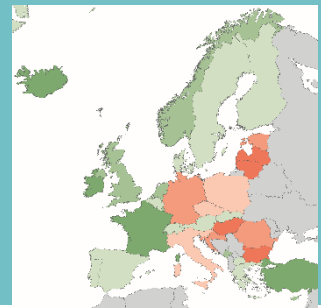
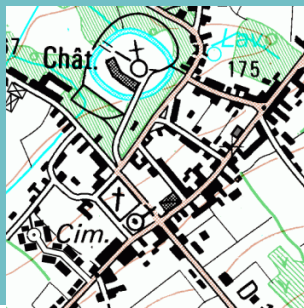


Halbautomatische Extraktion bodennaher Vegetation aus Airborne Laserscanning-Daten als Grundlage für OL-Karten



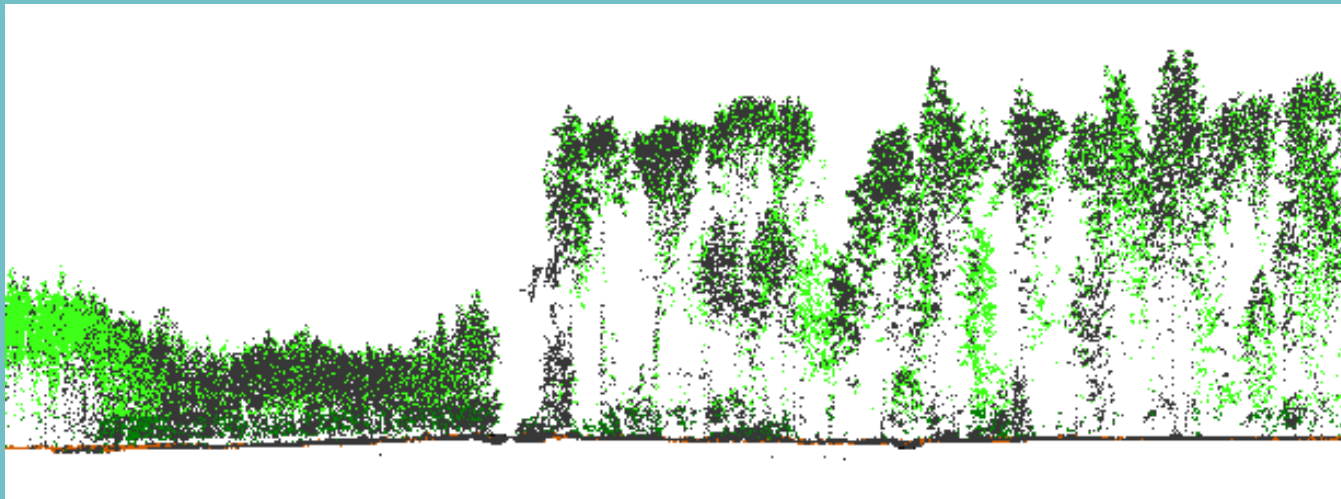
Einleitung – Masterarbeit



- UNIGIS: berufsbegleitender Fernstudiengang an der Universität Salzburg
- Masterarbeit, Abschluss im Juni 2017

Einleitung – Airborne Laserscanning

- ALS liefert eine **3D-Punktwolke** mit einer riesigen Datenmenge.
Herausforderung: **Relevanten Informationen** über die Vegetation zu gewinnen für die Grundlagekarte.
- **Bodennah**: Zone zwischen **Boden und 3 m** darüber. In dieser Zone bewegt sich der OL-Läufer.



Motivation

- Die korrekte Kartierung der Vegetation ist **grösster Zeifaktor** für den Kartografen, speziell in Wäldern mit kleinflächiger, oft ändernden Vegetation wie im Schweizer Mittelland.
- **Detaillierte, klassierte Vegetationskarte** hilft dem Kartografen im Gelände
- **Korrekte Vegetationsdarstellung** auf OL-Karte ist für Athleten **sehr wichtige Information**, damit er **abschätzen** kann, wie gut die frei wählbare Route **belaufbar** ist

Motivation

- Mapping of reduced runability is the **most challenging and subjective task**. So the potential benefits of an **automatic method** are to **eliminate the subjective component** and **save time** (Øivind Due TRIER, 2015).



