

Abschlussbericht

Herleitung von Kronenparametern für Einzelbäume mit Methoden der Fernerkundung

Erstellt für

Staatsbetrieb Sachsenforst
Kompetenzzentrum Wald- und Forstwirtschaft
Referat FGIS, Kartografie, Vermessung
Bonnewitzer Strasse 34
01796 Pirna OT Graupa

Ansprechpartner

Frau Karina Hoffmann
email: karina.hoffmann@smul.sachsen.de
tel.: (03501) 542260

Erstellt von

landConsult.de - Büro für Geographisches
Informationsmanagement, Umweltplanung und Beratung
Öhinghaltweg 3, D-77815 Bühl
Projektleitung: Dr. Markus Weidenbach
(bevollmächtigter Vertreter der Bietergemeinschaft)



ProGea Consulting - Ing. Büro für Geoinformatik
und Fernerkundung
ul. Pachonskiego 9, 31-223 Krakau, Polen
Projektleitung: Dr. Piotr Wezyk
Mitarbeiter: Piotr Tompalski, Msc. F. Ing.



Bühl, 21.01.2013

Benutzte Abkürzungen

AG: Auftraggeber

ALS: Airborne Laserscanning

AN: Auftragnehmer

DGM: Digitales Geländemodell

DHDN: Deutsches Hauptdreiecks Netz

DOM: Digitales Oberflächenmodelle

DSM: Digital Surface Model

DTM: Digital Terrain Model

EPSG: European Petroleum Survey Group Geodesy, eindeutige Schlüsselnummer für Koordinatenreferenzsysteme

GALILEO: Europäisches Satelliten Navigationssystem, im Aufbau.

GeoSN: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen

GK: Gauß-Krüger

GLONASS: Russisches Satelliten Navigationssystem

GNSS: Global Navigation Satellite System.

GPS: US Amerikanisches Global Positioning System

HDD: Hard Disk Drive, Festplatte

HEPS: Hochpräziser Echtzeit-Positionierungs-Service

LiDAR: Light Detection and Range, Synonym für Laserdaten

nDOM: normalisiertes Oberflächenmodell

nDSM: normalised Digital Surface Model

NWZ: Naturwaldzelle

PK: Probekreis

PD: Potsdam Datum

RD: Rauenberg Datum

RSG: Remote Sensing Graz

RGBI: Rot, Grün, Blau, Infrarot, GeoTIFF Bilder mit 4 getrennten Farbkanälen

SAPOS: Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung

SBS: Staatsbetrieb Sachsenforst

SRTM: Space Shuttle Radar Topography Mission liefert Oberflächendaten vom Feb. 2000

TLS: Terrestrisches Laserscanning

Inhaltsverzeichnis

<i>1 Ziel des Vorhabens.....</i>	<i>4</i>
<i>2 Untersuchungsgebiet und verwendete Daten.....</i>	<i>5</i>
<i>3 Ergebnisse</i>	<i>10</i>
<i>4. Terrestrische Laservermessung.....</i>	<i>37</i>
<i>5 Anhang.....</i>	<i>58</i>

1 Ziel des Vorhabens

Ausgehend von den positiven Ergebnissen bei der Entwicklung eines Verfahrens zur Herleitung von Kronenparametern für Einzelbäume aus Fernerkundungsdaten (landConsult.de 2011, Weidenbach, Wezyk, Hoffmann, Martens 2012) soll das Verfahren auf andere waldbauliche Versuchsflächen übertragen, angewandt und weiterentwickelt werden. Es werden folgende vier Teilziele verfolgt:

1. Herleitung von Kronenparametern für Einzelbäume für ausgewählte Fichtenaltbestände unter Anwendung des bisherigen Verfahrens
2. Anpassung des Regelwerkes an jüngere Fichtenbestände.
3. Erprobung und Anpassung der Routinen zur Erkennung von Einzelbäumen für ältere Laubbaumbestände.
4. Verifizierung der automatischen Erkennung von Einzelbäumen und ihrer Kronenparameter mit Aufnahmen unterschiedlicher Punktdichten

Ziel der Untersuchungen ist die Visualisierung der Kronendimensionen der Einzelbäume sowie die automatisierte Erfassung folgender Einzelbaummerkmale aus ALS-Daten:

Baumhöhe; Kronenansatzhöhe; Kronenlänge; Höhe der maximalen Kronenbreite; mittlere Kronenbreite auf der Höhe der maximalen Kronenbreite; mittlerer Kronenradius; Kronenschirmfläche (planimetrische Kronenfläche); Kronenmantelfäche; Kronenvolumen; Rechts- und Hochwert der Baumspitze (höchster Laserpunkt im Kronensegment); maximaler, minimaler und mittlerer Radius auf Höhe der maximalen Kronenbreite; 8 Kronenradien in den Haupthimmelsrichtungen.

Da für einen Großteil der Flächen nur die vom GeoSN bereit gestellten ALS-Daten mit Punktdichten von im Mittel 1 – 2 Punkten/m² verfügbar sind, sollten zur besseren Erfassung der Kronenparameter Luftbilddaten in die Verfahrensadaptation mit einbezogen werden.

2 Untersuchungsgebiet und verwendete Daten

2.1 Untersuchungsgebiet

Beschreibung Lage

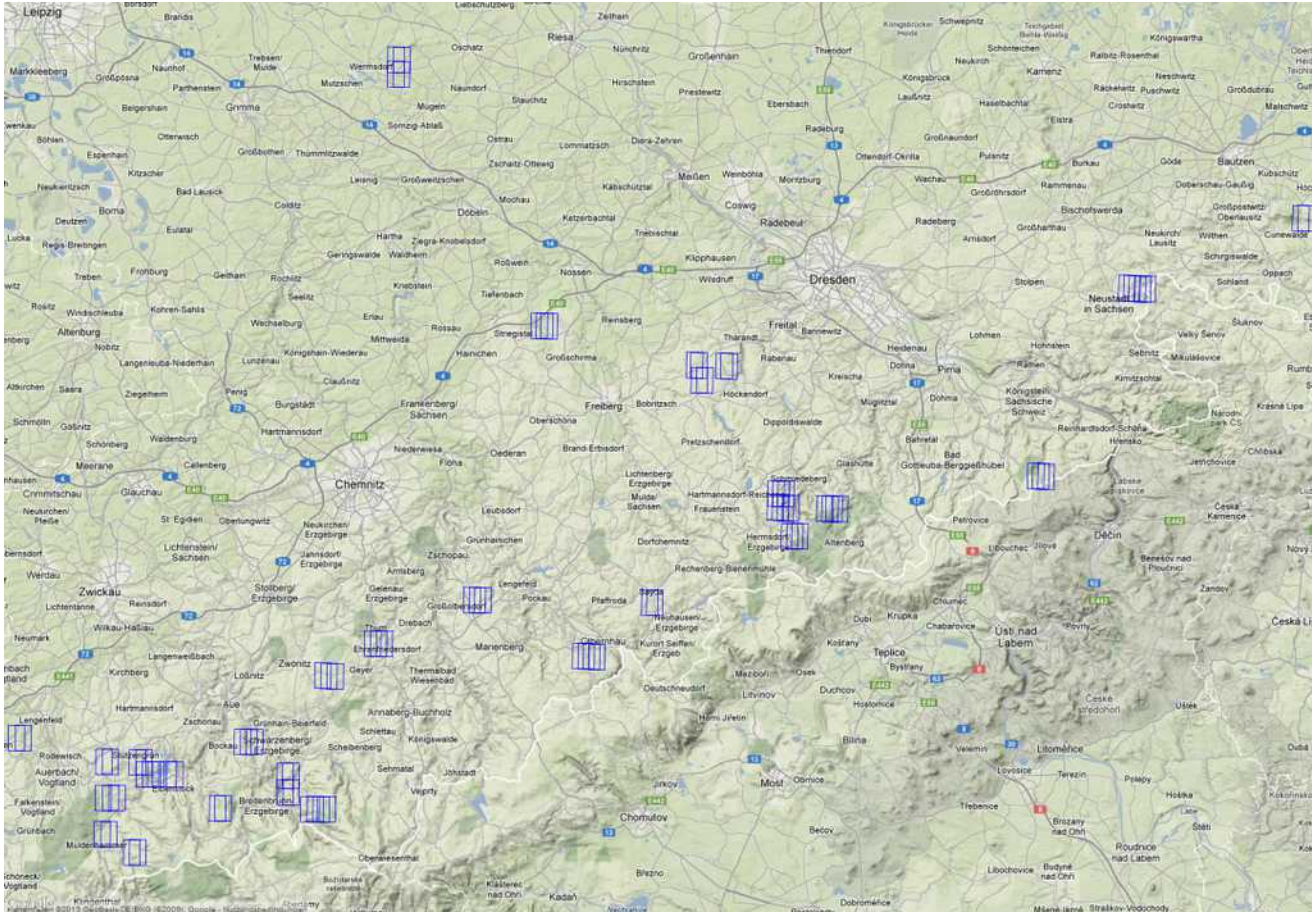


Abbildung 2.1: Darstellung der Lage der Versuchsflächen anhand der Grenzen der verarbeiteten Luftbilder (blaue Rechtecke). Hintergrundlayer: SRTM Oberflächenmodell und Google Streets.

Insgesamt wurden 54 Versuchsflächen an 34 Orten bearbeitet. Die Polygone der Versuchsflächen wurden vom AG durch eine Pufferzone erweitert und sind in den in folgender Tabelle aufgeführten 4 Shapedateien abgespeichert.

Für eine reibungslose Datenverarbeitung wurde für jede Versuchsfläche, bzw. für jede bestehende Object-ID eine neu interne ID vergeben.

Liste der Versuchsflächen:

Interne ID	Object ID	Versuch	Baumart	Versuchsnr.	Name der Shapedatei
1_1	238	Zellwald 26	GFI	3051	Export_jungeFichte
1_2	240	Zellwald 30	GFI	3051	Export_jungeFichte
1_3	243	Zellwald 32	GFI	3052	Export_jungeFichte
1_4	282	Rautenkranz 250	GFI	3053	Export_jungeFichte
1_5	283	Gottesberg 14	GFI	3054	Export_jungeFichte
1_6	284	Heinzebank 123a4	GFI	3055	Export_jungeFichte
1_7	285	Heinzebank 123a5	GFI	3056	Export_jungeFichte
1_8	286	Eich 317	GFI	3057	Export_jungeFichte
1_9	288	Schoenneheide 87	GFI	3058	Export_jungeFichte
1_10	289	Schoenneheide 91	GFI	3059	Export_jungeFichte
1_11	290	Olbernhau 32a5	GFI	3060	Export_jungeFichte
1_12	291	Olbernhau 32a4	GFI	3061	Export_jungeFichte
1_13	292	Rittersgruen 328	GFI	3062	Export_jungeFichte
1_14	293	Rittersgruen 327	GFI	3063	Export_jungeFichte
1_15	294	Cunnersdorf 157	GFI	3064	Export_jungeFichte
1_16	295	Cunnersdorf 158	GFI	3065	Export_jungeFichte
1_17	296	Eselsberg 47	GFI	3066	Export_jungeFichte
2_1	11	Hohwald 543	GFI	1019	Fichte_Martens_Puffer50
2_2	21	Rautenkranz 251	GFI	1015	Fichte_Martens_Puffer50
2_3	51	Altenberg 414	GFI	1010	Fichte_Martens_Puffer50
2_4	52	Altenberg 419	GFI	1010	Fichte_Martens_Puffer50
2_5	55	Czomeboh 229	GFI	1031	Fichte_Martens_Puffer50
2_6	56	Rosenthal 157	GFI	1016	Fichte_Martens_Puffer50
2_8	223	Wahlsmuehle 334/343	GFI	1006	Fichte_Martens_Puffer50
2_9	224	Wahlsmuehle 334/343	GFI	1006	Fichte_Martens_Puffer50
2_10	225	Wahlsmuehle 334/343	GFI	1006	Fichte_Martens_Puffer50
2_11	198	Greifensteine 524	GFI	1029	Fichte_Martens_Puffer50
2_12	199	Elterlein 348	GFI	1027	Fichte_Martens_Puffer50
2_13	216	Rittersgruen 325	GFI	1040	Fichte_Martens_Puffer50
2_14	202	Altenberg 418	GFI	1010	Fichte_Martens_Puffer50
2_15	203	Altenberg 421	GFI	1010	Fichte_Martens_Puffer50
2_16	220	Antonshoehe 661	GFI	1042	Fichte_Martens_Puffer50
2_17	57	Buchensaatversuch Hohwald 565	RBU	8007	Fichte_Martens_Puffer50
2_18	221	Conradswiese 219	GFI	1024	Fichte_Martens_Puffer50
2_19	58	Saat Hohwald 565	RBU	8007	Fichte_Martens_Puffer50
2_20	59	Buchensaatversuch Hohwald 565	RBU	8007	Fichte_Martens_Puffer50
2_22	197	Rittersgrue1n 314	GFI	1041	Fichte_Martens_Puffer50
2_21a	247	Schoenneheide 177	GFI	1028	Fichte_Martens_Puffer50
2_21b	247	Schoenneheide 177	GFI	1028	Fichte_Martens_Puffer50
2_7a	65	Sayda 47	GFI	1039	Fichte_Martens_Puffer50
2_7b	65	Sayda 47	GFI	1039	Fichte_Martens_Puffer50
4_1	264	Rungstock	RBU	9005	rungstock_wermsdorf
4_2	265	Rungstock	RBU	9005	rungstock_wermsdorf
4_3	34	Eiche Wermsdorf 37	SEI	3031	rungstock_wermsdorf
3_1	0	Weiser_1		0	vflaechen_puffer
3_2	0	Weiser_2		0	vflaechen_puffer
3_3	0	Weiser_3		0	vflaechen_puffer
3_4	0	Weiser_4		0	vflaechen_puffer
3_5	0	Weiser_5		0	vflaechen_puffer
3_6	0	Weiser_6		0	vflaechen_puffer
3_7	0	Weiser_7		0	vflaechen_puffer
3_8	0	Weiser_8		0	vflaechen_puffer
3_9	0	Weiser_9		0	vflaechen_puffer
3_10	0	Weiser_10		0	vflaechen_puffer
3_11	0	Weiser_11		0	vflaechen_puffer
3_12	0	Weiser_12		0	vflaechen_puffer

Tabelle 2.1: Übersicht über die bearbeiteten Versuchsflächen

2.2 Verwendete Datensätze und Projektionen

Verwendete Projektion

Für eine maximale Genauigkeit der Ergebnisse wurde die Projektion „RD/83, Bessel, GK Zone 4“, mit dem EPSG Code 3398 und den dazugehörigen Transformationsparametern benutzt, die v.a. bei der Erstellung der Stereomodelle und der Auswertung der terrestrischen Laserdaten (TLS) von Bedeutung ist. Eine genaue Beschreibung findet sich auf der Seite <http://crs.bkg.bund.de/crseu/crs/eu-national.php> sowie im Anhang dieser Arbeit:

Zwar bietet die häufig benutzte Projektion „DHDN / 3-degree Gauss-Kruger Zone 4“ mit dem EPSG Code 31468 für eine allgemeine GIS Anwendung in größerem Maßstab eine ausreichende Genauigkeit. Systematische Lageverschiebungen zwischen einigen mitgelieferten Shapedateien des AG und den von uns gerechneten Laser- und Stereomodellen sind jedoch vermutlich auf die Anwendung ungeeigneter Projektionen zurückzuführen.

Shape Dateien

Hinweis: alle hier erwähnten Shape Dateien befinden sich im Ordner **/versuchsflaechen/shape** und **/TLS/shp** auf der vorbereiteten Festplatte (HDD).

Vom AG wurden verschiedene Shape Dateien mit den Polygonen der Versuchsflächen und der Pufferflächen (siehe vorhergehende Tabelle), sowie Punkt Shape Dateien der Probekreise in Rungstock und den dort vermessenen Bäumen geliefert.

Liste der verfügbaren Shape Dateien:

- Export_jungeFichte.shp
- Fichte_Martens_Puffer50.shp
- vjflaechen_puffer.shp
- Export_Versuche.shp
- rungstock+wermsdorf.shp
- TLS_Rungstock.shp
- 9005_Baumpos1998.shp

LiDAR Daten

First-Lastpulse Laserdaten vom GeoSN (Befliegungszeitraum 2006 – 2009):

Vom GeoSN in Dresden lagen interpolierte Gitter der First-Lastpulse Laserdaten als Punktrasterwolke (*.xyz) und als GeoTiff (*.tif) mit einer Auflösung von 2 m (für einzelne Flächen auch als 1m Raster) vor. Sie haben folgende Bezeichnung:

- DGM2 (zum Teil DGM1)
- DOM2 (zum Teil DOM1)
- nDOM2 (zum Teil DOM1)

Aufgrund der groben Auflösung waren diese Daten für das Vorhaben im wesentlichen nicht geeignet.

Die klassifizierte Datensätze aus First-Lastpulse Laserdaten haben eine mittlere Punktdichte von ca. 2 pt/qm und wurden je nach Versuchsfläche vom GeoSN in unterschiedlicher Bearbeitung als ASCII Datensatz (xyz) bereitgestellt. Die Punktdichte der First-Lastpulse Laserdaten für die Fläche Cunnersdorf liegt höher als für die restlichen Bereiche, weil diese Daten mit einem FALCON Scanner der Firma Toposys (jetzt Trimble) im Rahmen des INTERREG II Projektes aufgenommen wurden.

- *.bdp (Punktwolke mit klassifizierten Bodenpunkten)
- *.veg, *.rest (als nicht Bodenpunkte klassifizierte Daten)
- *.int, *.fill (synthetisch erzeugte Interpolationspunkte, für einzelne Versuchsflächen)
- *.bil (Gebäude, für einzelne Versuchsflächen)

Die klassifizierten Datensätze *.bdp und *.veg, bzw. *.rest sind grundsätzlich für das Vorhaben geeignet, jedoch liegen diese Daten nicht für alle Versuchsflächen vor und die Auswirkungen der angewandten Klassifizierungs- und Interpolationsmethoden des GeoSN können u.U. die Repräsentanz der Daten beeinträchtigen.

Sofern solche Daten vorlagen, wurden sie auch für die Erstellung der Gelände- und Kronenmodelle genutzt.

Bevorzugt verwendet wurden allerdings die als „Rohdaten“ bereitgestellten unklassifizierten First-Lastpulse (z.T. auch als „Only Pulse“ vorhanden) Laserpunkte, die in Form einzelner Flugstreifen als ASCII Datei (xyz) für die vom GeoSN vergebenen Lose Freiberg, Plauen, Radeberg, Stollberg und Waldheim vorlagen.

Am 10.12.2012 wurden solche Daten für die Flächen Altenberg, Heinzebank, Sayda und Wahlsmühle nachgeliefert. Anfang Januar gingen auch noch die fehlenden Daten für die Versuchsfläche Antonshöhe beim AN ein, aus denen dann noch die fehlenden Modelle gerechnet wurden.

Lediglich für die Fläche Wermsdorf lagen bis zuletzt keine geeigneten Laserdaten vor und ein kleiner Bereich von ca. ca. 1-2% der Fläche Eich war ebenfalls nicht durch Laserdaten abgedeckt.

Fullwave Laserdaten der Firma ILV aus dem Jahr 2009

Die Testgebiete Rungstock und Olbernhau wurden am 03.07.2009 mit einem RIEGL LMS-Q560 mit einer Punktdichte von mindestens 5 Punkten/m² von der Firma ILV Wagner aus Cottbus befliegen. Zur Verarbeitung und Qualität dieser Daten siehe Abschlussbericht 2011.

Aufgrund der hohen Punktdichte dienten diese Daten als Referenz für den Vergleich mit den einfachen First-Lastpulse Laserdaten, den Stereomodellen und den Terrestrischen Laserscanning Daten. Wie im folgenden Kapitel dargestellt wird, zeichnen sich die Fullwave Laserdaten v.a. dadurch aus, dass sie neben einer relativ hohen Punktdichte von über 5 Punkten pro qm zugleich auch Laserechos aus dem Bereich zwischen Kronendach und Boden liefern und somit erst die automatische Berechnung bspw. der Kronenansatzhöhe sinnvoll machen.

Terrestrische Laserdaten

Mit einem FARO Focus wurden am 09. Nov. von 10.00 bis 18:00 Aufnahmen von drei Probekreisen im Bereich Rungstock gemacht. Eine zusammenhängende Darstellung dieser Arbeit findet sich in einem eigenen Kapitel in diesem Bericht.

Luftbilder des GeoSN

Für alle 34 Versuchsflächen wurden Bilder der Kamera UltraCam Modell XP und UltraCam Modell X im Quer- oder Hochformat auf HDD vom AG bereitgestellt. Es handelt sich um 16 bit Luftbilder mit 4 Bändern (RGBI), die zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommen wurden.

Als zusätzliche Information wurden die Flugparameter und die Kalibrierungsberichte der Kameras bereitgestellt.

Aus über 80 Luftbildern wurden digitale Höhenmodelle und 4 Band Orthophotos für alle Versuchsflächen gerechnet, mit Ausnahme der Fläche „Antonshöhe“, da das benötigte Luftbild „rgbi_0810_12_0025.tif“ im Ordner „/GeoSN/Luftbilder/2010“ nicht lesbar war.

Zusätzlich wurden Orthophotos als 3 Band Infrarotkomposit vom GeoSN bereitgestellt. Für die Versuche Antonshöhe und Altenberg lagen keine flächendeckenden Orthophotos vom GeoSN vor. Im Fall von Altenberg konnten wir das fehlende Bild durch das aus den Luftbildern gerechnete Orthophoto ersetzen.

Die Tabelle im folgenden Kapitel zeigt eine Übersicht über die Datenstruktur.

3 Ergebnisse

Eine Übersicht über sämtliche auf Festplatte gespeicherte Ergebnisdateien findet sich im Anhang.

3.1 Prozessablauf

Die Herausforderung der vorliegenden Arbeit bestand v.a. darin, z.T. sehr heterogene Fernerkundungsdatensätze von insgesamt 34 über ganz Südsachsen verteilte und sehr unterschiedlich strukturierte Versuchsflächen durch ein universell anwendbares Verfahren zu bearbeiten, das die besonderen Wald- und Dateneigenschaften berücksichtigt.

Die Arbeiten wurden mit der Sichtung der vorliegenden Datensätze begonnen. Parallel zur anschließenden Vorbereitung der Laser- und Stereodatenmodelle anhand der amtlichen LiDAR und Luftbilddaten wurde in Olbernhau und Rungstock eine Referenzfläche für die Entwicklung und den Test des Verfahrens ausgewählt.

Diese Fläche ist sowohl durch hochauflösende Fullwave Laserdaten, als auch von amtlichen First-/Lastpulse Daten und Luftbildern abgedeckt. Zudem wurden in diesem Bereich auch die mit einem terrestrischen Lasergerät zu vermessenden Probekreise ausgewählt.

Im wesentlichen war die Arbeit durch folgende Kernaufgaben bestimmt:

1. Berechnung möglichst repräsentativer Oberflächenmodelle (DSM) aus Laser- oder Luftbilddaten und Weiterverarbeitung zu Kronenmodellen, die als Grundlage für die automatische Kronenvermessung dienen (wir benützen die englischen Abkürzungen DSM und nDSM – normalised Digital Surface Modell - die sich auch in vielen Dateinamen wiederfinden).
2. Weiterentwicklung des e.cognition Regelwerkes (Ruleset), das auf dem 2011 entwickelten Regelwerk aufbaut, jedoch nun im Bereich von kleineren Kronen des nDSM bessere Ergebnisse liefert.
3. Automatische Segmentierung der im nDSM erkennbaren Kronen durch das entwickelte Regelwerk mit e.cognition über alle 34 Versuchsflächen hinweg.
4. Erzeugung von insgesamt ca. 134.000 Einzelbaumpunktwolken anhand von FUSION und Vermessung der Kronenparameter mittels ATLAS.
5. Erzeugung von Shapefiles mit den geglätteten Kronenpolygonen und den berechneten Kronenparametern als Attribut.
6. Terrestrische Laservermessung und Auswertung von 3 Stichprobenkreisen in der NWZ Rungstock.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Prozessierten Daten:

