



# Ansätze zum Einsatz von Laserscanning- Technologien für die Abschätzung der Verjüngungssituation im Schutzwald

**Johannes Heinzel**

**Markus Huber**

GWG Wintertagung 2017

10. Februar 2017, Zürich

# Gliederung

## Teil A: Forschungskonzept

- Motivation
- Probeflächendesign

## Teil B: Methodische Entwicklungen

- Terrestrisches Laser Scanning (TLS)
- Methodenentwicklung
  - Korrektur der Signalstärke
  - Isolierung von Baumstämmen
  - Stamm- und Baummetriken

# Motivation

- Planung benötigt möglichst flächendeckende und räumlich hoch aufgelöste Informationen über den Zustand des Schutzwaldes
- Klassische Waldinventur ergibt Mittelwerte für Regionen

## Waldfläche: Schutzwaldperimeter SilvaProtect · Verjüngungsdeckungsgrad · Produktionsregion

Einheit: %

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

Netz: Netz LFI4 Pensum 2009 - 2013

Zustand 2009/13

Schutzwaldperimeter SilvaProtect	Verjüngungsdeckungsgrad	Produktionsregion											
		Jura		Mittelland		Voralpen		Alpen		Alpensüdseite		Schweiz	
		%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
innerhalb	< 1%	1.9	1.3	.	.	5.7	1.3	7.6	1.0	5.4	1.2	6.0	0.6
	1-9%	21.9	4.0	13.7	4.8	24.0	2.4	37.0	1.9	48.8	2.7	34.9	1.2
	10-25%	32.4	4.6	17.7	5.4	34.1	2.7	29.8	1.8	26.5	2.4	29.8	1.2
	26-50%	18.1	3.8	31.4	6.5	21.1	2.3	17.4	1.5	13.5	1.9	17.9	1.0
	51-75%	11.4	3.1	31.4	6.5	9.2	1.6	6.4	0.9	3.9	1.1	7.7	0.7
	76-100%	14.3	3.4	5.9	3.3	6.0	1.3	1.8	0.5	1.8	0.7	3.8	0.5
	Total	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.
ausserhalb	< 1%	3.1	0.8	3.6	0.8	4.7	1.2	5.2	1.1	11.8	3.2	4.5	0.5
	1-9%	20.2	1.9	15.3	1.5	31.2	2.7	37.4	2.3	37.4	4.8	25.2	1.0
	10-25%	21.8	1.9	22.4	1.7	32.6	2.7	33.2	2.2	25.1	4.3	26.5	1.0
	26-50%	20.5	1.9	20.4	1.6	16.4	2.1	13.7	1.6	18.3	3.8	18.2	0.9
	51-75%	17.1	1.8	17.5	1.5	9.4	1.7	6.6	1.2	4.6	2.0	12.9	0.8
	76-100%	17.3	1.8	20.8	1.6	5.7	1.3	3.9	0.9	2.8	1.6	12.7	0.8
	Total	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.
Total	< 1%	2.9	0.7	3.3	0.7	5.2	0.9	6.6	0.7	6.9	1.2	5.1	0.4
	1-9%	20.5	1.7	15.2	1.4	27.5	1.8	37.1	1.4	46.1	2.4	29.5	0.8
	10-25%	23.8	1.8	22.0	1.6	33.3	1.9	31.2	1.4	26.1	2.1	27.9	0.8
	26-50%	20.0	1.7	21.3	1.6	18.9	1.6	15.9	1.1	14.7	1.7	18.0	0.7
	51-75%	16.0	1.6	18.5	1.5	9.3	1.2	6.5	0.7	4.1	0.9	10.6	0.5
	76-100%	16.8	1.6	19.6	1.5	5.9	0.9	2.6	0.5	2.0	0.7	8.8	0.5
	Total	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.	100.0	.

