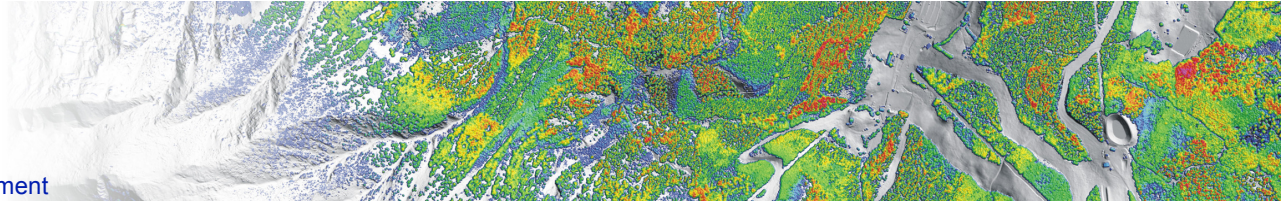


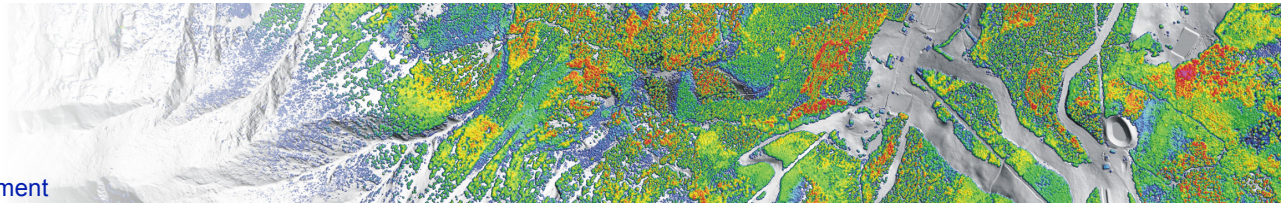
Terrestrisches Laserscanning im Wald

- Punktwolken und Baummodelle
- Bäume mit Eigenschaften und andere „Objekte“
- 3-Phasen-Stichprobeninventuren
- Praktische Überlegungen zu TLS-basiertem Stichproben-Design
- Methoden der Zuwachsermittlung ohne ET
- Forest Point Cloud: neue Wald-Repräsentation



Kooperationspartner

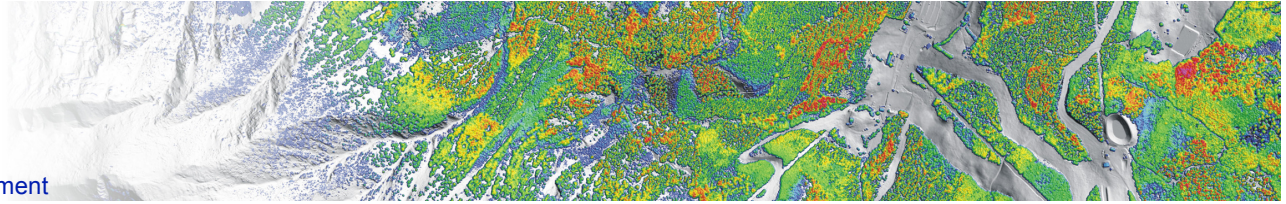
- **Umweltdata Ltd. (FI, RS, mapping, FMP)**
Günther Bronner, Boris Jawecki, Martin Keuschnigg, Helga Fellner
- **Joanneum Research (Remote Sensing)**
Graz; Mathias Schardt, Manuela Hirschmugl
- **TU Vienna, department GEO (Photogrammetry)**
Norbert Pfeifer, Markus Hollaus
- **E.C.O. (Monitoring of Biodiversity, Management of Protection areas)**
Klagenfurt; Hanns Kirchmeir
- **Aeromap (Aviation and Aerial Remote Sensing)**
Öblarn; Roland Wack, Thomas Meißl
- **TopoLynx (GIS- und App Entwicklung)**
Budapest
- **Riegl Laser Measurement**
Horn, Lower Austria



RIEGL VZ-400i
Ultra High Performance
3D Laser Scanner

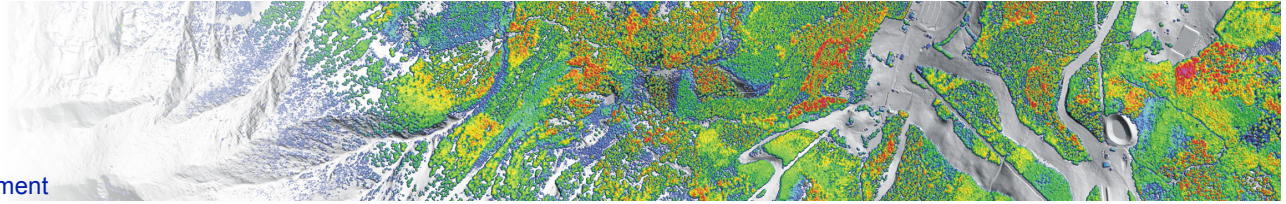


Spitzentechnologie aus Niederösterreich!

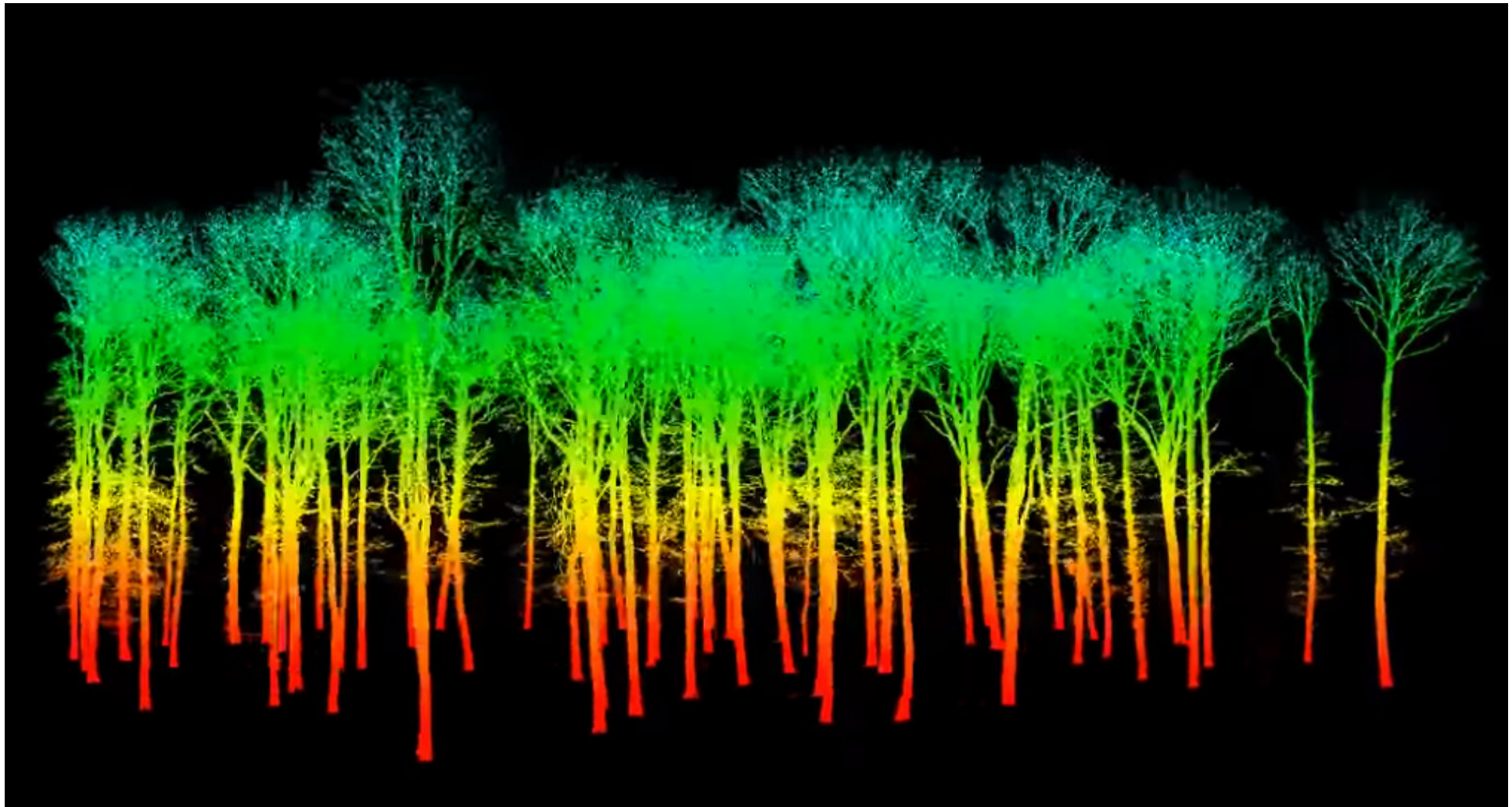


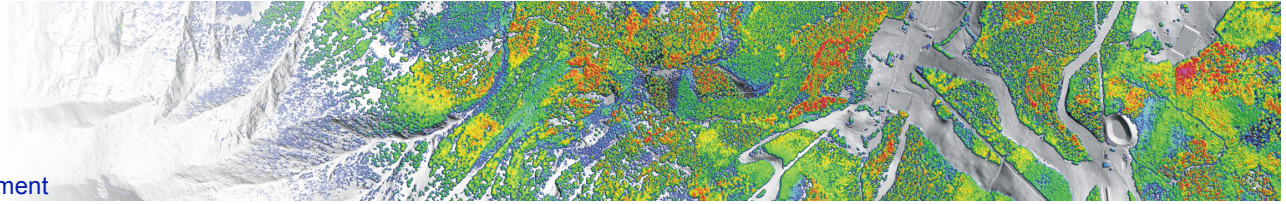
Scannzeit im Wald hat sich seither auf <math><10\%</math> reduziert





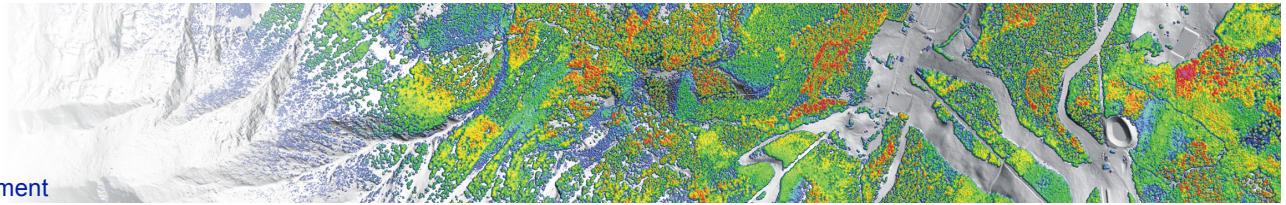
TLS Punktwolke nach Baumhöhe gefärbt



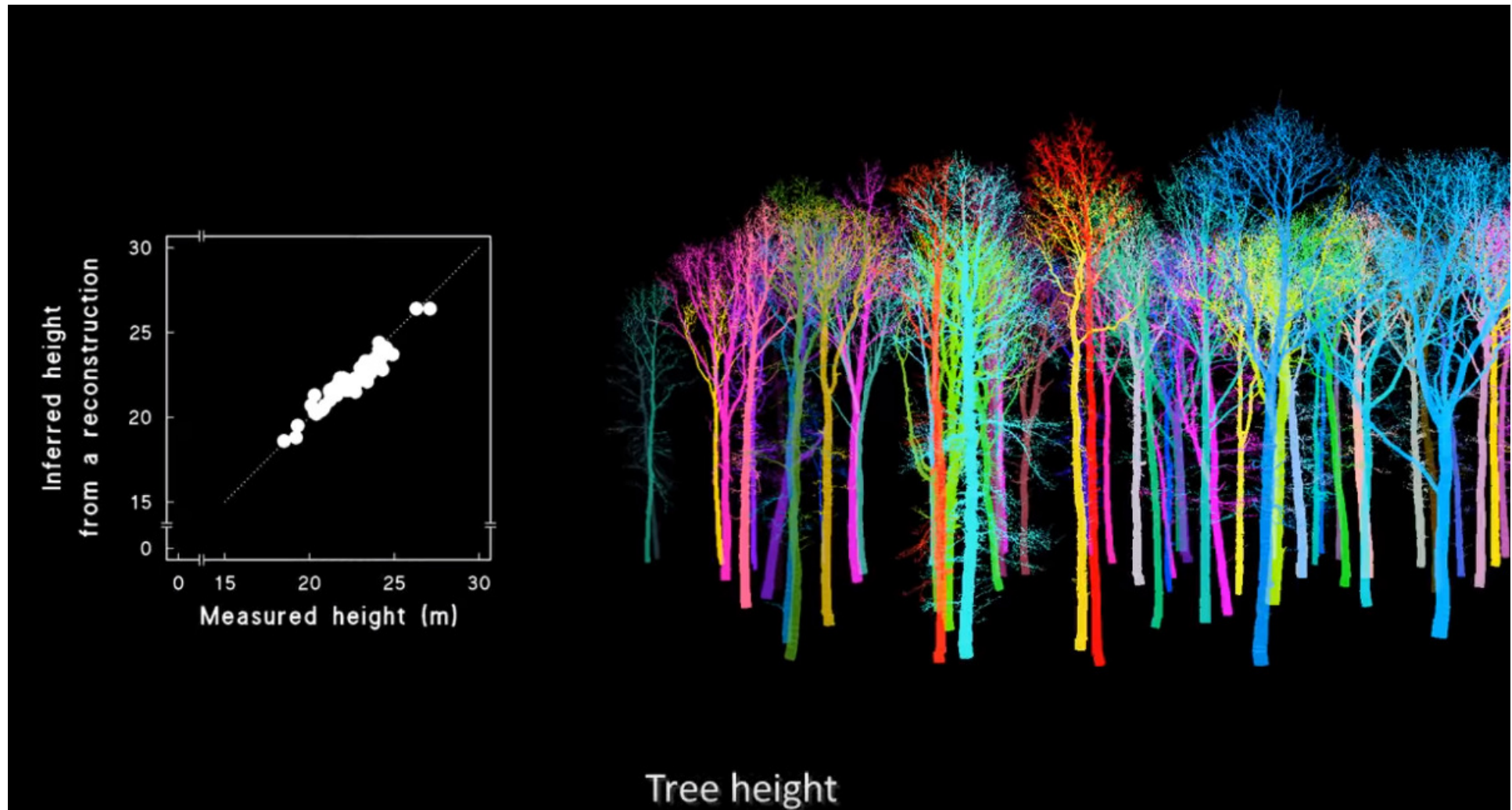


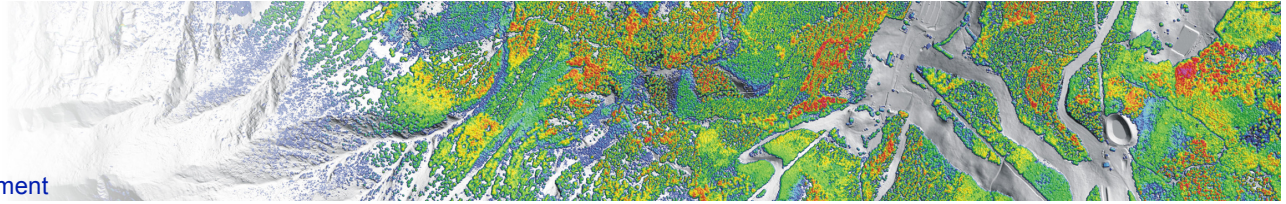
TLS Punktwolke nach Baumsegmentierung



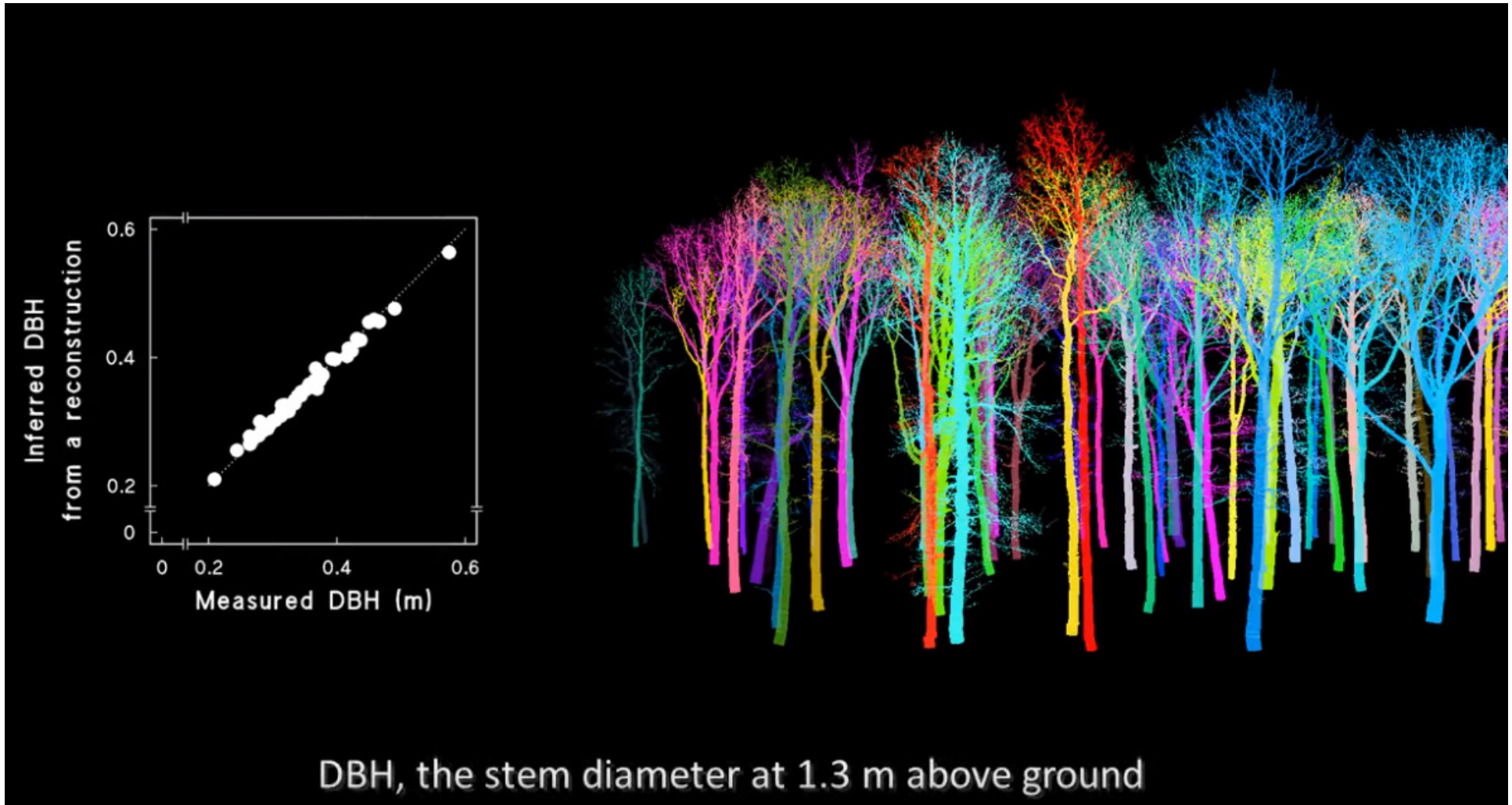


Herleitung der Baumhöhen aus TLS Punktwolken

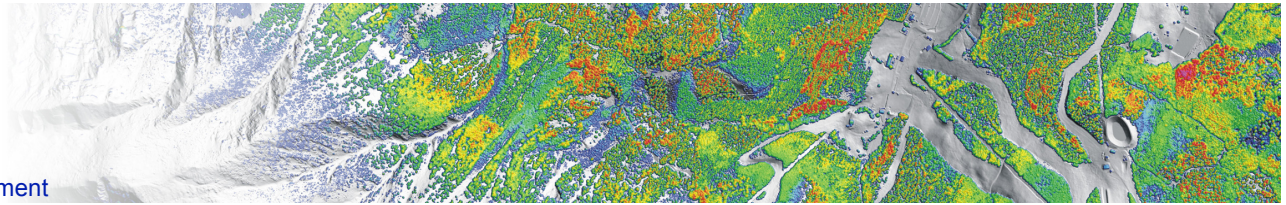




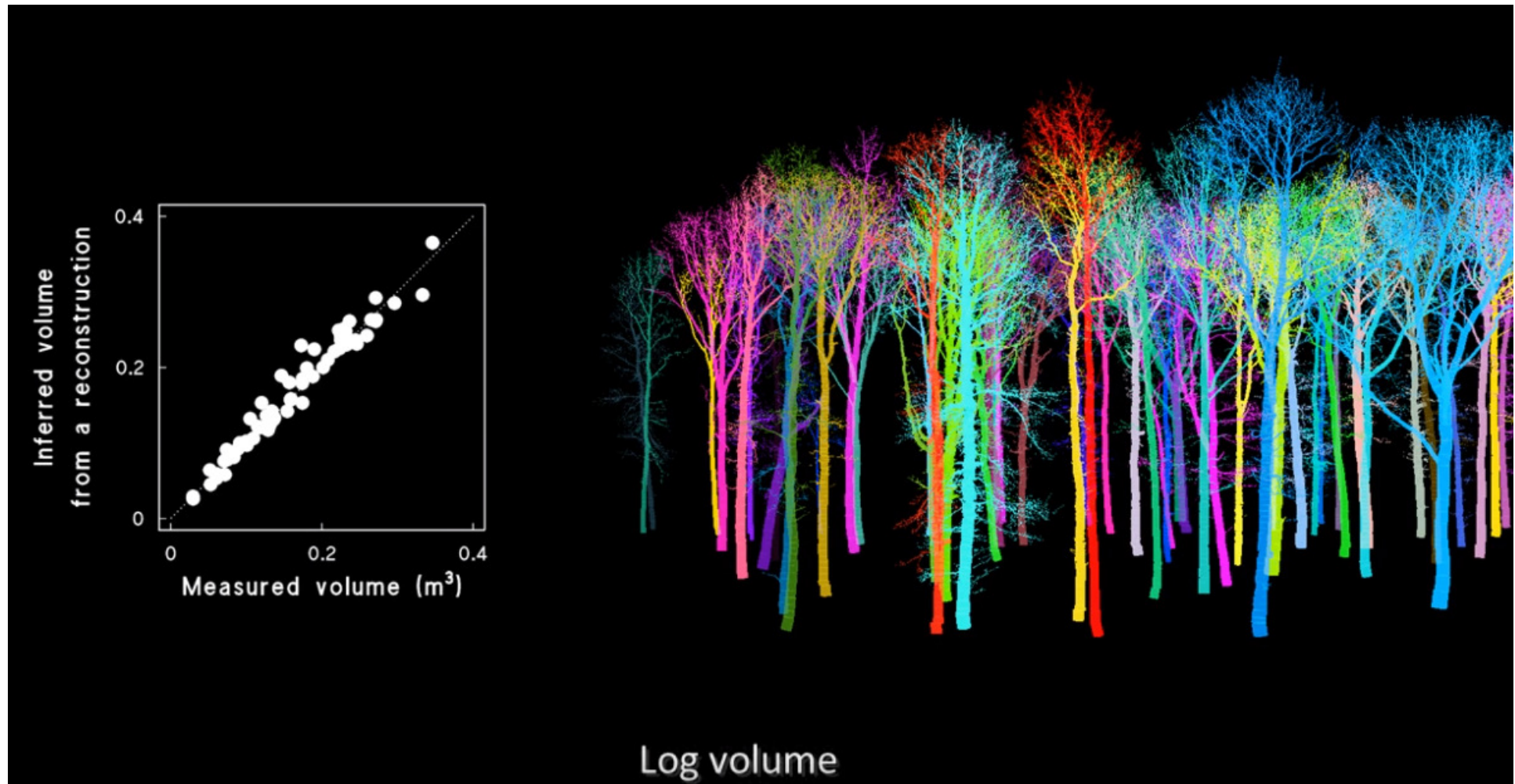
Herleitung der Durchmesser aus TLS Punktwolken