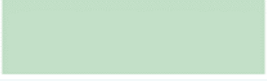


Ziel

- Methoden für Extraktion der bodennahe Vegetation entwickeln
- Darstellung in **Vegetationskarte** für Kartografen
- **Programmierung** in Kartografie-Software OCAD
- NICHT: Automatische generierte OL-Karte

Testgebiet

- Testgebiet «Steinhuserwald», Kanton Zug
- **Mischwald** mit vielen Brombeeren und Fallholz
- ALS-Daten des Kantons Zürich, März 2014, Open Data
- 1 las-Kachel (500x500m) mit 15.2 Mio klassierten Punkten (durchschnittlich **66 Punkte/m²**)
 - Boden 1.65 Mio.
 - Niedrige Vegetation 0.12 Mio.
 - Mittlere Vegetation 0.41 Mio.
 - Hohe Vegetation 5.17 Mio.

Vegetationssignaturen ISOM

| Darstellung | Bedeutung |
|--|--|
|  | Wald: ohne Laufbehinderung |
|  | Bodenbewuchs: leichte Laufbehinderung |
|  | Bodenbewuchs: starke Laufbehinderung |
|  | Vegetation: leichte Laufbehinderung |
|  | Vegetation: starke Laufbehinderung |
|  | Vegetation: sehr starke Laufbehinderung, unpassierbar |

