

gefördert von:



Projektpartner:

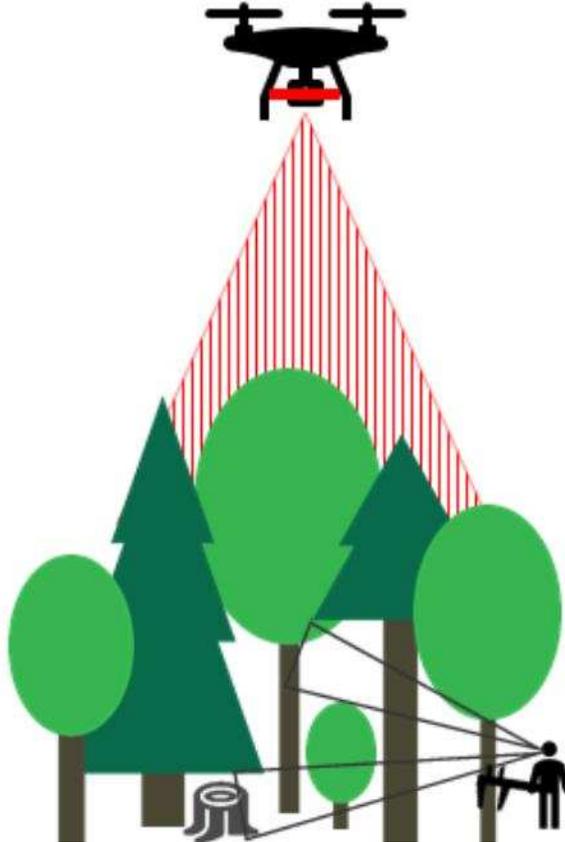


Five3D - Fernerkundung für innovative Verfahren des Waldstrukturmonitorings

Projektvorstellung

Hintergrund

Fernerkundung für innovative Verfahren des Waldstrukturmonitorings 3D!



Waldinventuren

- Basis forstlicher und naturschutzfachlicher Planung
- alle 10 Jahre, einen Sommer lang
- Stichprobenpunkte mit Probekreisen $\leq 12\text{m}$

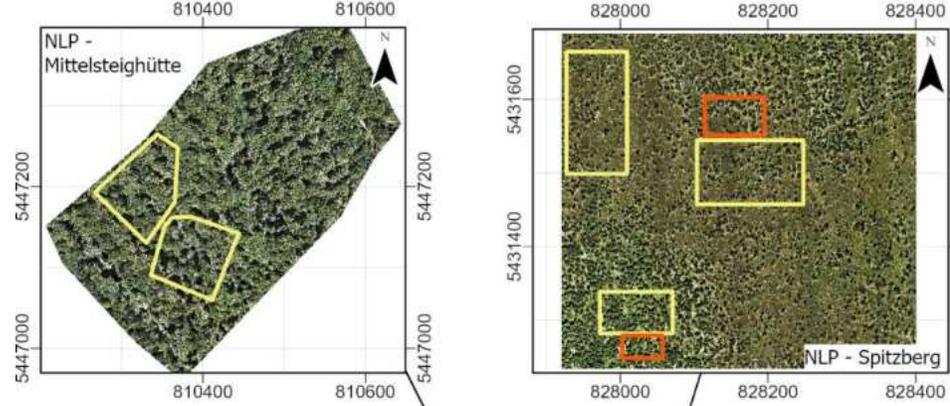
Nachteile

- Zeitlich fix, lange Bearbeitungszeit
- keine flächendeckende Information

Five3D

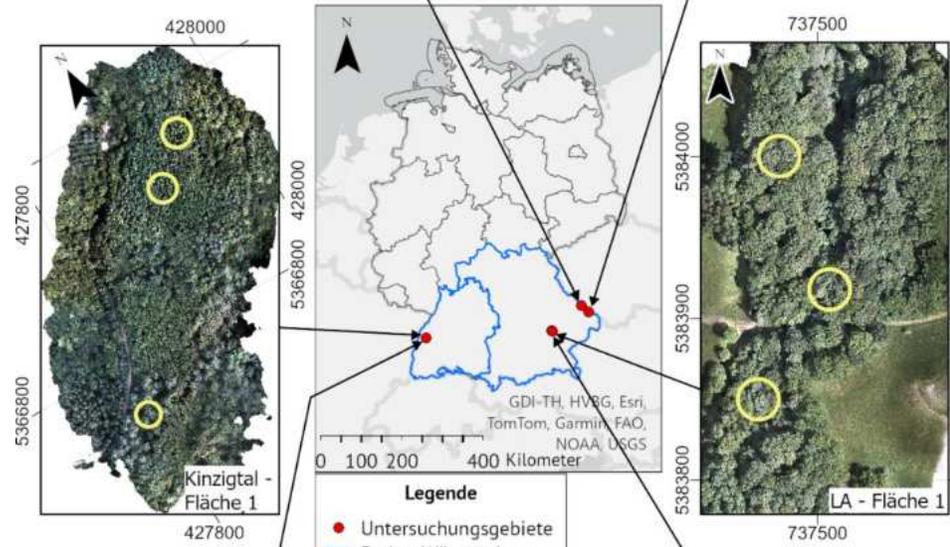
- ✓ moderne Technik und KI
- ✓ großflächige Charakterisierung einzelner Bäume
- ✓ Zeitlich flexibel / bedarfsorientiert

„Urwaldgebiet“



Gipfelage mit kleinen Fichtengruppen

forstlich genutzter Mischwald



ca. 100 Jahre alter Buchenwald mit Hanglage

starke Hanglage und Lücken

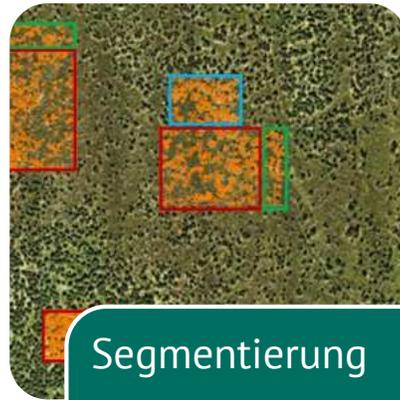
Mischwald mit viel Totholz

Die „Pipeline“



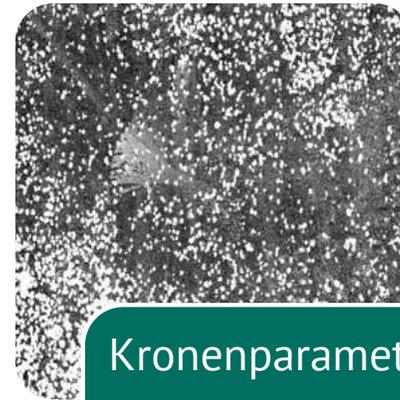
Datenaufnahme

- Befliegung
- Referenzdaten



Segmentierung

- Training & Validierung
- Segmentierung & Klassifizierung
- Vergleich Segmentierungsverfahren



Kronenparameter

- Parameter aus Punktwolke
- für Referenzdaten: Parameter aus BDAT



Auswertung

- Modell für Biomasse und Stammvolumen
- Prädiktion auf Gesamtfläche
- Anwendbarkeit

Die „Pipeline“



Datenaufnahme

- Befliegung
- Referenzdaten



Segmentierung

- Training & Validierung
- Segmentierung & Klassifizierung
- Vergleich Segmentierungsverfahren



Kronenparameter

- Parameter aus Punktwolke
- für Referenzdaten: Parameter aus BDAT



Auswertung

- Modell für Biomasse und Stammvolumen
- Prädiktion auf Gesamtfläche
- Anwendbarkeit

Befliegung

+



Adapterplatte

+



Multispektrales Kamerasystem



905 nm LiDAR

+



2 x 8 MP CMOS



Lightweight Airborne Profiler (LAP)