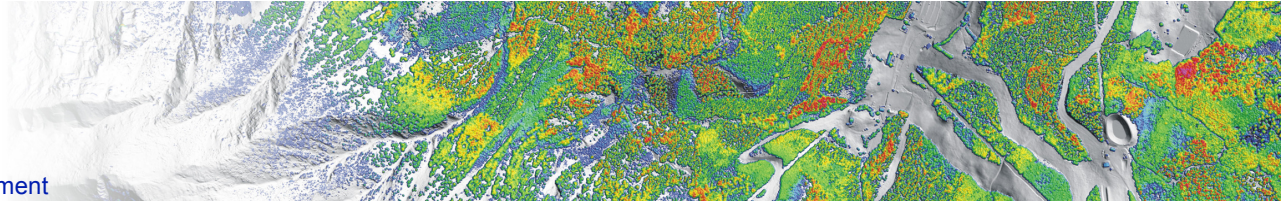


DBH, the stem diameter at 1.3 m above ground

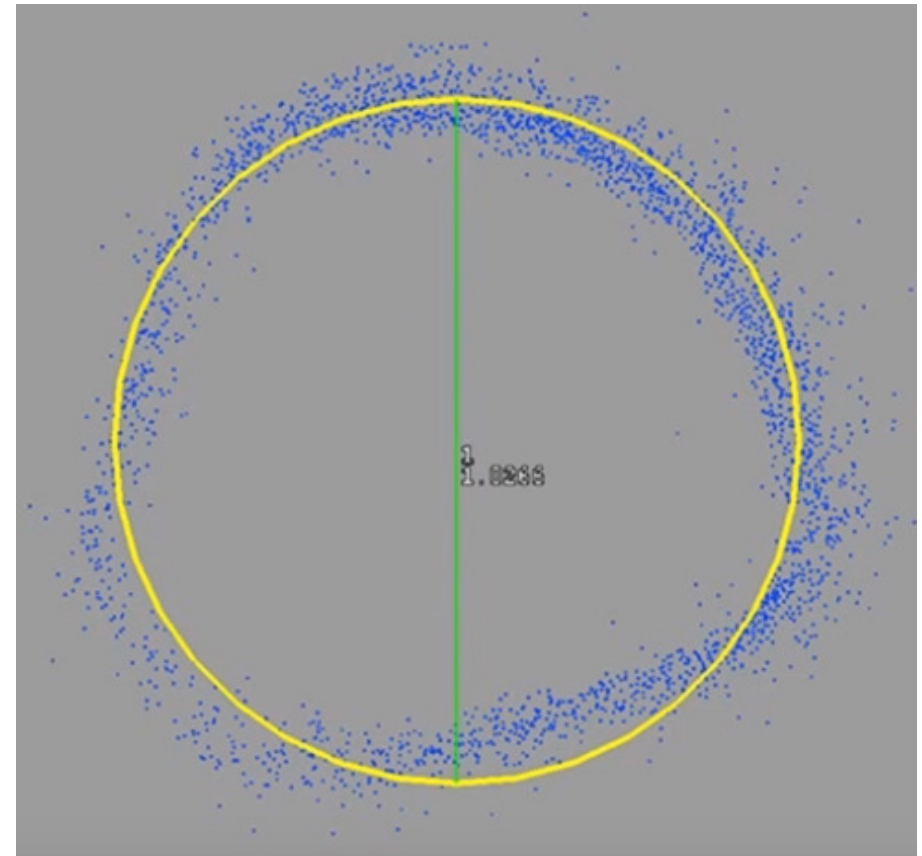
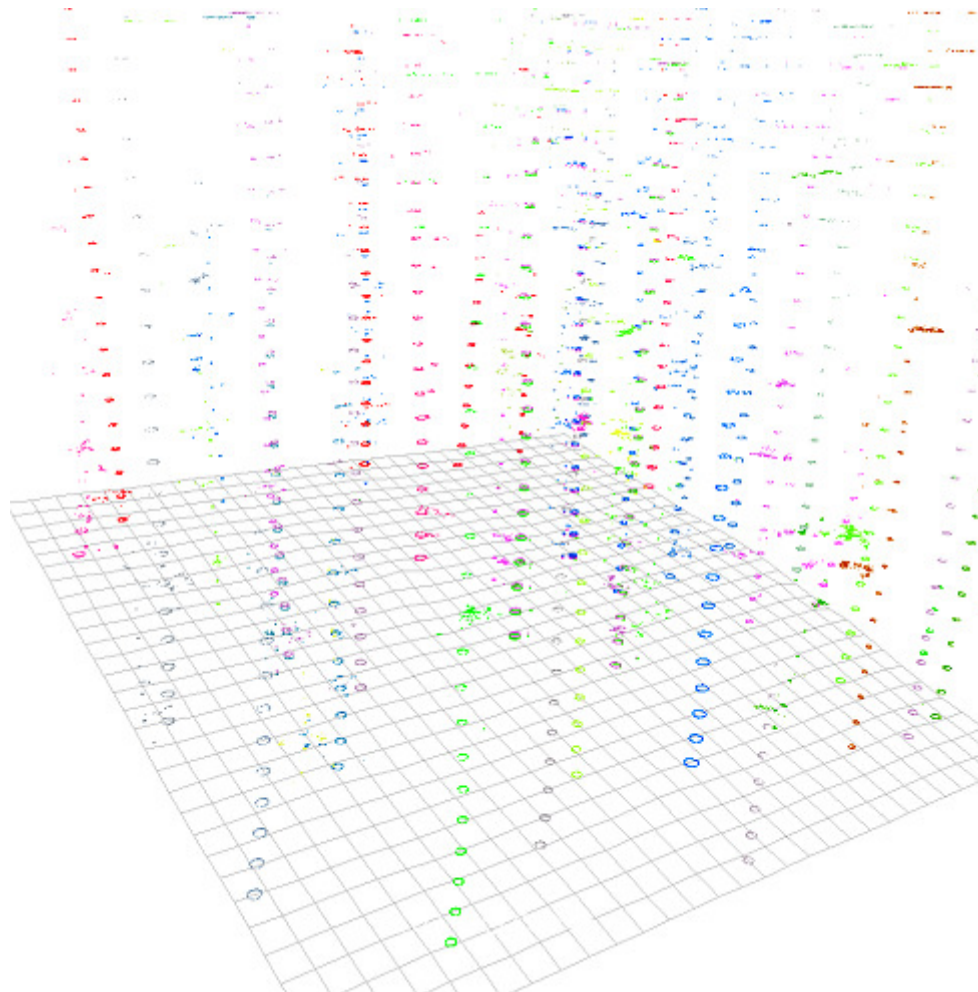


Herleitung der Baumvolumina aus TLS Punktwolken

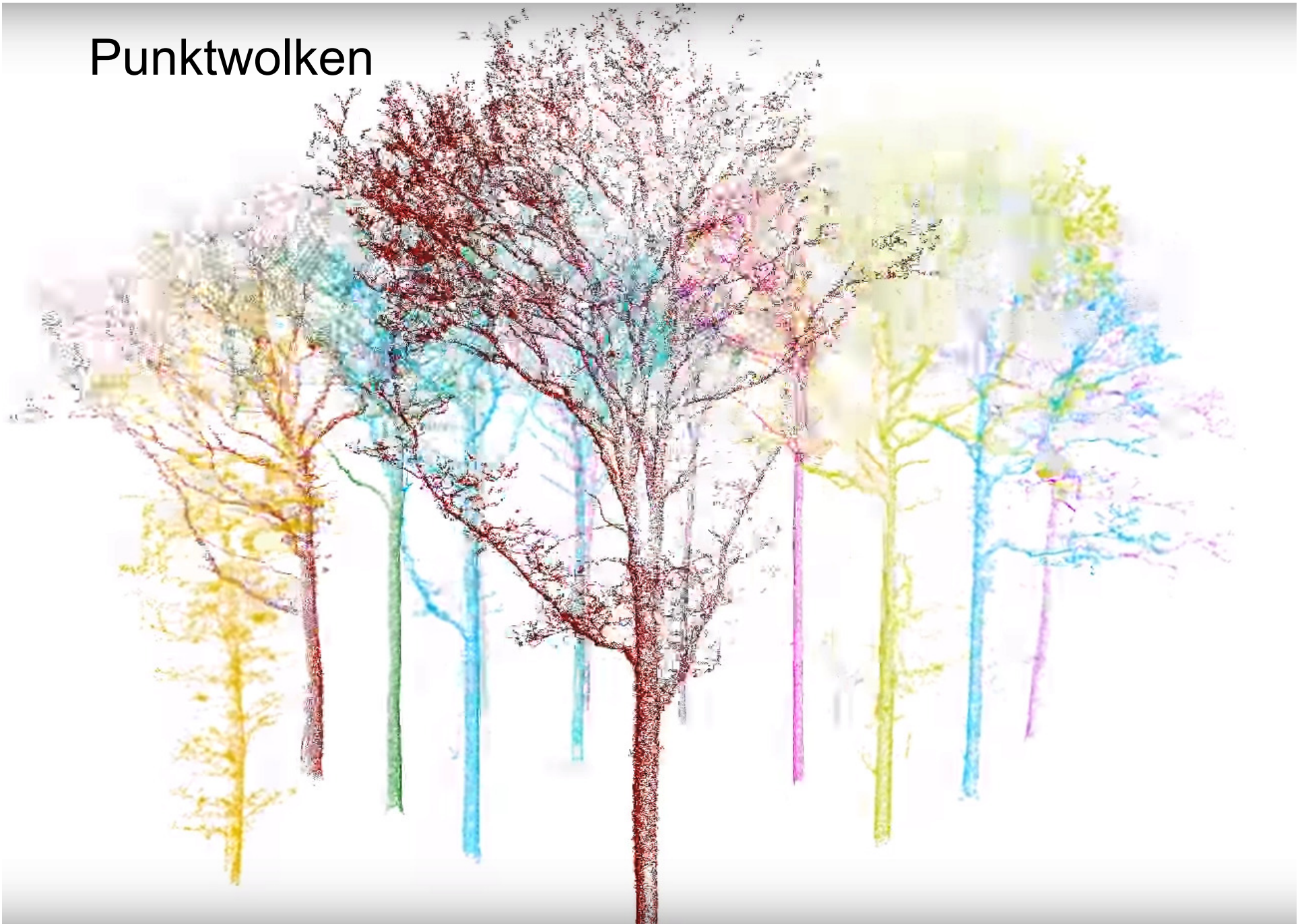




Herleitung der Durchmesser aus TLS Punktwolken



Punktwolken

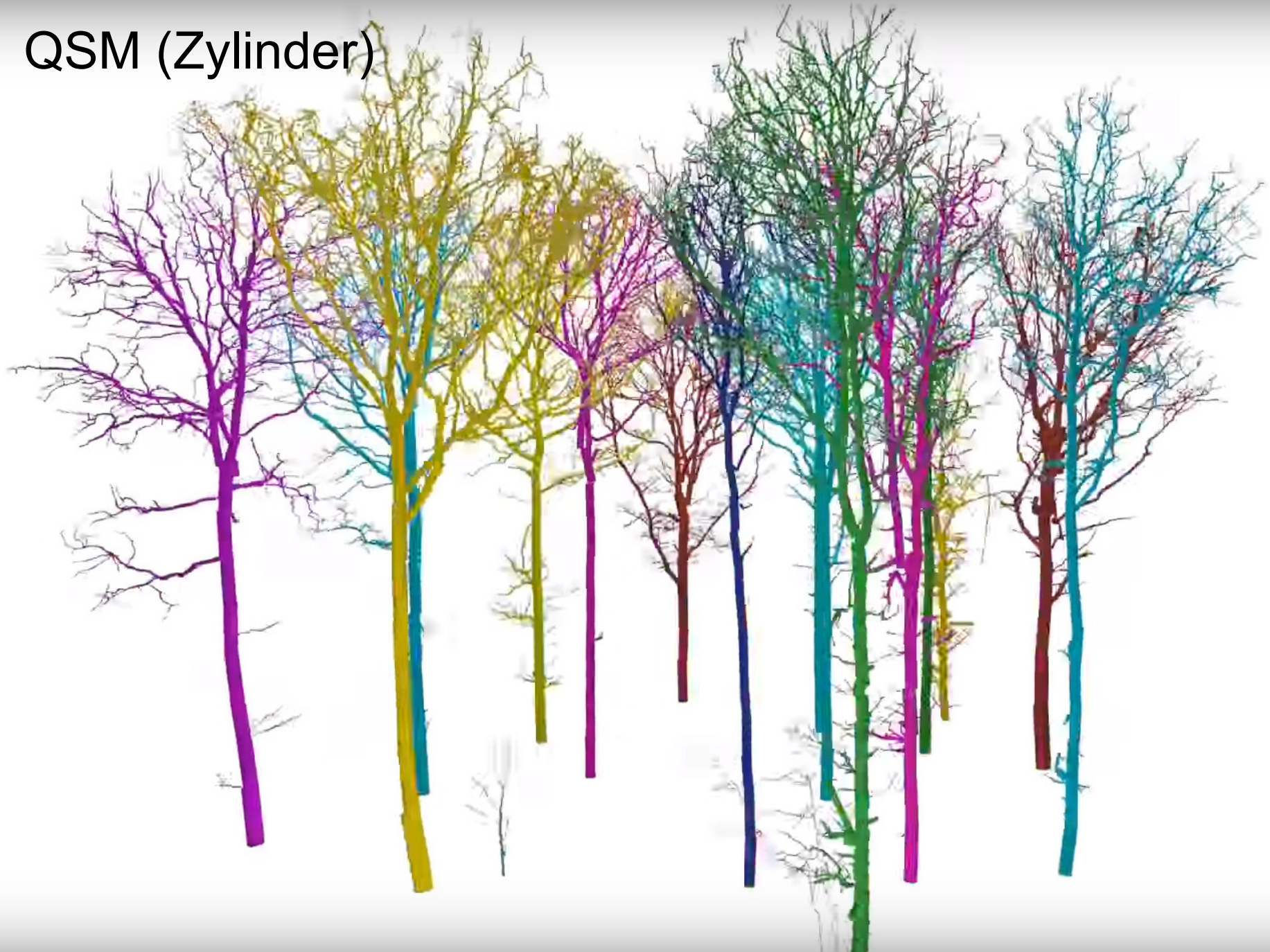


TLS im Wald

Umweltdata

Wolfsgraben, 17. Dezember 2019

QSM (Zylinder)

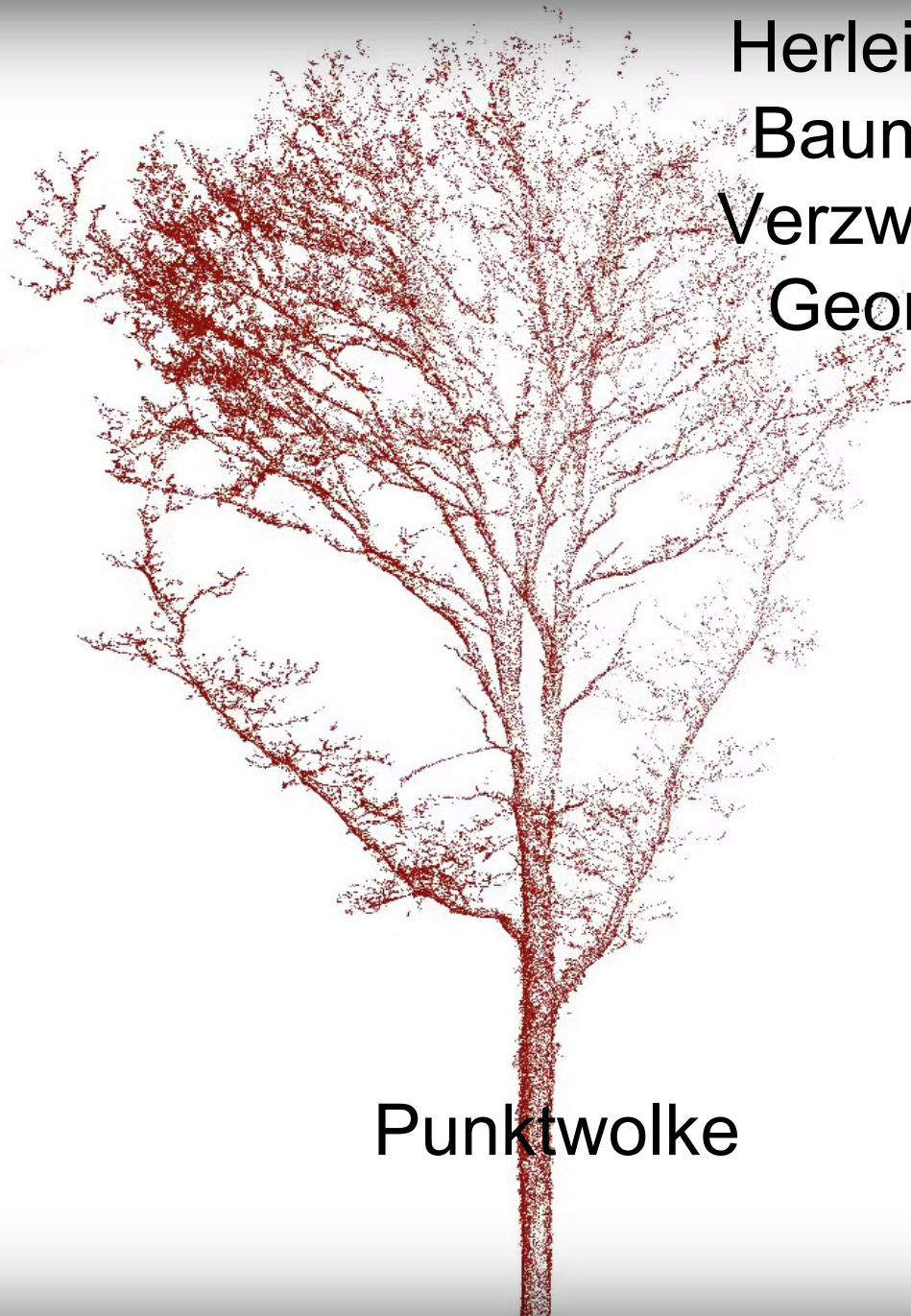


TLS im Wald

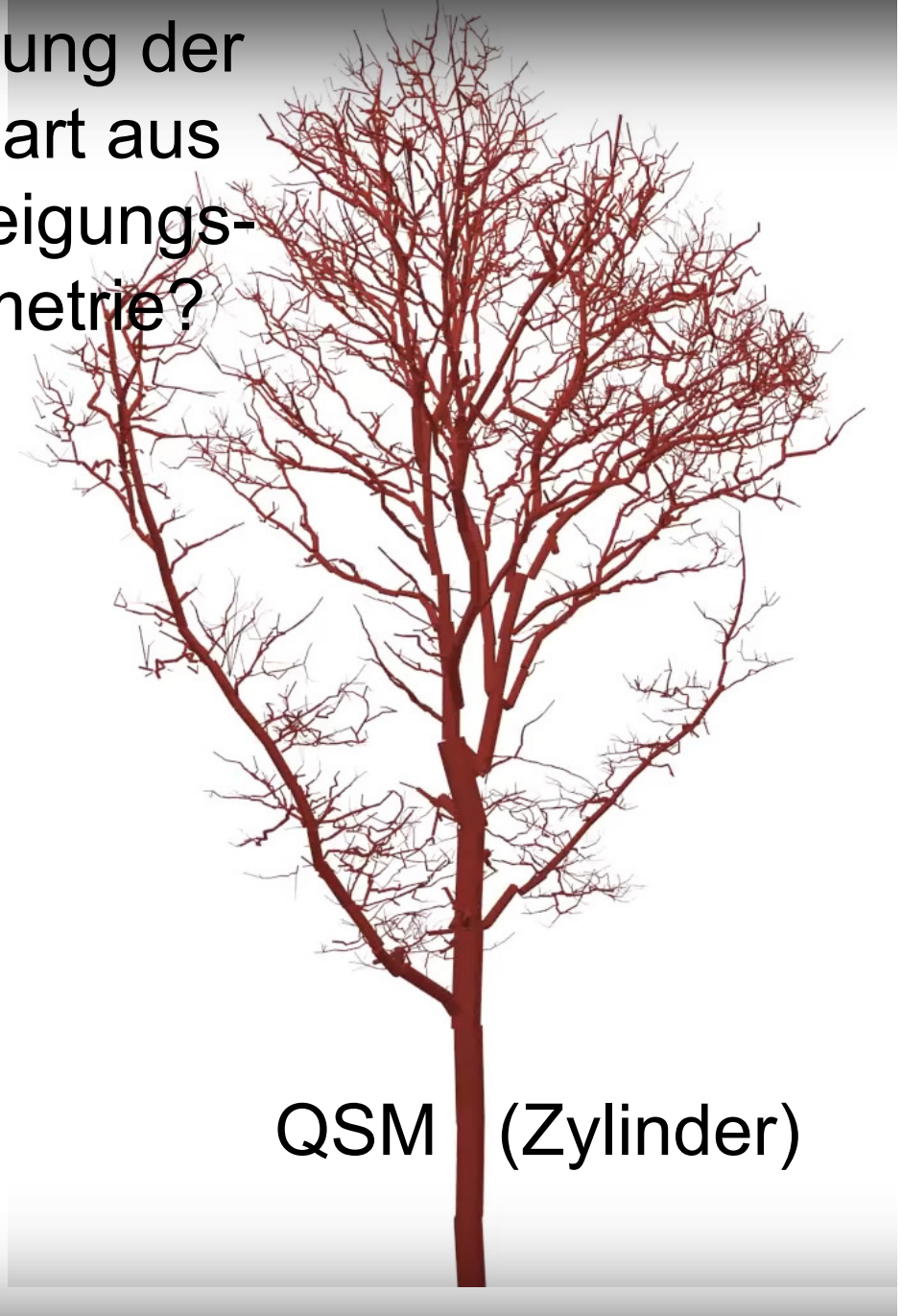
Umweltdata

Wolfsgraben, 17. Dezember 2019

Herleitung der Baumart aus Verzweigungs- Geometrie?



Punktwolke



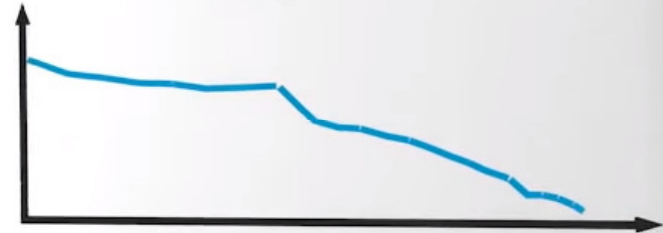
QSM (Zylinder)



Basic properties

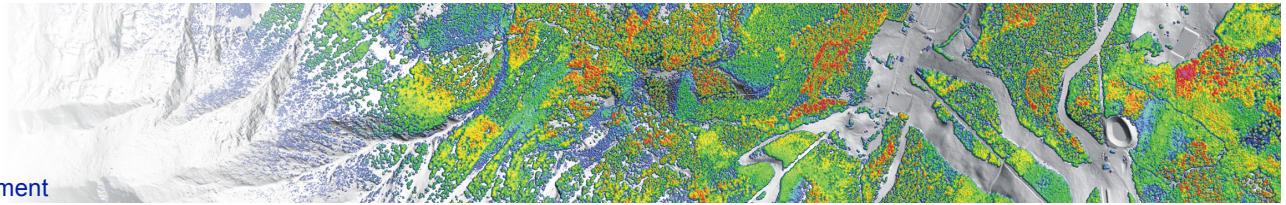
Cylinders	4625
Branches	1009
Volume	2.72 m ³
Surface area	105.9 m ²

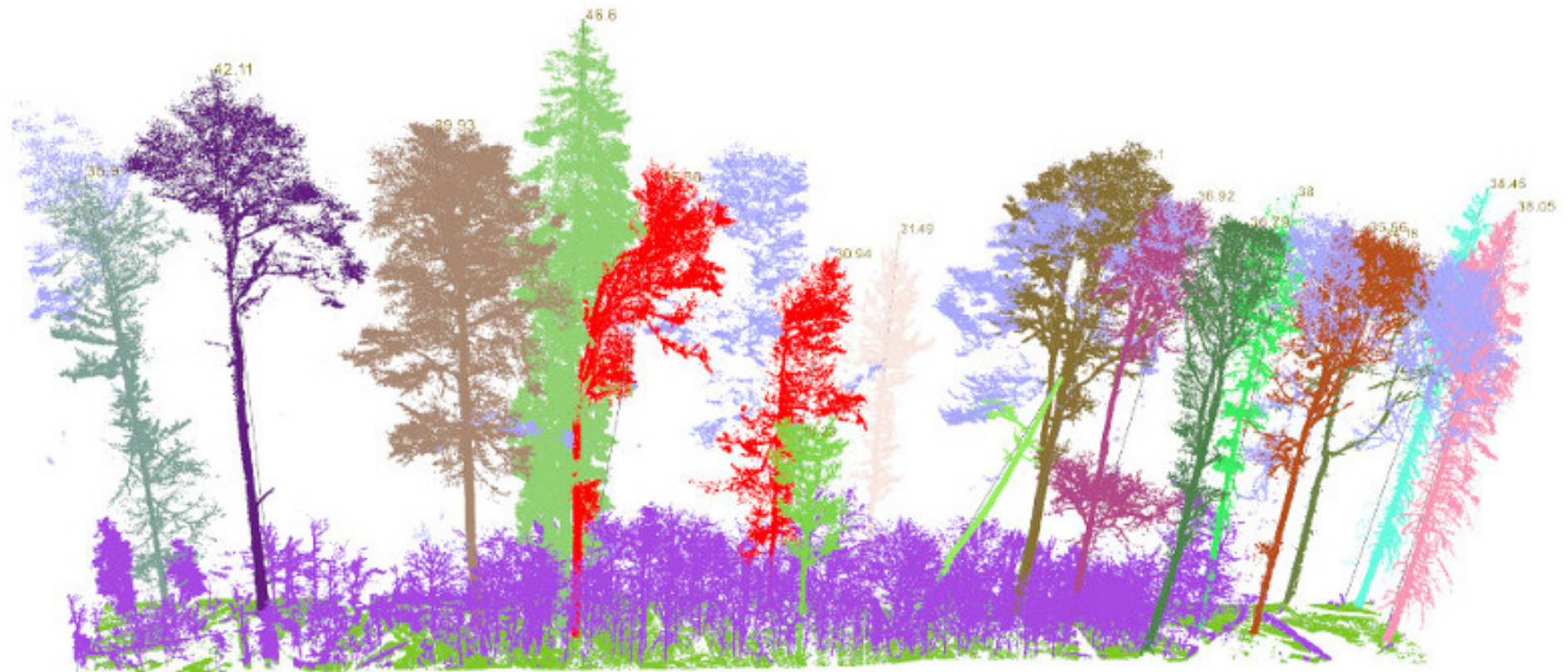
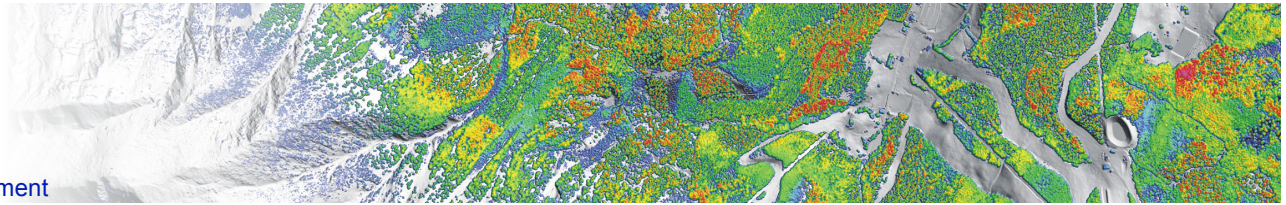
Stem taper

