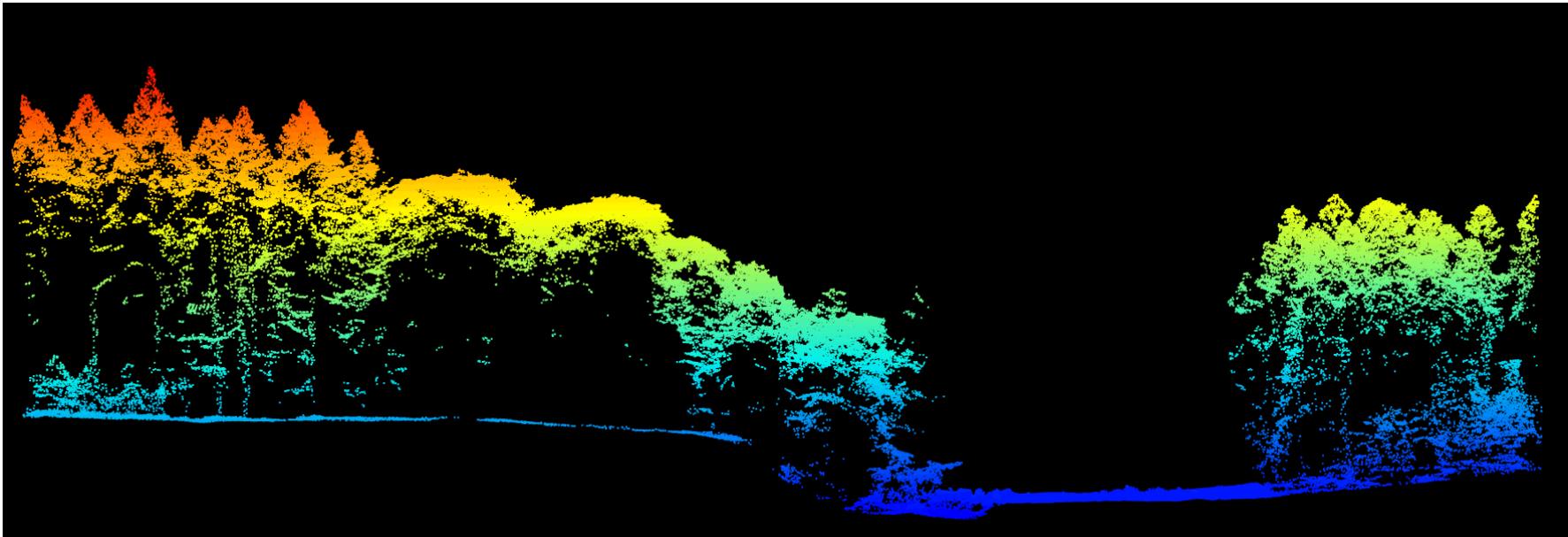