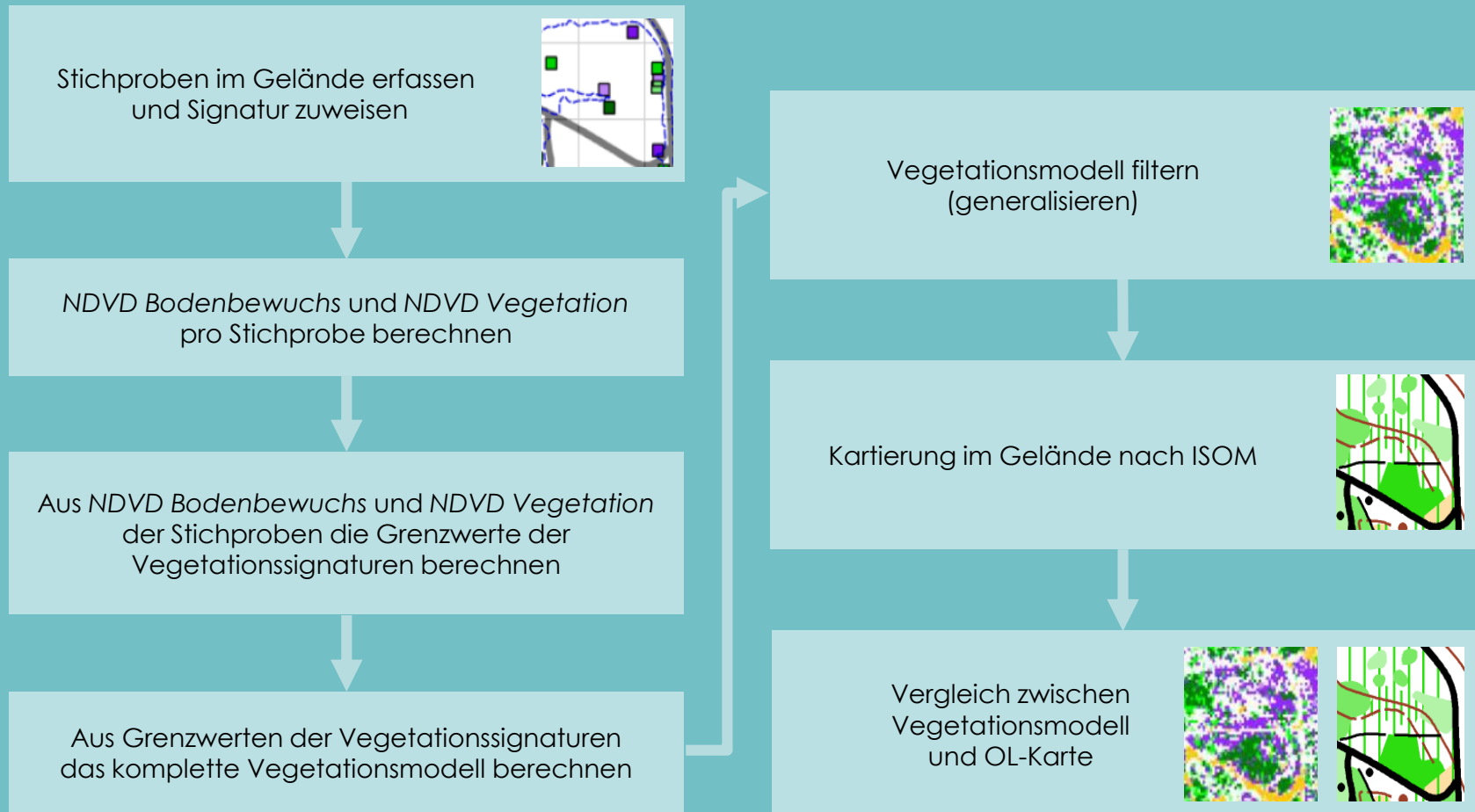
Vegetationsdichte NDVD

- Indikator für die Vegetationsdichte:
Normalized Difference Vegetation Density
(Øivind Due TRIER, 2015)

$$NDVD = \frac{V - G}{V + G}$$

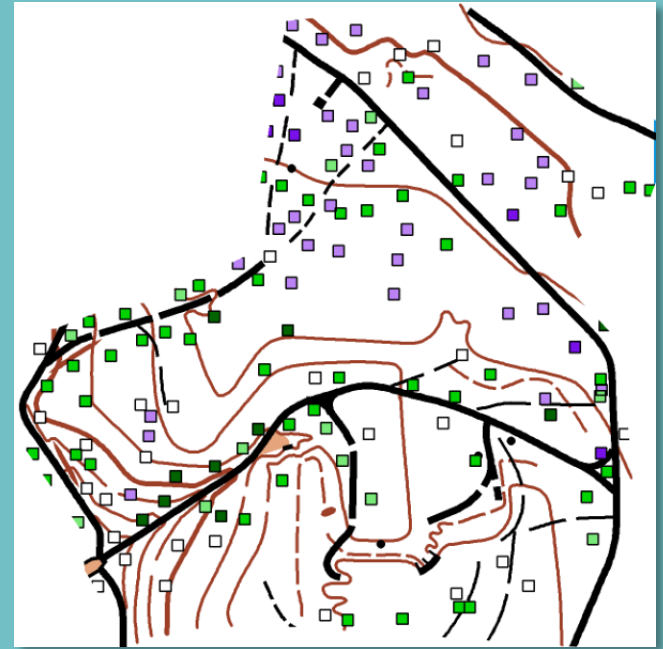
- G: Anzahl Bodenpunkte (*Ground Points*)
- V: Anzahl Vegetationspunkte
- NDVD-Wertebereich von -1 bis +1

