

„Künstliche Intelligenz und Digitalisierung räumlicher Strukturen von Wäldern“

Innovationen in der Waldstrukturforschung

Abt. Räumliche Strukturen und Digitalisierung von Wäldern

Prof. Dr. Dominik Seidel



Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

Innovationen in der Art wie wir Bäume und Wälder vermessen beruhen derzeit vor allem auf:

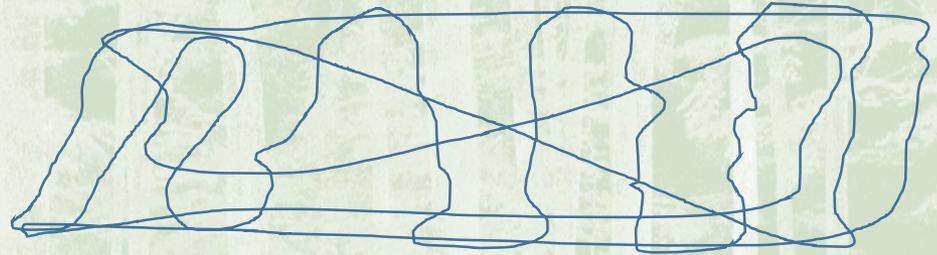
- Der Methodik der Datenerhebung:
 - Laserscanning
 - Structure-from-Motion
 - RADAR
 - Satellitenbilder (Thermal-, Multi- und Hyperspektraldaten)
- Der Datenverarbeitung:
 - Cloud Computing
 - KI-Verfahren
 - Sensor-Fusion (z.B. Bild und Scan)
 - Neue Verfahren zur Punktwolken- und Bildinterpretation

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

Was ist heute schon zuverlässig machbar (vom Boden aus)?



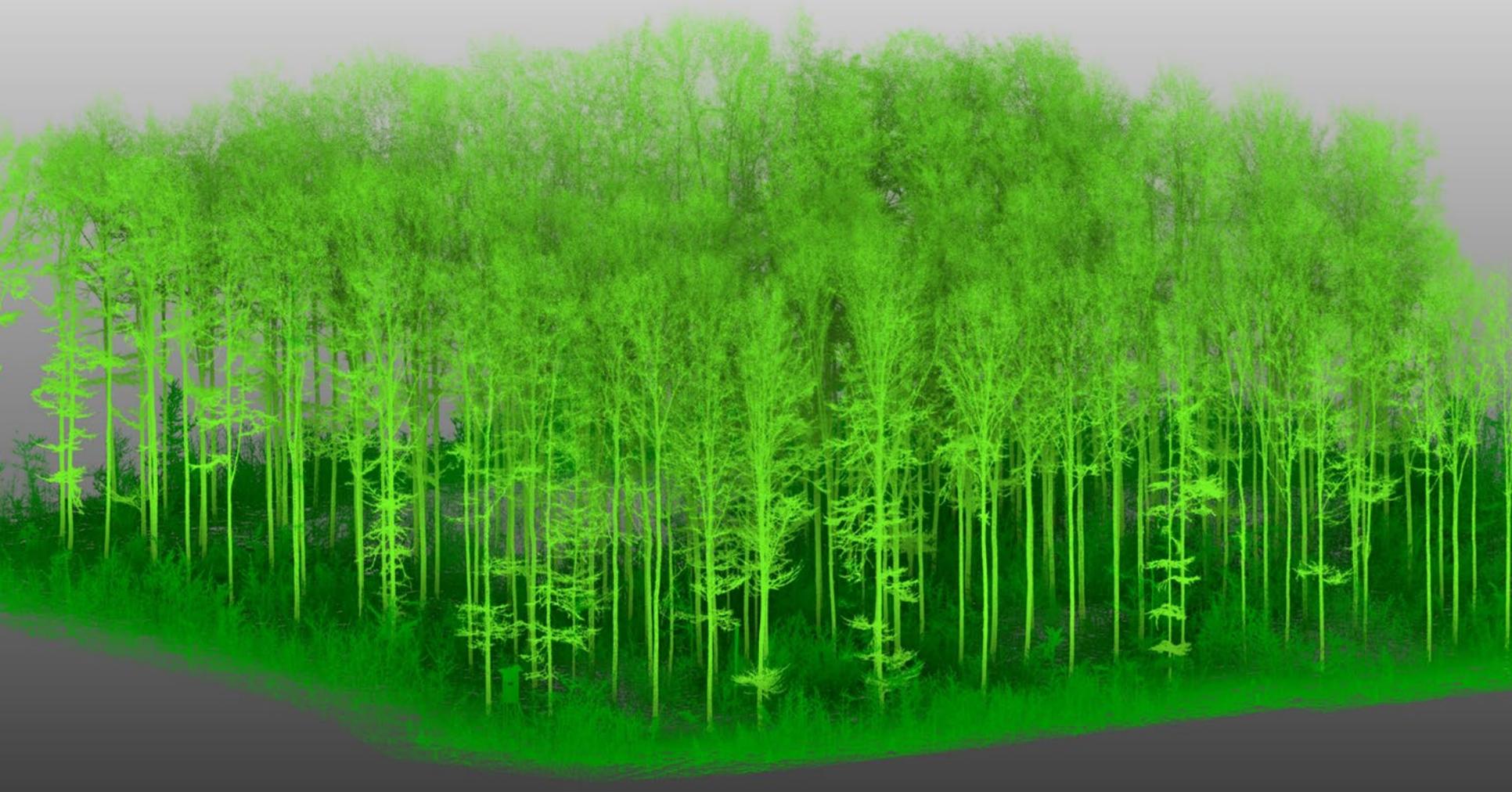
z.B. Mobiler Laserscanner



20-30 min pro ha

Foto: Liane Neudam

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung



Beim Beispiel Laserscanning derzeit noch Probleme bei:

- sehr hoher Wuchsdichte im Unterstand
- Erfassung der Baumwipfel im Sommer oder in immergrünen Wäldern
- Minustemperaturen, Regen oder Wind

Kann man damit bestehende Verfahren ablösen?

→ Ja, aber es macht (aktuell) nur Sinn, wenn man mehr wissen möchte als herkömmliche Inventuren bereitsstellen.