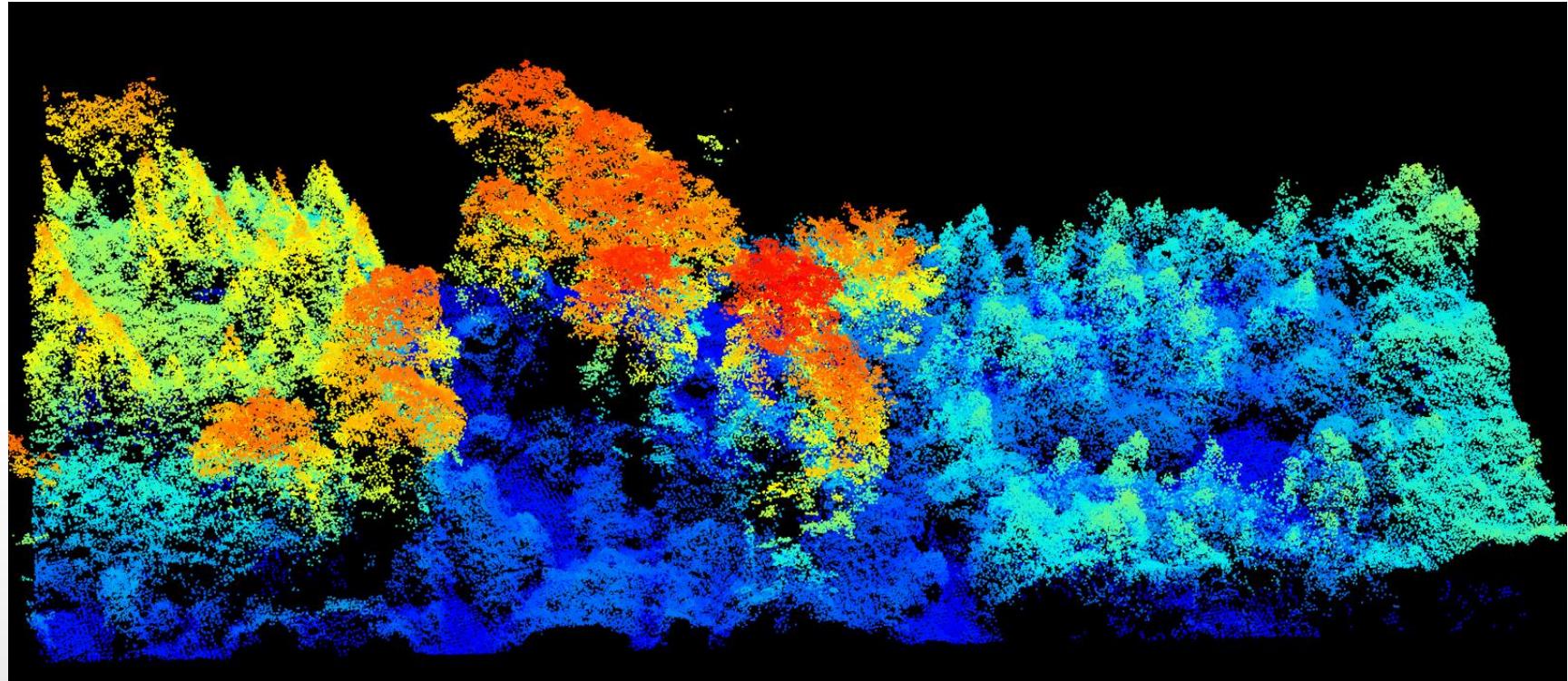


