

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 162 (2011)
Heft: 6

Artikel: Das Projekt "Neue Bestandeskarte"
Autor: Schmidtke, Hubertus / Schardt, Mathias / Hirschmugl, Manuela
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097717>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Das Projekt «Neue Bestandeskarte»

| | |
|--------------------|---|
| Hubertus Schmidtke | Silvaconsult AG (CH)* |
| Mathias Schardt | Institut für digitale Bildbearbeitung, Joanneum Research (AT) |
| Manuela Hirschmugl | Institut für digitale Bildbearbeitung, Joanneum Research (AT) |
| Roland Wack | Institut für digitale Bildbearbeitung, Joanneum Research (AT) |
| Martin Ofner | Institut für digitale Bildbearbeitung, Joanneum Research (AT) |
| Klaus Granica | Institut für digitale Bildbearbeitung, Joanneum Research (AT) |

The project “New forest stand map”

Within the scope of the project “New forest stand map” an operational procedure was developed to derive automatically forest stand parameters from airborne laser scanner and satellite data. Those stand parameters were development stage, species combination, crown cover and standing timber volume. Optional were number of trees, dominant tree height and others. The degree of automation is high. The automatically delineated stand boundaries were visually controlled and corrected. All stand parameters were then derived completely automatically. The applicability of the procedure developed was demonstrated with three test sites containing 3000 ha of forest. The “New forest stand map” was developed as a saleable product. The procedure is robust regarding varying data situations and forest conditions.

Keywords: forest stand map, airborne laser scanning, multisensor

doi: 10.3188/szf.2011.0171

* Neustadtgasse 9, Postfach 113, CH-8402 Winterthur, E-Mail hubertus.schmidtke@silvaconsult.ch

Ein flugzeuggetragener Laserscanner (ALS Airborne Laserscanner, auch Lidar Light Detection and Ranging genannt) ist ein Entfernungsmessgerät, das die Distanz vom Flugzeug zur Landoberfläche misst, und zwar bis zu 200000-mal pro Sekunde. Dies ergibt je nach Flughöhe und -geschwindigkeit zwei bis sechs Messungen pro Quadratmeter. Die Position und die Lage des Flugzeuges werden ebenfalls hochpräzise und kontinuierlich ermittelt. Aus diesem dichten Abtasten der Landoberfläche ergeben sich hochgenaue Oberflächenmodelle, die aufgrund der hohen Punktdichte die Oberfläche des Waldes präzise repräsentieren. Diese neuartige Technologie eröffnet neue Möglichkeiten für forstliche Anwendungen.

Im Rahmen des Projekts «Neue Bestandeskarte» wurde ein Verfahren zur Ableitung von Waldbestandesparametern mithilfe von ALS- und Satellitendaten entwickelt, geprüft und zur Praxisreife gebracht. In vorliegendem Artikel wird das Verfahren beschrieben.

Überblick über das Verfahren

Für das Projekt wurden die Daten aus drei unterschiedlich strukturierten Testgebieten aus den Kantonen Obwalden, Baselland und Schwyz bear-

beitet. Damit war es möglich, die Einsetzbarkeit des Verfahrens unter unterschiedlichen Bedingungen und auf grosser Fläche zu testen. Zudem war die Datenlage bezüglich ALS-Daten, Luftbildern und Satellitenbilddaten in den Testgebieten unterschiedlich (Tabelle 1).

Abbildung 1 gibt einen Überblick über das für das Projekt «Neue Bestandeskarte» gewählte Verfahren. Da Daten aus unterschiedlichen Quellen verwendet werden, wird es auch als multisensorielles Verfahren bezeichnet. Es wurden vier Informationsquellen genutzt: digitale Oberflächenmodelle, Orthofotos, SPOT-5-Satellitendaten sowie Daten zum Holzvorrat aus terrestrischen Stichprobeninventuren. Das Verfahren insgesamt ist komplex und beinhaltet zum Beispiel eine vollständige Satellitenbildklassifikation zur Bestimmung des Mischungsgrades von Laub- und Nadelholz mit allen erforderlichen Arbeitsschritten. Da man auf Orthofotos zurückgreifen konnte, war der Aufwand für die Bestimmung von Passpunkten für die geometrische Korrektur wie auch von Trainingsgebieten für den Klassifizierer jedoch gering. Der Schwerpunkt des Verfahrens lag in der Auswertung der ALS-Daten. Für die einzelnen Arbeitsschritte wurden Softwaremodule des Joanneum Research Centers verwendet, die teilweise an die projektspezifischen Anforderungen angepasst wurden.

| Testgebiet | Bearbeitete Fläche (Wald und Nichtwald) | Höhenstufe | Waldtyp | Datenlage |
|------------|---|---------------------|------------------|--|
| Obwalden | 20 km ² | collin bis subalpin | primär Nadelwald | ALS-Daten: Winter 2007 RGB-Luftbilder: Sommer 2004 SPOT-Stellitendaten: Sommer 2005 |
| Basel | 20 km ² | collin | primär Laubwald | ALS-Daten: Sommer 2007 RGB-Luftbilder: Sommer 2004 SPOT-Satellitendaten: Sommer 2005 |
| Schwyz | 30 km ² | montan bis subalpin | primär Nadelwald | ALS-Daten: Winter 2004 RGB-Luftbilder: Sommer 2004 SPOT-Satellitendaten: Sommer 2005 |

Tab 1 Struktur und Datenlage in den drei Testgebieten.