Name des Versuchs	Name des Shapefiles	OBJECTID der Original Shapes	Interne ID der Flächen	ID LIDAR Modelle	LIDAR Daten auf SBS HDD Ordner 'Rohdaten'	Bemerkung zu Laserdaten	Gerechnete Stereomodelle (20 cm DSM und Orthophoto)	Anmerkungen zu Luftbildmodellen	Ordner im Abschlussbericht
Altenberg 414	Fichte_Martens_Puffer50	51	2_3	L_5	+		+	Standard Modellberechnung	altenberg
Altenberg 418	Fichte_Martens_Puffer50	202	2_14	L_5	+		+	Standard Modellberechnung	altenberg
Altenberg 419	Fichte_Martens_Puffer50	52	2_4	L_5	+		+	Standard Modellberechnung	altenberg
Altenberg 421	Fichte_Martens_Puffer50	203	2_15	L_32	-	Datennachlieferung vom 12.12.2012	+	Standard Modellberechnung	altenberg
Antonshoehe 661	Fichte_Martens_Puffer50	220	2_16	L_31	+	Datennachlieferung vom 05.01.2013		Luftbild rgb1_0810_12_0025.tif ist defekt. Modell konnte nicht gerechnet werden	antonshoehe
Hohwald 565	Fichte_Martens_Puffer50	57	2_17	L_2	+	vertical flightlines - LIDAR data „Gebiet_Radeberg“	+	Standard Modellberechnung	hohwald
Hohwald 565	Fichte_Martens_Puffer50	59	2_20	L_2	+	vertical flightlines - LIDAR data „Gebiet_Radeberg“	+	Standard Modellberechnung	hohwald
Conradswiese 219	Fichte_Martens_Puffer50	221	2_18	L_20	+		+	Standard Modellberechnung	conradswiese
Cunnersdorf 157	Export_jungeFichte	294	1_15	L_26	-	INTERREG laser data	+	Standard Modellberechnung	cunnersdorf+rosenthal
Cunnersdorf 158	Export_jungeFichte	295	1_16	L_26	-	INTERREG laser data	+	Standard Modellberechnung	cunnersdorf+rosenthal
Czomeboh 229	Fichte_Martens_Puffer50	55	2_5	L_25	-	last.xyz, first.xyz, only xyz GeoSN\Versuchsaflaechen\Czomeboh_229\Erfassungsdatei_4578_5666	+	Standard Modellberechnung	czomeboh
Eich 317	Export_jungeFichte	286	1_8	L_30	-	18.12.2012 – nur 95% abgedeckt	+	Hochauflösende Modellberechnung	eich
Eiche Wernsdorf 37	runstock_wernsdorf	34	4_3	L_24	-	keine Daten für Wernsdorf vorhanden, Daten für Runstock siehe "runstock+olbernhau"	+	Hochauflösende Modellberechnung	wernsdorf
Elterlein 348	Fichte_Martens_Puffer50	199	2_12	L_19	+		+	Standard Modellberechnung	elterlein
Eselsberg 47	Export_jungeFichte	296	1_17	L_18	+		+	Standard Modellberechnung	eselsberg
Gottesberg 14	Export_jungeFichte	283	1_5	L_6	+		+	Standard Modellberechnung	gottesberg
Greifensteine 524	Fichte_Martens_Puffer50	198	2_11	L_1	+		+	Standard Modellberechnung	greifensteine
Heinzebank 123a4	Export_jungeFichte	284	1_6	L_29	-	Datennachlieferung vom 12.12.2012	+	Standard Modellberechnung	heinzebank
Heinzebank 123a5	Export_jungeFichte	285	1_7	L_29	-	Datennachlieferung vom 12.12.2012	+	Standard Modellberechnung	heinzebank
Hohwald 543	Fichte_Martens_Puffer50	11	2_1	L_3	+	horizontal flightlines - LIDAR data „Gebiet_Radeberg“	+	Standard Modellberechnung	hohwald
Olbernhau 32a4	Export_jungeFichte	291	1_12	L_16	+	Fullwave Laser aus 2009 decken 50% von Runstock (einschl. 3 TLS Plots) und 100% von Olbernhau ab.	+	Hochauflösende Modellberechnung	runstock+olbernhau
Olbernhau 32a5	Export_jungeFichte	290	1_11	L_16	+	Fullwave Laser aus 2009 decken 50% von Runstock (einschl. 3 TLS Plots) und 100% von Olbernhau ab.	+	Hochauflösende Modellberechnung	runstock+olbernhau
Rautenkranz 250	Export_jungeFichte	282	1_4	L_10	+		+	Standard Modellberechnung	rautenkranz
Rautenkranz 251	Fichte_Martens_Puffer50	21	2_2	L_10	+		+	Standard Modellberechnung	rautenkranz
Rittersgruen 327	Export_jungeFichte	293	1_14	L_4	+		+	Standard Modellberechnung	rittersgruen
Rittersgruen 328	Export_jungeFichte	292	1_13	L_4	+		+	Standard Modellberechnung	rittersgruen
Rittersgruen 314	Fichte_Martens_Puffer50	197	2_22	L_4	+		+	Standard Modellberechnung	rittersgruen
Rittersgruen 325	Fichte_Martens_Puffer50	216	2_13	L_4	+		+	Standard Modellberechnung	rittersgruen
Rosenthal 157	Fichte_Martens_Puffer50	56	2_6	L_26	-	INTERREG laser data	+	Standard Modellberechnung	cunnersdorf+rosenthal
Runstock	runstock_wernsdorf	264	4_1	L_16	+		+	Standard Modellberechnung	runstock+olbernhau
Runstock	runstock_wernsdorf	265	4_2	L_16	+		+	Standard Modellberechnung	runstock+olbernhau
Hohwald 565	Fichte_Martens_Puffer50	58	2_19	L_2	+	vertical flightlines - LIDAR data „Gebiet_Radeberg“	+	Standard Modellberechnung	hohwald
Sayda 47	Fichte_Martens_Puffer50	65	2_7a	L_27	-	Datennachlieferung vom 12.12.2012	+	Standard Modellberechnung	sayda
Sayda 47	Fichte_Martens_Puffer50	65	2_7b	L_27	-	Datennachlieferung vom 12.12.2012	+	Standard Modellberechnung	sayda
Schoenheide 87	Export_jungeFichte	288	1_9	L_22	+		+	Standard Modellberechnung	schoenheide+weiser_8
Schoenheide 91	Export_jungeFichte	289	1_10	L_22	+		+	Standard Modellberechnung	schoenheide+weiser_8
Schoenheide 177	Fichte_Martens_Puffer50	247	2_21a	L_22	+		+	Standard Modellberechnung	schoenheide+weiser_8
Schoenheide 177	Fichte_Martens_Puffer50	247	2_21b	L_22	+		+	Standard Modellberechnung	schoenheide+weiser_8
Wahlsmuehle 334/343	Fichte_Martens_Puffer50	225	2_10	L_23	+		+	Standard Modellberechnung	wahlsmuehle
Wahlsmuehle 334/343	Fichte_Martens_Puffer50	223	2_8	L_28	-	Datennachlieferung vom 12.12.2012	+	Standard Modellberechnung	wahlsmuehle
Wahlsmuehle 334/343	Fichte_Martens_Puffer50	224	2_9	L_23	+		+	Standard Modellberechnung	wahlsmuehle
Weiser_1	flaechen_puffer	0	3_1	L_12	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_1
Weiser_10	flaechen_puffer	0	3_10	L_4	+		+	Standard Modellberechnung, siehe weiser 7	weiser_10
Weiser_11	flaechen_puffer	0	3_11	L_11	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_11
Weiser_12	flaechen_puffer	0	3_12	L_17	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_12
Weiser_2	flaechen_puffer	0	3_2	L_13	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_2
Weiser_3	flaechen_puffer	0	3_3	L_14	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_3
Weiser_4	flaechen_puffer	0	3_4	L_9	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_4
Weiser_5	flaechen_puffer	0	3_5	L_8	+		+	Standard Modellberechnung, siehe weiser 4	weiser_5
Weiser_6	flaechen_puffer	0	3_6	L_7	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_6
Weiser_7	flaechen_puffer	0	3_7	L_4	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_7
Weiser_8	flaechen_puffer	0	3_8	L_22	+		+	Standard Modellberechnung	schoenheide+weiser_8
Weiser_9	flaechen_puffer	0	3_9	L_21	+		+	Standard Modellberechnung	weiser_9
Zellwald 26	Export_jungeFichte	238	1_1	L_15	+		+	Standard Modellberechnung	zelwald
Zellwald 30	Export_jungeFichte	240	1_2	L_15	+		+	Standard Modellberechnung	zelwald
Zellwald 32	Export_jungeFichte	243	1_3	L_15	+		+	Standard Modellberechnung	zelwald

Tabelle 3.1: Übersicht über die verarbeiteten Datensätze

3.2 Prozessierte Höhenmodelle

Die Daten befinden sich im Unterordner „**/surface-model**“ der einzelnen Versuchsflächenordner. Die Dateiendungen sind weiter unten erläutert.

Höhenmodelle aus GoeSN First-Lastpulse Laserdaten

Aus den GeoSN First-Lastpulse Laserdaten wurden für alle Versuchsflächen verschiedene Modelle gerechnet, die im Ordner „**/surface-model**“ der entsprechenden Versuchsflächen abgelegt sind.

Grundlage der Rastermodelle sind die vor-prozessierten Laserpunktwolken im Verzeichnis „**/laser**“ der jeweiligen Versuchsflächen. Sie sind komprimiert und als *.rar Datei abgespeichert (zum Entpacken eignet sich z.B. das kostenlose Programm 7ZIP).

Für eine rationelle Bewältigung der Daten wurde die Software TerraSolid verwendet, grundsätzlich kann die Modellbildung aber auch mit FUSION erledigt werden.

Vom GeoSN wurden verschieden Datensätze bereitgestellt (siehe oben), allerdings haben wir uns für die Erstellung von möglichst repräsentativen Kronenmodellen auf die ursprünglichste Form der Laserdaten konzentriert. Das waren nach Firstpulse und Lastpulse Daten getrennte Datensätze im *.xyz Format (zum Teil lagen auch „Only“ Datensätze vor, bei denen pro Laserbeam nur ein Echo aufgenommen wurde), die im Ordner /Rohdaten der HDD gespeichert waren.

Die vom GeoSN klassifizierten Datensätzen sind vermutlich von ähnlicher Qualität, allerdings wurden diese Daten zum Teil interpoliert und durch Hilfspunkte ergänzt, was einen nicht kontrollierbaren Effekt auf die Modellbildung haben könnte.

Die unterschiedliche Laserpunktdichte führte nach der Anwendung eines 3x3 Median Filters auch zu einer unterschiedlichen Repräsentation des Kronendaches, was bei der Darstellung der Modelle im GIS allein schon durch die „Datenlöcher“ im Modell sichtbar wird.

Für alle Versuchsflächen haben wir aus den First-Lastpulse Daten ein DSM und nDSM in 3 Auflösungen berechnet: als 20 cm , 50 cm und 1 m Modell. Das DTM wurde mit einer Auflösung von 1 m berechnet.

Die Endungen der Dateinamen in den Unterordnern **/surface-model** bedeuten im einzelnen:

- L_1_*.tif bis L_31*_*.tif (Interne Bezeichnung der Versuchsgebiete, siehe Tab. oben)
- DSM_02.tif (digitales Oberflächenmodell mit 20cm Pixelgröße)
- DSM_05.tif (digitales Oberflächenmodell mit 50cm Pixelgröße)
- DSM_10.tif (digitales Oberflächenmodell mit 1m Pixelgröße)
- DTM.tif (digitales Geländemodell mit 1m Pixelgröße)
- nDSM_02.tif (digitales Kronenmodell mit 20cm Pixelgröße)
- nDSM_05.tif (digitales Kronenmodell mit 50cm Pixelgröße)
- nDSM_10.tif (digitales Kronenmodell mit 1m Pixelgröße)

Für die Segmentierung der Kronen mit e.cognition wurde i.d.R. das Kronenmodell mit einer Pixelgröße von 50 cm genutzt (nDSM_05.tif).

Höhenmodelle aus Fullwave Laserdaten

Die Daten befinden sich im Verzeichnis „**/versuchsflaechen/rungstock+olbernhau/surface-model**“. Die Dateien heißen „**Rungstock_Olbernhau_ALS2009_*.tif**“.

Lediglich für die Versuchsflächen Olbernhau 32a4 und Olbernhau 32a4 und den Westteil der NWZ Rungstock mit den drei Stichprobenkreise Nr. 3, 10 und 48 liegen hochaufgelöste Fullwave Laserdaten (4 Echos mit einer Punktdichte > 5 Punkte pro qm) vor. Auf Grundlage der vor-prozessierten Laserdaten wurde mit der Software FUSION ein normalisiertes Höhenmodell (Kronenmodell oder nDSM) gerechnet und mit einem Medianfilter (3x3 pixel moving window) geglättet.

Die daraus entstandenen Modelle sind nicht nur für eine Segmentierung einzelner Baumkronen sondern auch für die Berechnung der Kronenparametern den „amtlichen“ Laser- und Luftbilddaten weit überlegen.

Näheres zur Qualität dieses Datensatzes findet sich im Abschlussbericht des 2011 abgeschlossenen Projektes.

Folgendes Beispiel aus Olbernhau zeigt den Unterschied zwischen einem 20 cm Fullwave Kronenmodell und einem Kronenmodell das aus den amtlichen DOM2 (2 m Rasterpunkt wolke) erstellt wurde und dabei auf eine Pixelgröße von 1 m interpoliert wurde.

Zur unterschiedlichen Punktdichte der Datensätze siehe auch die Abbildungen auf Seite 21.

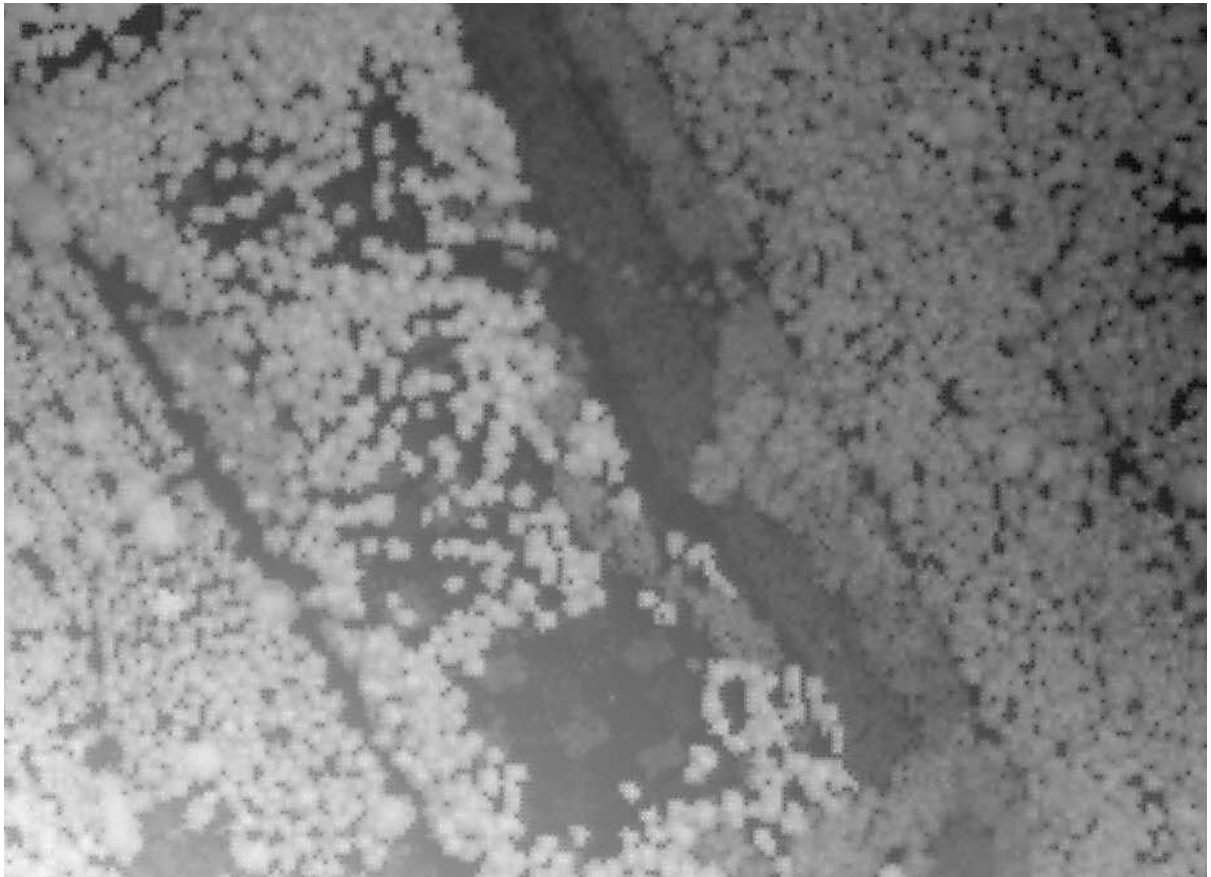


Abbildung 3.1: DSM aus DOM2 abgeleitet, Pixelgröße 1 m

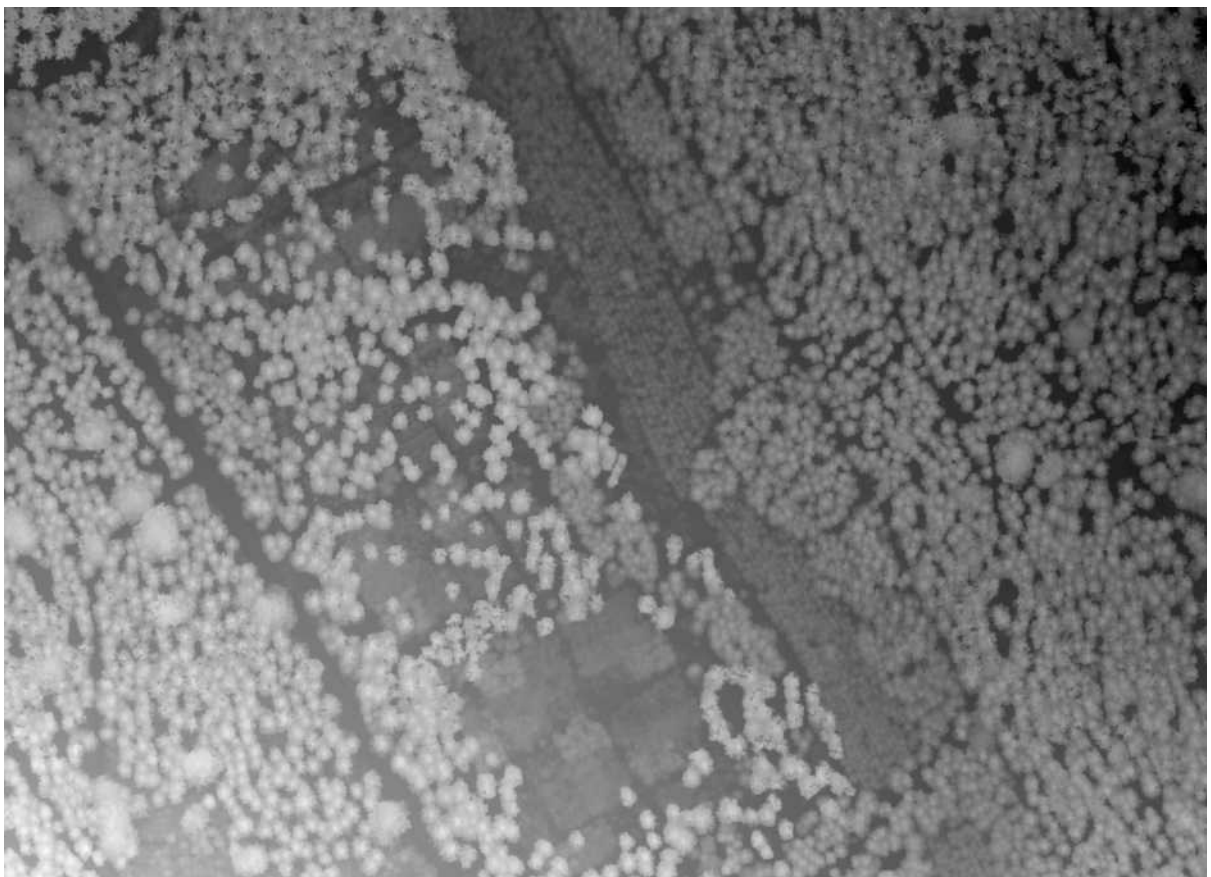


Abbildung 3.2: DSM aus Fullwave Laserdaten abgeleitet mit 20 cm Auflösung

Höhenmodelle aus UltraCam Luftbildern

Die aus den Luftbildern erstellten Höhenmodelle sind entsprechend der originalen Luftbildauflösung von ca. 20 cm als Modelle mit einer Pixelgröße von 20 cm berechnet und im Ordner „**stereomatching**“ der einzelnen Versuchsflächen abgespeichert. Die Dateinamen lauten dann in der Regel „**DSM_20cm_...tif**“.

Für die Berechnung der Stereomodelle aus den amtlichen Luftbildern wurde die Software RSG (Remote Sensing Graz) des Joanneum Research in Graz verwendet. In gleicher Weise kann auch die LPS (Leica Photogrammetry Suite) in ERDAS benutzt werden. Die Vorteile von RSG liegen aber v.a. in der Verwendung des SGM (Semiglobal Matching) Algorithmus mit einem skalierbaren Verfahren. So können nahezu alle für das Matching wichtigen Parameter frei eingestellt und an die Waldoberfläche und das Bildmaterial angepasst werden. Durch die flexible Verwendung von verschiedenen Pyramiden Ebenen kann die Geschwindigkeit und die Genauigkeit des Stereomatching flexibel gewählt werden.

Der Zusatz „downsmpl1“ im Dateinamen, deutet daraufhin, dass das Stereomodell mit der größtmöglichen Auflösung gerechnet wurde und damit qualitativ besser ist, als die übrigen Modelle, die im schnelleren Standardverfahren prozessiert wurden.

Folgende Modelle wurden mit der größtmöglichen Genauigkeit gerechnet und können als Referenzmodelle für gezielte Vergleiche dienen:

- Olbernhau+Rungstock
- Eich
- Wermsdorf
- Eselsberg

Das folgende Beispiel von Eich zeigt den Unterschied der qualitativ besten Stufe 1 (mit RSG down-sampling Faktor 1 und der original Bildauflösung prozessiert) zur weniger genauen, aber schneller zu verarbeitenden Stufe 2.

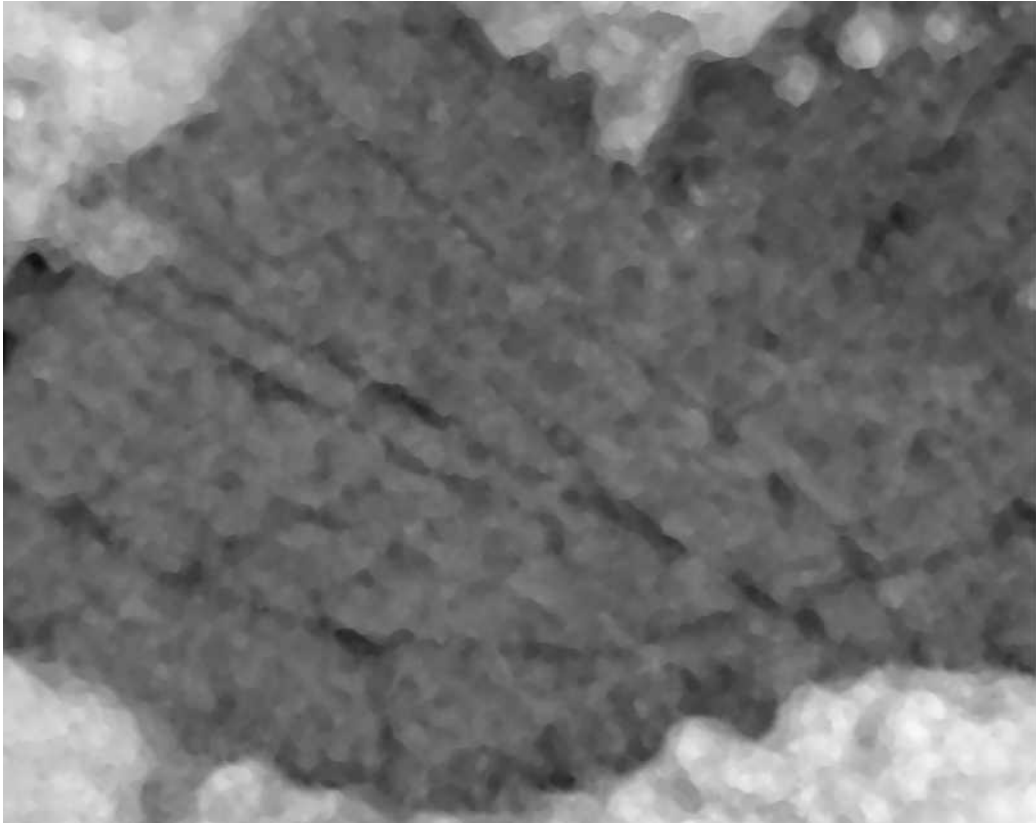


Abbildung 3.3: Stereo-DSM des Versuchs Eich mit 20cm Auflösung und als hochaufgelöstes Modell gerechnet

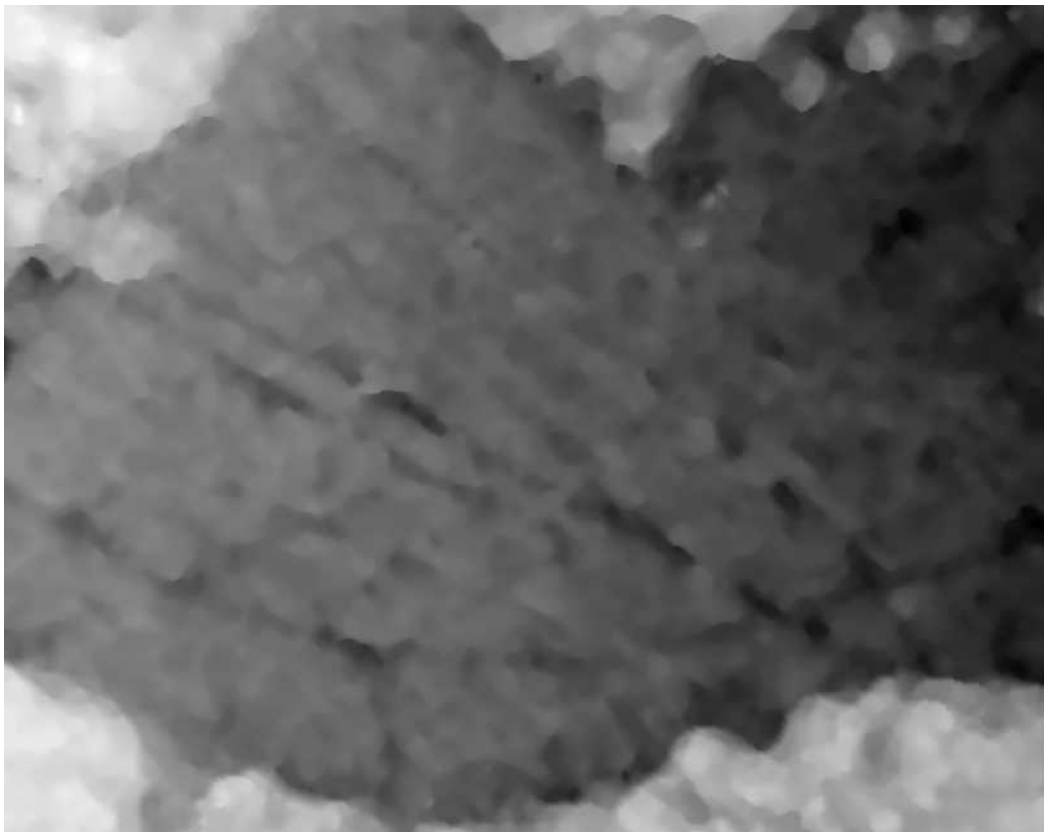


Abbildung 3.4: Stereo-DSM des Versuchs Eich mit 20cm Auflösung und als niedriger aufgelöstes Modell gerechnet

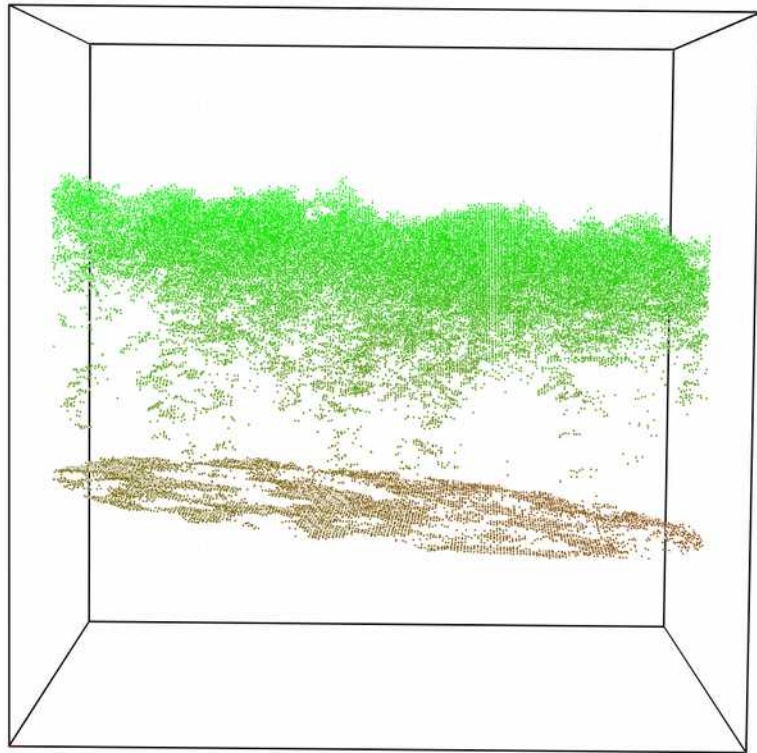
RSG befindet sich ständig in der Entwicklung an der auch landConsult beteiligt ist. In neueren Versionen ist eine Ausgabe der DSMs im LAS Format geplant, in das auch Spektralwerte geschrieben werden können, wodurch eine wesentliche Qualitätsverbesserung der Modelle zu erwarten ist. Zusätzlich kann mit der Software auch der ursprüngliche Panchromatische Kanal von Level 2 Bildern verarbeitet werden, was u.U. ebenfalls zu einer Qualitätsverbesserung führen könnte. Level 2 Bilder lagen allerdings für dieses Projekt nicht vor.

Im Verlauf der Arbeit haben wir immer wieder die Qualität der Stereomodelle mit den First-Lastpulse Laserdaten verglichen. Wie die Beispiele des Versuches „Eich“ weiter unten zeigen, gibt es Fälle bei denen die mit voller Auflösung gerechneten Stereomodelle (Dateinamenzusatz „downsampled“) die einzelnen Baumkronen gleichwertig oder besser darstellen als das First-Lastpulse Lasermodell. Z.B. ist dies der Fall bei Lasermodellen von dichten Jungbeständen mit einer geringen Dichte von Laserpunkten, die im Stereomodell besser repräsentiert werden.