Methodik - Überblick



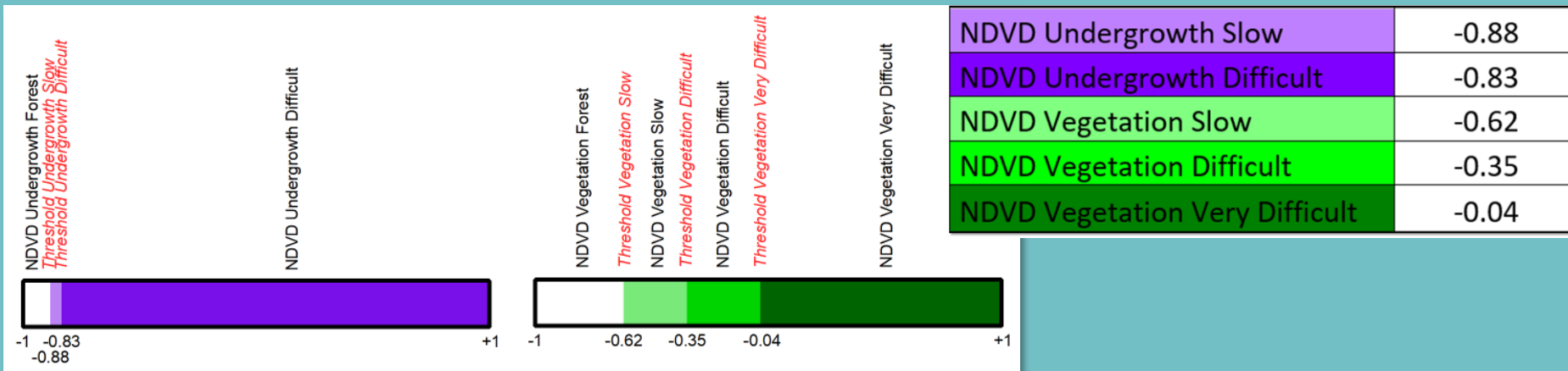
Stichproben

- **166 Stichproben** im Testgebiet, zuwiesen einer ISOM-Vegetationssignatur
- Berechnung **NDVD Bodenbewuchs** und **NDVD Vegetation** zu jeder Stichprobe
- Grenzwerte:
 - NDVD Bodenbewuchs: 0-1 m
 - NDVD Vegetation: 0-3m über Boden
- Zellengrösse 1 m x 1 m mit Nachbarschaften, 3m Radius



Grenzwerte Vegetationsmodell

- Berechnung **5 Grenzwerte** zwischen einzelnen ISOM Vegetationssignaturen aus den NDVDs der Stichproben
- Gute Verteilung bei Vegetation, schlechte beim Bodenbewuchs
- Bodenbewuchs Violett dargestellt








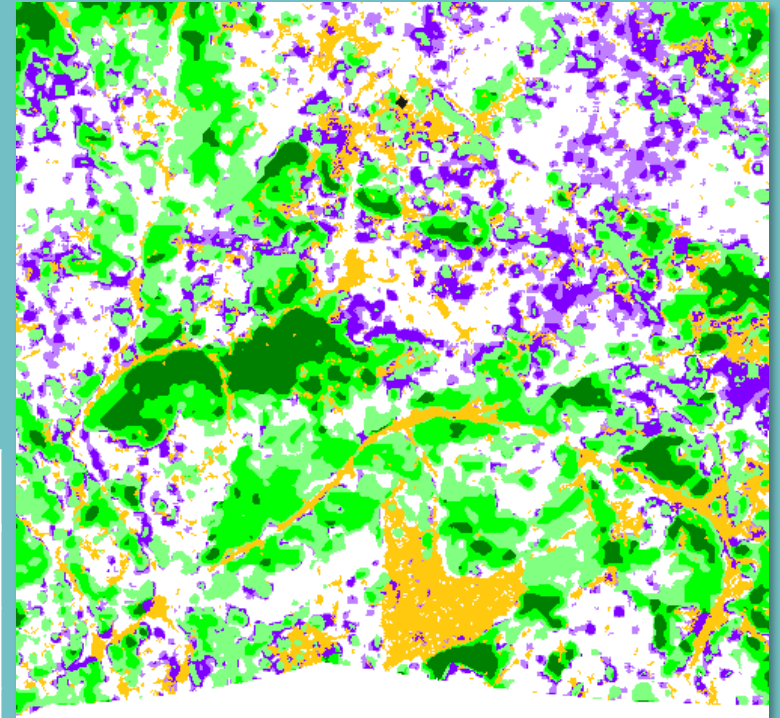
Vegetationsmodell

- **Regeln und Filter** generalisierten und verbesserten Modell
- Regeln: Welche Klasse hat **höherer Priorität** innerhalb einer Zelle (Gebäudepunkt hat höhere Priorität als Vegetationspunkt)
- Morphologische Filter: **Öffnende Filter** entfernten einzelne klassierte Zellen, **schliessende Filter** ersetzen einzelne Zellen mit der Klasse der umliegenden Zellen