berechnet pro Aussageeinheit: Produktionsregion

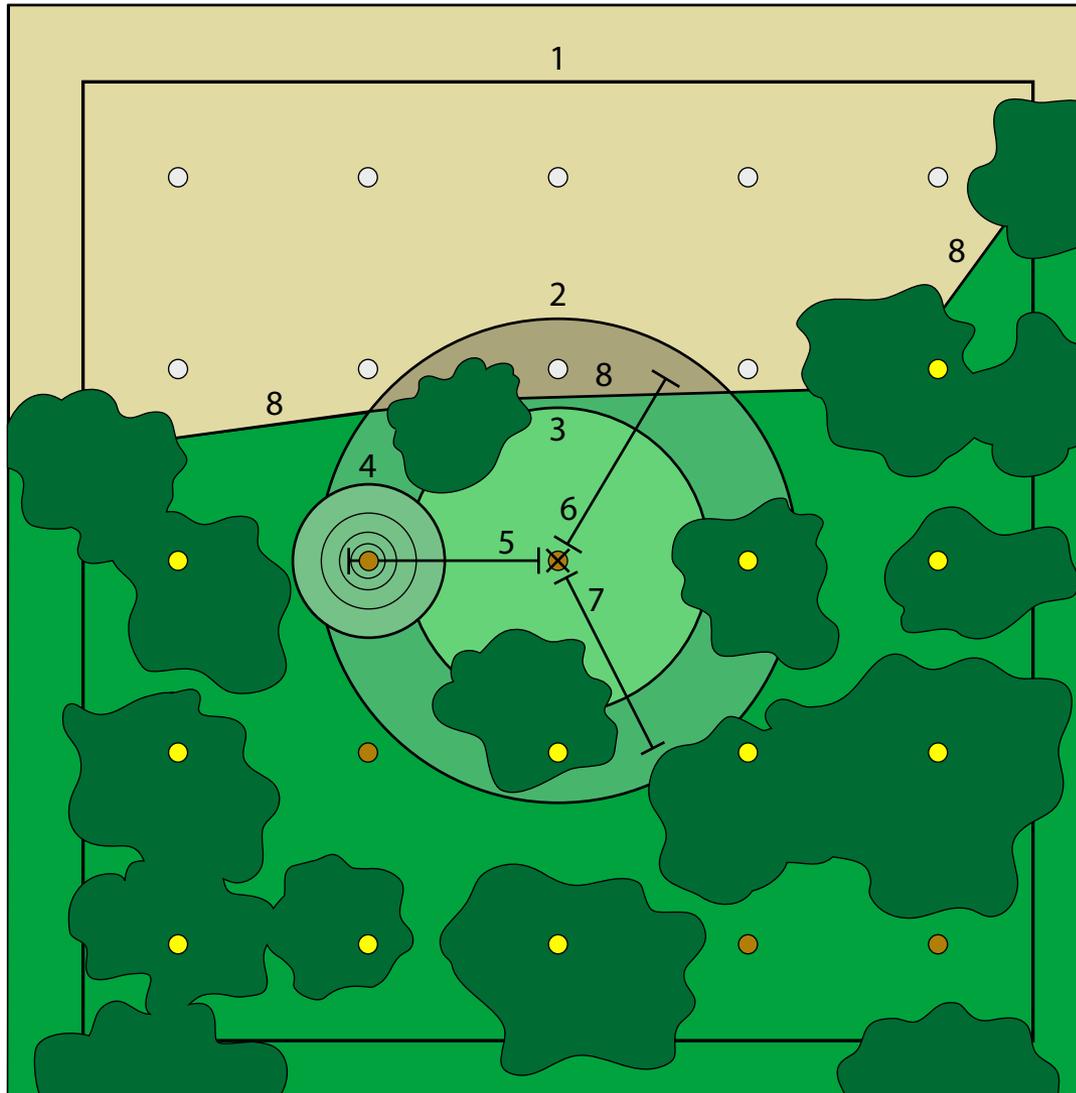
# Motivation

- Planung benötigt möglichst flächendeckende und räumlich hoch aufgelöste Informationen über den Zustand des Schutzwaldes
- Klassische Waldinventur ergibt Mittelwerte für Regionen
- => Verbindung von klass. Waldinventur mit Fernerkundung
- **=> LFI-Pilotprojekt zur Beurteilung von Schutzwäldern mittels Fernerkundung**
  - **Stammzahl, Grundfläche, Bestandeshöhe, Kronenlänge, Deckungsgrad, Lücken, ...**
  - **Verjüngung**

# Spezialbereich Verjüngung

- Keine direkte Abschätzung mit Fernerkundung möglich
- => Statistisches Modell:
  - Verjüngungspräsenz modellieren in Abhängigkeit von flächig vorhandenen Daten (Fernerkundung, Geodaten, ...)
  - Flächige Vorhersage durch Anwendung des Modells
- Welche Verjüngungsdaten zur Modellbildung?

# Probeflächendesign Methode LFI



- 1 Interpretationsfläche (50 x 50 m)
- 2 Probekreis Bäume mit BHD ab 36 cm
- 3 Probekreis Bäume mit BHD ab 12 cm
- 4 Probekreise Jungwaldaufnahme
- 5,6,7 Taxationsstrecke für die „Aufnahme von liegendem Totholz“
- 8 Waldbegrenzungslinie (WBL)
- X Probeflächenzentrum

## Luftbildrasterpunkte

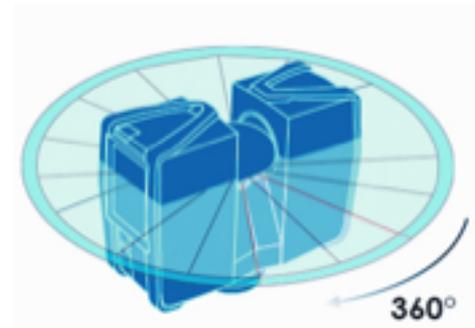
- Rasterpunkt ausserhalb WBL
- Rasterpunkt auf Bestockungsglied
- Rasterpunkt andere Bodenbedeckung

# Spezialbereich Verjüngung

- Keine direkte Abschätzung mit Fernerkundung möglich
- => Statistisches Modell:
  - Verjüngungspräsenz modellieren in Abhängigkeit von flächig vorhandenen Daten (Fernerkundung, Geodaten, ...)
  - Flächige Vorhersage durch Anwendung des Modells
- Welche Verjüngungsdaten zur Modellbildung?
  - Verjüngungsdeckungsgrad LFI relativ “grob”
  - => Einsatz von terrestrischem Laserscanning zur Verjüngungsinventur?