Vergleichende Betrachtung der Höhenmodelle

Eine vergleichende Betrachtung von Stereo- und Lasermodellen wurde am Beispiel Olbernhau und Rungstock durchgeführt.

Folgende Abbildungen der durch das jeweilige Verfahren erfassten Ursprungspunktwolken, die als Ausgangsdatensatz für die Modellbildung dienen, zeigen am Beispiel des Probekreises Nr. 48 in der NWZ Rungstock die Charakteristika der einzelnen Datensätze:



Ab-

Abbildung 3.5: Fullwave Punktwolke des PK 48

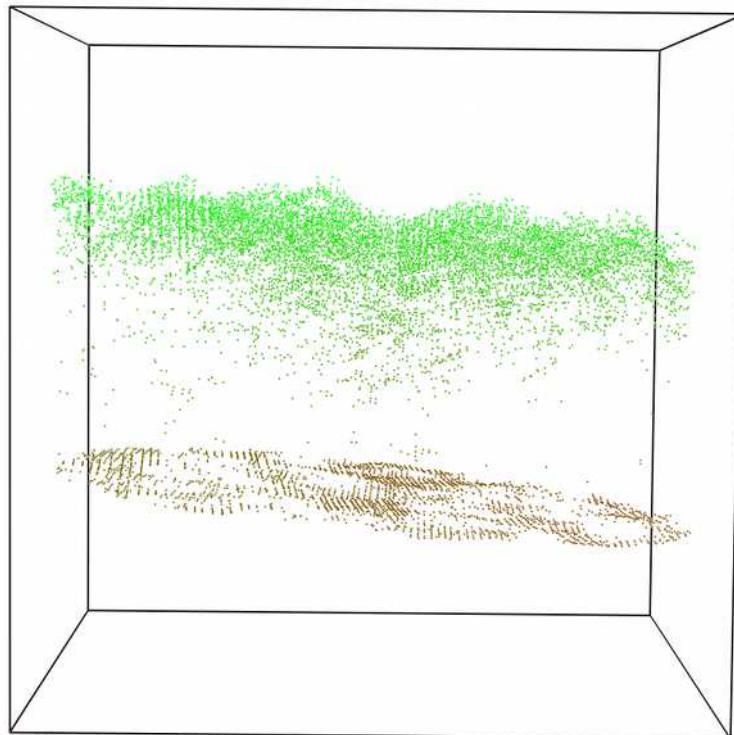


Abbildung 3.6: First-Lastpulse Punktwolke des PK 48

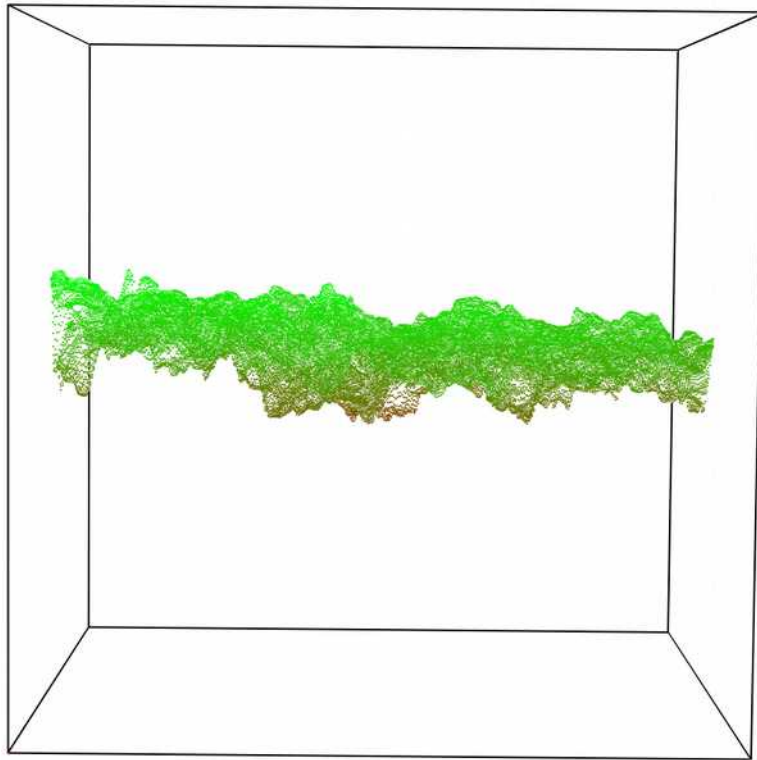


Abbildung 3.7: Punktwolke aus Stereoluftbild für PK 48

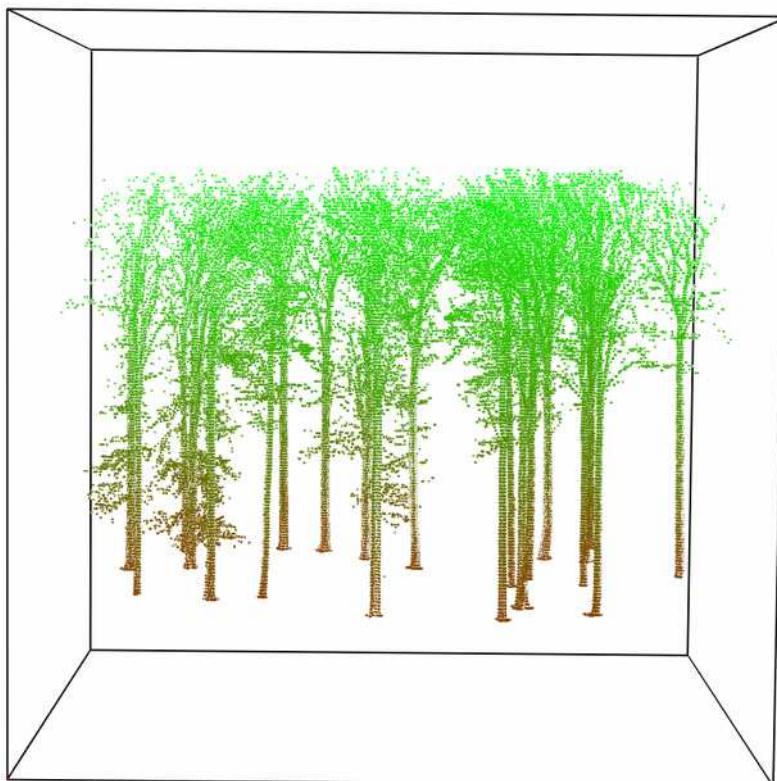


Abbildung 3.8: Punktwolke TLS im PK 48

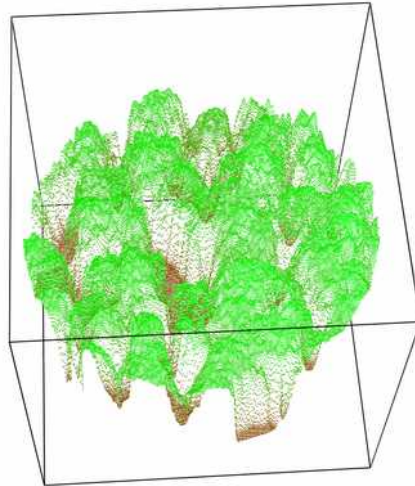


Abbildung 3.9: Fullwave Laser, interpoliertes 20 cm nDSM, PK 48

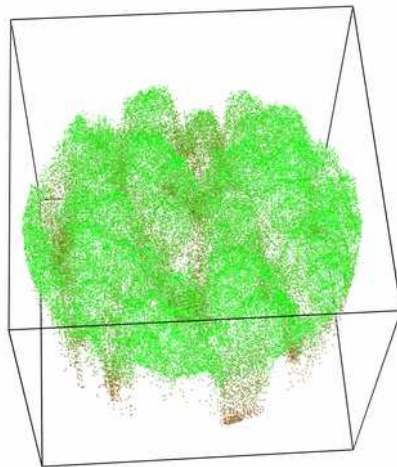


Abbildung 3.10: First-Lastpulse Laser, interpoliertes 20 cm nDSM, PK 48

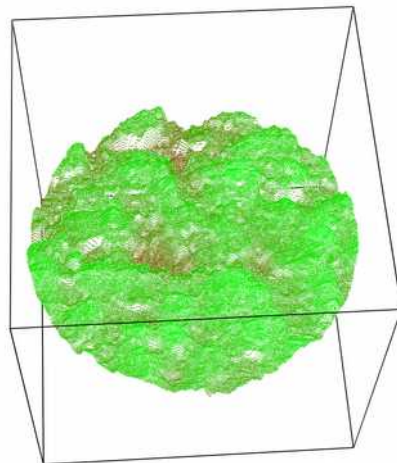


Abbildung 3.11: Höhenpunkte aus 20 cm Stereomodell (ohne Interpolationspunkte), PK 48

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Stereomodelle aus Luftbildern zwar die höchste Messpunktdichte haben (25 Punkte pro qm), jedoch auch die geringste „Tiefenrepräsentanz“, da sie als TIFF Datei nur die Oberflächenpunkte darstellen können. In einer Weiterentwicklung der verwendeten Software RSG ist die Ausgabe als LAS Datei geplant, womit bei einer entsprechend hohen Bildüberlappung auch untereinander liegende Punkte abgespeichert werden können.

Die Vorteile der Stereomodelle beziehen sich v.a. auf die Möglichkeit von routinemäßigen und kostengünstigen Updates der Modelle und die gleichzeitige und passgenaue Verwendung der spektralen Bildinformation. Jedoch sind für eine mit den First-Lastpulse Laserdaten vergleichbare Genauigkeit bei der Erfassung von Kronenparameter auf heterogenen Waldflächen stärker überlappende Bilder und eine Weiterentwicklung der Stereomatching Algorithmen nötig.

Die geringste Punktdichte haben in Verbindung mit einer bescheidenen Tiefenrepräsentanz die First-Lastpulse Laserdaten. Die Qualität der berechneten Modelle hängt dabei allerdings wesentlich von der ursprünglichen Punktdichte ab. Bei der Berechnung eines 50 cm Höhengrid aus einer Punktwolke mit einer mittleren Dichte von 2 Punkten pro qm sollte die Interpolation der Punkte so gewählt werden, dass ein möglichst lückenloses Raster der Vegetationsoberfläche entsteht. Dass dies durch einen 3x3 Median Filter nicht immer möglich war, zeigen die schwarzen „Nodata“ Löcher vieler Kronenmodelle. Durch einen größeren Filterbereich, z.B. mit einem 5x5 pixel großen Fenster, werden zwar viele solcher Löcher geschlossen, die Oberfläche aber gleichzeitig zu stark geglättet, was wiederum nachteilig für die Einzelbaumsegmentierung ist.

Ein optimales Verhältnis zwischen Punktdichte und Tiefenrepräsentanz besitzen die 4 Echos eines Fullwave Laserstrahles. Diese Daten lassen sich zu einem Kronenmodell interpolieren, das auch kleinere Baumkronen gut wiedergibt. Zum einen ist damit eine gute Segmentierung der Kronen möglich und zum anderen stecken in der normalisierten Punktwolken unter den segmentierten Einzelkronen auch noch Höheninformationen aus dem Bereich zwischen Kronenspitze und Boden, was für eine sinnvolle Analyse der Punktwolke durch ATLAS wichtig ist.

3.3. Orthophotos aus UltraCam Luftbildern

Außer den DSM wurden auch echte 16bit 4 Band Orthophotos erstellt, für die allerdings keine spezielle Verarbeitung, wie z.B. Pansharpening, vorgenommen wurde, wodurch sich die gegenüber den GeoSN Orthophotos fehlende Konturschärfe erklärt.

Alle Modelle und Orthophotos wurden als 20 cm GEOTIFF Bilder in der Projektion EPSG 3398 in den Unterordnern **/ortho** abgespeichert.



Abbildung 3.12: Stereo-Orthophoto (RGBI, 16 bit) des Versuchs Eich mit 20cm Auflösung, ohne Pansharpening

Die Orthophotos wurden überwiegend auf Grundlage des frei verfügbaren und das gesamte Untersuchungsgebiet abdeckende SRTM Höhenmodell entzerrt, was sich aufgrund der weit auseinanderliegenden Versuchsflächen als eine rationelle Methode erwiesen hat.

Die aus den sich übelappenden Bildpaaren gerechneten Orthophotos wurden nicht wie die GeoSN Photos mosaikiert. Daher liegen für alle Versuchsflächen überlappende Orthophotos vor, die je nach Lage des Bildaufnahmezentrums (NADIR) gut mit den Lasermodellen übereinstimmen.

Deutlich wird dies bei der Überlagerung der aus dem Laserbild segmentierten Kronen mit dem Orthophoto zur Kontrolle der Ergebnisse: Je nach Entfernung zum Aufnahmezentrum passt das linke oder das rechte Orthophoto besser zu den Kronensegmenten.

Wie durch ein TrueOrthophoto, das auf Grundlage des aus dem Stereomatching berechneten Höhenmodells entzerrt wurde, das „Wegkippen“ der Baumspitzen außerhalb des NADIR Bereiches verhindert werden kann, wurde bereits im Abschlussbericht 2011 illustriert.

Mit der Möglichkeit in RSG Anaglyphenbilder aus dem Luftbildstereomodell zu erzeugen, bietet sich eine andere hilfreiche Funktion zur einfachen Visualisierung der Baumkronen an.

Folgende drei Abbildungen zeigen am Beispiel des Versuches Weiser 12, die Unterschiede der gerechneten Orthophotos. Die Passgenauigkeit der aus dem Laser segmentierten Kronen auf das Bild hängt davon ab, wie nahe die für die Orthophotos genutzten Bildbereiche am Projektionszentrum des Luftbildes liegen.

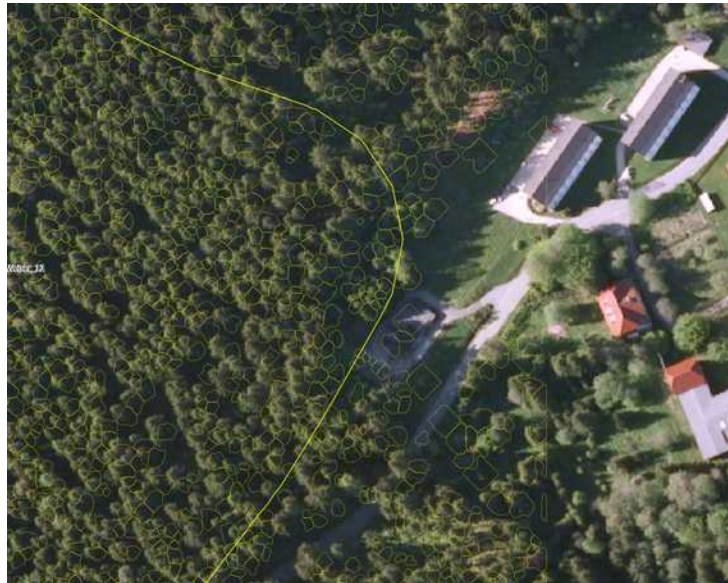


Abbildung 3.13: „Versuch Weiser 12“, rechtes Orthopoto



Abbildung 3.14: „Versuch Weiser 12“, mittleres Orthopoto

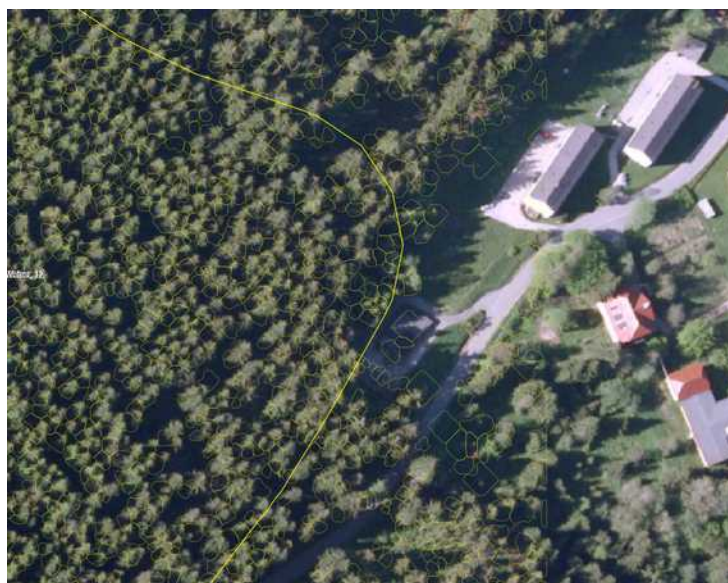


Abbildung 3.15: „Versuch Weiser 12“, linkes Orthopoto

3.4 Ergebnisse der Kronensegmentierung mit e.cognition und der Berechnung der Kronenparameter mit ATLAS.

In der Datei **\\alle_versuchsflaechen\shape\kronenparameter_gesamtgebiet_geglaettet.shp** sind alle Shapefiles der 54 Versuchsflächen mit den Kronenparametern nach Vorgabe des Datenmodells des AG zusammengeführt. Im Bereich der über die Versuchsgrenzen hinausgehenden Pufferzonen kann es durch das „Merging“ der einzelnen Shapefiles zu Kronenduplikaten kommen.

Alle Einzelshapefiles befinden sich im Ordner der jeweiligen Versuchsfläche und dort im Unterverzeichnis **/shape** (alle geglätteten Kronen mit den Kronenparametern aus ATLAS) und **/ATLAS_results/shp** (nicht geglättete Kronensegmente). Die Attributtabelle entspricht dort allerdings dem ATLAS Format und nicht dem SBS Datenmodell.

Für einen schnellen Überblick wurden die Ergebnisse für die einzelnen Versuchsflächen in einer DIN A4 Querformatkarte im PDF Format dargestellt. Die Kronen sind dabei nach der Baumhöhe klassifiziert und vor dem Hintergrund des GeoSN IR Orthophotos eingefärbt. Die Dateien befinden sich im Unterordner **/grafic** des jeweiligen Versuchs.

Insgesamt wurden über 134.000 Objekte segmentiert und vermessen. Für alle 54 Versuchsflächen wurden einheitliche Verfahrensparameter benutzt, um eine rationelle Bearbeitung der umfangreichen und heterogenen Laserdaten und Waldbestände zu ermöglichen. Je nach Qualität der Laserdaten und der Waldstruktur konnte dies dazu führen, dass mehrere Kronen unter ein Kronensegment fallen oder bestimmte Kronen nicht erfasst werden.

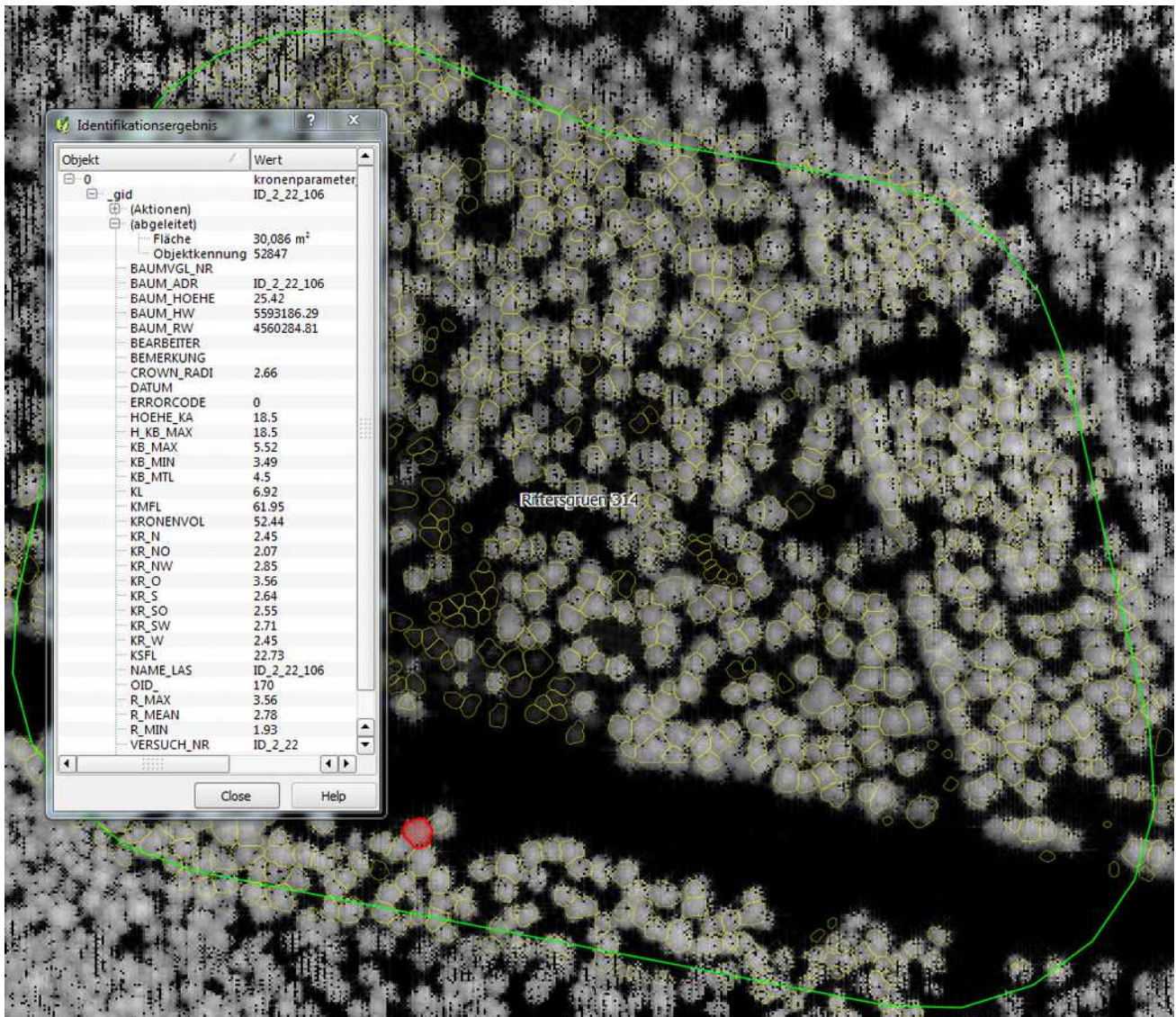


Abbildung 3.16: nDSM des Versuchs Rittersgrün mit Pixelgröße 50 cm. Trotz 3x3 Median Filter erscheinen einige Kronen immer noch „löchrig“. Trotzdem kann die Kronenform von e.cognition erkannt und abgegrenzt werden. Links ist der Eintrag der Attributtabelle im ATLAS Datenformat für die ausgewählte segmentierte Krone (rotes Polygon) zu sehen.

Ausgangslage der Segmentierung war ein aus den First-Lastpulse Laserpunktwolken gerechnetes Kronenmodell mit einer Pixelgröße von 50 cm, das mit einem Median Filter 3x3 bearbeitet wurde. Aufgrund der Datenheterogenität konnte die multispektrale Bildinformation nicht mit der nötigen Genauigkeit mit den Laserdaten „gematched“ werden, um sie für den Segmentierungsprozess zu nutzen. Bei der Beurteilung der Vollständigkeit der erfassten Kronen sollte daher immer das zugrundeliegende Modell (d.h. das 50 cm nDSM aus den First-Lastpulse Laserdaten) als Hintergrundlayer zusammen mit der Shapedatei der Baumkronen angezeigt werden.

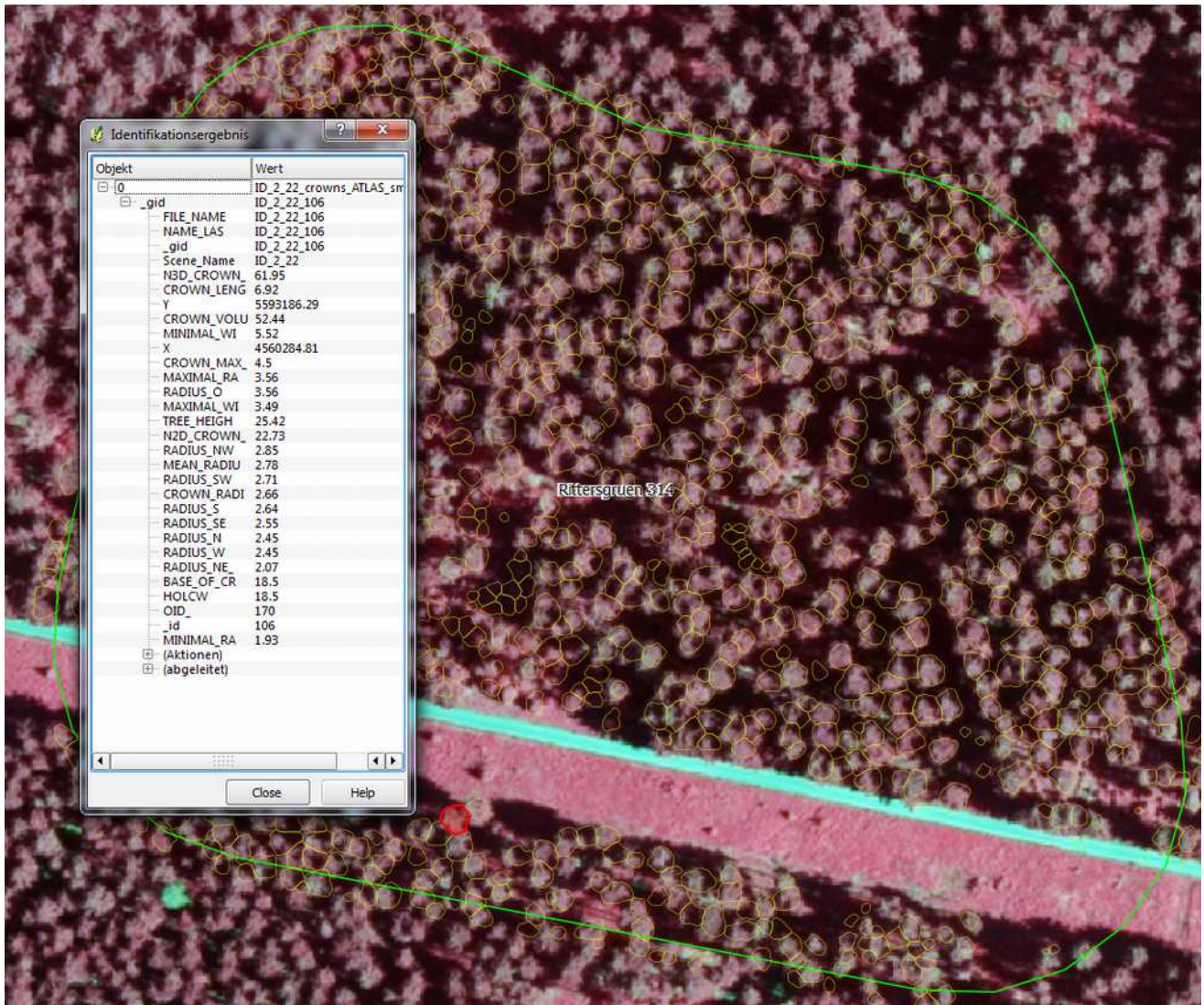


Abbildung 3.17: Beispiel Versuch Rittersgrün mit Attributtabelle im ATLAS Datenformat der ausgewählten segmentierten Krone (rotes Polygon). Hintergrund RGBI Orthophoto aus Stereomatching

Kronensegmentierung mit dem e.cognition Ruleset

Das Ruleset und die Beschreibung dazu befindet sich im Ordner „**abschlussbericht\software**“.

