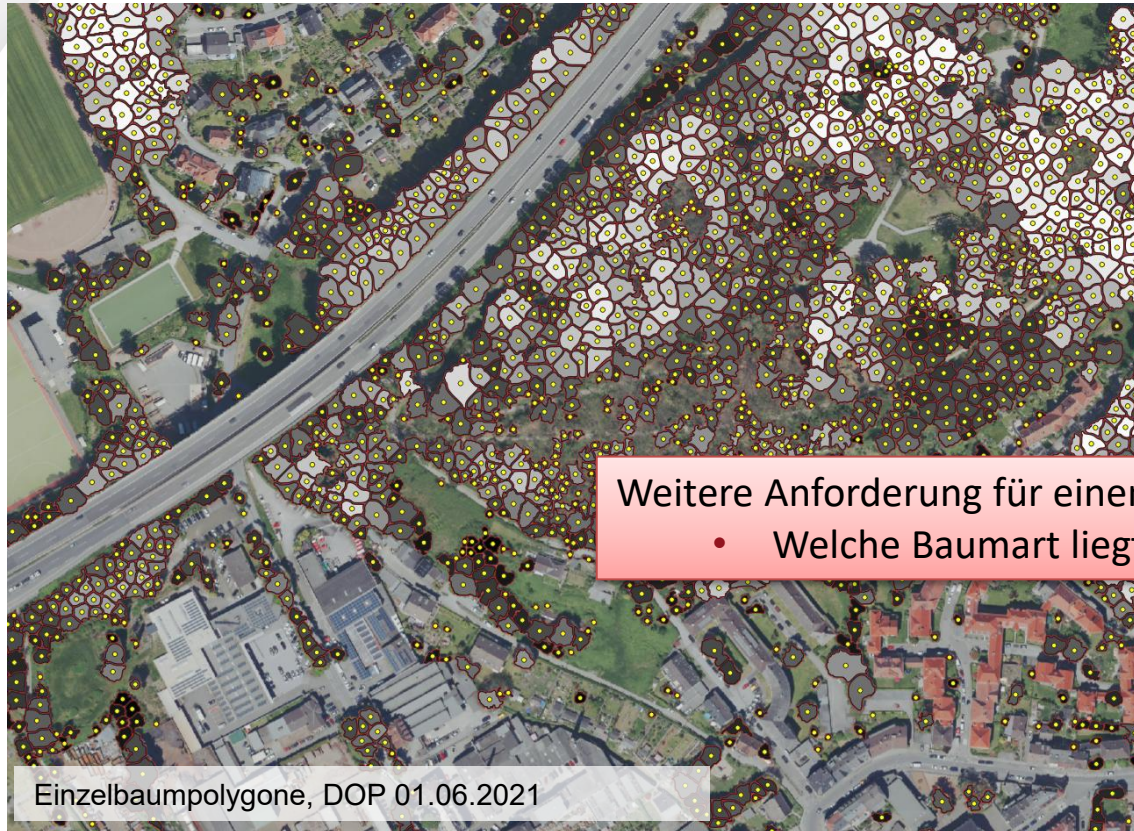
Ergebnis Einzelbaumerkennung



- > 1 Mio. Bäume
- Kronenpolygon
- Stammposition
- Attributierung:
 - Höhe
 - Kronenfläche
 - Form



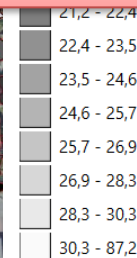
Ergebnis Einzelbaumerkennung



- > 1 Mio. Bäume
- Kronenpolygon
- Stammposition
- Attributierung:
 - Höhe
 - Kronenfläche
 - Form

Weitere Anforderung für einen digitalen Zwilling:

- Welche Baumart liegt vor?



Baumartenerkennung

→ Verteilung der Baumarten im Baumkataster:

ca. 250 Baumarten, 58 Baumarten mit Anzahl > 100

Hainbuche	3377	Vogelkirsche	471	Säulenhainbuche	259	Eberesche	134
Bergahorn	2195	Baumhasel	428	Spitzahorn 'Columnare'	258	Rosskastanie 'Baumannii'	129
Spitzahorn	2022	Rosskastanie	422	Apfel	254	Schnurbaum	127
Platane	1720	Amberbaum	401	Eibe	246	Schwedische Mehlbeere 'Brouwers'	123
Linde	1713	Eiche	396	Ansammlung von Bäumen	205	Schnurbaum 'Regent'	122
Kaiserlinde	1565	Vogelbeere	396	Sal-Weide	200	Traubenkirsche	120
Feld-Ahorn	1391	Einblättrige Akazie	386	Kastanie	187	Rotfichte	116
Stieleiche	1364	Weißdorn	383	Feld-Ahorn 'Elsrijk'	178	Sumpfeiche	116
Esche	1248	Säuleneiche	334	Rotdorn	173	Kirsche	115
Wege und Gewässer	1090	Birke	296	Scheinakazie	171	Walnuss	111
Ahorn	1000	Kugelahorn	287	Holländische Linde	154	Erle	105
Winterlinde	697	Schwedische Mehlbeere	282	Silberahorn	153	Fächerblattbaum	102
Sandbirke	591	Sommerlinde	273	Straßenesche	152	Schmalkronige Gleditschie	102
Rotbuche	532	Apfeldorn	270	Lederhülsenbaum	147	Robinie	99
Spitzahorn 'Emerald Queen'	477	Amerikanische Roteiche	266	Traubeneiche	143	Zierkirsche	98

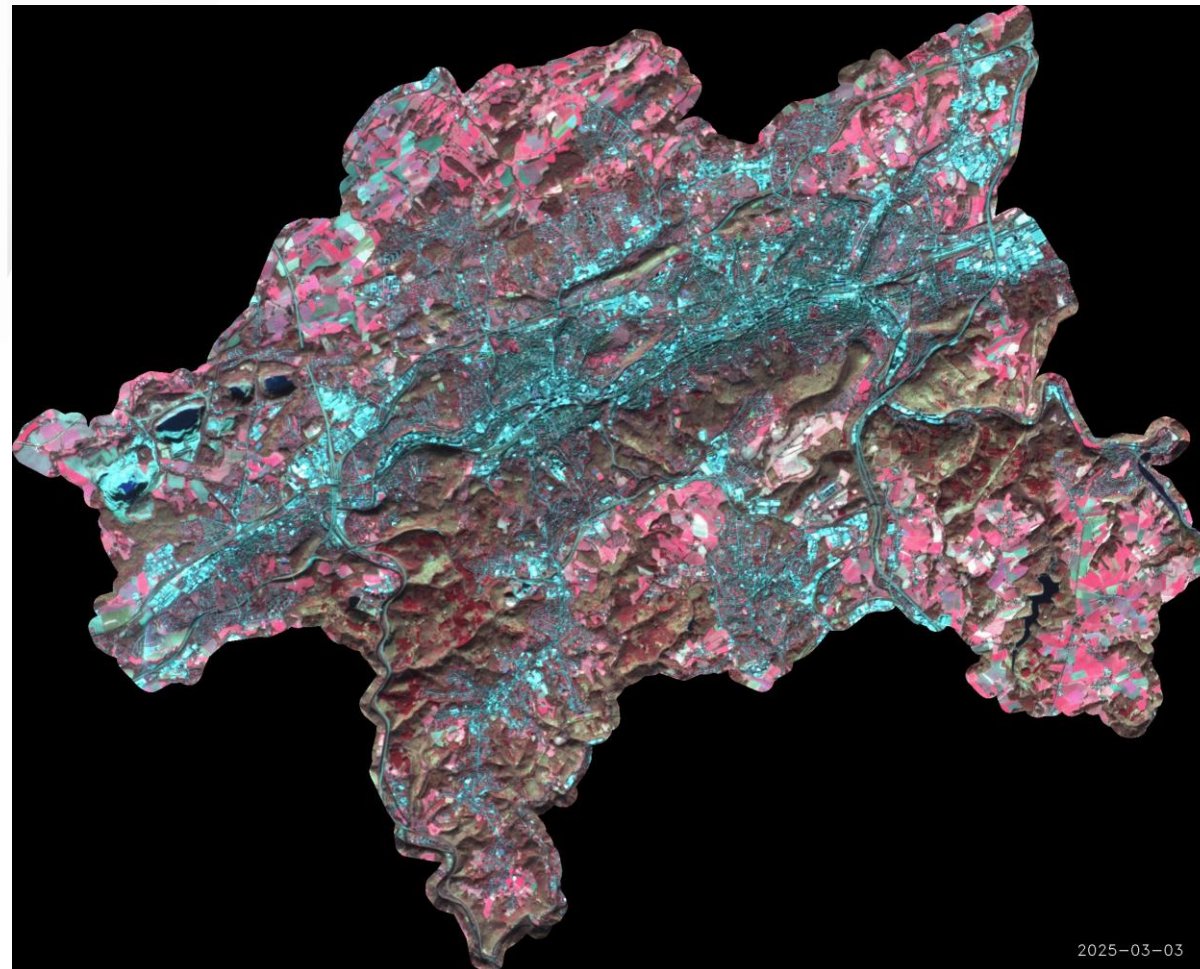
Baumartenerkennung

→ Verteilung der Baumarten im Baumkataster:

ca. 250 Baumarten, 58 Baumarten mit Anzahl > 100

Hainbuche	3377	Vogelkirsche	471	Säulenhainbuche	259	Eberesche	134
Bergahorn	2195	Baumhasel	428	Spitzahorn 'Columnare'	258	Roskastanie 'Baumannii'	129
Spitzahorn	2022	Roskastanie	422	Ahorn	254	Schnurbaum	127
Platane	1720	Amberbaum	401	Linde	246	Schwedische Mehlbeere 'Brouwers'	123
Linde	1713	Eiche	396	Hainbuche	205	Schnurbaum 'Regent'	122
Kaiserlinde	1555	Esche	388	Eiche	200	Traubenkirsche	120
Feld-Ahorn	1500	Platane	388	Esche	187	Rotfichte	116
Stieleiche	1455	Esche	388	Roskastanie	178	Sumpfeiche	116
Esche	1248	Säuleneiche	334	Rotbuche	173	Kirsche	115
Wege und Gewässer	1090	Birke	296	Birke	171	Walnuss	111
Ahorn	1000	Kugelahorn	287	Baumhasel	154	Erle	105
Winterlinde	697	Schwedische Mehlbeere	282	Vogelkirsche	153	Fächerblattbaum	102
Sandbirke	591	Sommerlinde	273	Mehlbeere	152	Schmalkronige Gleditschie	102
Rotbuche	532	Apfeldorn	270	Robinie	147	Robinie	99
Spitzahorn 'Emerald Queen'	477	Amerikanische Roteiche	266	Nadelbäume	143	Zierkirsche	98

Reduktion auf 13 Baumartengruppen:

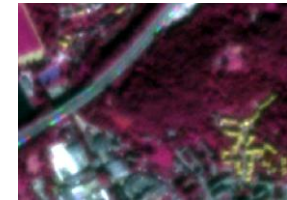
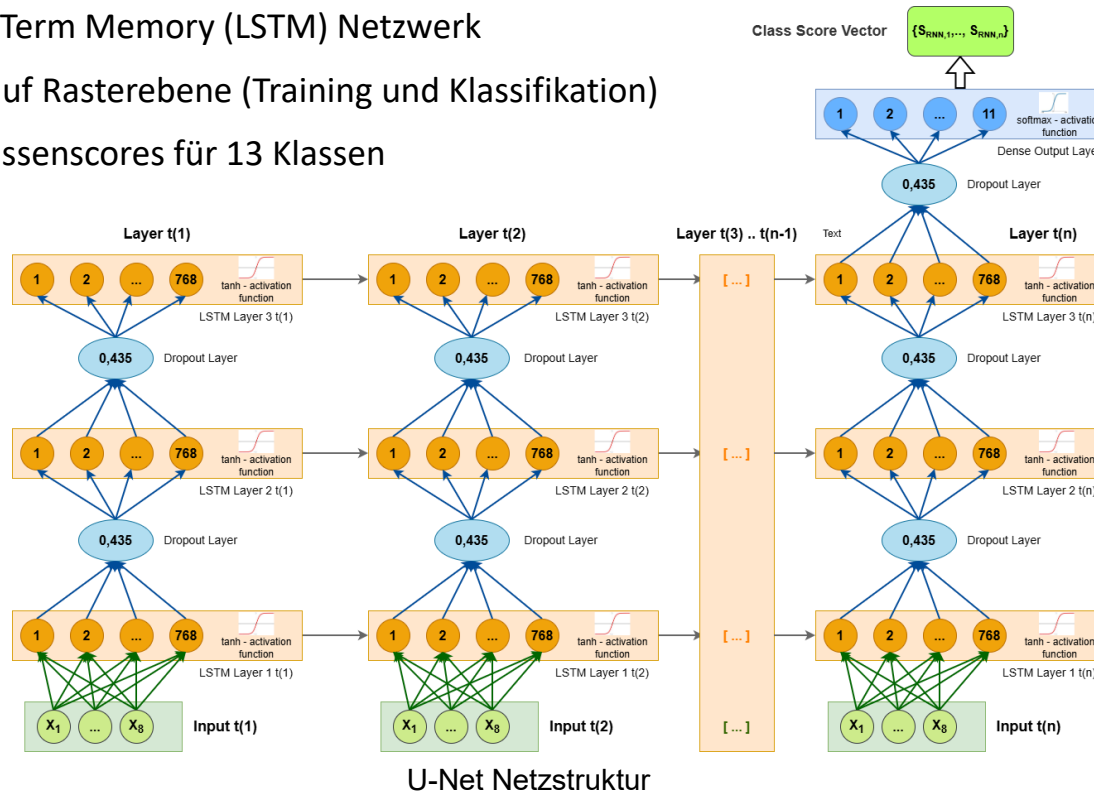


