

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Erfassung und Quantifizierung von windgeworfenen Baumstämmen auf UAV-Orthomosaiken

Stefan Reder, Jan-Peter Mund

*Umweltinformationssysteme 2024:
Digitalisierung für eine nachhaltige
Planetare Zukunft*

Bamberg 10. bis 12. April 2024





ZIELE:

Verbesserung des

Sturm-RISIKO-Management

Vermeidung und Reduktion von
Sturmschäden in
bewirtschafteten Wäldern

Sturm-KRISEN-Management

Schnelle Erfassung und
Bewertung von
sturmgeschädigten Wäldern



Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde



Sturmschadens- erkennung

- Erkennung von Sturmschäden auf Basis von Copernicus Satellitendaten (Sentinel 1 & 2)
- Schadensbewertung durch KI-Analysen von UAV-Orthomosaiken



Sturmschadens- vulnerabilität

- Waldwachstums- und Vulnerabilitätsmodellierung auf Bestandesebene



Sozialwissenschaftliche Begleitforschung

Integrierter 2-skaliger Ansatz für die Erkennung und Bewertung von Sturmschäden in Wäldern

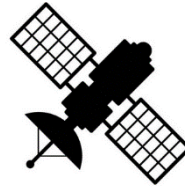


Projektziel:

Verbesserung des
**Sturm-KRISEN-
Management**

Schnelle Erfassung und
Bewertung von
sturmgeschädigten
Wäldern

Scale



Identifizierung von Sturmschadensflächen mit
Copernicus Sentinel 1

Detektion und Quantifizierung von
windgeworfenen Baumstämmen auf UAV-
Orthomosaiken



Detektion und Quantifizierung von windgeworfenen Baumstämmen auf UAV-Orthomosaiken



Projektziel:

Verbesserung des Sturm-KRISEN- Management

Schnelle Erfassung und
Bewertung von
sturmgeschädigten
Wäldern

Verbesserung des Krisenmanagements durch
Bereitstellung von Informationen über die räumliche
Verteilung und das Volumen der geworfenen Stämme

- Unterstützung bei der Planung der Aufarbeitung
- Verringerung des Unfallrisikos
- Verringerung des Risikos von Folgeschäden (z. B. durch Borkenkäferbefall)
- ...

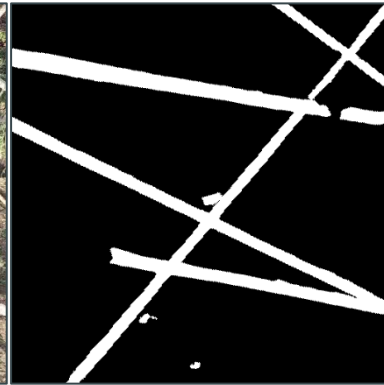
Detektion und Quantifizierung von windgeworfenen Baumstämmen auf UAV-Orthomosaiken



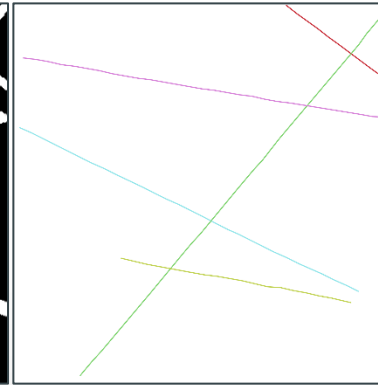
UAV -
Orthomosaic



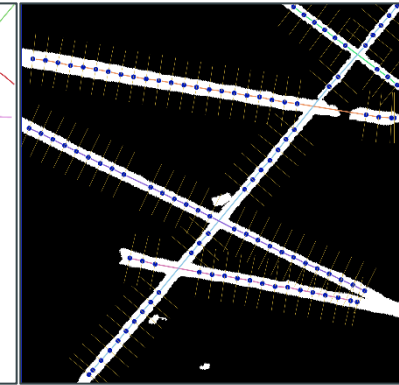
Semantische
Segmentierung



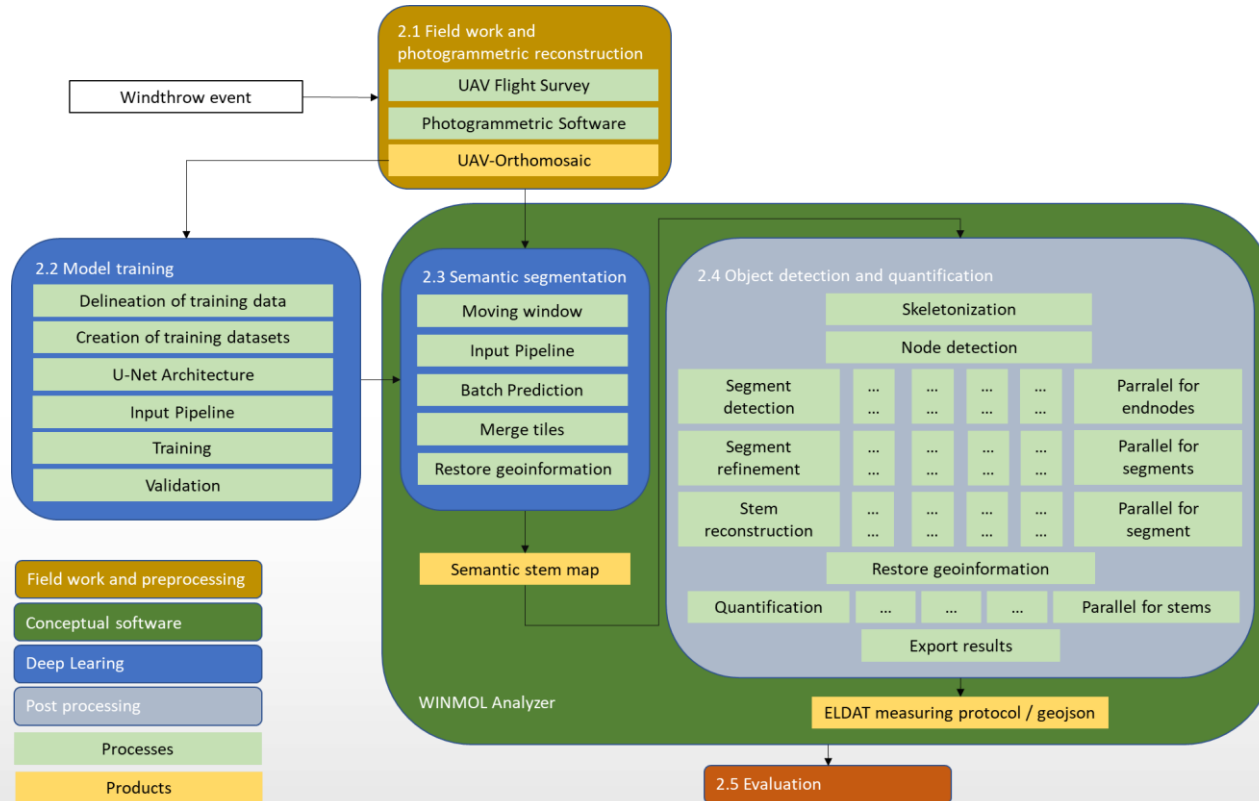
Objekterkennung und
Rekonstruktion



Quantifizierung



Detektion und Quantifizierung von windgeworfenen Baumstämmen auf UAV-Orthomosaiken



WINMOL Analyzer QGIS Plugin
available on Github
https://github.com/StefanReder/WINMOL_Analyzer
OR
https://stefanreder.github.io/WINMOL_Analyzer/index.html#gallery02-v

UAV-Datenaufnahme



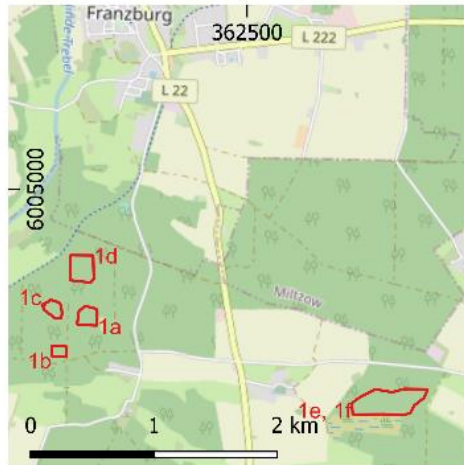
21 Schadflächen in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg

UAVs: Phantom 4 RTK, Phantom 3, Mavic 2 Pro, Mavic Pro

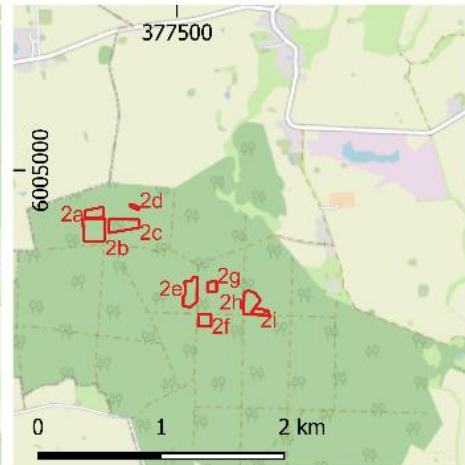
Flugplan Templates: "nadir" oder "oblique"

Flughöhe: 50 m – 100 m

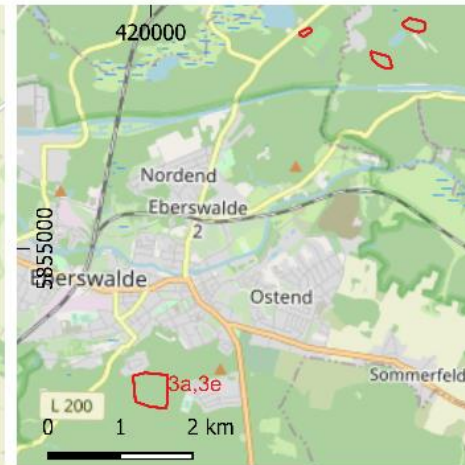
Ground Sampling Distance (GSD): 1,2 cm – 2 cm (17 Flächen im Feb. 2022); 4,3 cm - 6,3 cm (4 Flächen 2017)



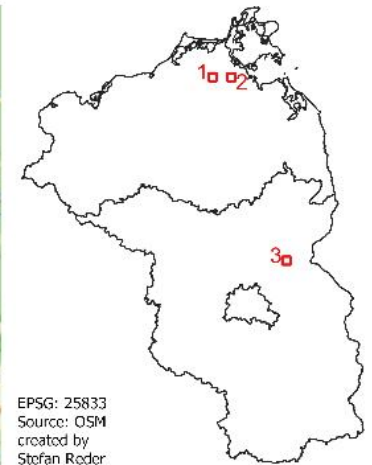
1 Barnekow



2 Bremerhagen



3 Eberswalde



EPSG: 25833
Source: OSM
created by
Stefan Roder

□ Windthrow areas

Erzeugen von Trainingsdaten

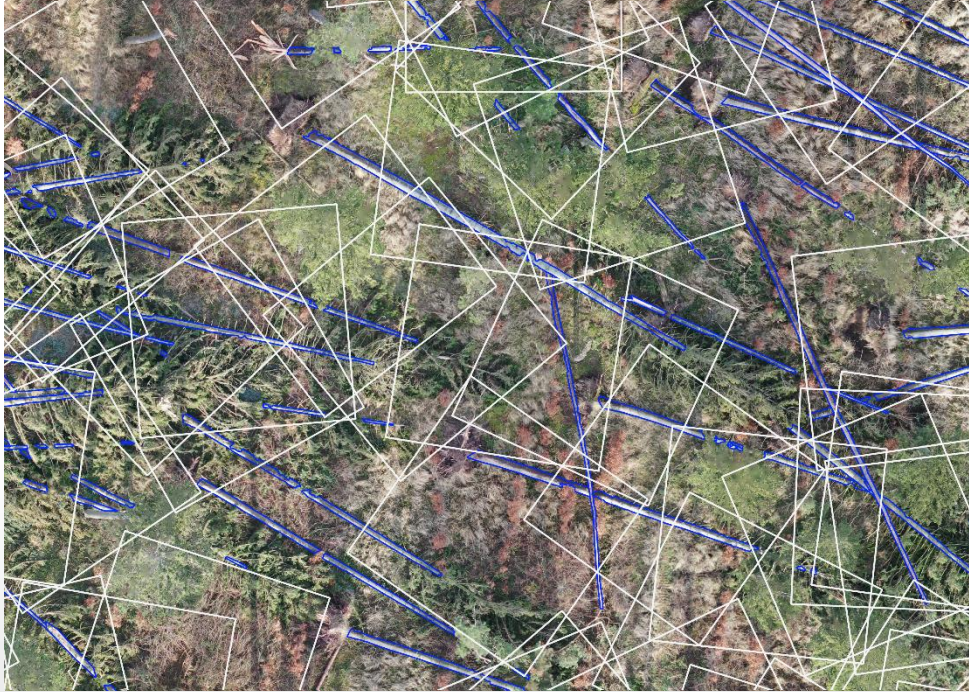




- **Markierung der Stämme mit Polygonen**
- **1747 Stämme**



- Markierung der Stämme mit Polygonen
- 1747 Stämme
- Rotierte Kacheln 15m x 15m



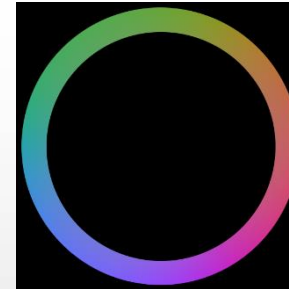
- Markierung der Stämme mit Polygonen
- 1747 Stämme
- Rotierte Kacheln 15m x 15m
- 450 Kacheln/ha

*Abb. 45 Kacheln/ha

On-the-fly Augmentierung



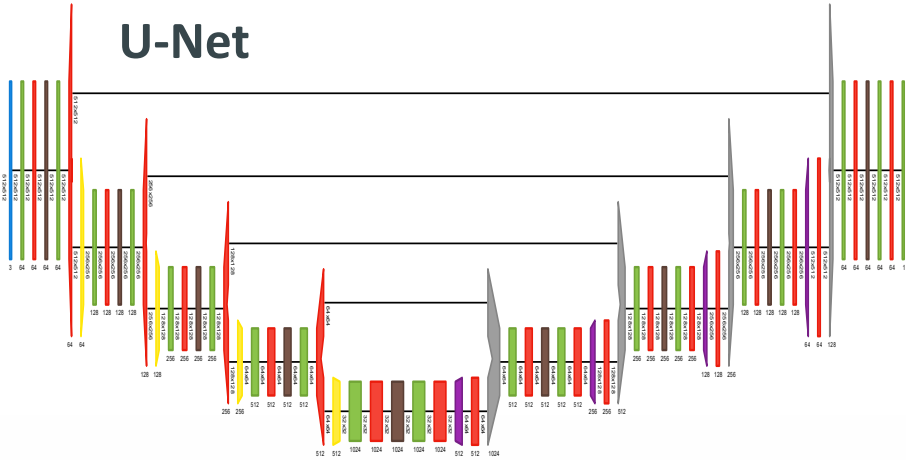
- **Helligkeit** **+/-10%**
- **Sättigung** **+/-5%**
- **Kontrast** **+/-5%**
- **Hue** **+/-10%**



Modell Training



U-Net



- 3 Modelle:
 - Fichte (GSD < 2cm)
 - Universal (kombiniert)
 - Buche (GSD > 4,3 cm)
- 10k – 25k Kacheln / Modell
- Trainingszeit 3 - 5 Stunden
- NVIDIA Geforce 3090

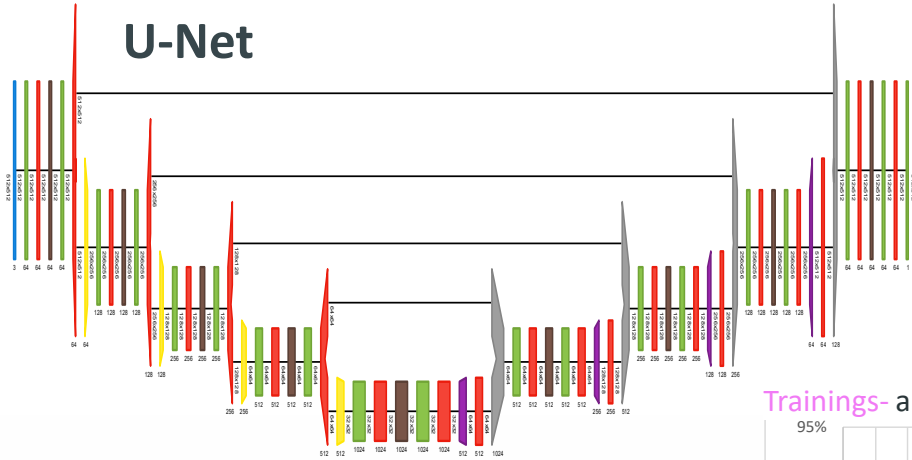
Reder, S.; Mund, J.-P.; Albert, N.; Waßermann, L.; Miranda, L. (2022). Detection of Windthrown Tree Stems on UAV-Orthomosaics Using U-Net Convolutional Networks. <https://doi.org/10.3390/rs14010075>