Das zum Zweck einer besseren Kronensegmentierung weiterentwickelte Ruleset bietet die Möglichkeit durch verschiedene Einstellungen flexibel auf die unterschiedlichen Waldverhältnisse zu reagieren. So können durch eine individuelle Bearbeitung einzelner in sich homogener Waldteile durch angepasste Einstellungen bei der Kronenmodellierung in FUSION (z.B. durch die Wahl eines anderen Filters) und der Kronensegmentierung in e.cognition (Änderung der Parameter im Ruleset) die Ergebnisse optimiert werden. Am Beispiel der Fläche Eich sind diese Möglichkeiten im folgenden Kapitel illustriert.

Das Ruleset wurde für e.cognition Developer 64 Version 8.7 weiterentwickelt und getestet. Neben einer allgemeinen Prozessoptimierung lassen sich in der neuen Version die Prozessvariablen besser auf die Bestandesstruktur abstimmen.

Starten sie e.cognition 8.7 im „RuleSet Mode“ und erstellen sie ein neues Projekt und fügen diesem ein nDSM Raster ihrer Wahl hinzu. Wichtig ist, dass sie für das nDSM den Aliasnamen „nDSM“ vergeben. Importieren sie das mitgelieferte Ruleset in das „Process Tree“ Fenster. Folgende Abbildung zeigt den Aufbau des Regelwerkes:

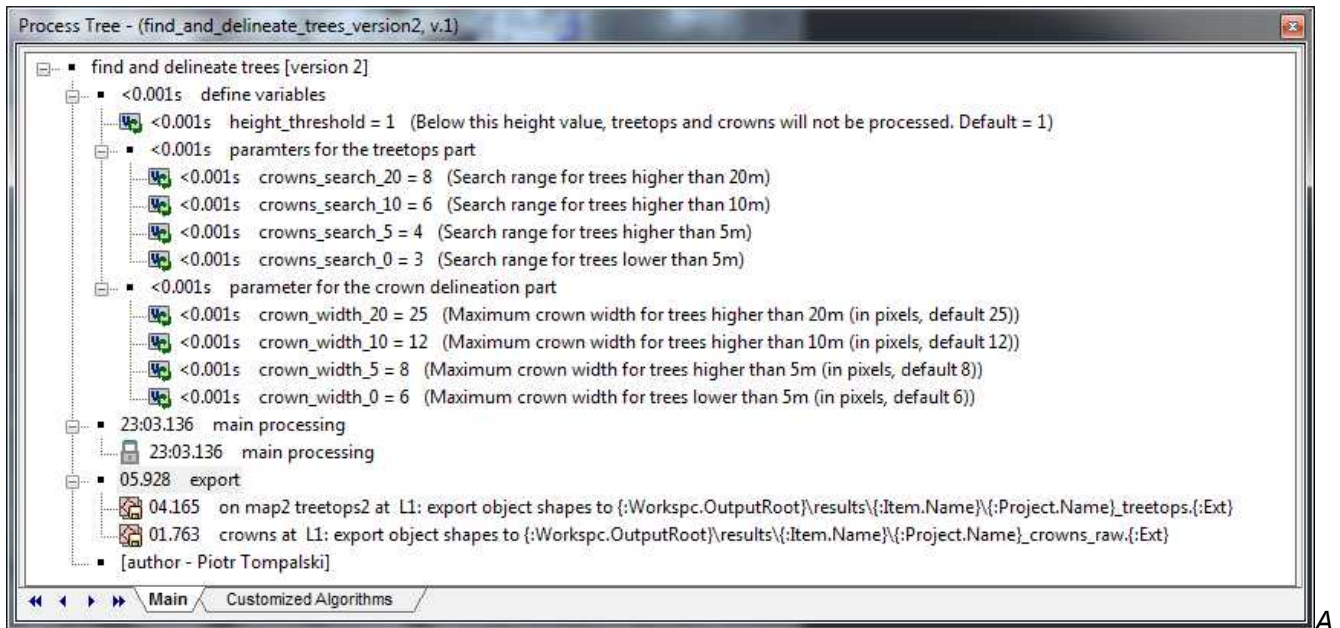


Abbildung 3.18: Default Einstellungen des Ruleset für ein 50 cm nDSM

Die Variable „*height_threshold*“ bestimmt ab welcher Höhe Objekte berechnet werden. Im Beispiel werden alle Bereiche, die höher als 1m sind in die Berechnung miteinbezogen

Die Variable „*crown_search_20*“ bestimmt den Suchbereich von Bäumen, die über 20m hoch sind. Im Beispiel oben werden in einem Bereich des Kronenmodells, das höher als 20 m ist, Bäume, oder genauer: Baumspitzen, innerhalb eines Suchradius von 8 Pixeln (das sind bei einem 50 cm grid 4 m) gesucht.

Der Suchradius kann für jede Kronendachhöhe getrennt angegeben werden. Entsprechend sind die Werte in den Variablen „*crown_search_10*“, „*crown_search_5*“, und „*crown_search_0*“ zu ändern.

Die Variable „*crown_width_20*“ beschreibt den maximal zu erwartenden Kronendurchmesser für über 20 m hohe Bäume. Dieser Wert wird wie zuvor auch in Pixel angegeben, also bei der Verwendung eines nDSM mit 50 cm Pixeln bedeutet ein Wert von 25 einen maximalen Kronendurchmesser von 12,5 Metern. Entsprechend können die Werte für niedrigere Bäume angepasst werden.

Im letzten Prozessabsatz „*export*“ kann angegeben werden, in welchem Verzeichnis und unter welchem Namen die berechneten Kronensegmente (z.B. *crowns_raw*) und Baumspitzen (*treetops*) abgespeichert werden.

Falls gewünscht kann die Rasterkontur der Kronenpolygone später durch einen Generalisierungsalgorithmus im GIS abgerundet werden, um den Kronen eine natürlichere Form zu geben. So sind alle Shapedateien, die im Dateinamen den Zusatz „smooth“ oder „geglättet“ beinhalten, auf diese Weise im GIS nachbearbeitet, z.B.: „**alle_versuchsflaechen \shape\kronenparameter_gesamtgebiet_geglättet.shp**“.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Auswirkungen unterschiedlicher Einstellungen und die Verwendung verschiedener Modelle (First-Lastpulse, Fullwave und Stereo nDSM) am Beispiel der Versuchsfläche Eich und Olbernhau (die Kronensegmente sind nicht geglättet):

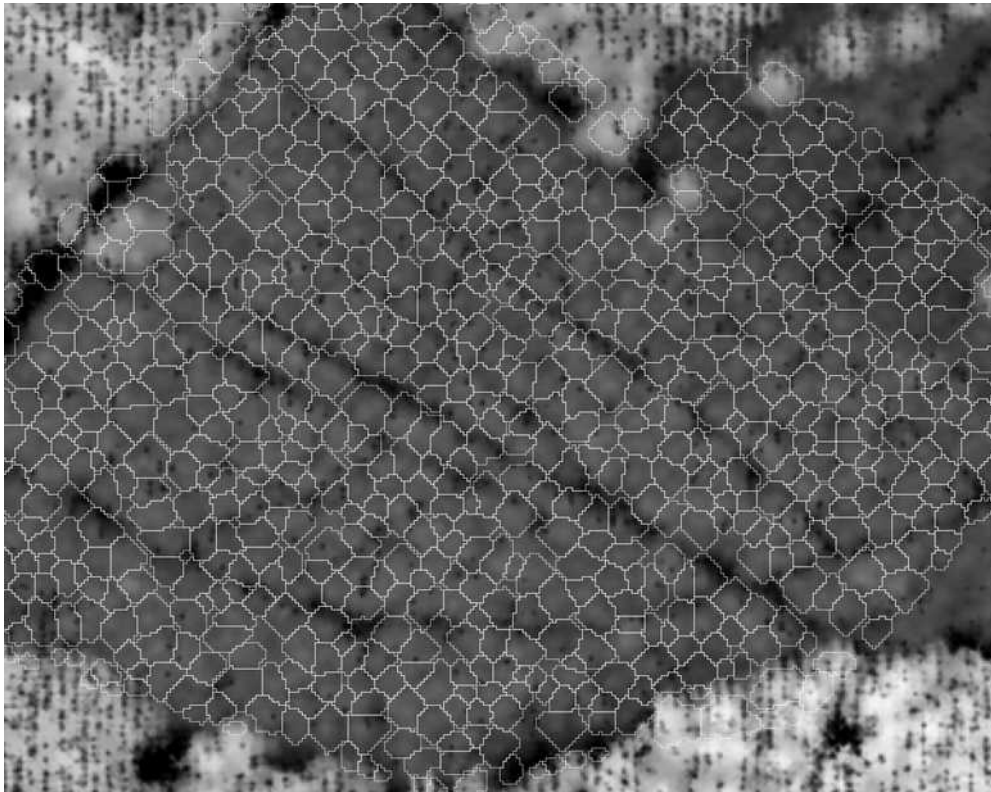


Abbildung 3.19: Prozessierung eines 50 cm Laser nDSM mit den default Einstellungen des Rulesets (siehe Abb. Oben).

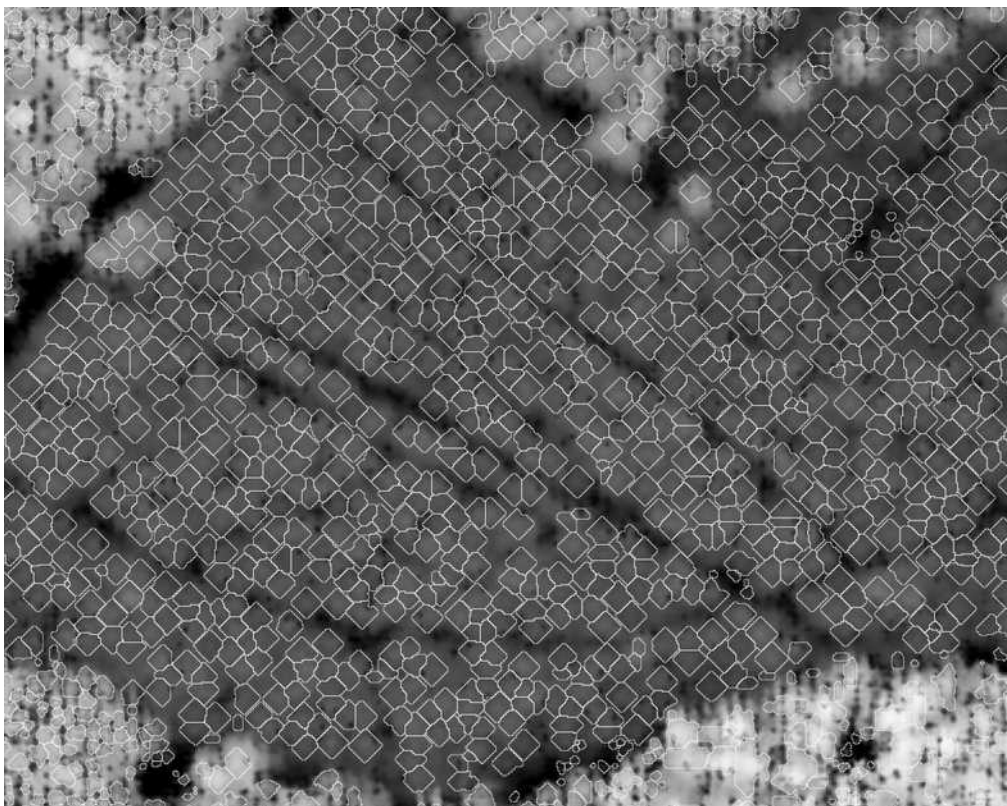


Abbildung 3.20: Prozessierung eines 20 cm Laser nDSM mit den default Einstellungen des Rulesets (siehe Abb. Oben).

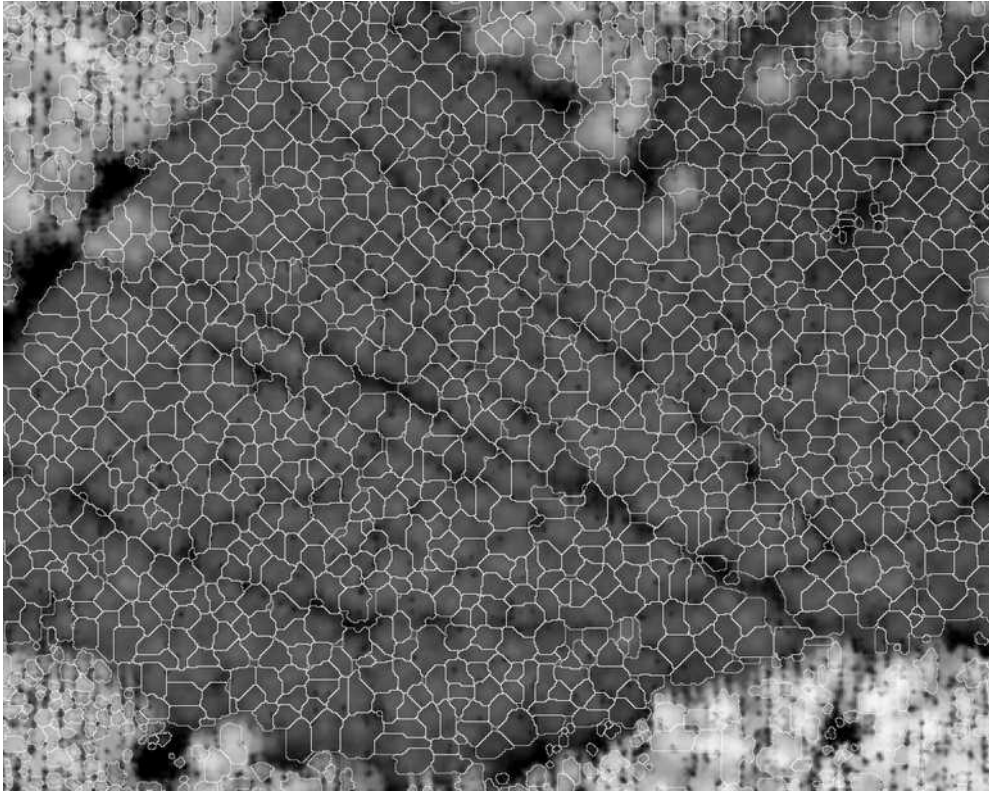


Abbildung 3.21: Prozessierung eines 20 cm Laser nDSM mit den für ein 20cm nDSM angepassten Einstellungen.

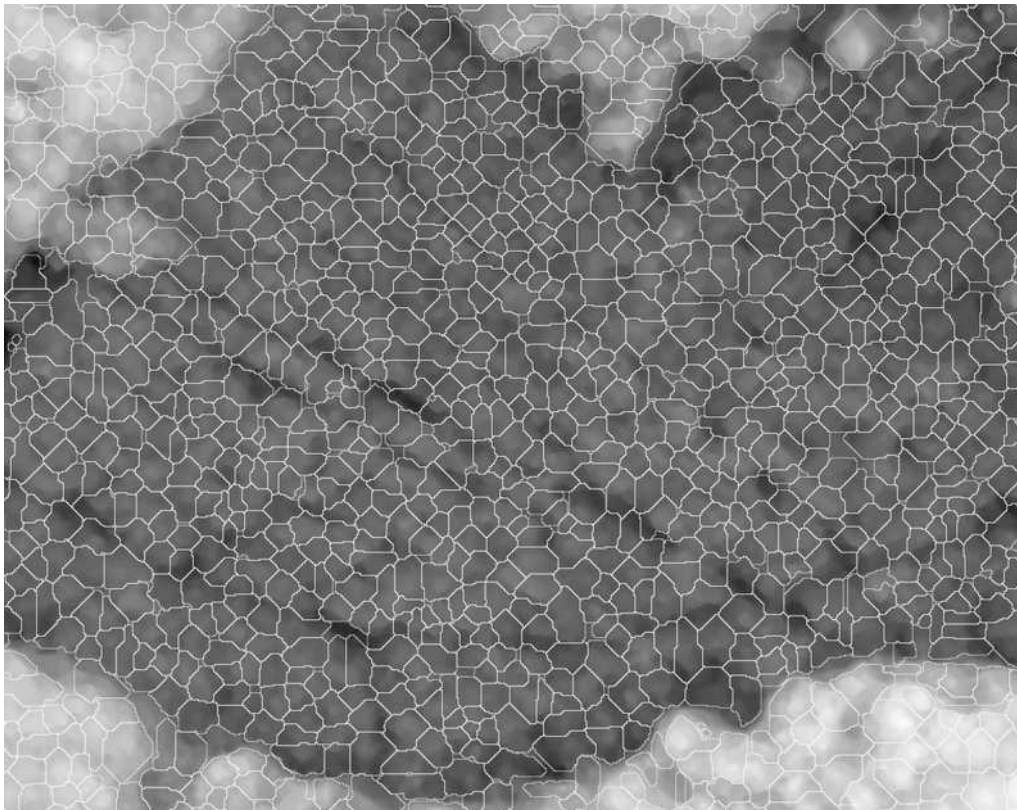


Abbildung 3.22: Prozessierung eines 20 cm Stereo nDSM mit den für ein 20cm nDSM angepassten Einstellungen.



Abbildung 3.23: Aus den First-Lastpulse Laserdaten segmentierte Kronen mit Stereo-Ortho als Hintergrundbild, Fläche in Olbernhau (ca. 200 m nördlich des Versuchs Olbernhau 32a4).

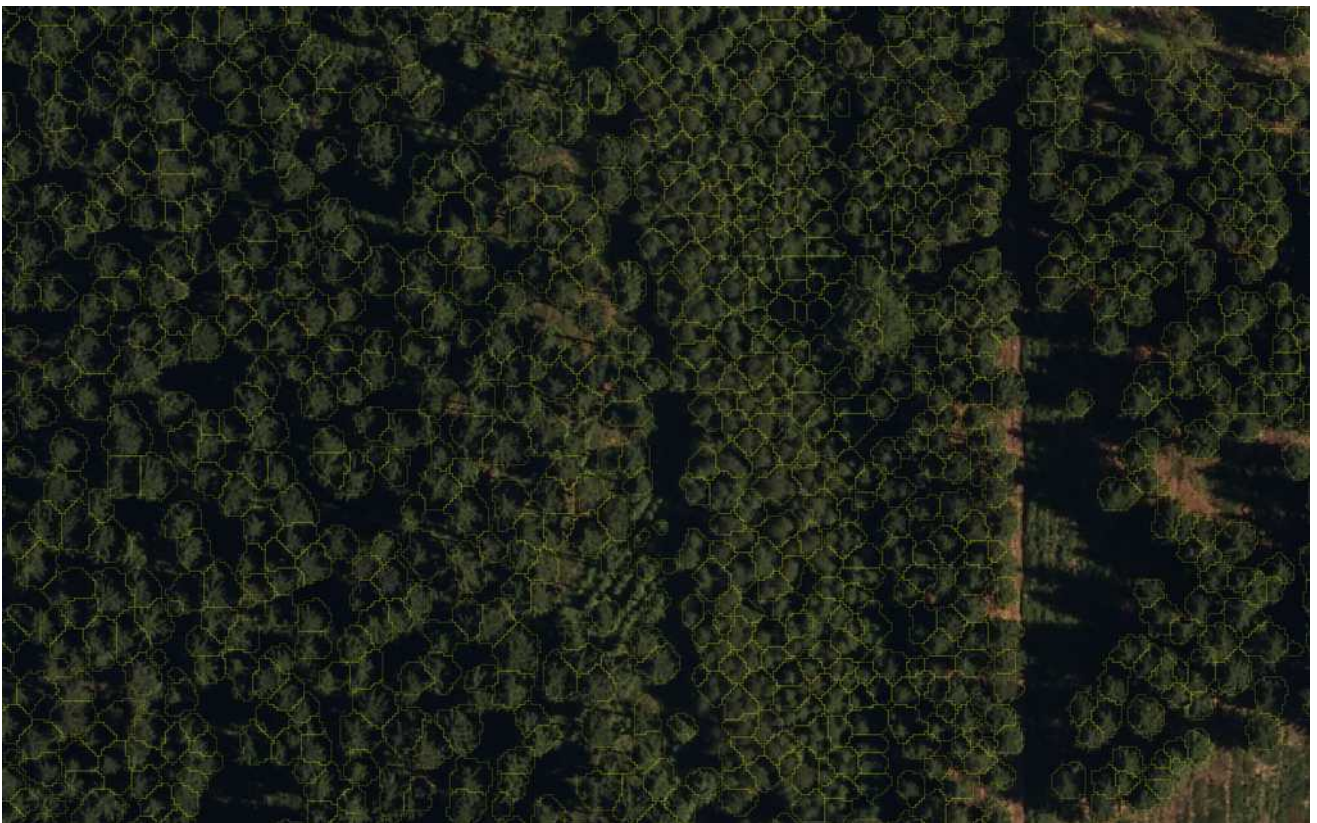


Abbildung 3.24: Aus den Fullwave Laserdaten segmentierte Kronen mit Stereo-Ortho als Hintergrundbild



Abbildung 3.25: Aus dem Stereomodel (in voller Auflösung gerechnetes Modell) segmentierte Kronen mit Stereo-Ortho als Hintergrundbild



Abbildung 3.26: Aus dem Stereomodel (in reduzierter Auflösung gerechnetes Modell) segmentierte Kronen mit Stereo-Ortho als Hintergrundbild

Berechnung der Kronenparameter mit ATLAS

Das Programm ATLAS (Version vom 11.01.2013), die Programmhilfe (*.htm Datei) und die Lizenz befinden sich im Ordner „**abschlussbericht\software**“.

Im Anhang dieser Arbeit befindet sich eine kurze Beschreibung des Programms (in englisch) und des gesamten Prozessablaufes, der die Handhabung von FUSION und ATLAS umfasst. Gegenüber des letztjährigen Projektes hat sich hier nichts verändert.

Auf Grundlage der segmentierten Kronen werden die Kronenpunktwolken in FUSION ausgeschnitten (Befehl: clipdata) und als separate LAS Dateien in ATLAS verarbeitet und die Ergebnisse als *.txt Datei ausgegeben. Diese *.txt Dateien können dann im GIS eingelesen, als Shapedatei abgespeichert und mit den aus e.cognition stammenden Kronenshapes verknüpft werden. Weitere Details finden sich im Projektbericht von 2011/12.

AtLaS kann Dateien im Format *.las oder *.xyz lesen, die als Einzeldatei und/oder als Dateiliste eingelesen werden. Das Programm verarbeitet die in den OBIA Kronensegmenten liegenden LiDAR Punkte und greift damit – anders als bei einem interpolierten Raster – auf die originäre Information der Laserbefliegung zurück.

Das Programm berechnet folgende Parameter:

[File name]	Name der Datei mit den berechneten Werten
[Tree height]	Baumhöhe
[Crown height]	Kronenansatzhöhe
[Crown length]	Kronenlänge.
[HOLCW]	Höhe der maximalen Kronenbreite
[Crown max width]	mittlere Kronenbreite auf der Höhe der maximalen Kronenbreite [HOLCW].
[Crown radius]	mittlerer Kronenradius
[2D crown area]	Kronenschirmfläche (planimetrische Kronenfläche).
[3D crown area]	Kronenmantelfläche.
[Crown volume]	Kronenvolumen
[X]	Rechtswert der Baumspitze (höchster Laserpunkt im Kronensegment)
[Y]	Hochwert der Baumspitze
[Maximal radius at the HOLCW]	maximaler Radius am [HOLCW] Wert.
[Minimal radius at the HOLCW]	minimaler Radius am [HOLCW] Wert
[Mean radius at the HOLCW]	mittlerer Radius am [HOLCW] Wert
[Maximal width at the HOLCW]	maximale Kronenbreite am [HOLCW] Wert
[Minimal width at the HOLCW]	minimale Kronenbreite am [HOLCW] Wert
[8 crown radius]	8 Kronenradien in den Haupthimmelsrichtungen N, NO, O, SO, S, SW, W, NW.

Position	Attributname in Shape Composite	Typ	Länge	Dezimale	Attributname in Einzelshapes	Beschreibung	Wert am Beispiel Versuch "Eich"
03	VERSUCH_NR	Text	16		Scene_Name	ID aus Versuchsflächen-ID, Zuordnung über Datei "Uebersicht_Laserdaten_Versuchsflaechen.xls"	ID_1_8
05	BAUM_ADR	Text	12		FILE_NAME	Bezeichnung des Kronenpolygons	1_8_792
06	BAUMVGL_NR	Text	4			Baum Vergleichsnummer (optional)	
07	BAUM_HOEHE	Float	4	2	TREE_HEIGH	Baumhöhe aus Punktwolke	29.98
08	KB_MAX	Float	4	2	MAXIMAL_WI	maximale Kronenbreite am [HOLCW]-Wert	1.50
09	KB_MIN	Float	4	2	MINIMAL_WI	Minimale Kronenbreite am [HOLCW]-Wert	5.72
10	KB_MTL	Float	4	2	CROWN_MAX_	Mittlere Kronenbreite auf Höhe von HOLCW	3.61
11	KR_N	Float	4	2	RADIUS_N	Radius Richtung Nord	2.79
12	KR_NO	Float	4	2	RADIUS_NE_	Radius Richtung Nordost	2.73
13	KR_O	Float	4	2	RADIUS_O	Radius Richtung Ost	1.84
14	KR_SO	Float	4	2	RADIUS_SE	Radius Richtung Südost	0.97
15	KR_S	Float	4	2	RADIUS_S	Radius Richtung Süd	2.25
16	KR_SW	Float	4	2	RADIUS_SW	Radius Richtung Südwest	2.21
17	KR_W	Float	4	2	RADIUS_W	Radius Richtung West	1.61
18	KR_NW	Float	4	2	RADIUS_NW	Radius Richtung Nordwest	2.31
19	R_MAX	Float	4	2	MAXIMAL_RA	maximaler Radius am [HOLCW]-Wert	2.58
20	R_MIN	Float	4	2	MINIMAL_RA	minimaler Radius am [HOLCW]-Wert	2.21
21	R_MEAN	Float	4	2	MEAN_RADIU	mittlerer Radius am [HOLCW]-Wert	2.39
22	H_KB_MAX	Float	4	2	HOLCW	Höhe der größten Kronenbreite aus Punktwolke	24.00
23	HOEHE_KA	Float	4	2	BASE_OF_CR	Kronenansatz aus Punktwolke	23.50
24	KRONENVOL	Float	4	2	CROWN_VOLU	Kronenvolumen in cbm	31.75
25	KSFL	Float	4	2	N2D_CROWN_	Kronenschirmfläche in qm	14.70
26	KL	Float	4	2	CROWN LENG	Kronenlänge aus Punktwolke	6.48
27	KMFL	Float	4	2	N3D_CROWN_	Kronenmantelfäche in qm	44.67
28	BAUM_RW	Float	4	5	X	Rechtswert der Baumspitze (höchster Laserpunkt im Kronensegment)	4523967.36
29	BAUM_HW	Float	4	5	Y	Hochwert der Baumspitze (höchster Laserpunkt im Kronensegment)	5601713.46
30	BEMERKUNG	Text	254			Vorgabe SBS	
31	DATUM	Date	8			Vorgabe SBS	
32	BEARBEITER	Text	8			Vorgabe SBS	
33	ERRORCODE	Integer	2			Vorgabe SBS	
100	_gid	Text	16		_gid	Baum-ID aus interner Versuchsflächen-ID und Baumnummer auf dieser Versuchsfläche	ID_1_8_792
101	_id	Integer	6	0	_id	Baum-ID innerhalb der Versuchsflächen	792
102	OID_	Integer	9	0	OID_	Systeminterne Object-ID	769
103	NAME_LAS	Text	12		NAME_LAS	Bezeichnung der LAS Datei mit der der ausgeschnittenen Baum-Punktwolke	1_8_792
104	CROWN_RADI	Float	4	2	CROWN_RADI	mittlerer Kronenradius Gesamtkrone	2.08

Tabelle 3.2: Datenmodell der Attributtabelle mit Kronenparametern aus ATLAS Berechnung. Zellen mit dem Eintrag "ERROR", mit Null- oder Minuswerten oder "-1,#!" zeigen einen Fehler an, der z.B. durch fehlende Laserdaten bei zu geringer Punktdichte während der Berechnung in ATLAS entstehen kann.