Vegetationskarte

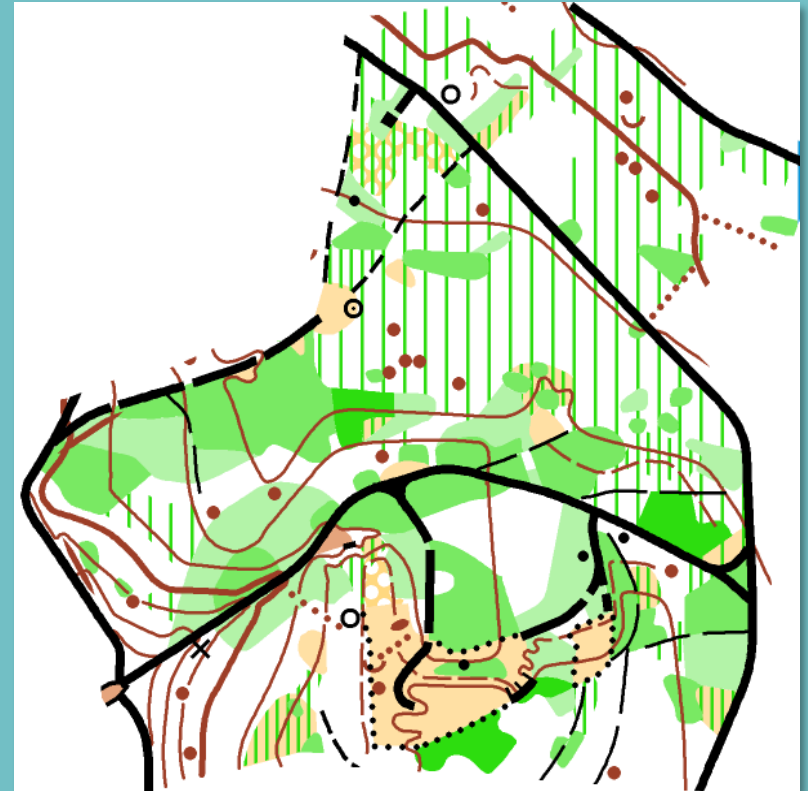
- Berechnetes Modell
- Grundlage für weitere Geländeaufnahme

| Darstellung | Bedeutung |
|--|---------------------------|
|  | Wald ohne Laufbehinderung |
|  | Bodenbewuchs |
|  | Vegetation |
|  | Offenes Gebiet |
|  | Gebäude |



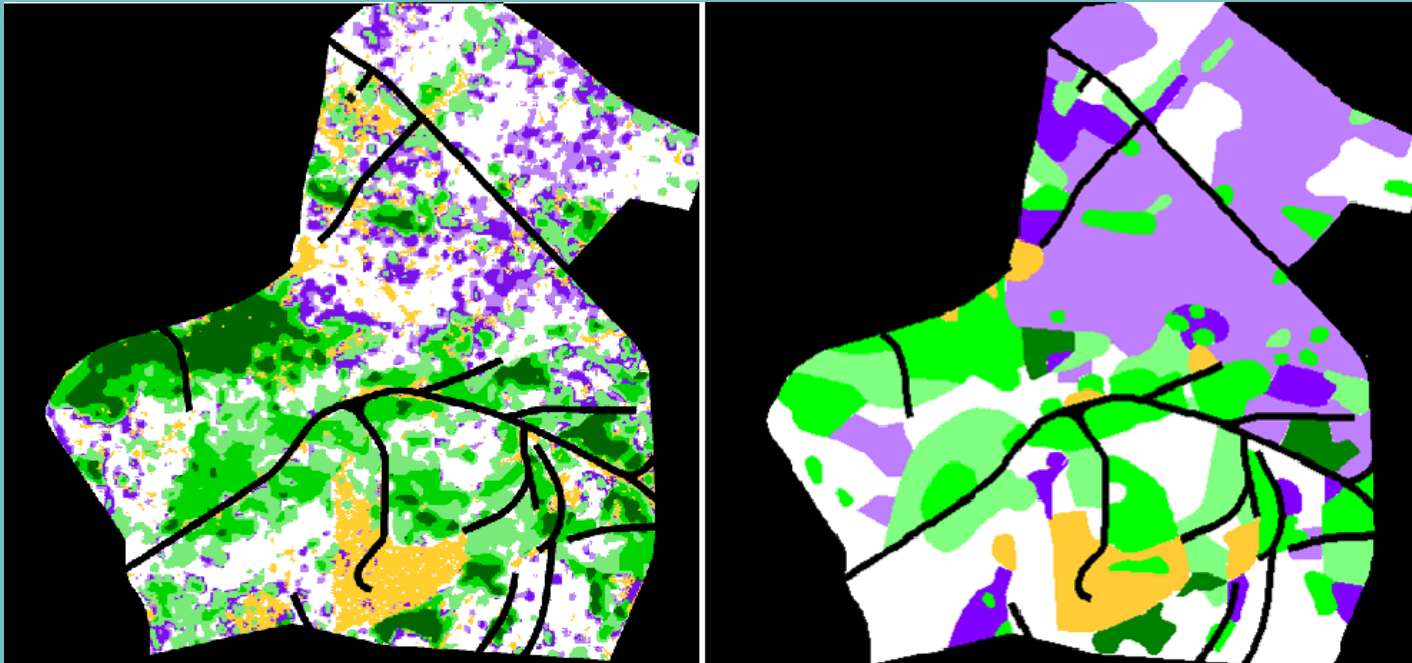
OL-Karte

- Kartierungsgrundlage
Vegetationskarte mit
Wegenetz und 1m-
Höhenkurven
- Gelände **neu kartiert** nach
ISOM, Zeitaufwand 3
Stunden