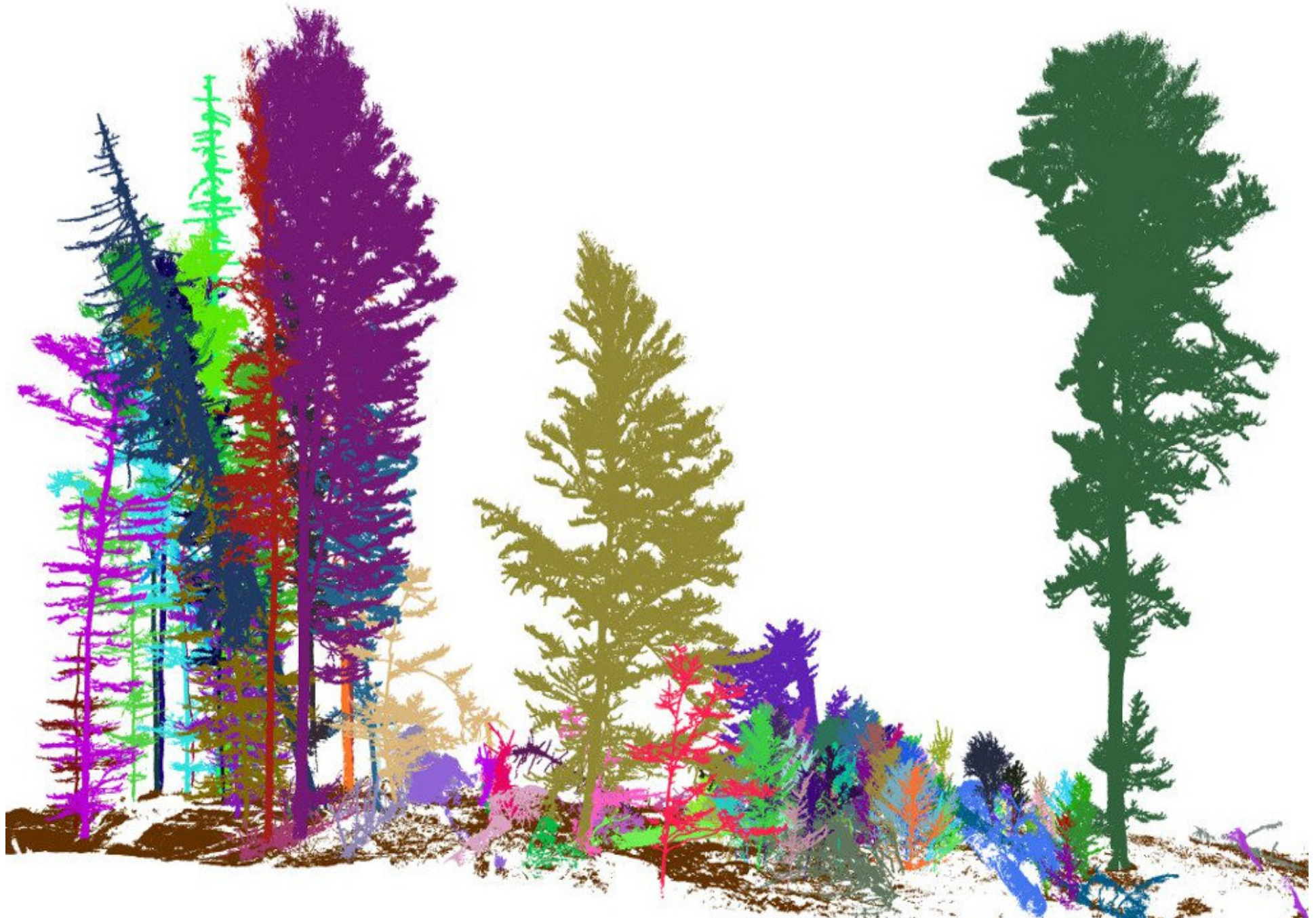


Size distribution





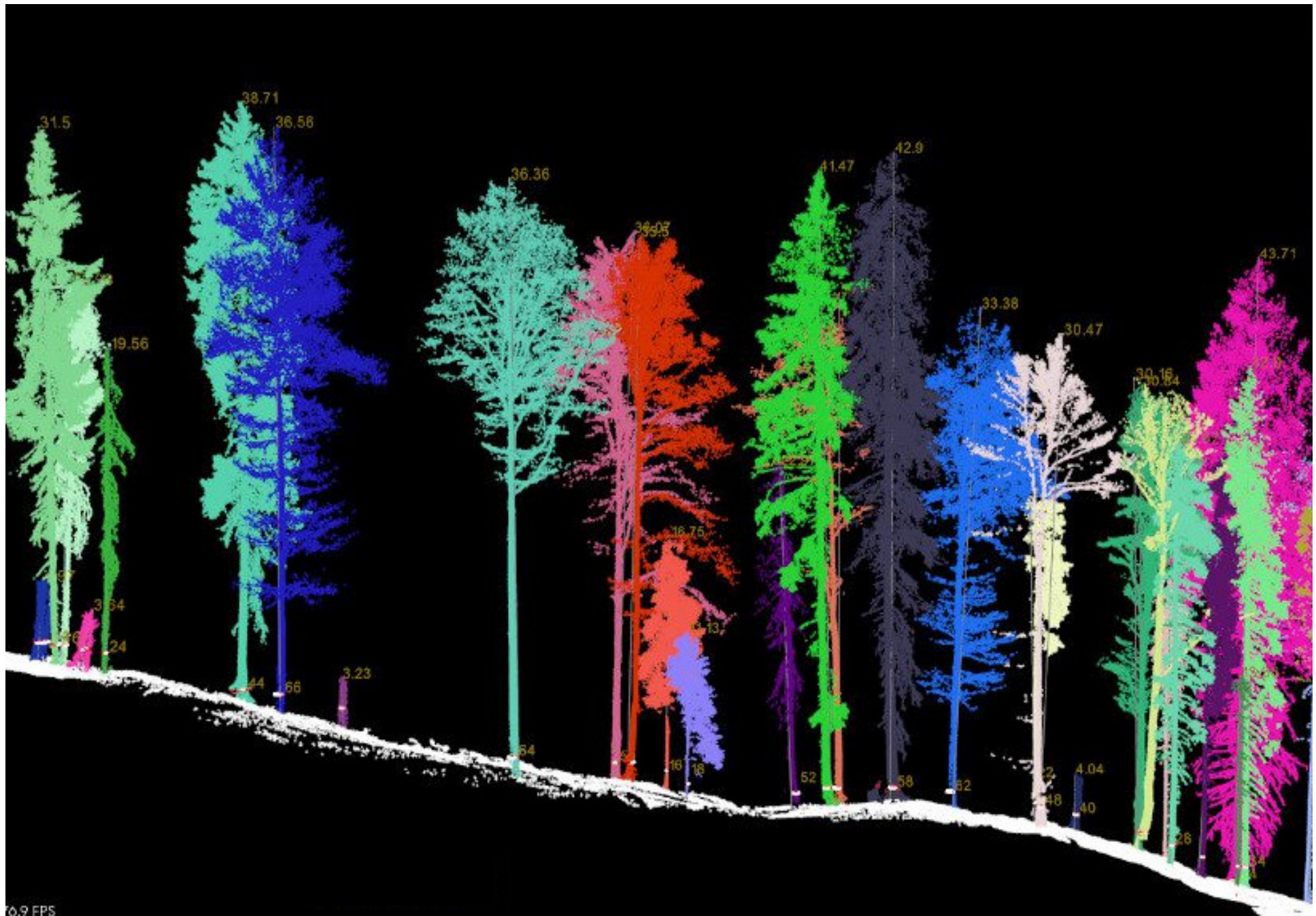




TLS im Wald

Umweltdata

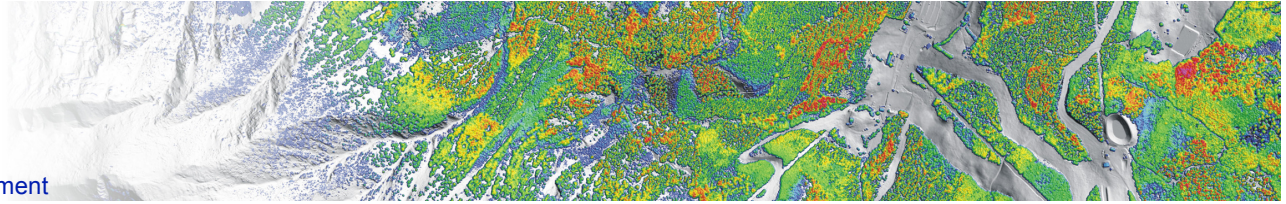
Wolfsgraben, 17. Dezember 2019



TLS im Wald

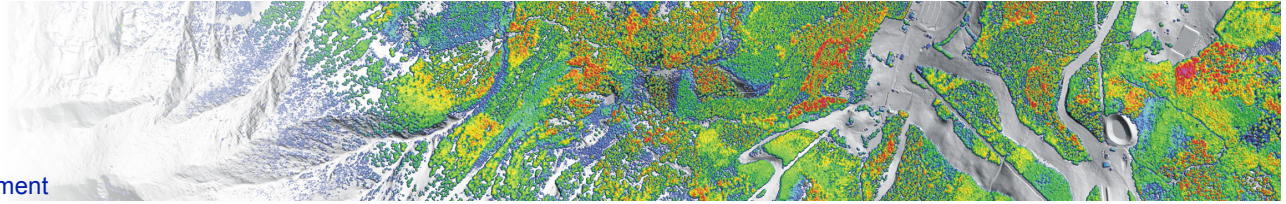
Umweltdata

Wolfsgraben, 17. Dezember 2019

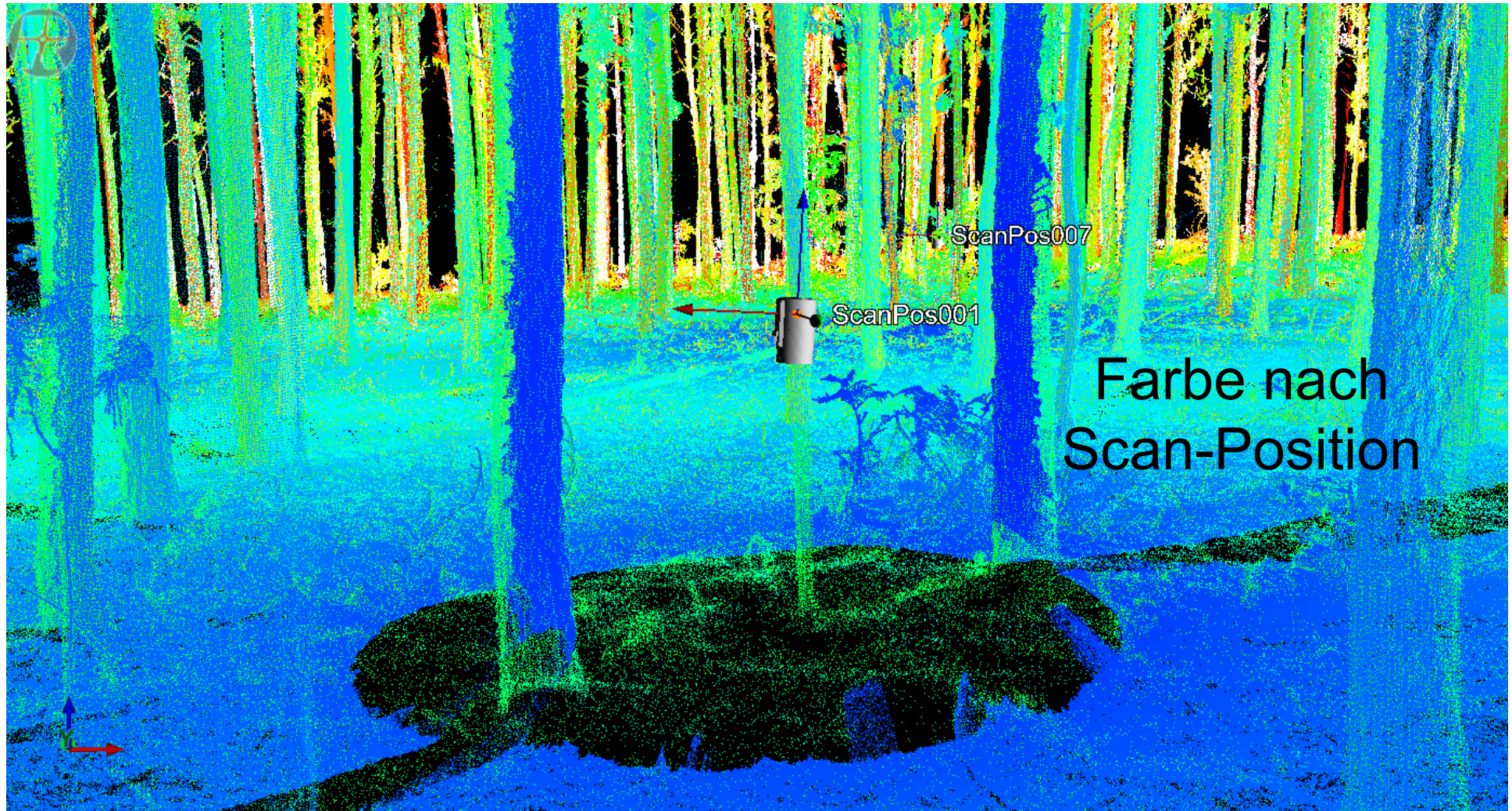


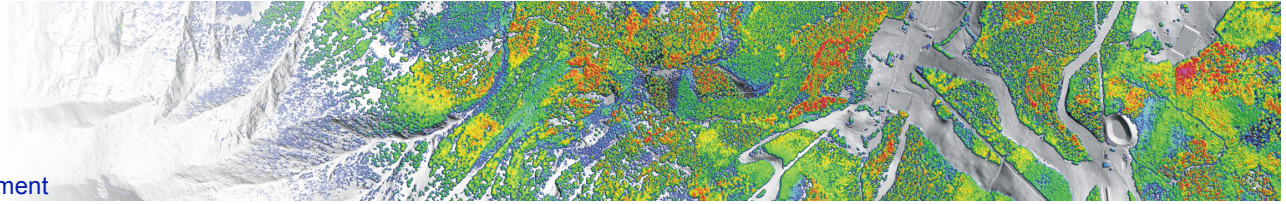
Faber-Castell Plantagen Minas Gerais Brazil





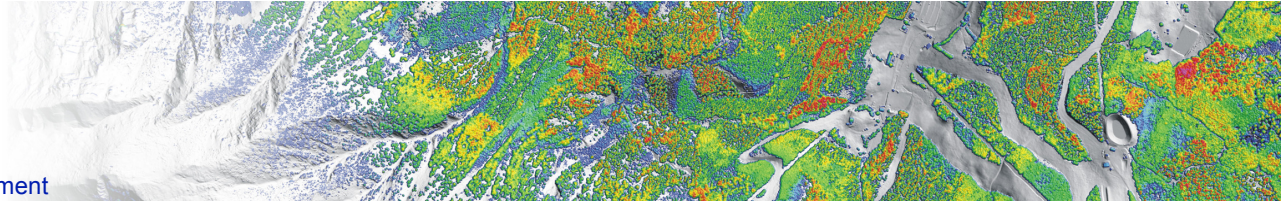
Faber-Castell Plantagen Minas Gerais Brazil