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28

Modell Training



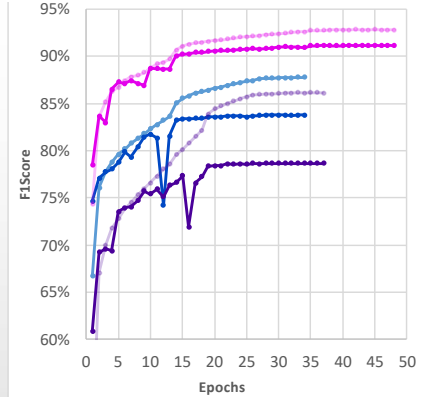
U-Net



• 3 Modelle:

- Fichte (GSD < 2cm)
 - Universal (kombiniert)
 - Buche (GSD > 4,3 cm)
- 10k – 25k Kacheln / Modell

Trainings- and Validierungsmetrik



$$F1Score = 2 * \frac{precision * recall}{precision + recall + \epsilon}$$

$$with\ precision = \frac{true\ predictions}{total\ number\ of\ predicitions'}$$

$$recall = \frac{true\ predictions}{total\ number\ of\ instances}$$

and $\epsilon \rightarrow \lim 0$; F1Score $\in [0,1]$

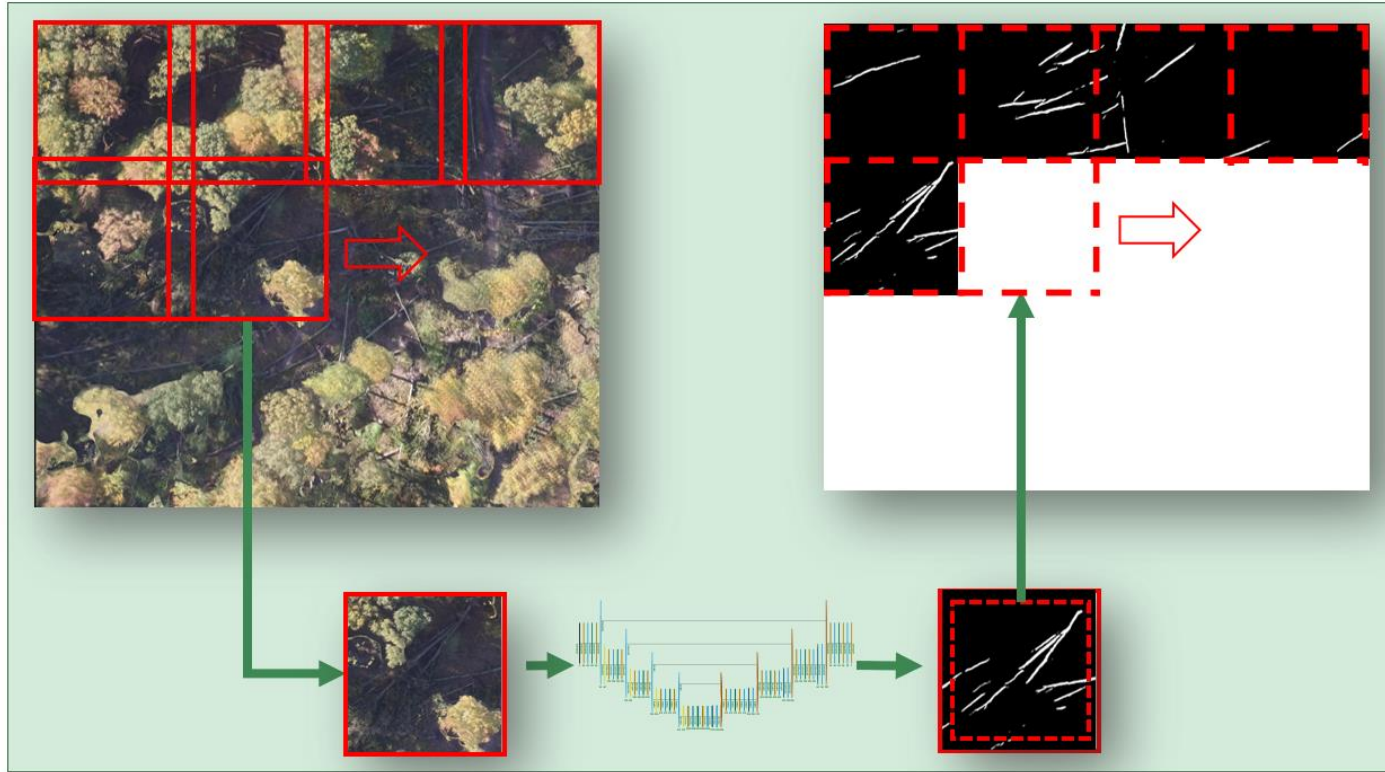
Reder, S.; Mund, J.-P.; Albert, N.; Waßermann, L.; Miranda, L. (2022). Detection of Windthrown Tree Stems on UAV-Orthomosaics Using U-Net Convolutional Networks. <https://doi.org/10.3390/rs14010075>

