

Erkennung von Einzelbaumkronen von Pinus Sylvestris in Nadelmischwäldern des Nordschwarzwaldes mithilfe von aktuellen Stereoluftbildpaaren

*Vortrag beim 3. gemeinsamen Workshop "Vom Potential zur Lösung" der Deutschen
Gesellschaft für Geographie (DGfG) vom 9. - 10. Oktober 2014 an der TU Berlin*

Von

Dr. Markus Weidenbach (Vortragender) und
Dr. Ing. Roeland de Kok

landConsult.de
Büro für Geographisches Informationsmanagement,
Umweltplanung und Beratung
Öhinghaltweg 3
77815 Bühl /Baden

<http://www.landconsult.de>



Projekttitle:

Machbarkeitsstudie über die großflächige Erstellung und allgemeine Verwendung von digitalen 3D Waldmodellen zur Darstellung der Holzvorräte und zur Unterstützung der Holzmobilisierung im Privat- und Kommunalwald in Baden-Württemberg.

Auftrag und Förderung:

Studie im Auftrag des Waldbesitzervereins Nordschwarzwald (WBV).

Laufzeit vom 31.10.2013 – 31.10.2014

Gefördert mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und aus Landesmitteln durch die Clusterinitiative Forst und Holz am Forstministerium Baden-Württemberg.



Übergeordnetes Projektziel:

Mithilfe amtlicher Stereoluftbilder soll für den **Privat- und Kommunalwald** in BW, für den häufig keine systematisch erhobenen Planungsdaten vorliegen, ein kostengünstiges und prototypisches Verfahren zur Beschreibung der Waldstruktur und der Holzvorräte entwickelt werden. Das dafür ausgewertete Untersuchungsgebiet ist **17.000 ha** groß.

Die Ergebnisse sollen in einem benutzerfreundlichen Online ForstGIS (QGIS Webclient) den betroffenen Waldbesitzern zugänglich gemacht werden und damit zur Waldbewirtschaftung und „Rohholzmobilisierung“ beitragen.

Projektpartner:

- landConsult.de, Bühl: Projektmanagement, Photogrammetrische Auswertung, GIS
- Joanneum Research, Graz: Softwareentwicklung und Anpassung
- Forstbüro Schneider, Fischerbach: Forstinventurverfahren
- Unique GmbH, Freiburg: Mitgliederbefragung und Beratung des Vereins



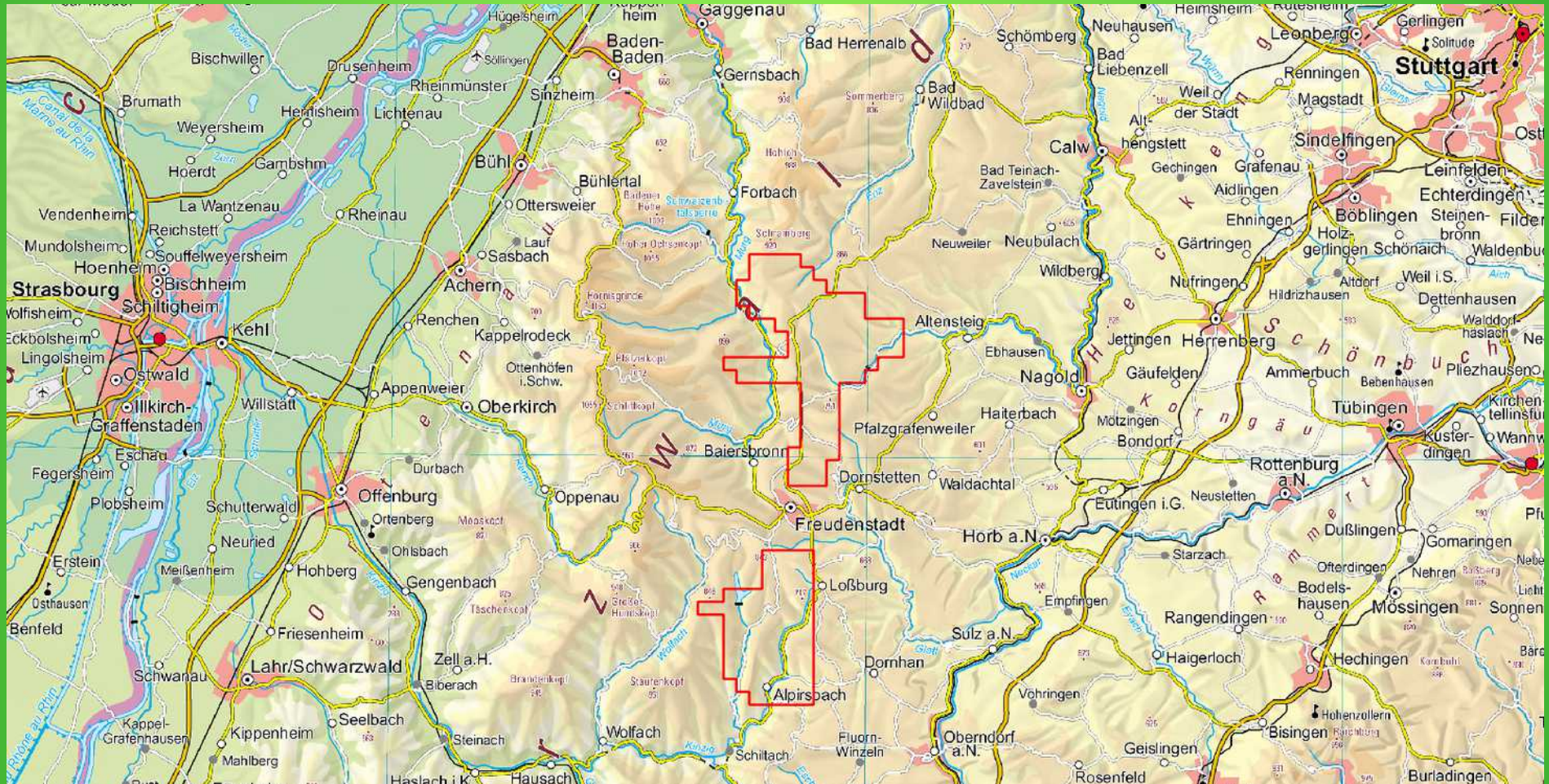
Das Projekt im Internet:

Informationen zum Projekt im Internet unter: <http://www.landConsult.de/wbv>



1.2 Projektgebiet

Über 70% des 17.000 ha großen, im Landkreis Freudenstadt liegenden Untersuchungsgebietes, sind bewaldet. Der Wald ist überwiegend im Besitz von Gemeinden und privaten Waldbesitzern. Die privaten Waldflächen sind ca. 2 bis 200 ha groß.