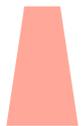
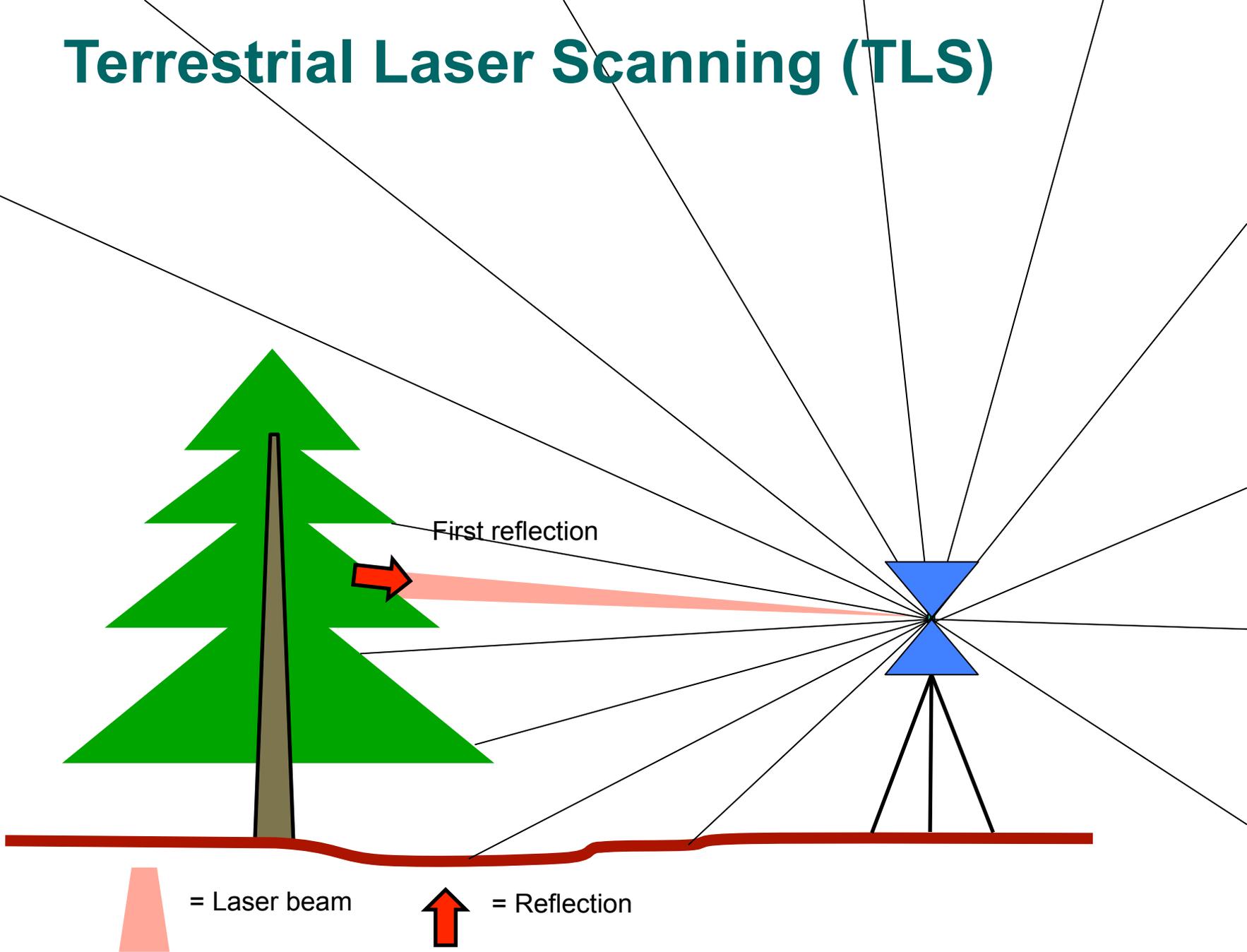
# Terrestrial Laser Scanning (TLS)

**FARO® Laser Scanner Focus<sup>3D</sup> S 120** FARO  
Technologies Inc., 2013.



(FARO Technologies Inc., 2013)