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28

Semantische Segmentierung



UAV -
Orthomosaik

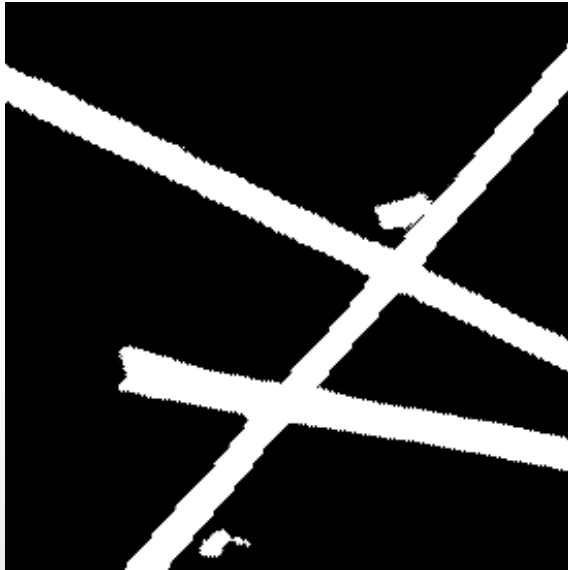


Semantische
Stammkarte

Objekterkennung - Skeletonisierung



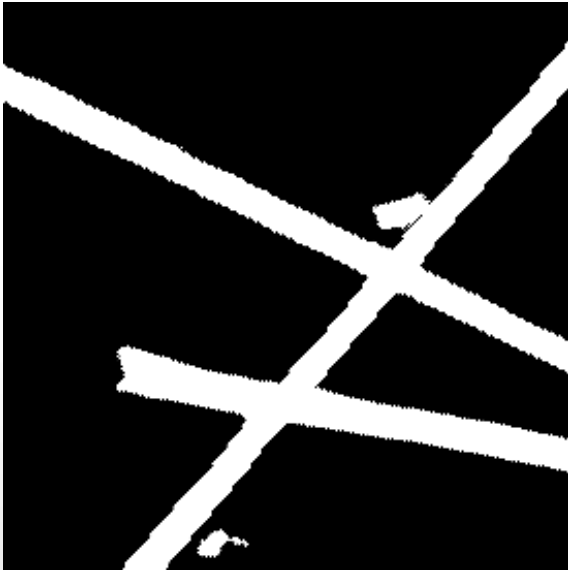
Semantische
Stammkarte



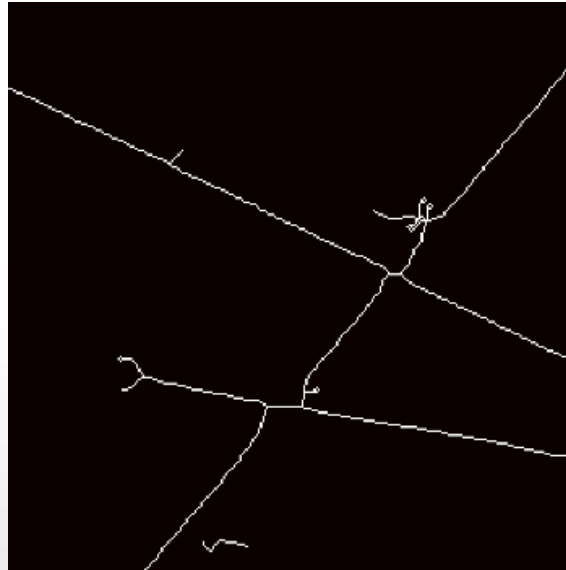
Objekterkennung - Skeletonisierung



Semantische
Stammkarte



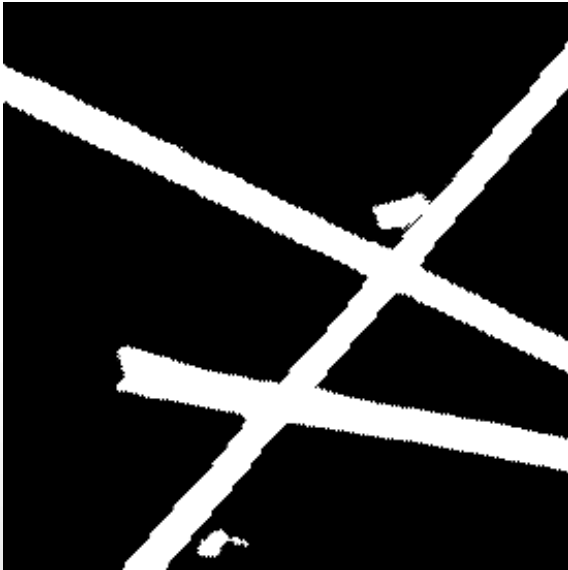
Skeletonisierung
(Zhang 84)



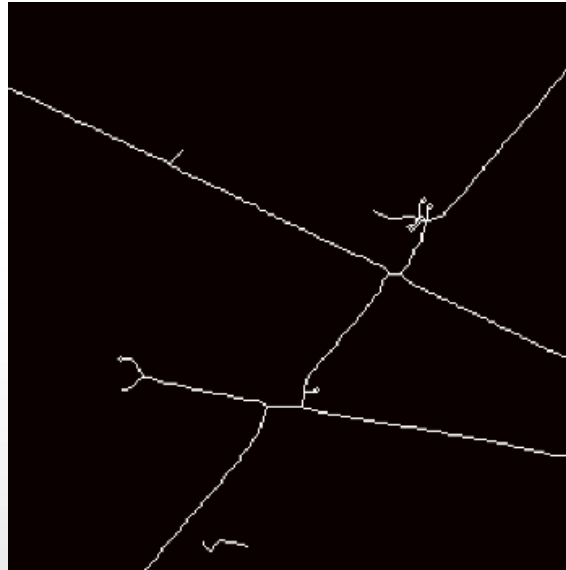
Objekterkennung - Skeletonisierung



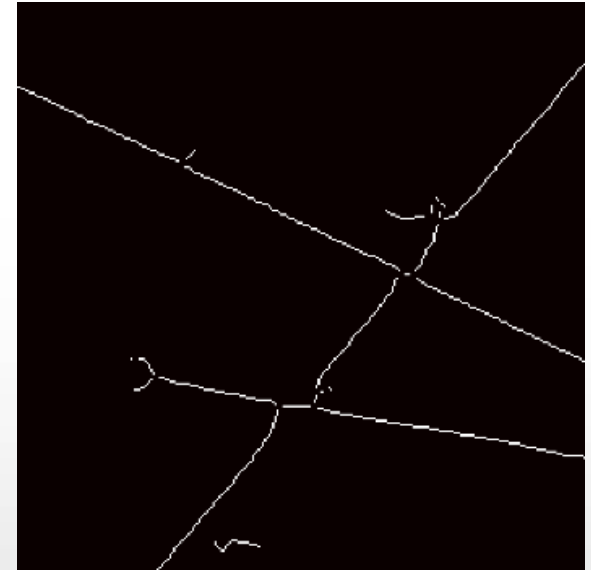
Semantische
Stammkarte



Skeletonisierung
(Zhang 84)



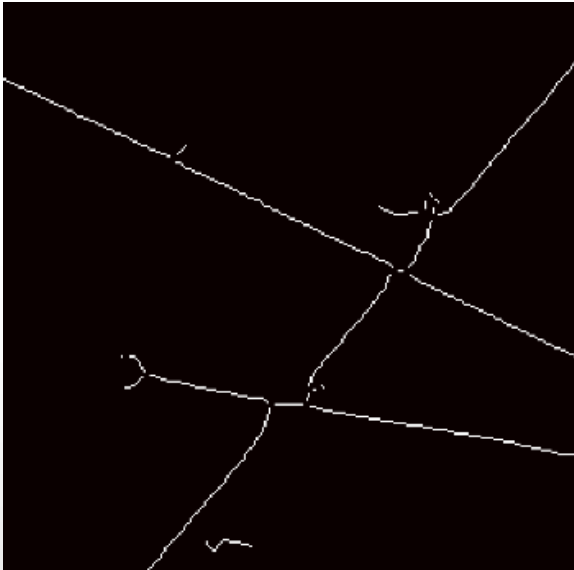
Konnektivität
aufheben



Objekterkennung – Definition von Messpunkten



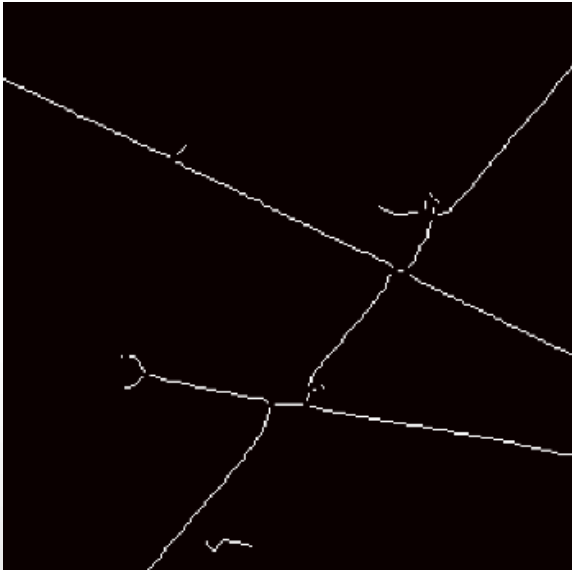
Skeletonsegmente



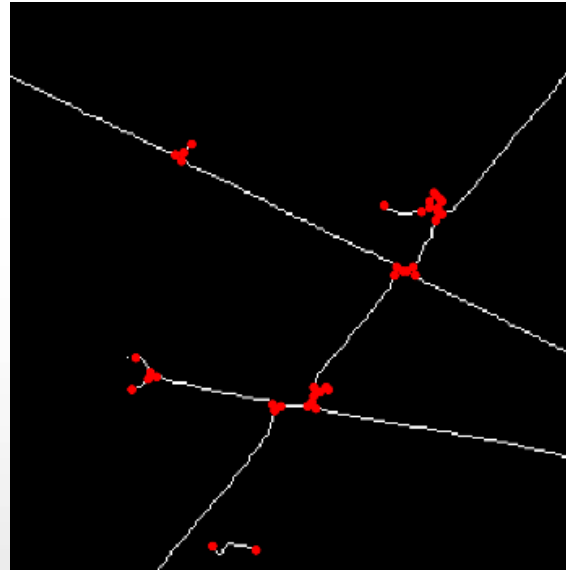
Objekterkennung – Definition von Messpunkten