APX-15 INS

=



15 min Mission



6 kg Payload

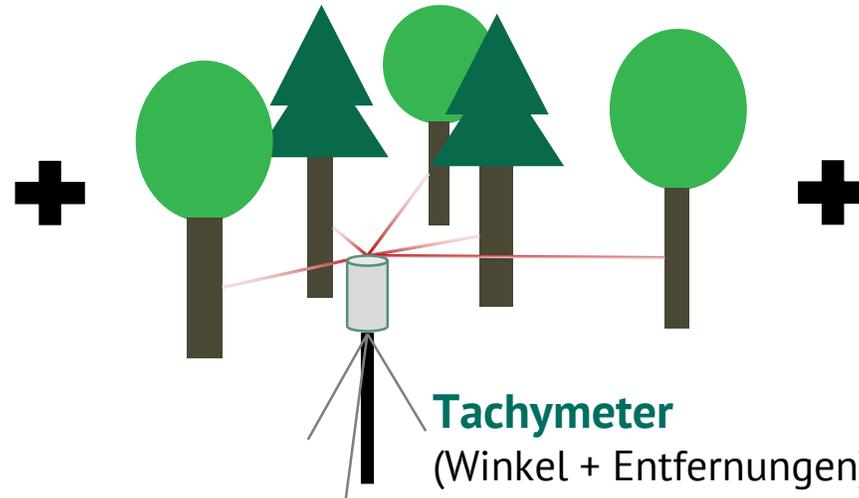


Matrice 600 Pro

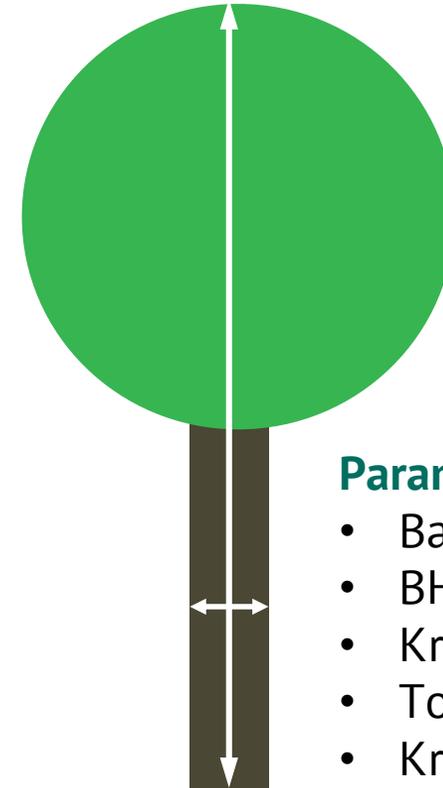


Referenzdatenaufnahme

GNSS (genauer Standort)



Tachymeter
(Winkel + Entfernungen)