Einzelbaumerkennung mit „Adaptive Mean Shift 3D“

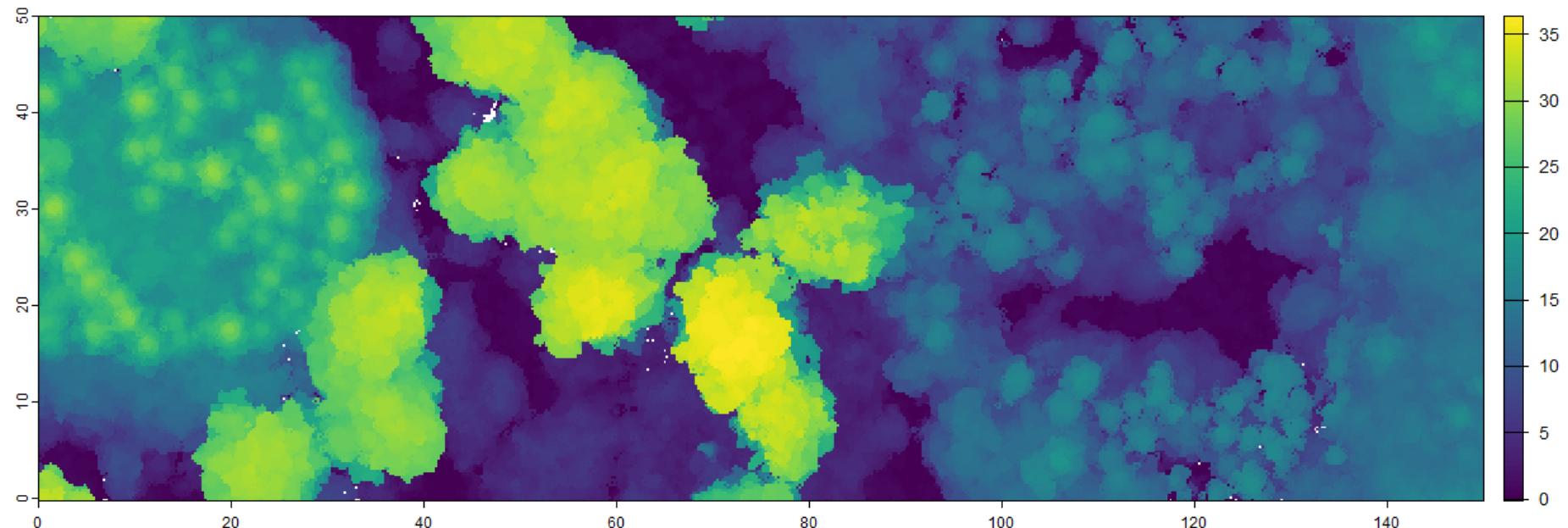


Einzelbaumerkennung



Punktwolke, 50 x 150 m, 44 p/m²

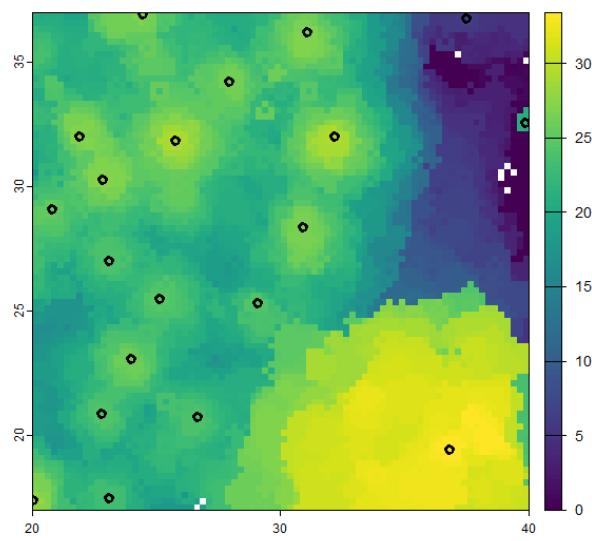
Einzelbaumerkennung



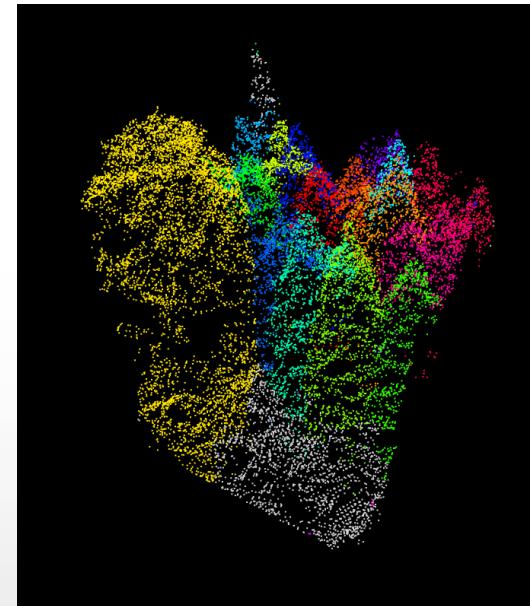
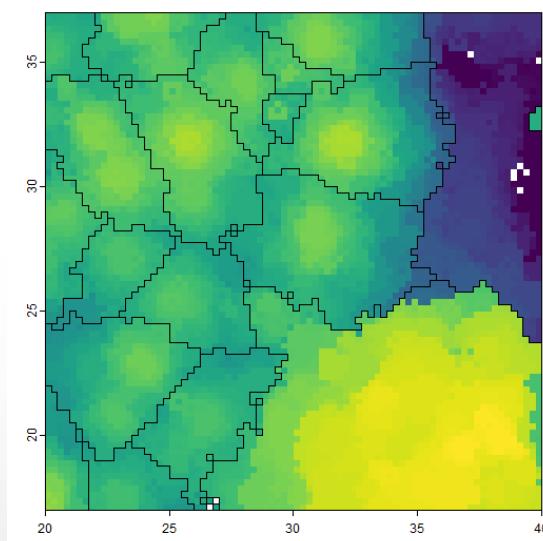
Bestandeshöhenmodell von der selben Punktfolge. Auflösung 25 cm