Aufbereitung der Daten

ALS-Daten

Aus den Laserpunkten der Oberfläche (erstes Echo) wurde ein digitales Oberflächenmodell (DOM) abgeleitet. Dieses Modell beschreibt die Oberfläche von Vegetation, Gebäuden und anderen Objekten mit absoluten Höhen. Aus den Daten des letzten Echos lässt sich zudem ein digitales Geländemodell (DGM) berechnen, welches das Gelände mit einer Lage- und Höhengenaugigkeit von besser als 50 cm abbildet (siehe auch Morsdorf 2011, dieses Heft). Durch eine Differenzbildung aus DOM und DGM konnte schliesslich das Vegetationshöhenmodell (VHM) abgeleitet werden. In diesem Modell kommen nur mehr Höhen über dem Gelände vor, die Geländeform ist in diesem Datensatz nicht mehr sichtbar, weshalb es auch als normalisiertes digitales Oberflächenmodell bezeichnet wird. Das VHM wurde in einem Raster von 0.5 × 0.5 Meter generiert.

Weil in Obwalden und Schwyz die ALS-Befliegungen im Winterhalbjahr durchgeführt wurden, sind in diesen Testgebieten die Laubbäume nur un-

zureichend im VHM abgebildet. Im Gebirgswald mit 85% Nadelholzanteil ist dies nicht von grosser Bedeutung. Im Testgebiet Baselland, das durch einen sehr hohen Laubholzanteil gekennzeichnet ist, konnte dafür eine eigene Sommerbefliegung durchgeführt werden.

Satellitenbilddaten

Da die verschiedenen Baumarten nicht mit einer zufriedenstellenden Genauigkeit aus ALS-Daten abgeleitet werden können, wurden die Wälder anhand der vier Mischungstypen «Laubholz», «Mischbestand mit überwiegend Laubholz», «Mischwald mit überwiegend Nadelholz» und «Nadelholz» aus Satellitenbilddaten klassifiziert (Klassendefinitionen siehe Tabelle 3). Zu diesem Zweck eignen sich multispektrale SPOT-5-Satellitendaten in besonderem Masse, da sie sowohl den nahen infraroten als auch den mittleren infraroten Spektralbereich abdecken (Schardt et al 2004). Für die Klassifizierung wurden SPOT-5-Daten vom 6. September 2005 mit einer geometrischen Auflösung von 10 m im multispektralen Bereich verwendet.

Luftbilddaten

Für die visuelle Überarbeitung der Bestandesgrenzen und für Kontrollzwecke standen Orthofotos mit einer Auflösung von 0.5 × 0.5 Meter aus Standardbefliegungen des Bundesamts für Landestopografie zur Verfügung. Diese wurden auch verwendet, um Trainingsgebiete für die Klassifikation der Satellitendaten auszuwählen, was aufwendige Felderhebungen ersparte.

Ableitung der Waldbestandesparameter

Aus den oben genannten Datenquellen wurden die Bestandesparameter für die Erstellung der digitalen Bestandeskarte abgeleitet. Die Auswertung erfolgte weitgehend automatisch auf der Grundlage von Algorithmen und Softwareprogrammen, die am Institut für Digitale Bildverarbeitung des Joanneum Research Centers entwickelt wurden.

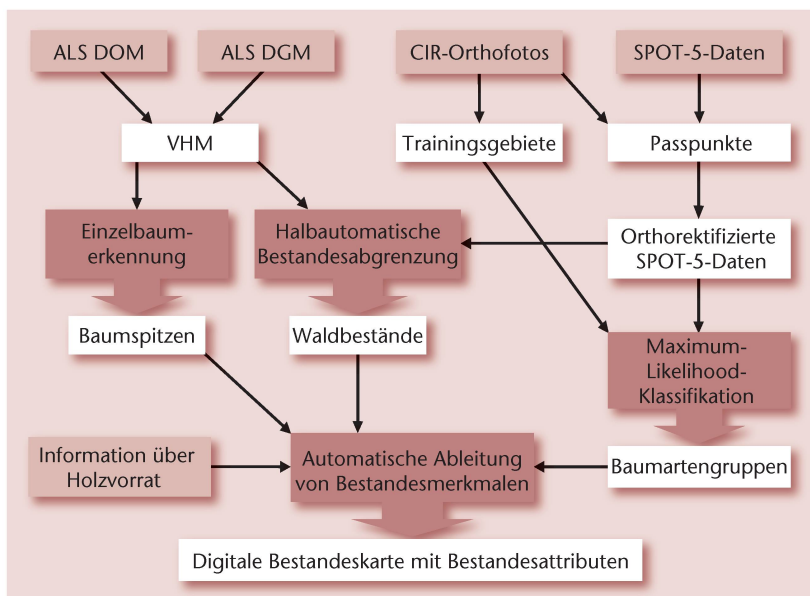


Abb 1 Überblick über das Verfahren. ALS: flugzeuggetragene Laserscannerdaten, DOM: Digitales Oberflächenmodell, DGM: Digitales Geländemodell, VHM: Vegetationshöhenmodell, CIR-Orthofotos: Color-Infrarot-Orthofotos, SPOT 5: Fernerkundungssatellit.