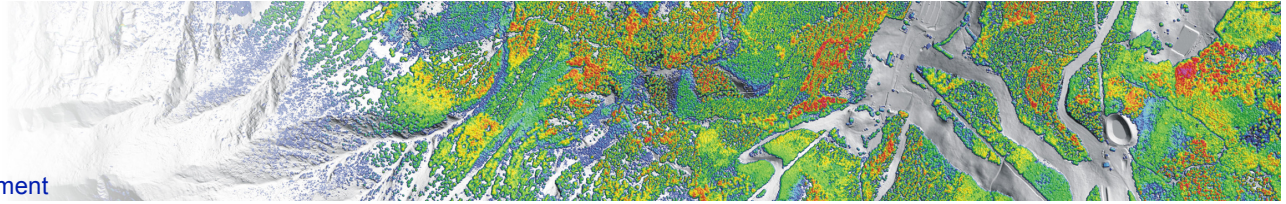
Wienerwald Buchen-Hallenbestand



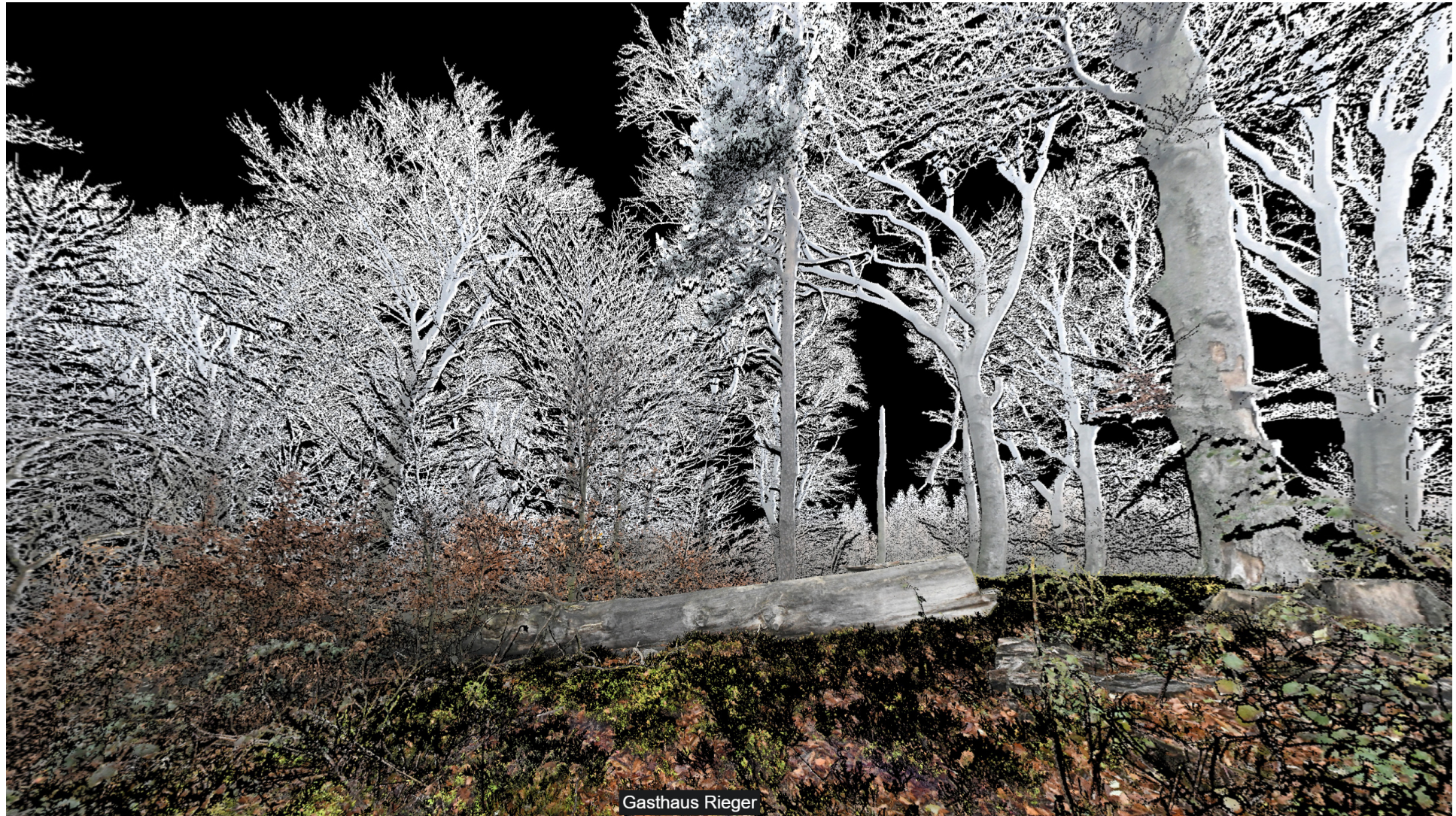


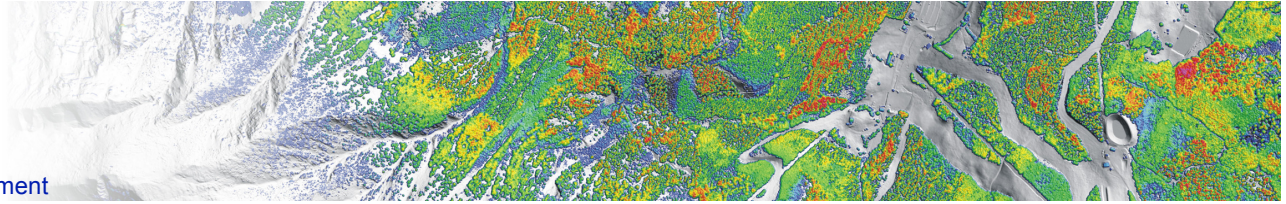
RiPano True Photo





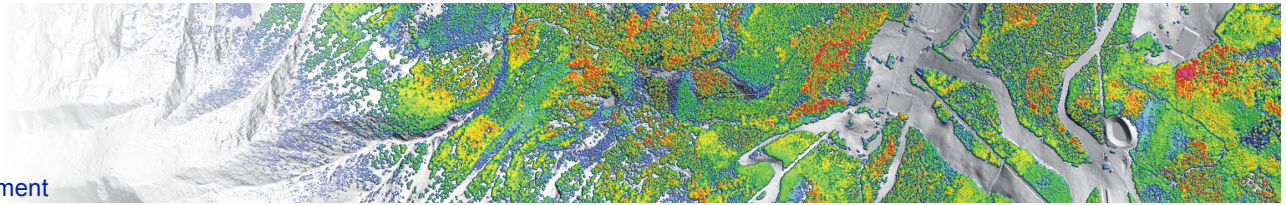
RiPano Point-Cloud True Color



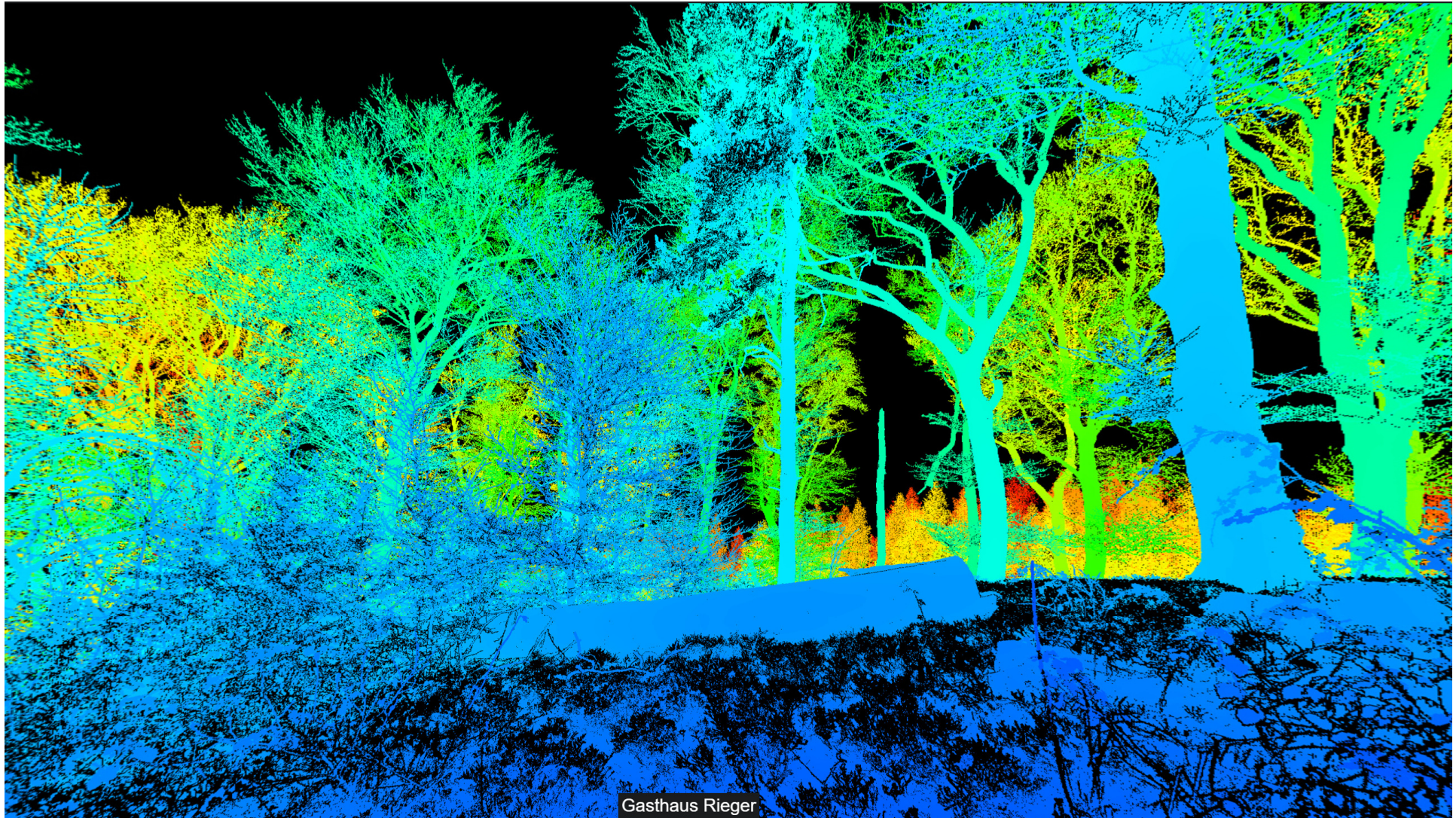


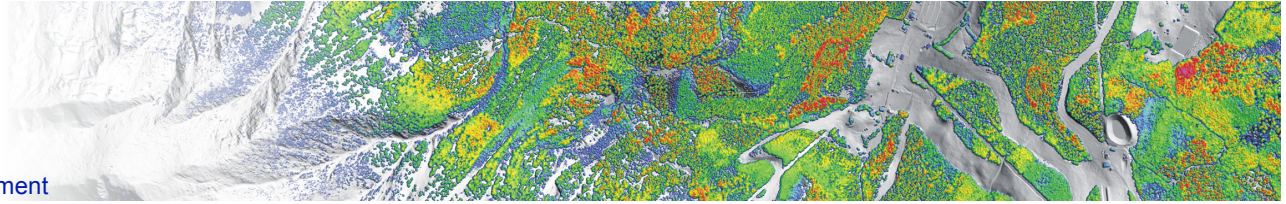
RiPano Point-Cloud Reflectance





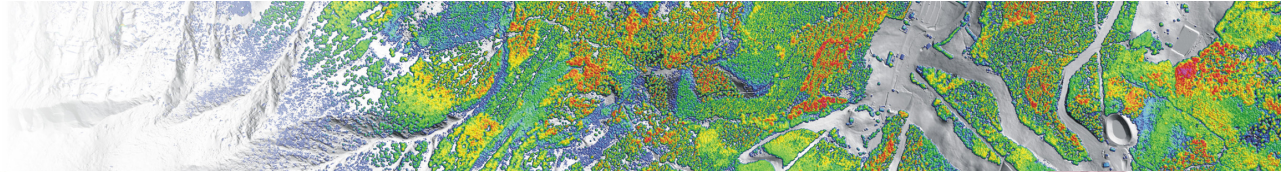
RiPano Point-Cloud Distance



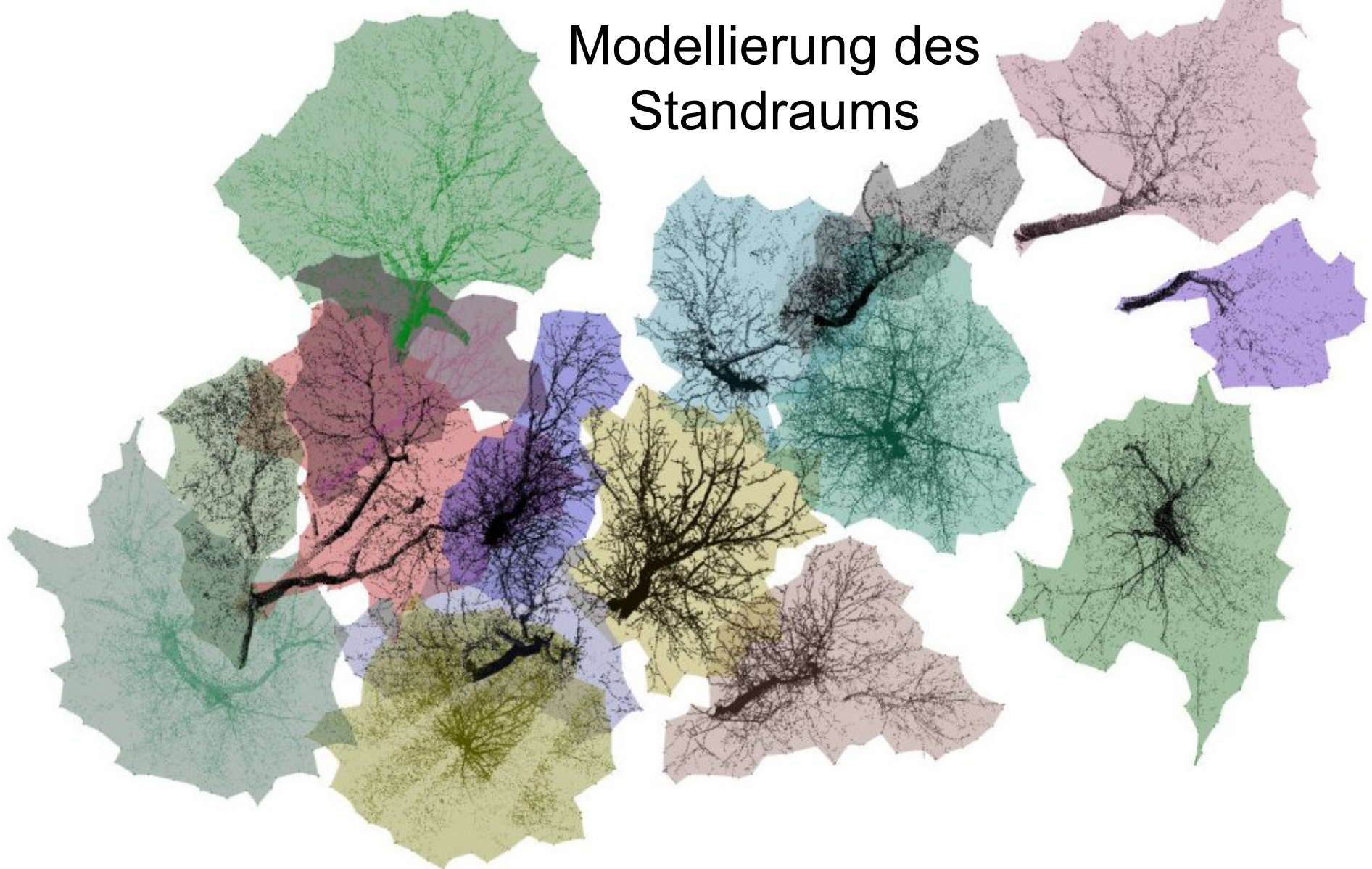


RiPano True Photo

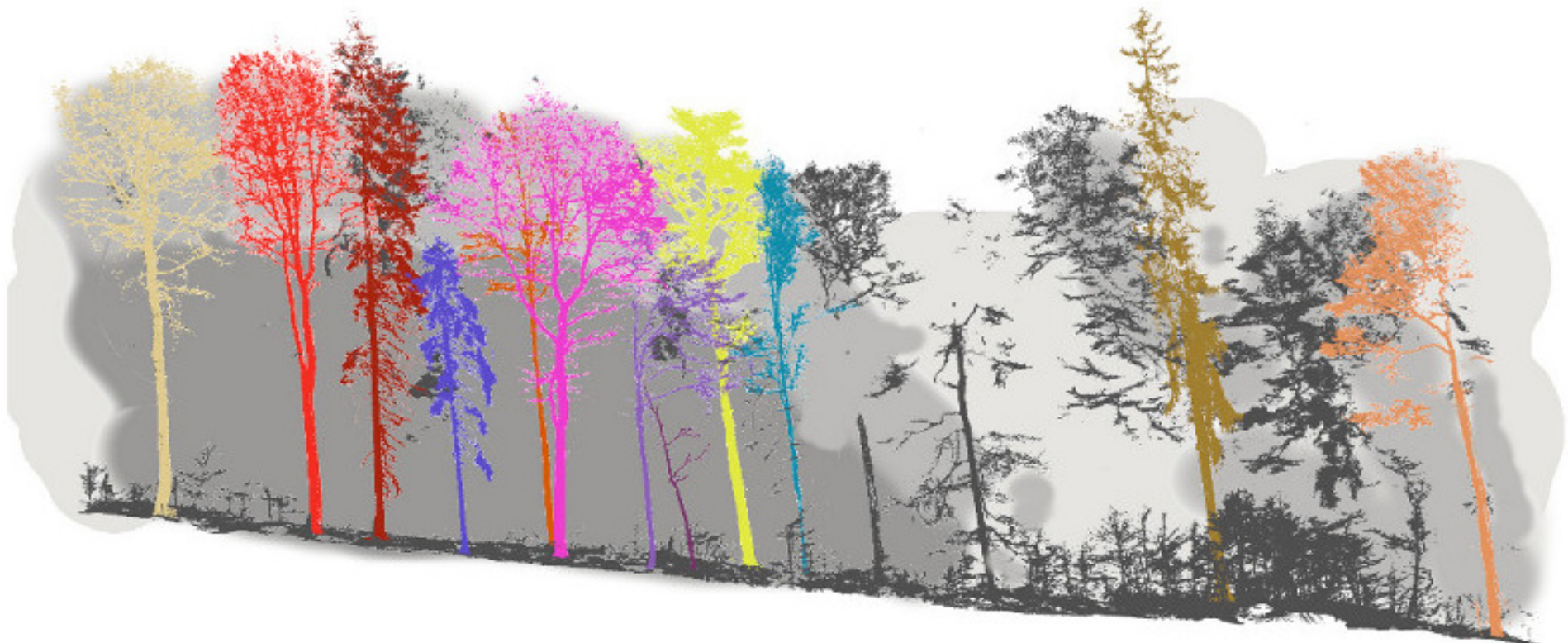




Modellierung des Standraums



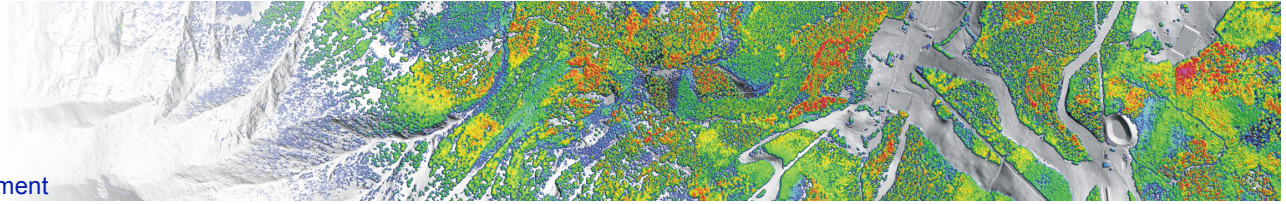
Modellierung der Sonneneinstrahlung



TLS im Wald

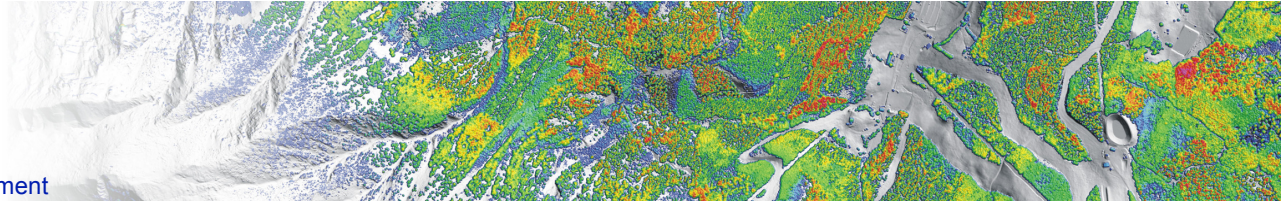
Umweltdata

Wolfsgraben, 17. Dezember 2019



Die Beispieldaten stammen von:

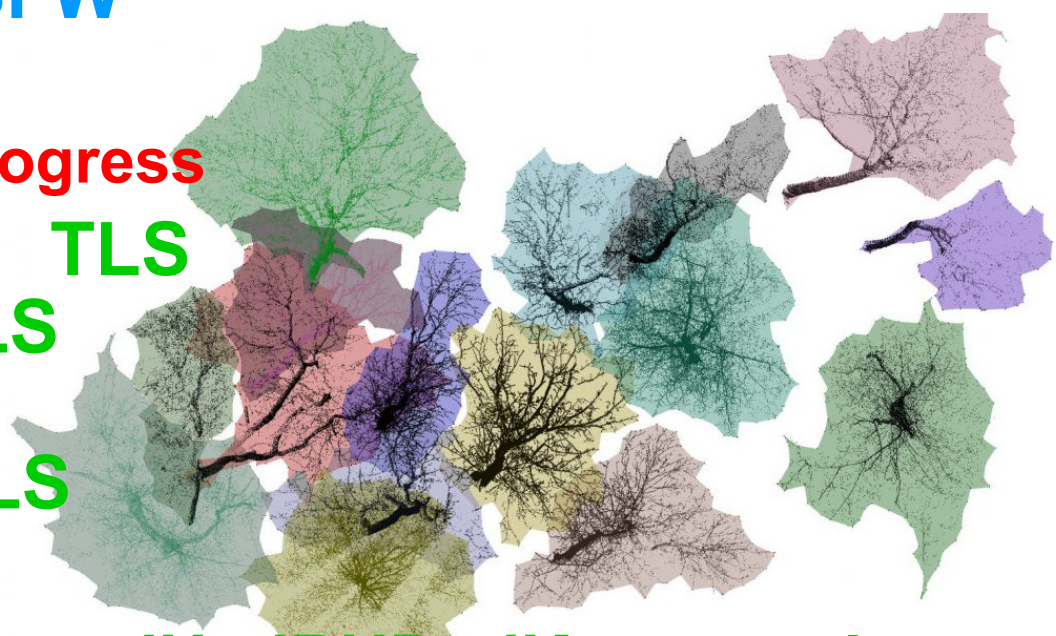
- > **Universität Tampere, Finnland**
- > **3D-Forest Tschechien**
- > **Dendro Cloud Slowakei**
- > **Umweltdata GmbH**

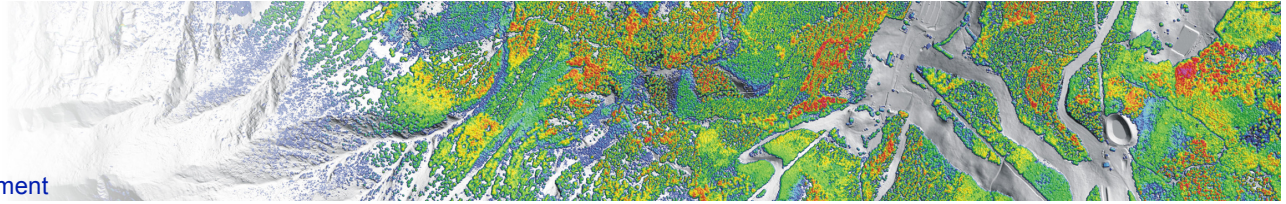


Einzelbaumweise Waldwachstumsmodellierung

Zuwachs als Funktion von:

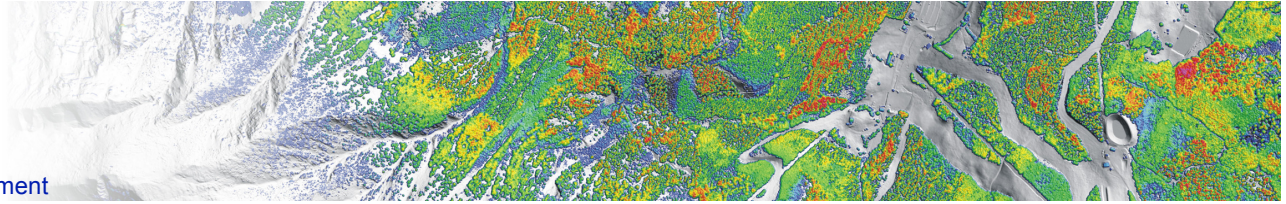
- ✓ - Exposition, Neigung, Seehöhe, Meso-Relief **TLS**
- ✓ - Temperatur, Niederschlag + Verteilung **ZAMG**
- ✓ - Boden (Geologie) **BFW**
- (- Humus) ?
- Baumart ?? **work in progress**
- ✓ - BHD, Höhe, Biomasse **TLS**
- ✓ - Kronengröße, LAI **TLS**
- ✓ - Konkurrenz (Abstand zu Nachbarbäumen) **TLS**
- ~~- Alter ?~~ **TLS-Zeitreihen: dH, dBHD, dKronenvolumen**





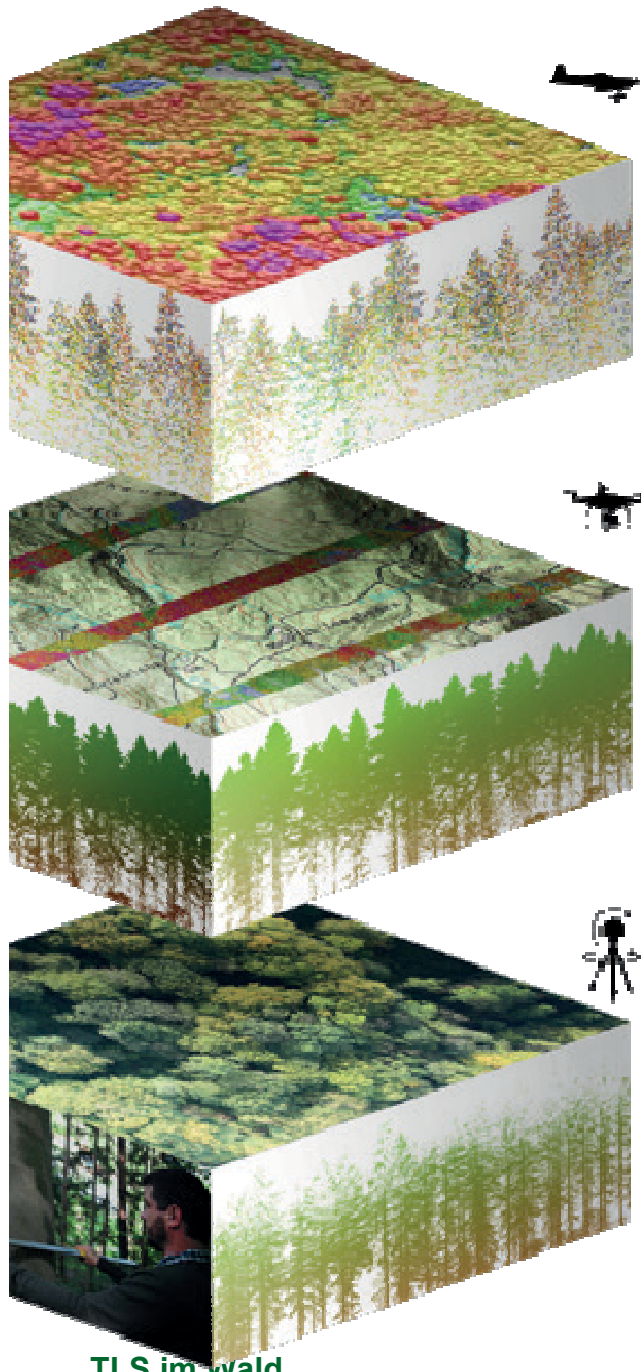
2- oder 3 - Phasen Forstinventur

- Motivation, Ursprung
- Konzepte, Phasen I – II – III
- Nutzen für den Kunden
- Schnittstellen (Ressourcen-Kartierung, Forsteinrichtung, Wachstums-Simulation)
- Update-Strategien



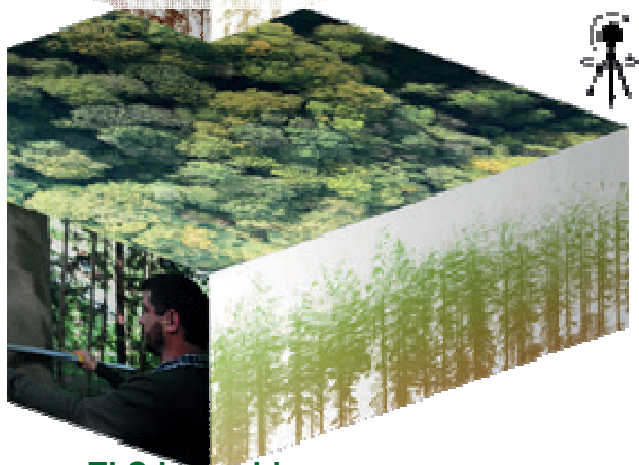
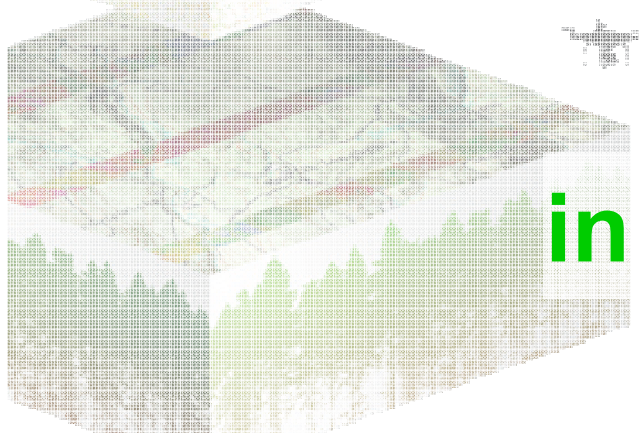
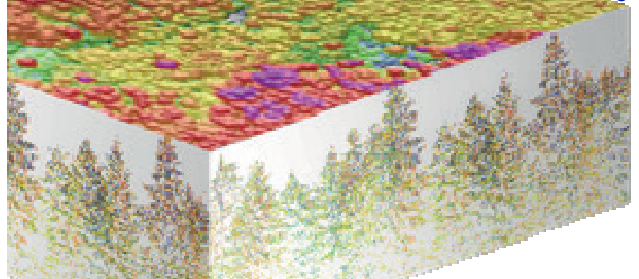
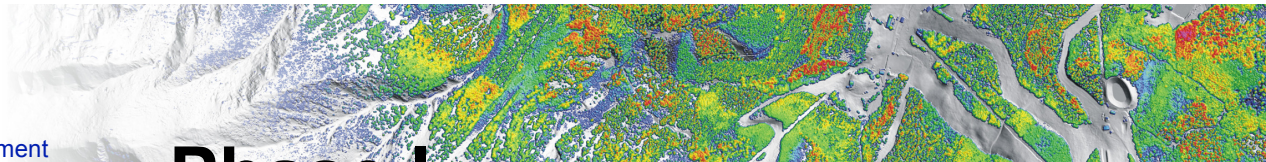
Motivation

- Optimierung der Kosten-Nutzen-Relation von Forstinventuren mittels Fernerkundungsdaten
- Vermeiden und Erkennen von systematischen Fehlern bei der Feldarbeit
- Direkter Datenfluss von der Fernerkundung zur Forstkarte und zum Management-Plan
- Ermöglichung schneller und kostengünstiger Datenaktualisierung
- Monitoring ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeitskriterien



TLS im wald

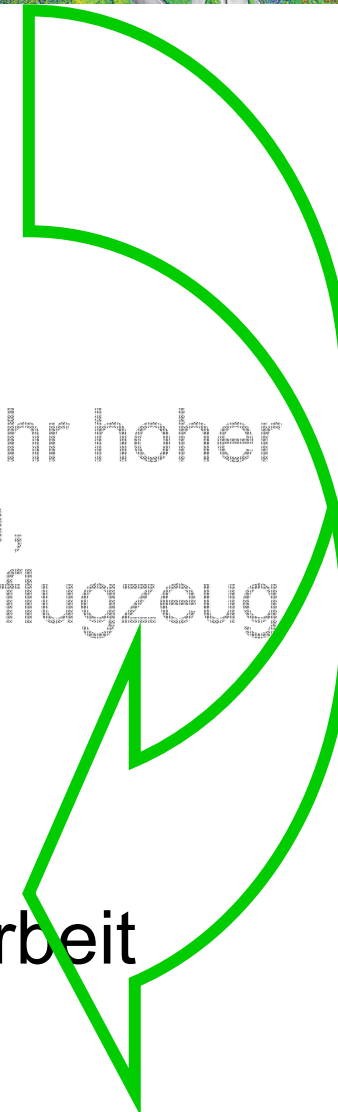
- **Phase I**
ALS flächendeckend
- **Phase II**
ALS Transekte mit sehr hoher Punktdichte; Drohnen, Helicopter, Ultraleichtflugzeug
- **Phase III**
TLS und / oder Feldarbeit

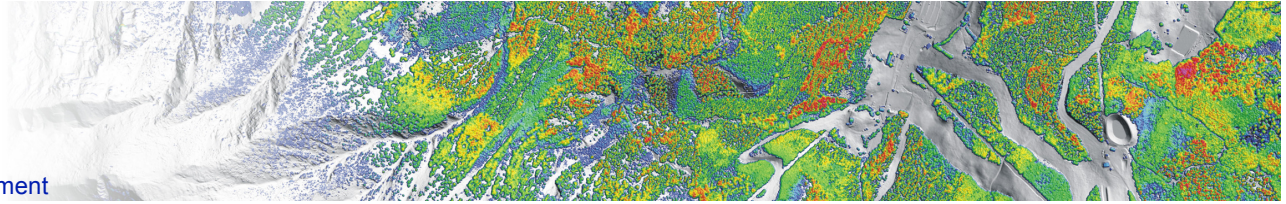


TLS im Wald

- **Phase I**
ALS flächendeckend
4 – 16 Pulse / m²
- **Phase II**
ALS Transekte mit sehr hoher
Dunkellichte: Drohnen,
Helicopter, Ultraleichtflugzeug
100+ Pulse / m²
- **Phase III**
TLS und / oder Feldarbeit
10.000+ Pulse / m²

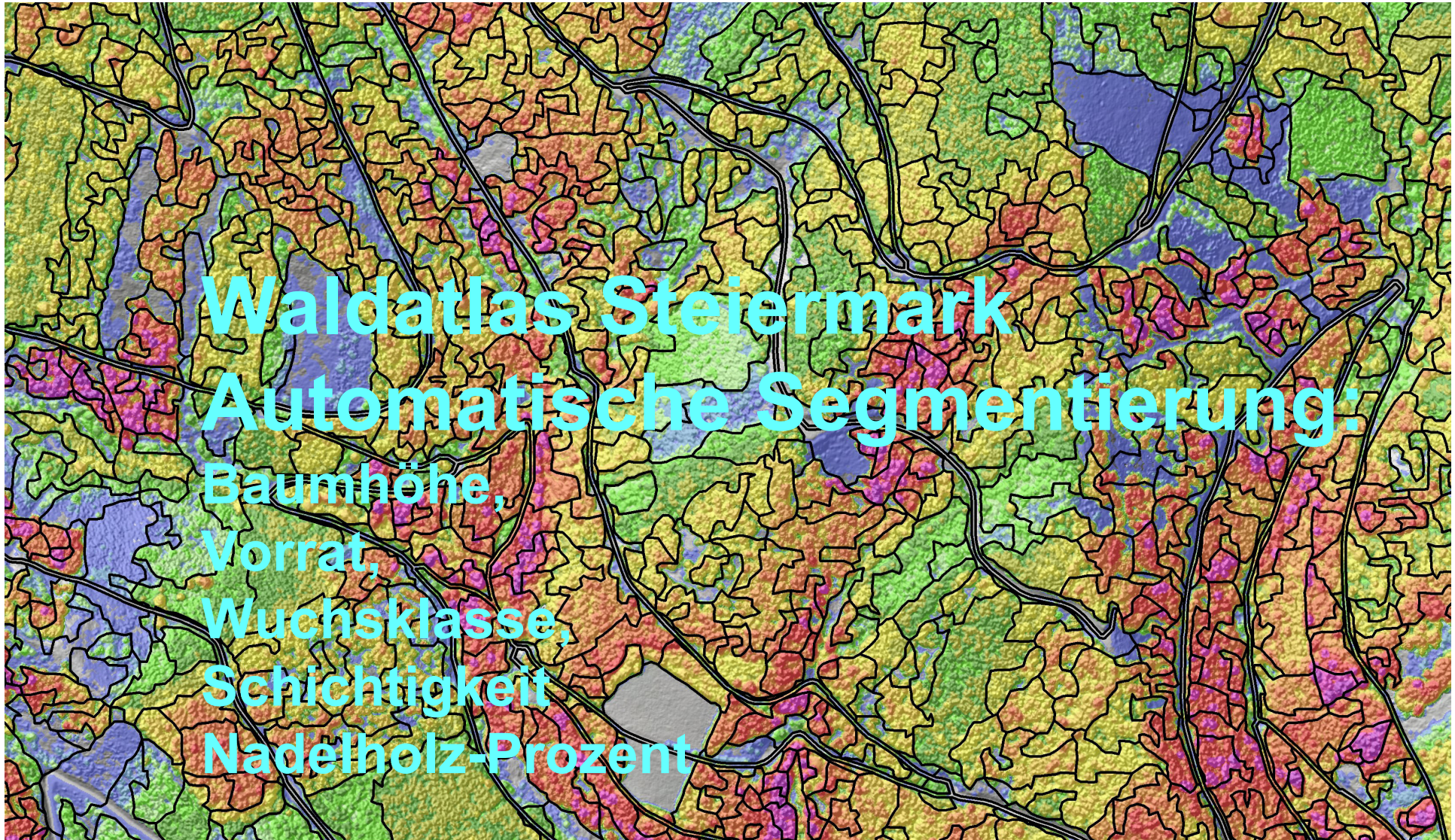
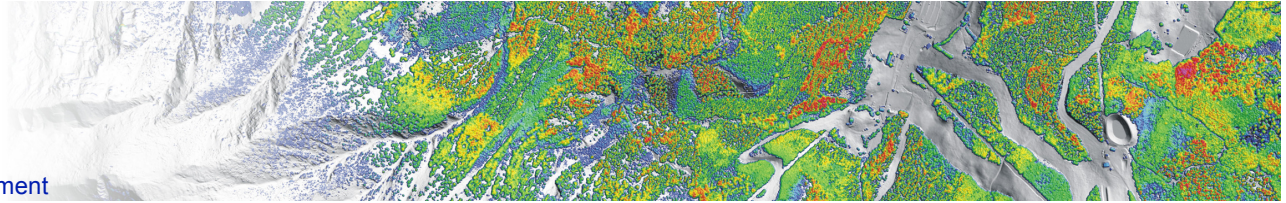
in Entwicklung