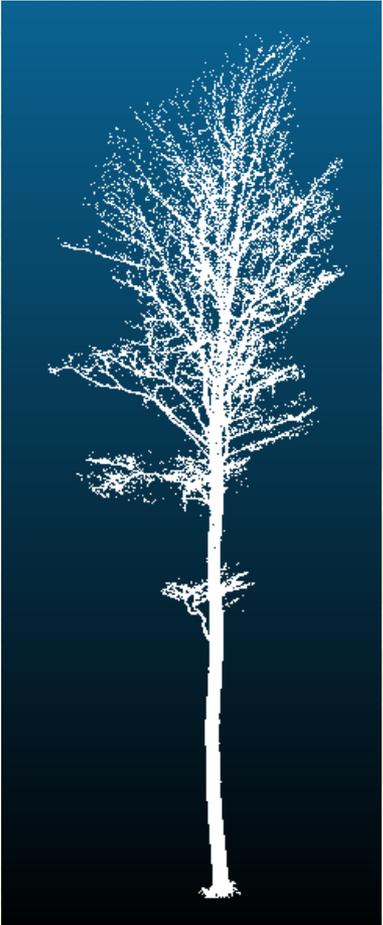
Für Durchmesser und Höhe braucht man keinen Laserscanner!

Wozu KI?

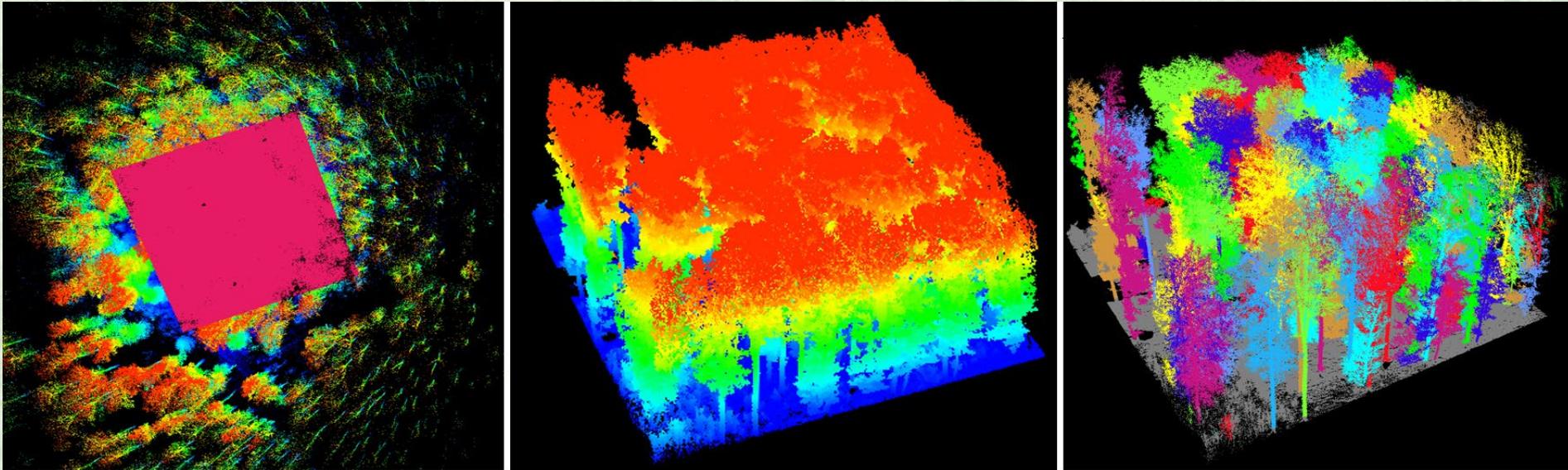
Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

```
-4.4317884 41.433678 2.9536018  
-4.4059567 41.429543 2.9588473  
-4.3875575 41.43697 2.9624805  
-4.4048462 41.456112 2.9586828  
-4.3900919 41.458805 2.9599447  
-4.3992443 41.484219 2.9610646  
-4.3925104 41.485268 2.9565659  
-4.4094782 41.507797 2.9538248  
-4.3907566 41.525444 2.9596865  
-4.4067879 41.557602 2.9613495  
-4.3862648 41.551376 2.958308  
-4.4093018 41.578499 2.9576786  
-4.3789954 41.416523 2.9762259  
-4.4026165 41.423782 2.9700389  
-4.3773322 41.433056 2.9788785  
-4.3614941 41.424961 2.9830656  
-4.3264494 41.420948 2.9850917  
-4.2393436 41.424892 2.9898739  
-4.4299531 41.457993 2.9692683  
-4.4143696 41.460426 2.9756439  
-4.3842273 41.457245 2.978143  
-4.4057746 41.486996 2.9765012  
-4.3882203 41.483654 2.9783854  
-4.4026856 41.508755 2.9787087  
-4.392211 41.504974 2.9792726  
-4.4049544 41.536835 2.9786997  
-4.391036 41.537796 2.9842203  
-4.4046268 41.561386 2.9791007  
-4.3889189 41.559135 2.9832406  
-4.4056411 41.584164 2.9828389  
-4.3850365 41.584148 2.9839008  
-4.359302 41.594772 2.9863014  
-4.3033762 41.412098 3.0097408  
-4.3763895 41.43734 3.0027000  
-4.356348 41.427639 3.0054900  
-4.3337221 41.420036 3.0082000  
-4.3042831 41.420101 3.0069575  
-4.275805 41.425514 3.0112672  
-4.2518983 41.430466 3.0074151  
-4.2265878 41.429844 3.0061896  
-4.3980708 41.469818 3.0063233  
-4.3821435 41.457119 3.0013075  
-4.2411156 41.450565 3.0123456  
-4.2280283 41.461712 3.0060446  
-4.3977199 41.490368 3.0031512  
-4.3883858 41.483829 3.0027905  
-4.2261424 41.482159 3.00811  
-4.1995602 41.470039 3.0122764  
-4.3962297 41.509239 3.0027142  
-4.3920236 41.51096 2.9997087  
-4.2223015 41.50161 3.0079577  
-4.1954288 41.512814 3.0127752  
-4.4018917 41.534359 3.0028107  
-4.3898606 41.535809 3.0028417  
-4.1955061 41.528122 3.0150375  
-4.4000835 41.557133 2.9995067  
-4.3840804 41.559677 3.0031614  
-4.3679657 41.569626 3.0043533  
-4.2020769 41.571274 3.0155146  
-4.4054189 41.590031 2.9941444  
-4.3797884 41.583473 3.001837  
-4.3575521 41.588707 3.0042427  
-4.3338103 41.506184 3.0007723
```