| Attribut | Einheit | Untereinheit | Ausscheidungskriterien | Code | | |
|-----------------------|---|--|---|------|--|---|
| WA | Nichtwald | Nichtwald | Bestockte Fläche < 500 m ² | 1 | | |
| | | | Zur kurzfristigen Nutzung angelegte Kulturen Park- und Gartenanlagen | | | |
| | Wald | Bestockt | Waldfläche ≥ 500 m ² | 2 | | |
| | | | Mindestbreite 12 m (inkl. 3 m Saum) | | | |
| | | | Mindestalter 20 Jahre | | | |
| | | | Wald, temporär ertraglos | | Aufforstung, Verjüngung, Schlag-, Sturm-, Schadenfläche | 3 |
| | | | Wald, permanent ertraglos | | Wege, Bäche mit Breite > 4 m, Lagerplätze, Pflanzgärten, Rutschflächen | 4 |
| Andere Waldflächen | Wald, aber Zuordnung nicht möglich | 5 | | | | |
| Weidewälder | Mit Einzelbäumen oder Baumtrupps bestockte Fläche von mind. 1 ha Grösse und 50 Bäumen umfassend | 6 | | | | |
| Nicht interpretierbar | Nicht interpretierbar | Nicht interpretierbar (Schatten etc.) | 99 | | | |

Tab 2 Kriterien für die Walddefinition (WA) im Kanton Baselland.

Waldarealkarte (Wald/Nichtwald-Entscheid)

Entsprechend der Walddefinition (Tabelle 2), welche von Kanton zu Kanton leicht variiert, wurde eine Waldarealkarte auf der Basis der ALS-Daten automatisch erstellt. Diese wurde am Bildschirm visuell kontrolliert und, wo erforderlich, manuell überarbeitet.

Delinierung der Bestände

Die Abgrenzung der Waldbestände erfolgte halbautomatisch. Die Bestandesgrenzen wurden auf der Basis der ALS-Daten zunächst automatisiert unter Verwendung von Segmentierungsalgorithmen berechnet. Diese wurden dann in einem weiteren Arbeitsschritt visuell überarbeitet, da nicht nur die physischen Merkmale wie Entwicklungsstufe, Deckungsgrad und Mischung zur Abgrenzung der Bestände herangezogen werden können, sondern auch eine Reihe anderer Kriterien wie Gelände, Erschliessung sowie waldbauliche und betriebliche Kriterien (Massnahmen, Nutzungen etc.) berücksichtigt werden müssen. Die Kriterien zur Delinierung, insbesondere die Delinierungsintensität, sind mit dem Auftraggeber genau abzusprechen. Die Kommunikation mit dem Kunden ist hier wichtig. In diesem Arbeitsschritt werden die Bestände nur voneinander abgegrenzt, es werden keine Bestandesmerkmale erhoben. Aufgrund dieses interaktiven Arbeitsschritts wird das gesamte Verfahren auch als halbautomatisch bezeichnet. Die Bestandesmerkmale selbst wurden dann vollautomatisch abgeleitet.

Oberhöhe und mittlere Bestandeshöhe

Zur Berechnung der Oberhöhe und der mittleren Bestandeshöhe wurden auf Basis des aus ALS-Daten gewonnenen VHM Einzelbäume detektiert und deren Höhen ermittelt (Schardt & Wack 2004, Wack et al 2003). Die so ermittelten Baumspitzen sind in Abbildung 4 als rote Punkte zu sehen. Hierfür wurde ein automatischer, rechnergestützter Ansatz verwendet, dessen Genauigkeit von der Wald-

struktur sowie der Laserpunktdichte abhängt. Einschränkungen in der Genauigkeit resultieren aus der Tatsache, dass Baumindividuen der Mittel- und Unterschicht in den ALS-Daten nicht vollständig sichtbar und somit nicht vollständig detektierbar sind. Dicht beieinander stehende Bäume können teilweise auch nicht unterschieden werden. Sicher identifiziert werden können Bäume der Oberschicht. Im Laubholz ohne ausgeprägte Baumspitzen ist die Einzelbaumerkennung ebenfalls teilweise eingeschränkt. Durch Aggregation der Höhen der Einzelbäume werden die Oberhöhe und die mittlere Bestandeshöhe für die delinierten Bestände automatisch abgeleitet.

Deckungsgrad

Der Deckungsgrad wurde aus der Verschneidung der segmentierten Waldbestände berechnet, wobei ausschliesslich VHM-Rasterpunkte mit einer Höhe von über 1.3 m berücksichtigt wurden. Aus dem Verhältnis des Flächenanteils der Laserpunkte des VHM zur Gesamtfläche des Polygons wurde der Gesamtdeckungsgrad errechnet. Aus der Bestimmung der Oberhöhen war die Höhe der Oberschicht mit $\frac{2}{3}$ der Oberhöhe bekannt. Mit diesem Wert konnte daher im VHM jeder Bestand verschritten werden, wodurch dann der Deckungsgrad der Oberschicht beziehungsweise der Unterschicht getrennt berechnet werden konnte.