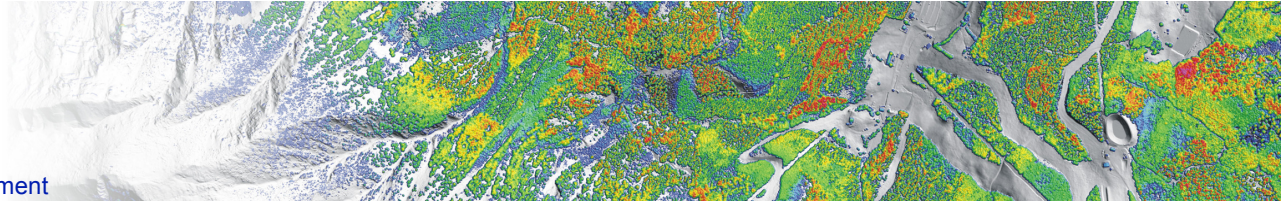
Phase I

- ALS flächendeckendes Laserscanning auf der Projektfläche mit 4-16 Pulsen / m² ohne Laub
- Sentinel Zeitreihen für Baumartenerkennung; va. Koniferen-Prozent (aktuell: BFW-Produkt)
- Automatische Segmentierung nach Kronenhöhe, Standardabweichung der KH und Koniferen%
- Berechnung der LIDAR-metrics für alle Segmente und Stratifizierung (untersch. Cluster-Konzepte)
- Design der Erhebungspunkte auf den Segmenten



Waldatlas Steiermark
Automatische Segmentierung:
Baumhöhe,
Vorrat,
Wuchsklasse,
Schichtigkeit
Nadelholz-Prozent

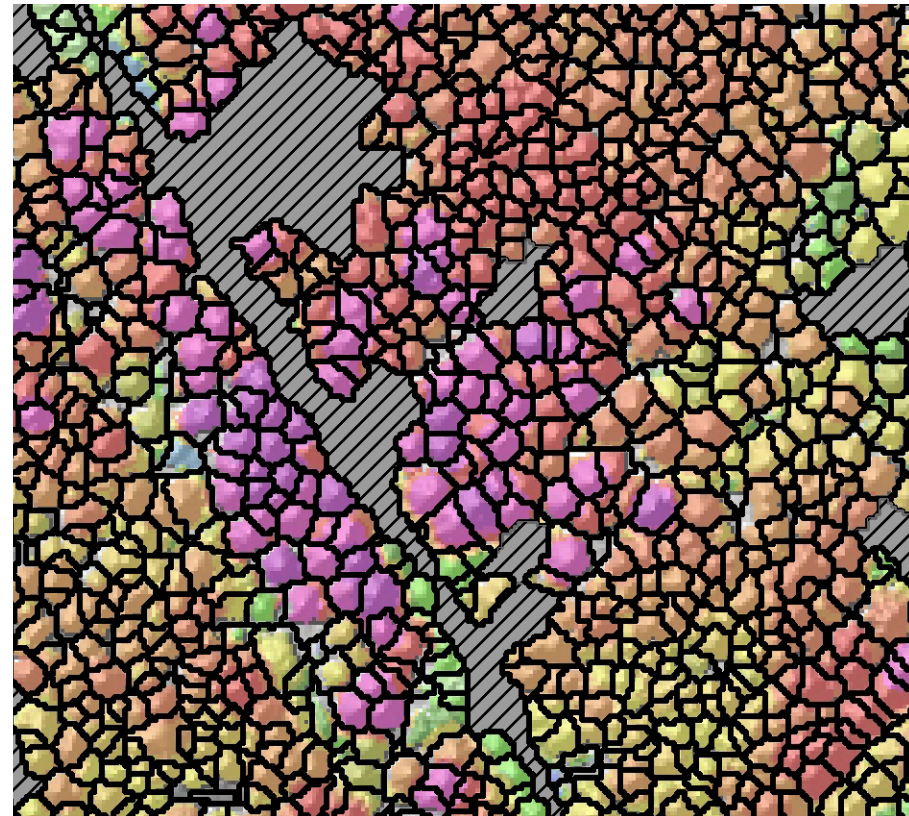


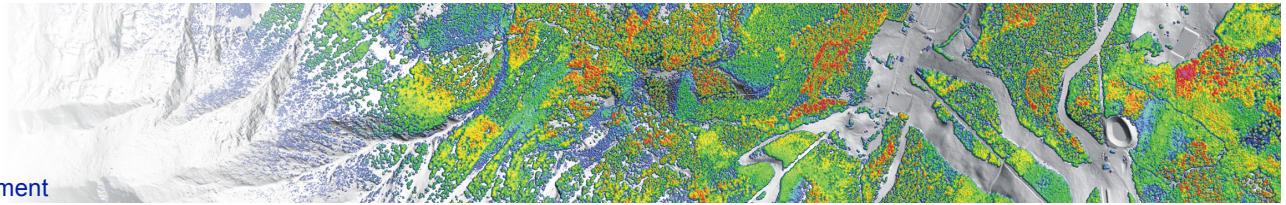


• UWD Segmentierung von Waldbeständen (1)

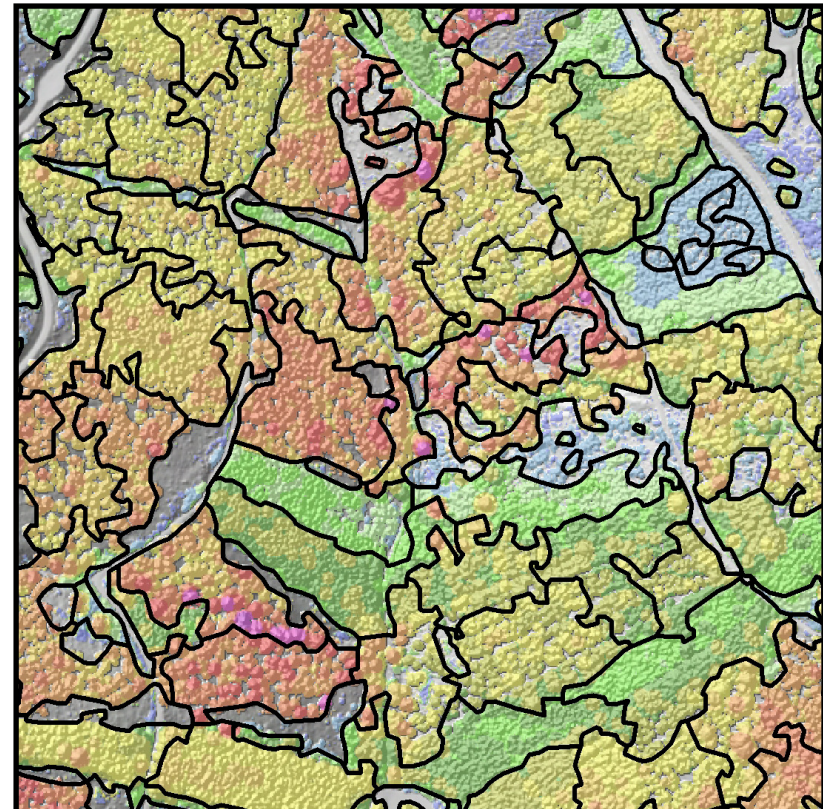
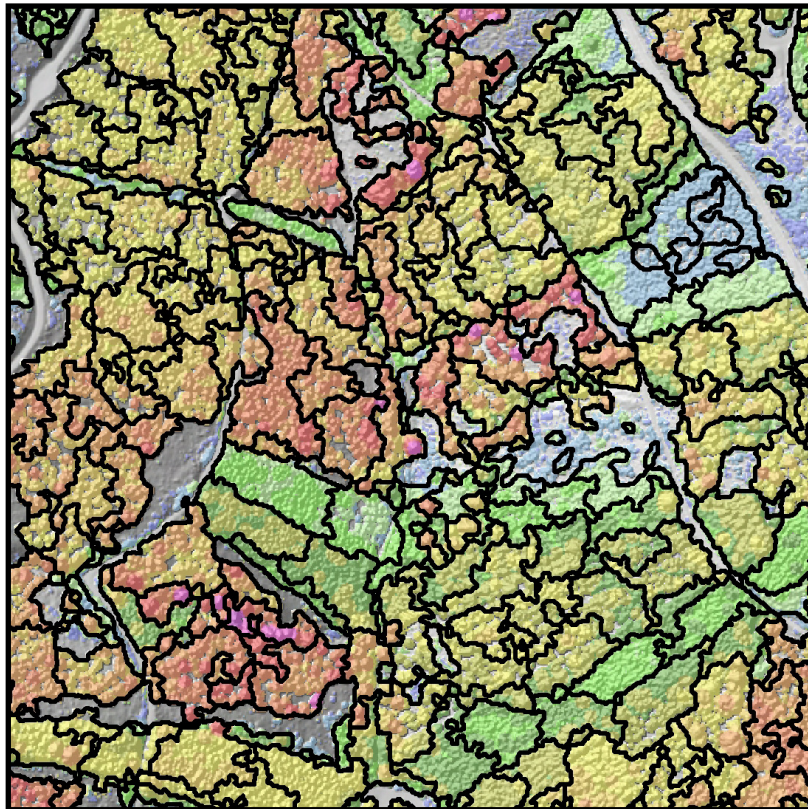
- **Ziel:**
- Segmente mit homogenen Waldbeständen

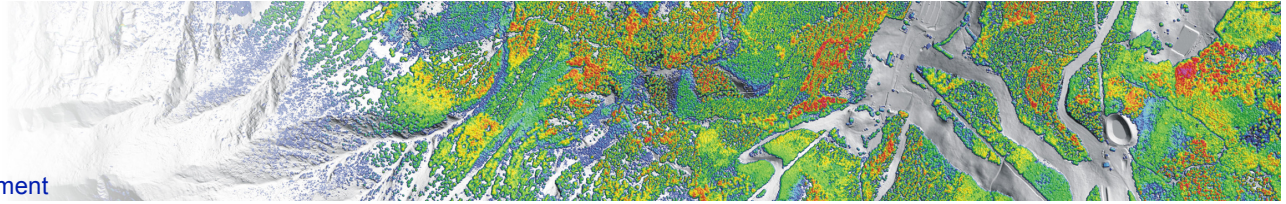
- **Eingangsdaten:**
- - Baumhöhen aus ALS
- Startsegmente
- Bruchkanten, sonst. Linien
(Linien, die nicht aufgelöst werden dürfen
z.B. Gewässer, Straßenränder, Besitzgrenzen,...)



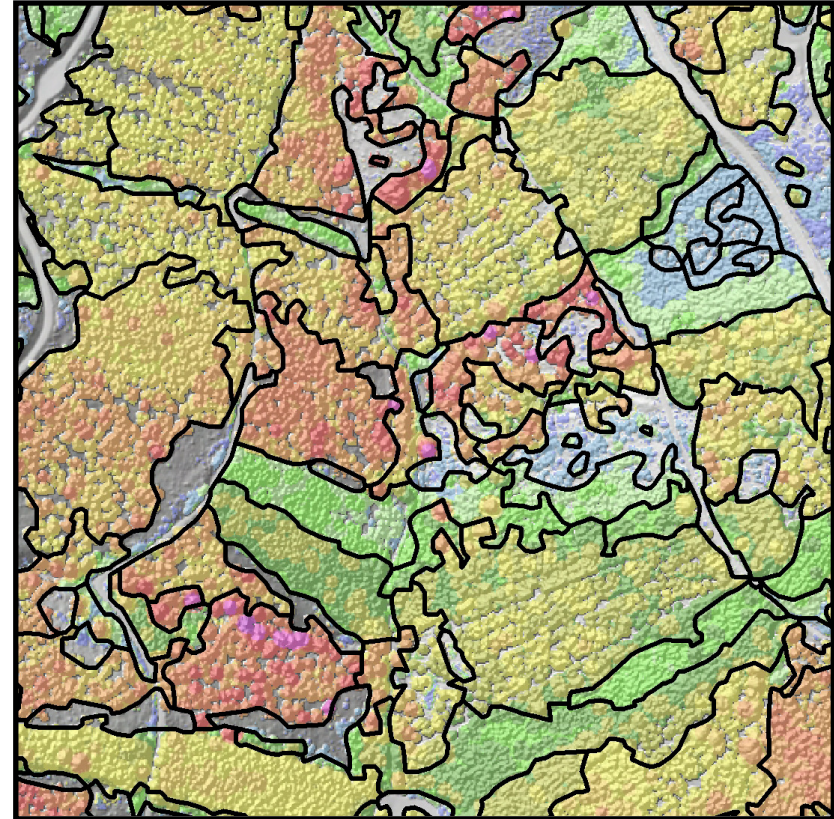
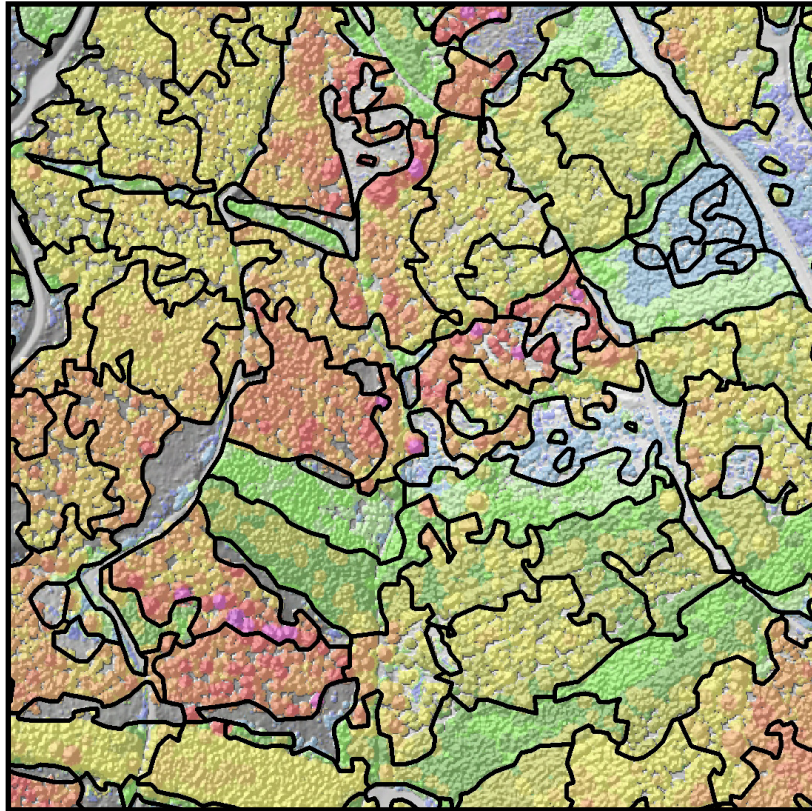


Automatische Segmentierung von Kronenhöhenmodellen (2)

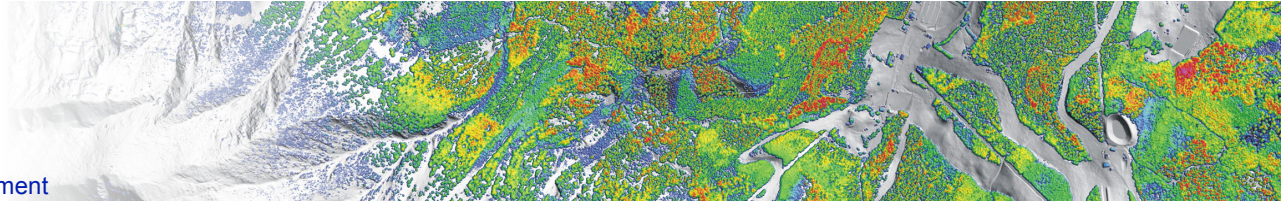




Automatische Segmentierung von Kronenhöhenmodellen (3)

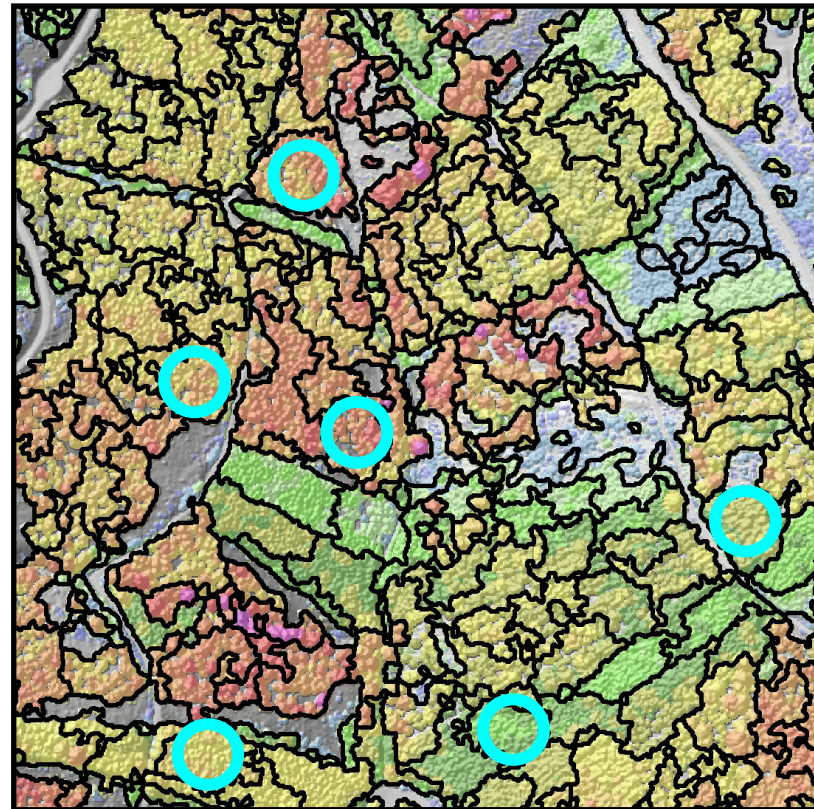


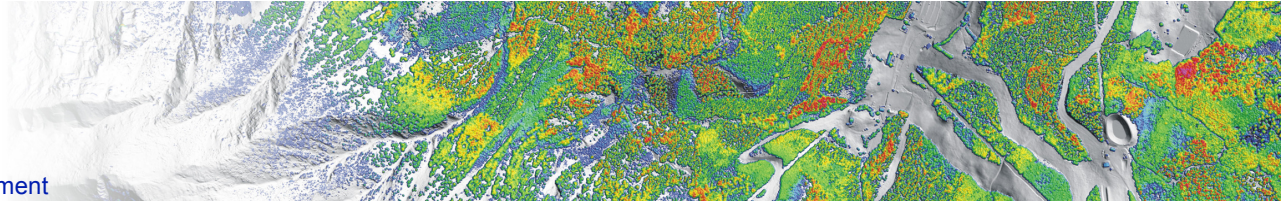
Stufenweise Vergrößerung der Segmente durch Entfernen der Kanten



Verteilung der Probepunkte auf den Segmenten

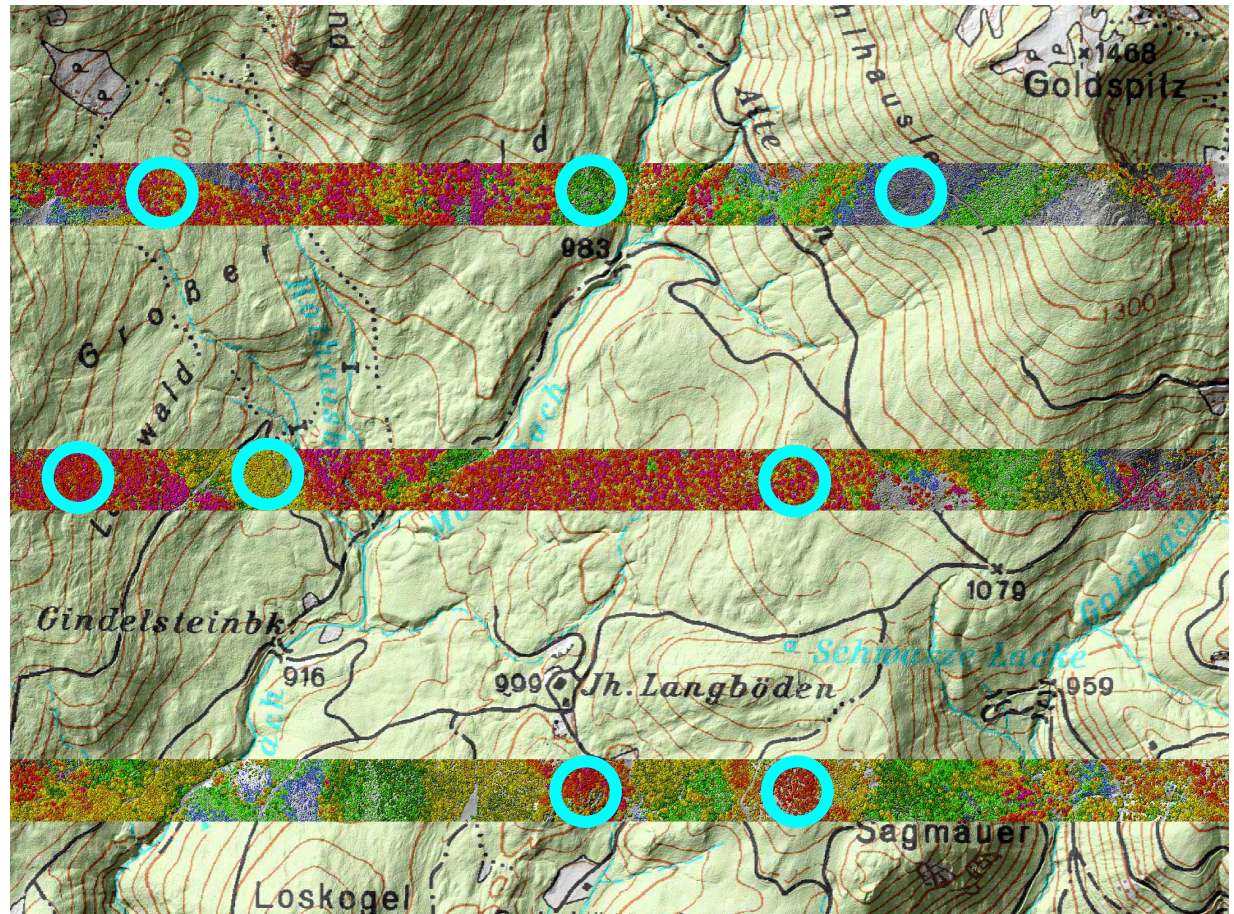
- Klassifizierung der Segmente
- Zufallsposition innerhalb der geeigneten Segmente
- Festlegung der erforderlichen Punktzahl per stratum
- Reduktion der möglichen Punkte per stratum auf die gewünschte Anzahl bei gleichzeitiger gleichmäßiger Verteilung auf die gesamte Fläche