Die nächste Tabelle gibt einen Überblick über die Anzahl der vermessenen Kronen:

interne ID der Versuchsflächen	ID der LIDAR Modelle	OBJECTID in den Original Shapes	Name der Versuchsfläche	Anzahl der mit ATLAS vermessenen Kronen (*)	Anzahl der mit e-cognition segmentierten Kronen	Baumnummern der in ATLAS nicht erfassten Kronen
2_3	L_5	51	Altenberg 414	2331	2333	2328.1036
2_14	L_5	202	Altenberg 418	780	780	
2_4	L_5	52	Altenberg 419	973	973	
2_15	L_32	203	Altenberg 421	1342	1346	3792, 1476, 1124, 1126
2_16	L_31	220	Antonshoehe 661	1069	1073	632, 728, 1064
2_18	L_20	221	Conradswiese 219	5323	5323	
1_15	L_26	294	Cunnersdorf 157	398	398	
1_16	L_26	295	Cunnersdorf 158	1976	1976	
2_5	L_25	55	Czorneboh 229	1975	1975	
1_8	L_30	286	Eich 317	796	796	Laserdaten decken nur ca. 98% der Fläche ab
4_3	L_24	34	Eiche Wermisdorf 37	-	-	keine Laserdaten vorhanden
2_12	L_19	199	Elterlein 348	1282	1282	
1_17	L_18	296	Eselsberg 47	1223	1223	
1_5	L_6	283	Gottesberg 14	3467	3468	56
2_11	L_1	198	Greifensteine 524	1297	1298	27
1_6	L_29	284	Heinzebank 123a4	484	484	
1_7	L_29	285	Heinzebank 123a5	603	603	
2_1	L_3	11	Hohwald 543	2373	2373	
2_17	L_2	57	Hohwald 565	1671	1671	
2_19	L_2	58	Hohwald 565	2556	2556	
2_20	L_2	59	Hohwald 565	1752	1752	
1_12	L_16	291	Olberhau 32a4	430	430	
1_11	L_16	290	Olberhau 32a5	365	366	5
1_4	L_10	282	Rautenkranz 250	1275	1275	
2_2	L_10	21	Rautenkranz 251	4110	4120	3688, 3233, 3096, 2041, 2037, 2031, 1880, 1694, 1664, 1011
2_13	L_4	216	Rittersgruen 325	1640	1641	456
2_22	L_4	197	Rittersgruen 314	1068	1068	
1_14	L_4	293	Rittersgruen 327	601	601	
1_13	L_4	292	Rittersgruen 328	778	778	
2_6	L_26	56	Rosenthal 157	2198	2198	
4_1	L_16	264	Rungstock	-	-	
4_1a	L_16	264	Rungstock	2859	2859	
4_1b	L_16	264	Rungstock	5832	5835	5685, 3530, 68
4_1c	L_16	264	Rungstock	4746	4772	4324, 4226, 4045, 3892, 2899, 3442, 3400, 2717, 2622, 2585, 2445, 2327, 2457, 2528, 2555, 2158, 2162, 2056, 1870, 18311833, 1724, 1735, 1554, 30, 32
4_1d	L_16	264	Rungstock	4678	4682	4593, 4212, 4208, 628
4_1e	L_16	264	Rungstock	4581	4584	4547, 4281, 618
4_1f	L_16	264	Rungstock	3534	3537	3463, 2851, 1599
4_1g	L_16	264	Rungstock	4752	4761	4535, 9193, 4150, 3765, 3253, 2556, 2536, 1327, 1291
4_1h	L_16	264	Rungstock	2870	2874	2792, 2716, 1458, 196
4_1i	L_16	264	Rungstock	4758	4759	2153
4_1j	L_16	264	Rungstock	2335	2337	1966, 1915
4_2	L_16	265	Rungstock	7246	7255	6619, 6553, 6476, 6448, 6531, 6599, 6620, 6128, 6033
2_7a	L_27	65	Sayda 47	1172	1176	4800, 4408, 3707, 3614
2_7b	L_27	65	Sayda 47	354	361	1928, 1281, 1249, 1254, 1275, 1307, 1167
2_21a	L_22	247	Schoenheide 177	1337	1337	
2_21b	L_22	247	Schoenheide 177	3360	3361	3043
1_9	L_22	288	Schoenheide 87	2117	2117	
1_10	L_22	289	Schoenheide 91	953	953	
2_8	L_28	223	Wahismuehle 334/343	2028	2031	5360, 4963, 4962
2_9	L_23	224	Wahismuehle 334/343	1807	1808	309
2_10	L_23	225	Wahismuehle 334/343	1520	1520	
3_1	L_12	0	Weiser_1	818	818	
3_10	L_4	0	Weiser_10	1546	1546	
3_11	L_11	0	Weiser_11	1474	1474	
3_12	L_17	0	Weiser_12	3787	3788	39
3_2	L_13	0	Weiser_2	1495	1496	1
3_3	L_14	0	Weiser_3	2476	2477	856
3_4	L_9	0	Weiser_4	909	911	908.234
3_5	L_8	0	Weiser_5	1074	1074	
3_6	L_7	0	Weiser_6	1532	1534	571.658
3_7	L_4	0	Weiser_7	1226	1226	
3_8	L_22	0	Weiser_8	729	729	
3_9	L_21	0	Weiser_9	2419	2419	
1_1	L_15	238	Zellwald 26	465	465	
1_2	L_15	240	Zellwald 30	979	979	
1_3	L_15	243	Zellwald 32	4600	4600	

134615

(*) Diese Spalte bezieht sich auf die von ATLAS erfassten Kronen, Allerdings bedeutet dies nicht zwangsläufig, dass ATLAS die Punktwolke auch erfolgreich vermessen konnte.

Tabelle 3.3: Anzahl der segmentierten und vermessenen Kronen

4. Terrestrische Laservermessung

Die hier beschriebenen Daten befinden sich im Ordner */TLS*, sowie */Versuchsflaechen/Rungstock+Olbernhau..*

4.1. Geländeaufnahme

Am 09. Nov. 2012 wurden drei Probekreise in der NWZ Rungstock mit einem terrestrischen Laser aufgenommen und vermessen.

Folgende Abbildung zeigt die Lage der für diesen Zweck ausgewählten Probekreise Nr. 48 (plot 1), Nr. 10 (plot 2) und Nr. 3 (plot 3). In Klammer stehen die an verschiedener Stelle intern verwendeten Bezeichnungen.

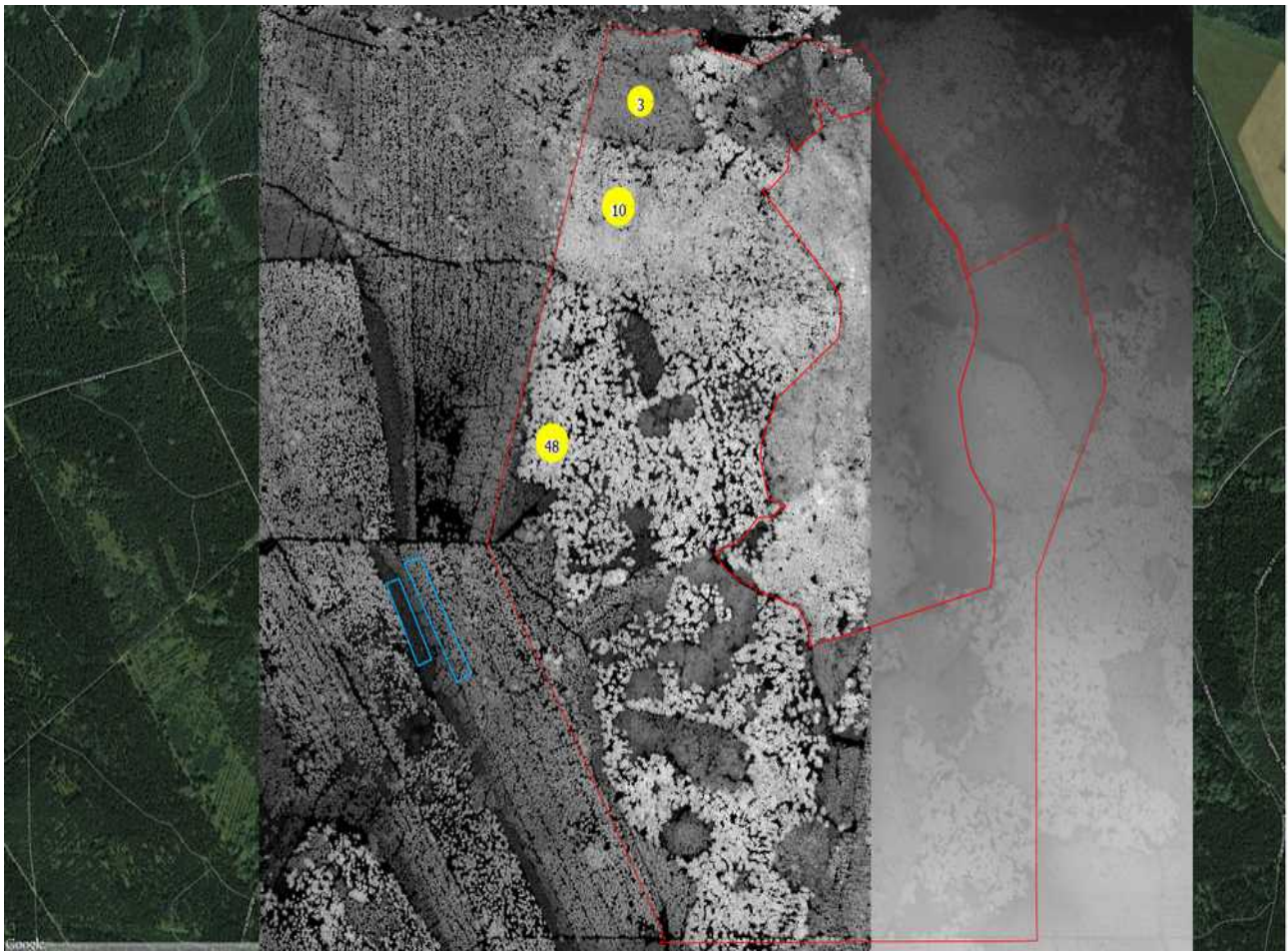


Abbildung 4.1: Lage der terrestrisch vermessenen Probekreise Nr. 48, 10 und 3 in der NWZ Rungstock. Hintergrundlayer: Google Ortho (links), Fullwave Laser nDSM (mitte), offizielles DOM2 von GeoSN (rechts). Blaues Polygon: Versuchsfläche mit junger Fichte. Rotes Polygon: NWZ Rungstock

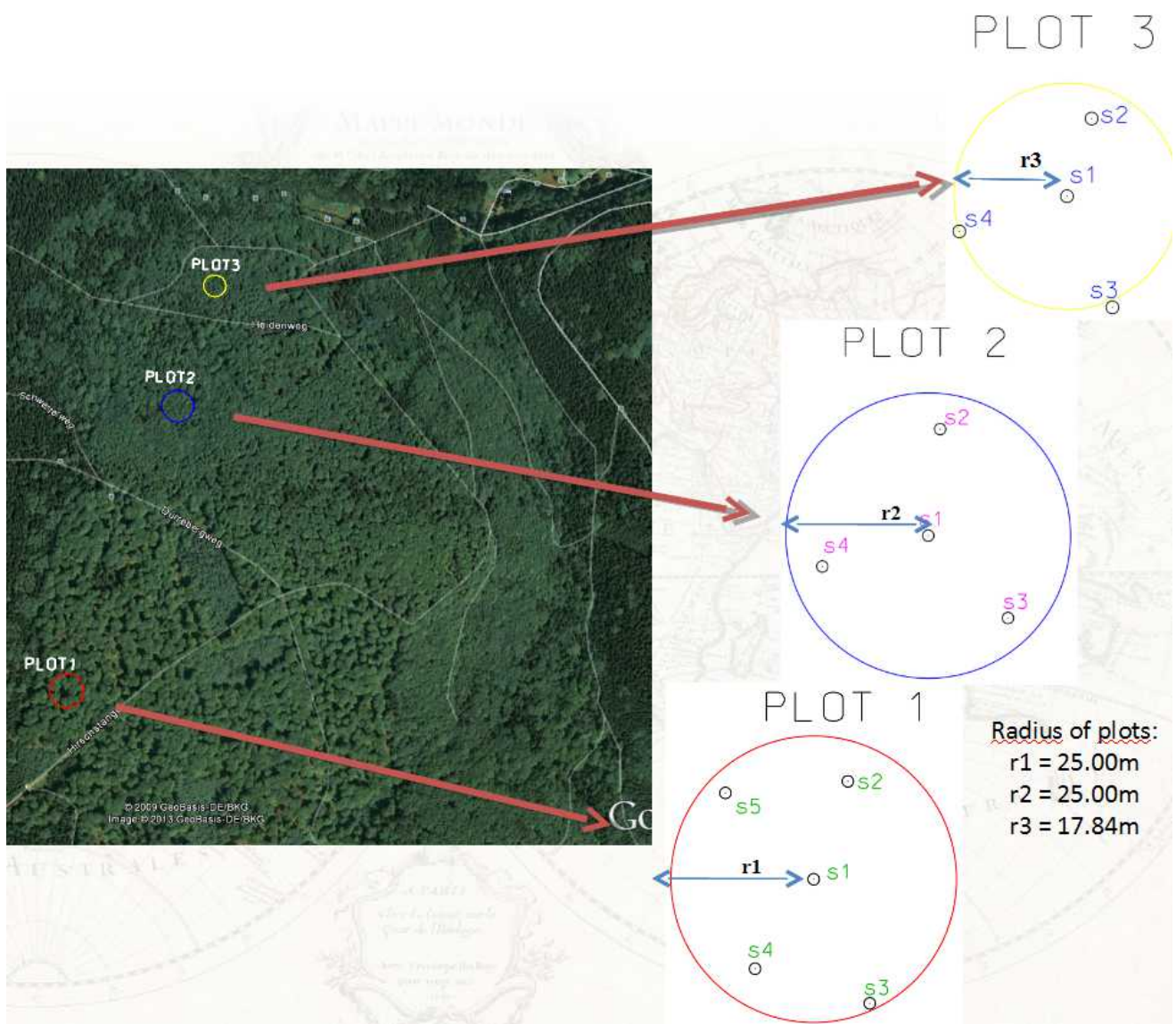


Abbildung 4.2: Lage der Probekreise in Rungstock mit interner Bezeichnung: plot 1 = PK48, plot 2 = PK 10, plot 3 = PK 3. S1 bis S5 bezeichnen die eingemessenen Standorte des Terrestrischen Lasergerätes zur Aufnahme der Probekreise.

Folgende Photos und Abbildungen zeigen die Struktur der unterschiedlich alten und dichten Buchenbestände auf den drei Probekreisen:



Abbildung 4.3: 360 Grad Panorama des Probekreises Nr. 48 mit dem GNSS Trimble Receiver und Controller, rechts vorne.



Abbildung 4.4: Probekreis Nr. 48 mit den zur Orientierung installierten Sphären, weiße nummerierte Kunststoffkugeln.

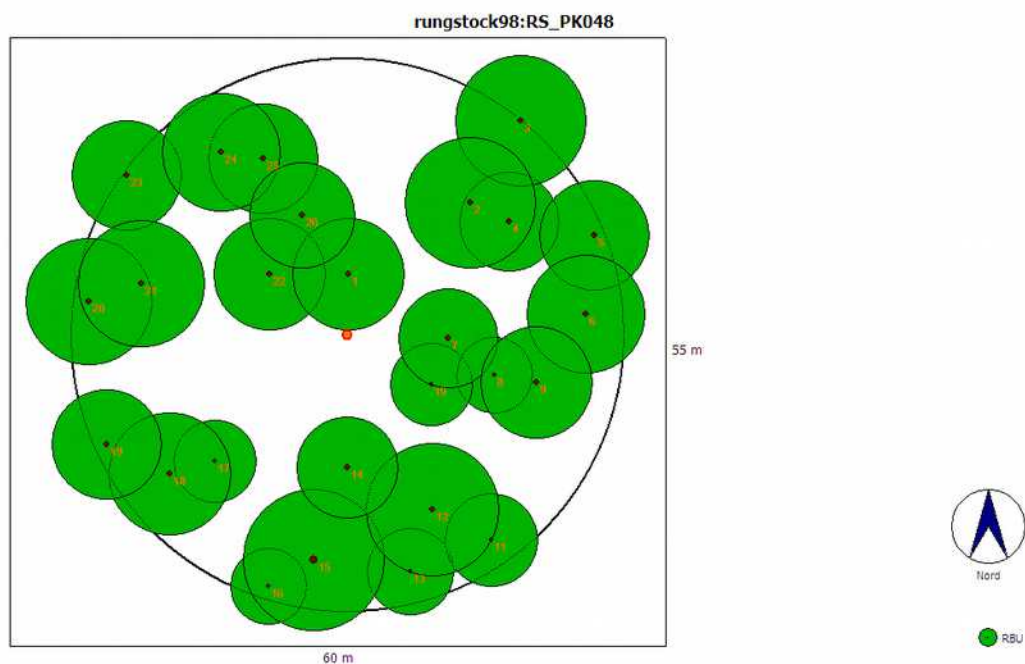


Abbildung 4.5: Probekreis 48, Baumpositionen 1998 (Quelle: SBS)



Abbildung 4.6: Probekreis Nr. 10 (Quelle: SBS)

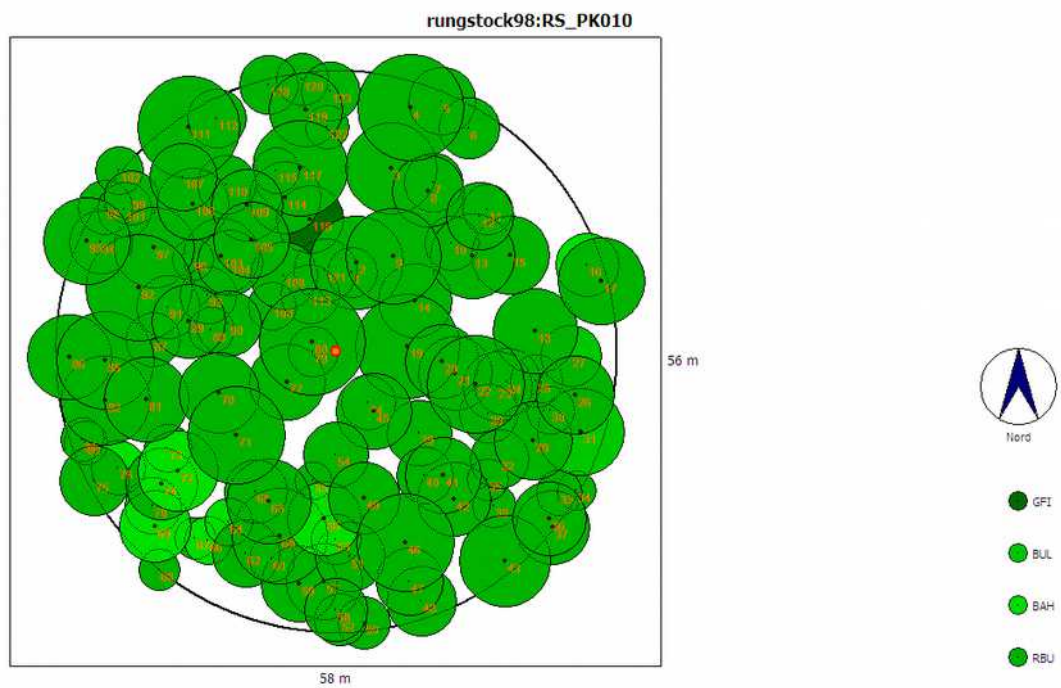


Abbildung 4.7: Baumpositionen PK 10 aus dem Jahr 1998 (Quelle: SBS)



Abbildung 4.8: Probekreis Nr 3 (Quelle: SBS)

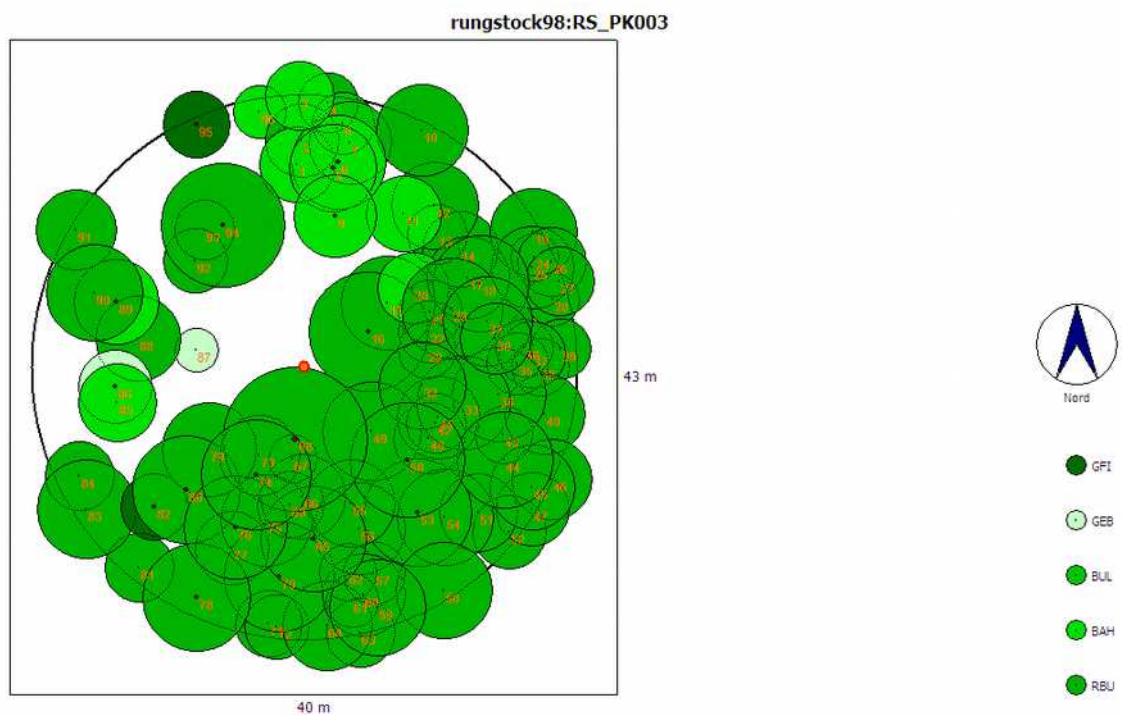


Abbildung 4.9: Baumpositionen PK 3 aus dem Jahr 1998 (Quelle: SBS)

4.2 Benutzte Geräte

Zur terrestrischen Aufnahme der Laserdaten wurde ein FARO FOCUCS verwendet.



Abbildung 4.10: FARO, Modell Focus, zur Aufnahme der Laserdaten

Ein Trimble GNSS Receiver R8 zusammen mit einem Trimble Controller TC21 diente zur genauen Positionsbestimmung der Laserscanner Standorte und des Probekreismittelpunktes.



Abbildung 4.11: Trimble GNSS Receiver R8 mit Controller TC21

Für die genaue Ermittlung der TLS Geräteposition wurde am Tag der Aufnahme der SAPOS-HEPS Dienst des GeoSN in Dresden über drei verschiedenen Mobilfunknetze (D1, D2 und O2) angewählt. Trotz Verbindungsaufbau konnten keine Korrekturdaten empfangen werden. Die genaue Position wurde daher durch ein Postprocessing Verfahren einige Tage später durch das GeoSN in Dresden ermittelt.

4.3 Ergebnisse der TLS Datenauswertung

Mit Hilfe der Software FARO SCENE wurden aus den Laserrohdaten Baummodellen im LAS Format erstellt, die sich einfach mit dem FUSION PDQ Viewer oder dem Fugro Viewer betrachten lassen. Für eine detailliertere Begutachtung der Daten eignet sich die Light Version von FARO Scene.

Eine aktuelle Version dieser Programme befinden sich im Ordner **\abschlussbericht\software**

Eine Auswahl der Modelle für die im Probekreis (PK) 48 gescannten Bäume, und der Laserpunktwolken der Airborne Laserscanner Daten (Fullwave und First-Lastpulse) und der aus den Luftbildern erzeugten Punktwolken finden sich unter **\TLS\las-files-demo**

Sowie in den Verzeichnissen **\TLS\Trees_lasfiles_plot3**, **\TLS\Trees_lasfiles_plot10** und **\TLS\Trees_lasfiles_plot48**. Die Dateinamen *ALS_2009* beziehen sich auf die Fullwave Laserdaten aus 2009, *GeoSN* auf die First-Lastpulse Laserdaten des GeoSN. Alle Dateien sind in der EPSG 3398 Projektion abgespeichert.

Im Verzeichnis **\TLS\TLS-Baeume_shape** befindet sich die Shapedatei mit den Positionen der gescannten Einzelbäumen und den vermessenen Baumparametern als Attribute.

Die für den Vergleich herangezogenen Baumdaten des SBS wurden den Dateien im Verzeichnis **\TLS\Baumdaten_Sachsenforst** entnommen. Die Vergleichstabellen befinden sich unter **\TLS\Vergleich_TLS_Baumparameter_xls**, sie sind aber auch im folgenden abgebildet.

Georeferenzierte Photos und ein 360 Grad Video von PK 48 befinden sich im Ordner **\TLS\Photos_geotagged**.