# Terrestrial Laser Scanning (TLS)



= Laser beam



= Reflection

# Terrestrial Laser Scanning (TLS)

X

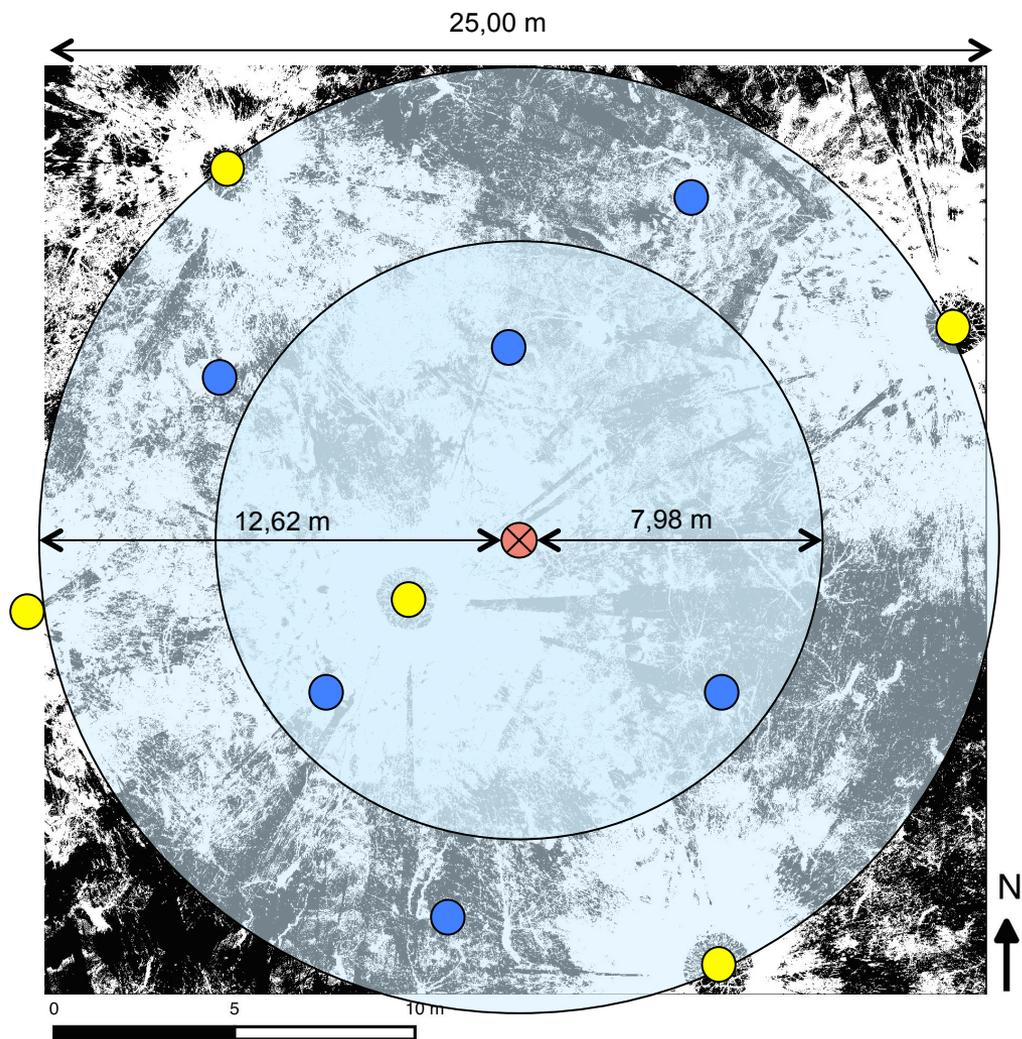
Y

Z

3415732.660	5312063.940	543.750
3415730.610	5312063.750	541.920
3415732.640	5312063.830	543.360
3415730.620	5312063.640	542.100
3415734.520	5312063.970	541.920
3415732.640	5312063.720	543.470
3415729.580	5312063.850	522.640
3415734.510	5312063.830	541.860
3415732.630	5312063.590	543.320
3415729.570	5312063.710	522.620
3415735.630	5312064.240	524.420
3415734.490	5312063.730	541.640
3415732.630	5312063.480	543.490
3415729.570	5312063.600	522.600
3415738.400	5312064.050	541.740

# Terrestrial Laser Scanning (TLS)

## Aufnahmekonzept TLS



# Methodenentwicklung

1. Entwicklung von Werkzeugen zur Datenaufbereitung:

- z.B. Filterung, Indizierung, Datenformat

2. Korrektur der Signalstärke (Intensität):

- Intensität liefert Spektralinformation im NIR

3. a) Isolierung von Stämmen:

- Stammerkennung auch in dichter Vegetation
- In allen Schichten ab 130 cm Baumhöhe

b) Stamm- und Baummetriken:

- BHD (durchschn. Fehler: 1.4 cm)
- Stammmindesthöhe
- Höhe Kronenspitze (noch sehr ungenau)

Ziel:

- Geometrische Separierung von Verjüngung im Datensatz

# Korrektur der Signalstärke

## Warum TLS Intensität für forstliche Anwendungen?

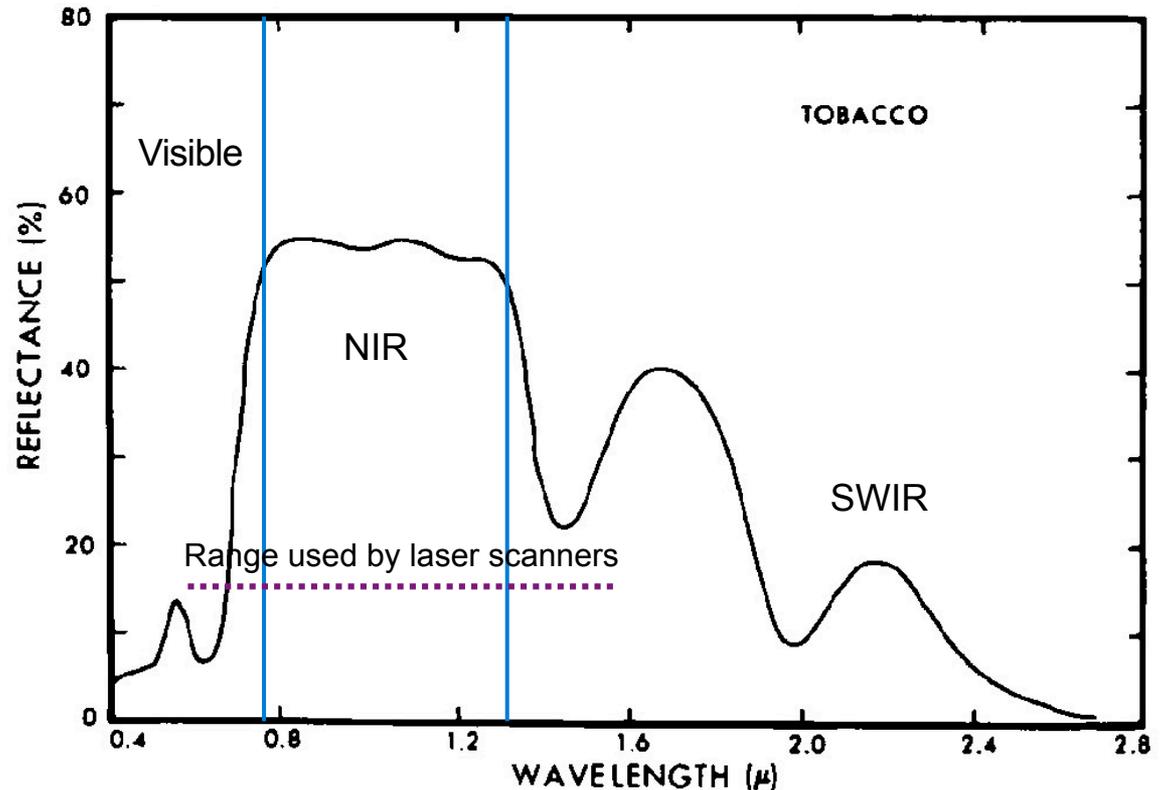
- Neben 3D  
Koordinaten:  
Reflektionsintensität