Einzelbaumsegmentierung



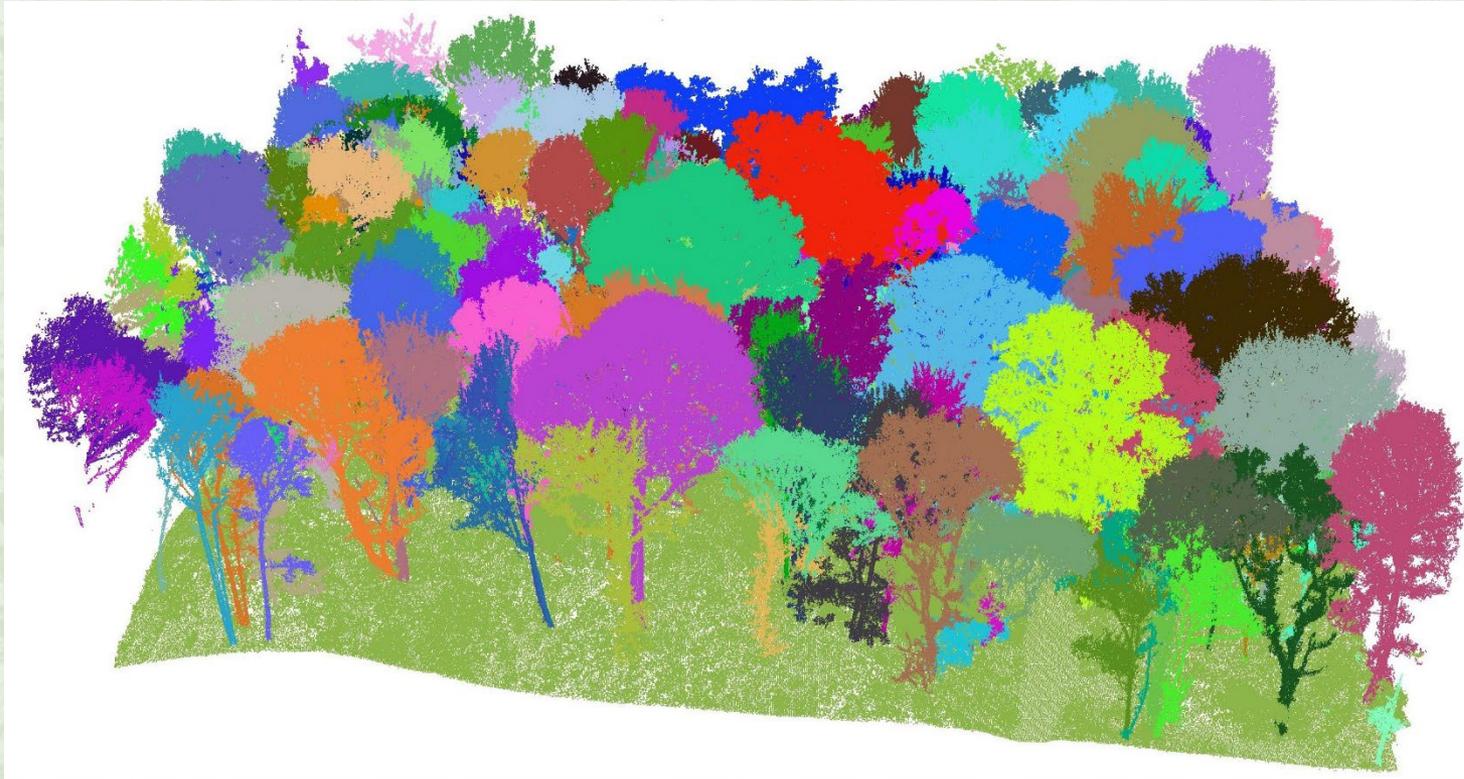
Automatisierte Einzelbaumsegmentierung



Bereits als kommerzielle und nicht-kommerzielle
Software erhältlich

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

Einzelbaumsegmentierung mittels künstlicher Intelligenz



[TreeLearn: A Comprehensive Deep Learning Method for Segmenting Individual Trees from Forest Point Clouds](#)

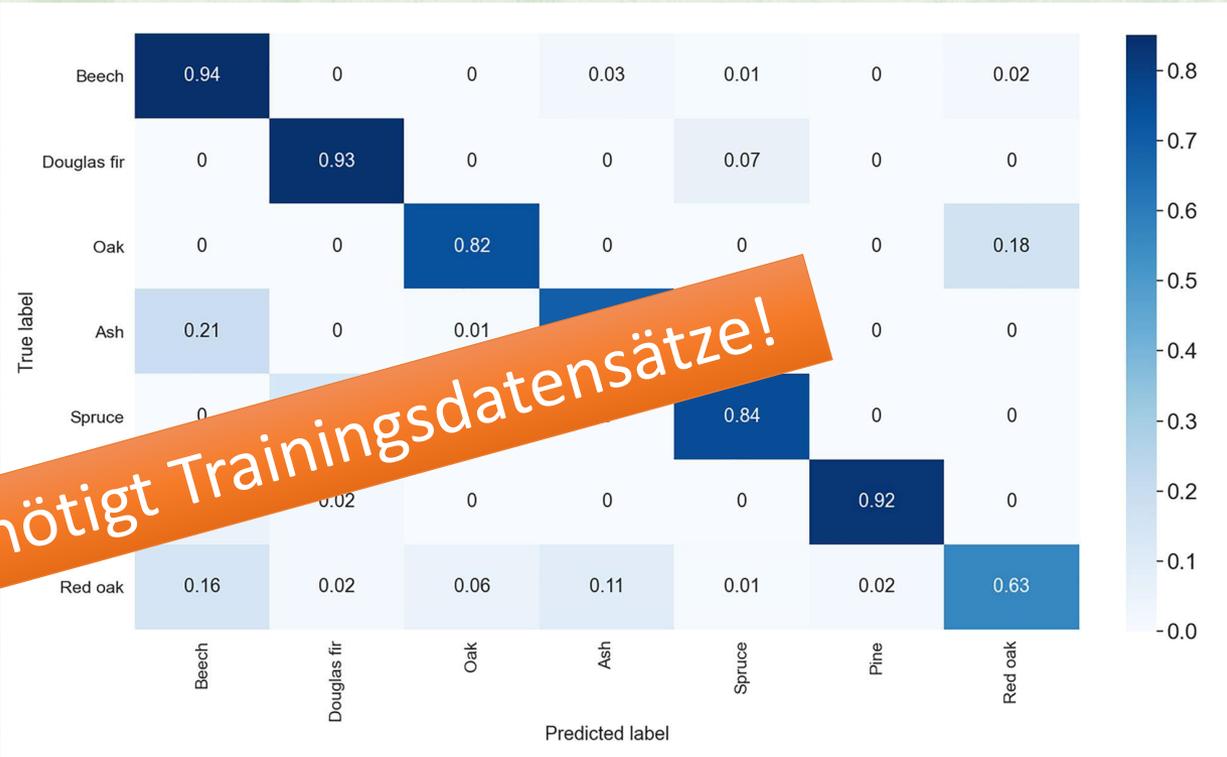
J Henrich, J van Delden, D Seidel, T Kneib, A Ecker
arXiv preprint arXiv:2309.08471

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

Baumartenerkennung mittels künstlicher Intelligenz



KI benötigt Trainingsdatensätze!