Bonität

Zur Bestimmung der Bonität des jeweiligen Bestandes wurden die Standortkarten verwendet. Jedem Standorttyp wurde je eine Bonität für das Laub- und das Nadelholz zugeordnet. Diese Bonitätskarten wurden dann mit den Bestandespolygonen verschritten. Der so bestimmte Mittelwert diente als ein Eingangsparameter für die Ableitung der Entwicklungsstufe. War keine Standortkarte vorhanden (Schwyz), wurden die Bonitätswerte geschätzt.

Mischungsgrad

Den Mischungsgrad nach Nadel- und Laubholz kann man auf Basis der Oberflächenmodelle nicht gut ermitteln. Hier müssen Spektraldaten (Luftbilder oder Satellitenbilder) verwendet werden. Für automatische Klassifizierungen von Laub- und Nadelholzanteilen eignet sich besonders der Infrarotkanal des Fernerkundungssatelliten SPOT 5. Eine weiter gehende Baumartenunterscheidung insbesondere im Laubholz kann mittels SPOT-5-Daten jedoch nicht durchgeführt werden. Ist dies gewünscht, so müsste man diese Information durch visuelle Interpretation von höher aufgelösten Fernerkundungsdaten gewinnen (in der Regel Luftbilder).

Der Mischungsgrad von Laub- und Nadelholz wurde im vorliegenden Projekt aus den Satellitenbilddaten durch eine digitale Klassifizierung erfasst. Hierzu wurden die SPOT-5-Satellitenbilder zunächst mittels Passpunktbestimmung und unter Verwendung des Geländemodells zu einem Orthobild umgerechnet. Dadurch konnten alle Datensätze direkt übereinandergelegt werden. Zur Beleuchtungskorrektur wurde eine topografische Normalisierung gerechnet, um geländebedingte Abschattungen im Bild auszugleichen. Dieser Schritt war nötig, um für die nachfolgende Klassifikation sowohl die besonnten als auch die schattigen Hangbereiche in einem Klassifikationsschritt bearbeiten zu können. Nach der Erhebung von Referenzflächen aus Luftbilddaten erfolgte eine Signaturanalyse. Anschliessend wurde eine pixelbasierte überwachte Klassifikation unter Verwendung der Maximum-Likelihood-Methode durchgeführt. Dabei wurden neben den Waldklassen Laub-, Misch- und Nadelwald auch versiegelte Flächen (inklusive Gebäude), bewachsene Flächen (Wiesen,

| Attribut | Bezeichnung | Mischungsgrad | Code |
|----------|-----------------------------------|---------------|------|
| MG | Nadelholzanteil in 10%-Stufen | 0–100% | |
| MGK | Nadelholz (NH) | NH 90–100% | 1 |
| | Mischbestand mit überwiegender NH | NH 51–90% | 2 |
| | Mischwald mit überwiegender LH | NH 11–50% | 3 |
| | Laubholz LH | NH 0–10% | 4 |
| | Nicht ansprechbar | – | 99 |

Tab 3 Einteilung der Bestände in verschiedene Mischungstypen (MG respektive MGK).

Weiden), Gewässer sowie nicht vegetationsbedeckte Flächen (Brache, Schotterflächen) unterschieden. Abbildung 2 zeigt für das Testgebiet Obwalden das Klassifizierungsergebnis auf der Basis der SPOT-5-Daten.

Die Ergebnisse der Klassifikation der Satellitenbilder wurden ebenso mit den Bestandespolygonen verschnitten und der Mischungsgrad über den Mittelwert der Baumartengruppen (Laub- bzw. Nadelholz) abgeleitet. Basierend auf diesen Werten erfolgte eine entsprechende Klassierung des jeweiligen Bestandes entsprechend der Tabelle 3.

Entwicklungsstufen

Die Entwicklungsstufen sind durch den Stammdurchmesser in Brusthöhe der hundert stärksten Bäume pro ha definiert (d_{dom}). Der d_{dom} korreliert mit der Baumhöhe, ist jedoch zudem auch abhängig von der Bonität und der Baumart. Die betreffenden Höhenklassen der Entwicklungsstufen wurden daher bonitätsabhängig für Laub- oder Nadelholz zugeordnet. So wurde über die Ertragstafel von Badoux