X	Y	Z	intensity
759003.84210000	212997.06490000	1075.98000000	1205
759003.84200000	212997.06520000	1075.99500000	1198
759003.84220000	212997.06520000	1075.98950000	1198
759003.84230000	212997.06530000	1075.99100000	1170
759003.84260000	212997.06540000	1075.98540000	1177
759003.84260000	212997.06560000	1075.99580000	1190
759003.84260000	212997.06580000	1076.00100000	1245
759003.84280000	212997.06580000	1075.99620000	1262
759003.84290000	212997.06600000	1075.99910000	1254
759003.84320000	212997.06620000	1076.00220000	1257
759003.84340000	212997.06620000	1075.99390000	1253
759003.84360000	212997.06630000	1075.99180000	1271
759003.84370000	212997.06640000	1075.99500000	1271
759003.84390000	212997.06640000	1075.98930000	1227
759003.88870000	212997.09330000	1075.99360000	725
759003.88890000	212997.09330000	1075.99320000	697
759003.96620000	212997.11540000	1075.88970000	1000
759003.96640000	212997.11520000	1075.87830000	936
759003.96880000	212997.11620000	1075.91300000	1215
759003.97760000	212997.11830000	1075.96520000	1186

# Korrektur der Signalstärke

## Warum TLS Intensität für forstliche Anwendungen?

- Neben 3D Koordinaten: Reflektionsintensität
- Laser meist mit NIR/SWIR Wellenlänge
- Intensitätsinformation ähnlich der IR Bänder spektraler Bilder
- NIR und SWIR hoch indikativ für Vegetationseigenschaften



Leaf pigments

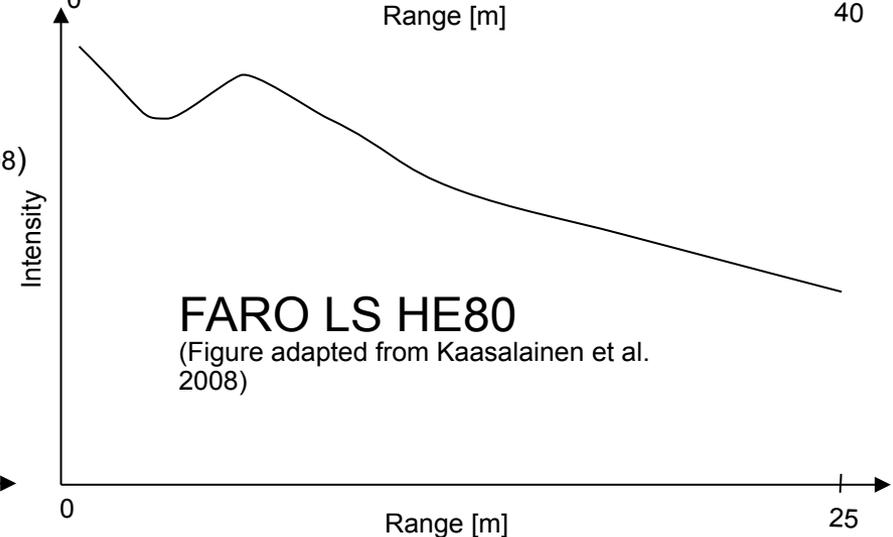
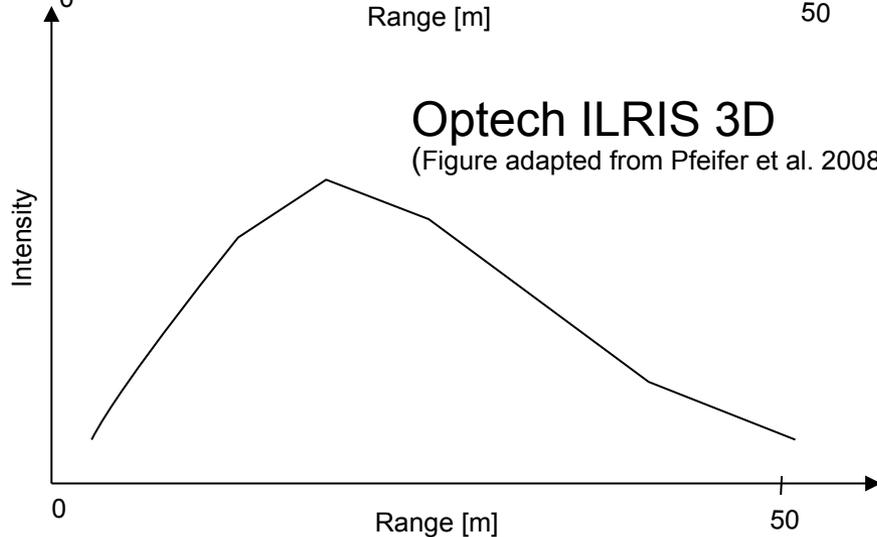
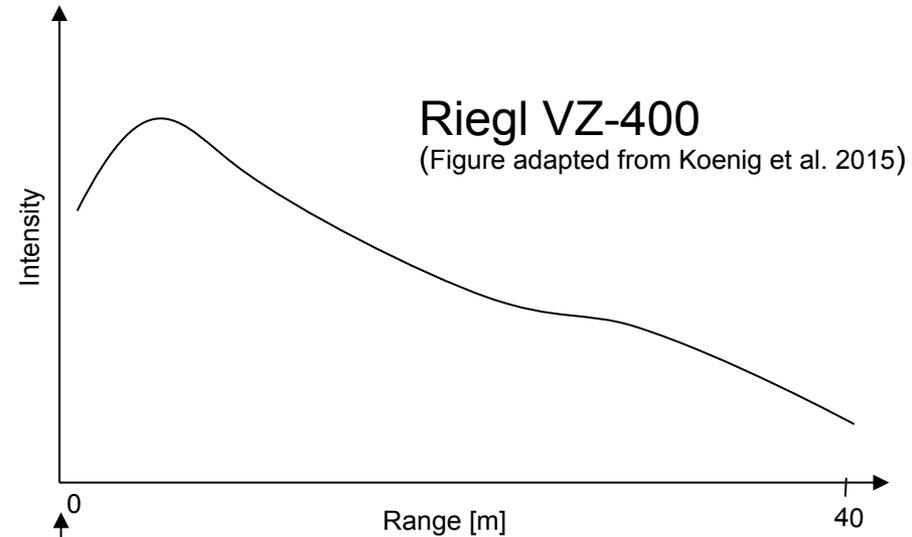
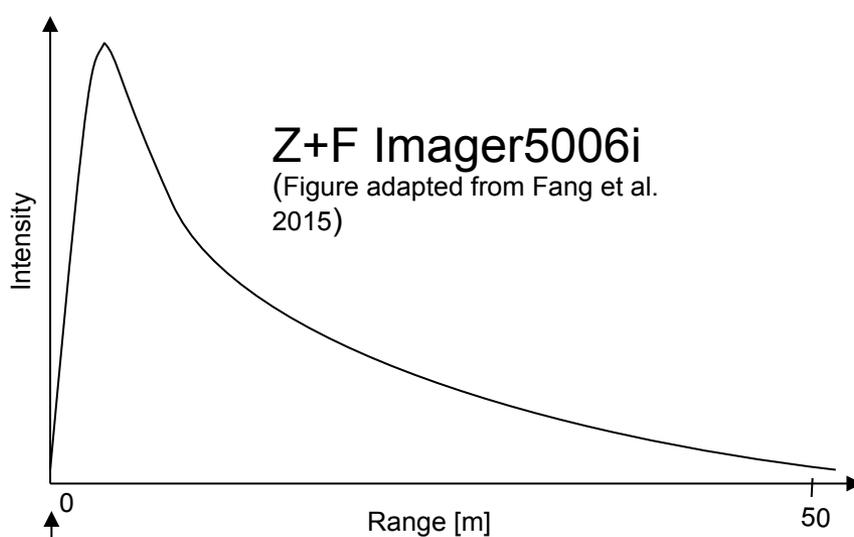
Cell structure