Lage des Untersuchungsgebietes zwischen Strasbourg und Stuttgart im Landkreis Freudenstadt



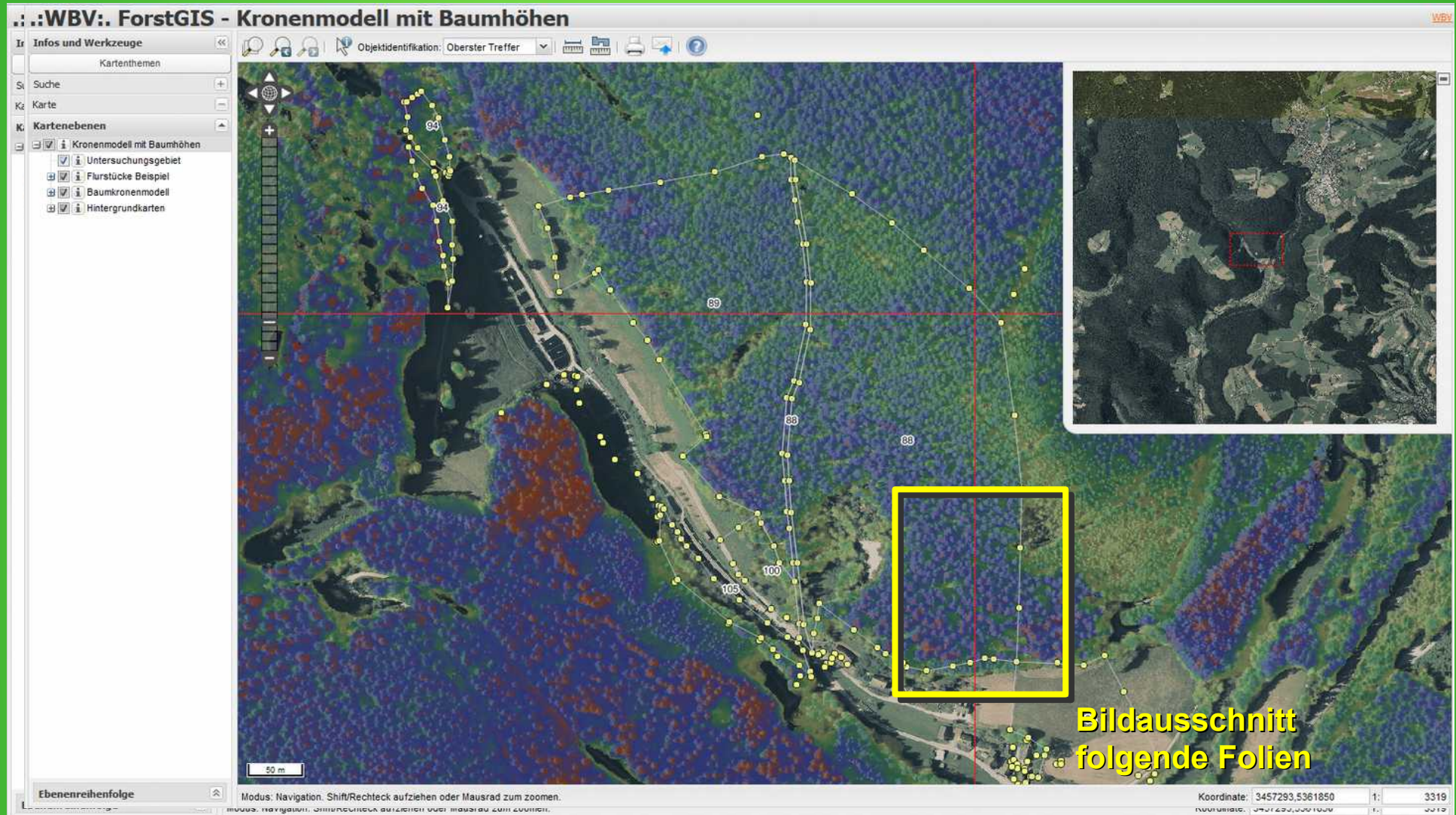
1.3 Waldstruktur

Durch eine einzelbaumweise Waldkartierung (im Ggs. zur bestandesweisen oder Stichproben Inventur) kann die besondere Waldstruktur gemischter, ungleichaltriger Waldbestände besser berücksichtigt werden. Im Schwarzwald kommt diese Waldform häufig als sogenannter "**Plenterwald**" vor, der sich durch eine über Generationen praktizierte einzelstammweise Nutzung auszeichnet.



Terrestrisches Laserscanning eines Plenterwaldes im Untersuchungsgebiet, Video auf <http://landconsult.de/tls>

[Video auf Youtube](#)



Auszug aus dem QGIS Webclient mit Privatwaldflächen und Einzelbaumhöhen

Die Waldkiefer ist im Fichten-Tannen dominierten Wald i.d.Regel einzelstammweise beigemischt. Aus waldökologischen und waldwachstumskundliche Gründen, sowie bezüglich des Holzerlöses, ist eine Baumartentrennung für die Forstplanung von großer Bedeutung.





Aufnahmezeitpunkt: **23.April** 2014, 11:40 MESZ

Links: Südhang mit Kiefernbestand am Oberhang / Fichte-Tanne-Kiefer am Unterhang,
Kiefer 100 – 140 Jahre alt.

Rechts oben: geräumte und aufgeforstete Fläche, ca 40 Jahre alt.



Aufnahmezeitpunkt: **16. Juli** 2014, 10:34 MESZ

Links: Südhang mit Kiefernbestand am Oberhang / Fichte-Tanne-Kiefer am Unterhang,
Kiefer 100 – 140 Jahre alt.

Rechts oben: geräumte und aufgeforstete Fläche, ca 40 Jahre alt.



Aufnahmezeitpunkt: **08. Sept.** 2014, 15:48 MESZ

Links: Südhang mit Kiefernbestand am Oberhang / Fichte-Tanne-Kiefer am Unterhang,
Kiefer 100 – 140 Jahre alt.

Rechts oben: geräumte und aufgeforstete Fläche, ca 40 Jahre alt.



Aufnahmezeitpunkt: **29. Sept. 2014**, 11:57 MESZ

Links: Südhang mit Kiefernbestand am Oberhang / Fichte-Tanne-Kiefer am Unterhang,
Kiefer 100 – 140 Jahre alt.

Rechts oben: geräumte und aufgeforstete Fläche, ca 40 Jahre alt.

Luftbilder

DMC und UltraCam Eagle Luftbilder, RGBI und PAN mit 16bit und mit 60% „along track“ und 30% „across track“ Überlappung und ca. 20 cm Bodenauflösung.

Aufnahmezeitpunkt:

DMC: 27. Juli 2012 um 10:27 MESZ

UltraCam: 12. Juli 2013 um 17:28 (!) MESZ

Geländemodell

First/Lastpulse Aufnahmen aus 2003/04 mit 1 - 2 pt/qm

Wurde als 1m und 5m Raster zur Berechnung des nDSM genutzt

Digitales Landschaftsmodell DLM 25

Sehr genaues Waldlayer (!), wurde als Waldmaske genutzt

Black Bridge / RapidEye Bilder

2 * 4 wolkenfreie Aufnahmen vom März, Mai, Juli, Sept/Okt in 2013/14

Auswertung als „standardisierte“ Alternative zu den „heterogenen“ Luftbildern

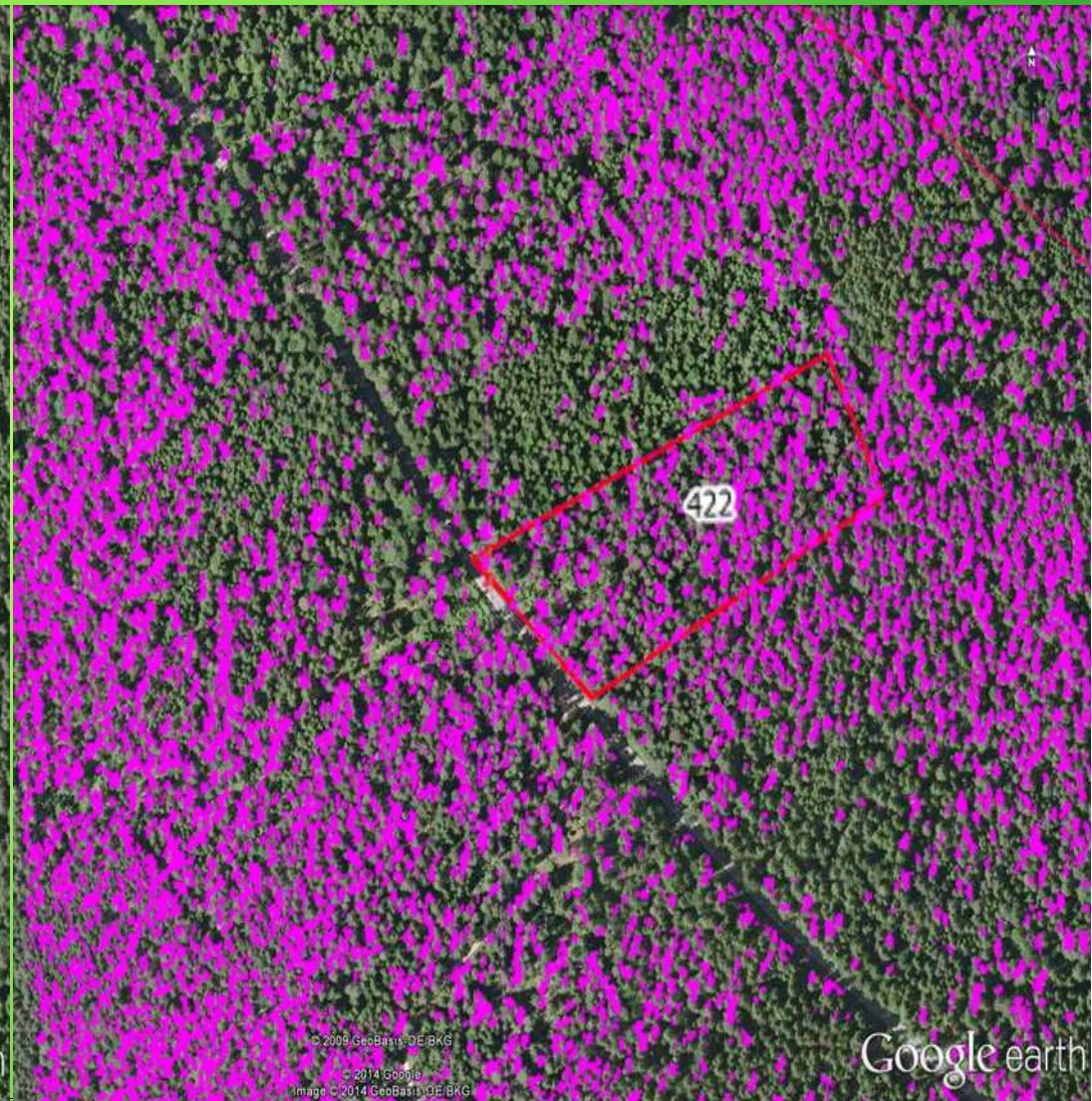
(siehe separates Poster)



1. Vorauswahl geeigneter Flächen visuell anhand Google Earth (Frühjahrsluftbilder) und Abschätzung des Kiefernanteils vor Ort im Gelände.
2. Vollkluppung ausgewählter und von Kiefern dominierter Waldflächen

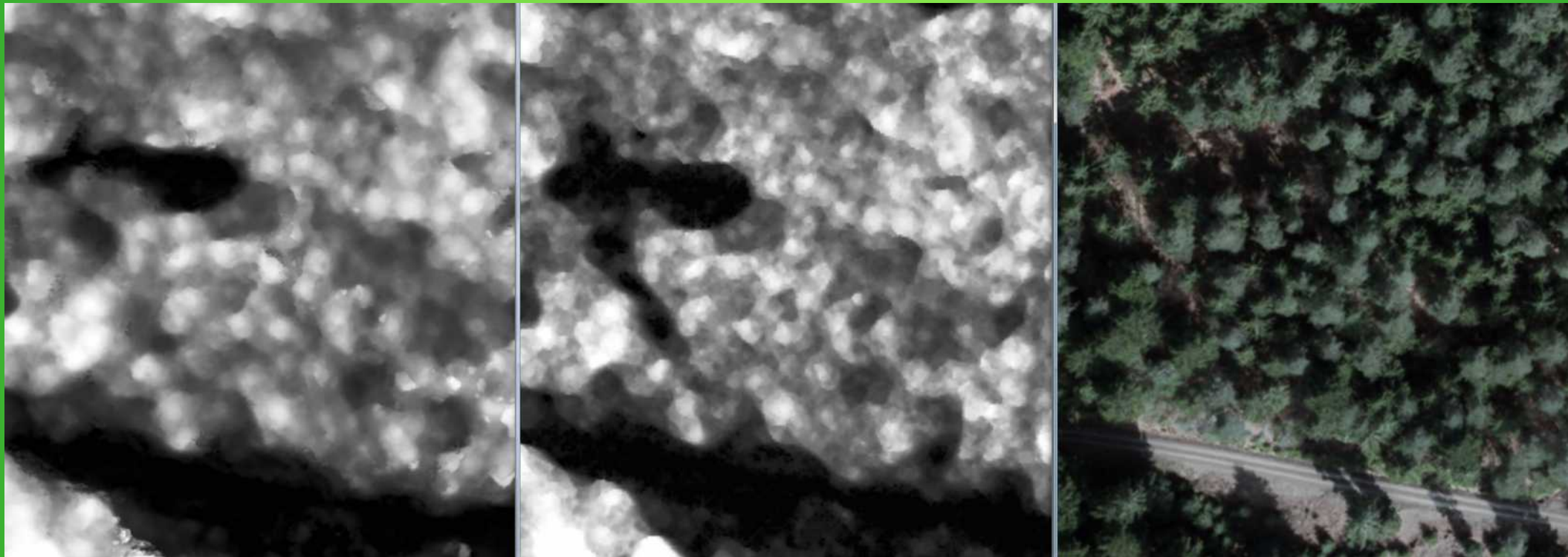


Google Earth Frühjahrsbild mit erkennbaren Unterschieden zwischen Kiefern und Fichte/Tanne dominierten Bereichen