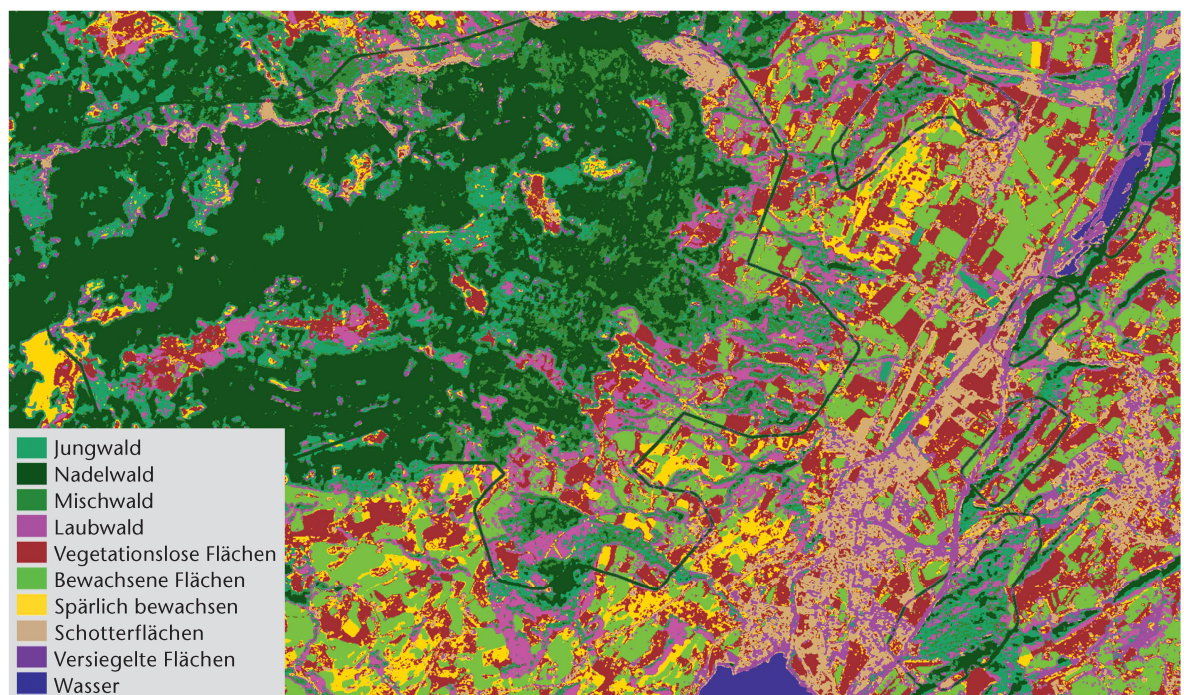


Abb 2 Klassifizierungsergebnis der multispektralen SPOT-5-Szene im Testgebiet Obwalden. Satellitendaten: © SPOTIMAGE

| Attribut | Struktur | Entwicklungsstufe | Deckungsgrad | Oberdurchmesser d_{dom} (cm) | Oberhöhe h_{dom} | Code |
|--------------|-----------------------|---------------------|--------------|--------------------------------|---|--------------------|
| ES | Gleichförmig | Jungwuchs | > 20% | | ≤ 1.3 m | 1 |
| | | Dickung | > 20% | < 12 | > 1.3 m | 2 |
| | | Stangenholz 1 | ≥ 20% | 12–20 | Beziehung $h_{dom}-d_{dom}$ bonitätsabhängig | 3 |
| | | Stangenholz 2 | ≥ 20% | 21–30 | | 4 |
| | | Baumholz 1 | ≥ 20% | 31–40 | | 5 |
| | | Baumholz 2 | ≥ 20% | 41–50 | | 6 |
| | | (Baumholz 3) | ≥ 20% | > 50 | | 7 |
| | Ungleichförmig | Stufig/plenterartig | ≥ 20% | diverse BHD | | Streuwert-Schwelle |
| Keine Angabe | Nicht interpretierbar | | – | – | 99 | |

Tab 4 Definition der Entwicklungsstufen (ES).

(1983) und die Baumhöhen aus den ALS-Daten die Entwicklungsstufe jedes Bestandes automatisch abgeleitet. Bei mehrschichtigen Beständen oder bei Überhältern war ein Deckungsgrad von mindestens 20% für die obere Schicht erforderlich, damit diese für die Bestimmung der Entwicklungsstufe verwendet wurde. Dabei wurden die in Tabelle 4 angeführten Entwicklungsstufen berücksichtigt.

Zur Bestimmung der Stufigkeit eines Bestandes wurde die Streuung der Baumhöhen herangezogen, und zwar diejenige der Oberhöhenbäume (hundert höchste Bäume pro Hektar).

Vorrat, Biomasse und CO₂-Äquivalente

Für die Testgebiete lagen Daten aus Vorratsinventuren vor. Diese wurden dazu verwendet, den Holzvorrat, getrennt nach Nadel- und Laubholz, sowie Biomasse und CO₂-Äquivalente pro Bestand zu

ermitteln. Der gesamte Holzvorrat des jeweiligen Testgebietes wurde dazu über das Raumintegral der Vegetation auf die Bestände aufgeteilt. Das Raumintegral beschreibt dabei die Summe aller Vegetationshöhen in einem Bestand. Dass das Raumintegral den Holzvorrat, beziehungsweise die Biomasse, repräsentiert, ist zunächst eine Hypothese. Die Werte wurden von den lokalen Förstern aber als sehr plausibel beurteilt.

