

3D Forstinventur im Nordschwarzwald

In einem Forschungsprojekt des Forstclusters Baden-Württemberg wurde eine großflächige, photogrammetrische Einzelbaumvermessung anhand aktueller Luftbilder für Privat- und Kommunalwälder in der Praxis erprobt. Die Ergebniskarten mit den ausgewerteten Forstparametern sind durch forstlich relevante Geoinformation ergänzt worden. Waldbesitzern sind diese Informationen in einer benutzerfreundlichen ForstGIS-Anwendung über das Internet zugänglich gemacht worden.

Markus Weidenbach

In Baden-Württemberg liegt 40 % der Waldfläche im Eigentum von über 200.000 Privatpersonen. Einige davon sind in Forstbetriebgemeinschaften oder Waldbesitzervereinigungen organisiert, wie z. B. die rund 250 Mitglieder des Waldbesitzervereins Nordschwarzwald e.V. (WBV [2]). Der Verein vertritt seit über 50 Jahren die Interessen von privaten und kommunalen Waldeigentümern mit einer Waldfläche von 4.350 ha Privat- und 2.300 ha Kommunalwald.

Die Besitzgrößen der privaten Vereinsmitglieder reichen von knapp 2 ha bis über 100 ha und für die meisten Mitglieder bedeuten die Einkommen aus einer nachhaltig betriebenen Waldwirtschaft seit jeher eine wichtige Einkommensquelle. Für die Region Nordschwarzwald schätzt die untere Forstbehörde den jährlichen Einschlag in Betrieben bis 10 ha auf durchschnittlich 6 bis 8 Efm/Jahr/ha. Die überwiegende Mehrheit der Vereinsmitglieder nutzen ihre Fichten- und Tannen-dominierten Nadelwälder einzelstammweise und tragen dadurch zum Erhalt der typischen Schwarzwälder Plenterwälder bei, die eine wichtige sozio-ökologische Funktion für die Region erfüllen [12].

Dem Interesse zur Erhaltung und Bewirtschaftung des privaten Waldbesitzes steht allerdings häufig ein Mangel an geeigneten Informationen über die genaue Wald- und Vorratsstruktur gegenüber. Die wenigsten Privatwaldbesitzer verfügen über ein Betriebsgutachten oder andere belastbare Forsteinrichtungsdaten, die ihnen Auskunft über die waldbaulichen und wirtschaftlichen Möglichkeiten ihres Waldbesitzes geben könnten.

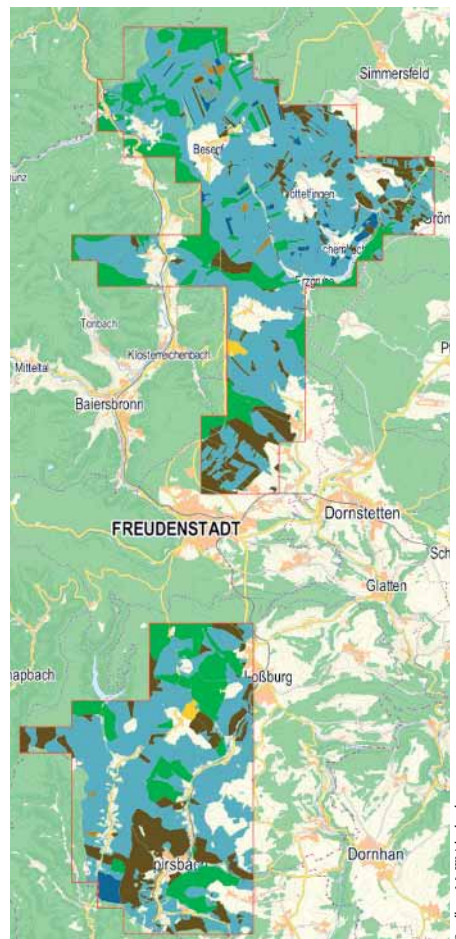


Abb. 1: Lage der beiden Teilgebiete des insgesamt 18.400 ha großen Untersuchungsgebietes im Nordschwarzwald im Landkreis Freudenstadt mit Privatwaldflächen (blau), Kommunalwald (dunkelbraun), Kirchen- und Körperschaftswald (hellbraun und gelb) und Staatswaldflächen (dunkelgrün). Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation u. Landentwicklung Baden-Württemberg (www.lgl-bw.de)