2025-03-03

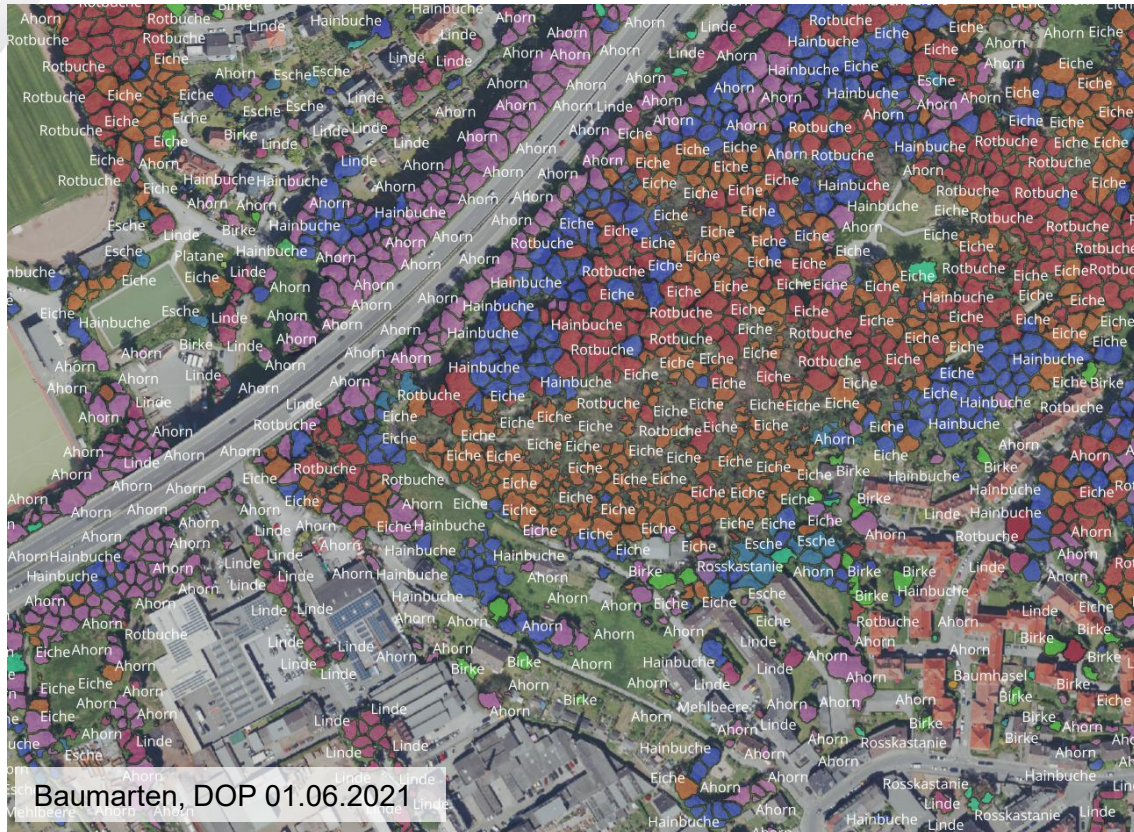
- Datenauswahl:
- ➔ PlanetScope SuperDove
 - 3 m räumliche Auflösung
 - 8 Spektralbänder
 - Wiederholrate fast täglich
 - Zeitraum: März – September
 - ca. 2 Aufnahmen/Monat, insgesamt 14 Aufnahmezeitpunkte