Die Berechnung der Biomasse und des Kohlenstoffvorrates erfolgte über den Holzvorrat und entsprechende Biomasseexpansionsfunktionen (BEF) für Laub- und Nadelholz in Anlehnung an Brändli (2010). Die Berechnung des Holzvorrates und der Biomasse wurde getrennt nach Laub- und Nadelholz für jeden Bestand durchgeführt, indem der jeweilige aus den Satellitenbilddaten abgeleitete Nadel- und Laubholzanteil berücksichtigt wurde. Die getrennt

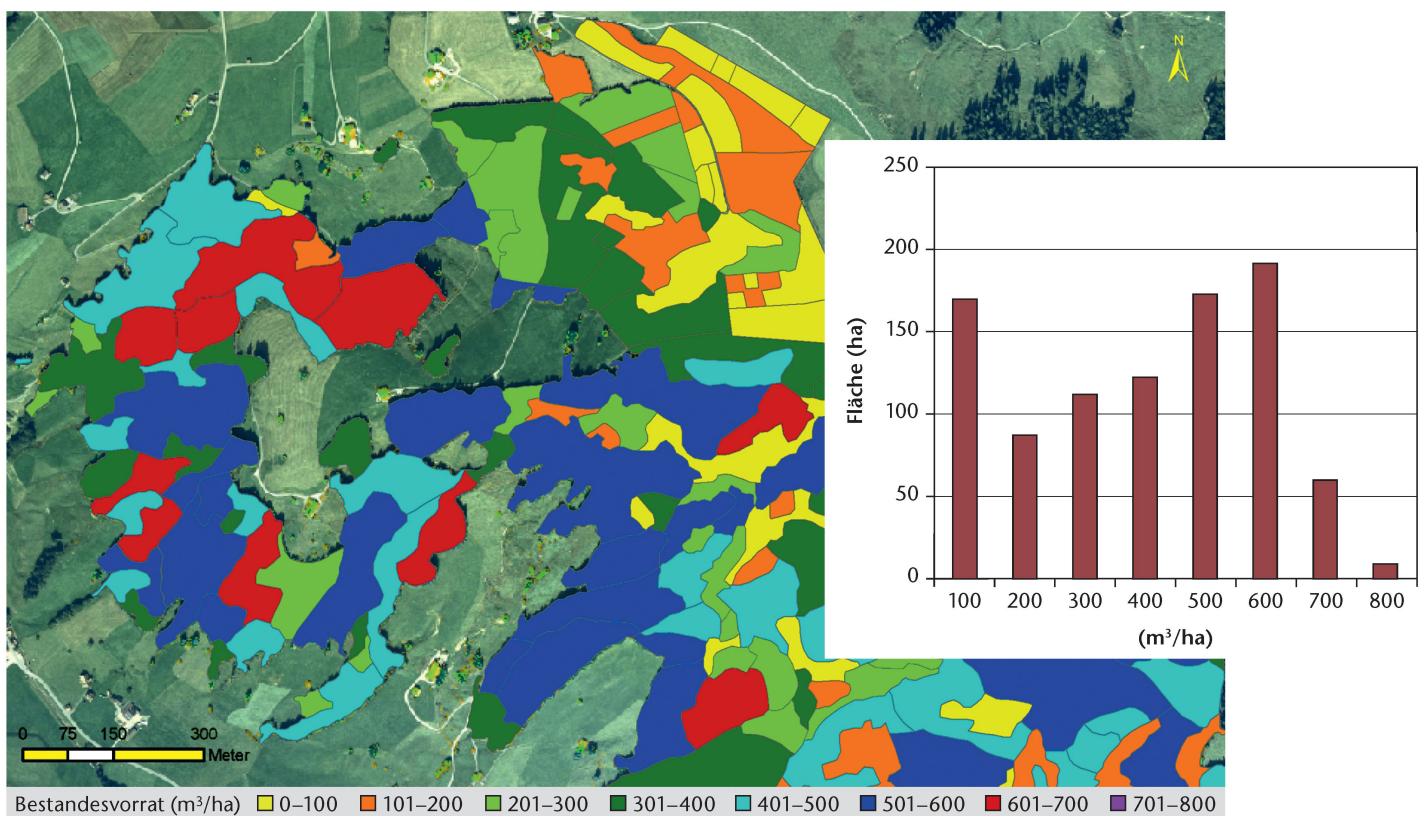


Abb 3 Bestandeskarte mit Holzvorräten und Flächenstatistik. Orthobilder: SWISSIMAGE © swisstopo (DV 012725)