[Predicting tree species from 3D laser scanning point clouds using deep learning](#)

D Seidel, P Annighöfer, QE Seifert, C Ammer
Frontiers in Plant Science 12, 635440

Für viele Aufgaben muss es aber nicht KI sein

“Erstelle mir ein Bild vom Einsatz eines Geoslam Zeb Horizon Scanners im Wald”

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung



Bilder: Bing AI, generative KI

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung



Bilder: Bing AI



Stand der Forschung- 3D Waldvermessung



Bilder: Bing AI

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung



Bilder: Bing AI

Insgesamt: Ziel verfehlt!



Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

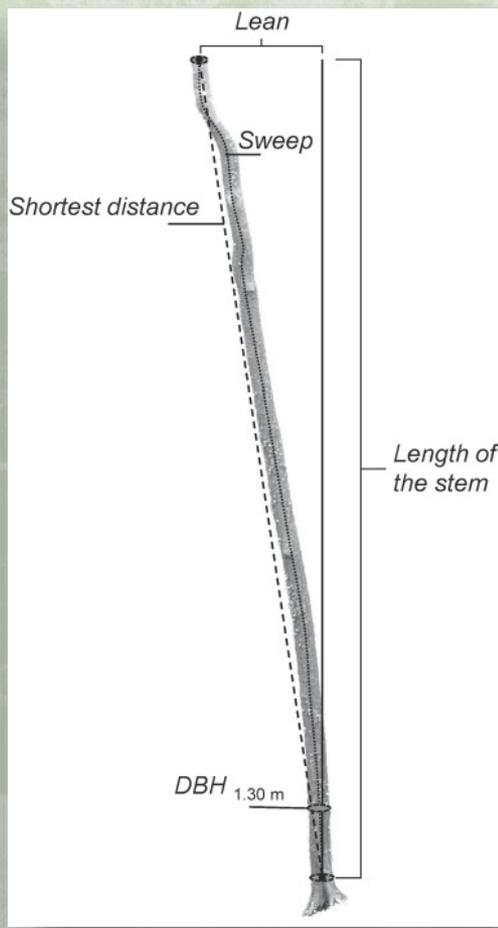
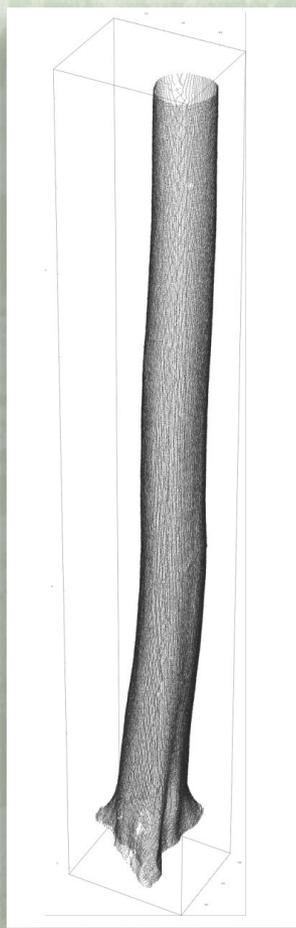
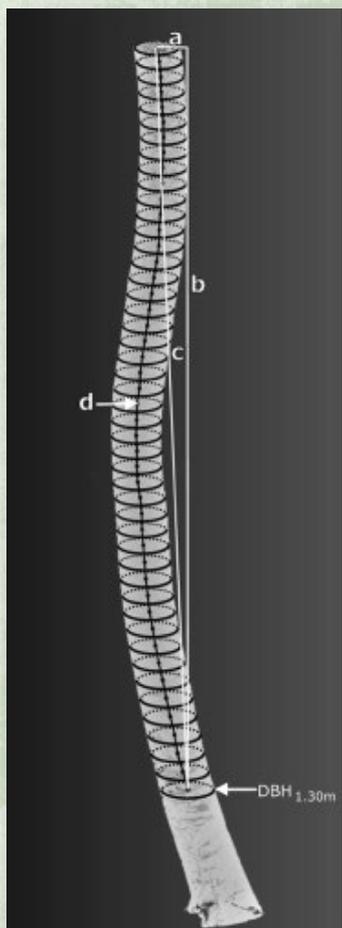
“Geoslam zeb horizon einsatz im wald”

The screenshot shows a Google search interface with the query "geoslam zeb horizon einsatz im wald" entered in the search bar. The search results are displayed in a grid format, featuring various images and thumbnails. The results include:

- Logon: Erster Testflug: GeoSLAM ZEB-H...
- utb Laser und Vermessungstechnik GmbH: Waldvermessung mit Geoslam- utb Las...
- utb Laser und Vermessungstechnik GmbH: Waldvermessung mit Geoslam- utb Laser und Verm...
- Logon: Erster Testflug: GeoSLAM ZEB-H...
- Logon: Erster Testflug: GeoSLAM ZEB-HORIZO...
- utb Laser und Vermessungstechnik GmbH: Waldvermessung mit Geoslam- utb Las...
- Logon: Erster Testflug: GeoSLAM ZEB-H...
- utb Laser und Vermessungstechnik GmbH: Waldvermessung mit Geoslam- utb Las...
- Logon: UAV LIDAR Befliegung von ein...
- im Laserscanning Europ...: GeoSLAM ZEB-HORI...
- utb Laser und Vermessungstechnik GmbH: Waldvermessung mit Geoslam- utb Las...
- im Laserscanning Eur...: ZEB Horizon / ZEB ...
- im Laserscanning Europe...: Gebraucher GeoSLAM...
- YouTube: ZEB-HORIZON von GeoSLAM ...
- Logon: 3D Laserscanning & Mobile Lasersca...
- Logon: UAV LIDAR Vermessung zur Erfass...
- Laserscanning Europe | ZEB Horizon / ZEB Horizon RT | ...
- Logon: UAV LIDAR Vermessung zur Erfassun...
- im Laserscanning E...: Gebraucher GeoS...
- im Laserscanning Europe Shop...: Gebraucher GeoSLAM ZEB ...
- utb Laser und Vermessungstechnik GmbH: Waldvermessung mit Geoslam- utb Las...
- Logon: GeoSLAM ZEB-HORIZON Workflow mi...
- im Laserscanning E...: Gebraucher GeoS...
- utb Laser und Vermessungtec...: GeoSLAM ZEB Horizon RT- ...
- im Laserscanning Europe Shop: ZEB Horizon / ZEB Horizon RT
- im Laserscanning Euro...: Gebraucher GeoSLA...
- YouTube: Mobiles Scannen mit dem Geoslam ZEB Horizon, Discovery & Locate
- im Laserscanning Europe Shop: ZEB Horizon / ZEB Horizon RT
- Laserscanning Europe | ZEB Horizon / ZEB Horizon RT | Lase...
- Logon: Erster Testflug: GeoS...
- AI Terra Deutschland GmbH: Mobile Mapping | ZEB-REVO – AI...
- im Laserscanning Europe Shop: ZEB Horizon / ZEB Horizon RT