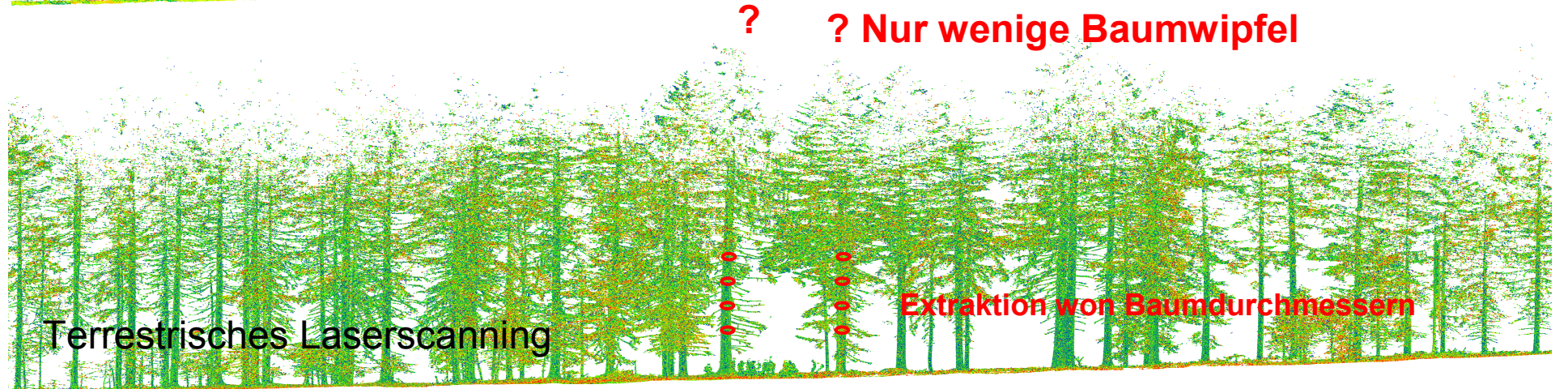
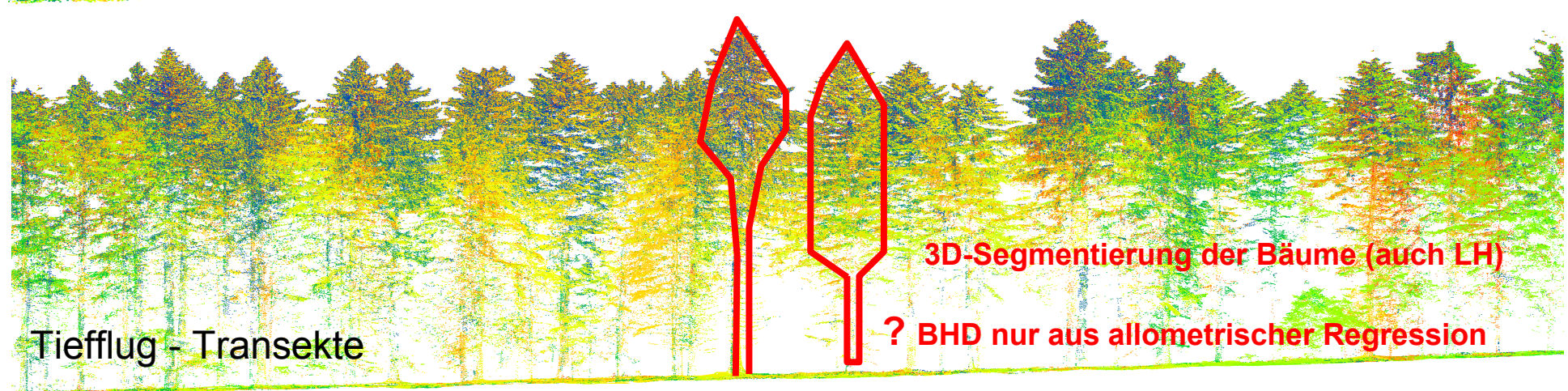
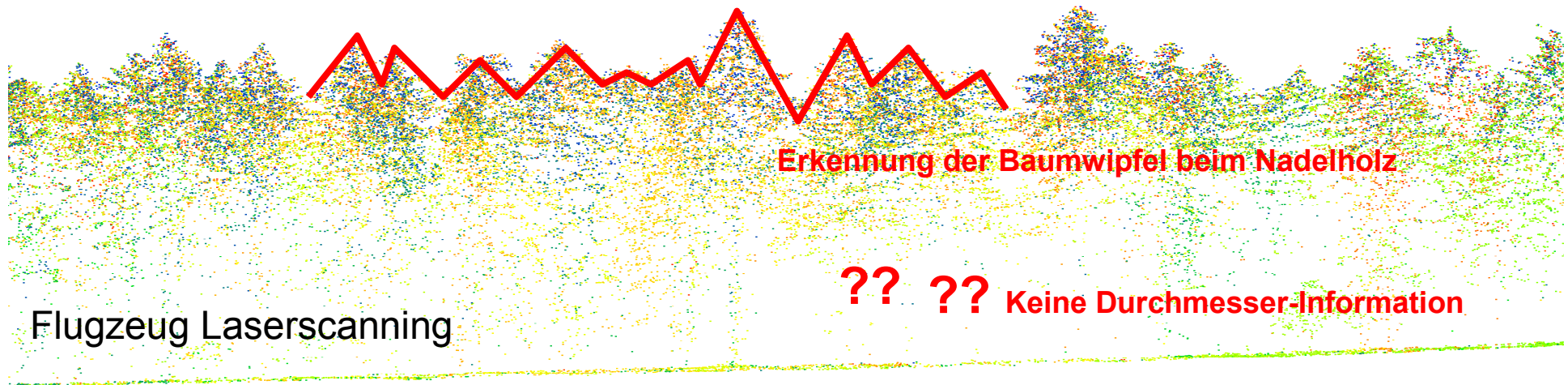


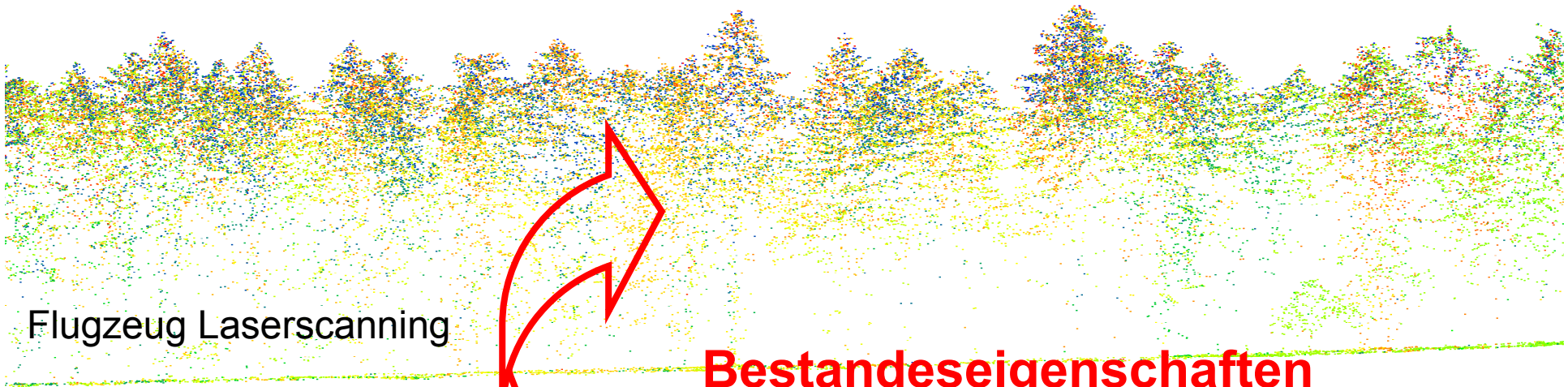


Phase II (ALS von Drohne, Helicopter, Ultraleichtflugzeug)

Streifen mit sehr dichten ALS Daten (>100 Echos/m²) ermöglichen die 3-D-Modellierung einzelner Bäume, sowie das Erkennen der Vertikalstruktur, von Totholz und Verjüngung. Schnittstelle zu abstands-basierten Waldwachstumsmodellen.

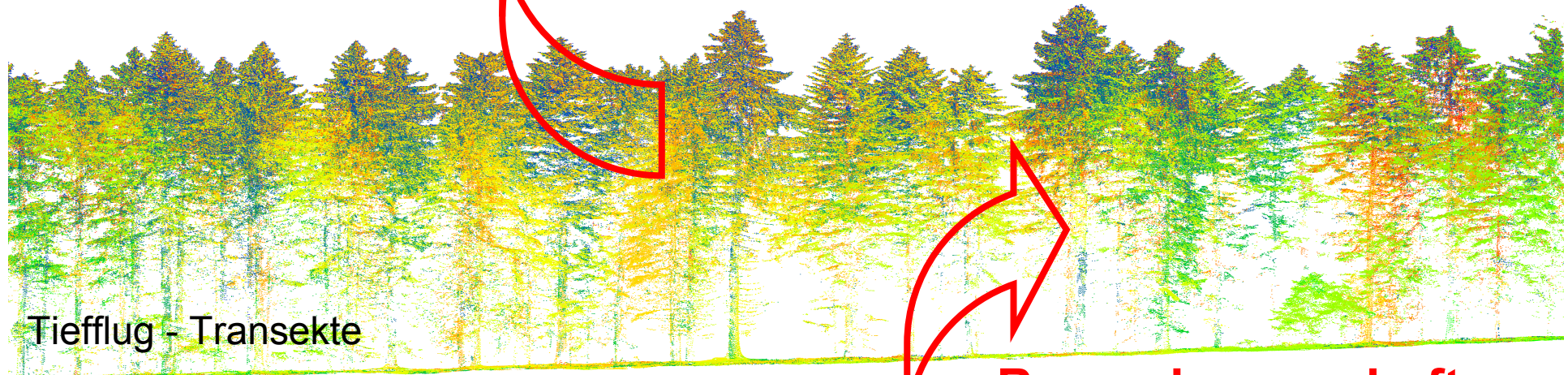






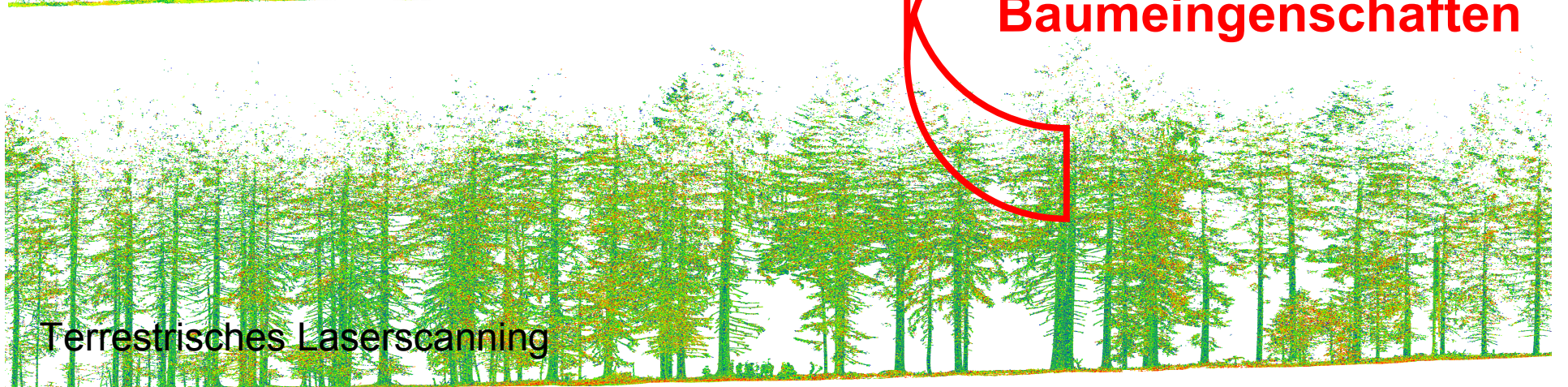
Flugzeug Laserscanning

Bestandeseigenschaften

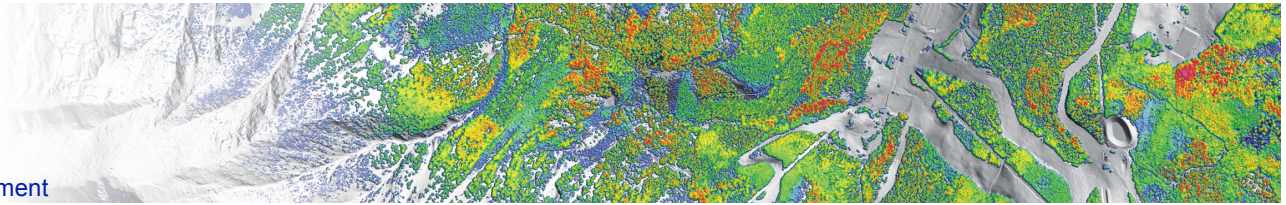


Tiefflug - Transekte

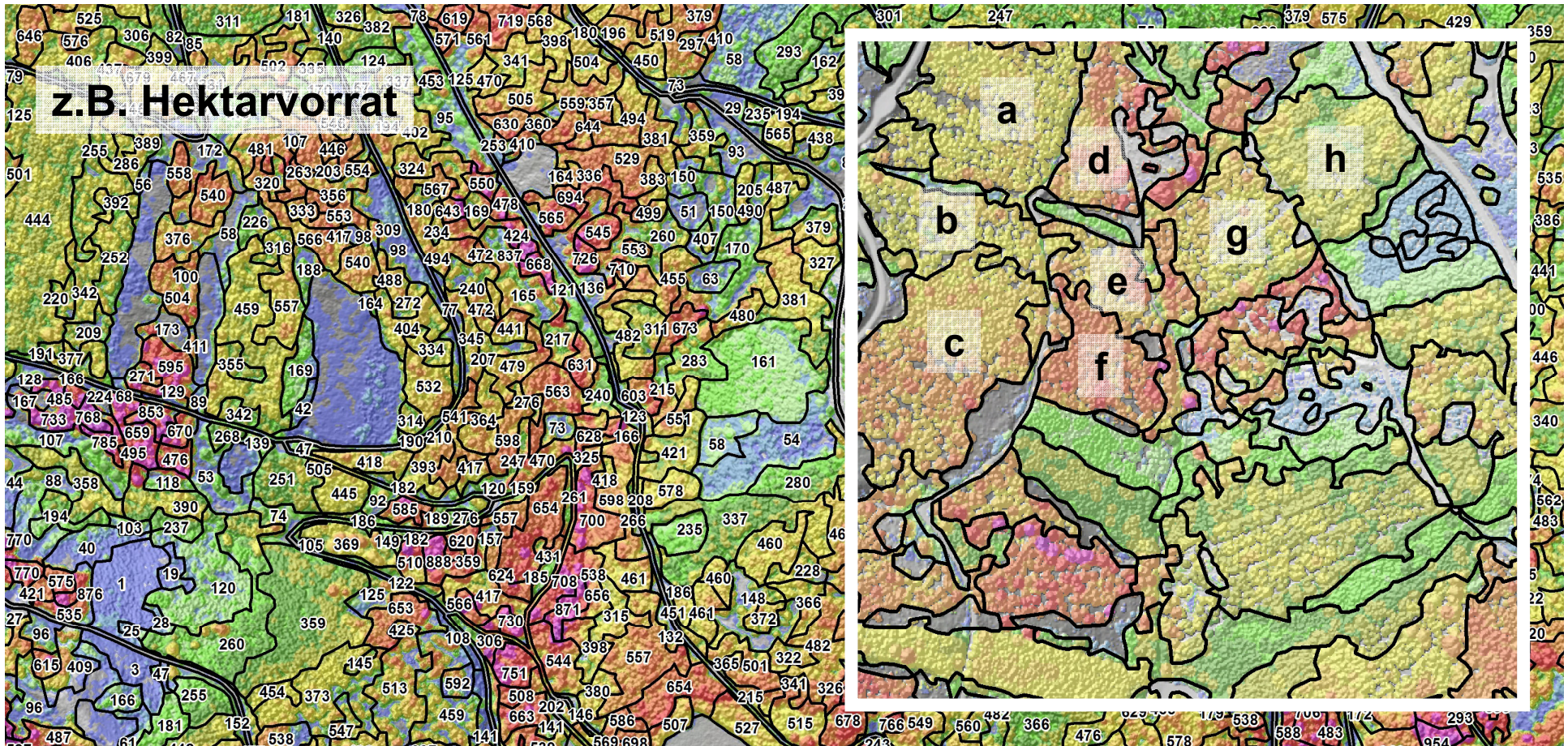
Baumeigenschaften

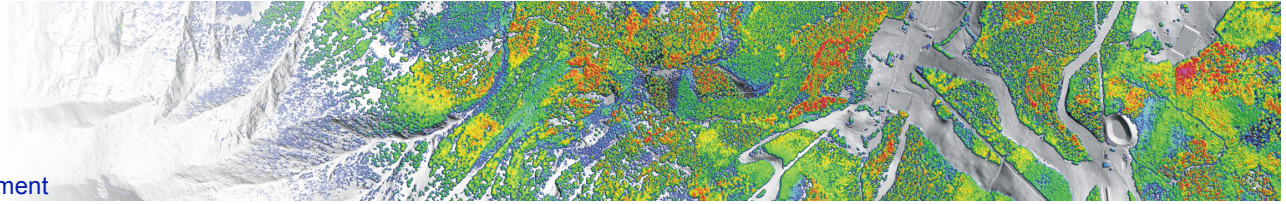


Terrestrisches Laserscanning



Phase IV: Segment-Kalibrierung und Kartierung der Forst-Ressourcen

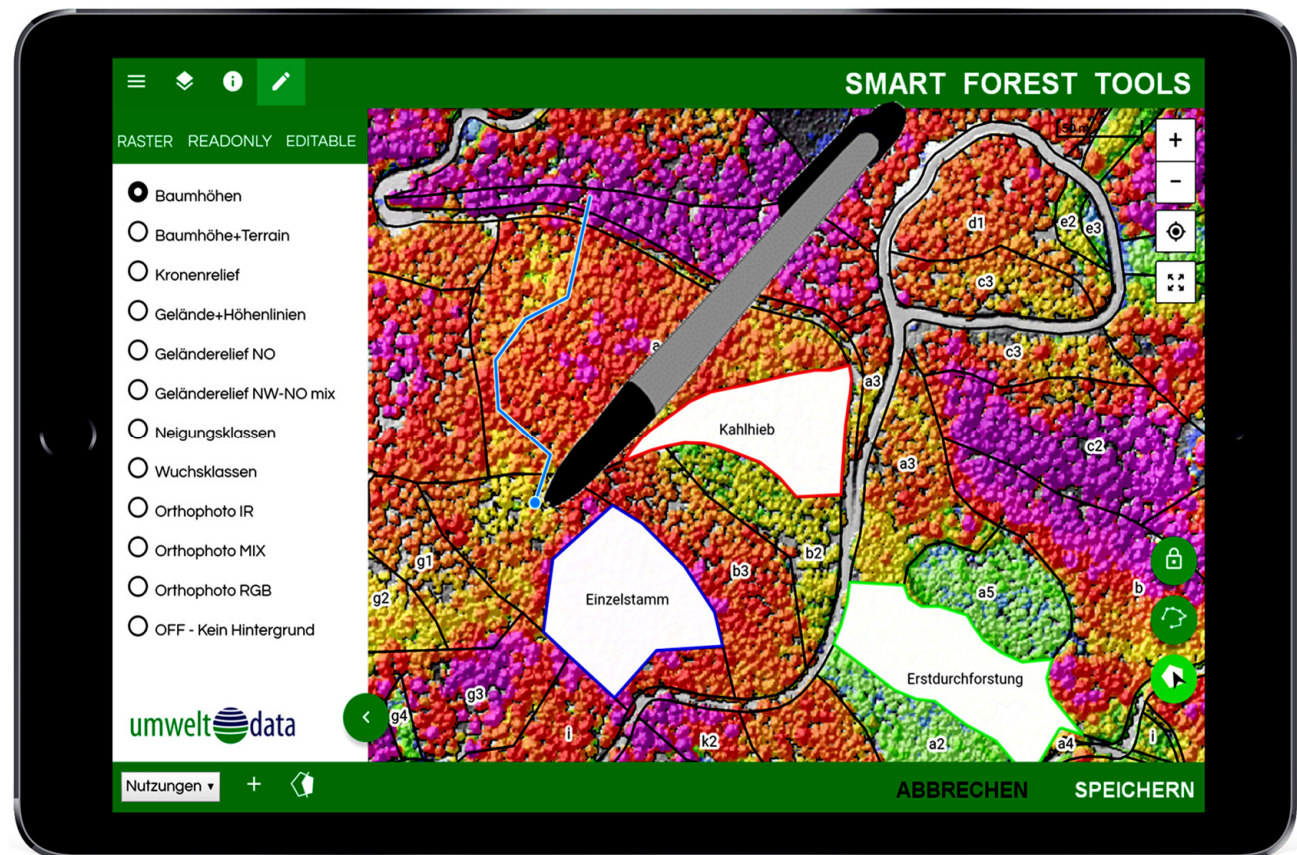


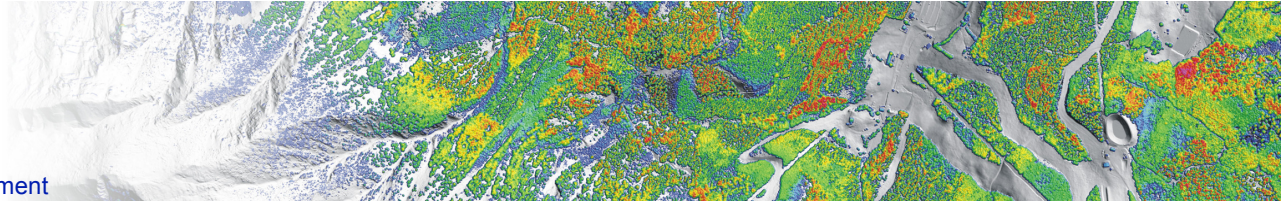


Phase V: Forstlicher Management Plan

im Hintergrund: Forest Point Cloud als Trägererin aller Waldattribute

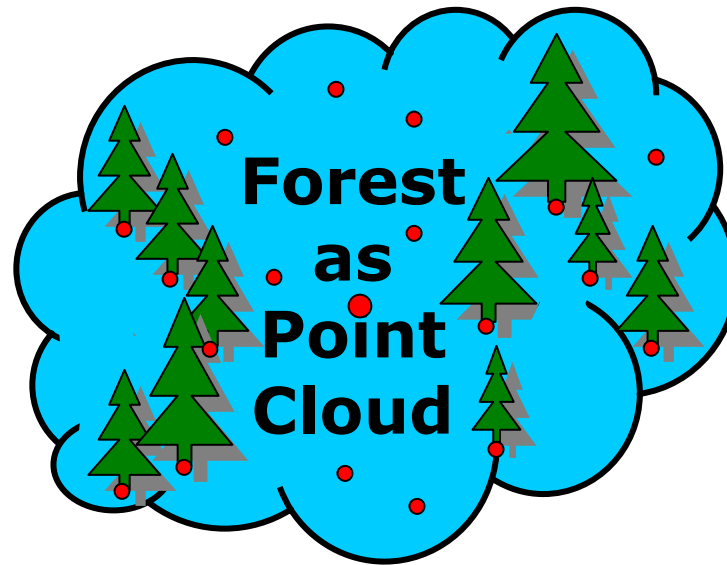
- benutzerfreundlich
- flexibel
- intuitiv
- off-line fähig
- Einzelbaum-
Repräsentation
- multi-user





Vorteile der Punktwolke:

- Einfache, zeitnahe und kostengünstige Updates der digitalen Forstkarte
- Bessere Zuwachsprognosen über Wachstumsmodelle
- Neue Nachhaltigkeitskonzepte

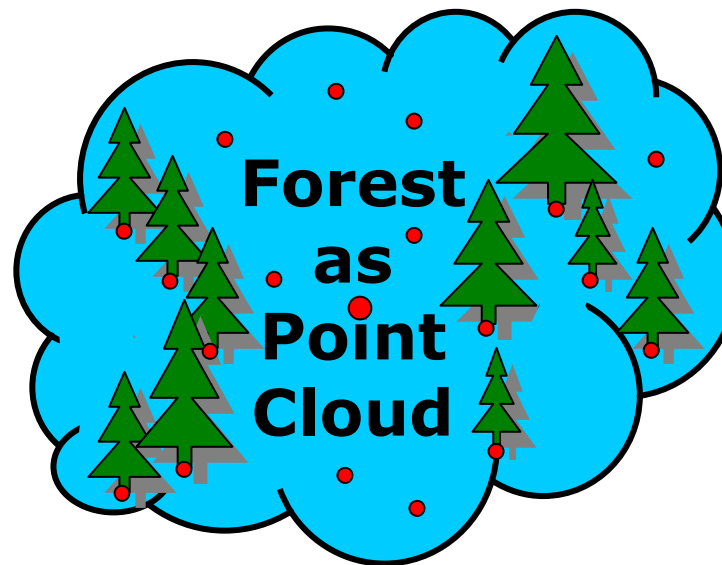


- Quadrat-, Rechteck-Raster
- Dreieck-Raster
- 1m bis 10m Auflösung
- Einzelbaum (unregelmäßig)
- Stichprobenpunkt
- Milliarden Einzelpunkte
- 100+ Attribute
- LAS 1.4 Format => LAZ
- Kompressionsrate 95-98%

Bestandesattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Baumhöhe, Vorrat, ...

Bestandesattribute aus
Forstkarte (Alter, ...)

Bestandesattribute aus
Luftbild (Laub – Nadel%)



- Quadrat-, Rechteck-Raster
- Dreieck-Raster
- 1m bis 10m Auflösung
- Einzelbaum (unregelmäßig)
- Stichprobenpunkt
- Milliarden Einzelpunkte
- 100+ Attribute
- LAS 1.4 Format => LAZ
- Kompressionsrate 95-98%

Bestandesattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Baumhöhe, Vorrat, ...

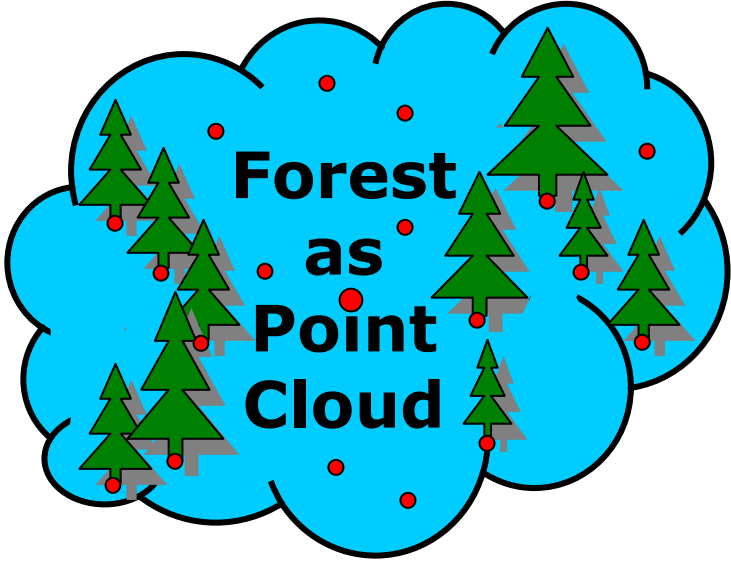
Bestandesattribute aus
Forstkarte (Alter, ...)

Bestandesattribute aus
Luftbild (Laub – Nadel%)

Standortsattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Seehöhe, Expos. Neig...

Standortsattribute aus
Forstkarte (Boden, Humus)

Klimadaten aus
Klimamodell



- Quadrat-, Rechteck-Raster
- Dreieck-Raster
- 1m bis 10m Auflösung
- Einzelbaum (unregelmäßig)
- Stichprobenpunkt
- Milliarden Einzelpunkte
- 100+ Attribute
- LAS 1.4 Format => LAZ
- Kompressionsrate 95-98%

Bestandesattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Baumhöhe, Vorrat, ...

Bestandesattribute aus
Forstkarte (Alter, ...)