Die umfangreichen Ursprungsdaten, inkl. SAPOS Korrekturdaten, befinden sich zum Teil in komprimierter Form (*.rar) im Verzeichnis **\TLS\Ursprungsdaten**

Folgende Abbildungen zeigen einige Ansichten der Lasermodelle der PK 48, 10 und 3:



Abbildung 4.12: PK 48, Einzelbaummodelle aus TLS

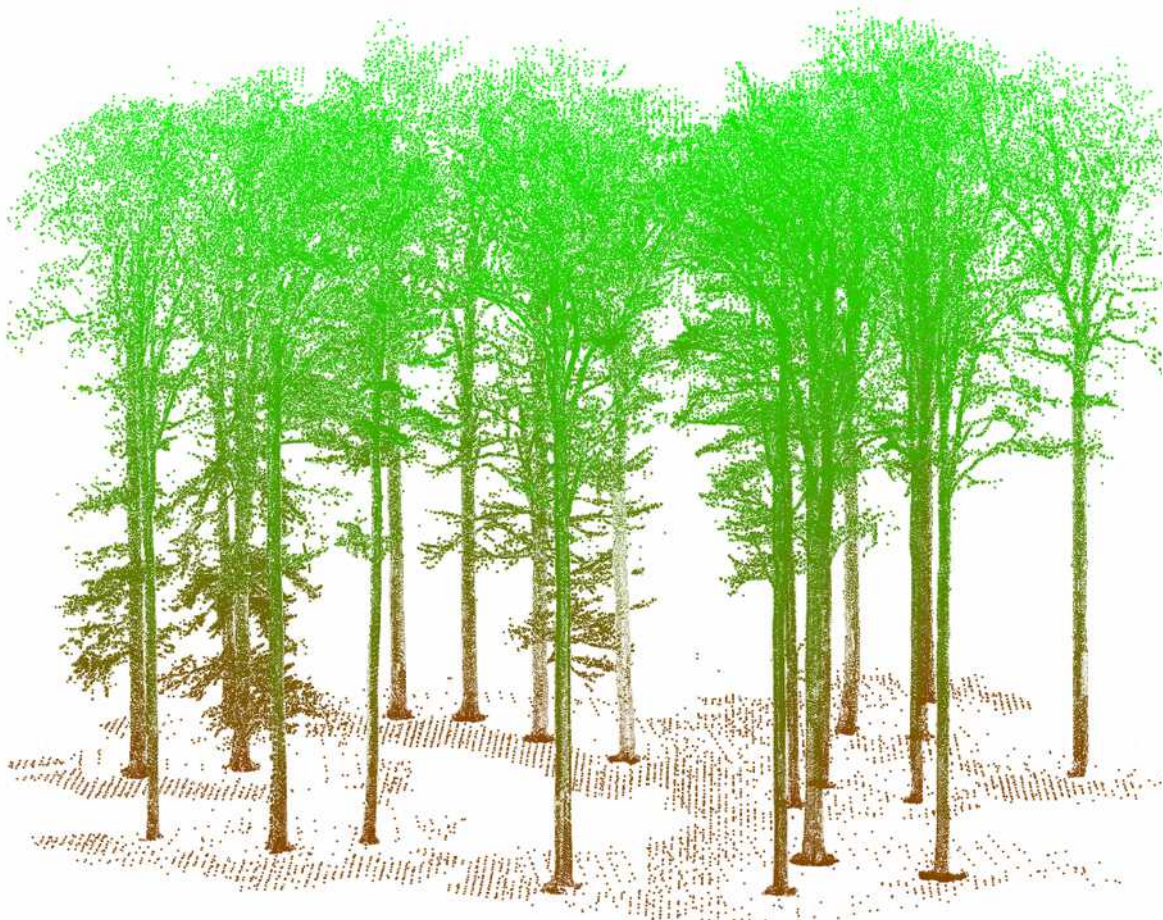


Abbildung 4.13: PK 48, TLS Modelle kombiniert mit Fullwave und First-Lastpulse Airborne Laserdaten



Abbildung 4.14: PK 48, Baum Nr 01, mit Intensitätswert eingefärbt

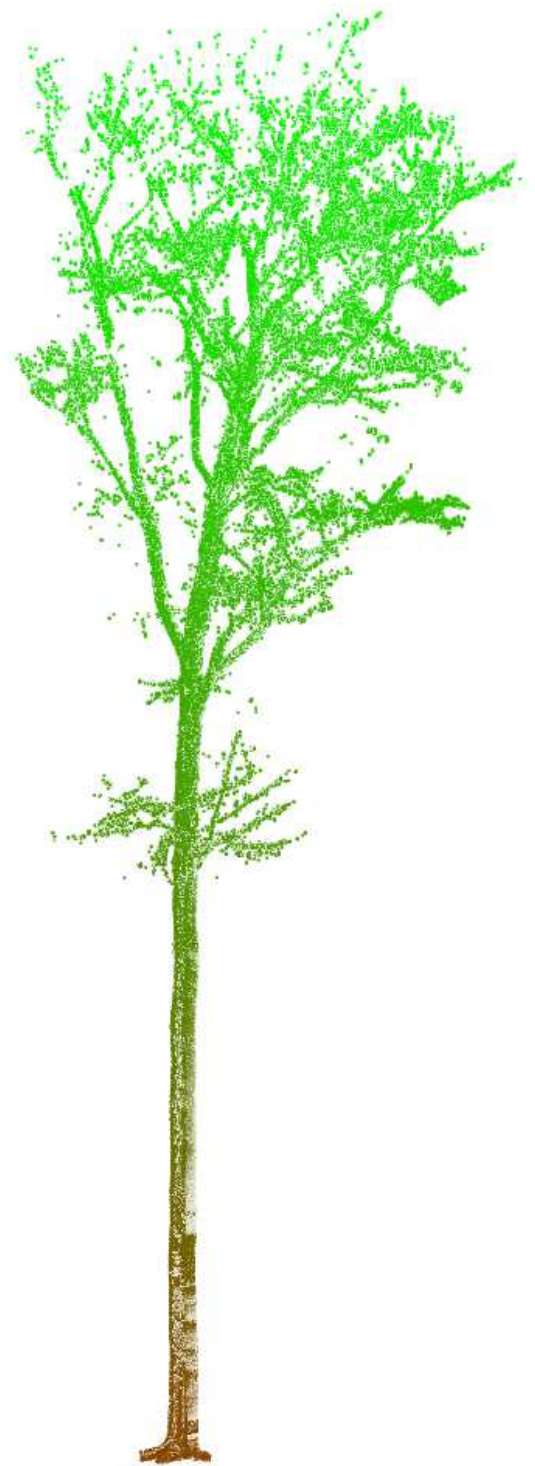


Abbildung 4.15: PK 48, Baum Nr 01 mit Höhenwert eingefärbt

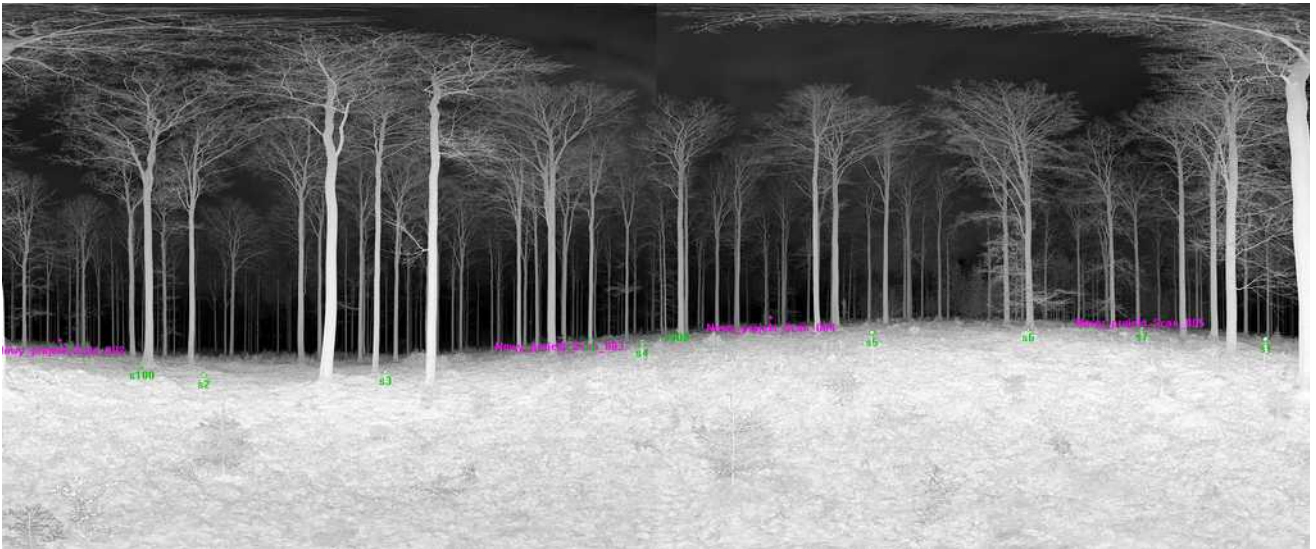


Abbildung 4.16: PK 48, 360 Grad Panorama

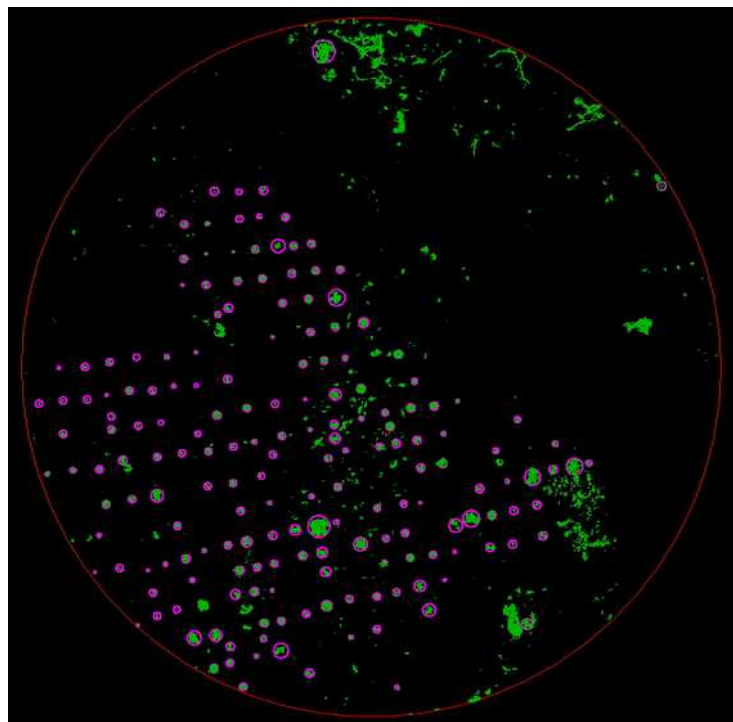


Abbildung 4.17: Kartierung der Fichtennaturverjüngung im PK 48 anhand der TLS Daten.

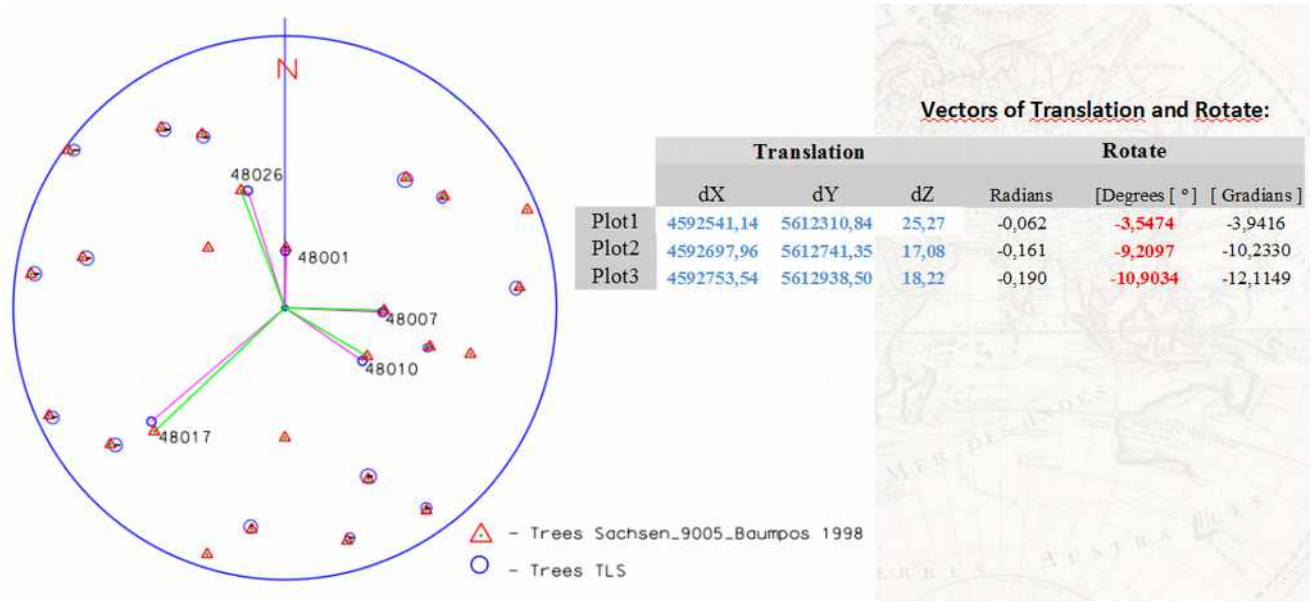


Abbildung 4.18: PK 48 Lagevergleich nach manueller Anpassung der SBS Baumpositionen von 1998 an die TLS Punkte. Die systematische Abweichung der SBS Baumpositionen von den TLS Positionen kann durch die Verwendung einer ungeeigneten Projektion beim Abspeichern der SBS Baumpositionen entstanden sein oder durch Fehler beim Einmessen der Punkte.

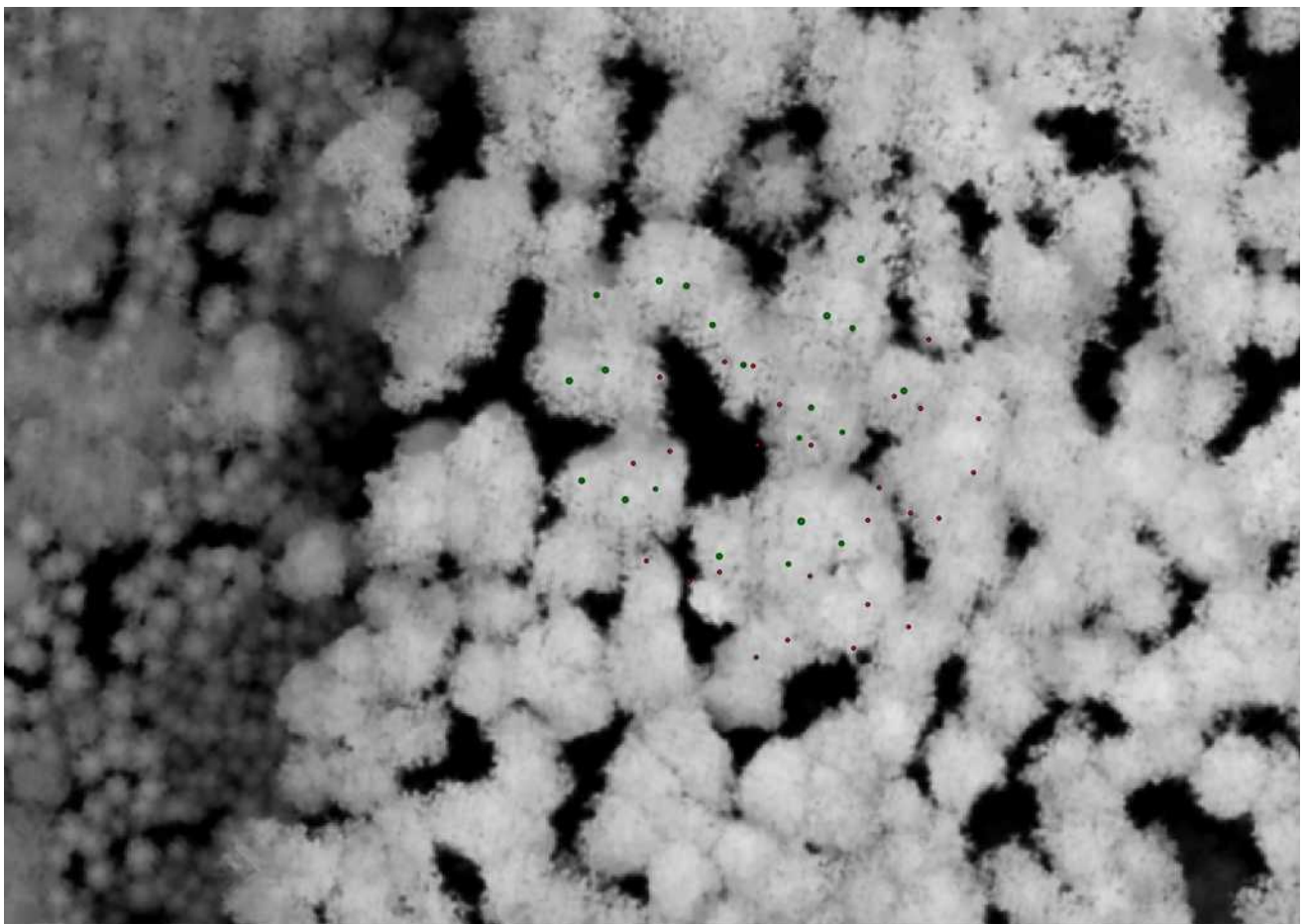


Abbildung 4.19: PK 48, Position der TLS Bäume (grüne Punkte) und der SBS Feldaufnahmen 1998 (rote Punkte, die SBS Baumpositionen stammen aus dem mitgelieferten Shapefile und sind in dieser Abbildung noch nicht korrigiert). Hintergrundbild: Fullwave nDSM aus dem Jahr 2009.



Abbildung 4.20: PK 48. TLS Baumpositionen (gelb) und SBS Baumpositionen 1998 (rot, nicht korrigiert).



Abbildung 4.21: PK 10, Baummodelle



Abbildung 4.22: PK 10, 360 Grad Panorama



Abbildung 4.23: PK 3, TLS Baummodelle



Abbildung 4.24: PK 3, 360 Grad Panorama

Vergleich zwischen Feldaufnahmen der PK 48, 10 und 3 von 1998 und der TLS Aufnahmen vom 09.11.2012

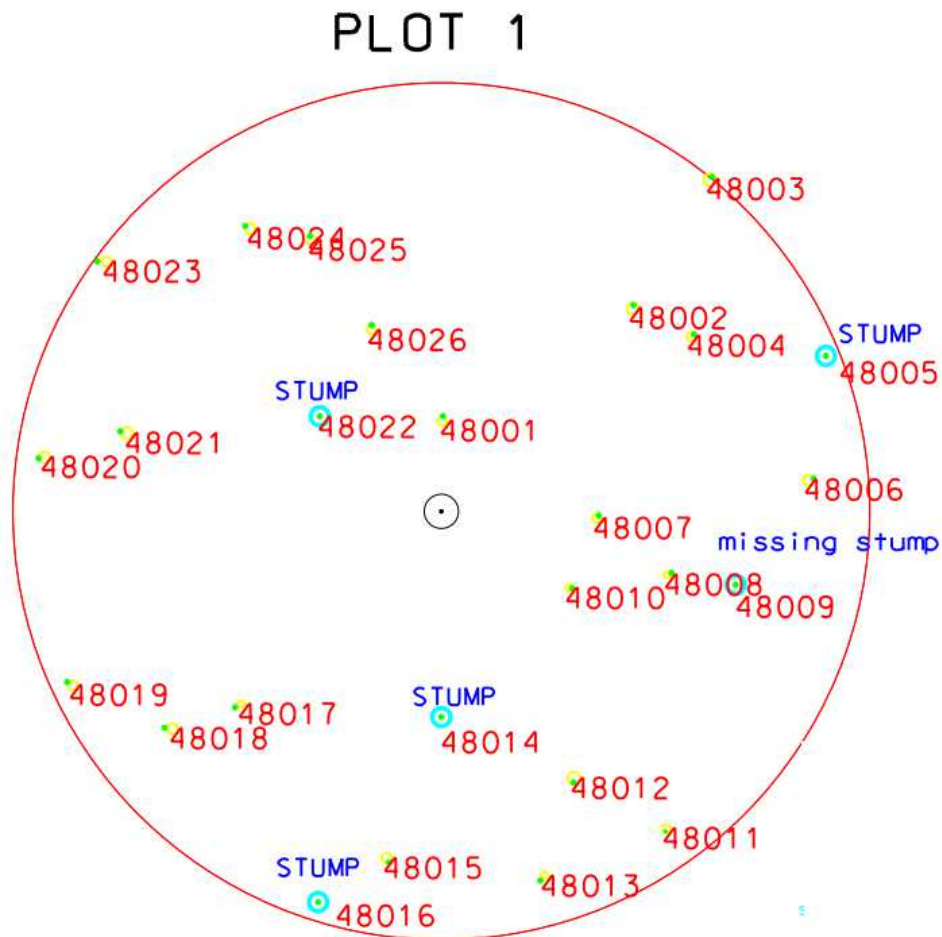


Abbildung 4.25: PK 48 Lageskizze der Baumpositionen

- missing data from Sachsen
- ⊙ centre of plot
- manual ellipse of TLS trees
- missing trees only stump
- Trees Sachsen (9005 Baumpos 1998)

Abbildung 4.26: Legende zu den Lageskizzen
PK 48, PK 10 und PK 3

PLOT 2

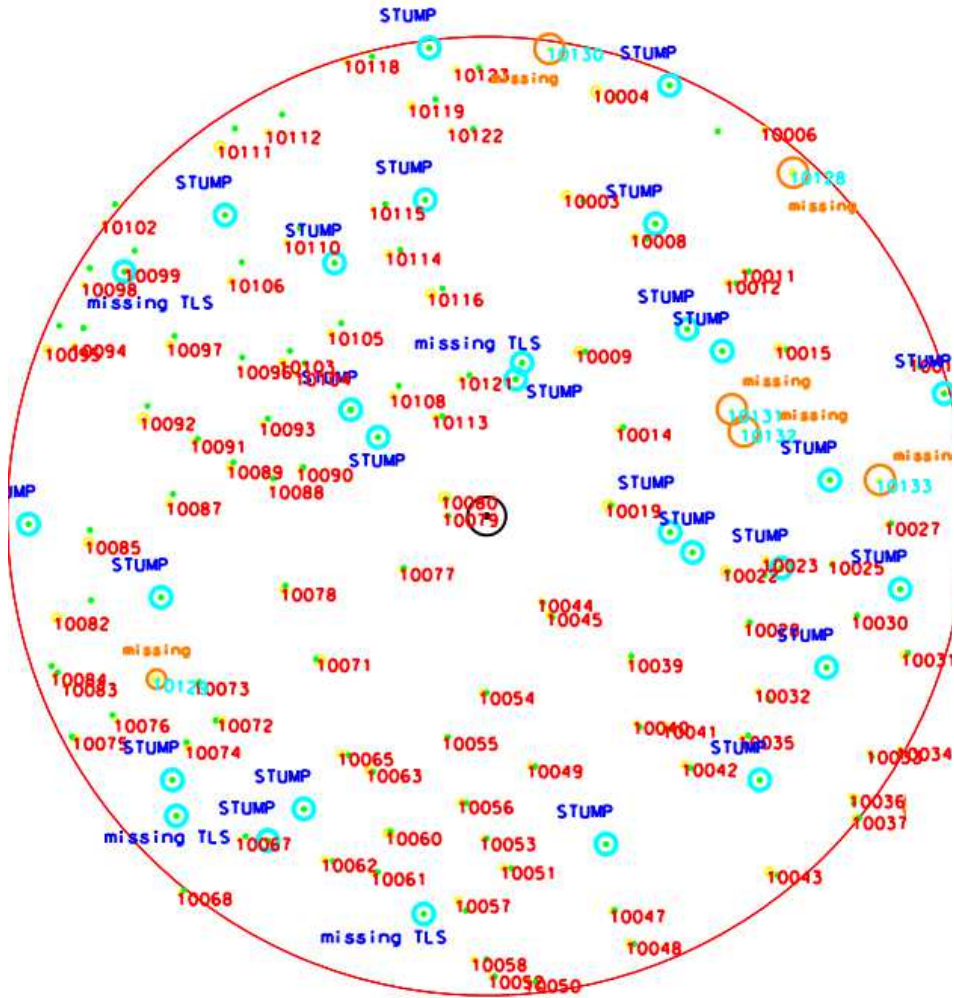


Abbildung 4.27: PK 10 Lageskizze der Baumpositionen

- missing data from Sachsen
- centre of plot
- manual ellipse of TLS trees
- STUMP ○ missing trees only stump
- Trees Sachsen (9005 Baumpos 1998)

Abbildung 4.28: Legende zu den Lageskizzen
PK 48, PK 10 und PK 3

PLOT 3

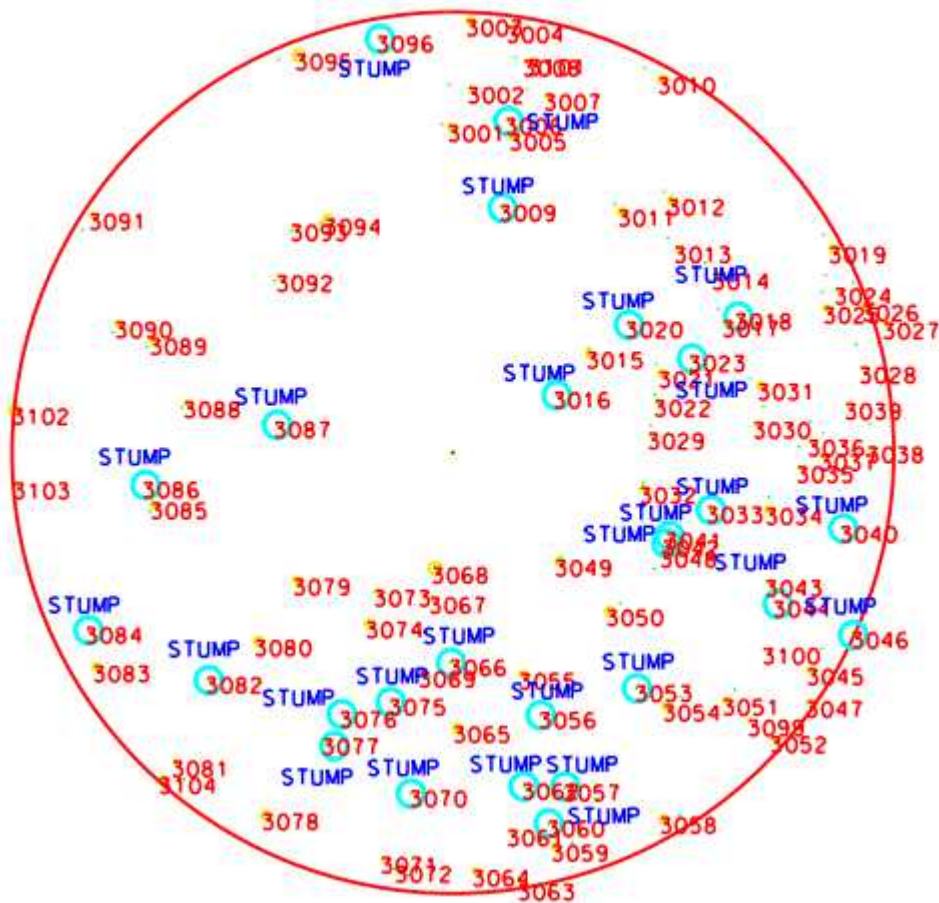


Abbildung 4.29: PK 3 Lageskizze der Baumpositionen

- missing data from Sachsen
- centre of plot
- manual ellipse of TLS trees
- missing trees only stump
- Trees Sachsen (9005 Baumpos 1998)

Abbildung 4.30: Legende zu den Lageskizzen
PK 48, PK 10 und PK 3

Die hier dargestellten Tabellen befinden sich als Original Excel Sheet (*.xls) im Verzeichnis ***/TLS/Vergleich TLS Baumparameter xls***

	Diff. ATLAS – Fugro Viewer	Diff. ATLAS – Sachsen Forst data [1996]	Diff. ATLAS – Sachsen Forst data	Diff. Sachsen Forst data [1998] – Fugro Viewer	Diff. Sachsen Forst data new – Fugro Viewer
mean	0.06	-4.66	-2.21	4.71	2.27
min	-0.17	-11.51	-5.01	-1.33	0.61
max	0.29	1.43	-0.63	11.57	5.07
STD DEV	0.11	3.32	1.33	3.31	1.35

	Diff. Fugro Viewer first – ATLAS	Diff. Terra Scan third – ATLAS	Diff. ATLAS – Sachsen data [1998]	Diff. Fugro Viewer first – Sachsen data [1998]	Diff. Terra Scan third – Sachsen data [1998]
mean	-3.29	-0.64	4.47	1.18	3.83
min	-17.35	-10.98	-8.25	-7.23	-3.25
max	5.20	8.44	16.85	9.26	12.58
STD DEV	6.29	5.36	6.89	3.96	4.19