Parameter

- Baumart
- BHD
- Kronenansatzhöhe
- Totholz / Vitalität
- Kraftsche Klasse

Referenzdaten



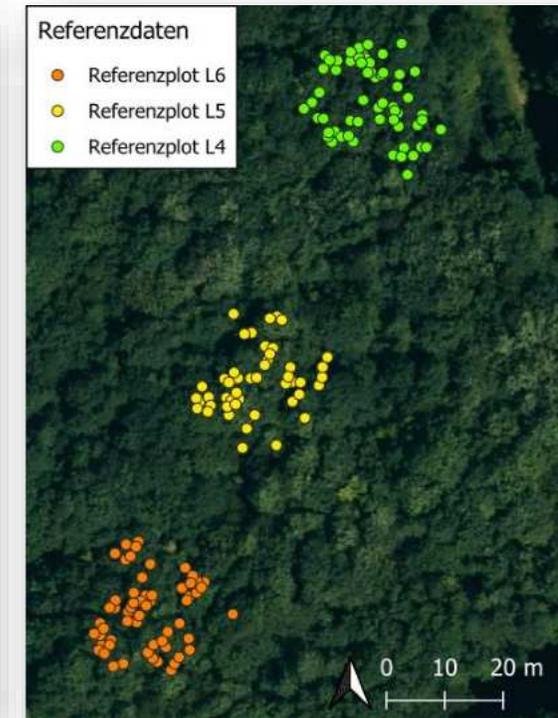
Standortbestimmung mit GNSS



Tachymetrische Vermessung

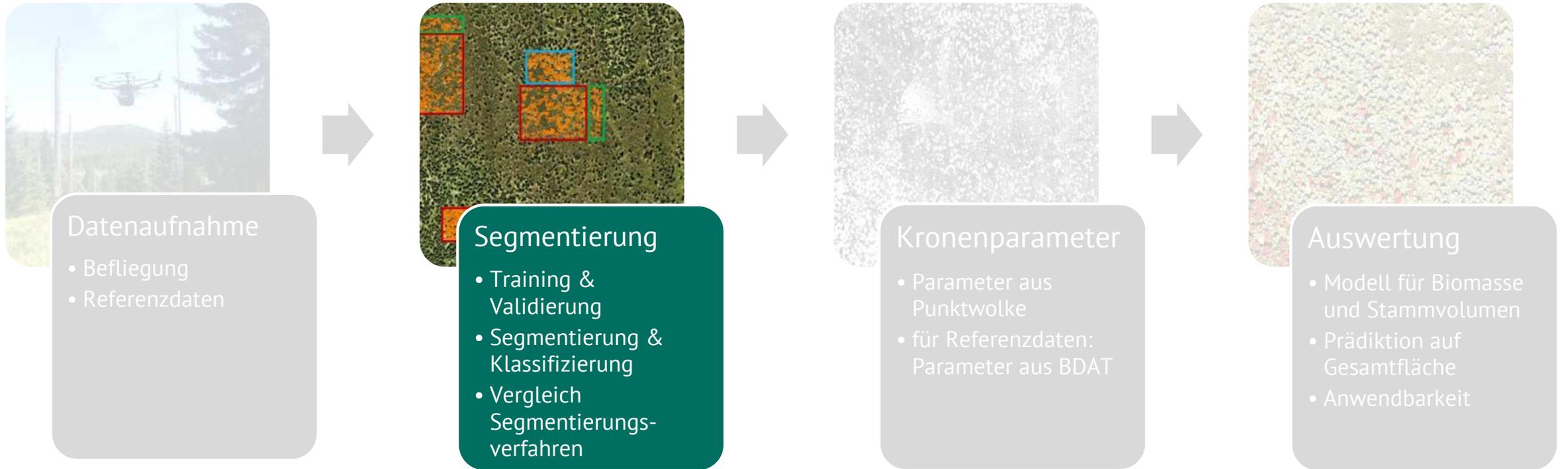


Messung der Kronenansatzhöhe



Digitalisierung

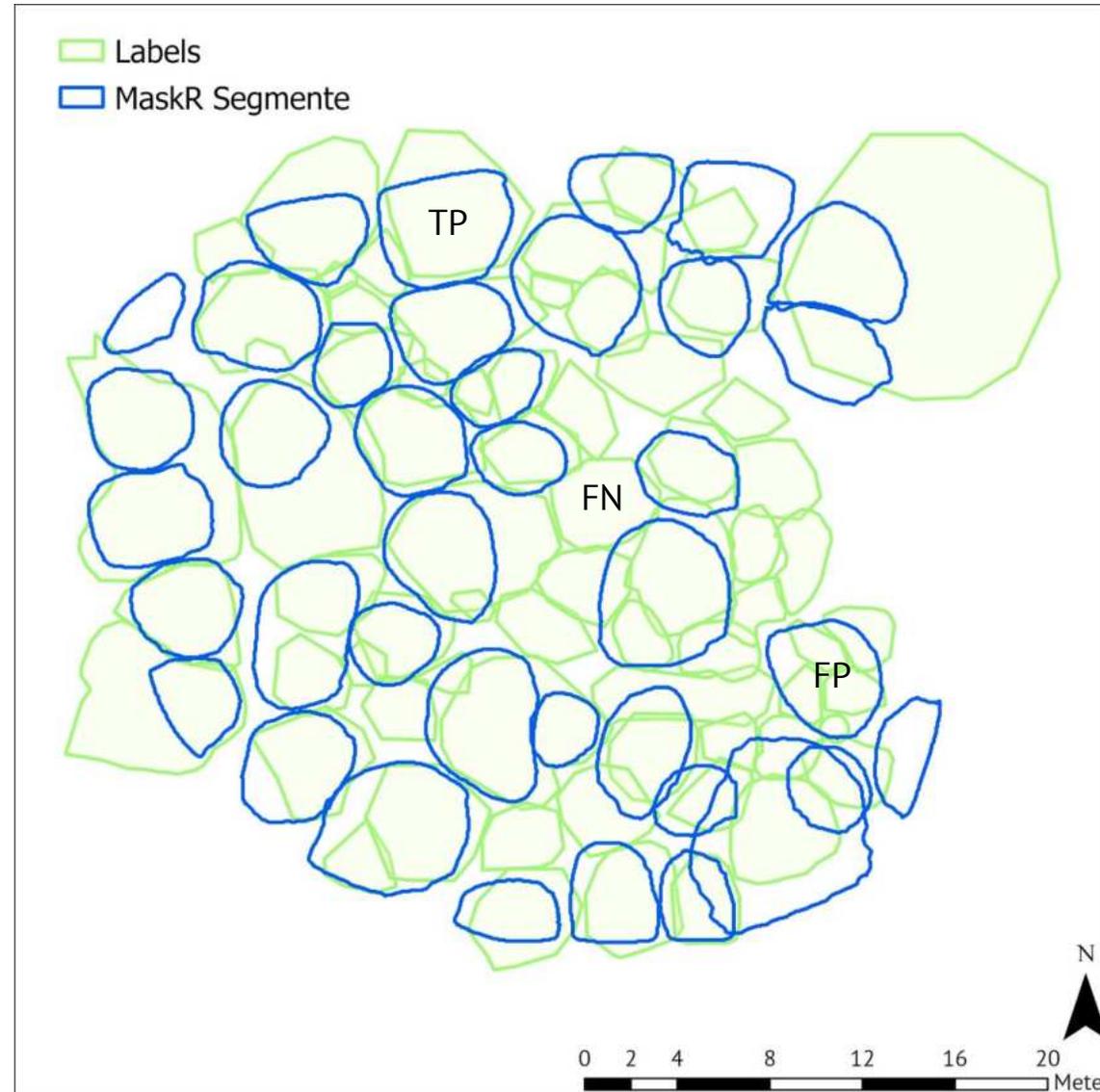
Die „Pipeline“



Labels und Validierung

automatische
Auswertung bei 50%
Überlappung:

True Positive (TP)	False Positive (FP)
True Negative (TN)	False Negative (FN)



Wert	Berechnung
OA	Overall Accuracy
F1-Score	$2 \cdot \text{Precision} \cdot \text{Recall} / (\text{Precision} + \text{Recall})$