Bäume identifizieren

Einzelbaumerkennung



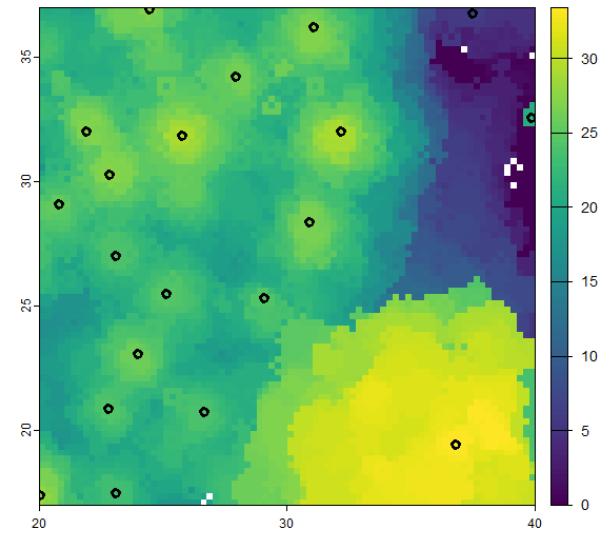
Einzelbaumsegmentierung



Bäume identifizieren

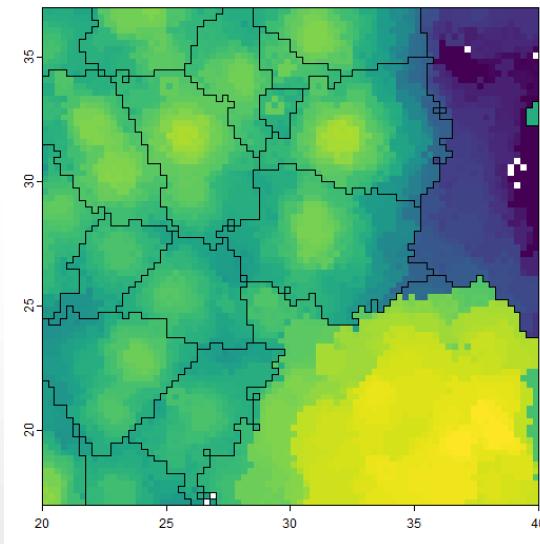
Einzelbaumerkennung

- Lokales-Maximum-Filter



Einzelbaumsegmentierung

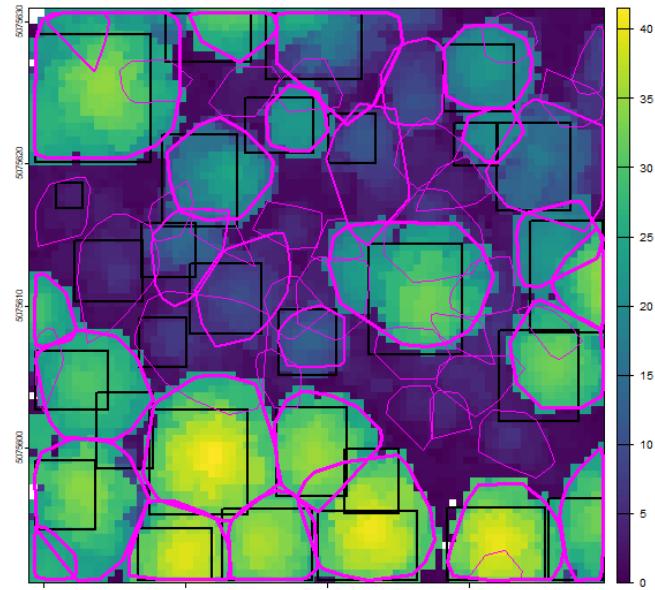
- Wasserscheiden



Qualität von Segmentierungen

Im Allgemeinen:

- Funktioniert gut für homogene Nadelwälder
- Laubholzbestände sind schwieriger
- Mehrschichtige Bestände sind schwer bis unmöglich