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

Untersuchung des ökonomischen Wertes am stehenden Baum

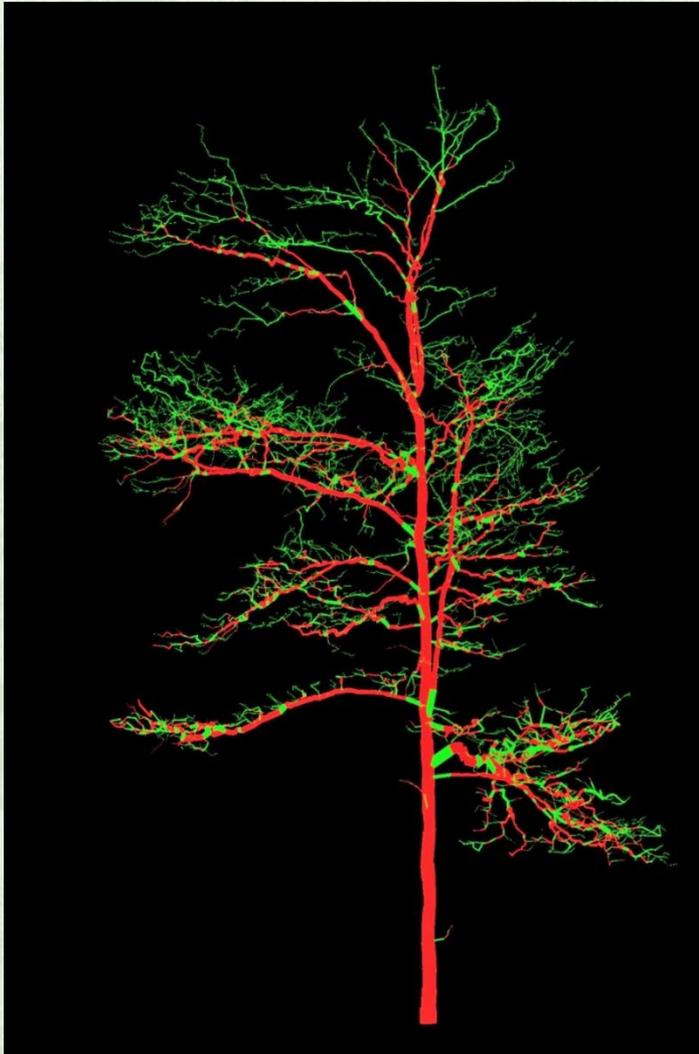
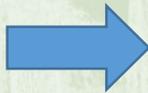


Krümmung
Schiefe
Abholzigkeit
Länge des astfreien Stammes
etc.

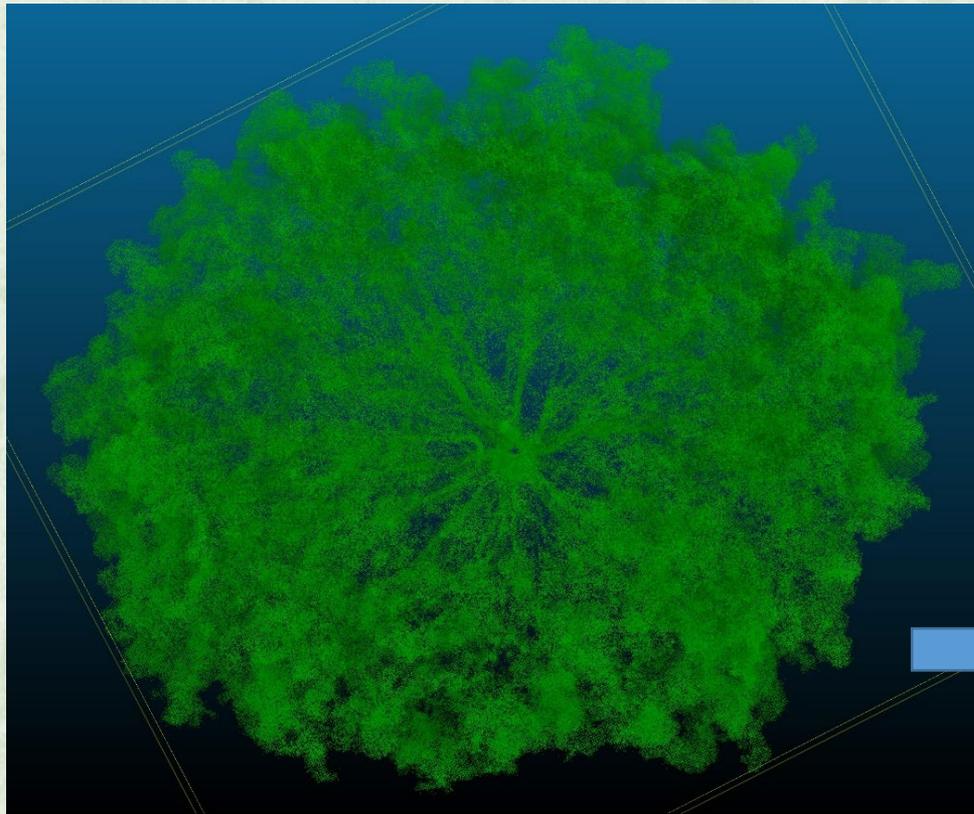
Juchheim et al. 2017, Höwler et al. 2017, Neudam et al. 2023