Precision	$\text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$
Recall	$\text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$
QSeg	Qualität der Segmente

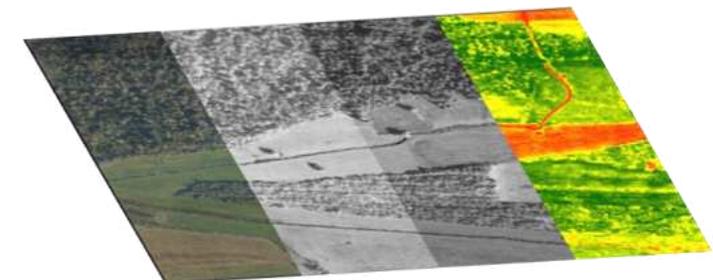
Kanalkombinationen

- stets drei (Farb-) Kanäle als Trainingsinput
- 5 Kanalkombinationen
 - **RGB** = Rot + Grün + Blau
 - **CIR** = Nahes Infrarot + Grün + Blau (Colored InfraRed)
 - **CHM** aus Laserpunktwolke (Canopy Height Model)
 - **BIRIR2** = Blau + Red Edge + Nahes Infrarot
 - **CHMIRIR2** = CHM + Red Edge + Nahes Infrarot

→ Segmentierung der Gesamtfläche mit der Kanalkombination **CHM**

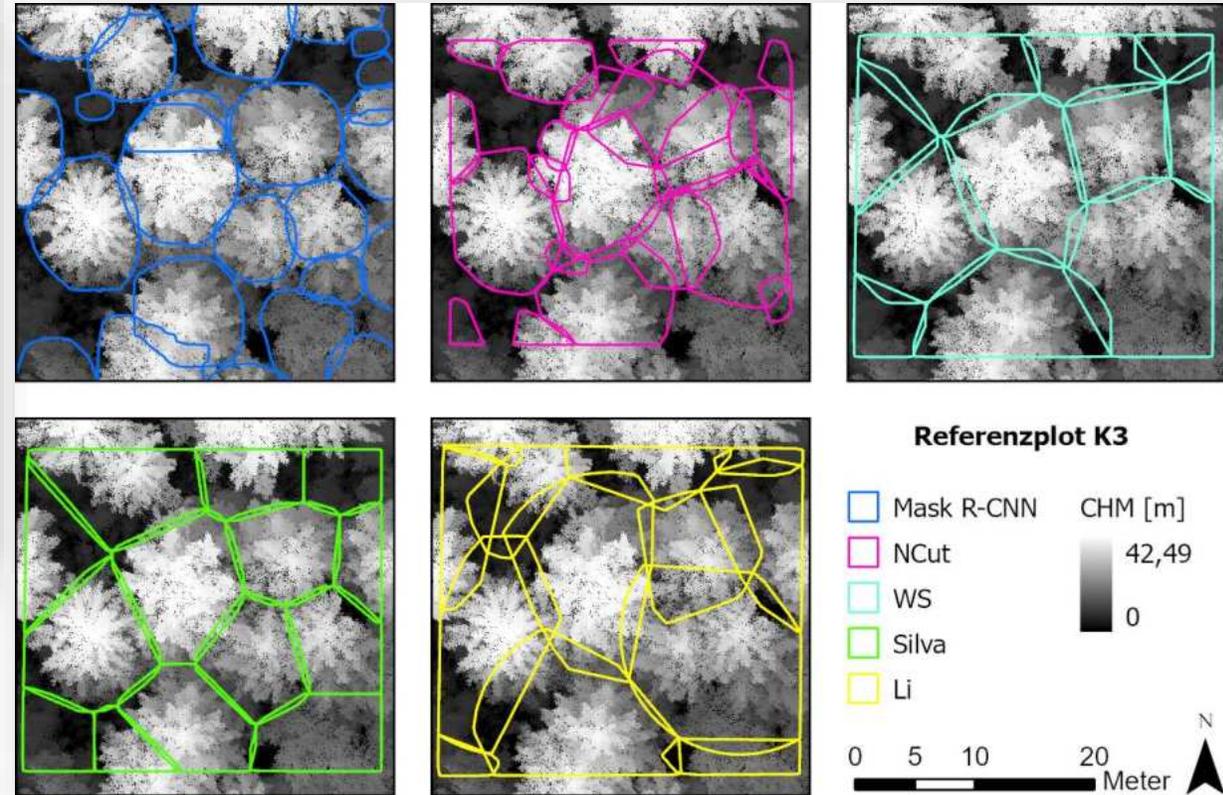
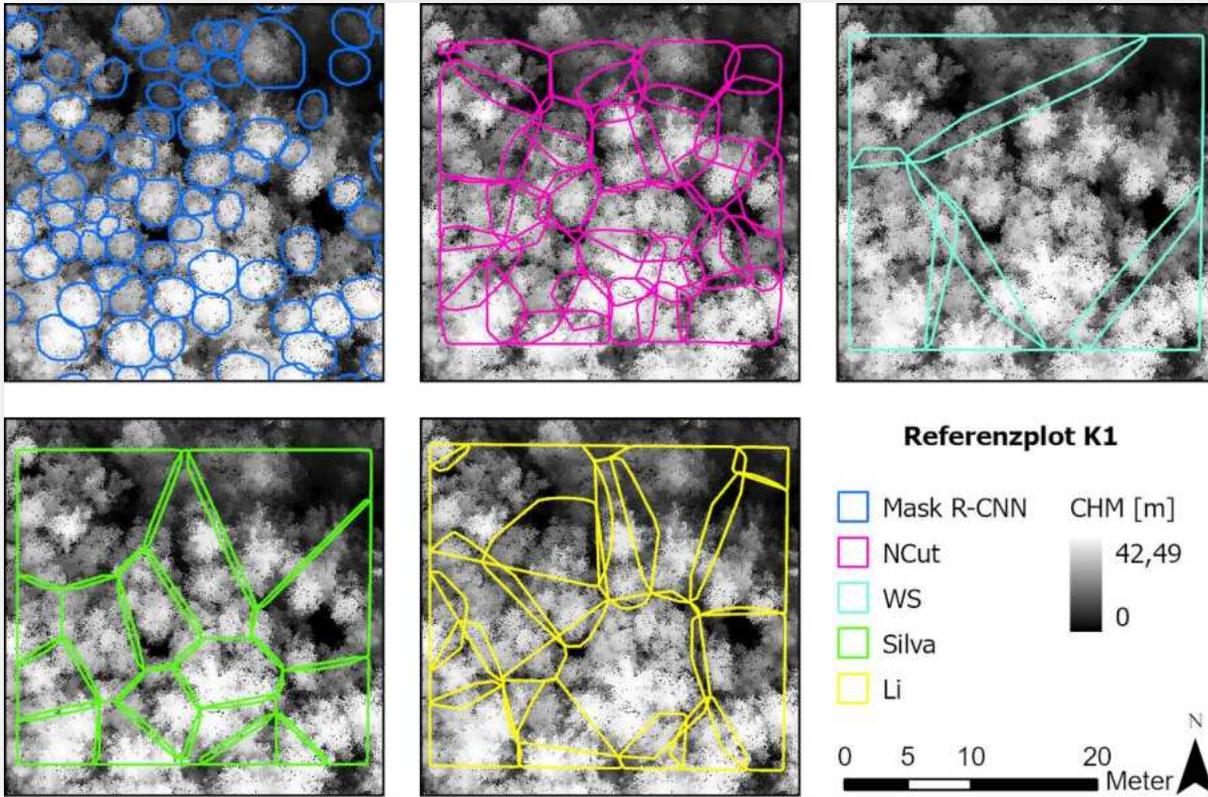