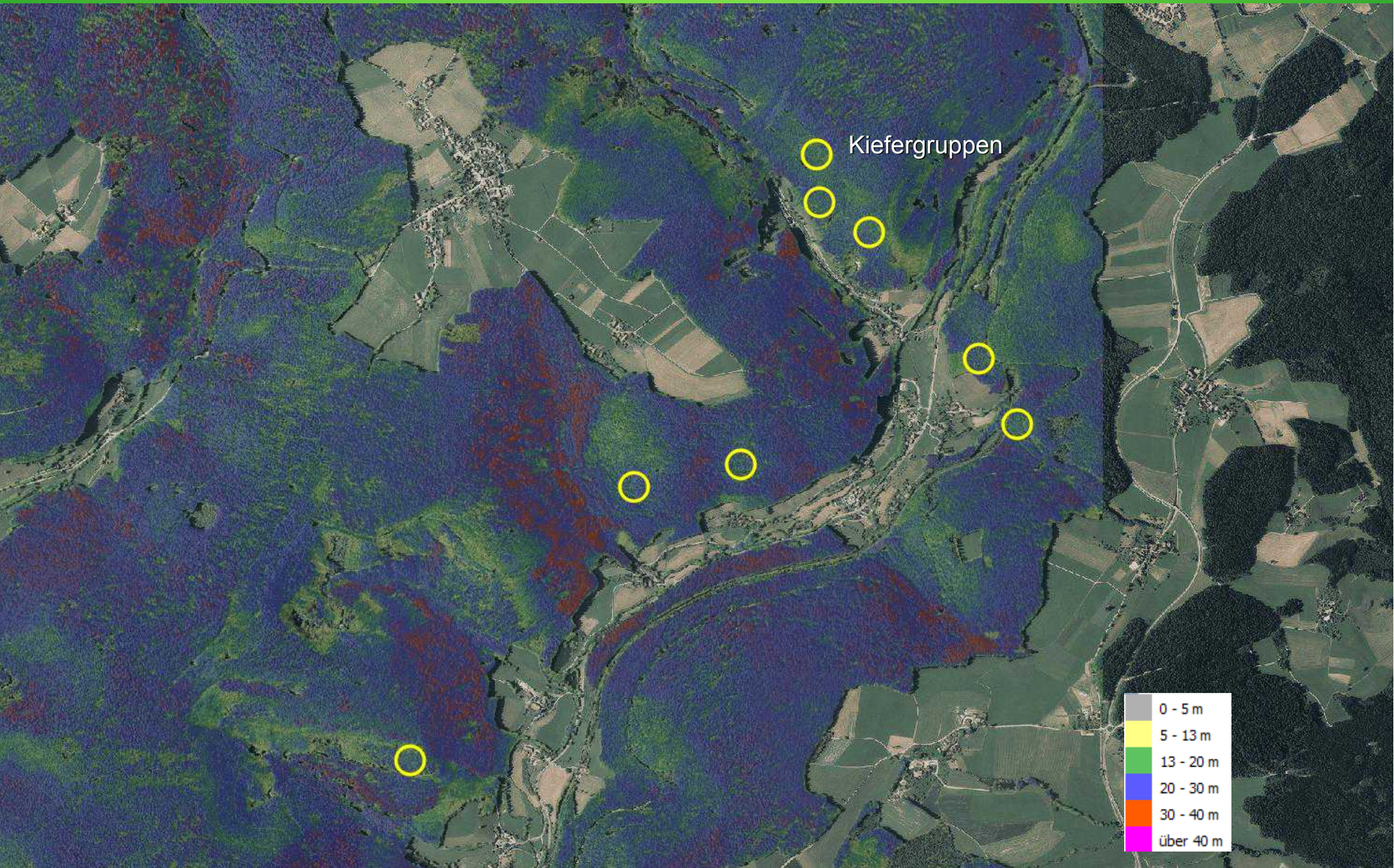
Vollgeklupptes Flurstück mit eingefärbten Kiefern als erste Ergebnisse der GEOBIA Luftbild Verarbeitung.

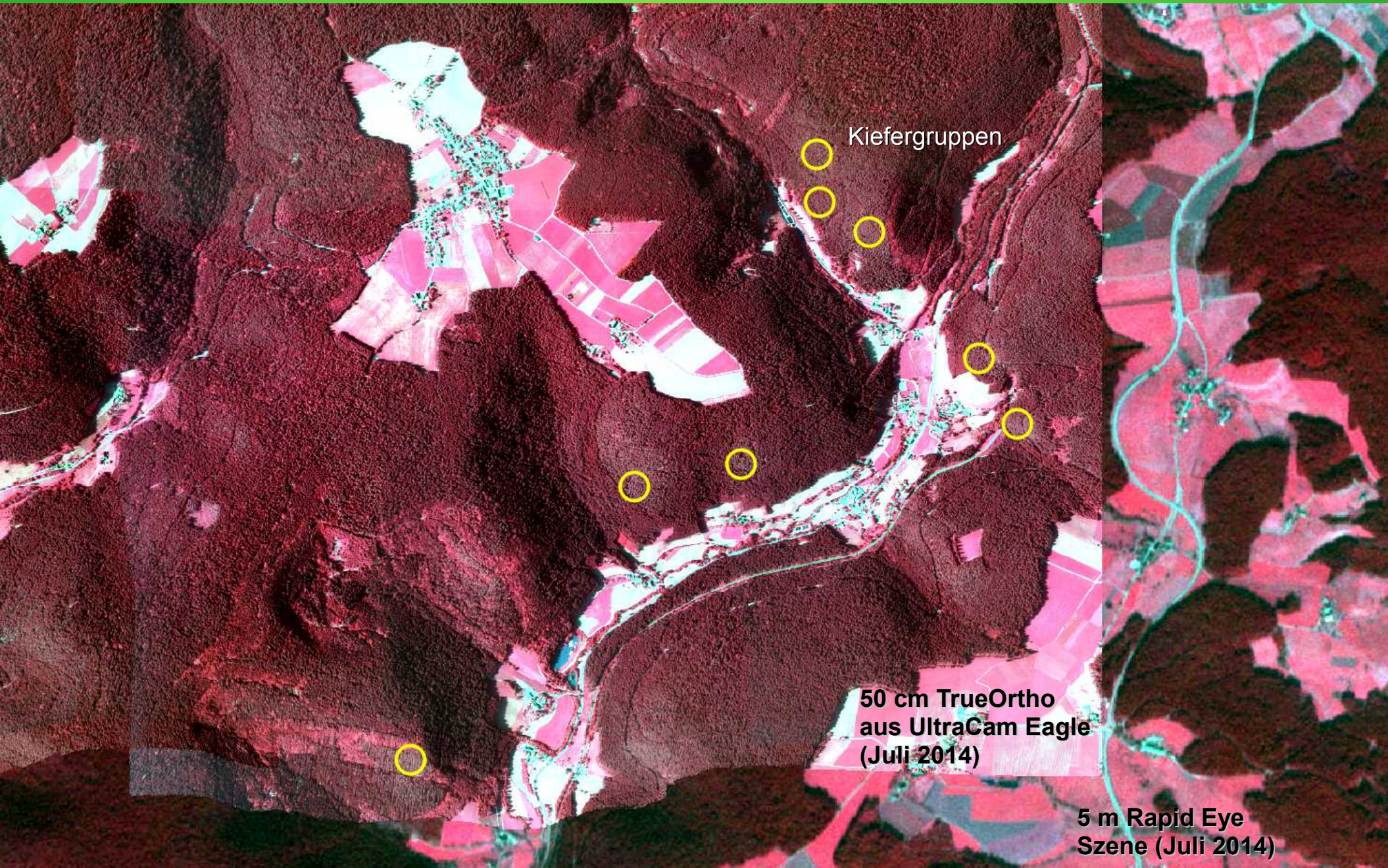
Berechnung eines 50cm DSM und nDSM (Kronenmodell) mit RSG Software vom Joanneum Research in Graz für das ganze Untersuchungsgebiet. Stereomatching der PAN Bilder mit SGM Algorithmus. nDSM Berechnung mit Laser DTM.



nDSM Berechnung eines Kiefern Südhangs (UltraCam XP 10cm) mit unterschiedlichen Matching Einstellungen in RSG.

Ein Vergleich mit nDSMs aus Fullwave, FirstLast und Terrestrischem Laser findet sich unter:
http://landconsult.de/segmentation/download/tharandt_present_04Feb13_v7_web.pdf#6





Ab hier bieten sich 2 alternative Verfahren an:

1. Prozessierung der originalen **Luftbilder** mit einem **GEOBIA** Ansatz in e.cognition

Vorteil: die spektrale Information liegt relativ „unverfälscht“ vor (trotzdem sind bestimmte Postprocessing Schritte im Bild als Artefakte erkennbar). [Beispiel auf nächster Folie].

Nachteil: ohne Georeferenzierung muss in Column/Lines Koordinaten gerechnet werden, georeferenzierte Einzelbaumhöhen aus dem Stereomatching müssten daher in Col/Lines „zurückgerechnet“ werden, was einen zusätzlichen Aufwand bedeutet, v.a. auch weil das von RSG benutzte Koordinatensystem (x-Achse entspricht immer der Flugrichtung) nicht mit e.cognition übereinstimmt.

Die Ergebnisse müssen, ähnlich wie das originale Luftbild auch, als „TrueOrtho“ mittels DSM georeferenziert werden, um weiter verarbeitet werden zu können.