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

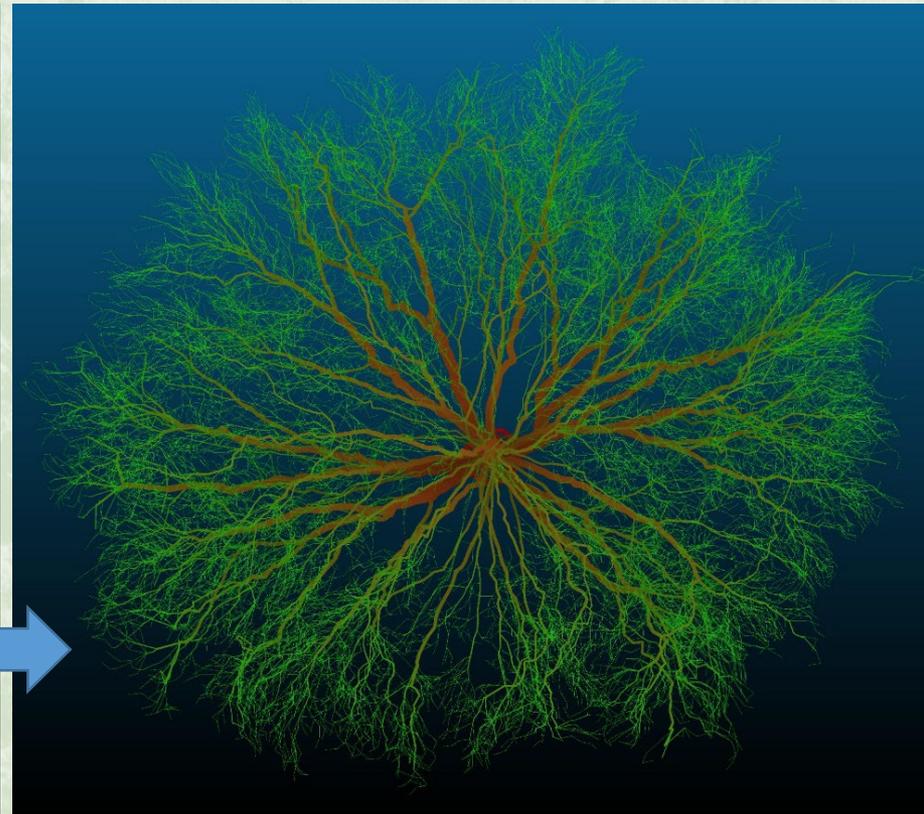
Untersuchung der Baumarchitektur



Stand der Forschung- 3D Waldvermessung



Laserbasierte Punktwolke
(3D Modell eines Baumes)

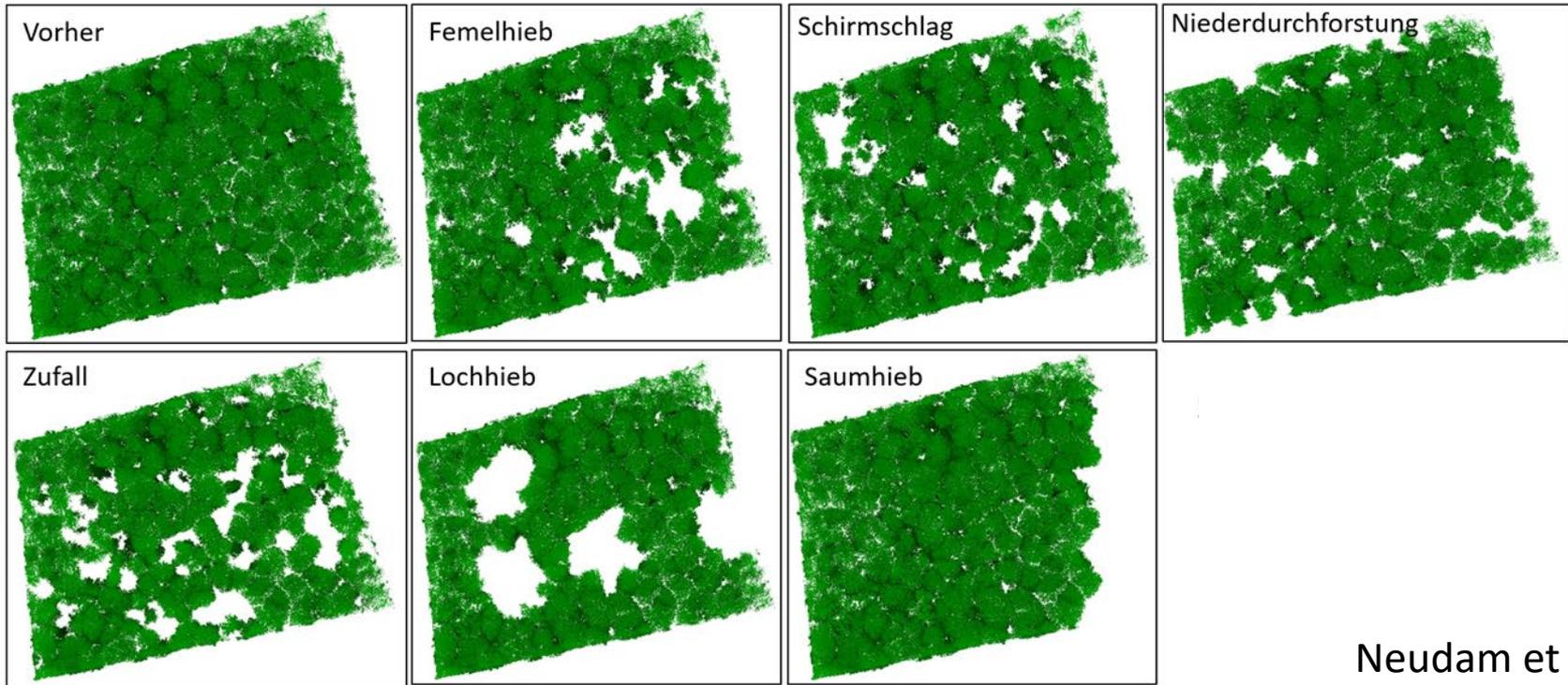


Quantitatives Strukturmodell
(Zylindermodell)

Holzvolumen, C-Speicher, Anzahl der Äste, Astwinkel, u.v.a.m.

Stand der Forschung- 3D Waldvermessung

Untersuchung von Bewirtschaftungseffekten auf Bestandesebene



Neudam et al. 2023

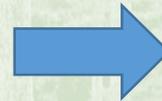
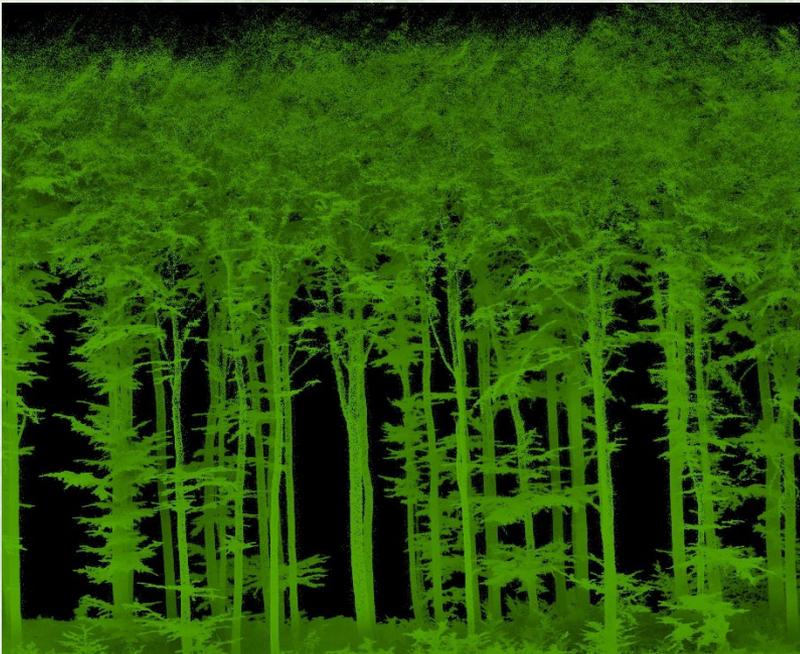
und und und....