Water content

(Figure adapted from Knipling 1970 and Hildebrandt 1996)

# Korrektur der Signalstärke

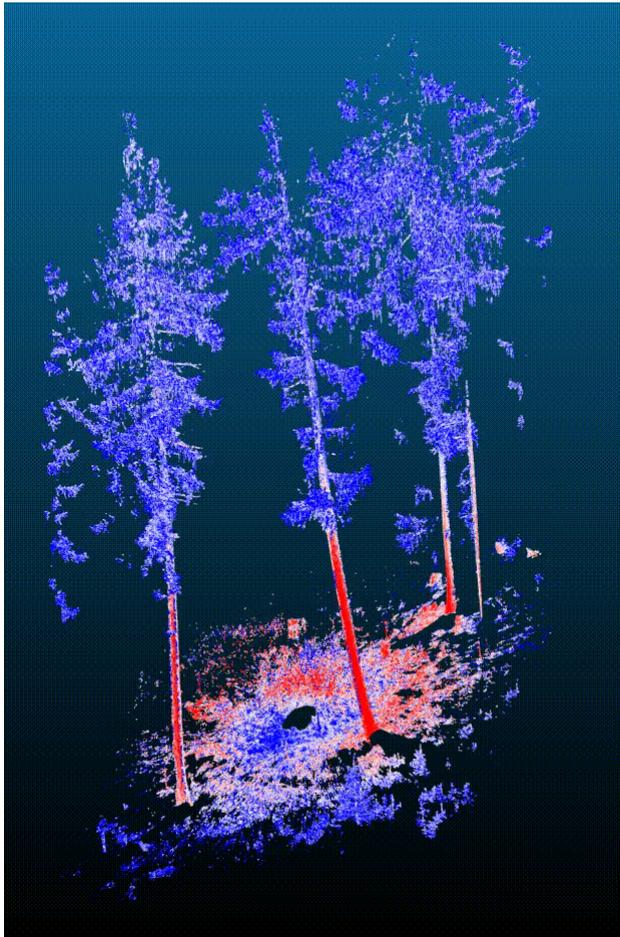
**The problem** Different amplitude/range pattern for different scanners