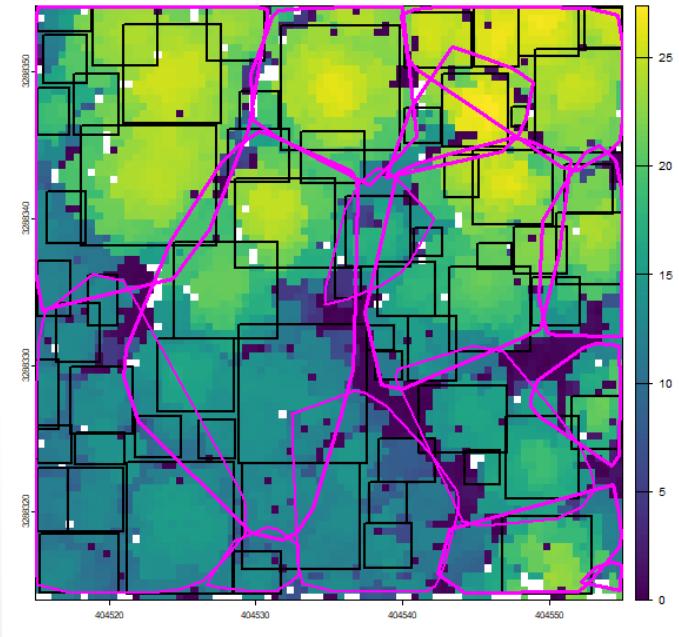


Plot „WREF_084_2019“ von „NEON“
segmentiert mit AMS3D

Qualität von Segmentierungen

Im Allgemeinen:

- Funktioniert gut für homogene Nadelwälder
- Laubholzbestände sind schwieriger
- Mehrschichtige Bestände sind schwer bis unmöglich



Plot „OSBS_011_2019“ von „NEON“
segmentiert mit `lidR::watershed`:
massive Untersegmentierung

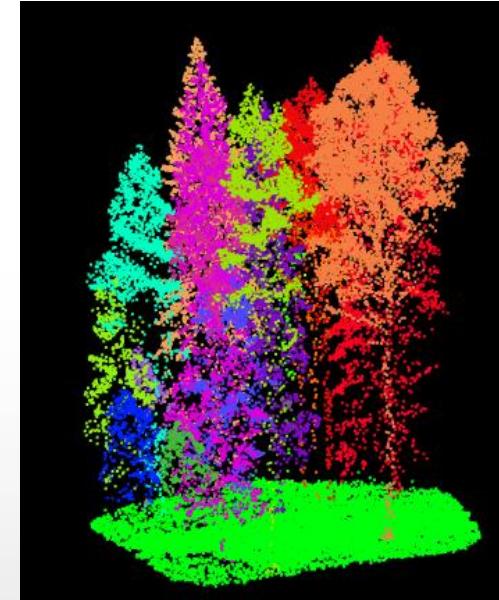
Bäume identifizieren

Generelles

- Erkennung vs. Segmentierung
- Arbeit mit Höhenmodell vs. mit ganzer Punktfolge
- Zahlreiche Algorithmen existieren
- Implementierung unterschiedlich
- Unterschiedliche Anforderungen an:
 - Punktdichte
 - Rechenkapazität

Alternativen

- Bilderkennung auf Luftbildern
- KI-Basierte Methoden auf hochauflösten Punktfolgen



Adaptive Mean Shift 3D: Der Algorithmus

- Basiert auf einem Artikel von Antonio Ferraz und Kollegen

Remote Sensing of Environment 183 (2016) 318–333

Contents lists available at ScienceDirect

Remote Sensing of Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse

 ELSEVIER



ARTICLE INFO

Article history:
Received 20 November 2015
Received in revised form 24 May 2016
Accepted 31 May 2016
Available online 21 June 2016

Keywords:
Airborne lidar
3D tropical forest structure modeling
Mean shift algorithm segmentation
Individual tree detection
Tropical tree crown clustering
Crown area
Crown volume
Carbon estimation
Aboveground biomass

Lidar detection of individual tree size in tropical forests

António Ferraz ^{a,*}, Sasan Saatchi ^b, Clément Mallet ^c, Victoria Meyer ^{b,d}

^a NASA Postdoctoral Program fellow, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, CA 91109, USA

^b Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena, CA 91109, USA

^c Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), LaSTIG, MATIS, Université Paris-Est, 94160 Saint Mandé, France

^d Laboratoire Evolution et Diversité Biologique UMR CNRS 5174, CNRS Université Paul Sabatier, Toulouse, France



Adaptive Mean Shift 3D: Der Algorithmus

- Annahme: Bäume bilden lokale Maxima der Punktdichte
- Vorgehensweise:
 - Für einen Punkt, konstruiere einen Zylinder mit diesem als Mittelpunkt
 - Berechne gewichtetes Mittel enthaltener Punkte
 - Konstruiere neuen Zylinder an diesem Punkt ...
 - Wiederholen, bis es konvergiert
 - Ausführen für alle Punkte in der Punktwolke
 - Die Punkte, die zum selben Ort hin konvergieren, bilden einen Baum