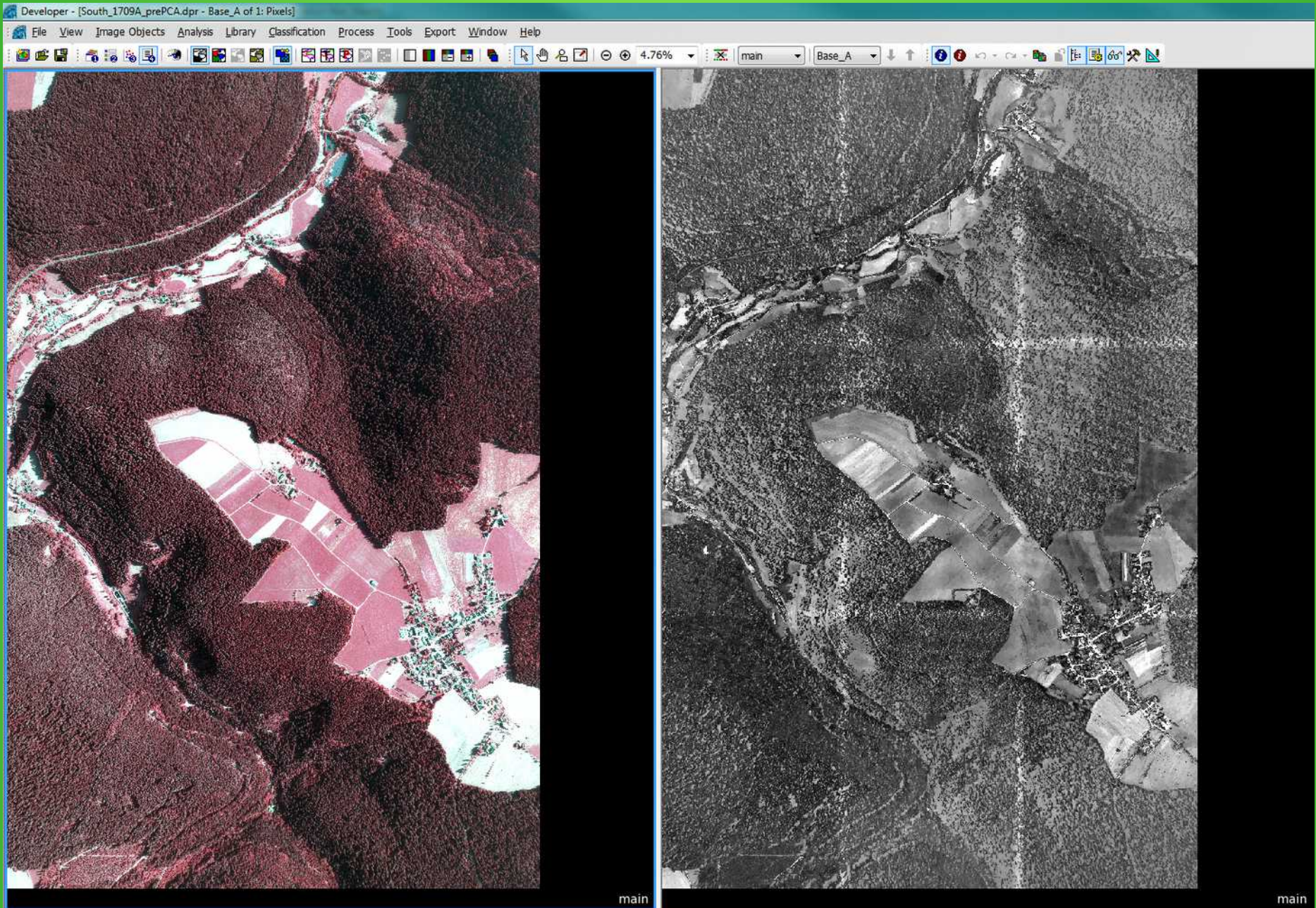
2. Auswertung von **Pixeln** in „Kronenpolygonen“ der gerechneten **TrueOrthophotos**

Vorteil: Besserer „Workflow“, da alle georeferenzierten Daten genutzt werden können, die ohnehin im Laufe des Gesamtprozesses entstehen (Baumspitzen, TrueOrthos, NDVI etc.). NADIR nahe Bereiche lassen sich anhand des georeferenzierten Bildzentrums leicht durch Voronoi Polygone beschreiben. Hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Nachteil: Die TrueOrthos sind auch im engeren Randbereich der Voronoi Polygone immer noch „verzerrt“ und „verschmiert“ (dieser „Fehler“ kann durch eine höhere Bildüberlappung in Flugrichtung und zwischen den Flugstreifen minimiert werden)

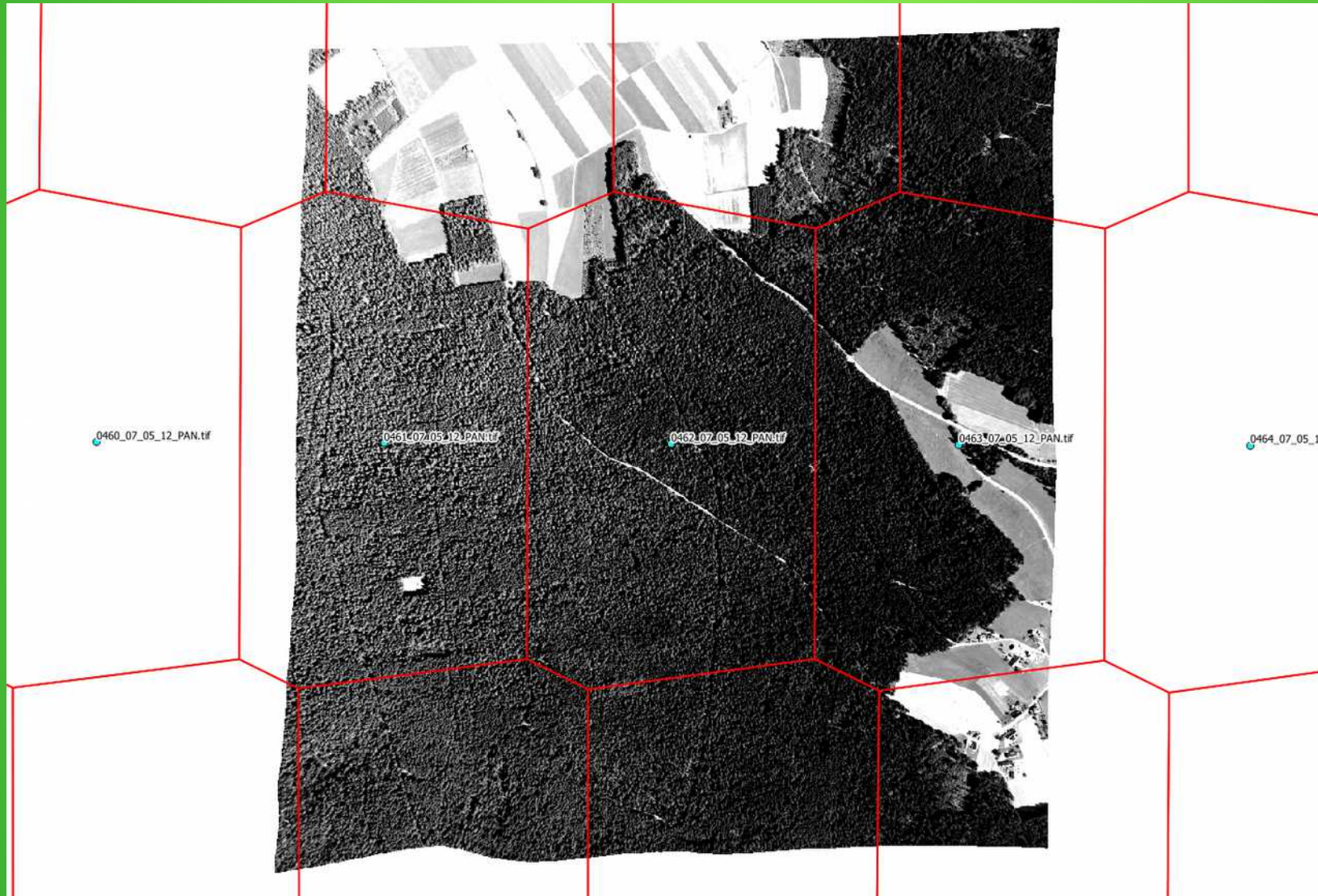


2.5 Luftbild vs. TrueOrtho



Die Berechnung des Lee Sigma (Standardabweichung) offenbart unerwünschte Bildartefakte im 16bit RGBI UltraCam Eagle Luftbild