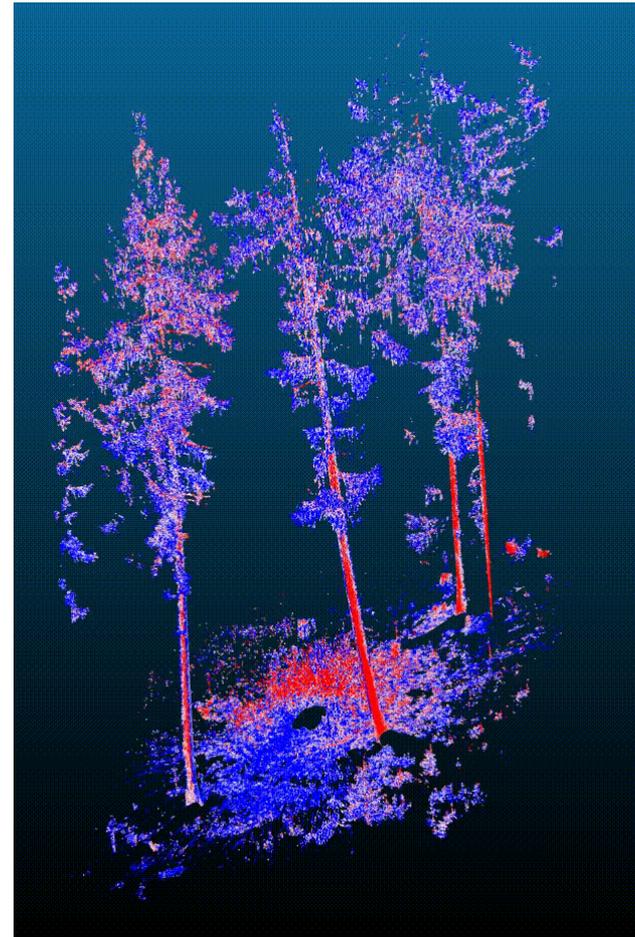
# Korrektur der Signalstärke

## Ergebnis

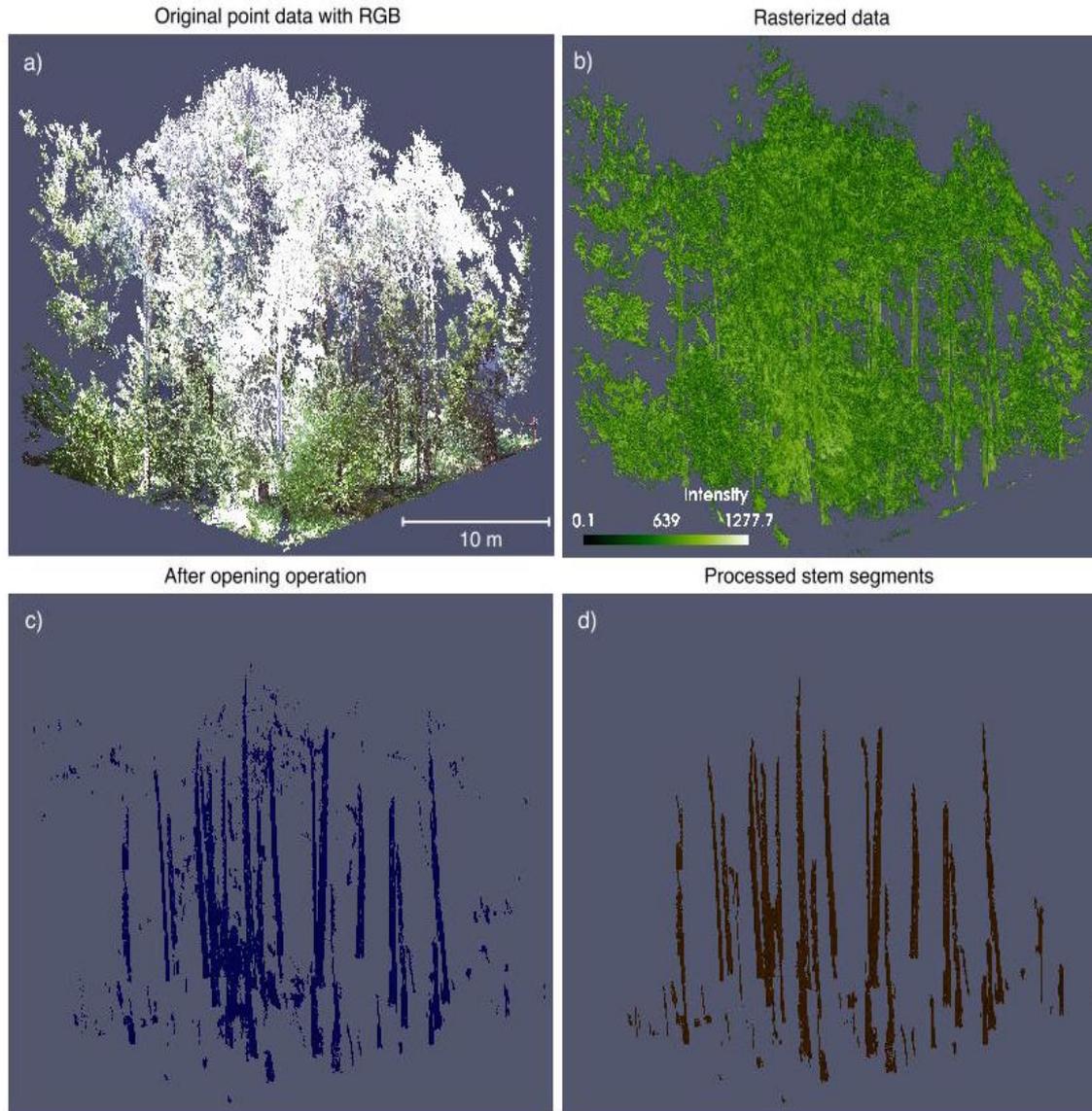
Original Intensität



Korrigierte Intensität



# Isolierung von Stämmen



1. Initiale Punktwolke  
(gefärbt mit RGB Bildern)

Vorprozessierung

2. Voxelbasiertes Volumen

Morphologischer  
Stammfilter

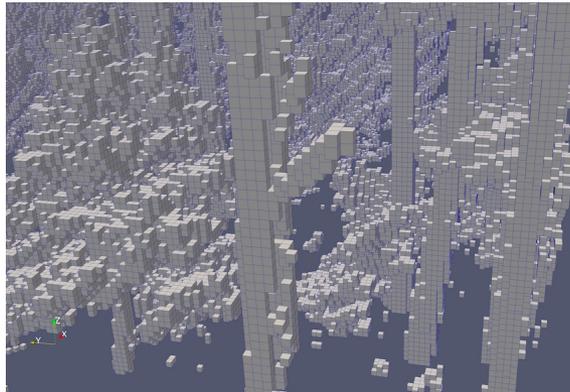
3. Pot. Stammsegmente

Segment -  
prozessierung

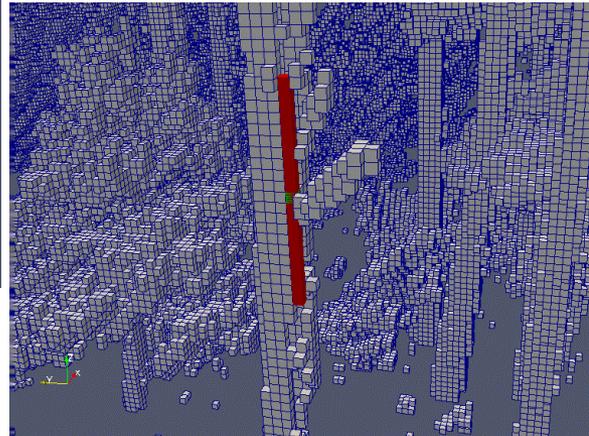
4. Einzelne Stammobjekte

# Isolierung von Stämmen

Methode: 3D mathematische Morphologie

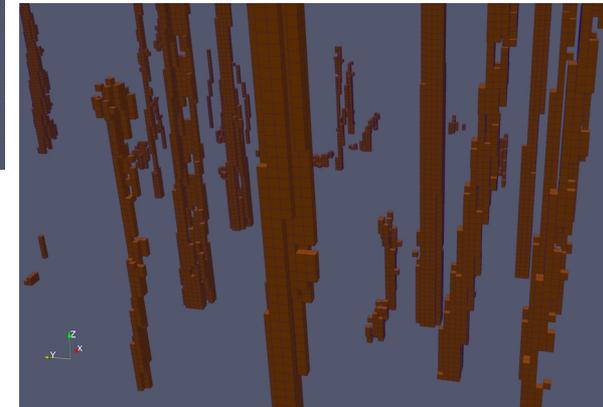


1. Original Vegetation



2. Morphologische Operation für jedes Voxel

3. Blatt- und Astteile gefiltert



# Isolierung von Stämmen

Verifizierung für zwei Gruppen von Referenzdaten