Multispektrales Kamerasystem

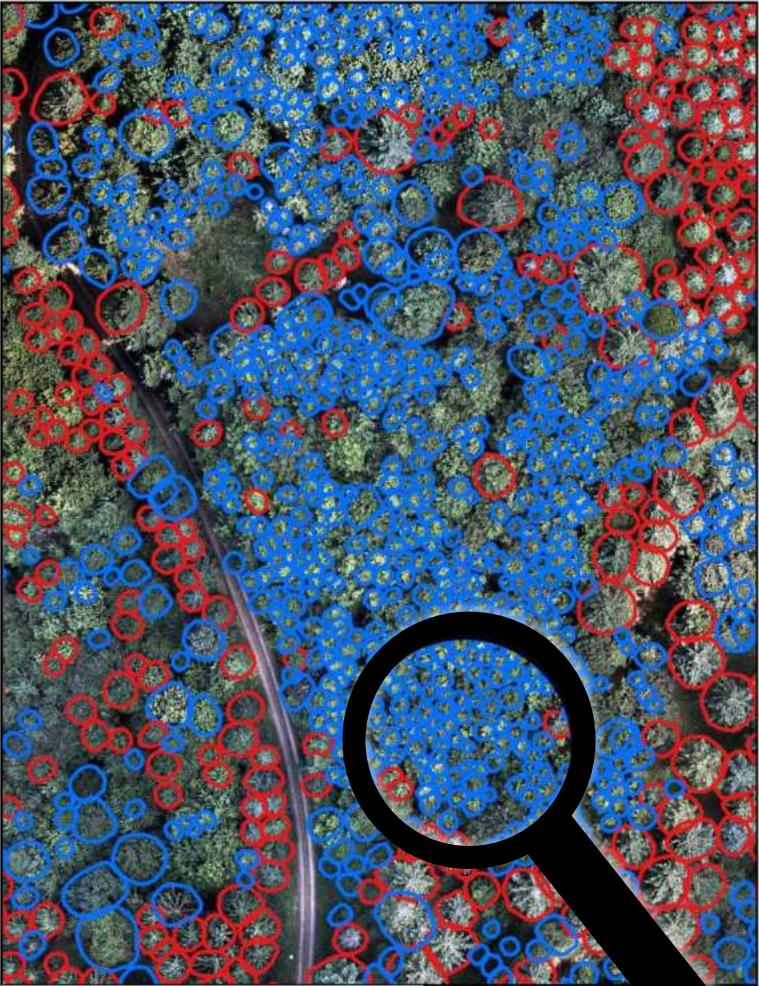


RGB 725 nm 850 nm NDVI

Vergleich mit anderen Segmentierungsverfahren



Segmentierung mit der KI Mask R-CNN

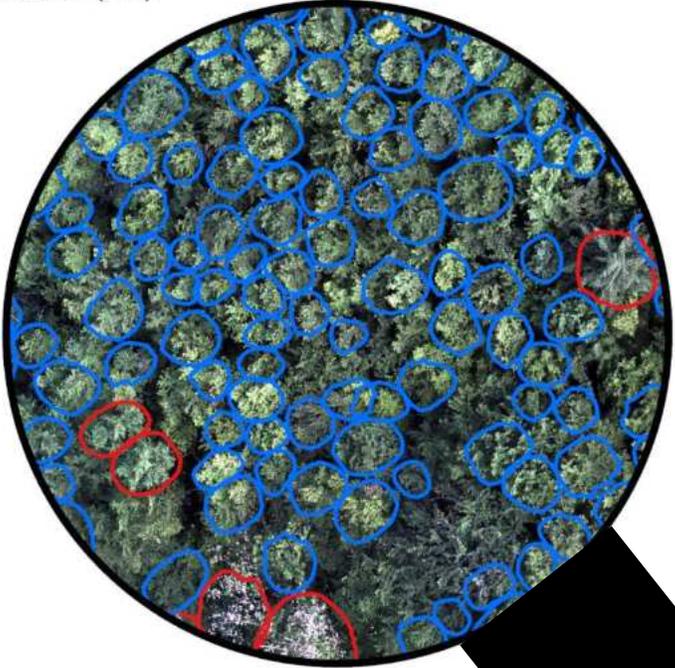


**Kinzigtal
Fläche 1**

Baumsegmente aus Mask R-CNN

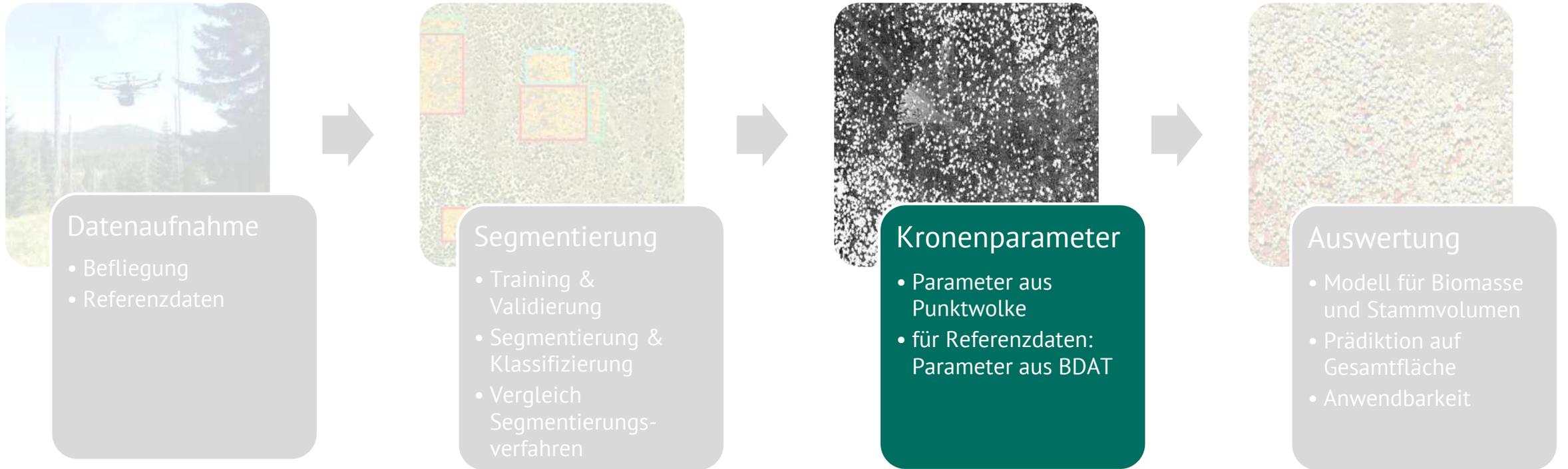
○ Laubbaum (751)

○ Nadelbaum (253)



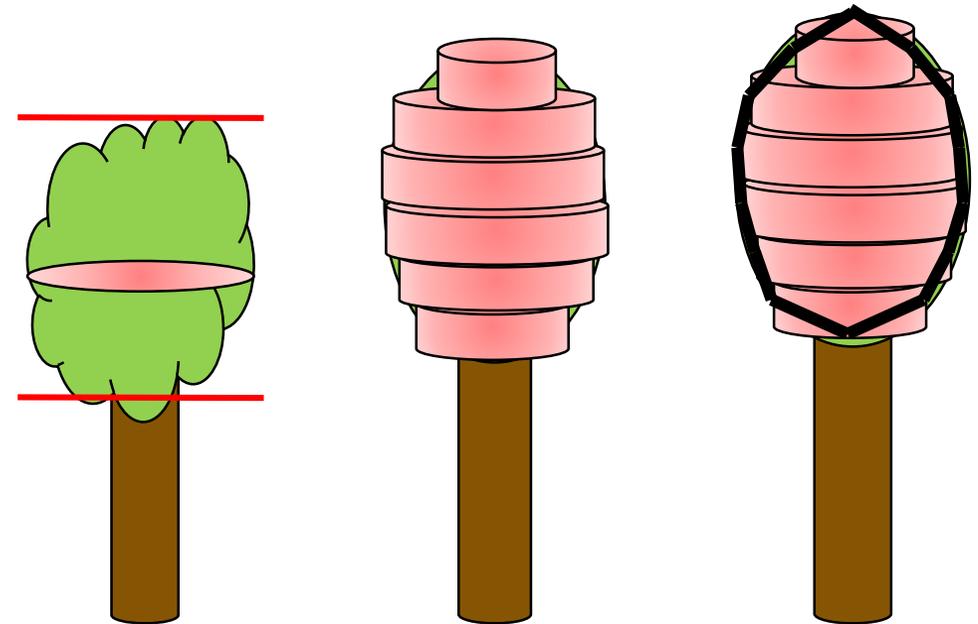
0 10 20 30 40 50
Meter

Die „Pipeline“



Kronenparameter

- Baumhöhe [m]
- Kronenansatzhöhe [m]
- Kronenfläche [cm²]
- Kronenvolumen [cm³]
 - Segmente von 50 cm
- Fläche der äußeren Kronenhülle [cm²]
 - Oberfläche der Segmente



BDAT

- Programm u.a. zur Berechnung des Volumens eines einzelnen Baums
- genutzt zur Schätzung der Vorratsfestmeter bei der Betriebsinventur (BI)
- Für Five3D: Bestimmung des Stammvolumens und der Biomasse der Referenzbäume

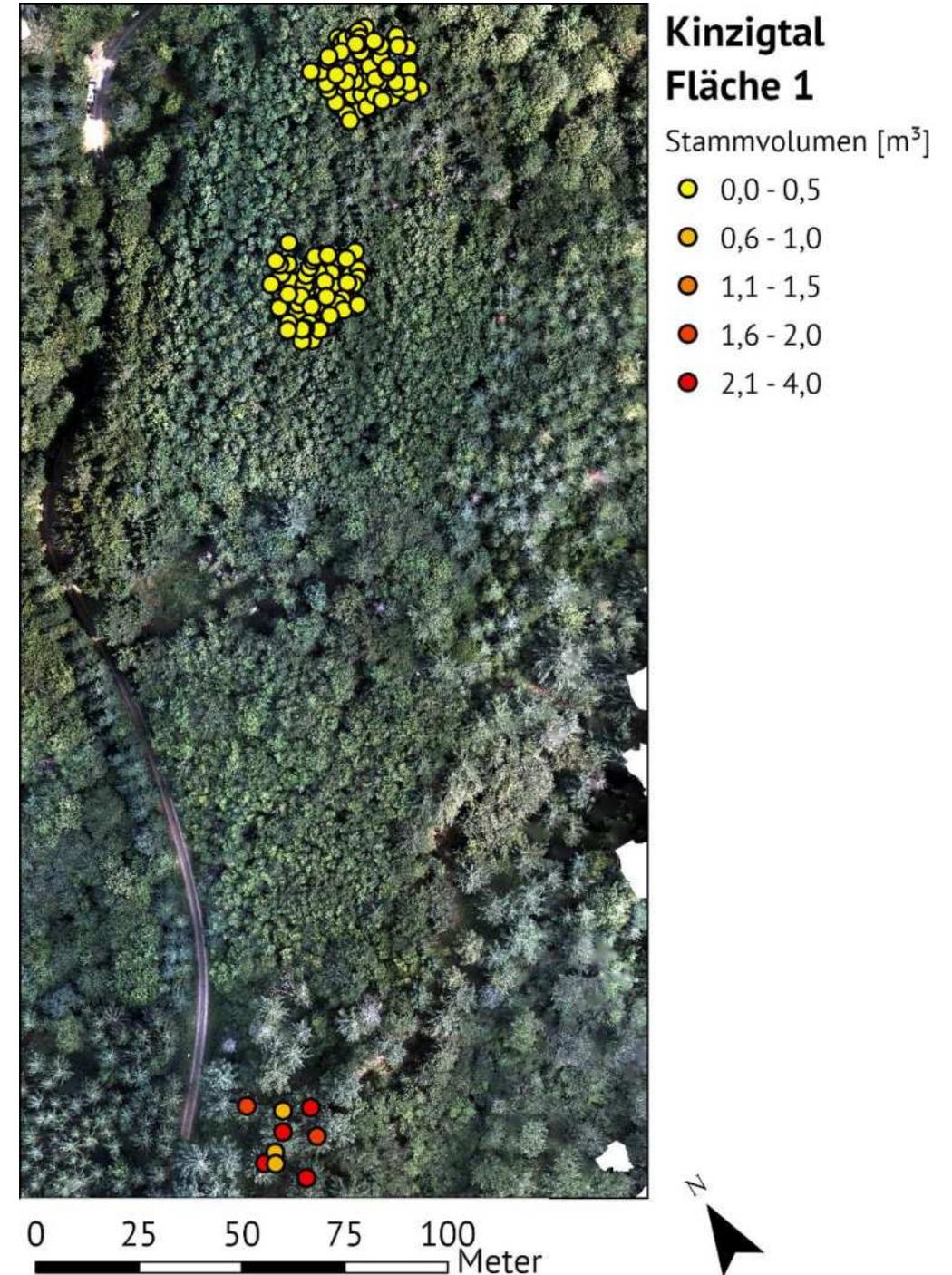
Eingangsvariablen

- BHD (im Feld gemessen)
- Baumart (im Feld gemessen)
- Höhe (aus Laserpunktwolke)