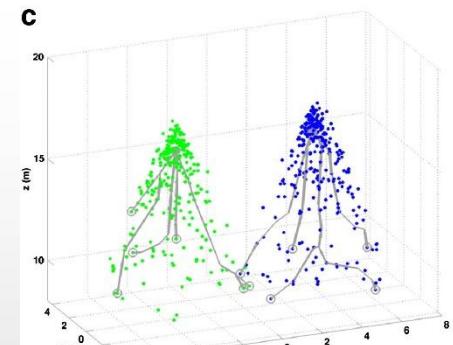
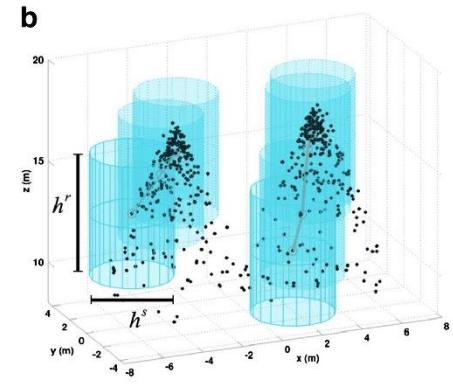
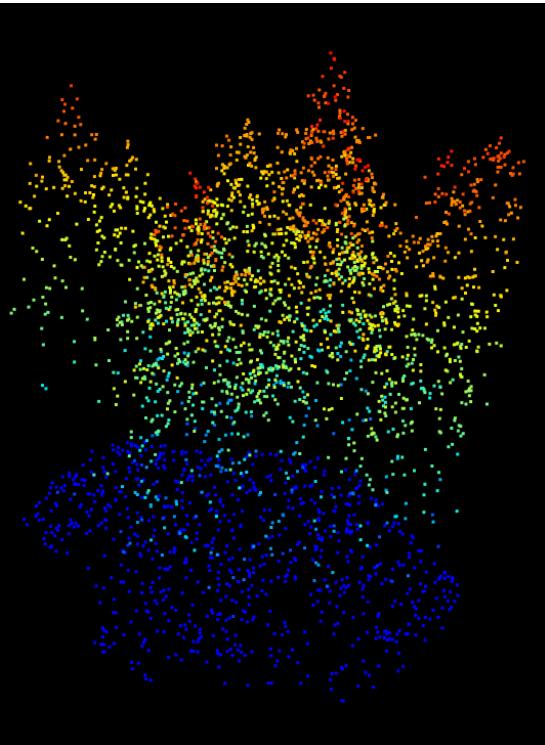
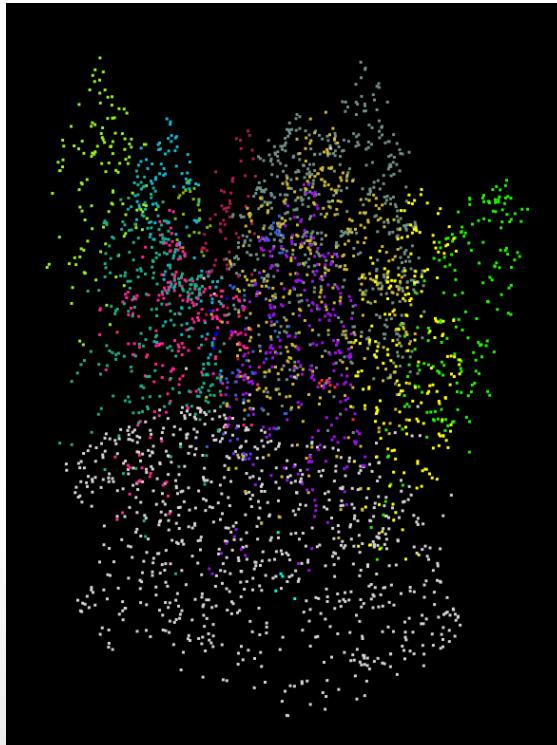