Skeletonsegmente



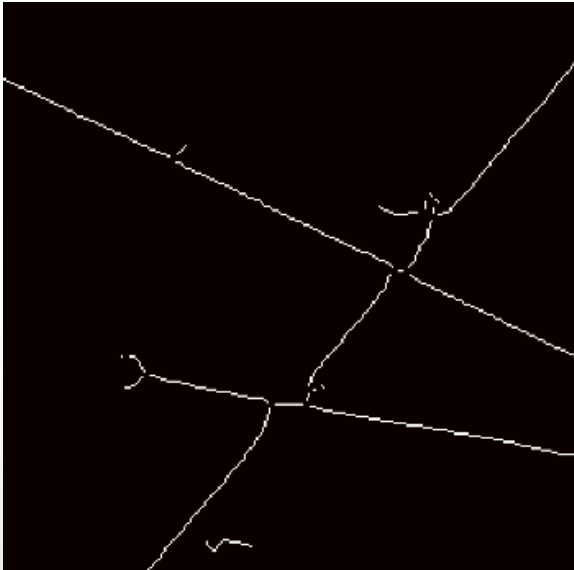
Detektion von Endpunkten



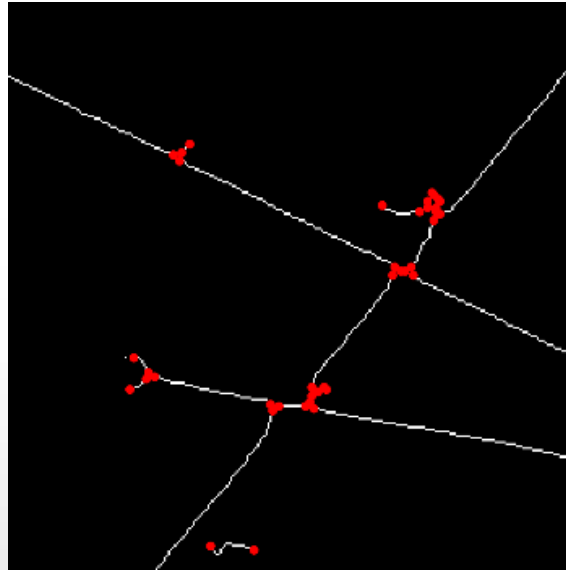
Objekterkennung – Definition von Messpunkten



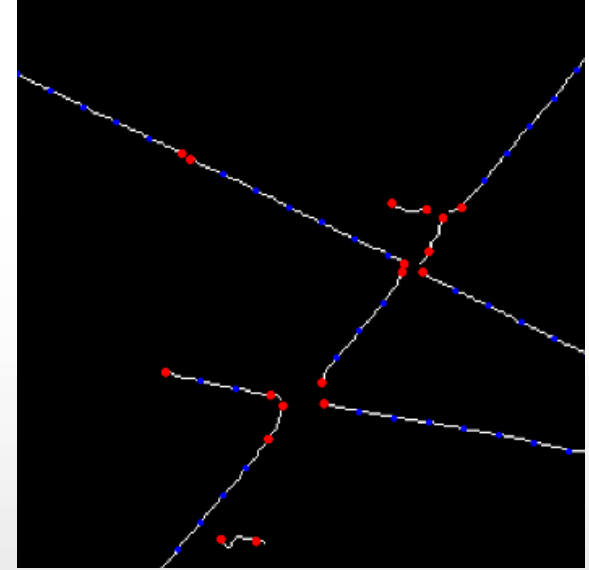
Skeletonsegmente



Detektion von Endpunkten



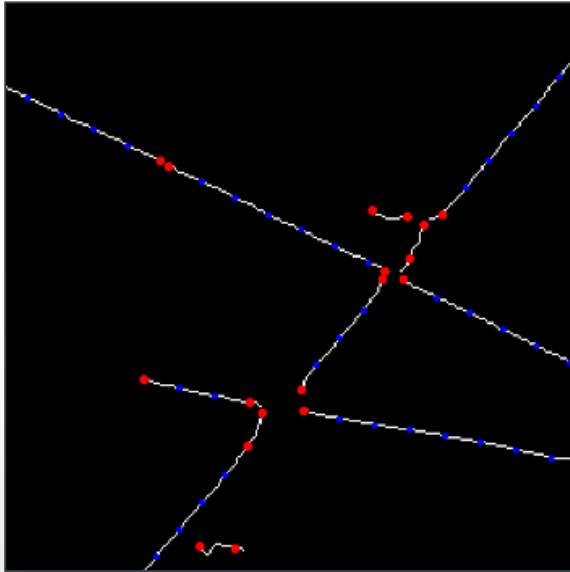
Definition von Messpunkten



Objekterkennung – Vektorisierung und Stammrekonstruktion



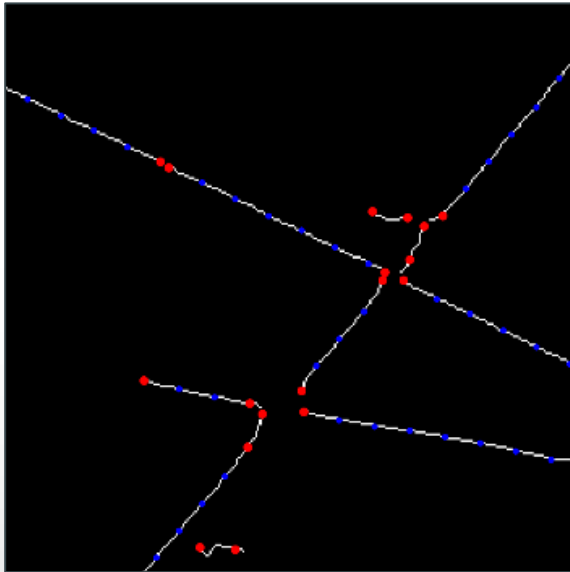
Skeletonsegmente mit
Messpunkten



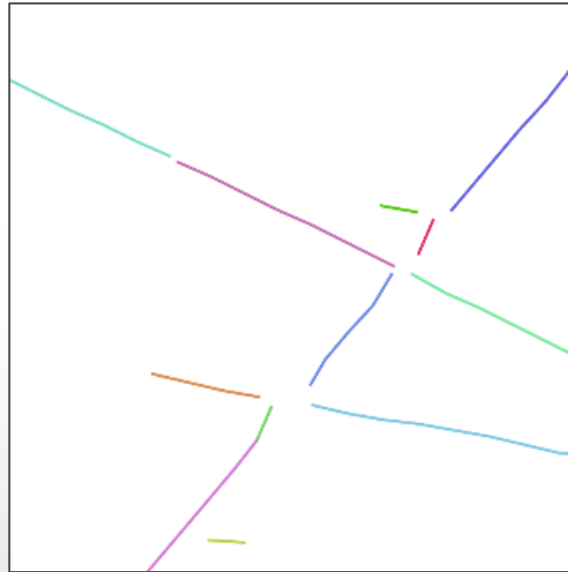
Objekterkennung – Vektorisierung und Stammrekonstruktion



Skeletonsegmente mit
Messpunkten



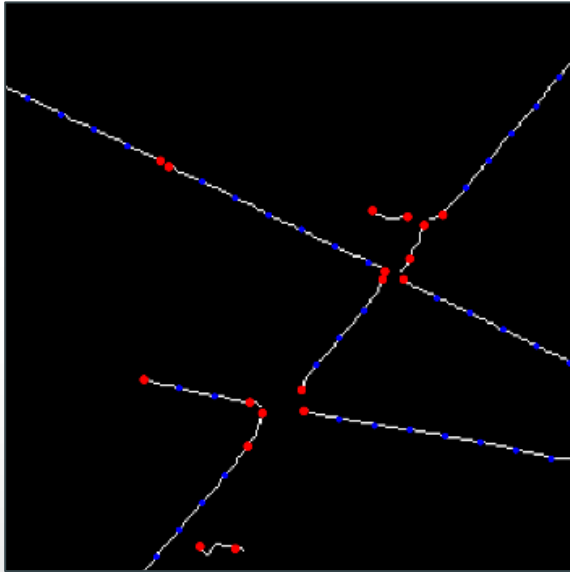
Vektorisierung der
Segmente



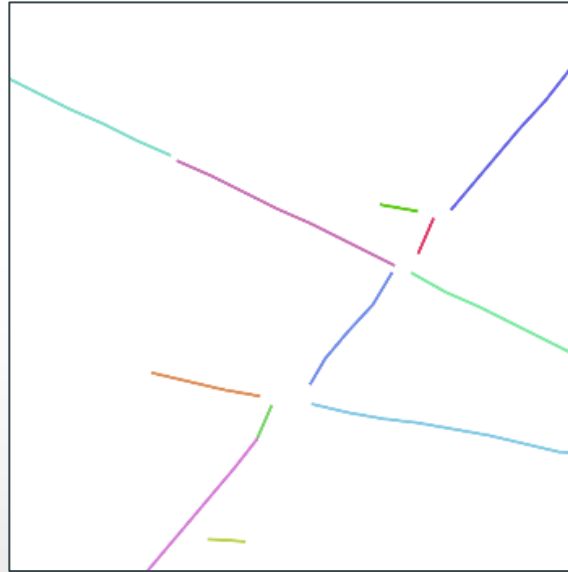
Objekterkennung – Vektorisierung und Stammrekonstruktion