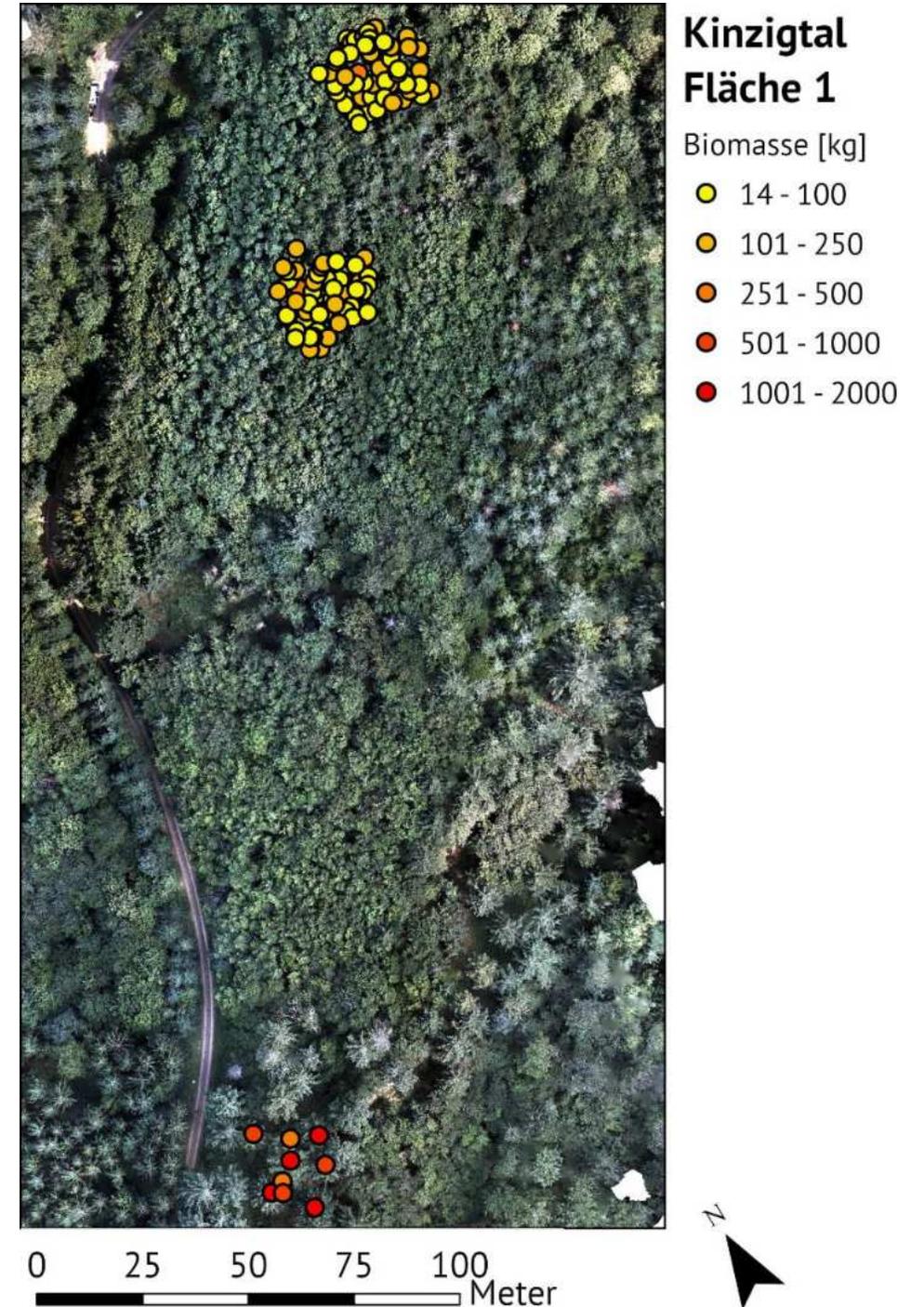
BDAT – Beispiel Kinzigtal

- Referenzbäume auf Fläche 1 im Kinzigtal
- Stammvolumen von **gelb** (kleinstes Stammvolumen) bis **rot** (größtes Stammvolumen)

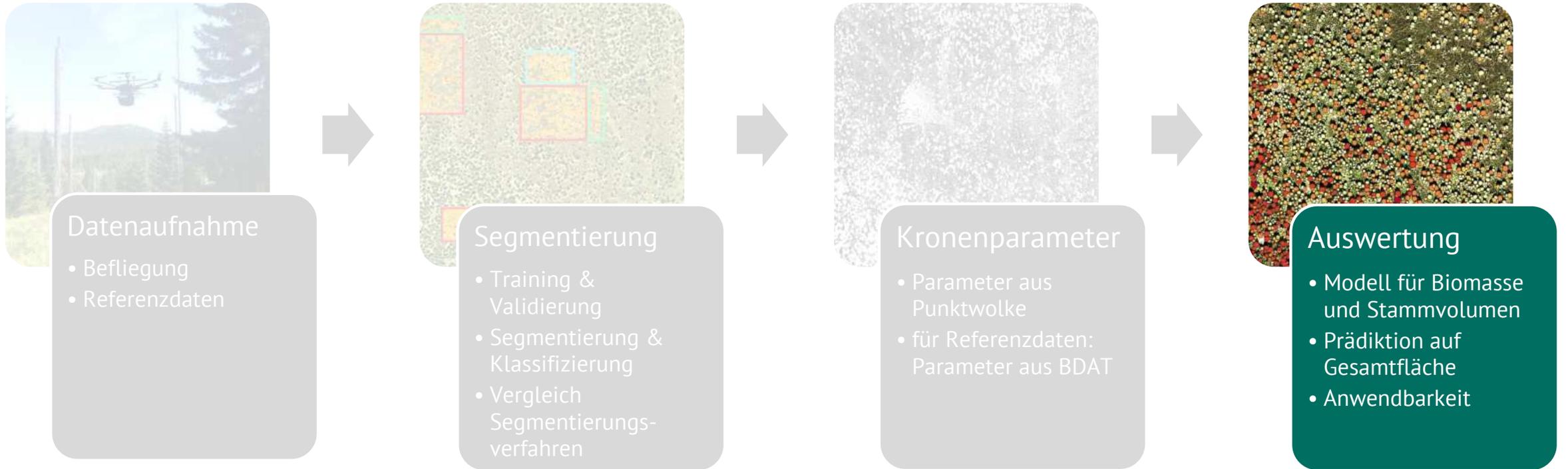


BDAT – Beispiel Kinzigtal

- Referenzbäume auf Fläche 1 im Kinzigtal
- oberirdische Biomasse von **gelb** (kleinste Biomasse) bis **rot** (größte Biomasse)