Im Gegensatz zu einer sonst üblichen bestandesweisen Kartierung kann durch die photogrammetrische Vermessung von Einzelbäumen der Holzvorrat und die besondere Waldstruktur einzelstammweise genutzter Bestände völlig losgelöst von Bestandesgrenzen dargestellt werden. Aggregiert man die Werte für einzelne Flurstücke, bestehende Waldeinteilungen oder auch für ein frei wählbares Raster, dann lassen sich daraus wieder die bekannten, flächenbezogenen Kennwerte, wie z. B. der Überschirmungsgrad oder der geschätzte Vorrat je ha, ableiten.

Auf dieser Datengrundlage kann jeder Forstbetrieb optimiert werden und für besonders kleine Privatwälder, die nur im Zusammenschluss mit anderen Waldbesitzern wirtschaftliche Ergebnisse liefern können, kann das Verfahren auch als hilfreiches Kontroll- und Planungsinstrument genutzt werden. In diesem Sinne können die Ergebnisse einer detaillierten photogrammetrischen Auswertung zu einer nachhaltigen Mobilisierung der vorhandenen Rohholzvorräte v. a. auch im Klein- und Kleinstprivatwald beitragen und auf diese Weise die Forstwirtschaft auf regionaler Ebene spürbar stärken.

Schneller Überblick

- Durch die photogrammetrische Vermessung von Einzelbäumen lässt sich der Holzvorrat und die besondere Waldstruktur einzelstammweise darstellen
- daraus lassen sich flächenbezogene Kennwerte, wie z. B. der Überschirmungsgrad oder der geschätzte Vorrat je Hektar, ableiten
- auf dieser Datengrundlage kann der Forstbetrieb optimiert werden