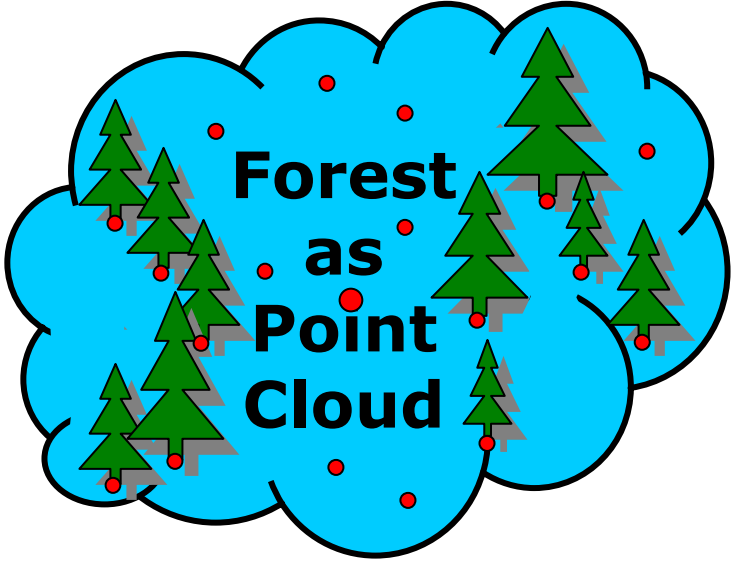
Bestandesattribute aus
Luftbild (Laub – Nadel%)

Standortsattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Seehöhe, Expos. Neig...

Standortsattribute aus
Forstkarte (Boden, Humus)

Klimadaten aus
Klimamodell

Abteilung, Unt.Abt.,
Parzelle, Einlagezahl



- Quadrat-, Rechteck-Raster
- Dreieck-Raster
- 1m bis 10m Auflösung
- Einzelbaum (unregelmäßig)
- Stichprobenpunkt
- Milliarden Einzelpunkte
- 100+ Attribute
- LAS 1.4 Format => LAZ
- Kompressionsrate 95-98%

Einzelbäume aus
Terrestr. – Laserscanning
Durchm., Baumhöhe, ...

Bestandesattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Baumhöhe, Vorrat, ...

Bestandesattribute aus
Forstkarte (Alter, ...)

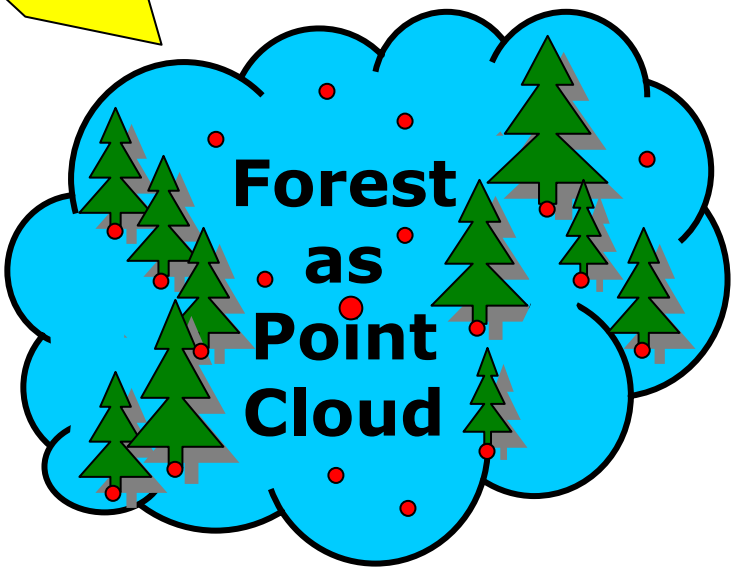
Bestandesattribute aus
Luftbild (Laub – Nadel%)

Standortsattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Seehöhe, Expos. Neig...

Standortsattribute aus
Forstkarte (Boden, Humus)

Klimadaten aus
Klimamodell

Abteilung, Unt.Abtl.,
Parzelle, Einlagezahl



- Quadrat-, Rechteck-Raster
- Dreieck-Raster
- 1m bis 10m Auflösung
- Einzelbaum (unregelmäßig)
- Stichprobenpunkt
- Milliarden Einzelpunkte
- 100+ Attribute
- LAS 1.4 Format => LAZ
- Kompressionsrate 95-98%

Change
Detection
aus
Satelliten
Bildern

Einzelbäume aus
Terrestr. – Laserscanning
Durchm., Baumhöhe, ...

Bestandesattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Baumhöhe, Vorrat, ...

Bestandesattribute aus
Forstkarte (Alter, ...)

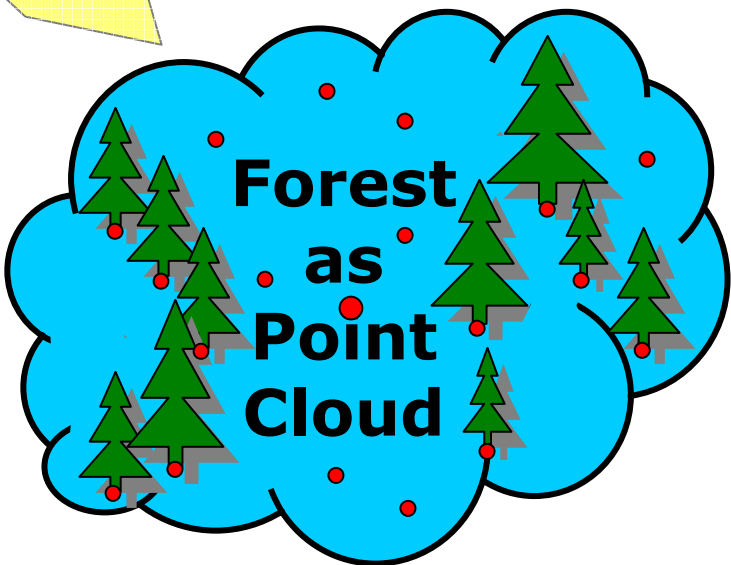
Bestandesattribute aus
Luftbild (Laub – Nadel%)

Standortsattribute aus
Flugzeug – Laserscanning
Seehöhe, Expos. Neig...

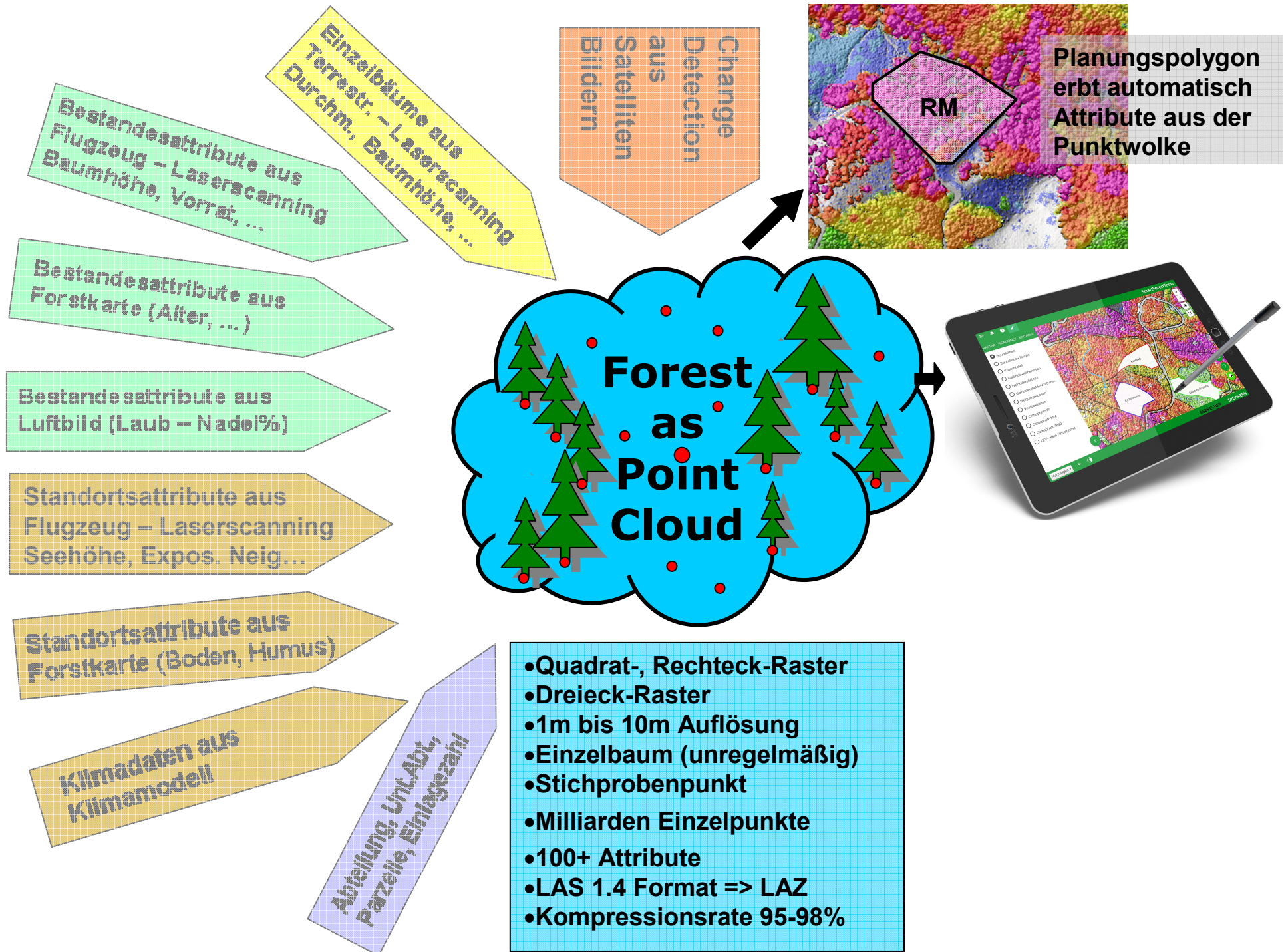
Standortsattribute aus
Forstkarte (Boden, Humus)

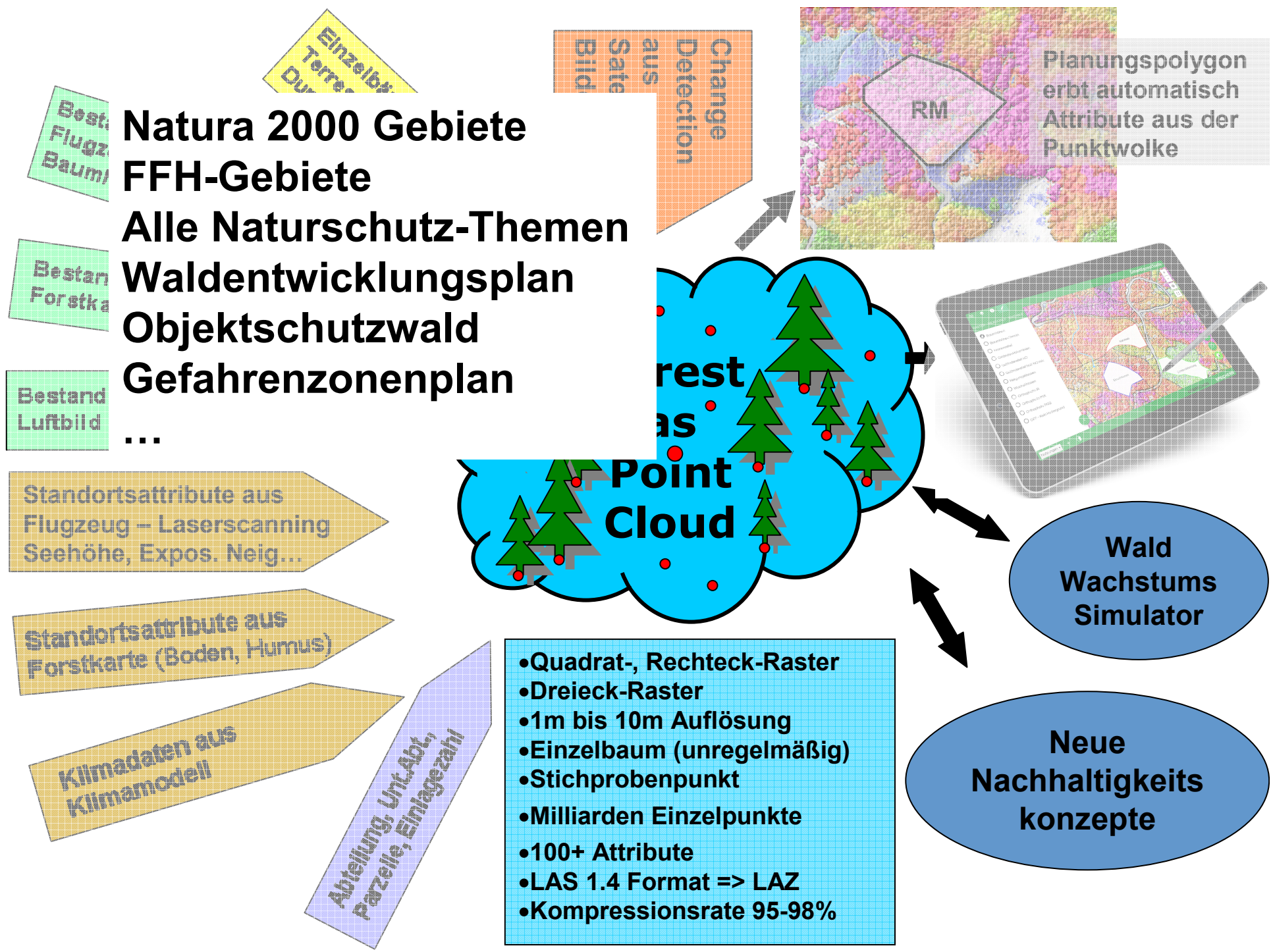
Klimadaten aus
Klimamodell

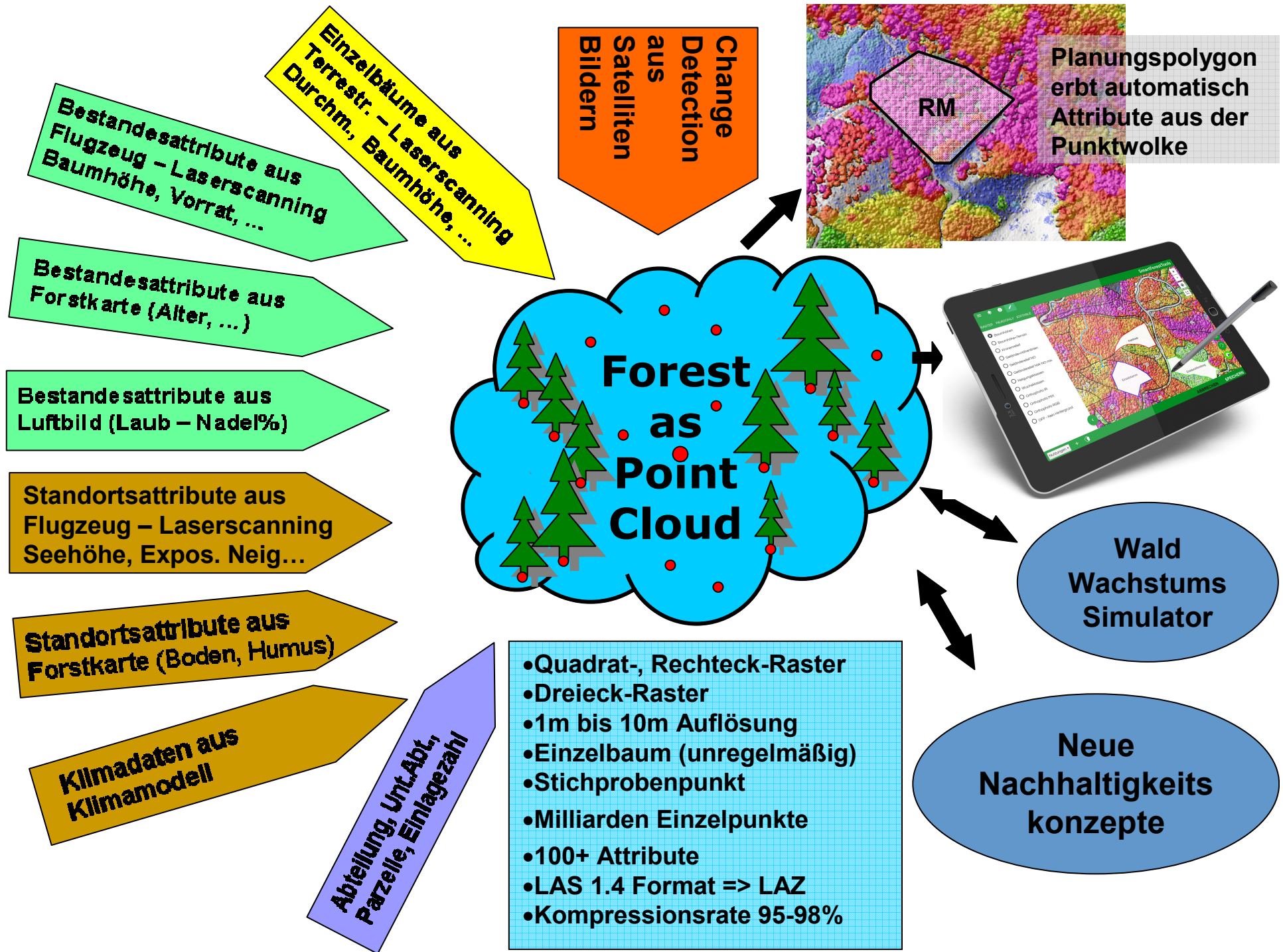
Abteilung, Unt.Abt.,
Parzelle, Einlagezahl

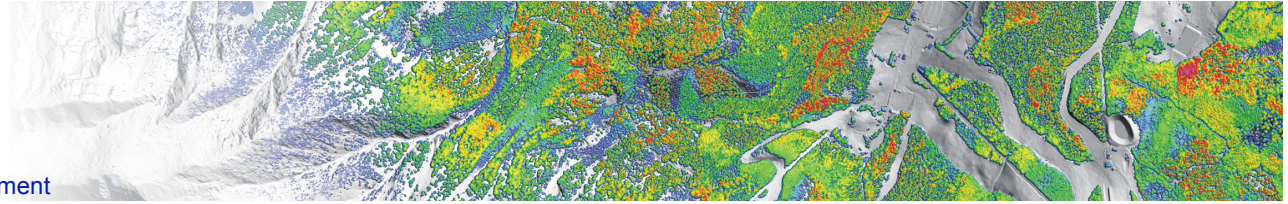


- Quadrat-, Rechteck-Raster
- Dreieck-Raster
- 1m bis 10m Auflösung
- Einzelbaum (unregelmäßig)
- Stichprobenpunkt
- Milliarden Einzelpunkte
- 100+ Attribute
- LAS 1.4 Format => LAZ
- Kompressionsrate 95-98%



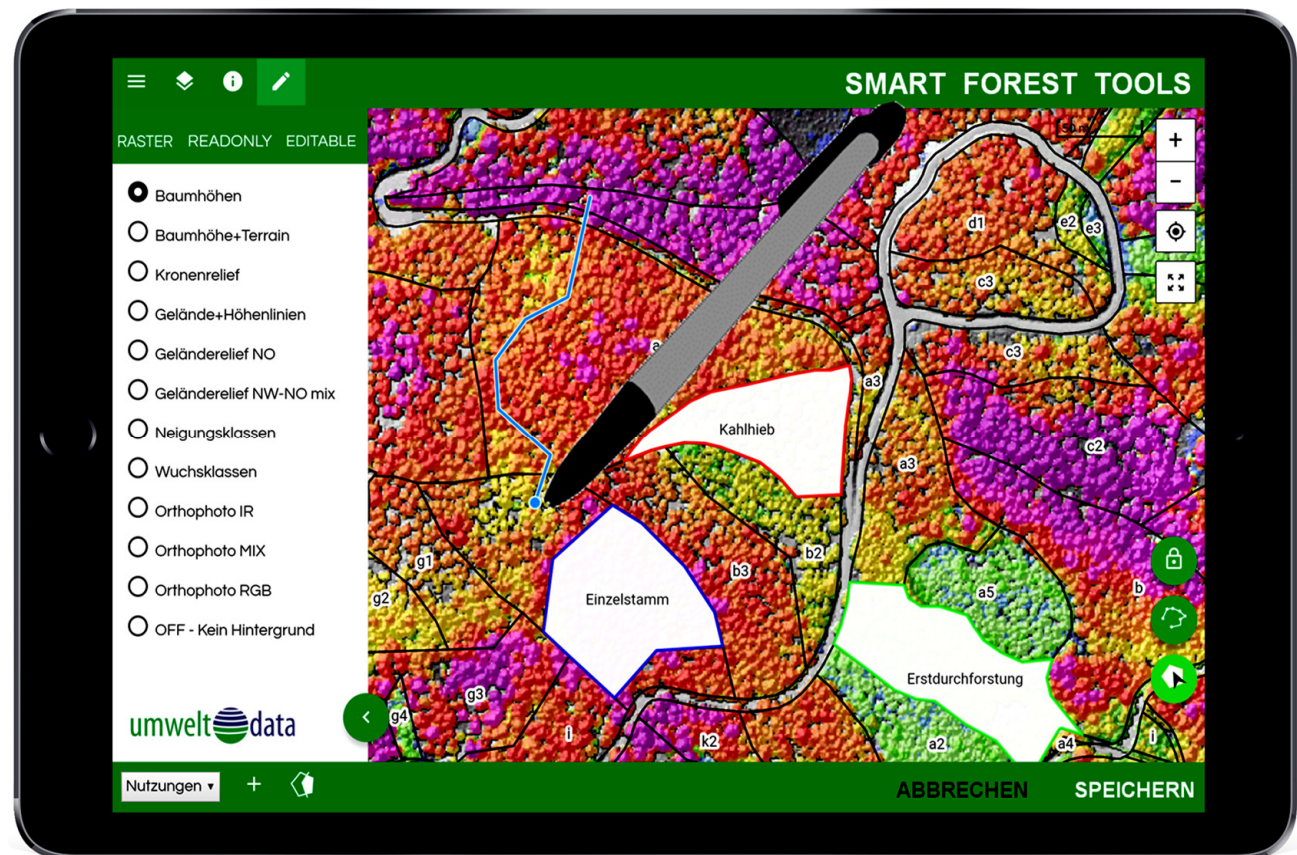


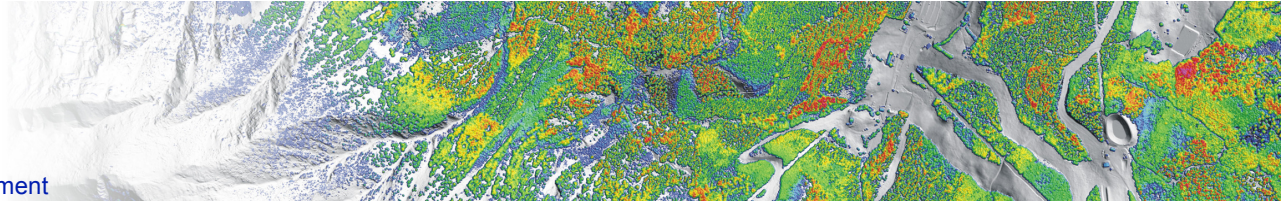




Phase V: Forstlicher Management Plan

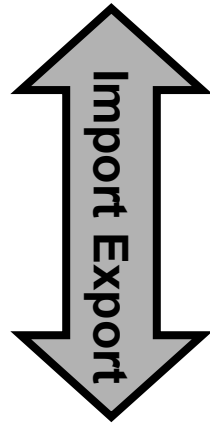
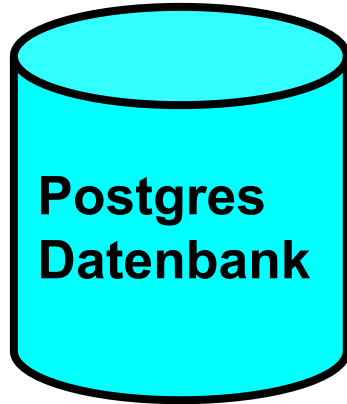
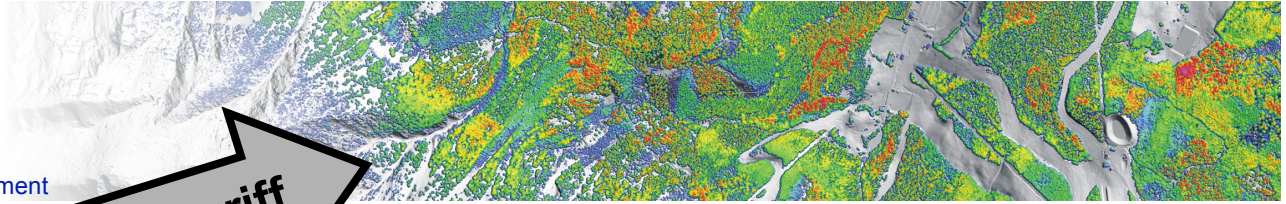
- benutzerfreundlich
- flexibel
- intuitiv
- off-line fähig
- Einzelbaum-
Repräsentation
- multi-user





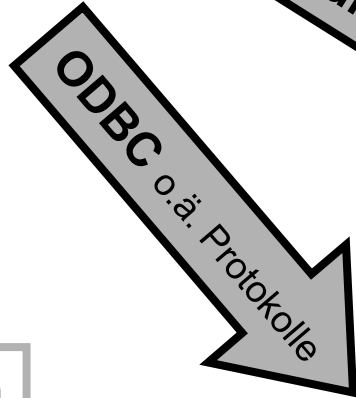
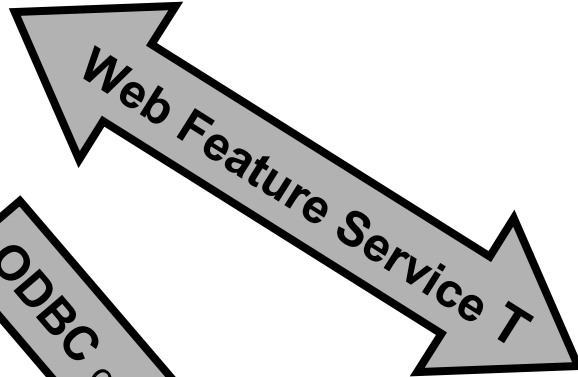
Merkmale der SmartForestTools