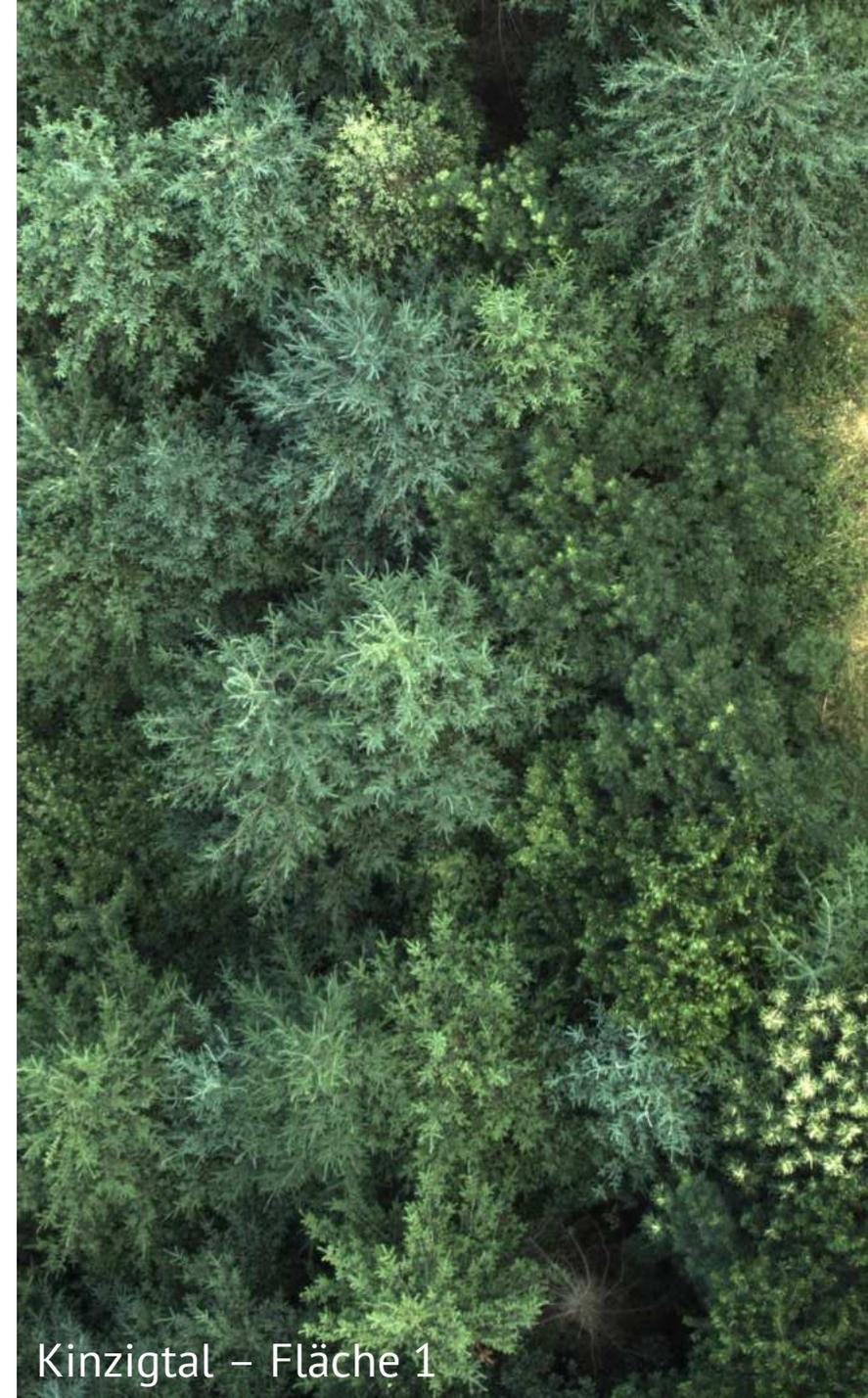


Die „Pipeline“

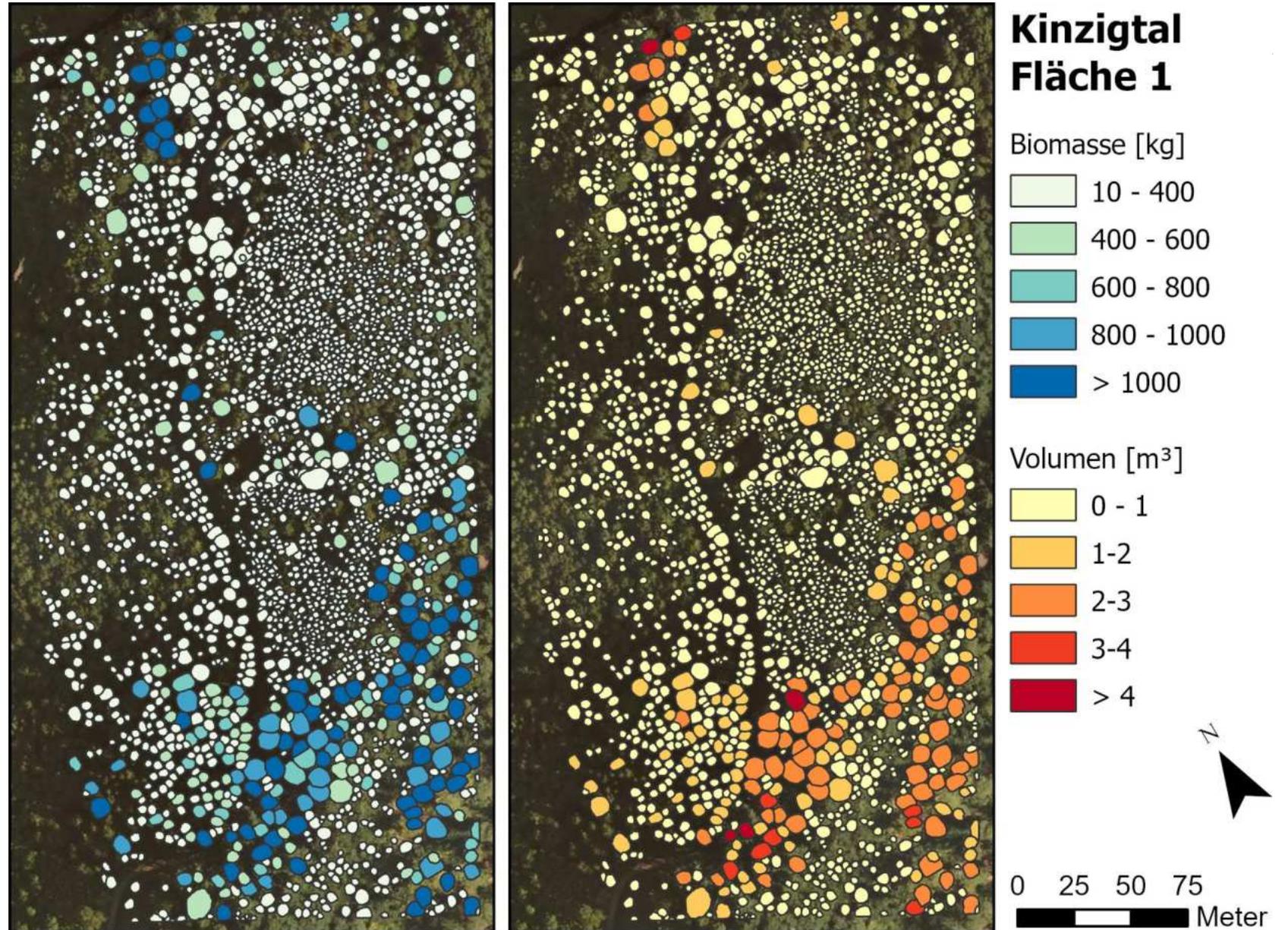


Modellierung und Vorhersage für die Gesamtfläche

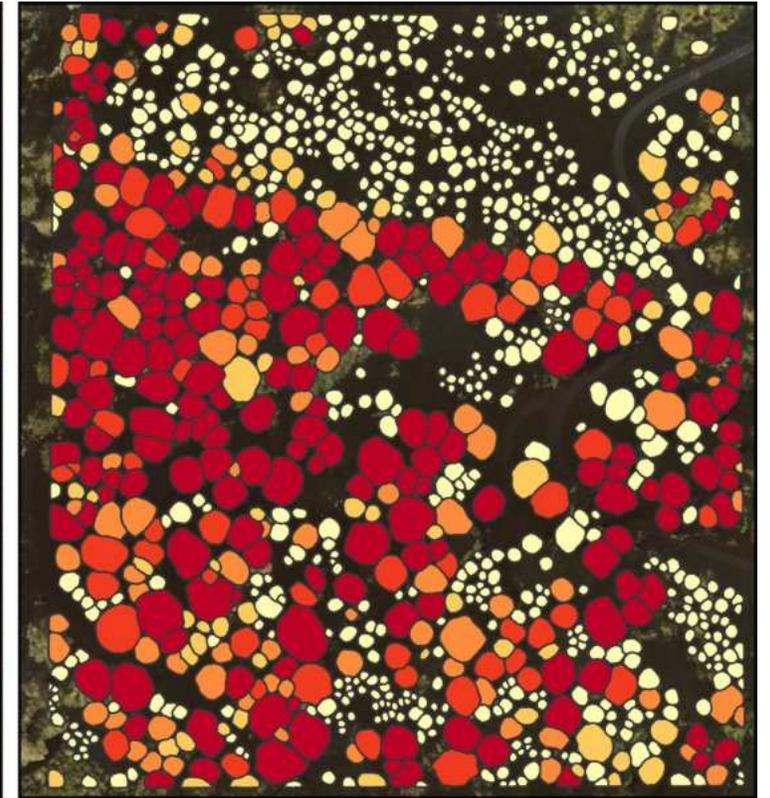
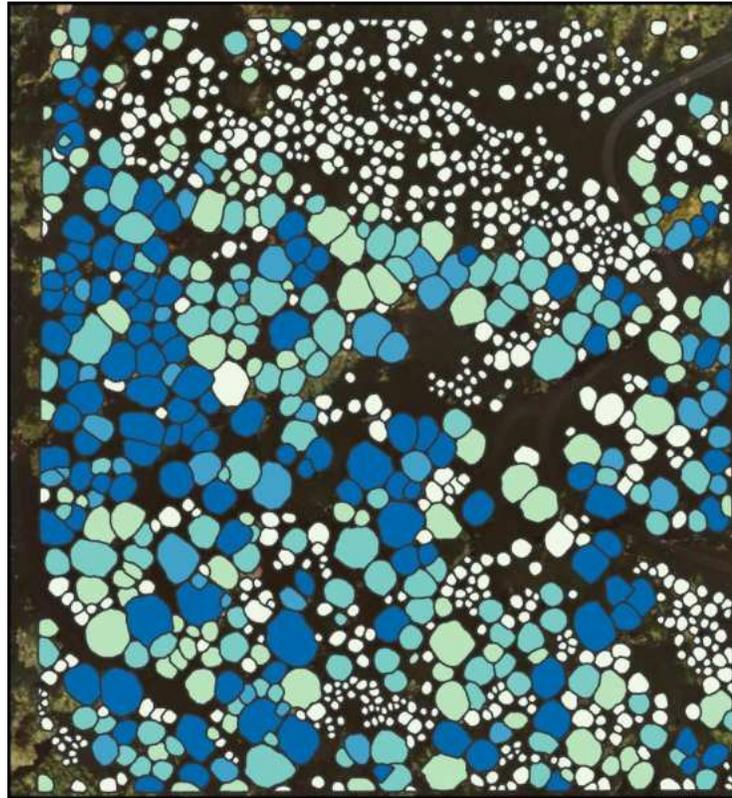
- **Ziel:** Übertragung der Einzelbauminformationen aus BDAT (Biomasse und Stammvolumen) auf alle mit Mask R-CNN erkannten Bäume
- **Bekannt** für alle Baumsegmente: Kronenparameter + Klasse
- **Parameterselektion:** Kronenquerschnittsfläche und Höhe als beste Prädiktoren für Stammvolumen und Biomasse
 - Zusatz: Trennung nach Klasse: Laubbaum / Nadelbaum
- **Modellwahl:** Generalized Additive Model (GAM)
 - Vorteile: Trennung nach Klasse möglich
 - Nicht-lineare Zusammenhänge besser dargestellt als mit Linearem Modell



Ergebnis

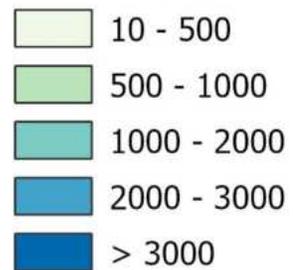


Ergebnis

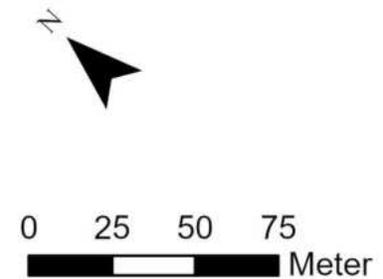
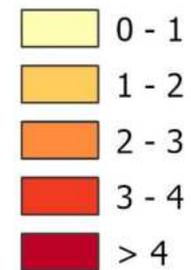


Kinzigtal Fläche 2

Biomasse [kg]



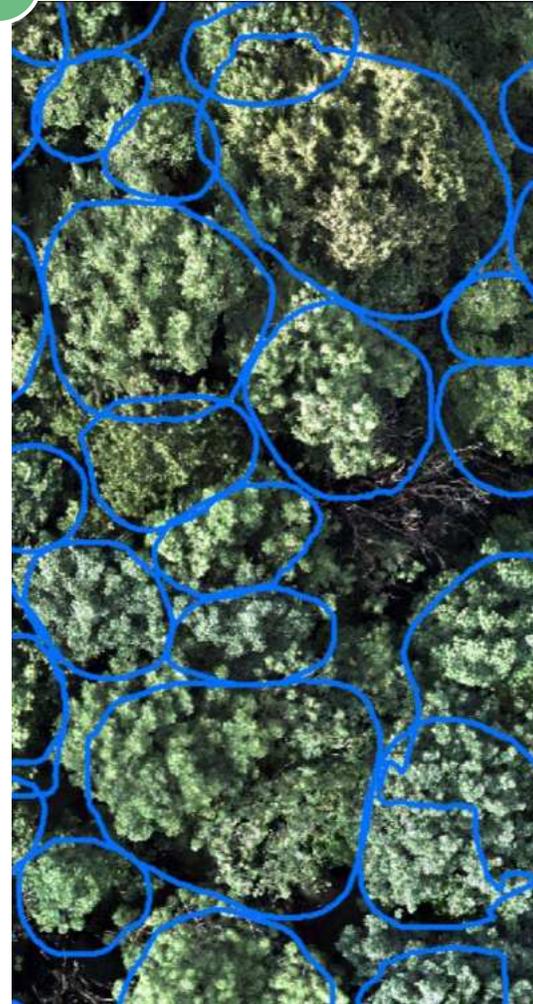