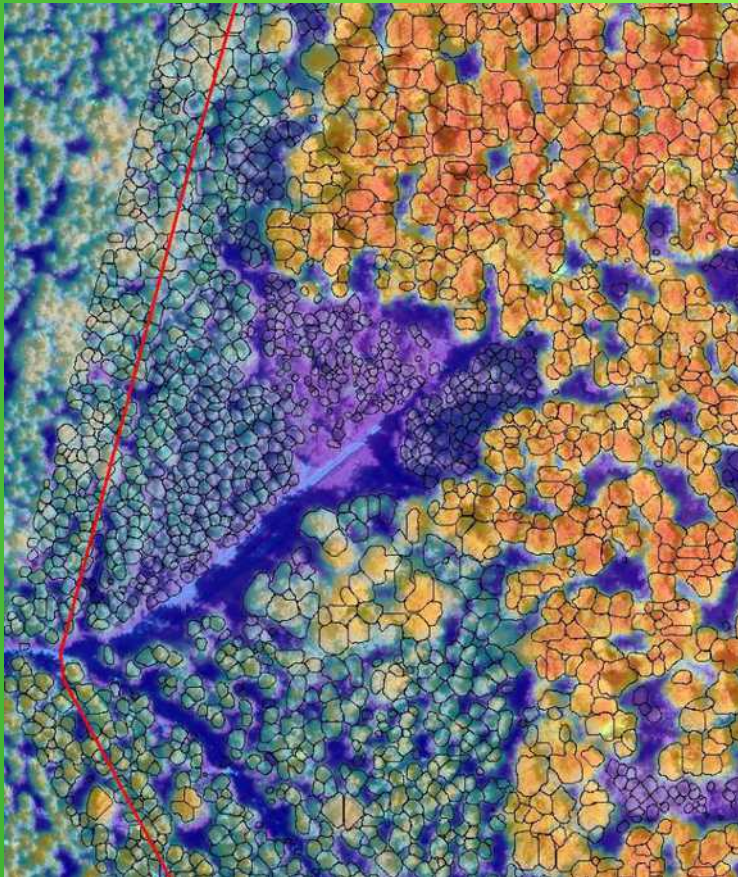
Ausschneiden der NADIR nahen Bereiche für jedes gerechnete TrueOrthophoto mittels Voronoi Polygone um das Projektionszentrum der Luftbilder. Nach Bedarf können die „Voronoi-Orthos“ wieder zu einem Mosaik zusammengesetzt werden.



Detektion der Baumspitzen über LocalMaxima von nDSM, PAN und NIR Information. Das erzeugte Punktshape trägt die Information der benutzten Layer, also maximale Baumhöhe, max. PAN und/oder max. NIR Wert.

„Buffern“ des Baumspitzen Punktshapes mit dem Wert „[Höhe in m] / 20“, um den Kernbereich der Baumkrone abzugrenzen.

Mit etwas längerem Rechenaufwand kann der „echte“ Kronenumfang auch mit e.cognition segmentiert werden (siehe hierzu [WEIDENBACH, M. und WEZYK, P. 2013](#)).

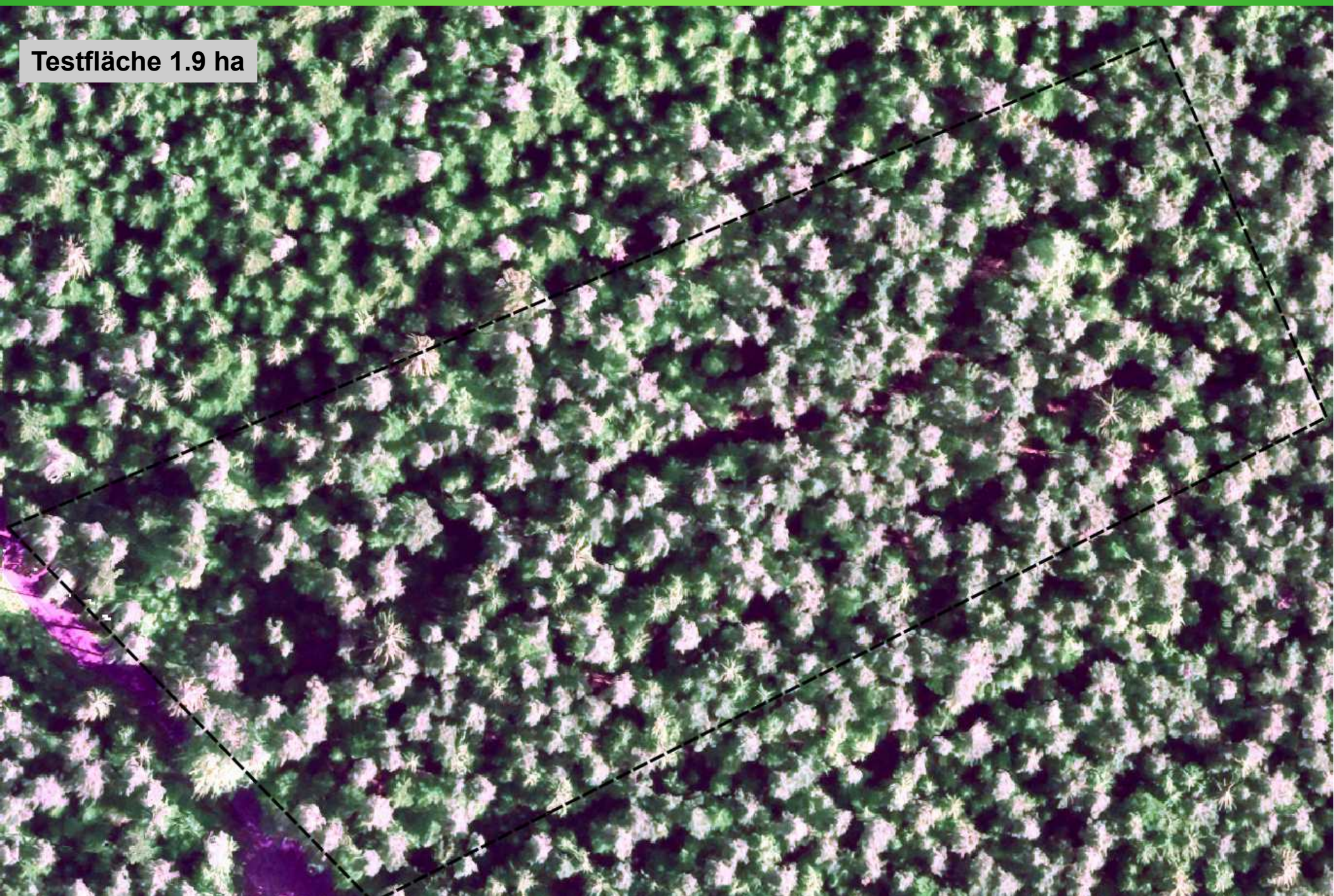


Beispiel eines 20 cm Stereo Kornenmodells mit GEOBIA segmentierten Kronen

DMC True Ortho (RGBI, 1-4-3) einer vollgekluppten Testfläche mit 1,9 ha und ca. 80% Kiefer und 20% Fichte/Tanne mit einer mittleren Höhe von 28 m.