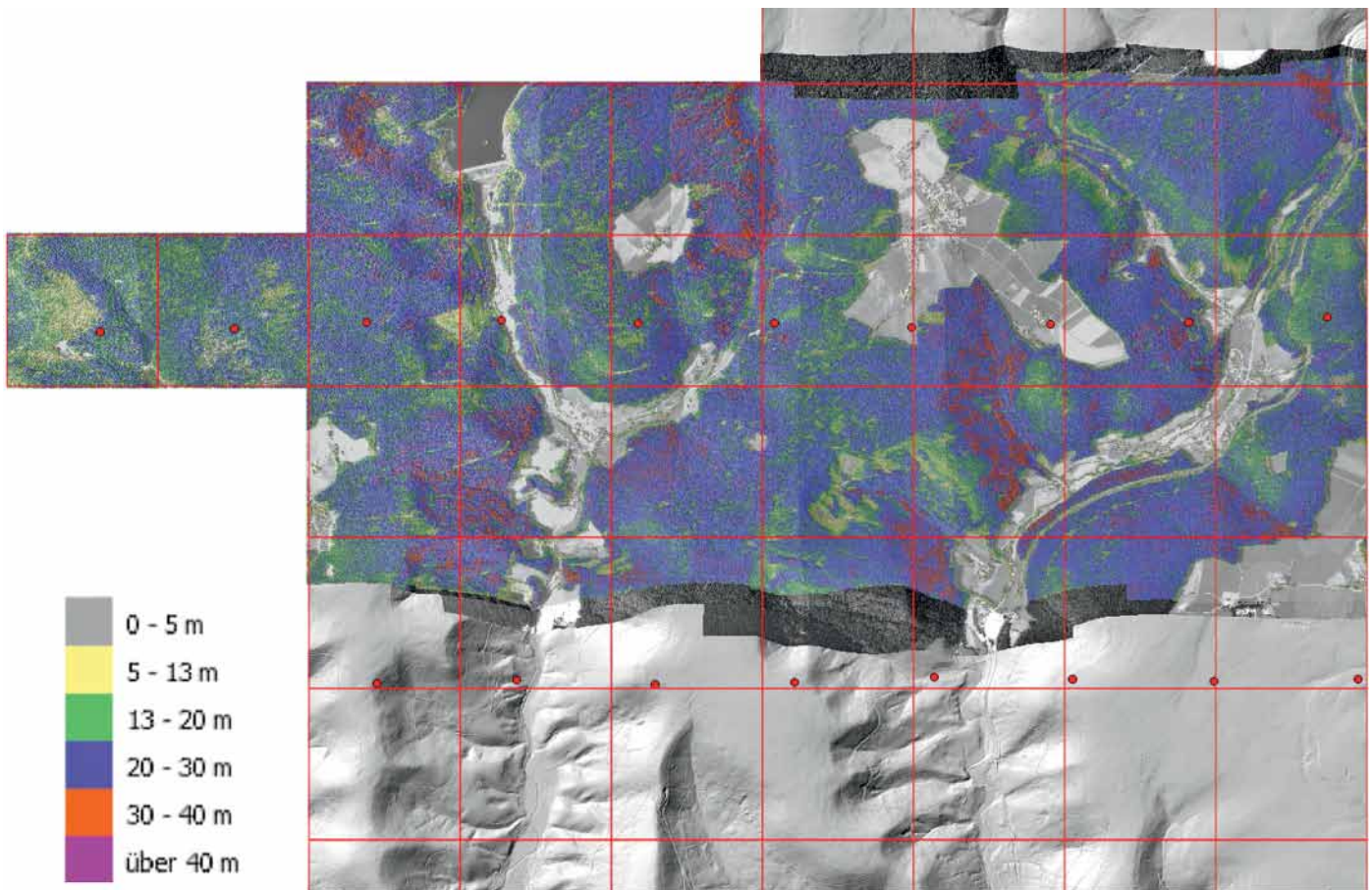


Abb. 2: Aus Stereoluftbildern und Lasergeländemodell (beide im Hintergrund) berechnetes Kronenhöhenmodell, das mit 6 Höhenklassen eingefärbt wurde (siehe Legende). Die roten Punkte zeigen den Standort der einzelnen Luftbildaufnahmen ca. 3.000 m über Grund.

Das Projekt

Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsvorhaben „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 (3D Forstinventur)“ durchgeführt und Ende 2014 abgeschlossen [1, 4].

Die Entwicklung und Umsetzung des photogrammetrischen Auswerteverfahrens wurde vom Planungsbüro land-Consult.de aus Bühl in Zusammenarbeit mit der Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH aus Graz durchgeführt. Das Forstsachverständigenbüro Schneider aus Fischerbach unterstützte dabei die Entwicklung neuer, angepasster Inventurverfahren zur Erfassung des Holzvorrates. Zusätzlich führte die Firma Unique aus Freiburg eine begleitende Befragung zufällig ausgewählter WBV-Mitglieder durch, um die Motivation seiner Mitglieder und mögliche Entwicklungsperspektiven des Vereins näher zu beschreiben [12]. Das

Projekt wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und aus Landesmitteln durch die Clusterinitiative Forst und Holz Baden-Württemberg gefördert und durch einen Eigenanteil des WBV mitfinanziert. Das Landesamt

für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL) hat dem Projekt ein Teil der benötigten Geodaten kostenlos überlassen. Eine zusammenfassende Darstellung des Projektes findet sich bei Weidenbach (2015) [4].



Abb. 3: Aus Stereoluftbildern erzeugtes Oberflächenmodell der Stadt Alpirsbach mit eingefärbten Objekt- und Baumhöhenklassen (gelb: 5-13 m, grün: 13-20 m, blau: 20-30 m, rot: über 30 m).