Vergleich Modell und OL-Karte

- OL-Karte umkartiert
- Schwarze Bereiche werden **ignoriert** (z.B. Strassen)
- **Vergleich** mittels Rasteranalyse (Pixel für Pixel)



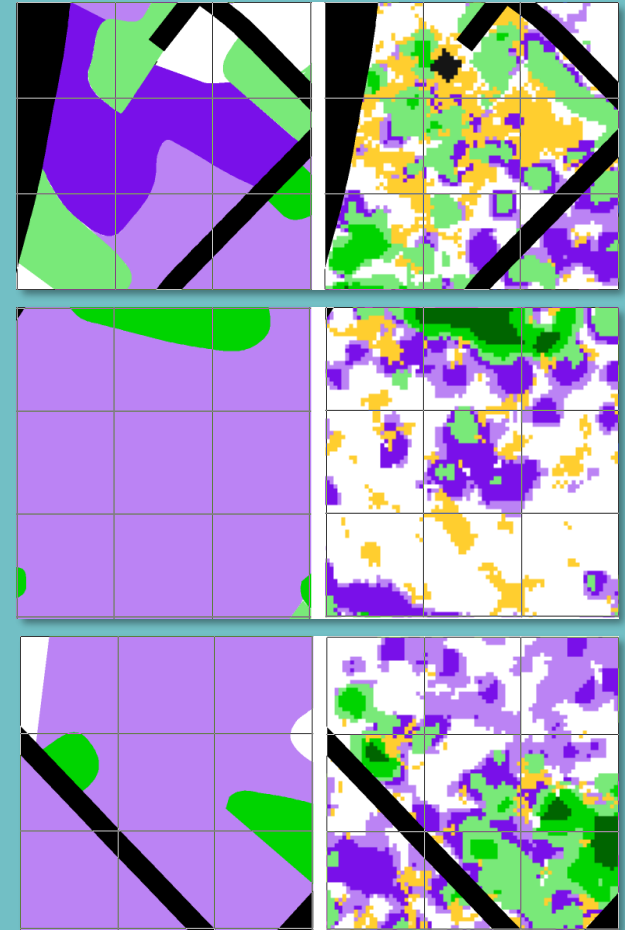
Ergebnisse Vergleich

- 86.1 % Übereinstimmung bei Vegetation
- 32.7 % des kartierten Bodenbewuchses auch im Modell

| Klasse | Übereinstimmung |
|----------------|-----------------|
| Wald | 55.1% |
| Offenes Gebiet | 62.8% |
| Bodenbewuchs | 32.7% |
| Vegetation | 86.1% |

Analyse Bodenbewuchs

- Tiefen Übereinstimmung von 32.7%
- **Visueller Vergleich** zwischen Karten und Modell für 3 Gebiete
 - Bodenbewuchs als offenes Gebiet im Modell, inzwischen starker Bodenbewuchs (ALS-Daten 3 jährig)
 - Keine oder zuwenig Punkte zwischen 0-1 m über Boden
 - Bodenbewuchs als Vegetation im Modell