2.8 Baumspitzen und -kronen

Testfläche 1.9 ha



2.9 Baumspitzen und -kronen

Mittels localmax erkannte Kronenspitzen, die höhenabhängig gepuffert wurden um „Kronenpolygone“ zu erhalten.

Testfläche 1.9 ha



Für jedes „Baumkronen-Polygon“ wird die Statistik der TrueOrtho Bildkanäle (PAN-RGBI) und der Höhe aus dem nDSM berechnet.

Zusatzinformation wie die zur Trennung der Baumarten geeignete Ratiowerte können zusätzlich genutzt werden (z.B. NDVI, „ZABUD“ oder PCA).

Die Statistik wird in die Shape Attributtabelle oder eine Datenbank geschrieben und kann dort zur Klassifizierung der Baumarten, bzw. stehendes Totholz, genutzt werden.

Zur Beschreibung der Kieferkronen haben sich v.a. folgende Informationsebenen als hilfreich erwiesen:

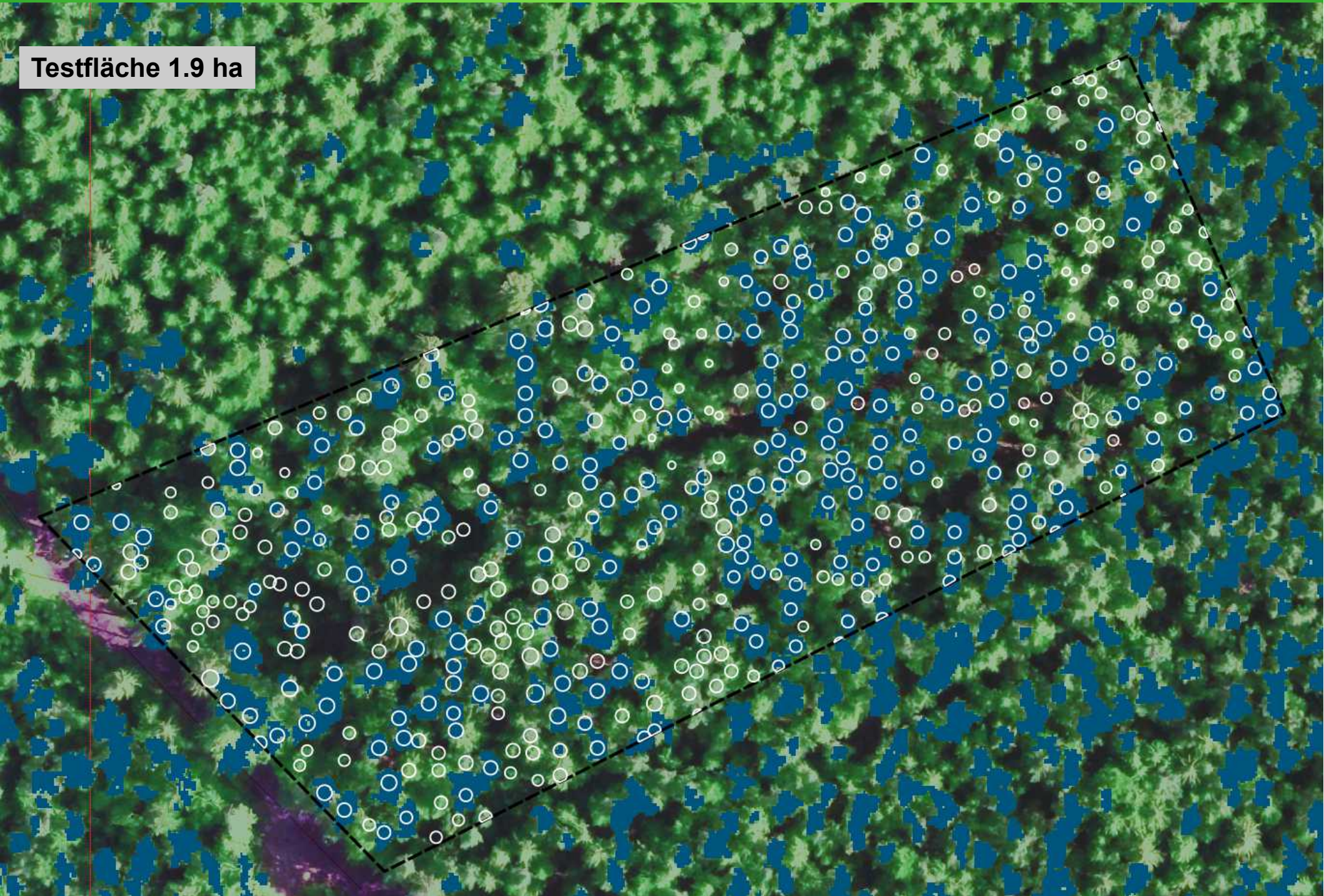
- „ZABUD“ [$\text{Sqrt} ((B-G)^2+(G-R)^2+(R-IR)^2)$]
- PAN Stddev
- NIR Stddev
- PCA (bisher nur für GEOBIA Approach genutzt)



Blau Flächen mit Kiefern aus 20 cm Luftbild Analyse (GEOBIA), die mit Hilfe des photogrammetrisch gerechneten DSM georeferenziert werden.
Weiße „Kronenpolygone“ werden bei Übereinstimmung als Kiefer klassifiziert.