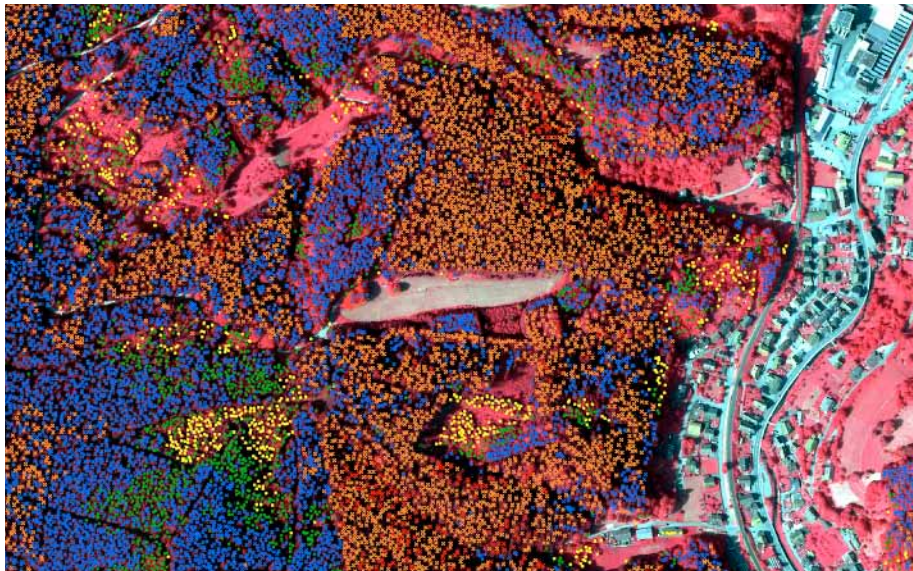


Abb. 4: Photogrammetrisch vermessene Einzelbaumhöhen dargestellt in 5 Höhenklassen: gelb: 5-13 m, grün: 13-20 m, blau: 20-30 m, orange: 30-40 m, rot: über 40 m). Hintergrund: Farbinfrarot Orthophoto.

Photogrammetrische Auswertung von amtlichen Luftbildern

Alle drei Jahre wird die Landesfläche von Baden-Württemberg flächendeckend neu befliegen, um damit hochwertige digitale Luftbilder mit einer Bodenauflösung von 20 cm aufzunehmen. Auf diesen Bildern kann man bereits typische Merkmale eines Baumes ausmachen, wie z. B. Farbe und sternförmige Struktur einer alten Fichtenkrone. Die Luftbilder werden entlang der Flugrichtung des Flugzeuges mit einer Überlappung von 60 % aufgenommen. Das macht sie zu so genannten Stereoluftbildern, weil das gleiche Objekt, z. B. eine Baumspitze, von mindestens zwei unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen wird, einer vorwärts und einer rückwärts blickenden. Leistungsfähige Computerprogramme können nun aus diesen verschiedenen Ansichten ein dreidimensionales Baummodell berechnen und in Verbindung mit den bei der Bildaufnahme aufgezeichneten Geografischen Koordinaten diesem Objekt auch eine genaue Lage und Höhe über Normalnull zuordnen. Die eigentliche Baumhöhe in Meter ergibt sich dann nach der Verrechnung mit den Geländehöhen, die ihrerseits aus dem sehr genauen Lasergeländemodell der Landesvermessung stammen.

Das hier beschriebene und weiterentwickelte Verfahren geht auf eine vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg geförderte frühere Zusammenarbeit zwischen landConsult.de und der Joanneum

Research GmbH in Graz zurück, welche die Software für die Erstellung der Waldoberflächenmodelle entwickelt hat [8]. Hierzu sollte man wissen, dass eine präzise Berechnung von detaillierten Kronenmodellen für die Einzelbaumerkennung bis 2009, als die ersten digitalen Luftbilder in Baden-Württemberg flächendeckend aufgenommen wurden, nur anhand von Laserdaten und ggf. in Kombination mit hoch auflösenden Satellitendaten möglich war [9, 10].

Bei entsprechender Qualität erlauben moderne Laserdaten zwar eine sehr genaue und umfangreichere Erfassung des Einzelbaumes, bzw. seiner Baumkronenparameter (z. B. Kronenvolumen oder -form), wie dies bei der Auswertung von Laserdaten forstlicher Versuchsflächen in Sachsen gezeigt wurde [7].

Flächendeckende Laserdaten liegen allerdings für Baden-Württemberg nur aus einer über 10 Jahre alten Befliegung vor und sind für eine repräsentative Aufnahme der sich seither stark veränderten Waldoberfläche nicht mehr geeignet.

Hier zeigt sich ein wesentlicher Vorteil der amtlichen Stereoluftbilder, die alle 3 Jahre vom LGL landesweit erneuert werden. Zudem sind nach unseren Erfahrungen die daraus berechneten Waldoberflächenmodelle mit gewissen Einschränkungen durchaus mit den Lasermodellen vergleichbar [3, 6].

Durch verbesserte Algorithmen und leistungsfähigere Rechner und Kamerasys-

teme wird das Anwendungsspektrum der photogrammetrischen Luftbilddauswertung zukünftig weiter wachsen. Die Bedeutung v. a. auch für naturschutzfachliche Aufgaben zeigen Wezyk et al. am Beispiel des Nationalparks Gorze in Südpolen, wo das hier beschriebene Verfahren zur Analyse der natürlichen Waldentwicklung eingesetzt wurde [11].