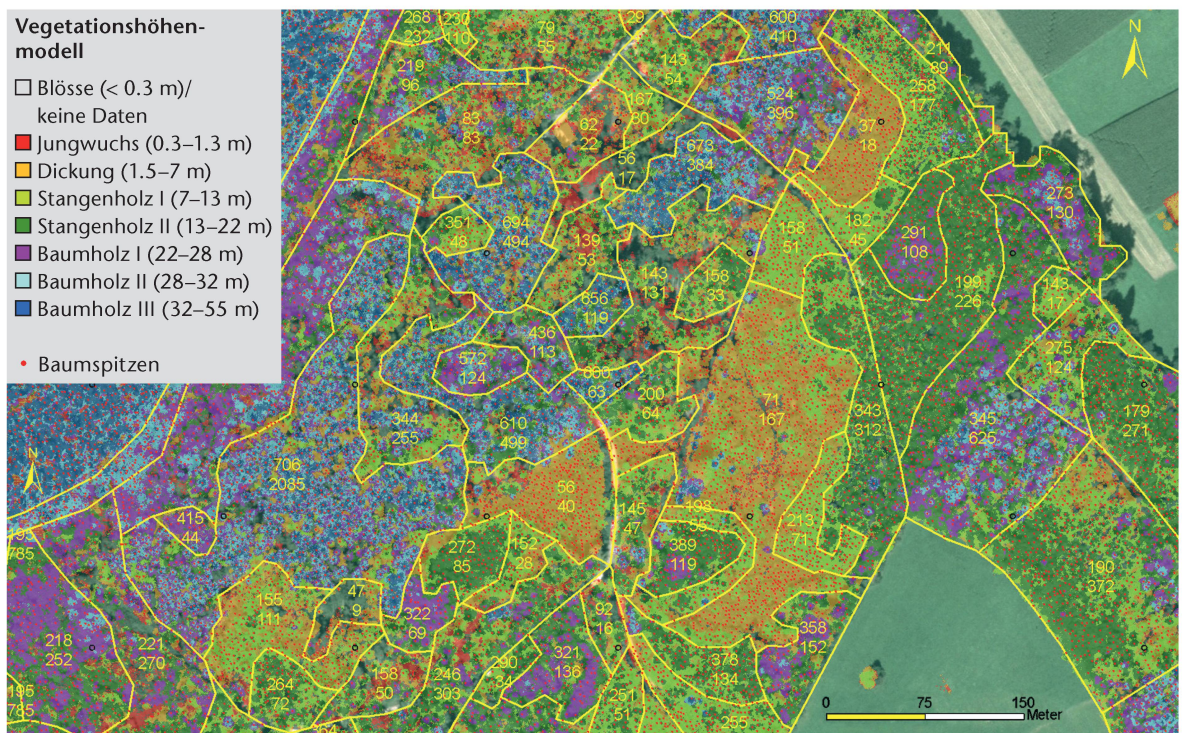


Abb 4 Ausschnitt aus der neuen Bestandeskarte im Testgebiet Obwalden. Bestandescodierung: Vorrat in m^3/ha (oben) und in m^3 (unten). Orthobilder: © 2008 GIS Obwalden

ermittelten Werte wurden dann in einem nächsten Schritt zusammengeführt. Diese Zuordnung von Holzvorräten zu den einzelnen Beständen ist eine grosse Stärke des Verfahrens.

Digitale Bestandeskarte und kartografische Aufbereitung der Ergebnisse

Nach der Ableitung dieser Parameter erfolgte die Übertragung der Auswertungsergebnisse in den Vektordatensatz der Bestandespolygone, welcher in Form eines Shape-Files vorlag. Zu jedem Polygon wurden dabei die Parameter als entsprechende Attribute hinzugefügt. Die digitale Bestandeskarte ist somit eine Datenbank, bestehend aus den Polygonen der Waldbestände und den Attributdaten zu jedem Bestand. Mit der Attributtabelle lassen sich verschiedenste Auswertungen durchführen, die wiederum auch kartografisch dargestellt werden können. Beispielhaft sind in Abbildung 3 die Vorratskarte und eine Flächenstatistik über den Holzvorrat dargestellt.

Im Laufe des Projektes hat sich als von den Förstern besonders geschätztes Produkt die Visualisierung des Vegetationshöhenmodells vor dem Hintergrund eines Orthofotos erwiesen (Abbildung 4). Die aufbereiteten ALS-Daten werden dabei entsprechend den Höhenklassen der Entwicklungsstufen farblich dargestellt, wobei die detektierten Baumspitzen mit einem roten Punkt markiert wurden. Die Entwicklungsstufe selbst wie auch die Überschrif-

mung und die Verteilung der Bäume im Bestand erschliessen sich so direkt visuell. Zusätzlich können eine Bestandesnummer und der Holzvorrat pro Hektare oder der Gesamtvorrat zu jedem Bestand oder auch der gebräuchliche Bestandescode auf der Karte numerisch angegeben werden.

Ausblick

Mit dem Projekt «Neue Bestandeskarte» (Schmidtke et al 2008) wurde ein Verfahren zur Waldbestandeskartierung entwickelt, das ALS-Daten und Satellitendaten als Hauptdatengrundlagen nutzt. Das Verfahren ist robust gegenüber unterschiedlichen Datensituationen und unterschiedlichen Gelände- und Waldverhältnissen. Die Operationalität des Verfahrens wurde anhand von drei grossflächigen Testgebieten demonstriert. Inhaltlich und technisch steht der Anwendung des Verfahrens nichts mehr entgegen.

Für die Anwendung des Verfahrens sind die Verfügbarkeit und die Kosten der ALS-Daten von entscheidender Bedeutung. Sind die ALS-Daten vorhanden, so sind die Auswertungen günstiger als beim konventionellen Verfahren zur Waldbestandeskartierung mit fotogrammetrischer Auswertung und Interpretation von Luftbildern. Eigene Befliegungen lohnen sich nur für grössere Gebiete mit mehreren Tausend Hektaren und mit möglicher Mehrfachnutzung der Daten für andere Zwecke. Teilweise sind die Kantone bereits im Besitz von Daten, teilweise kön-

nen diese beim Bundesamt für Landestopografie bezogen werden. Die Verfügbarkeit und die Kosten vorhandener Daten sind projektspezifisch zu prüfen. Ebenso ist eine Neubefliegung im Einzelfall zu prüfen, und es sind Offerten dazu einzuholen.