Volumen [m³]



Endprodukte

Baumsegmente mit:

- Klasse (Laub-/ Nadel-/ Totholz)
- Baumhöhe
- Kronenansatzhöhe
- Kronenquerschnittsfläche
- Kronenvolumen
- Stammvolumen
- oberird. Biomasse



+ hochauflösende Orthofotos und Höhenmodelle

→ ableitbar: Stammzahl, Volumen, Biomasse / ha

Anwendbarkeit / Ausblick

- Referenzdaten = BI Probekreise
- Befliegung nur mit LAP (leichter)
- KI und Volumen-Modell einmal mit vielen Daten trainieren und dann auf unbekannte Gebiete anwenden
- Anwendung gezielt für ausgewählte Bestände

Noch Fragen?

FVA

Dr. Petra Adler

petra.adler@forst.bwl.de

Eva Kranefeld

eva.kranefeld@forst.bwl.de

Hochschule München

Prof. Dr. Peter Krzystek

peter.krzystek@hm.edu

Dr. Sebastian Dersch

sebastian.dersch@outlook.com

INATECH

Prof. Dr. Alexander Reiterer

alexander.reiterer@ipm.fraunhofer.de

Lars Rathmann

lars.rathmann@ipm.fraunhofer.de

Frederik Kammel

Frederik.Kammel@ipm.fraunhofer.de



Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!