Diskussion/Fazit

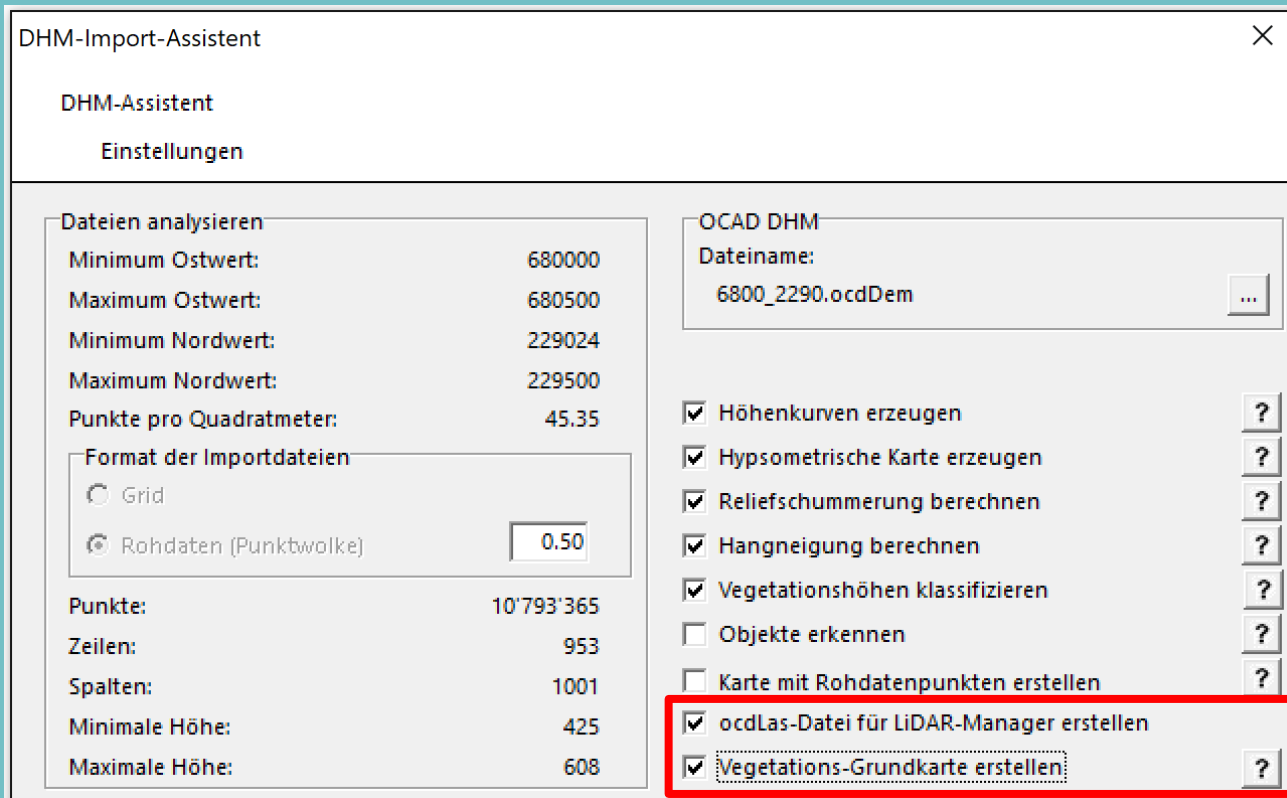
- Vegetationskarte ist **neue, wertvolle Grundlage** für den OL-Kartografen für die Geländeaufnahme
- Vegetation kann deutlich besser extrahiert werden als Bodenbewuchs
- Sämtliche kartierte Vegetation im Modell erkannt. Nur Grösse, Form und Klassierung sind unterschiedlich
- Für eine bessere Berechnung des **Bodenbewuchses** sind aktuellere LAS-Daten mit **mehr korrekt klassierten Punkten** notwendig
- Grenzwerte abhängig von der Art des Waldes, vom Zeitpunkt der Befliegung und der ALS-Punktdichte. Stichproben sind notwendig um das Modell zu berechnen
- Programmierung konnte im neuen **Modul Point Cloud Manager** in OCAD umgesetzt werden und wird **angewendet**

Diskussion 2018 +

- Wie gut ist die Klassifikation der bodennahen Punkte (Boden oder Vegetation) ?
- Im (vor-) alpinem Gelände sind die bodennahen Punkte oft Gras. Bodenvegetation kann ignoriert werden.
- Bodenvegetation bis 1.3m über Boden