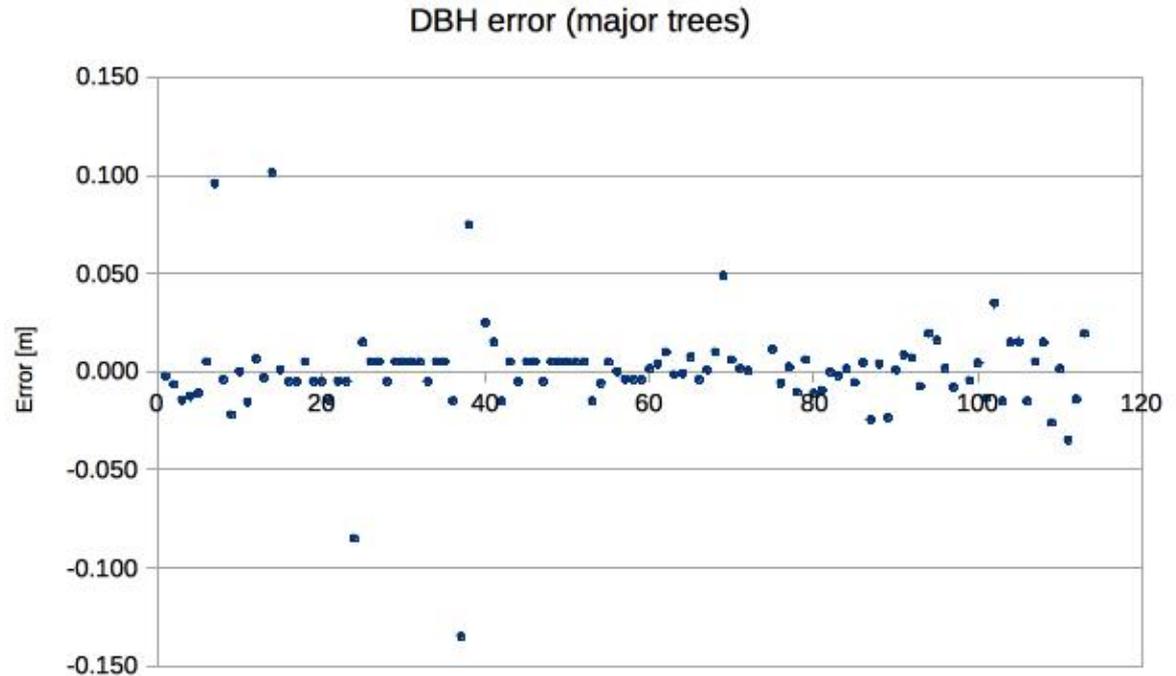
## Detection rates

	Inventory trees				Regeneration trees			
	Inner circle		Outer circle		> 1.3 m		> 2.0 m	
Test site	test	ref	test	ref	test	ref	test	ref
Sum trees	75	77	36	37	55	65	45	51
Overall accuracy (%)	97.40		97.30		84.62		88.24	

# Stamm- / Baummetriken

## Bestimmung von BHD

- BHD-Bestimmung auch bei starker Verdeckung/ kleinen Datenfragmenten
- Mittlerer Fehler bei 1cm Auflösung: 1,5 cm



# Stamm- / Baummetriken

## Bestimmung weiterer Metriken

- Stammmindesthöhe
- Kronenoberhöhe (aller Bäume im 3D-Raum):
  - > Bislang noch ungenau

## Zukünftige Entwicklungen:

- Kombination aller Merkmale zur Lokalisierung von Verjüngung
- Geometrische Abgrenzung der Verjüngung

# Vielen Dank!