Abbildung aus Ferraz et al. 2012

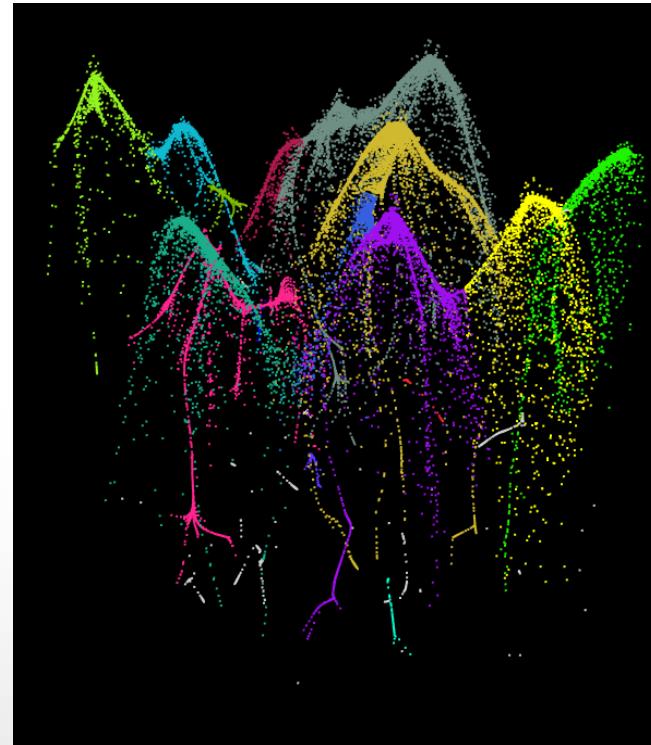
Adaptive Mean Shift 3D: Der Algorithmus



Punktwolke, nach Höhe gefärbt



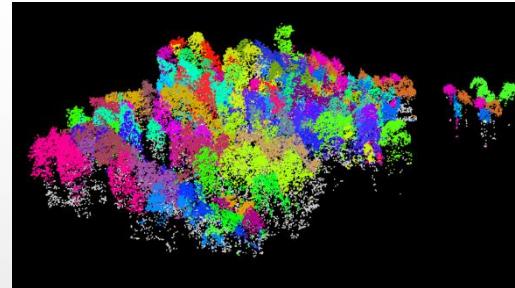
Segmentiert & nach Baum gefärbt



Alle Mittelpunkte der Such-Zylinder

Adaptive Mean Shift 3D: Warum dieser Algorithmus?

- Langsamer, aber präziser als einfache Methoden
- Optimal für Daten von flugzeuggestütztem Lidar mit ca. 10 Punkten / m²
- Segmentierung mehrschichtiger Bestände ist potentiell möglich
- Strukturelle Zusammenhänge in der Punktfolge werden nicht benötigt



Punktfolge von Weiser et al. 2022,
mit AMS3D segmentiert

Technische Umsetzung

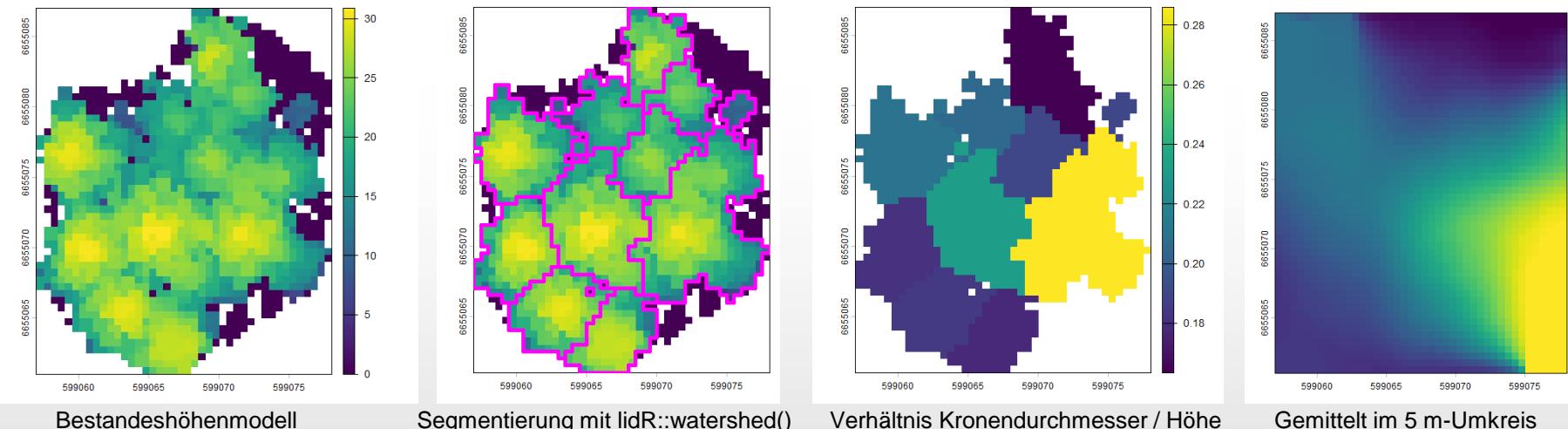
- R-Paket „crownsegmentr“
- Verwendet „lidR“
- Benötigt Punktwolken als LAS (oder LAZ)



```
1 |  
2 require(lidR)  
3 require(crownsegmentr)  
4  
5 my_point_cloud <- readLAS("path/to/my/pointcloud.laz")  
6  
7 segmented_point_cloud <-  
8   segment_tree_crowns(point_cloud = my_point_cloud,  
9     crown_diameter_to_tree_height = 0.2,  
10    crown_length_to_tree_height = 0.5,  
11    crown_diameter_constant = 3,  
12    crown_length_constant = 2)  
13
```