- Alle Daten und Funktionen sind von Beginn an web-unabhängig auf dem Gerät
- Forest as **P**oint **C**loud Format; Polygone erben automatisch die Attribute von der **FPC** (Einzelbäume möglich)
- (fast) beliebig viele Attribute aus unterschiedlichen Quellen
- Einfache Flächenbildung durch „Spaghetti-Klick“
- Riesige Mengen Bilddaten als Hintergrund werden platzsparend lokal gespeichert und performant dargestellt
- Synchronisation der veränderbaren Datenschichten mit zentraler Datenbank auf Knopfdruck
- Berichtswesen in Excel mit Datenbankzugriff



Shape-Dateien
GPX-Dateien
Tabellen

TLS im Wald

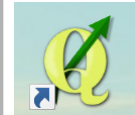


Reports
Excel-Auswertungen

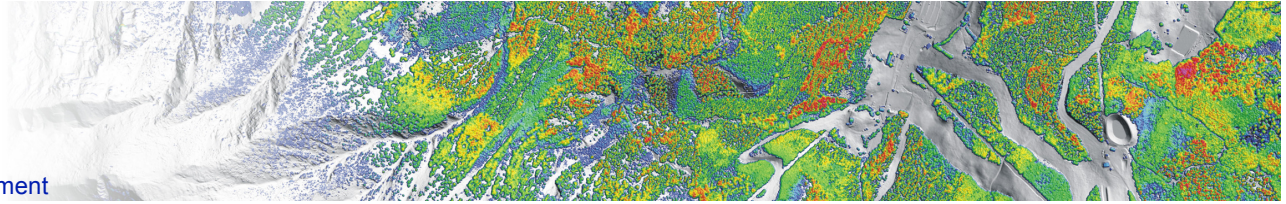
Umweltdata



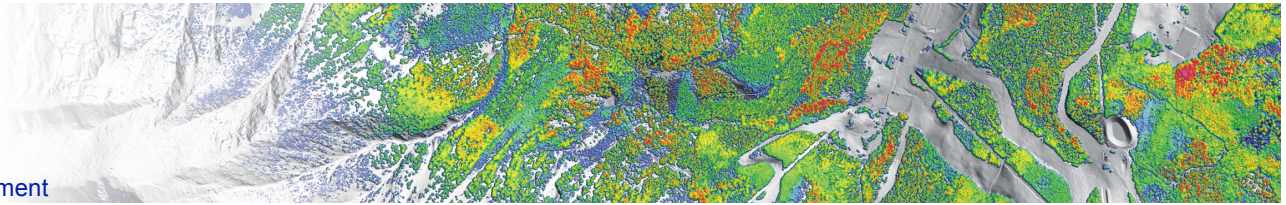
Quantum GIS
Arc GIS
Dektop GIS



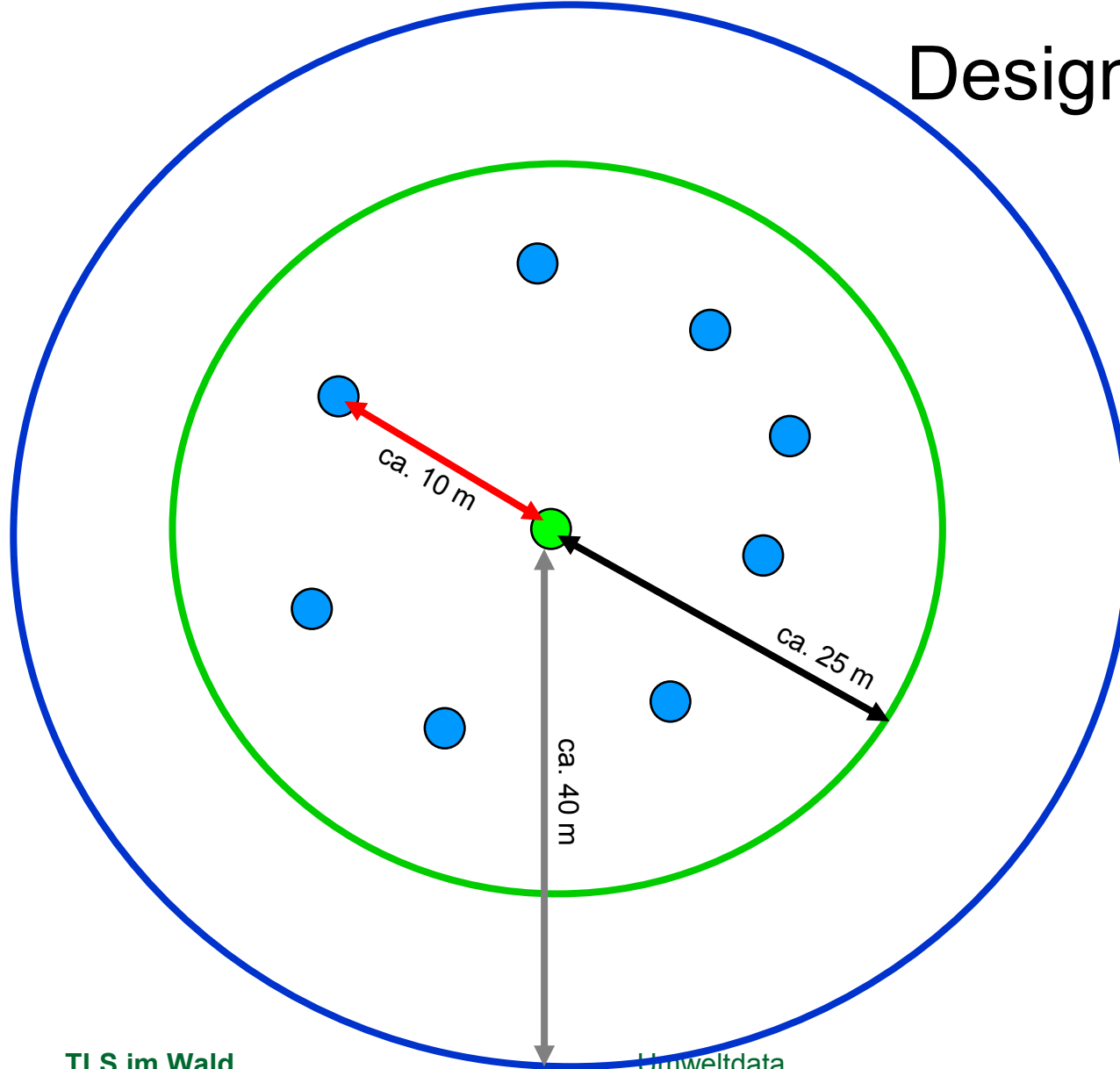
Wolfsgraben, 17. Dezember 2019



.... zurück zum Scannvorgang



Design am SPI-Punkt

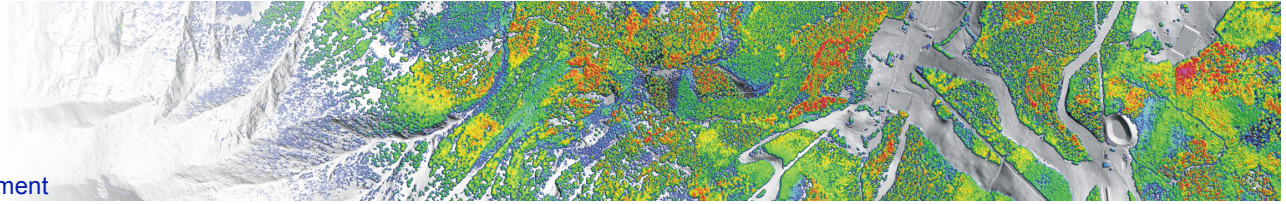


Scanpositionen:
1) auf dem SPI-Punkt
2)-9) im Umkreis von
etwa 10 Metern

Durchmesser, Höhe,
Baumarten, Qualität,
Verjüngung, Totholz
im Umkreis von 25-35 m

Stammpositionen im
Umkreis von 40-60 m

z.B. mit 40 mgrad:
ca. 15-20 Minuten



Parameter beim Scannen

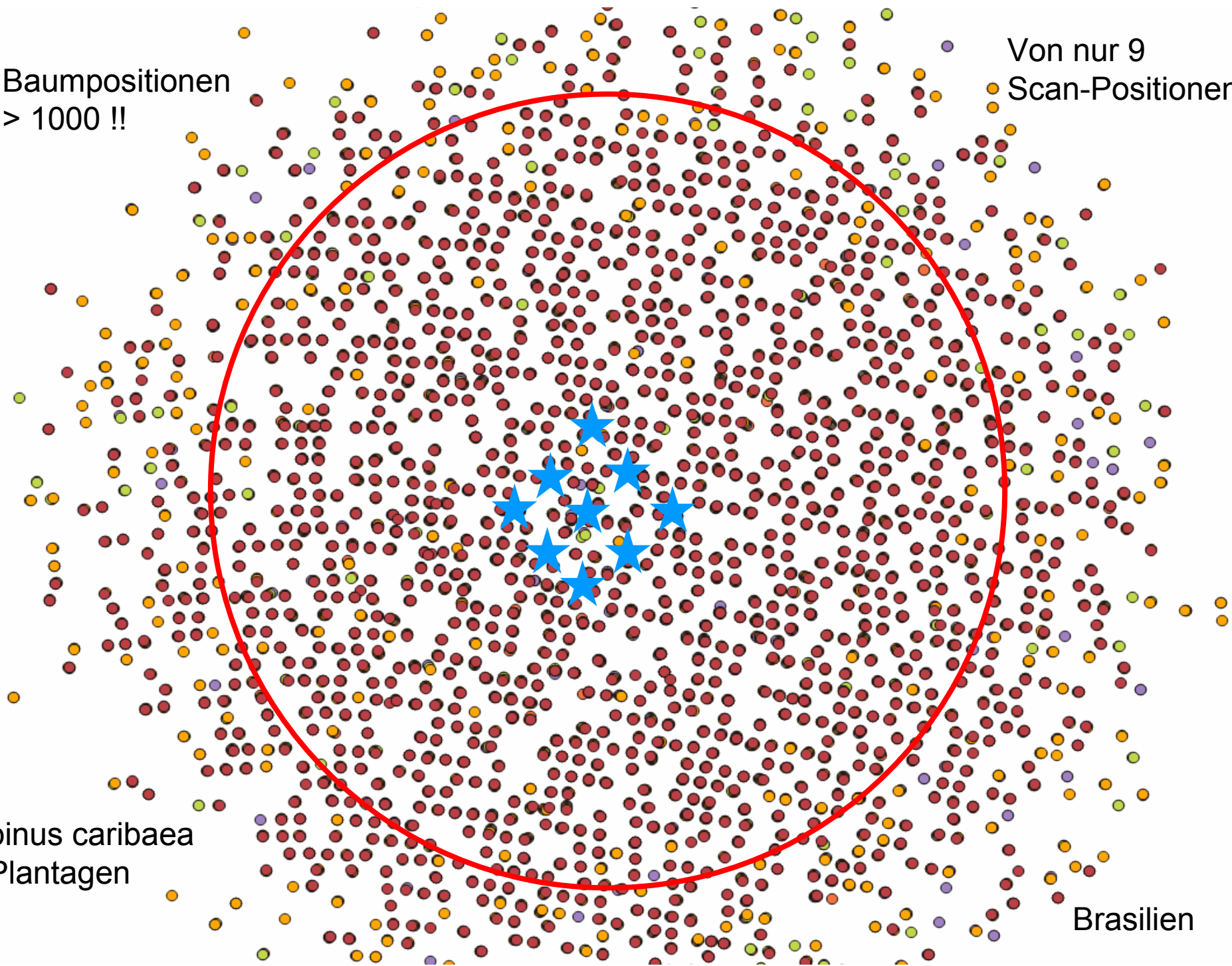
- Puls-Wiederholrate (100 KHz – 1,2 MHz)
(800m – 200m Reichweite)
- Winkelauflösung (20 mgrad – 80 mgrad)
(3 mm bis 12 mm in 10m Entfernung)
(3 Minuten – 15 Sekunden / 360°)
- Abstand von Scan-Position zu Scan-Position
- Foto: Belichtung und Bildanzahl / Umdrehung
- GNSS-Settings
- Referenzierungs-Settings (Umgebung)

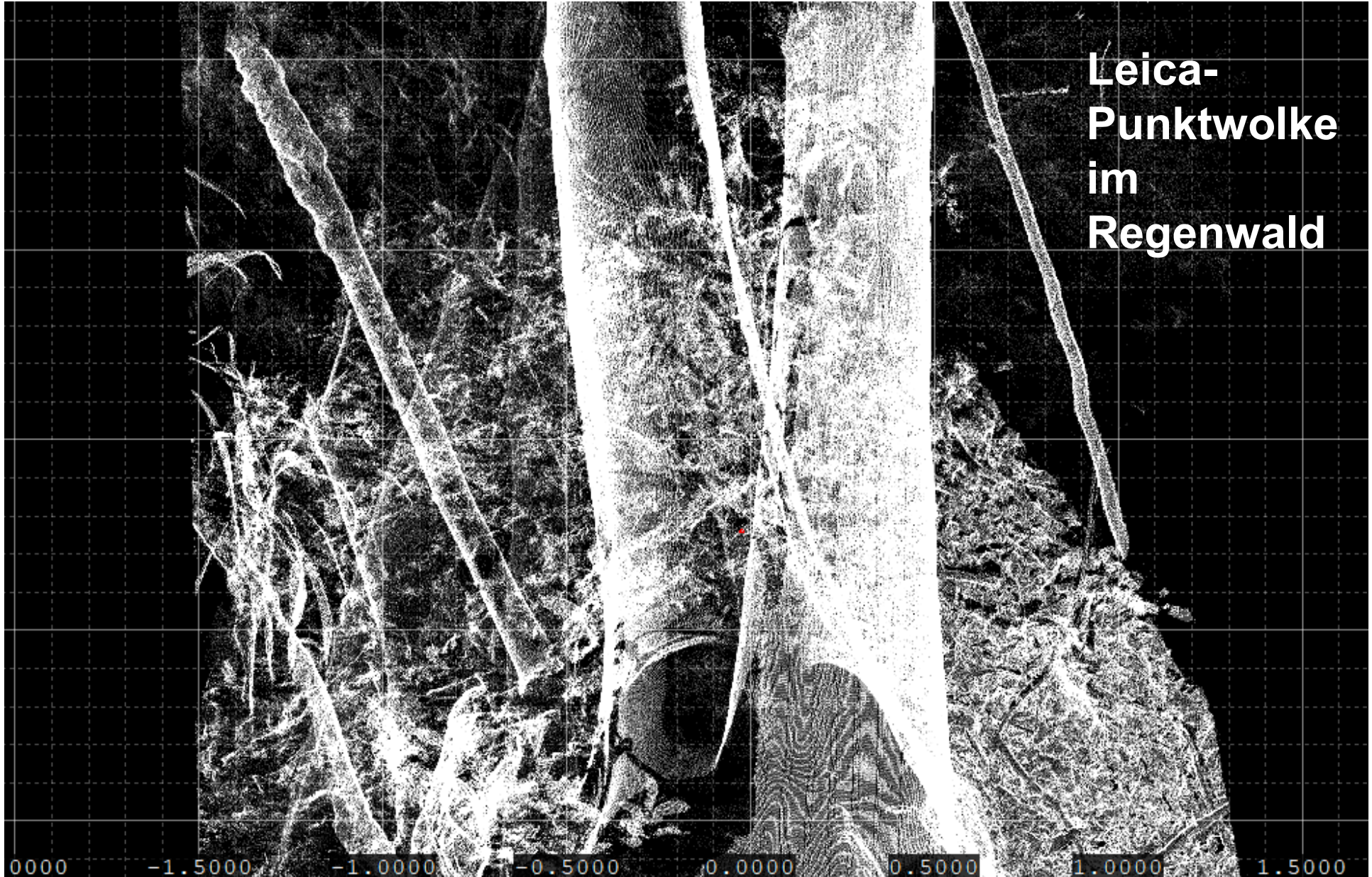
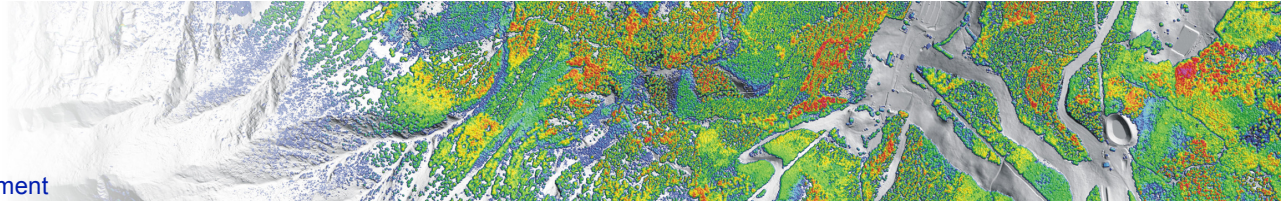
Baumpositionen
> 1000 !!

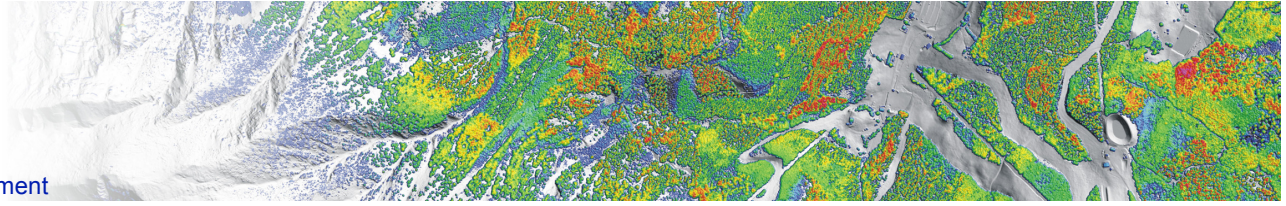
Von nur 9
Scan-Positionen

pinus caribaea
Plantagen

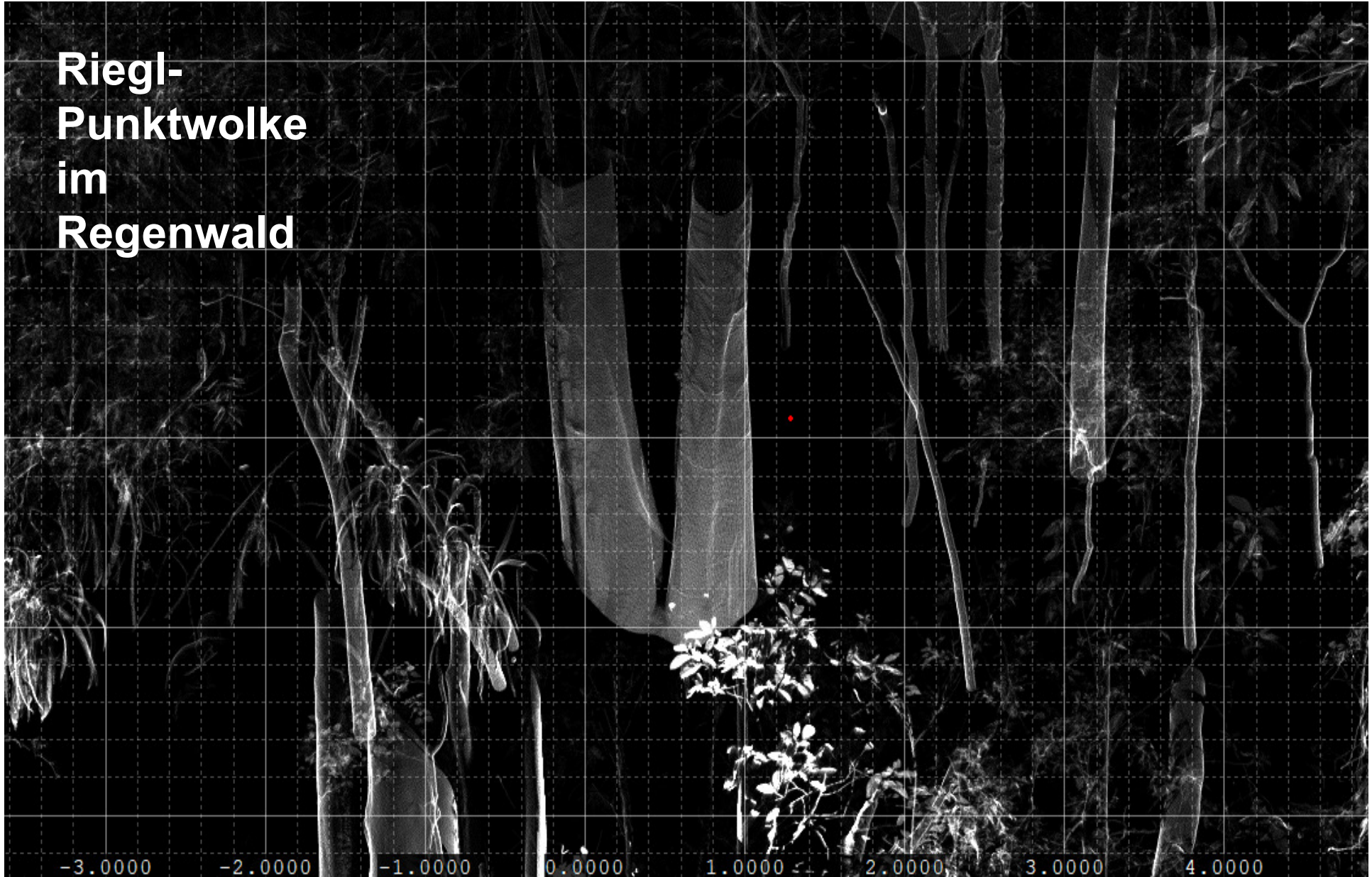
Brasilien

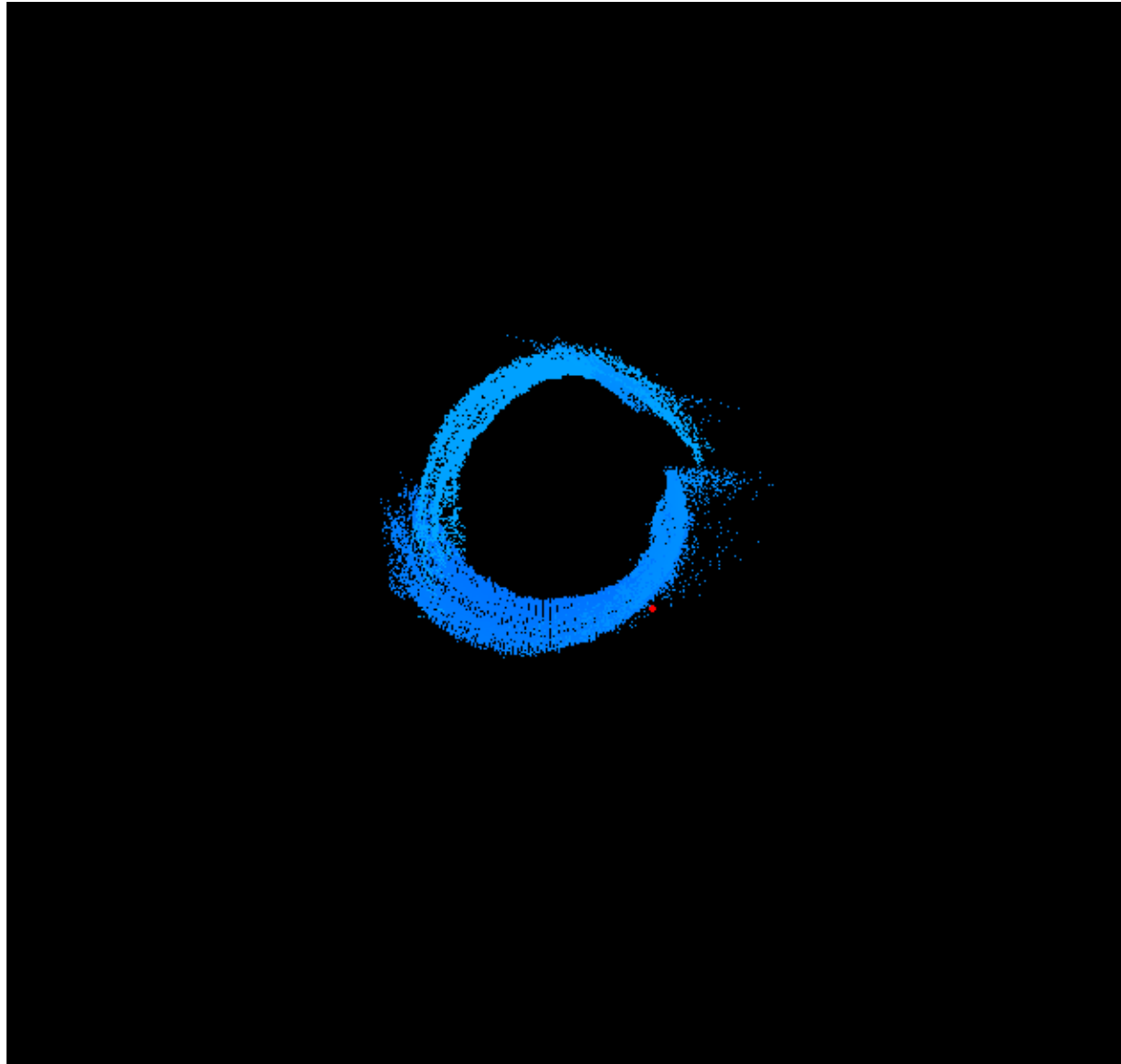
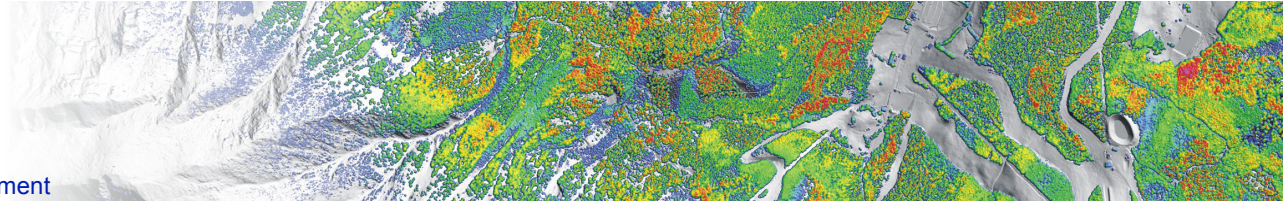






Riegl- Punktwolke im Regenwald





Stamm-Schnitt mit und ohne Multistation- Adjustment



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!