Baumartenerkennung

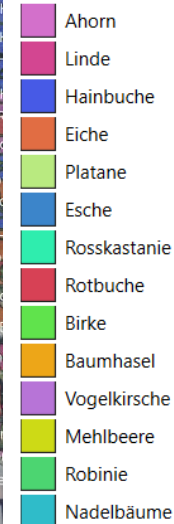
- Verfahren: Semantische Segmentierung
- Long Short Term Memory (LSTM) Netzwerk
- KI-Modell auf Rasterebene (Training und Klassifikation)
- Output: Klassenscores für 13 Klassen



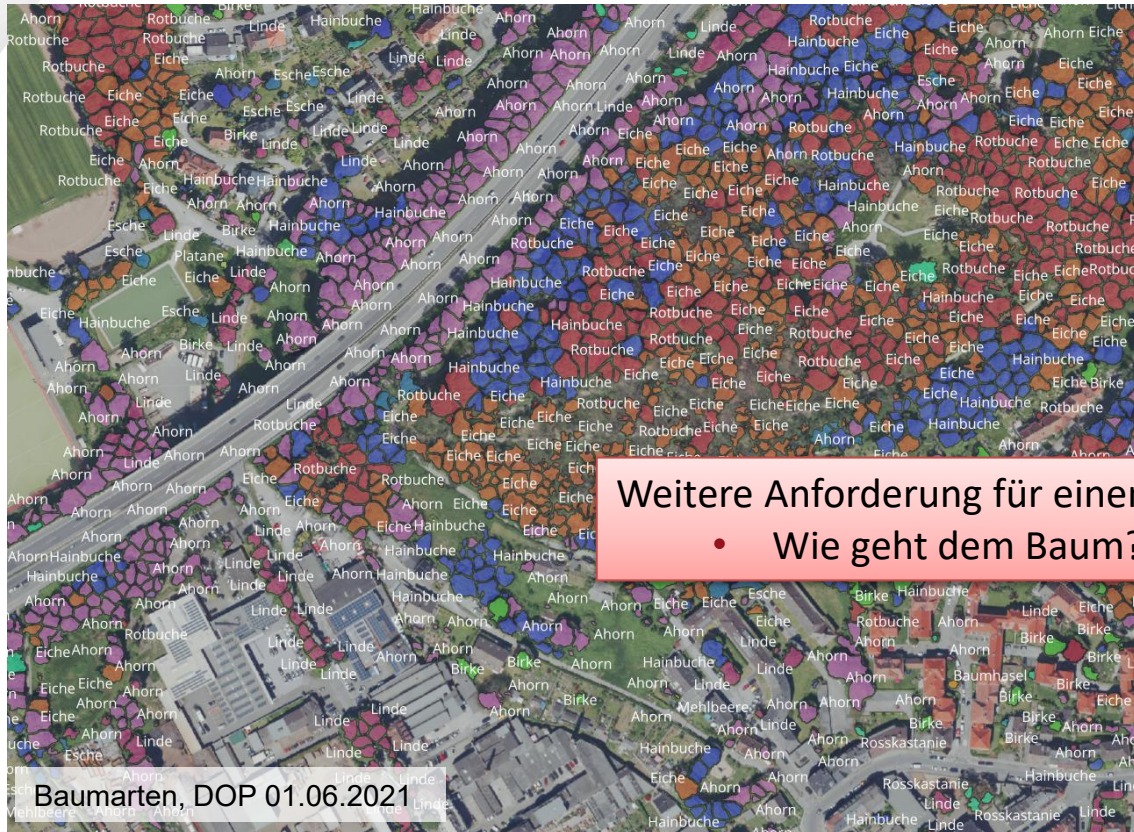
Ergebnis Baumartenerkennung



- Baumartenerkennung mit einer Gesamtgenauigkeit ~ 80 %
- Attributierung:
 - Höhe
 - Kronenfläche
 - Form
 - Baumart



Ergebnis Baumartenerkennung



- Baumartenerkennung mit einer Gesamtgenauigkeit ~ 80 %

- Attributierung:

- Höhe
- Kronenfläche
- Form



Baumart

Weitere Anforderung für einen digitalen Zwilling:

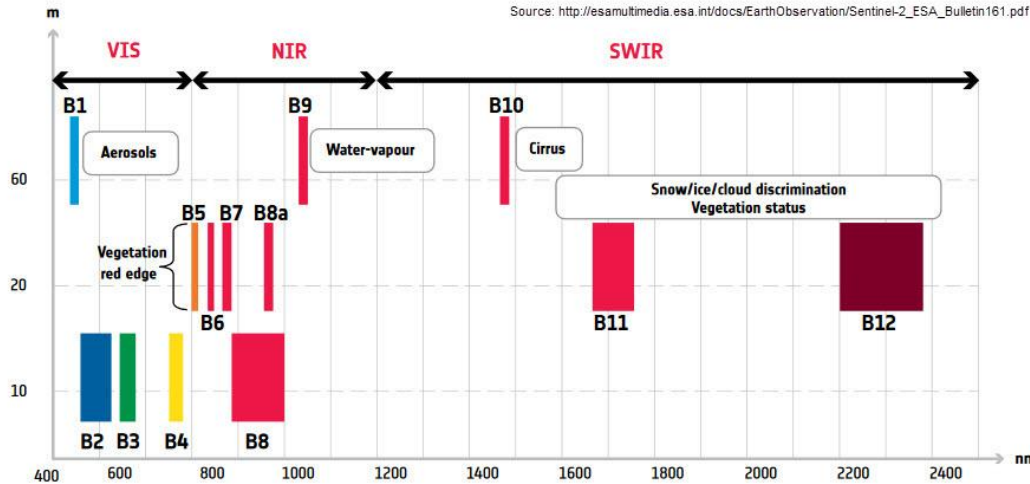
- Wie geht dem Baum?



Baumvitalität: Vitalitätsindizes

- Berechnung von Vitalitätsindizes für Sentinel-2-Zeitreihen 2021-2024

Source: http://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/Sentinel-2_ESA_Bulletin161.pdf



↑ Spatial resolution versus wavelength: Sentinel-2's span of 13 spectral bands, from the visible and the near-infrared to the shortwave infrared at different spatial resolutions ranging from 10 to 60 m on the ground, takes land monitoring to an unprecedented level



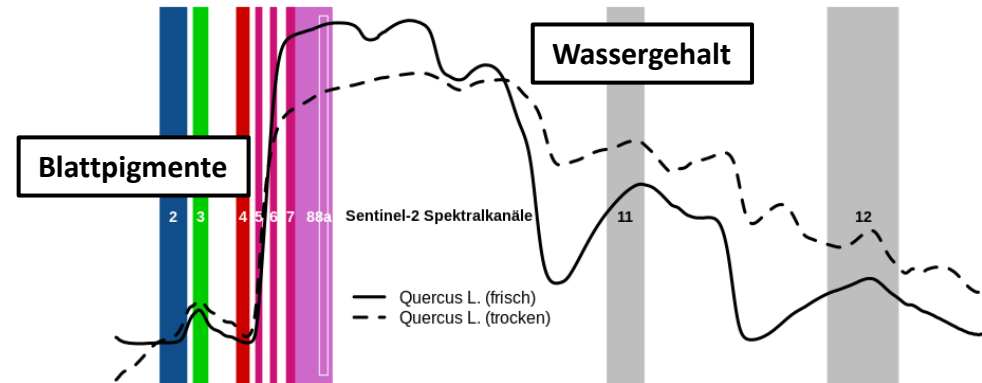
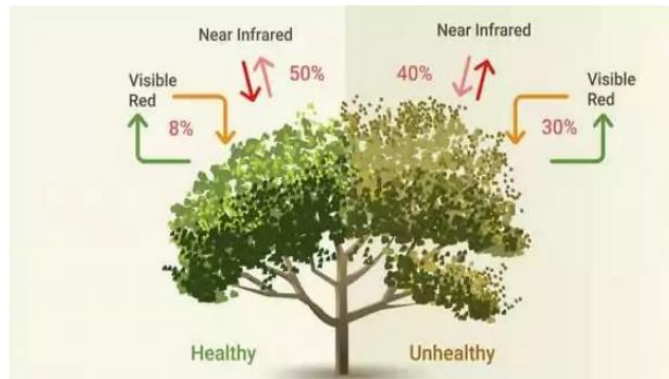
Baumpolygone überlagert Sentinel-2