3. Ergebnisse: Luftbild Analyse

Testfläche 1.9 ha

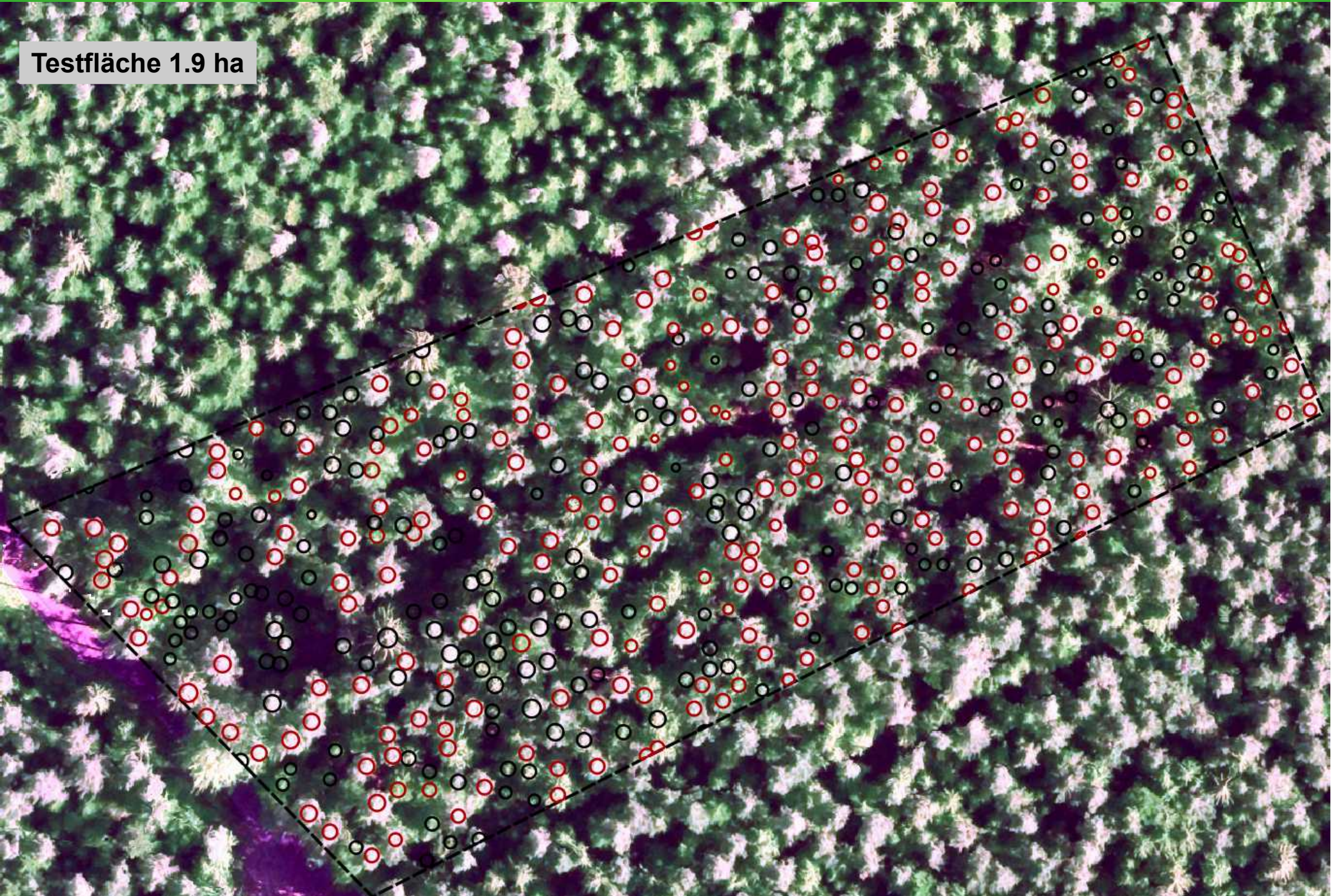


Kieferklassifizierung auf Basis der unter den „Kronen“ liegenden Informationsebenen eines 50 cm TrueOrtho Photos und des nDSM.

Rote Polygone = Kiefer, Schwarze Polygone = Fichte oder Tanne

3. Ergebnisse: TrueOrtho Analyse

Testfläche 1.9 ha



Vergleich *Vollkluppung Testfläche (1.9 ha)* mit Luftbild und TrueOrtho Auswertung

Baumart	Vfm/ha	mittl. Höhe [aus nDSM]	BHD	Baumzahl auf 1.9 ha (Info aus Luftbild) [aus TrueOrtho]	%-tualer Anteil (aus Luftbild) [aus TrueOrtho]
Kiefer	420	28 [26,5]	44	422 (365) [291]	77% (69%) [55%]
Fichte/Tanne	92		37	123 (161) [235]	23% (31%) [45%]
Summe	512			545 (526) [526] = 96% erkannt	100%

Hinweis:

[] Kieferklassifizierungsergebnisse aus GEOBIA Auswertung Luftbild (20 cm RGBI/PAN) und mit „Kronenpolygonen“ verschnitten, mit PCA

[] Kieferklassifizierungsergebnisse aus Auswertung von TrueOrtho Pixeln (50 cm RGBI/PAN) innerhalb der „Kronenpolygone“, ohne PCA

„Kronenpolygone“ aus nDSM/PAN localmax und höhenabhängigem Puffer um die Baumspitze

Vollkluppung von Bäumen ab BHD 26

"mittlere Höhe" für Kiefer von 28 m ist die Höhe des Grundflächenmittelstamms



Weitere Prozessschritte:

Einsatz von PCA für
Klassifizierung der
TrueOrthos

Pixel basierte Klassifizierung
eines 20 cm TrueOrthos anstatt
eines 50 cm Bildes und
Optimierung der Kronenpolygone

Prüfung der
Transformierung von
nDSM in RSG Col/Line
Koordinatensystem

Kalibrierung für
Gesamtluftbildmosaik sowie
für das Gesamtgebiet

RapidEye Auswertung und
Verifizierung

Allgemeine Entwicklungen:

In Zukunft
TrueOrthos als
Standardprodukt

Bessere Aufnahmequalität /
Jahres- und Tageszeit /
Qualitätskontrolle

Höhere Überlappung,
(geringer Mehraufwand in
Flugrichtung)

Luftbild vs. Lidar

16bit vs. 8Bit Bilder

Luftbild vs. Satellitenbild

Hohe Effizienz
bei Einsatz
großformatiger
Kameras

Optimierung der
Pansharpening und
Postprocessing
Algorithmen für Luftbilder



Diese Präsentation und andere „3D Forstprojekte“ sind abrufbar unter <http://landconsult.de/segmentation/download>

Die LinkedIn Gruppe „3D Forestry“ bietet unter <http://www.linkedin.com/groups/3D-Forestry-4164862> weitere Informationen zum Thema.

Die Ergebnisse des 3D Forstclusterprojekts sind auf <http://wbvgis.landconsult.de> veröffentlicht.



Literatur:

- Elatawneh A., Wallner A., Manakos I., Schneider T., Knoke T. 2014. Forest Cover Database Updates Using Multi-Seasonal RapidEye Data—Storm Event Assessment in the Bavarian Forest National Park. *Forests*. 5: 1284-1303
- Elatawneh A., Rappl A., Schneider T., Knoke, T. 2012. A semi-automated method of forest cover losses detection using RapidEye images: a case study in the Bavarian forest National Park. 4. RESA Workshop 3/2012, Berlin. pages 183-200. ISBN 978-3-942183-61-1
- Haala, N. 2013: The Landscape of Dense Image Matching Algorithms. 14 S.
- Hirschmugl, M. 2008: Derivation of Forest Parameters from Ultracam D Data. Dissertation, TU Graz.
- Straub, C., Seitz, R. 2011: Möglichkeiten der automatisierten Generierung von Oberflächenmodellen in Waldgebieten aus digitalen Luftbildern. DGPF Tagungsband 20. S. 153-161.
- Tompalski, P., Wezyk, P., Weidenbach, M. 2014: A Comparison of LiDAR and Image-derived Canopy Height Models for Individual Tree Crown Segmentation with Object Based Image Analysis. 5th Geobia Conference Thessaloniki. Publ. in South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, Vol 3, No 2S.
- Weidenbach, M., Wezyk, P., 2013: Herleitung von Kronenparametern für Einzelbäume anhand von ALS, TLS und Luftbildstereomodellen am Beispiel standortkundlicher Versuchsflächen in Sachsen. Vortrag Workshop an der TU Dresden über „Multisensorielle Methoden zur Rekonstruktion der dreidimensionalen Waldstruktur“.
- Weidenbach, M., , Wezyk, P., Tompalski, P., Hoffmann, M., Martens, S. 2012: Erfassung von Einzelbaumparametern mit Airborne-Laser-Scanning. *AFZ-DerWald* 21/2012, S. 12-15.
- Weidenbach, M., Gutjahr, H., Schardt, M. 2011: Machbarkeitsstudie zur photogrammetrischen Erzeugung von hochwertigen Waldoberflächenmodellen mit konventionellen digitalen Luftbildern. Abschlussbericht über das vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg geförderte Innovationsprojekt 2011.
- Wezyk, P., Hawrylo, P., Janus, B., Weidenbach, M.: 2014: Object Based Image Analysis approach of CIR aerial orthophoto and nDSM derived from stereomatching. Presentation at IUFRO Conference on Forest Change 2014 in Munich.
- Wezyk, P., Hawrylo, P., Janus, B., Weidenbach, M.: 2014: Assessment of Forest Cover Change in Gorce National Park (Poland) Using a GEOBIA Approach of CIR Aerial Orthophotos and nDSM Derived from Aerial Stereo Photos. *Forestry: An international Journal of Forest Research*. Paper Submitted.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