Ergebnisse der photogrammetrischen Auswertung

Insgesamt wurden 229 Luftbilder mit einer Fläche von 18.400 ha (davon ca. 14.500 ha bewaldet) photogrammetrisch ausgewertet und ein hochauflösendes Kronenhöhenmodell mit einer Bodenauflösung von 50 cm erzeugt. Dieses 3D-Modell war die Grundlage für die automatische Verortung und Höhenmessung von 2,5 Mio. Einzelbäumen.

Als weiteres Produkt der Luftbilddauswertung entstanden Orthophotos und TrueOrthophotos. Auf handelsüblichen Orthophotos oder Luftbildkarten erscheinen Bildobjekte mit einer Höhe, wie Bäume oder Häuser, außerhalb des Bildzentrums nicht mehr senkrecht, sondern umgekippt. In einem TrueOrthophoto sieht man diese Objekte dagegen mehr oder weniger senkrecht im Bild stehen. Nur in solchen Bildern können die stereoskopisch erzeugten Baumspitzen und Baumhöhen mit dem Spektralwert des Bildes zur Deckung gebracht werden und für eine gemeinsame Analyse, z. B. zur Baumartenbestimmung, genutzt werden.

Als visuelle Besonderheit lassen sich aus den Luftbildstereomodellen auch so genannte Anaglyphen erzeugen, die mit einer Rot-Grün-Brille betrachtet einen lebhaften 3D Eindruck der Szene vermitteln. Ein Beispiel hierzu findet sich auch auf dem WBV ForstGIS.

Baumartenkarten

Auf Grundlage der Luftbilder und multi-saisonaler Satellitenbilder der Firma Black Bridge (ehemals Rapid Eye) wurde für das gesamte Gebiet Laubholz und Nadelholz anhand seiner unterschiedlichen spektralen Eigenschaften automatisch voneinander getrennt. In gleicher Weise kann dabei auch stehendes Totholz und einzelne Nadelbäume mit besonders hohem Nadelverlust automatisch erfasst werden. Schwieriger ist dies bei der Unterscheidung von Fichte/Tanne und Kiefer, die im Untersuchungs-

gebiet einzelstamm- und horstweise beige-mischt oder auch als Kleinbestand v. a. auf Südhängen vorkommt.

Zur näheren Untersuchung der Frage, ob sich auch bestimmte Nadelbaumarten einzelbaumweise klassifizieren lassen, wurde auf einer leicht geneigten Referenzfläche ein 1,9 ha großer, einzelbaumweise gemischter Altbestand mit 77 % Kiefer und 23 % Fichte/Tanne stereoskopisch ausgewertet. Zuvor wurde der Bestand durch eine für die Erstellung von Wert- oder forstlichen Betriebsgutachten allgemein üblichen Vollaufnahme vermessen, wobei alle Bäume mit einem Bhd ab 26 cm gekluppt wurden.

Im Vergleich lieferte das digitale Luftbildverfahren über 90 % der vom forstlichen Gutachter ermittelten Gesamtbaumzahl (Anzahl der Bäume mit geklupptem Bhd von > 26 cm im Vergleich zur Anzahl der Bäume mit photogrammetrischer Höhe von > 20 m). Der Kiefernanteil wurde dabei vom Computer 6 % niedriger, der Fi/Ta Anteil 6 % höher berechnet. Die mittlere Höhe der photogrammetrisch gemessenen Kiefern lag um knapp 4 % unter der vom Gutachter geschätzten Höhe des Kiefern-Grundflächenmittelstamms [5].

Waldstruktur und Vorratskarten

Aus der dreidimensionalen Struktur des hoch aufgelösten Kronenmodells wurden zunächst 5 Strukturklassen abgeleitet. Sie zeigen, wie durchbrochen bzw. geschlossen das Kronendach erscheint, was u. a. für die waldbauliche Verjüngungsplanung von Bedeutung ist. Eine weitere aus dem Kronenmodell abgeleitete Karte unterteilt den Holzvorrat im Untersuchungsgebiet zunächst als Funktion der Baumhöhe ganz allgemein in 6 qualitative Klassen (Blöcken ohne Vorrat, sehr geringer, geringer, mittlerer, hoher und sehr hoher Vorrat). Erst durch die Berücksichtigung der verorteten und Höhen-vermessenen Einzelbäume lassen sich die Vorratswerte quantifizieren und daraus Bestandesdichteklassen (Baumzahl je ha) und das Volumen der Einzelbäume (Vfm) oder der Bestände (Vfm/ha) berechnen.