Die Entwicklung geht möglicherweise weg von den ALS-Daten zur Gewinnung der Vegetationshöhenmodelle hin zu deren Ableitung aus hochauflösenden, stark überlappenden digitalen Luftbildern. Damit würde eine einzige Befliegung für Luftbilder und Vegetationshöhenmodell genügen. In die gleiche Richtung gehen kombinierte Befliegungen, bei denen ALS-Daten und Luftbilder simultan aufgenommen werden. Dies wird die Datenbeschaffung weiter verbilligen. Dabei verliert man aber wieder Freiheiten bei den Befliegungsbedingungen gegenüber reinen ALS-Befliegungen. Bei Luftbildern sind dann wieder Jahres- und Tageszeiten wie auch die Bewölkung zu beachten. ■

Eingereicht: 31. August 2010, akzeptiert (mit Review): 22. Februar 2011

Dank

Das Projekt wurde vom Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung, vom Bundesamt für Umwelt sowie von den Kantonen Obwalden, Schwyz, Baselland und Zürich finanziert.

Das Projekt «Neue Bestandskarte»

Im Rahmen des Projektes «Neue Bestandskarte» wurde ein operationelles Verfahren zur Ableitung von Waldbestandesparametern auf der Basis von flugzeuggetragenen Laserscannerdaten und Satellitenbilddaten entwickelt. Die erhobenen Bestandesmerkmale sind die Entwicklungsstufe, der Mischungstyp, der Deckungsgrad sowie der Holzvorrat. Hinzu können kommen: Anzahl und Höhe der Bäume je Bestand, Oberhöhe und andere Merkmale. Der Automatisierungsgrad des vorgestellten Verfahrens ist hoch, wobei die Waldbestände halbautomatisch abgegrenzt, die genannten Bestandesparameter dann aber vollautomatisch abgeleitet werden. Die Tauglichkeit des Verfahrens wurde an drei unterschiedlichen Testgebieten auf einer Gesamtfläche von 3000 Hektaren Wald getestet. Die «Neue Bestandskarte» wurde als marktfähiges Produkt konzipiert. Das Verfahren ist robust gegenüber unterschiedlichen Datensituationen und Waldverhältnissen.

Literatur

- BADOUX E (1983)** Ertragstabeln für Buche. Birmensdorf: Eidgenöss. Anstalt forstliches Versuchswesen, 3 ed.
- BADOUX E (1983)** Ertragstabeln für Fichte. Birmensdorf: Eidgenöss. Anstalt forstliches Versuchswesen, 3 ed.
- BRÄNDLI UB, EDITOR (2010)** Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der dritten Erhebung 2004–2006. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt Wald Schnee Landschaft. 312 p.
- MORS DORF F (2011)** Erfassung struktureller Waldparameter mithilfe von flugzeuggetragenem Laserscanning. Schweiz Z Forstwes 162: 164–170. doi: 10.3188/szf.2011.0164
- SCHARDT M, GRANICA K, HIRSCHMUGL M, LUCKEL HW, KLAUS-HOFER F (2004)** Mapping protection forests in the Province of Salzburg using remote sensing. www.ggrs.uni-goettingen.de/ggrs2004/CD/Applications_in_Forestry/ (11.2.2011)
- SCHARDT M, WACK R (2005)** Assessment of parameters for avalanche modelling by means of laser scanning and aerial photos, New strategies for European remote sensing. Oluic M (editor). Rotterdam: Millpress. pp. 137–144.
- SCHMIDTKE H, GÖTZ M, WACK R, SCHARDT M (2008)** Halbautomatisiertes Verfahren zur Erstellung von Waldbestandeskarten mit Luftbildern und Oberflächenmodellen. Winterthur: SILVACONSULT. 38 p. /www.bafu.admin.ch/wald/01234/01238/08413/index.html?lang=de#sprungmarke0_18. (15.7.2010)
- WACK R, SCHARDT M, LOHR U, BARRUCHO L, OLIVEIRA T (2003)** Forest inventory for Eucalyptus plantations based on airborne laser scanner data. Proc ISPRS WG III/3, 3-D Reconstruction from Airborne Laserscanner and InSAR Data, Dresden, 8–10 Oct 2003. www.isprs.org/proceedings/XXXIV/3-W13/papers/Wack_ALSDD2003.pdf (11.2.2011)

Le projet «nouvelle carte de peuplement»

Dans le cadre du projet «nouvelle carte de peuplement», une méthode opérationnelle de dérivation de paramètres du peuplement forestier à partir de données d'images satellite et de balayeur laser aéroporté a été développée. Sont définis ainsi: l'état de développement, le degré de mélange, le degré de couverture ainsi que le matériel sur pied. Peuvent y être ajoutés, selon le peuplement: le nombre et la hauteur des arbres, la hauteur dominante et d'autres facteurs. Le degré d'automatisation de ce procédé est élevé. La délimitation des peuplements est semi-automatique et la dérivation des paramètres totalement automatique. L'aptitude de cette méthode a été testée dans trois zones différentes sur, au total, une surface de 3000 ha de forêts. La «nouvelle carte de peuplement» a été conçue comme un produit commercialisable. Le procédé est fiable dans les différentes situations tant au niveau des données que des forêts.