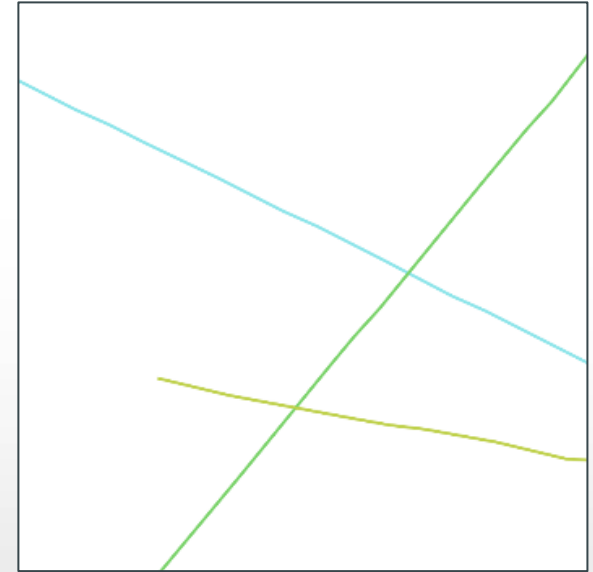
Skeletonsegmente mit
Messpunkten



Vektorisierung der
Segmente

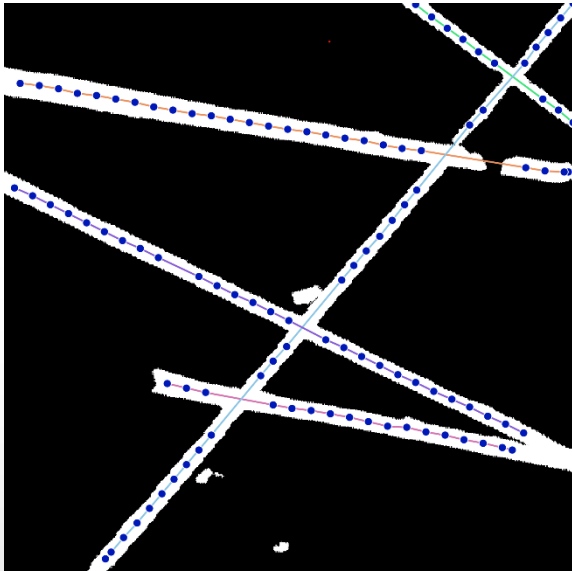


Rekonstruktion der Stämme basierend auf
einem heuristischen Bewertungssystem



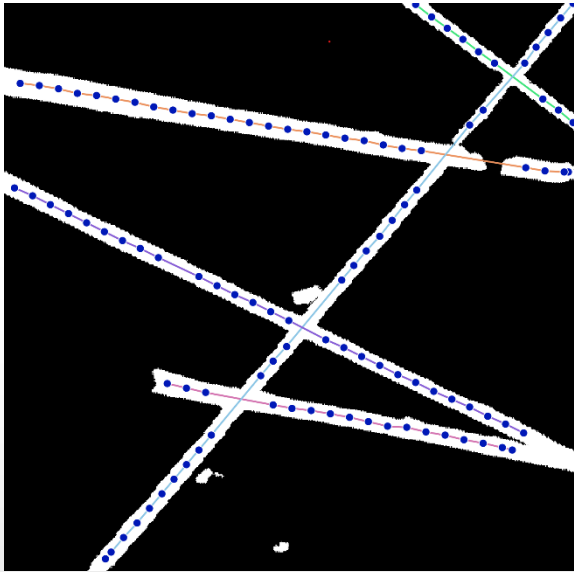


Rekonstruierte Stämme mit
Messpunkten

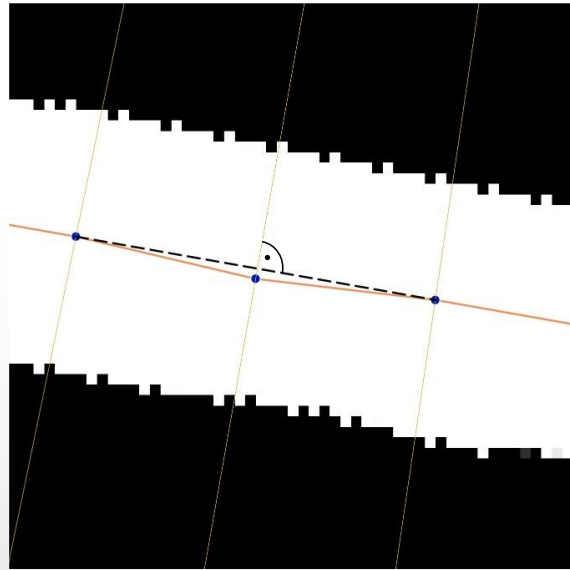




Rekonstruierte Stämme mit
Messpunkten

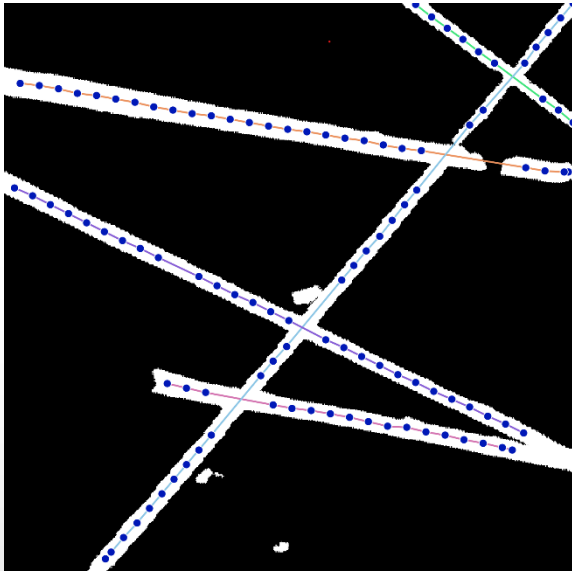


Ermittlung der
Stammdurchmesser

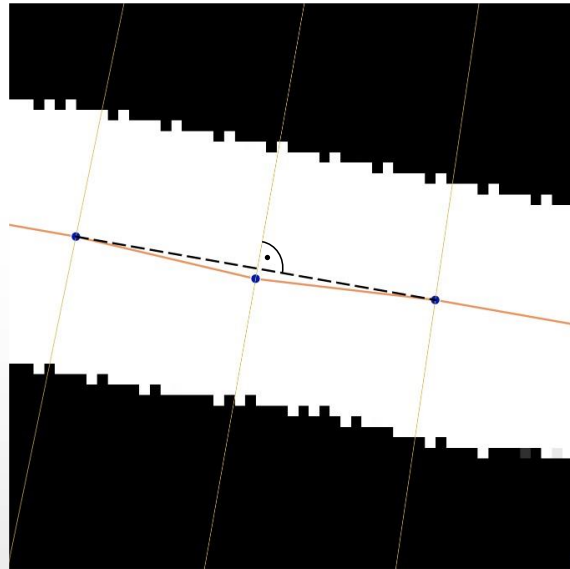




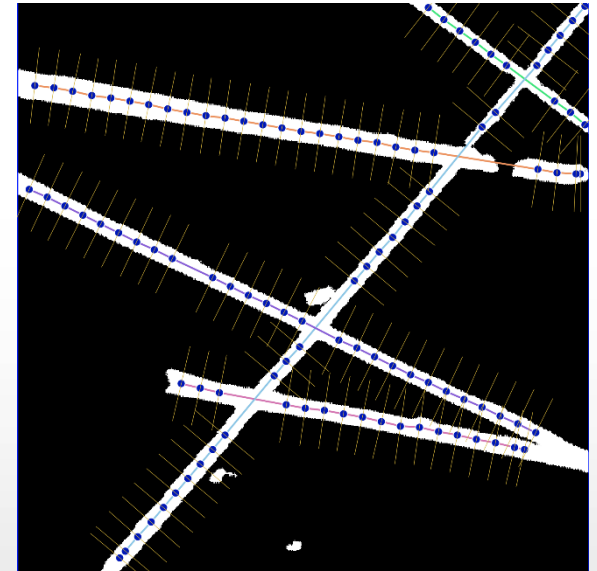
Rekonstruierte Stämme mit
Messpunkten



Ermittlung der
Stammdurchmesser



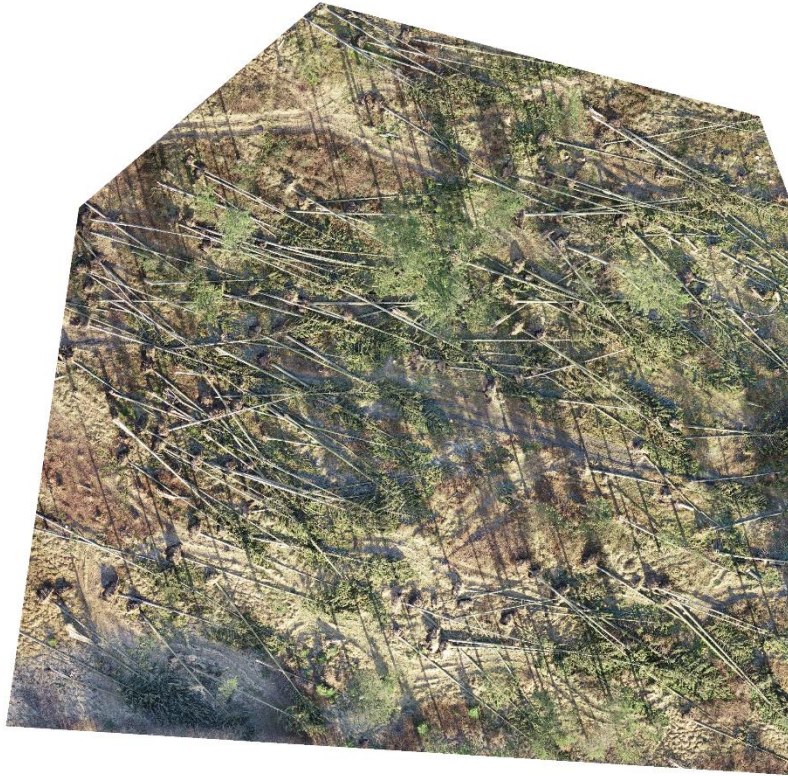
Berechnung der Stammvolumina als
Summe von Kegelstumpfvolumen



Quantifizierung

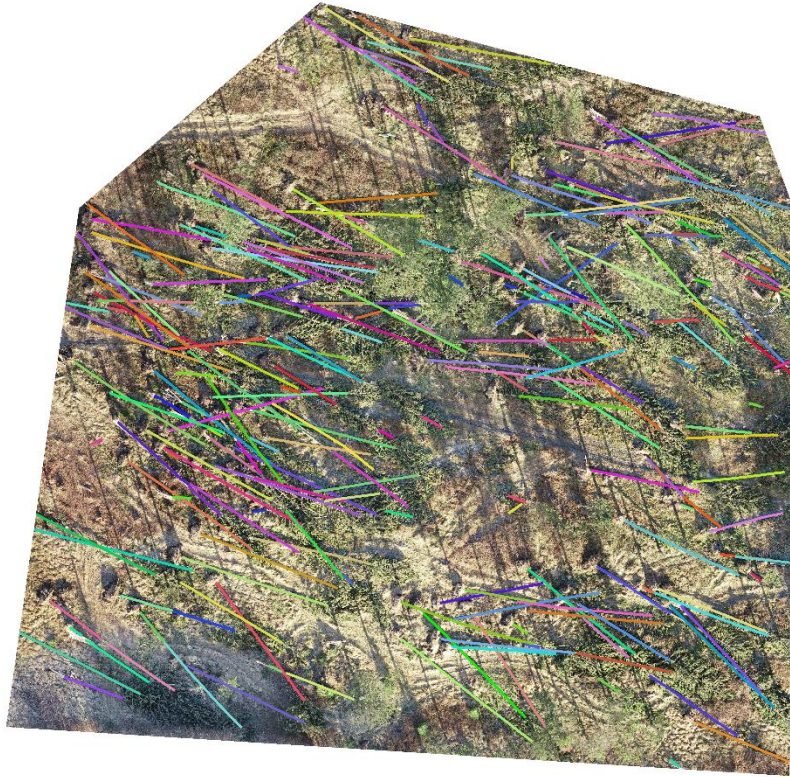