Die quantitative Abschätzung des Holzvorrates beruht zum einen auf den stereoskopisch gemessenen Einzelbaumhöhen und einer für die Baumart und den Bestand repräsentativen Höhenkurve, die aus Feldmessungen verschiedener vollgekluppter Bestände abgeleitet und zur

Berechnung des Einzelstammvolumens genutzt wurde.

Zum anderen wurde auch ein Flächen-bezogener Ansatz verfolgt und ein beliebiges 50 m breites Raster über das gesamte Gebiet gelegt, um damit hypothetische Bestände mit einer Größe von 0,25 ha je Rasterzelle zu erzeugen. Für diese lassen sich die Baumzahl je ha, die mittlere Höhe der gemessenen Bäume und der über die Höhenfunktion ermittelte mittlere Bhd darstellen. Die Abschätzung des Vorrats erfolgt bei dieser Methode schließlich unter Berücksichtigung der entsprechenden Ertragstafelvorratswerte und über eine multiple Regression der Variablen Bhd/Anzahl/Höhe. Auf diese Weise lassen sich so genannte „hypothetische Bestandesvorräte“ auch für einzelstammweise genutzte Flächen ohne eigentliche Bestandesgrenzen quantifizieren und abbilden.

Sofern Bestandesgrenzen bereits vorliegen oder wenn anhand der photogrammetrisch erzeugten Waldstrukturkarten neue Bestände abgegrenzt werden sollen, so lassen sich die oben beschriebenen Parameter natürlich auch für diese Unterflächen berechnen.

Die Hypothetischen Vorratskarten liefern zusammen mit den Einzelbaumhöhen, den Bestandesdichte- und Waldstrukturkarten einen schnellen und zuverlässigen Überblick, wo z. B. Durchforstungsrückstände bestehen oder Hiebsmaßnahmen geplant werden können. Und da diese Information bei Bedarf alle drei Jahre durch neue amtliche Luftbilder aktualisiert werden kann, erscheint das Verfahren auch für ein langfristiges Monitoring System oder für die Modellierung des Zuwachses sehr gut geeignet.

3D Inventurdaten und Forstkarten online

Um die Ergebnisse auf komfortable Weise allen WBV-Mitgliedern zugänglich zu machen, wurde eine spezielle Internetanwendung programmiert, die es jedem Waldbesitzer ermöglicht, Karten mit individuell gestaltbaren Inhalten und Ausdehnung zu erzeugen, abzufragen, per E-Mail zu versenden und als PDF-Datei auszudrucken oder auf Festplatte abzuspeichern. Diese Anwendung nennt sich „WBV ForstGIS“ und ist über die Webseite des WBV oder über <http://3dgis.landconsult.de> erreichbar.



Abb. 5: Hypothetischer Holzvorrat von 0,25 ha großen Rasterzellen: Jede Zelle ist mit der Anzahl der vermessenen Bäume, der mittleren Baumhöhe, dem mittleren Bhd (über Höhenkurve abgeleitet) und mit dem daraus geschätzten Vorrat je ha beschriftet und in dieser Form im Online ForstGIS dargestellt.