Point Cloud Manager in OCAD 2018

- Option für Vegetations-Grundkarte beim DHM-Import

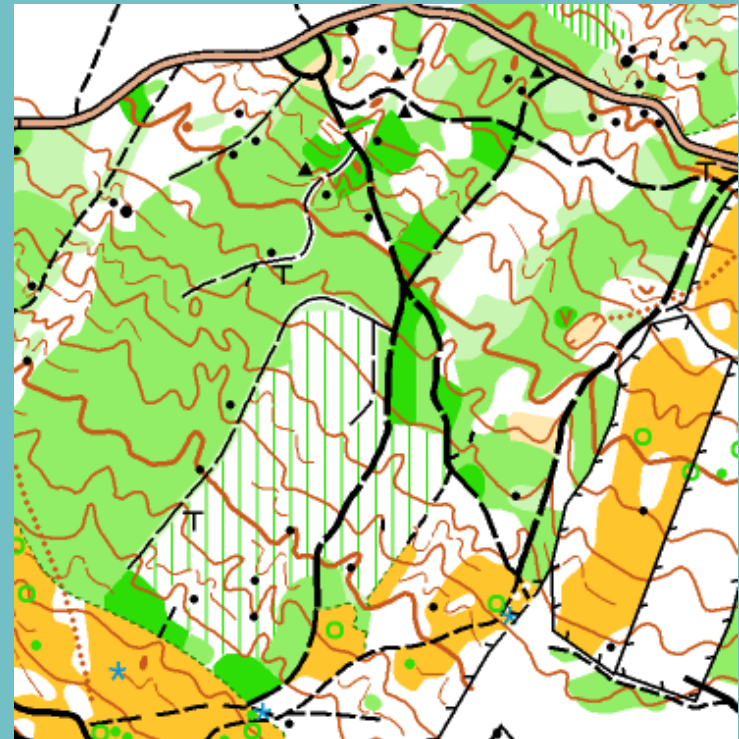
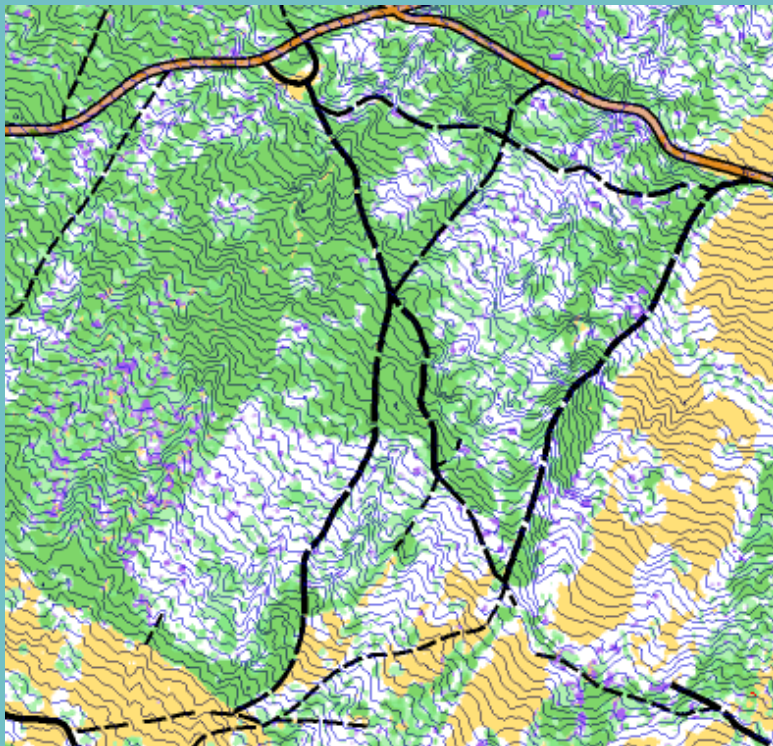


Point Cloud Manager in OCAD 2018

The screenshot displays the 'LiDAR Punktewolken-Manager' interface. It features two main filter panels: 'Bodenbewuchs' (Ground Cover) and 'Vegetation'. The 'Bodenbewuchs' panel is set with a cell size of 1 m, a height range from 0.0 m to 1.3 m above ground, a 7x7 neighborhood, and boundary values of -0.80 and -0.60. The 'Vegetation' panel is set with a height range from 0.3 m to 3.0 m above ground, a 5x5 neighborhood, and boundary values of -0.60, -0.30, and -0.10. Both panels include color-coded legends ranging from -1 to +1. The main view shows a point cloud map with a red ground plane at the bottom. The interface includes tabs for 'Filter', 'Vegetations-Grundkarte', 'Profil', and 'Statistik' at the top left, and 'Punktewolke', 'Rasterkarte', and 'Profil' at the top right. Buttons for 'Erstellen' and 'Bild speichern' are located at the bottom of the filter panels.

Karte Steigwald, Maienfeld 2018

- Erfolgreich eingesetzt für weitere Kartenprojekte
- Lidar-Daten vom WSL, Birmensdorf 2015



Danke für ihre Aufmerksamkeit!