Vielfältige Möglichkeiten, aber nur wenig ist bereits als
“fertiges” Paket erhältlich.

Potenziale neuer Verfahren

Wir konnten lange nur am Einzelbaum messen und mussten daraus auf das Ganze schließen.

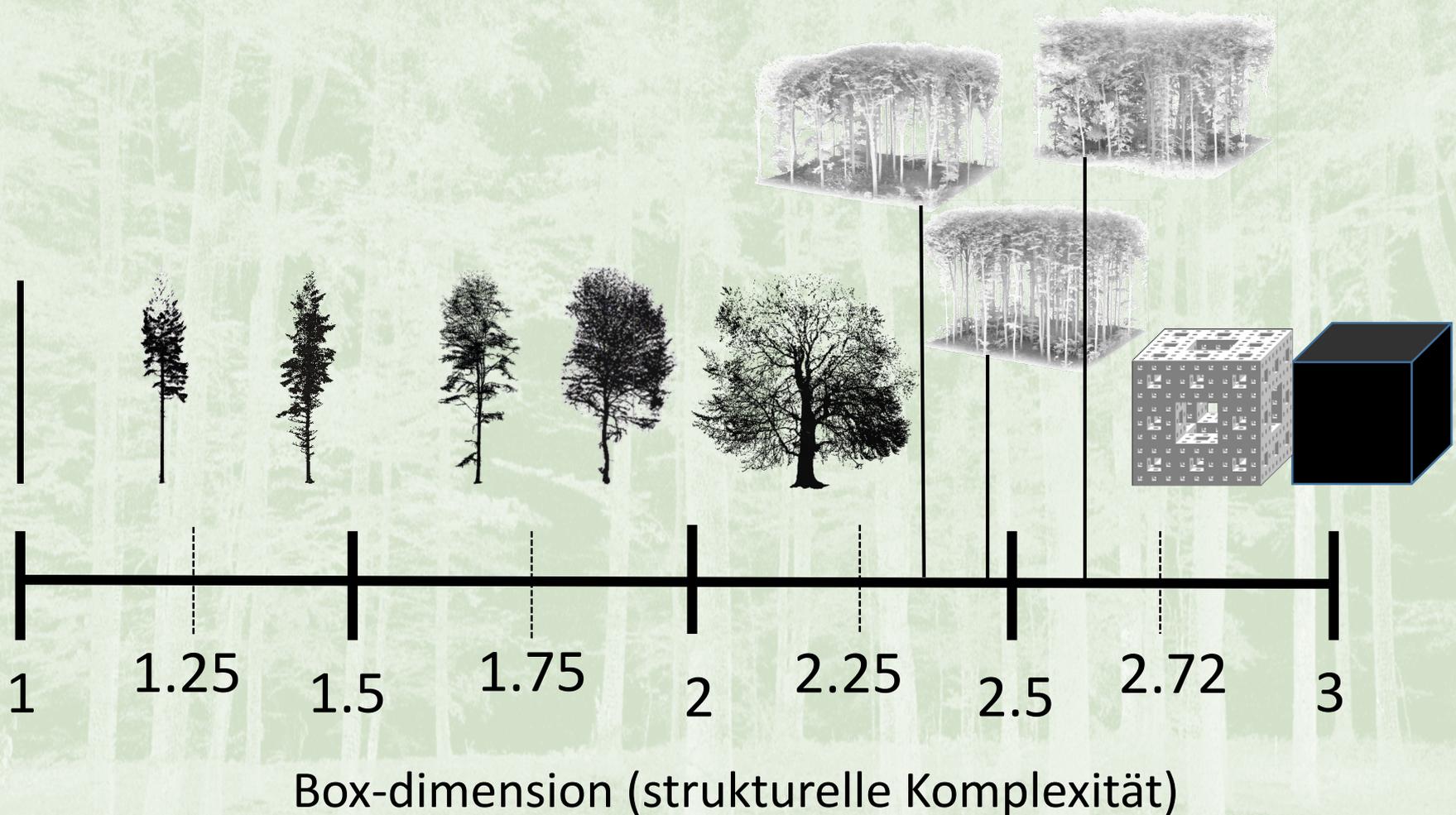
Heute können wir “das Ganze” messen!



3D Minkowski-Bouligand dimension!

“Box-dimension”

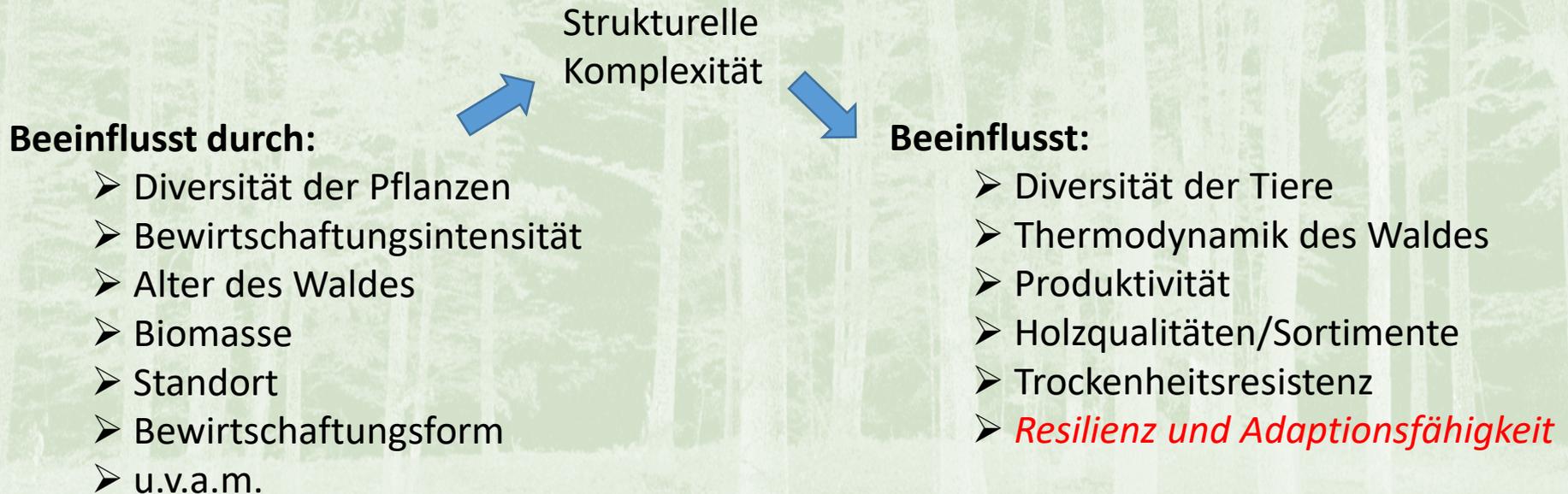
Potenzielle neuer Verfahren



Potenziale neuer Verfahren

Die Box-dimension beschreibt:

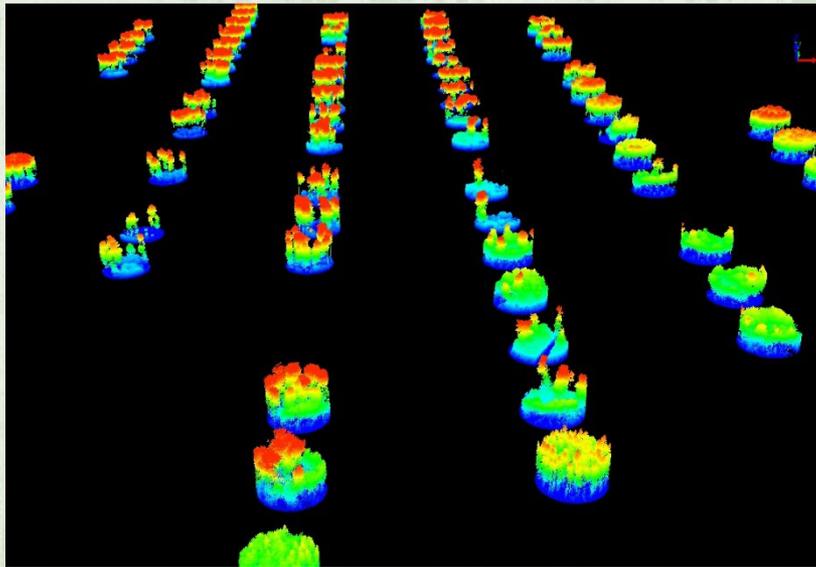
- Dichte und Verteilung des Pflanzenmaterials am Baum bzw. im Wald
- Sie steht mit dem Oberflächen-zu-Volumenverhältnis in enger Verbindung
- Sie ist ein integratives Maß der strukturellen Komplexität



Potenziale neuer Verfahren

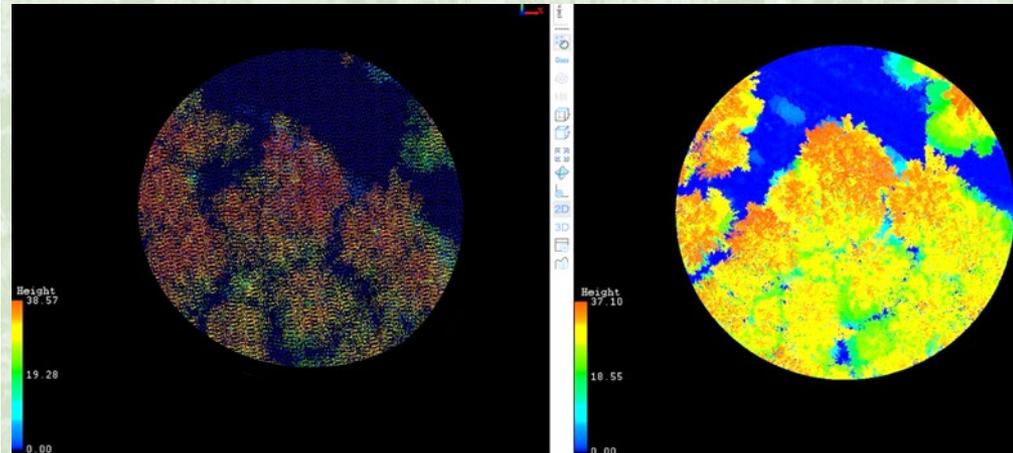
Wir haben heute die Werkzeuge an der Hand um weiterer Ökosystemfunktionen (Biomasse, C-Speicher, Biodiversität,...) zu quantifizieren und das auf großer räumlicher Skala!

Beispiel: Erfassung der box-dimension basierend auf flugzeuggetragendem Laserscanning:



269 Plots

MAE%= 9.9 %



Flugzeug

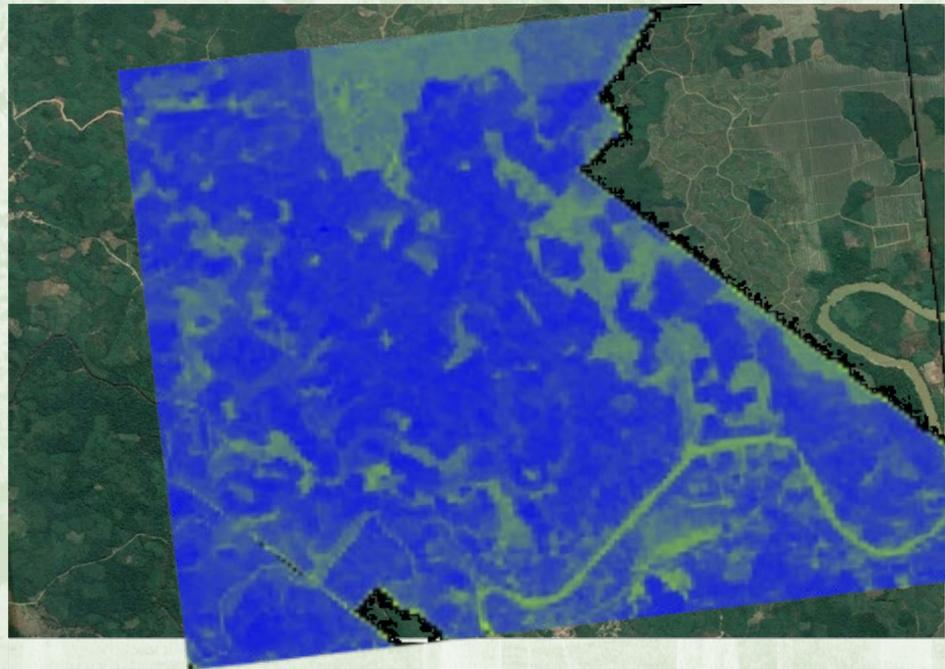
Handgetragener
Scanner

Weserhänge, Hessen,
Cooperation mit der NWFVA

Potenziale neuer Verfahren

Wir haben heute die Werkzeuge an der Hand um weiterer Ökosystemfunktionen (Biomasse, C-Speicher, Biodiversität,...) zu quantifizieren und das auf großer räumlicher Skala!

Beispiel: Erfassung der box-dimension basierend auf flugzeuggetragenen Laserscanning:



Provinz Jambi, Indonesien, ca. 23 km²

- KI: Nur ein kleiner Baustein von vielen
- Umdenken (Was wollen wir messen?)
- Quantifizierung und Monitoring neuer wichtiger Größen operationalisieren
- Monetarisierung ermöglichen (Politische Entscheidungsträger!)

VIELEN DANK