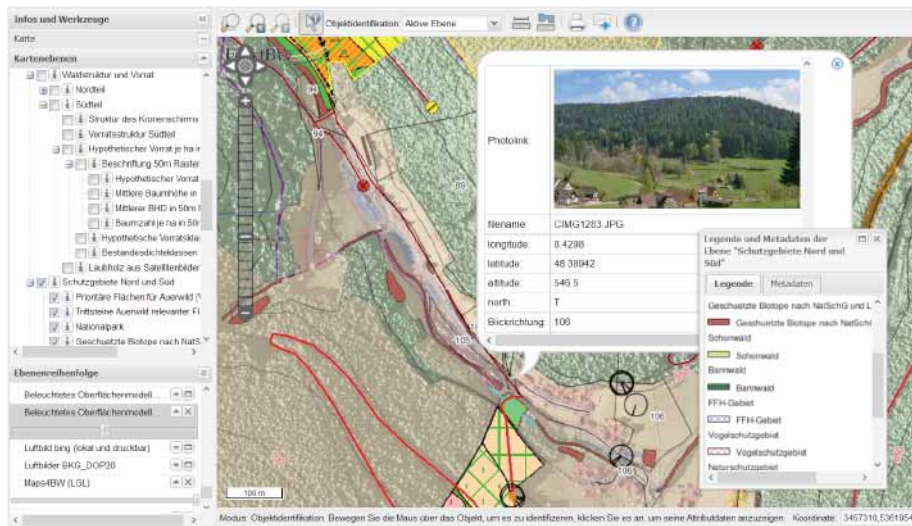


Abb. 6: Das WBV ForstGIS im Internet mit Projektdaten (hier z. B. photogrammetrisch erzeugtes Kronenmodell, georeferenzierte Photos, Flurstücksgrenzen) und mit entfernt gespeicherten Geodaten (hier z. B. Forstwege der NavLog GmbH, Standortkartierung von ForstBW, amtliche Naturschutzflächen vom LGL)

Mit dieser so genannten Webserver/Web-client Anwendung können auch Geodaten anderer Anbieter eingebunden werden, z. B. die bereits im Geoportall BW des LGL publizierten forstlichen Daten und Katasterflächen oder die amtlichen Luftbilder des LGL oder die von der NAVLOG GmbH über die Forstkammer BW zur Verfügung gestellten Wald navigationsdaten mit navigierbarer Wegeinformation (Wegeklassen, Kehren, Brücken, etc.) und eine Vielzahl von frei zugänglichen forstrelevanten Naturschutzinformationen verschiedener Landesämter.

All diese offenen Geo- und Fachdaten werden über den QGIS Mapserver von landConsult.de bereitgestellt und können mit einem gängigen Internetbrowser auf internetfähigen Geräten, wie bspw. Laptops, Tablets oder Smartphones, dargestellt werden. Gleichzeitig lassen sich diese entfernt gespeicherten Geodaten aber auch in professionelle GIS-Systeme, wie ArcGIS oder QGIS, einbinden und je nach bereitgestelltem Format (WMS, WFS oder WCS) auch weiterverarbeiten und abspeichern. Somit können die Daten auch für professionelle Geodatenanwender, wie freiberufliche Forsteinrichter, Forst- und Naturschutzbehörden oder den Geschäftsführern von Forstbetriebsgemeinschaften, zugänglich gemacht werden.

Erst durch die sinnvolle Kombination forstlich relevanter Geodaten entsteht für den Nutzer der eigentliche Mehrwert dieser Anwendung. Hier ist eine Auswahl thematischer Karten, die im WBV ForstGIS enthalten sind:

- Kronenschirmhöhe und -struktur,
- Einzelbäume mit Höhe im Gesamtgebiet und auf Teilfläche mit Bhd und Einzelbaumvorrat,
- 50 m Raster mit Vorrat je ha, mittlere Baumhöhe, mittlerer Bhd und Baumzahl je ha,
- Hangneigung, Exposition, Gelände merkmale aus Lasergeländemodell,
- Wege und Forststraßen, Landnutzung, Schutzgebiete, Windatlas, z.T. Flurstücke u.v.m.,
- einige druckfertige Karten, die mit dem WBV ForstGIS als PDF-Datei erzeugt wurden, können über den Link „Plotanwendung...“ geöffnet werden auf <http://3dgis.landconsult.de>.

Über die Eingangsseite des WBV ForstGIS kann die Anwendung mit vordefinierten Kartenthemen gestartet werden, diese können im weiteren Verlauf vom Benutzer durch andere Karten ergänzt oder mit halbtransparenten Kartenthemen überlagert werden.

Zu den einfach zu bedienenden Grundfunktionen des ForstGIS zählen z. B. die Darstellung der Kartenlegende in einem separaten Fenster, die stufenlose oder maßstabsgenaue Vergrößerung der Ansicht, das Messen von Entfernungen und Flächen, die Abfrage der Karteneigenschaften bzw. deren Attribute oder das Versenden der aktuellen Kartenansicht per E-Mail.

Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, für jede beliebige Karte anhand

eines über dem Ansichtsfenster frei verschiebbaren Druckbereichs einen Kartenausdruck in jedem gewünschten Maßstab als PDF-Datei zu erzeugen, auf einen Datenträger abzuspeichern oder über den eigenen Drucker auszugeben, um damit schließlich aus einem komplexen digitalen Datensatz wieder eine für viele Waldbesitzer vertraute, einfache Papierkarte herzustellen.

Literaturhinweise:

- [1] Webseite des Projektes: <http://landconsult.de/wbv>. [2] Webseite des Waldbesitzervereins Nordschwarzwald: <http://www.wbv-nordschwarzwald.de/>. [3] TOMPALSKI, P.; WEZYK, P.; WEIDENBACH, M.; DE KOK, R.; HAWRYLO, P. (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 (online über: <http://landconsult.de/segmentation/download>). [4] WEIDENBACH, M. (2015): Photogrammetrische Einzelbaumvermessung für eine großflächige Forstinventur von Privat- und Kommunalwald im Nordschwarzwald. Vortrag und Posterpräsentation auf der Tagung „Der gepixelte Wald (reloaded)“ an der TU München / Weihenstephan am 17. und 18.03.2015 (online über: <http://landconsult.de/segmentation/download>). [5] WEIDENBACH, M.; DE KOK, R. (2014): Erkennung von Einzelbaumkronen von Pinus Sylvestris in Nadelmischwäldern des Nordschwarzwalde 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 (online über <http://landconsult.de/segmentation/download>). [6] WEIDENBACH, M.; WEZYK, P. (2013): Herleitung von Kronenparametern für Einzelbäume anhand von Airborne Laserscanning und Terrestrischen Laserscanning Daten sowie Luftbildstereomodellen am Beispiel standortkundlicher Versuchsfächen in Sachsen. Vortrag anlässlich des Workshop „Multisensorielle Methoden zur Rekonstruktion der dreidimensionalen Waldstruktur“, TU Dresden, 04. 02. 2013 (http://landconsult.de/segmentation/download/tharandt_present_04Feb13_v7_web.pdf). [7] WEIDENBACH, M.; WEZYK, P.; TOMPALSKI, P.; HOFFMANN, M.; MARTENS, S. (2012): Erfassung von Einzelbaumparametern mit Airborne-Laser-Scanning-Daten. AFZ-DerWald, 21/2012, S. 12 - 15. [8] WEIDENBACH, M.; GUTJAHN 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 (online über <http://landconsult.de/segmentation/download>). [9] WEIDENBACH, M.; DE KOK, R. (2008a): Developing Strategies for Large Scale Forest Inventories Combining LiDAR Data, Satellite Imagery and Regional Yield Models. Poster presented on the SilviLaser 2008 conference in Edinburgh (<http://landconsult.de/silvilaser08>). [10] WEIDENBACH, M.; DE KOK, R. (2008b): Generierung von Informationen für die Forsteinrichtung auf Basis von Airborne Laser Scanning Daten (ALS) und digitalen Farbinfarotbildern (CIR) am Beispiel von zwei Untersuchungsflächen in Sachsen. Projektreport und Vortrag anlässlich der Sachsenforst Tagung „Laserscanning – ein Werkzeug für die Forsteinrichtung“ in Dresden am 04. März 2008 (http://landconsult.de/segmentation/download/landConsult_Vortrag_LiDAR-CIR_V6-print300.pdf). [11] WEZYK, P.; HAWRYLO, P.; JANUS, B.; WEIDENBACH, M. (2014): Assessment of Forest Cover Change in Gorze 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. (online über: <http://landconsult.de/segmentation/download>). [12] WIPPEL, B.; MEYER-RACHNER, J. (2014): Mitgliederbefragung des Waldbesitzervereins Nordschwarzwald e.V. zur 3D Forstinventur und zukünftigen Entwicklungen des Vereins. Abschlussbericht der Unique Forestry and Landuse GmbH (online über Webseite des WBV Nordschwarzwald).

Dr. Markus Weidenbach,
markus.weidenbach@landconsult.
eu, ist Forstassessor und Inhaber
von landConsult.de, Büro für
Geoinformationsmanagement,
Forst- und Landnutzungsplanung
in Bühl/Baden.