	Diff. Fugro Viewer first - ATLAS	Diff. Terra Scan third - ATLAS	Diff. ATLAS Scan third - [986]	Diff. Fugro Viewer first - Scan third - [986]	Diff. Terra Scan third - Scan third - [986]	Saches Fort [mm]	TLS BHD [mm]	Diff. BHD Saches-TLS autom. [mm]	Radius TLS [cm]	g basal area [sqm]	Kronen - Breite [m]
mean	3.24	0.59	-9.13	-6.89	-5.77	577.29	567.16	-10.13	26.36	0.26	10.20
min	-5.29	-9.49	-27.51	-17.17	-22.16	422.00	403.74	-18.26	0.19	0.12	7.58
max	17.25	10.88	1.29	5.01	2.19	712.00	728.96	15.96	36.45	0.42	15.20
std dev	6.31	5.36	7.96	5.43	5.92	90.28	95.51	18.97	4.78	0.08	2.17

Tabelle 4.1: Vergleich Baumdaten TLS mit SBS 1998, PK 48

Baum (Datei) Name	Baumhoehe [m]						Kronenansatz [m]						Kronenlänge [m]						BHD 130 [cm]			Radius [cm] / [sqm]		G	Kronen-breite [m]	
	ATLAS PGC autom.	Terra Scan manu.	Sachsen Forst data [1998]	Sachsen Forst data	Diff. ATLAS Terra Scan	Diff. Sachsen Forst data [1998] - Scan	Diff. Sachsen Forst data new - Scan	ATLAS	Terra Scan manu.	Sachsen Forst data [1998]	Diff. ATLAS Terra Scan	Difference Sachsen Forst data [1998] - TLS	ATLAS PGC autom.	Terra Scan manu.	Sachsen Forst data [1998]	Diff. ATLAS Terra Scan	Diff. Sachsen Forst data [1998] - Scan	Sachsen Forst BHD [1998]	TLS BHD [mm]	Diff. BHD Sachsen TLS autom.	Radius TLS [cm]	Grund- fläche G [sqm]	Radius - Breite [m]			
10001	-	-	27	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	11	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-		
10002	-	-	31	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	16	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-		
10003	35.28	35.2	32	-	0.08	3.20	-	10.99	15	12	-4.01	-3.00	24.29	20.2	20	-4.09	-0.20	468	458	-10	22.9	0.1646	10.5	-		
10004	33.86	34.5	34	-	0.64	0.60	-	11.49	16.2	15	-4.71	-1.20	22.37	18.3	19	-4.07	0.70	511	497	-14	25.4	0.2050	6.7	-		
10005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10006	34.32	33.6	30	-	0.72	2.60	-	13.49	14.6	19	-1.11	4.40	20.83	17.9	11	2.93	-6.90	0	252	-	12.6	0.0500	5.5	-		
10007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10008	32.14	32.8	33	-	-0.66	-0.20	-	23	16.8	14	-4.20	-4.80	9.14	14	18	-4.66	5.00	336	313	-23	16.7	0.0770	5.6	-		
10009	35.07	35.2	33	-	-0.13	-	-	35.2	35.2	18	-	-	2.40	14.6	10	8	-	480	467	-13	23.0	0.1684	4.7	-		
10010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10011	34.06	32.7	26	-	1.36	6.70	-	-	10	-	-	-2.10	34.06	12.6	6	8	-21.48	-4.60	191	168	-23	8.4	0.0223	5.6	-	
10012	34.06	33.9	33	-	0.16	0.90	-	-	20.6	19	-	-1.60	34.06	13.3	14	20.78	0.70	320	300	-20	15.0	0.0709	5.6	-		
10013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10014	33.78	34.4	28	-	-0.62	-	-	-	21.1	13	-	-5.10	33.78	15.3	12	20.48	-1.30	350	334	-16	16.7	0.0877	6.1	-		
10015	32.07	32.1	29	-	-0.03	3.10	-	13.5	16.1	14	-2.60	-2.10	18.57	16	15	2.57	-1.00	402	402	0	20.1	0.1269	5.6	-		
10016	27.36	28.6	26	26	-1.24	2.60	-	-	16.6	13	-	-3.60	27.96	12	13	15.96	1.00	272	252	-20	12.6	0.0490	4.8	-		
10017	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10018	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10019	34.39	34.4	30	-	-0.01	4.40	-	12.98	18.2	14	5.22	-4.20	21.41	16.2	16	5.21	-0.20	511	518	7	25.9	0.2105	8.6	-		
10020	-	-	31	-	-	-	-	-	30	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10022	34.16	34.4	32	-	-0.24	2.40	-	12.98	18.1	17	5.12	-1.10	21.18	16.3	15	4.86	-1.30	471	473	2	23.6	0.1756	7.5	-		
10023	32.03	31.3	28	-	0.73	3.30	-	2.49	20.8	17	-18.31	-2.80	20.64	16.5	10	19.04	-0.60	341	327	-14	16.4	0.0842	12.8	-		
10024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10025	32.35	32.3	27	-	0.05	5.30	-	25.49	15.2	14	10.29	-1.20	6.86	17.1	13	10.24	-4.10	230	217	-13	10.9	0.0371	5.8	-		
10026	-	-	31	-	-	-	-	-	31	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10027	28.5	28.6	24	25.2	-0.06	4.5	-3.3	0.98	13.8	13	3.82	-0.80	18.52	14.7	11	3.82	-3.70	243	225	-18	11.3	0.0398	4.9	-		
10028	31.57	32.4	28	-	-0.85	4.4	-	-	18	10	-	-5.00	31.57	12.4	13	19.11	0.60	259	247	-12	12.3	0.0478	4.9	-		
10029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10030	31.06	25.3	30	-	5.76	-0.7	-	20.98	12.8	12	17.18	-2.80	1.08	9.5	11	-8.42	1.60	191	174	-17	8.7	0.0239	3.2	-		
10031	30.91	31.4	29	31.4	-0.49	0	-	22.44	14.3	17	24.56	-1.10	14.56	16.7	12	-4.50	369.10	362	-7	19.1	0.1147	5.8	-			
10032	32.53	30.6	29	-	2.03	1.5	-	23.49	20.2	18	3.29	-2.20	9.04	10.3	11	1.26	0.70	263	253	-10	12.7	0.0504	5.6	-		
10033	33.16	32.4	24	23.6	0.76	8.4	-8.8	17.48	19.4	14	-17.48	-1.90	15.7	14	18	17.48	-1.00	163	153	-10	8.3	0.0217	7.7	-		
10034	33.18	31.5	20	-	1.68	11.5	-	21.48	11.2	14	0.26	-7.20	11.7	10.3	6	1.40	-4.30	153	140	-13	6.6	0.0138	6.2	-		
10035	34.81	32.4	23	-	2.41	9.4	-	21.99	18.3	15	3.69	-3.30	12.62	14.1	8	-1.28	-6.10	152	144	-8	7.2	0.0162	8.4	-		
10036	32.74	32.9	34	-	-0.16	-	-	32.74	32.9	17	-	-1.1	1.60	32.74	14.3	17	2.70	3.40	14.3	14.3	0	18.4	0.1044	5.8	-	
10037	32.27	32.4	32	-	-0.13	0.4	-	23.98	19.9	17	4.08	-2.90	8.29	12.5	15	-4.21	2.60	348	306	-42	15.3	0.0734	6.0	-		
10038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10039	33.53	33.4	28	34	0.13	5.4	0.6	-	17.3	14	-	-3.30	33.53	16.1	14	17.43	-2.10	307	298	-9	14.9	0.0698	6	-		
10040	32.96	33.3	32	-	-0.36	-	-	-	17.3	19	-	1.60	32.96	16.8	13	17.16	-2.80	231	226	-5	11.3	0.0400	8.2	-		
10041	33.6	32.6	32	-	1.00	-	-	-	17.3	32	-	-	30	13.5	30	16.30	4.70	361	346	-15	17.3	0.0942	10.8	-		
10042	33.73	33.7	30	33.4	0.03	3.7	-0.3	13.95	16	12	-2.06	-2.00	19.78	17.7	16	2.08	-1.70	350	344	-6	17.2	0.0932	6.5	-		
10043	33.54	33.6	32	-	-0.06	1.7	-	29.45	16	14	2.85	-0.80	16.9	12	24	2.60	-0.40	241	230	-11	16.2	0.0821	6.5	-		
10044	36.67	34.5	24	-	1.17	10.6	-	-	21.8	8	-	-5.80	36.67	12.7	6	22.97	-4.70	212	206	-6	10.3	0.0332	7.7	-		
10045	36.67	34.1	30	32.1	2.57	-	-2	-	15.4	16	-	-2.40	36.67	15.7	14	18.92	-1.70	355	347	-8	17.3	0.0946	9.1	-		
10046	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10047	33.74	33.6	32	-	0.14	0.6	-	-	21.3	16	-	-5.30	33.74	12.3	17	21.44	4.70	310	307	-3	15.3	0.0739	9	-		
10048	32.61	31.4	32	-	1.21	-0.6	-	-	31.4	19	-	-1.00	32.61	10.9	13	20.81	-2.10	303	291	-12	15.2	0.0721	6.1	-		
10049	32.1	32.3	34	-	-0.20	-1.7	-	8.49	9.7	15	-1.21	5.30	23.81	22.6	10	1.01	-3.60	336	326	-10	16.3	0.0832	6.3	-		
10050	29.92	29.5	28	-	0.42	2.5	-	34.48	20.5	16	13.98	-2.40	29.44	11.1	17	9.34	-0.10	217	212	-5	10.9	0.0370	4.5	-		
10051	33.39	32.8	32	-	0.59	0.8	-	23.99	15.3	15	8.69	-0.30	9.4	17.5	17	-6.10	-0.60	311	302	-9	15.1	0.0718	4.8	-		
10052	31.47	27.4	29	-	4.07	-1.6	-	-	16.4	19	-	2.60	31.47	4.7	10	29.47	-1.00	215	207	-8	10.3	0.0336	3.7	-		
10053	33.39	31.7	28	-	1.68	4.1	-	24.49	1.9	17	22.59	-0.60	14	17.5	14	-3.60	-1.70	349	342	-7	14.9	0.0247	4.5	-		
10054	32.82	32.8	32	-	0.02	-0.2	-	18.98	21.2	19	2.22	-2.20	13.84	11.6	14	2.24	-2.40	321	316	-5	15.8	0.0786	6.6	-		
10055	32.85	32.2	32	-	0.65	11.2	-	32.85	19.3	12	2.18	-6.30	12.37	12.9	10	19.48	-4.80	131	123	-8	9.0	0.0112	6.5	-		
10056	32.57	32.8	32	31.8	-0.23	0.8	-1	7.98	16.1	15	-10.12	-3.10	24.59	14.7	17	2.68	2.30	334	327	-7	16.3	0.0840	7.1	-		
10057	32.17	32.8	31	-	-0.63	1.8	-	16.99	19.7	14	-2.71	-5.70	15.18	15.1	17	2.08	3.90	353	362	9	18.1	0.1028	6.9	-		
10058	32.17	32.2	33	-	0.03	-	-	12.48	12.3	13	0.18	-2.20	12.69	11.8	12	0.98	2.10	284	274	-10	14.6	0.0674	4.5	-		
10059	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10060	33.1	32.8	31	-	0.30	1.8	-	-	18.2	17	-	-5.20	33.1	14.6	14	18.80	3.40	491	495	4	24.8	0.1927	8.6	-		
10061	33.1	33.2	26	-	-0.10	7.2	-	21.49	20.7	13	0.70	-7.70	11.61	12.5	13	0.80	0.50	156	-	-	7.8	0.0162	8.6	-		
10062	32.62	33.2	32	-	-0.58	3.6																				

Baum (Datei) Name	Baumhöhe [m]							Kronenansatz [m]					Kronenlänge [m]					BHD 130 [cm]			Radius [cm] / G [sqm]		Kronen- breite [m]	
	ATLAS PGC autom.	Terra Scan manu.	Sachsen- forst Daten [1998]	Sachsen- forst Daten	Diff. ATLAS – Terra Scan	Diff. Sachsen Forst data [1998] – Terra Scan	Diff. Sachsen Forst data new – Terra Scan	ATLAS	Terra Scan manu.	Sachsen- forst Daten [1998]	Diff. ATLAS – Terra Scan	Difference Sachsen data [1998] – TLS	ATLAS PGC autom.	Terra Scan manu.	Sachsen- forst Daten [1998]	Diff. ATLAS – Terra Scan	Diff. Sachsen Forst data [1998] – Terra Scan	Sachsen- forst TLS [mm]	TLS BHD [mm]	Diff. BHD Sachsen – TLS autom. [mm]	Radius TLS [cm]	g basal area [sqm]	Kronen – Breite [m]	
3001	23.2	22.7	18	20.8	-0.5	4.7	1.9	8.98	9.8	8	-0.82	-1.8	14.22	12.9	10	1.32	-2.8	239	246	-7	12.3	0.0475	6.8	
3002	23.19	21.4	12	15.9	-1.79	0.4	5.5	17.98	5.8	5	12.18	-0.8	5.21	15.6	7	-10.39	-8.6	135	130	-5	6.5	0.0133	6.4	
3003	22.78	22.7	19	21.6	-0.08	3.7	1.1	10.48	12.6	8	-2.12	-4.6	12.3	10.1	11	2.2	0.9	250	246	-4	12.3	0.0473	-	
3004	-	6.8	6	-	-	2.8	-	-	-	2	-	-	-	-	4	-	-	100	128	28	6.4	0.0129	-	
3005	23.19	22.4	20	25.1	-0.79	2.4	-2.7	2.49	10.9	11	8.41	0.1	20.7	11.5	9	9.2	-2.5	361	362	1	18.1	0.1027	8.5	
3006	-	-	18	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	9.3	
3007	-	3.4	14	-	-	10.6	-	-	-	5	-	-	-	-	9	-	-	-	149	-	7.5	0.0175	-	
3008	22.48	18.0	12	15.8	-4.48	6	2.2	-	8.4	6	-	-2.4	22.48	9.1	6	13.38	-3.1	94	178	84	8.9	0.0249	6.4	
3009	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3010	21.47	21.5	17	21.2	0.03	4.5	0.3	5.98	12.5	8	6.52	-4.5	15.49	9.0	9	6.49	0	250	264	14	13.2	0.0548	6.2	
3011	21.67	21.0	17	21.7	-0.67	4	-0.7	12.5	9.5	11	3	1.5	9.17	11.5	6	-2.33	-5.5	264	259	-5	13.0	0.0527	6.3	
3012	22.97	22.3	16	22	-0.67	6.3	0.3	-	12.3	10	-	-2.3	22.97	10.0	6	12.97	-4	242	233	-9	11.7	0.0427	8.2	
3013	22.97	12.2	10	12.3	-10.77	2.2	-0.1	-	5.5	3	-	-2.5	22.97	6.7	7	16.27	0.3	109	99	-10	5.0	0.0077	4.5	
3014	22.74	22.0	13	-	-0.74	9	-	-	12.7	8	-	-4.7	22.74	9.9	5	12.84	-4.9	202	196	-6	9.8	0.0302	6.0	
3015	24.3	24.3	20	25.2	-	4.3	-0.9	-	12.5	8	-	-4.5	24.3	11.8	12	12.5	0.2	292	283	-9	14.1	0.0629	7.8	
3016	-	-	20	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	7.6	
3017	22.74	22.7	17	-	-0.04	8.7	-	8.49	9.4	2	-0.91	-7.4	14.25	13.3	15	0.98	1.7	239	229	-10	11.4	0.0411	5.9	
3018	-	-	19	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	9	-	-	-	229	-	11.4	0.0411	6.3	
3019	22.03	19.5	16	-	-2.53	3.5	-	3.5	4.8	4	-1.3	-0.8	18.53	14.7	12	3.83	-2.7	251	243	-8	12.2	0.0465	5.1	
3020	-	-	20	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	
3021	23.2	22.7	18	23.6	-0.5	4.7	-0.9	-	12.5	14	-	1.5	23.2	10.2	4	13	-6.2	217	204	-13	10.2	0.0326	6.5	
3022	23.2	22.6	14	-	-0.6	8.6	-	-	4.2	2	-	-2.2	23.2	18.4	12	4.8	-6.4	125	117	-8	5.8	0.0107	6.1	
3023	-	-	20	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	
3024	22.43	20.4	13	-	-2.03	7.4	-	-	9.7	7	-	-2.7	22.43	10.7	6	11.73	-4.7	84	73	-11	3.6	0.0041	6.5	
3025	21.02	20.2	17	-	-0.82	10.7	-	3.5	10.7	7	-7.2	-3.7	20.4	11.0	10	7.1	-14	218	204	-14	10.2	0.0326	7.0	
3026	24.64	21.3	17	-	-3.24	4.3	-	3.5	14.3	13	-10.8	-1.3	21.04	7.0	4	14.04	-3	140	134	-6	6.7	0.0142	-	
3027	24.64	22.7	17	-	-1.84	5.7	-	12	12.5	12	-0.5	-0.5	12.54	10.2	5	2.34	-5.2	7	-	-	-	-	7.3	
3028	22.62	10.4	11	-	-12.42	-0.6	-	-	-	4	-	-	-	-	7	-	-	79	68	-13	3.3	0.0035	-	
3029	25.08	23.3	17	-	-1.78	6.3	-	12.95	10.0	11	2.95	1	12.13	13.3	6	-1.17	-7.3	83	75	-8	3.8	0.0045	5.5	
3030	25.43	24.7	22	-	-0.73	2.7	-	-	9.5	14	-	4.5	25.43	15.2	8	10.23	-7.2	134	125	-9	6.2	0.0122	6.2	
3031	25.43	25.5	21	-	0.07	4.5	-	-	13.2	12	-	-1.2	25.43	12.3	9	13.13	-3.3	296	282	-14	14.1	0.0627	6.3	
3032	25.08	23.7	20	24.4	-1.38	1.7	-0.7	-	14.0	15	-	1	25.08	9.7	7	15.38	-2.7	218	211	-7	10.5	0.0349	5.0	
3033	-	-	20	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	
3034	26.27	26.3	19	26.6	0.03	7.3	-0.3	11.48	13.6	13	-2.12	-0.6	14.79	12.7	6	2.09	-6.7	304	296	-8	14.8	0.0690	4.2	
3035	25.17	24.6	15	-	-0.57	9.6	-	11.49	12.4	9	0.91	-3.4	13.68	12.2	6	1.48	-6.2	95	83	-12	4.2	0.0054	6.2	
3036	24.8	13.6	12	-	-11.2	1.6	-	22.49	1.6	4	-	-	2.31	-	8	-	-	80	80	0	4.0	0.0050	-	
3037	24.08	23.4	17	-	-0.68	6.4	-	-	14.2	12	-	-2.2	24.08	9.2	5	14.86	-4.2	130	113	-17	5.7	0.0101	6.7	
3038	23.67	14.4	10	-	-9.27	4.4	-	-	10.0	2	-	-8	23.67	4.4	8	19.27	3.6	-	87	-	4.4	0.0059	6.9	
3039	23.98	10.8	15	-	-13.18	-4.2	-	-	-	12	-	-	23.98	-	3	-	-	99	68	-31	3.4	0.0037	-	
3040	-	-	18	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	
3041	-	-	19	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	
3042	-	-	11	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	
3043	25.13	12.7	12	-	-12.43	0.7	-	16.98	5.7	2	11.28	-3.7	8.15	7.0	10	1.15	3	108	107	-1	5.3	0.0090	4.8	
3044	-	-	22	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	
3045	25.97	25.3	21	-	-0.67	4.3	-	-	15.0	12	-	-3	25.97	10.3	9	15.67	-1.3	208	202	-6	10.1	0.0321	5.4	
3046	-	-	20	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	
3047	25.97	25.0	20	-	-0.97	5	-	-	15.2	14	-	-1.2	25.97	9.8	6	16.17	-3.7	132	128	-6	6.3	0.0125	6.5	
3048	25.44	16.2	16	-	-9.24	6.5	-	14.98	5.8	3	9.18	-2.8	10.46	16.7	13	6.24	-3.7	117	117	0	5.9	0.0108	5.7	
3049	34.65	25.5	22	-	-9.15	3.5	-	34.48	15.1	14	19.38	-1.1	0.17	10.4	8	10.23	-2.4	267	264	-3	13.2	0.0549	7.3	
3050	34.65	26.3	25	-	-8.35	3.3	-	34.48	15.6	14	18.88	-1.6	0.17	12.7	11	12.53	-1.7	369	362	-7	18.1	0.1032	8.5	
3051	25.11	25.1	21	-	-0.01	4.1	-	11.43	17.1	17	-0.1	-14.68	14.6	8.0	13	6.66	-4	190	184	-6	9.2	0.0267	7.3	
3052	24.88	22.8	16	-	-2.08	6.8	-	-	14.0	3	-	-11	24.88	8.8	13	16.08	4.2	150	144	-6	7.2	0.0162	9.1	
3053	-	-	22	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	
3054	26.11	26.1	22	-	-0.01	4.1	-	13.48	15.6	15	-2.12	-0.6	12.63	10.5	7	2.13	-3.5	275	269	-6	13.5	0.0569	7.9	
3055	25.94	26.7	23	26.4	3.14	3.7	0.3	-	14.5	12	-	-2.8	25.94	11.9	11	12.94	-0.9	257	244	-13	12.2	0.0469	6.7	
3056	-	-	21	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	
3057	-	-	19	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	
3058	25.13	24.6	22	-	-0.53	2.6	-	17	14.3	16	2.7	1.7	8.13	10.3	6	-2.17	-4.3	266	267	1	13.3	0.0559	5.0	
3059	26.78	26.8	23	-	0.02	3.8	-	-	12.1	13	0.9	0.9	26.78	14.7	10	12.08	-4.7	266	287	21	14.4	0.0648	6.5	
3060	-	-	23	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	
3061	25.55	24.6	14	-	-0.95	10.6	-	-	9.5	3	-	-3.5	25.55	18.1	11	7.45	-7.1	86	82	-4	4.1	0.0052	5.7	
3062	-	-	13	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	
3063	25.29	24.7	21	-	-0.59	3.7	-	-	14.1	14	-	-0.1	25.29	10.6	7	14.69	-3.6	113	105	-8	5.3	0.0087	6.4	
3064	25.29	25.2	23	-	-0.09	2.2	-	-	16.2	15	-	-1.2	25.29	9.0	8	16.29	-1	240	239	-1	12.0	0.0449	7.0	
3065	27.39	26.8	24	-	-0.59	2.8	-	14.97	13.9	13	1.07	-0.9	12.42</											

5 Anhang

Beschreibung Ruleset

Find and delineate tree crowns, version 2

Ruleset description and usage

Ruleset author: Piotr Tompalski
landConsult.de, D-77815 Bühl
ProGea Consulting, PL Krakow
Bühl / Krakow, January 2013

The ruleset is an improved version of the one, that has been developed for Sachsenforst in 2011. It is designed to create a polygon shapefile representing single tree crowns. The improvements were done to make it more universal and process all kinds of tree stands including very young ones. During the processing the stand is divided into homogeneous groups based on the height, afterwards each of the groups is processed separately with different sets of variables. These variables can be adjusted by the user.

The ruleset was designed to work under certain conditions, which when not fulfilled may be the reason of strange ruleset behaviour and/or not accurate result. These conditions are:

1. Good quality of nDSM raster layer. The nDSM used during the ruleset development was processed with median filter (3x3), its resolution was equal to 0.5m. The ruleset is designed to work with rasters of different pixel size, however the variables have to be adjusted in such conditions.
2. The model should not include any non-vegetation, elevated objects like buildings or poles etc. Such objects, if present within the processing area borders, need to be filtered out before or after the processing as they will be most probably treated as trees.

To run the process, a user is asked to follow these steps:

1. Run e.Cognition Developer 8.7, and choose "RuleSet Mode"
2. Create a new project and add one raster layer representing the nDSM. It is necessary to set an alias to this layer – "ndsm". Save the project on the hard drive before processing.
3. [Optionally a polygon layer can be added to the project that specifies the exact borders of the processing area. It is necessary to set an alias to this layer – "plot_border".]
4. Import the ruleset file by right clicking on the "process tree" panel and choosing "Load Ruleset"
5. [Optionally modify the parameters]
6. Press F5 to start the processing.
7. The results of the processing will be stored in the project folder (/results/). Two files will be created, one storing the treetops, the second with the crown polygons.

The process of determining the proper crown shape is based on three major stages. First the forest groups are defined, based on their height. For each group, depending on the height, different parameters (variable values) for the next steps.

Next the treetops are found as the local maximums on the nDSM raster layer. For each of the stand height group a threshold is defined (variable `crowns_search`, that has 4 subtypes for 4 different stand height categories - $> 20\text{m}$, $>10\text{m}$, $>5\text{m}$ and $<5\text{m}$) that specifies the pixel distance between maximums. There are some additional filtering steps to improve the results.

After that the treetops are growing several times to create the crown border around each of the treetop. The variable `crown_width` (`_20`, `_10`, `_5`, `_0`) determines the maximum width of a crown in pixels in each of the stand height groups ($> 20\text{m}$, $>10\text{m}$, $>5\text{m}$ and $<5\text{m}$).

The most important is the growing part, which has to be done in a sort of "intelligent" manner. During the growing step, each surrounding pixel around the treetop (or previously grown crown as the process is repeated) is analysed and its value (height) is compared to the current values of border pixels within each treetop/crown. If the pixel fulfils the growing criteria (height difference below specified threshold), this pixels becomes a crown part. The process is repeated number of times in a loop until all "candidate" pixels of each found treetop are tested.