Ergebnisse – Beispielfläche Barnekow 1



Fläche:	2.14 ha
Flugparameter:	65 m, Nadir, 90% Überlappung
	440 Bilder
	GSD: 1,5 cm
Flugzeit:	0:18:14 h
Berechnung des Orthomosaiks:	2:52:56 h
Semantische Segmentierung:	0:00:54 h
Objekterkennung und Quantifizierung:	0:03:36 h

Ergebnisse – Beispielfläche Barnekow 1



198 geworfene Stämme(Referenzdaten)

241 Stämme erkannt

Detektionsrate ($L > 50\%$) = 91,4%

Detektionsrate ($L > 25\%$) = 98,5%

3 Klassifizierungsfehler

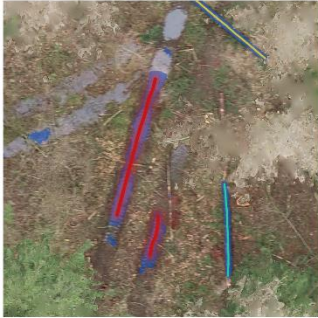
4 Rekonstruktionsfehler

Fehlerrate 3.5%

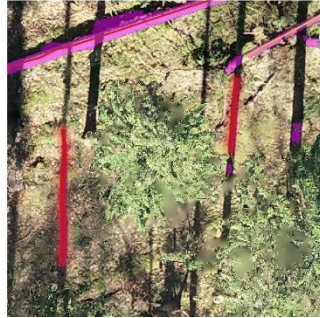
Klassifizierungs- und Rekonstruktionsfehler



Classification Errors



Bremerhagen 9
water filled skidding tracks



Ruheforst
shadows

Stem detection

- Classification Errors
- Reconstruction Error
- Predicted stems
- ...
- ...