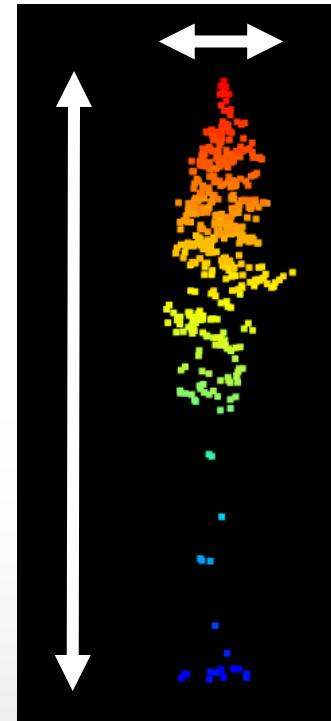
Das Problem mit dem Kronendurchmesser

- Die Größe der Such-Zylinder hängt ab von Höhe und Parametern
- Ergebnisse sind besser, wenn Zylinder etwa so groß sind wie Baumkronen
- Durch eine Vorab-Segmentierung mit einem schnellen Algorithmus lässt sich eine Karte des Kronenbreiten-zu-Höhen-Verhältnisses erstellen



Was bringt es?

- Höhe: sehr genau
- Kronendurchmesser: nicht schlecht
- Stammzahl: Abhängig vom Bestand
- BHD: Annäherung über Modelle



Literaturverzeichnis

Steinmeier, Leon, and Timon Miesner and Nikolai Knapp (2025): **R-package crownsegmentr**, Version 1.0.1,
<https://github.com/Lenostatos/crownsegmentr>

Ferraz, Antonio, and Sassan Saatchi and Clément Mallet and Victoria Meyer (2016): **Lidar detection of individual tree size in tropical forests**. *Remote Sensing of Environment*, Nr. 183, S. 318-333, DOI: 10.1016/j.rse.2016.05.028

Ferraz, Antonio, and Frédéric Bretar and Stéphane Jacquemoud and Gil Gonçalves and Luisa Pereira and Margarida Tomé and Paula Soares (2012): **3-D mapping of a multi-layered Mediterranean forest using ALS data**. *Remote Sensing of Environment*, Nr. 121, S. 210-223, DOI: 10.1016/j.rse.2012.01.020

Weiser, Hannah, and Jannika Schäfer and Lukas Winiwarter and Nina Krašovec and Fabian E. Fassnacht and Bernhard Höfle (2022): **Individual tree point clouds and tree measurements from multi-platform laser scanning in German forests**. *Earth System Science Data*, Nr. 14 (7), 2989-3012, DOI: 10.5194/essd-14-2989-2022

(NEON)

Weinstein, Ben G., and Sarah J. Graves and Sergio Marconi and Aditya Singh and Alina Zare and Dylan Stewart and Stephanie A. Bohlman and Ethan P. White (2021): **A benchmark dataset for canopy crown detection and delineation in co-registered airborne RGB, LiDAR and hyperspectral imagery from the National Ecological Observation Network**. *PLoS Computational Biology* 17 (7): e1009180. DOI: 10.1371/journal. pcbi.1009180