Baumvitalität: Vitalitätsindizes

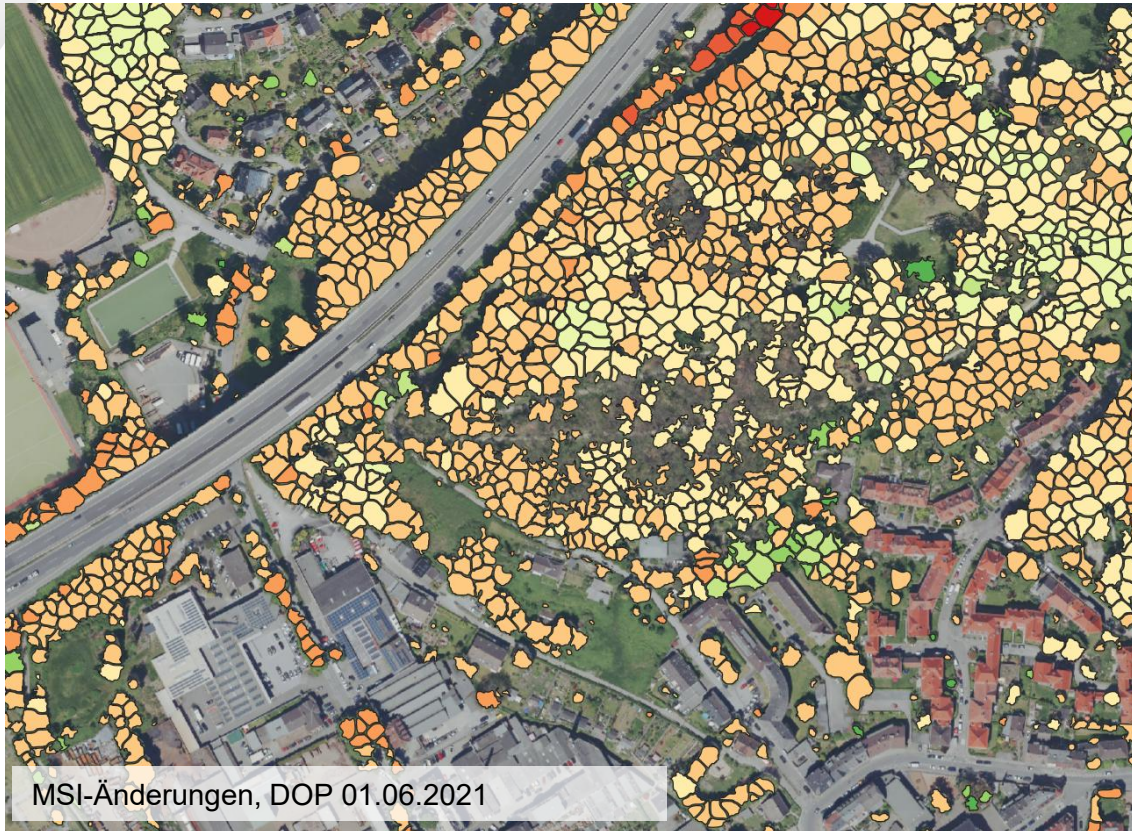
- Berechnung von Vitalitätsindizes für Sentinel-2-Zeitreihen 2021-2024

Normalized Difference Vegetation Index
 NDVI (B8, B4): $(\text{NIR}-\text{R})/(\text{NIR}+\text{R})$
 Wertebereich: $[-1;+1]$

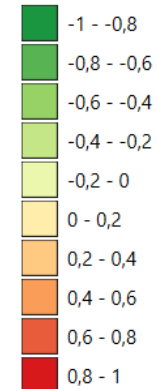
Moisture Stress Index
 MSI (B8, B11): SWIR/NIR
 Wertebereich: $[0;+1]$



Ergebnis Baumvitalität



- Ziel: Indizierung „auffälliger“ Bäume
- Erweiterung der Attributierung:
 - Jahresmittelwerte
 - Summierte Änderungen 2021-2024



- Einsatz von FE ermöglicht flächendeckende Ergebnisse
- Nutzung vorhandener Daten wie Kataster etc.
- Kombination aus Deep Learning und „klassischen Methoden“
- Nutzung passender Datenquellen
- enge Abstimmung mit dem konkreten Nutzer
 - inhaltliche Belange: Nutzerbedarf
 - technische Belange wie etwa Formate etc.
- großes Potenzial in der praktischen Inwertsetzung



EFTAS.GeoIT
GENAU FÜR IHRE WELT

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH
Name: Dr.-Ing. Sönke Müller
E-Mail: Soenke.Mueller@eftas.com
Telefon: +49 511-762-4922