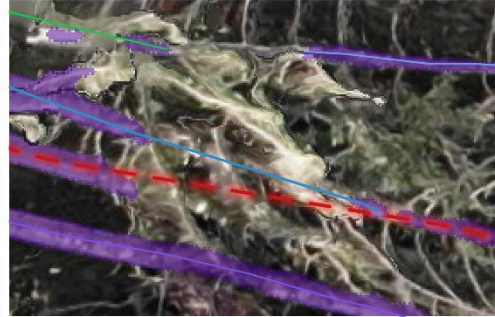
Semantic segmentation

- General Model
- Spruce Model
- Beech Model

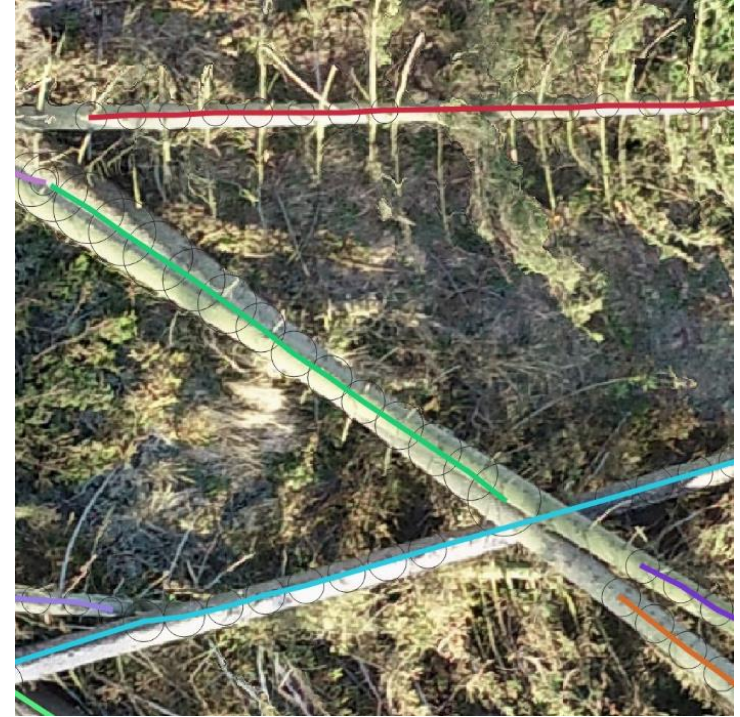
Reconstruction Errors



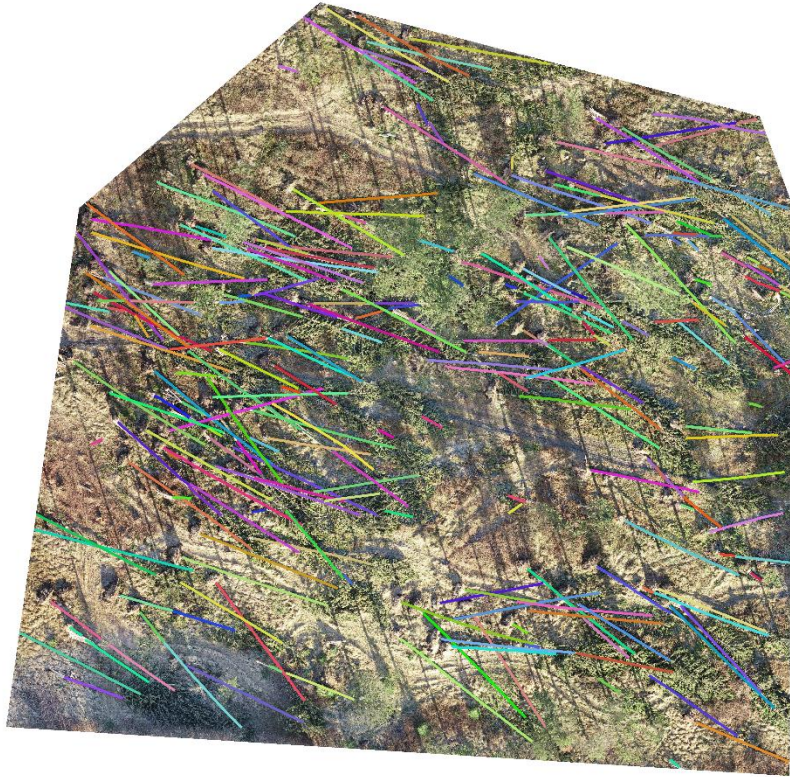
Barnekow 1
stem parts are missed



Barnekow 4
artificial stem parts added



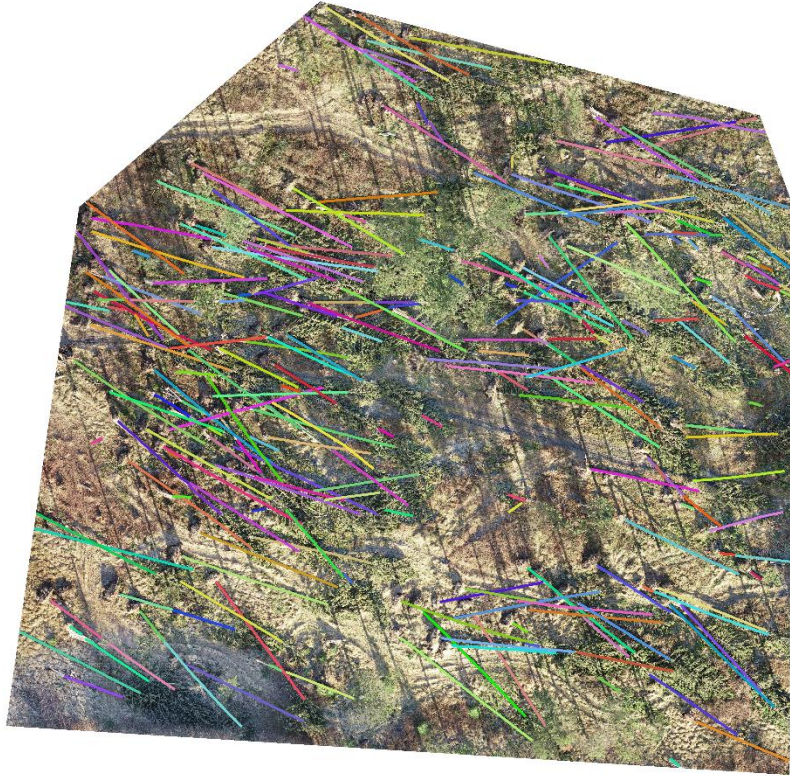
Ergebnisse – Beispielfläche Barnekow 1



Mittlere Länge: 18,9 m (Error -17,9%, SD: 19,8%)
(198 Referenzstämme)

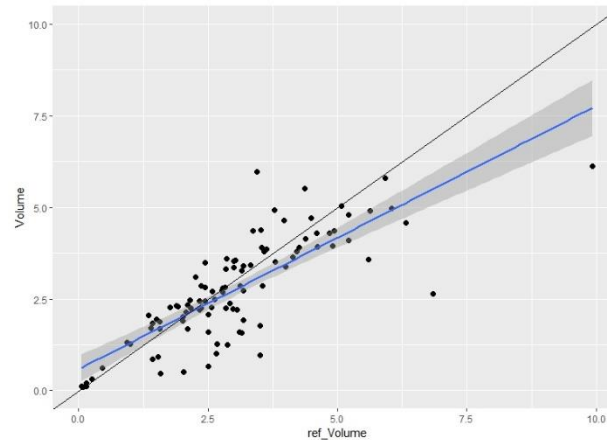
Volume: 500.75 m³ (Error -3,4%; SD: 32,5%)
(105 Referenzstämme)

Ergebnisse – Beispielfläche Barnekow 1

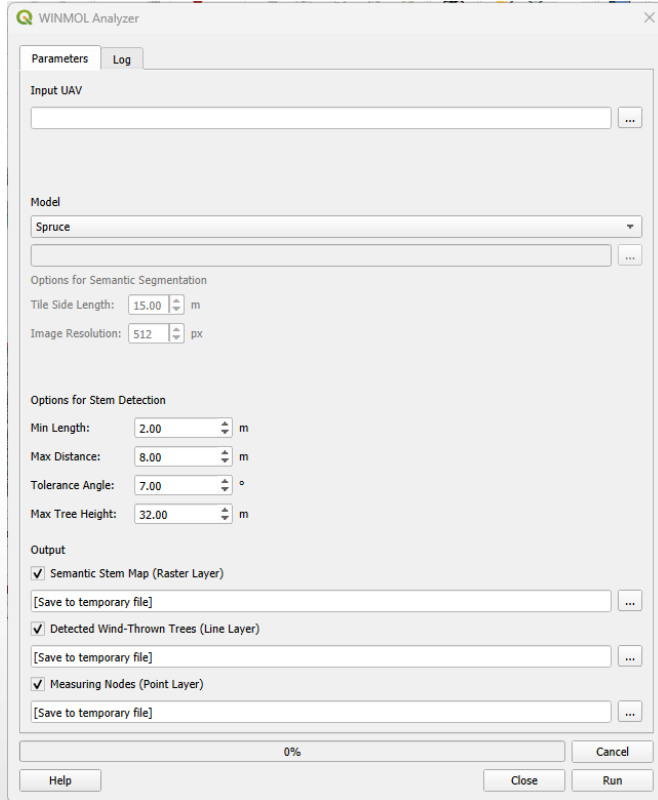


Mittlere Länge: 18,9 m (Error -17,9%, SD: 19,8%)
(198 Referenzstämmen)

Volume: 500.75 m³ (Error -3,4%; SD: 32,5%)
(105 Referenzstämmen)



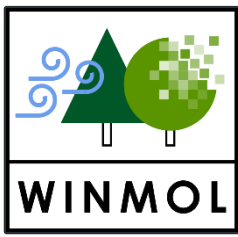
Zusammenfassung und Ausblick



- Automatisierte Erfassung und Quantifizierung
- Rekonstruktion verdeckter Stammteile möglich
- Abschätzung des Schadholzvolumens auf Bestandesebene
- WINMOL Analyzer QGIS Plugin
https://stefanreder.github.io/WINMOL_Analyzer/index.html#gallery02-v



- Quellcode verfügbar auf GitHub
https://github.com/StefanReeder/WINMOL_Analyzer
- Weiterentwicklung als Open Source Projekt
 - Einbindung von Oberflächenmodellen
 - Erweiterung der Trainingsdaten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Stefan Reder

Eberswalde University for Sustainable Development

mailto: Stefan.reder@hnee.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Weitere Informationen auf: <https://winmol.thuenen.de/>