Beschreibung ATLAS

AtLaS Manual

Version: 1.01 (10. Jan. 2013)¹

Author & programmer: Michał Ratajczak MSc. F. Ing.
e-mail: miraat@poczta.onet.pl

Consortium: landConsult.de & ProGeaConsulting 2013

Consultants & Testers: P. Wezyk & P. Tomplaski
Copyright: ProGea Consulting 2011

Contact:

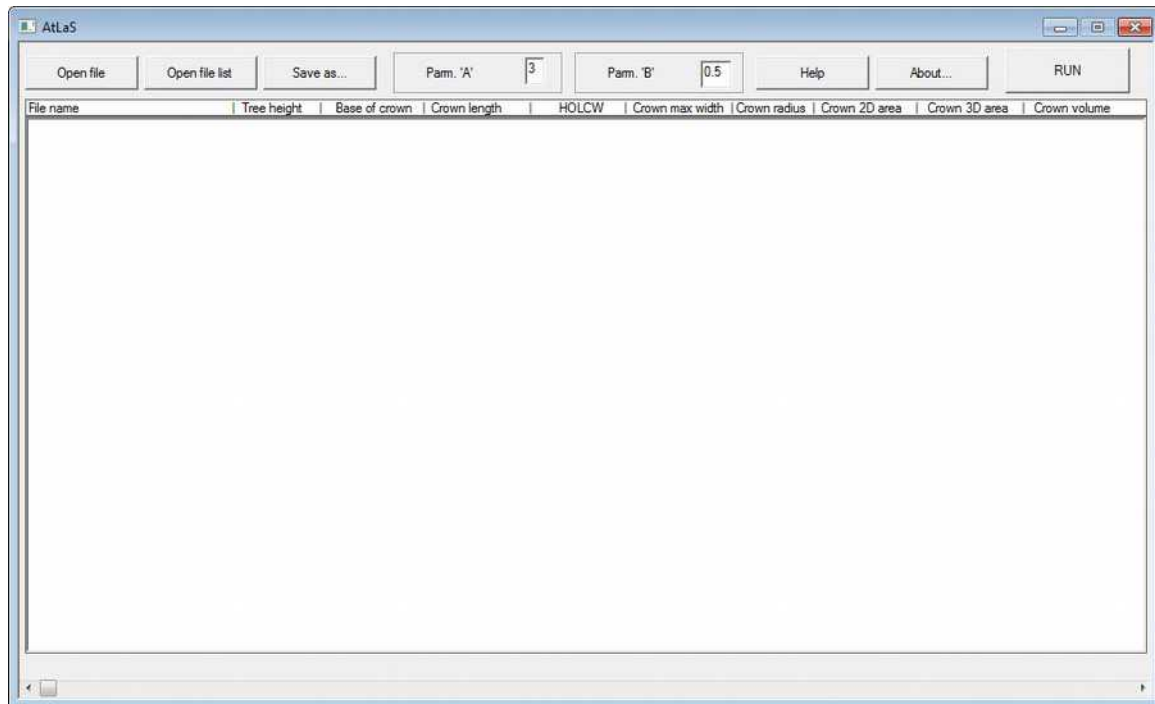
ProGea Consulting
e-mail: office@progea.pl
Phone: +48-(0)12-415-06-41 (PL)

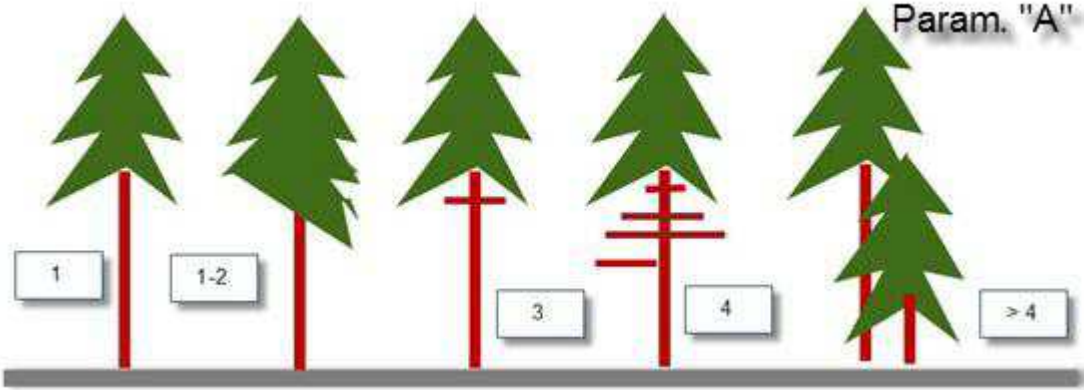
or

landConsult.de (D)
tel. +49 (0)7223-9158030
mobile: +49 (0)170-8988393
fax. +49 (0)321-21252410
e-mail: markus.weidenbach@landConsult.eu

Explanation of AtLaS software elements:

AtLaS main window:



Open file	Open single file containing one extracted tree from the forest stand (available formats: *.xyz or *.las).
Open file list	Open a list of many single-tree files (*.las or *.xyz). The list should be a simple text file, where each row is a name of a file with extension. Such list can be created using DOS dir command (dir /b *.las >> list.txt).
Save as...	Save processing results to a text file (*.txt).
Param. 'A' 3	“A” is a synthetic parameter for calculating the crown base. You can use the values within a range from 1 to 9. Please use value “1” or “2” for trees without any dead branches on the stem and stands without young trees (regeneration) in the second floor (undergrowth). Please use the parameter value between “4” and “6” in case of many dead branches on stem. Please use the parameter value of “8” or “9” for trees with many dead branches or stands with young trees in the second floor (undergrowth). Value 3 is the default value for the trees with some small number of dead branches.
	
Param. 'B' 0.5	Parameter “B” – measurement resolution (accuracy) [units: meters]. Use parameter 0,2 to 2,0 m.
Help	AtLaS manual

Headline:

--

[File name]	- name of processed file.
[Tree height]	- value of tree height [XX.XX m]
[Base of crown]	- value of crown base height [XX.XX m]
[Crown length]	- value of crown length [XX.XX m]
[HOLCW]	- height [XX.XX m] of largest crown width.
[Crown max width]	- mean width at the 'height of largest crown width' [HOLCW].
[Crown radius]	- mean crown radius [XX.XX m]
[2D crown area]	- tree crown projected area on the ground [XX.XX sqm].
[3D crown area]	- tree crown surface area without base [2D crown area] [XX.XX sqm].
[Crown volume]	- value of crown volume [XX.XX m3].

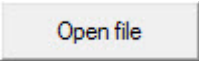
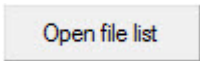
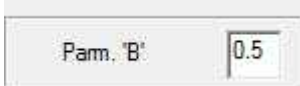
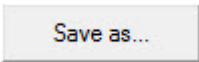
Results file (TXT):

[File name]	- name of processed file.
[Tree height]	- value of tree height.
[Base of crown]	- value of crown base height.
[Crown length]	- value of crown length.
[HOLCW]	- height of largest crown width.
[Crown max width]	- mean width at the 'height of largest crown width' [HOLCW].
[Crown radius]	- mean crown radius.
[2D crown area]	- crown projection area on the ground.
[3D crown area]	- crown surface area without [2D crown area].
[Crown volume]	- value of crown volume.
[X]	- X coordinate of the tree top
[Y]	- Y coordinate of the tree top
[Maximal radius at the HOLCW]	- maximal radius at the [HOLCW].
[Minimal radius at the HOLCW]	- minimal radius at the [HOLCW].
[Mean radius at the HOLCW]	- mean radius at the [HOLCW].
[Maximal width at the HOLCW]	- maximal width at the [HOLCW].
[Minimal width at the HOLCW]	- minimal width at the [HOLCW].

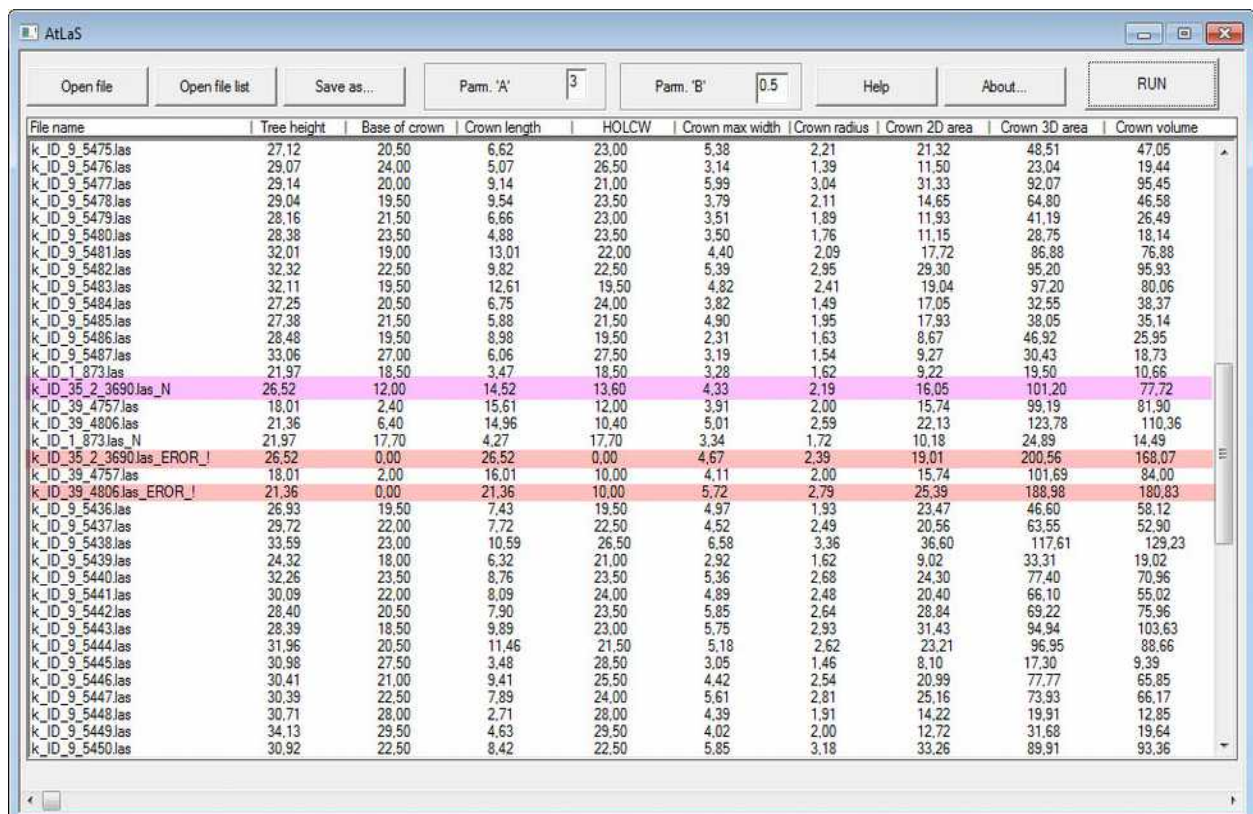
[8 crown radius]
SW,W,NW

- 8 radii in following order: N, NE (NO), E (O), SE, S,

How to use AtLaS:

- Click button  to process only one file or open prepared file list  in order to process multiple files.
- Choose value for  and . The default values are (Param. "A" = 3 and Param. "B" = 0.5).
- Press  to run the processing of ALS point cloud data (separate files for single trees).
- To Save results click on .

Errors results:



File name	Tree height	Base of crown	Crown length	HOLCW	Crown max width	Crown radius	Crown 2D area	Crown 3D area	Crown volume
k_ID_9_5475.las	27.12	20.50	6.62	23.00	5.38	2.21	21.32	48.51	47.05
k_ID_9_5476.las	29.07	24.00	5.07	26.50	3.14	1.39	11.50	23.04	19.44
k_ID_9_5477.las	29.14	20.00	9.14	21.00	5.99	3.04	31.33	92.07	95.45
k_ID_9_5478.las	29.04	19.50	9.54	23.50	3.79	2.11	14.65	64.80	46.58
k_ID_9_5479.las	28.16	21.50	6.66	23.00	3.51	1.89	11.93	41.19	26.49
k_ID_9_5480.las	28.38	23.50	4.88	23.50	3.50	1.76	11.15	28.75	18.14
k_ID_9_5481.las	32.01	19.00	13.01	22.00	4.40	2.09	17.72	86.88	76.88
k_ID_9_5482.las	32.32	22.50	9.82	22.50	5.39	2.95	29.30	95.20	95.93
k_ID_9_5483.las	32.11	19.50	12.61	19.50	4.82	2.41	19.04	97.20	80.06
k_ID_9_5484.las	27.25	20.50	6.75	24.00	3.82	1.49	17.05	32.55	38.37
k_ID_9_5485.las	27.38	21.50	5.88	21.50	4.90	1.95	17.93	38.05	35.14
k_ID_9_5486.las	28.48	19.50	8.98	19.50	2.31	1.63	8.67	46.92	25.95
k_ID_9_5487.las	33.06	27.00	6.06	27.50	3.19	1.54	9.27	30.43	18.73
k_ID_1_873.las	21.97	18.50	3.47	18.50	3.28	1.62	9.22	19.50	10.66
k_ID_35_2_3690.las_N	26.52	12.00	14.52	13.60	4.33	2.19	16.05	101.20	77.72
k_ID_39_4757.las	18.01	2.40	15.61	12.00	3.91	2.00	15.74	99.19	81.90
k_ID_39_4806.las	21.36	6.40	14.96	10.40	5.01	2.59	22.13	123.78	110.36
k_ID_1_873.las_N	21.97	17.70	4.27	17.70	3.34	1.72	10.18	24.89	14.49
k_ID_35_2_3690.las_EROR_!	26.52	0.00	26.52	0.00	4.67	2.39	19.01	200.56	168.07
k_ID_39_4757.las	18.01	2.00	16.01	10.00	4.11	2.00	15.74	101.69	84.00
k_ID_39_4806.las_EROR_!	21.36	0.00	21.36	10.00	5.72	2.79	25.39	188.98	180.83
k_ID_9_5436.las	26.93	19.50	7.43	19.50	4.97	1.93	23.47	46.60	58.12
k_ID_9_5437.las	29.72	22.00	7.72	22.50	4.52	2.49	20.56	63.55	52.90
k_ID_9_5438.las	33.59	23.00	10.59	26.50	6.58	3.36	36.60	117.61	129.23
k_ID_9_5439.las	24.32	18.00	6.32	21.00	2.92	1.62	9.02	33.31	19.02
k_ID_9_5440.las	32.26	23.50	8.76	23.50	5.36	2.68	24.30	77.40	70.96
k_ID_9_5441.las	30.09	22.00	8.09	24.00	4.89	2.48	20.40	66.10	55.02
k_ID_9_5442.las	28.40	20.50	7.90	23.50	5.85	2.64	28.84	69.22	75.96
k_ID_9_5443.las	28.39	18.50	9.89	23.00	5.75	2.93	31.43	94.94	103.63
k_ID_9_5444.las	31.96	20.50	11.46	21.50	5.18	2.62	23.21	96.95	88.66
k_ID_9_5445.las	30.98	27.50	3.48	28.50	3.05	1.46	8.10	17.30	9.39
k_ID_9_5446.las	30.41	21.00	9.41	25.50	4.42	2.54	20.99	77.77	65.85
k_ID_9_5447.las	30.39	22.50	7.89	24.00	5.61	2.81	25.16	73.93	66.17
k_ID_9_5448.las	30.71	28.00	2.71	28.00	4.39	1.91	14.22	19.91	12.85
k_ID_9_5449.las	34.13	29.50	4.63	29.50	4.02	2.00	12.72	31.68	19.64
k_ID_9_5450.las	30.92	22.50	8.42	22.50	5.85	3.18	33.26	89.91	93.36

ERROR no file found - AtLaS couldn't find ALS or TXT file. File is in use or does not exist.

SampleFilename_N - AtLaS couldn't process the point cloud stored in the file.

SampleFilename_ **ERROR** ! - AtLaS couldn't process the file. Other algorithms also failed during the processing. You can change Parm 'B' or Parm 'A' to get any results (especially Parm 'B').

How to add the Licence and start ATLAS:

1. Run Licence.exe (you must run it as administrator, it is not enough to be logged in as administrator, so: right click on the License.exe and choose or select "Run as administrator")
2. Add code and key in the box (they were sent to you via e-mail)
3. Click on OK button

Please repeat this process by starting License.exe again in normal mode (not as Admin)

Now run ATALS.exe as administrator (again right mouse click on the file ATLAS.exe, then choose "run as administrator")

Beschreibung Prozessablauf

Prozesskette für den Einsatz von FUSION, e.cognition und AtLaS

(eine detaillierte Beschreibung der FUSION commands befindet sich im FUSION Manual).

Vorbereitung:

neueste Version von FUSION installieren und als Windows Umgebungsvariable dauerhaft den Pfad zum Verzeichnis setzen, z.B. C:\Program Files\Fusion.

(a) AtLaS Lizenz.exe als Administrator starten und Code und Passwort eingeben, (b) erneut Licence.exe normal starten (nicht als Admin), Code und Passwort eingeben. Dann (c) ATALS.exe als Administrator starten, auch später muss AtLaS immer als Administrator gestartet werden (rechter Mausklick auf das Programm oder die Verknüpfung und "Als Administrator ausführen" wählen).

Ablauf:

1. nDSM berechnen mit FUSION (CANOPYMODEL mit z.B. folgenden parametern: /outlier:50m /median:3m und 50 cm Auflösung, evtl. mit /peaks), sofern nicht schon von Befliegungsfirma geliefert. Das erzeugte *.dtm in FUSION (DTM2ASC) in ein ESRI ASCII Grid (*.asc) übersetzen.

2. Einlesen des ASCII GRIDS in e.cognition und Segmentierung der Kronen in e.cognition mit dem gelieferten Ruleset, das die Baumkronenpolygone im Shape Format ausgibt (siehe separate Beschreibung des Rulesets in englisch im Anhang). Der Export des Ergebnisses in Shapefiles erfolgt automatisch durch das Ruleset, er kann aber auch manuell erledigt werden, sofern man zusätzliche Attribute, wie z.B. die maximalen Pixelwerte (= OBIA Baumhöhe) oder nur die Zentren der Baumkronen auslesen will. Das Shape file sollte ein Spalte mit der ID der Kronensegmente haben, ggf. ist dies im GIS zu ergänzen.

4. Erzeugen der normalisierten Punktwolke durch FUSION, sofern nicht schon von der Luftbildfirma geliefert (alternativ könnte auch das nDSM mit FUSION wieder in ein FUSION *.lda file ausgelesen werden). Der FUSION Befehl "CLIPDATA" schneidet einen rechteckigen Bereich der Laserpunktwolke aus und normalisiert diese mit dem vorher in FUSION erzeugten Geländemodell.

5. Ausstechen der normalisierten Laserpunktwolke (im *.las oder *.lda Format) mit den Kronensegmenten (*.shp) aus e.cognition mit FUSION (POLYCLIPDATA /multifile /shape:1,* obia.shp kronen-id ndsm.las). Es wird für jedes Kronenpolygon ein *.lda file erzeugt, an dessen Namen die OBIA ID der Krone angehängt wird, z.B. kronen-id_1.las. Die stichprobenartige Kontrolle einzelner *.lda files am Bildschirm wird empfohlen.

Alle Kronen *.lda files bitte in einem separaten Verzeichnis abspeichern, das z.B. den Namen "kronen" trägt.

6. Mit einer DOS batch routine, bestehend aus *01_make_filelist.cmd*, *02_process-all.cmd* und *03_lda2las.cmd* (alle Dateien anbei) alle kronen-id-*.lda files in *.las files übersetzten. Hierzu alle drei

batch files in das Verzeichnis "kronen" kopieren und zunächst *01_make_filelist.cm* starten, damit eine Liste der *.lda Dateien erzeugt wird.

Dann *02_process-all.cmd* starten, wodurch das dritte batch file *03_lda2las.cmd* automatisch ausgeführt wird das nun alle *.lda files im Verzeichnis in *.las files übersetzt.

7. Erneut die batch Datei *01_make_filelist.cmd* starten, um die Liste der *.las files der Einzelkronen im Verzeichnis "kronen" zu erzeugen.

8. AtLaS starten und die erzeugte Kronen-Liste öffnen und "RUN" drücken. Die berechneten Kronenparameter werden im Fenster dargestellt. Die Ergebnisse auslesen im *.txt format, wobei der Tabulator als Trennzeichen zwischen den Spalten genutzt wird, oder als *.xls Datei.

9. In einem Texteditor die ausgelesene *.txt bearbeiten und den Begriff "kronen-id_" löschen (mit "Suche-Ersetze"-Funktion). Dadurch erhält der aus FUSION stammende Name für die Kronenpunktwolken wieder die reine ID Nummer, wie sie im OBIA Kronenshape benutzt wurde.

10. Einlesen des *.txt files in GIS, wobei die Spalte "x" als X-Wert und die Spalte "y" als y-Wert benutzt werden soll. Abspeichern im Shape format und Berechnung einer neuen numerischen Spalte mit dem Namen ID und den Werten der Textspalte "FileName". In QGIS geht das z.B. mit dem command *zu Ganzzahl (toInteger ["Spaltennamen"])*.

11. Verknüpfen des Shape Files über die soeben neu erzeugte Spalte "ID" mit dem Kronenpolygon Shape File aus e.cognition. Über die Spalten "X" und "Y" der Attributabelle dieser Datei kann auch ein Punktshape mit den Baumspitzen, die in AtLaS berechnet wurden, erzeugt werden (diese Baumspitzen stimmen nicht zwangsläufig mit der Zentroide der OBIA Segmente überein).

Stand 21.01.2013

Transformationsparameter

Beschreibung der Transformation DE_RD-83 nach ETRS89 (Westsachsen)

Attribut	Eintragung
Operationsidentifikator	DE_RD-83 nach ETRS89 (Westsachsen)
Operationsidentifikator Alias	DE_RD-83_to_ETRS89_Saxony-West
Land	Deutschland
Landeskennung	DE
Gültigkeitsgebiet der Operation	Ostsachsen
Anwendungsbereich der Operation	Datumsübergang im Subdezimeter-Genauigkeitsbereich
Quellkoordinatenreferenzsystemidentifikator	DE_RD-83_X-Y-Z
Zielkoordinatenreferenzsystemidentifikator	ETRS89_X-Y-Z
Operationsversion	2010, 31 identische Punkte des sächsischen C-Netzes (SNREF) westlich des Längengrades 13° 30' ö.L.
Operationsmethodenname	7 Parameter Helmert Transformation
Operationsmethodenname Alias	Position Vector Transformation
Operationsmethodenformel	7 Parameter Helmert Transformation,

$$\begin{array}{ccccccc}
 |X| & |X| & |Tx| & | & 0 & -Rz & Ry \\
 |Y| = |Y| + |Ty| + |Rz & 0 & -Rx| * |Y| + D * |Y| \\
 |Z| & |Z| & |Tz| & | & -Ry & Rx & 0 \\
 T & S & & & & S & S
 \end{array}$$

T ... Zielfdatum

S ... Quelldatum

Tx, Ty, Tz ... geozentrische X/Y/Z translationen [m]

Rx Ry, Rz ... Rotationen um die X/Y/Z Achsen [Radiant]

D ... Maßstabskorrektion [ppm]

siehe

Boucher, C., Altamimi, Z. (1992): The EUREF Terrestrial Reference System and its First Realizations.

Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung, Heft 52, München 1992, Seiten 205-213 (1)

Anmerkung: In (1) ist die Maßstabskorrektion D in der Rotationsmatrix enthalten

***** Achtung *****

In einigen Transformationsprogrammen wird eine andere Formel verwendet. Die Vorzeichen und Reihenfolge der Rotationsparameter sind dabei unterschiedlich definiert und die Einheit der Rotationswinkel ist ggf. Bogen Sekunden. Falls erforderlich, kann man unter Verwen-

Beschreibung der Transformation DE_RD-83 nach ETRS89 (Westsachsen)

Attribut	Eintragung
	dung von Testpunkten die Parameter so lange modifizieren, bis die Software das richtige Ergebnis liefert. Dabei sind folgende Fälle zu unterscheiden: a) Änderung der Vorzeichen der Rotationen (Coordinate Frame Rotation) $R_x = -R_x$ $R_y = -R_y$ $R_z = -R_z$ b) Änderung von Vorzeichen und Reihenfolge der Rotationen $R_x = -R_z$ $R_y = -R_y$ $R_z = -R_x$

***** Achtung *****

Bei der Parameterberechnung wurden die gegebenen DH-HN92-Höhen der identischen Punkte ellipsoidischen Höhen im RD/83 gleich gesetzt. Für präzise Höhentransformationen zwischen DHHN92 und ETRS89 wird die Verwendung des AdV-Quasigeoides empfohlen.

Anzahl der Parameter der Operationsmethode-7
de

Anmerkungen zur Operationsmethode Diese Parameter liefern die genannte Subdezimetergenauigkeit nur in Westsachsen, können jedoch unter Genauigkeitsabstrichen auch zur Transformationen anderer DHDN-Realisierungen angewendet werden, weil diese im Submeterbereich mit RD/83 identisch sind.

Name des Operationsparameters	geozentrische X Translation
Wert des Operationsparameters	+ 625.57039 m
Anmerkung zum Operationsparameter	
Name des Operationsparameters	geozentrische Y Translation
Wert des Operationsparameters	+ 39.73965 m
Anmerkung zum Operationsparameter	
Name des Operationsparameters	geozentrische Z Translation
Wert des Operationsparameters	+ 426.98704 m
Anmerkung zum Operationsparameter	
Name des Operationsparameters	Rotation um die X-Achse
Wert des Operationsparameters	- 0.94080 "
Anmerkung zum Operationsparameter	Um in Übereinstimmung mit der Operationsmethodenformel zu sein, müssen die Rotationsparameter in Radiant konvertiert werden.
Name des Operationsparameters	Rotation um die Y-Achse

Beschreibung der Transformation DE_RD-83 nach ETRS89 (Westsachsen)

Attribut	Eintragung
Wert des Operationsparameters	- 0.54066 "
Anmerkung zum Operationsparameter	Um in Übereinstimmung mit der Operationsmethodenformel zu sein, müssen die Rotationsparameter in Radiant konvertiert werden.
Name des Operationsparameters	Rotation um die Z-Achse
Wert des Operationsparameters	- 2.00311 "
Anmerkung zum Operationsparameter	Um in Übereinstimmung mit der Operationsmethodenformel zu sein, müssen die Rotationsparameter in Radiant konvertiert werden.
Name des Operationsparameters	Maßstabskorrektion
Wert des Operationsparameters	3.60749
Anmerkung zum Operationsparameter	
Verifizierungsdaten	Vergleichskordinaten (7-Parameter_SN-West_Verifizierungsdaten.csv, 1 kByte)

Liste der Verzeichnisse

Auflistung der Ordnerpfade mit den Projektergebnissen auf externer Festplatte von SBS (Hitachi USB3 1.5 TB)

Volumeseriennummer : ECAD-FFF0

Ergebnissen von landConsult.de/ProGea Consulting für SBS Projekt 2012/13

Datei: Verzeichnisbaum_landConsult_Ergebnisse_2013.txt

```
E:\01_landConsult_Ergebnisse_2013\
|
+---abschlussbericht
| | abschlussbericht_sbs2012_v30.pdf
| |
| +---abbildungen
| | | ecog-ruleset-fuer20cm-nDSM_bsp_Eich.PNG
| | | ecog-ruleset-fuer20cm-nDSM_bsp_Laubwald-alt_Rungstock_plot48.PNG
| | | ecog-ruleset.PNG
| | | lage-der-luftbilder-im-gesamtgebiet.png
| | | lage-der-luftbilder-im-gesamtgebiet.pngw
| | |
| | +---beispiel_buchensaatversuch_hohwald
| | | 20cm_standard-Stereo-DSM_hohwald.png
| | | 20cm_standard-Stereo-DSM_hohwald.pngw
| | | 20cm_Stereo-Ortho_hohwald+LiDAR-crowns.png
| | | 20cm_Stereo-Ortho_hohwald+LiDAR-crowns.pngw
| | | 20cm_Stereo-Ortho_hohwald.png
| | | 20cm_Stereo-Ortho_hohwald.pngw
| | | 50cm_LiDAR-ndsm_hohwald+crowns.png
| | | 50cm_LiDAR-ndsm_hohwald+crowns.pngw
| | | 50cm_LiDAR-ndsm_hohwald.png
| | | 50cm_LiDAR-ndsm_hohwald.pngw
| | |
| | +---beispiel_eich
| | | crowns-from-20cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmLiDARnDSM.png
| | | crowns-from-20cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmLiDARnDSM.pngw
| | | crowns-from-20cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-modified-variables+20cmLiDARnDSM.png
| | | crowns-from-20cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-modified-variables+20cmLiDARnDSM.pngw
| | | crowns-from-20cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-modified-variables+GeoSNortho.png
| | | crowns-from-20cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-modified-variables+GeoSNortho.pngw
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmLiDARnDSM.png
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmLiDARnDSM.pngw
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmStereo-nDSM.png
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmStereo-nDSM.pngw
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-modified-variables+GeoSNortho.png
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-modified-variables+GeoSNortho.pngw
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-modified-variables+20cmStereo-nDSM.png
| | | crowns-from-20cm-Stereo-nDSM-with-ruleset-modified-variables+20cmStereo-nDSM.pngw
| | | crowns-from-50cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmLiDARnDSM.png
| | | crowns-from-50cm-LiDAR-nDSM-with-ruleset-default-variables+20cmLiDARnDSM.pngw
| | | dsm2m+projectioncentres+shape+google.png
| | | ....
| | |
```

..... weitere 43 Seiten folgen (nur im Originaldokument vorhanden)