

EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser

« Dank grossem Effort aller Beteiligten konnten die ersten Ergebnisse des dritten Landesforstinventars (LFI3) sechs Monate früher als geplant publiziert werden. Sie zeigen:

Der Holzvorrat steigt im Schweizer Wald nur leicht und nimmt im Mittelland sogar ab, besonders bei der Fichte. Aber in allen Regionen wächst mehr Laubholz. Und die Waldfäche nimmt im Alpenraum weiterhin zu.

Nun beginnen die Detailanalysen. Bis Ende 2008 soll das Manuskript erstellt sein und es folgen Übersetzung, Layout und Druck bis zum Erscheinen des Ergebnisberichtes im Frühjahr 2010. Parallel dazu laufen, soweit es die knappen Ressourcen zulassen, die Vorbereitungsarbeiten zum nächsten LFI. Voraussichtlich soll neu jedes Jahr ein Zehntel aller Probeflächen erhoben werden.

Zu den laufenden methodischen Abklärungen zählt die Frage nach der Verwendbarkeit von Laserdaten im LFI. Lassen sich die vorhandenen LIDAR-Daten für Analysen der Waldstruktur verwenden? Vielleicht sogar flächendeckend? In der vorliegenden Ausgabe des LFI info werden erste Testergebnisse vorgestellt. »»



Peter Brassel ist Leiter des LFI und der Forschungseinheit Landressourcen-Beurteilung an der WSL.
peter.brassel@wsl.ch

Chère lectrice, cher lecteur

« L'effort conjugué de tous les collaborateurs IFN a été récompensé: les premiers résultats du troisième Inventaire Forestier National (IFN3) ont pu être publiés avec six mois d'avance sur l'agenda. Que révèlent ces primeurs?

Le volume de bois présent en forêt n'a que légèrement augmenté voire même diminué sur le Plateau, et cela en particulier pour l'épicéa. La quantité de feuillus connaît par contre une augmentation dans toutes les régions, tandis que la surface forestière continue de progresser en zone alpine.

L'heure est désormais aux analyses de détails et le rapport devra être rédigé d'ici fin 2008. Cette élaboration sera suivie de travaux de traduction, de mise en page et d'impression, si bien que le rapport final ne paraîtra qu'au printemps 2010. La préparation du prochain IFN se déroule parallèlement, dans la mesure des ressources alléguées. Selon toutes probabilités, 1/10ème de la totalité des placettes sera inventorié chaque année.

L'applicabilité à l'IFN des données laser fait partie des questions méthodologiques du moment. Les données LIDAR aujourd'hui disponibles sont-elles adaptées aux analyses de structure forestière? Peut-être permettent-elles même une interprétation globale, affranchie des relevés par échantillonnage? Ce numéro du LFI-Info présente les premiers résultats des essais sur ce thème. »

THEMA**Von Decken und Lücken**

■ **VON RUEDI BÖSCH, CHRISTIAN GINZLER UND ZUYUAN WANG**

Die Luftbildinterpretation wird als angewandte Methode der Fernerkundung bereits seit dem ersten Landesforstinventar (LFI1) eingesetzt. Im LFI1 und LFI2 wurde noch mit analogen Schwarzweiss-Bildern, im LFI3 bereits mit digitalisierten Farbbildern, der Wald/Nichtwald-Entscheid, die Fixpunkte für die Feldaufnahmen und die Gehölze ausserhalb des Waldareals stereoskopisch interpretiert [1]. Neue Fernerkundungsdaten und Analysemethoden erlauben es nun, gewisse Merkmale schneller, reproduzierbar und flächendeckend zu erheben. Wir zeigen anhand der Merkmale Deckungsgrad und Bestandeslücken, wie diese neuen Daten im LFI3 eingesetzt und analysiert werden.

Deckungsgrad und Bestandeslücken sind für viele forstliche Fragestellungen wichtige Kenngrössen zur Beurteilung verschiedenster Waldfunktionen. So stützte sich die Beurteilung der Schutzwirkung gegen Lawinen und Steinschlag im LFI2 auf die Kriterien Hangneigung, Baumartenmischung, Bestandesdichte, Präsenz von Bestandeslücken und Deckungsgrad der Baumkronen [2]. Im LFI3 sollen neu auch die Kriterien Lückenbreite und -länge berücksichtigt werden. Deckungsgrad und Bestandeslücken sind von ökologischer Relevanz [3] und auch daher zentrale Erhebungsmerkmale im LFI3.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten zum LFI3 haben wir daher untersucht, ob und wie sich Deckungsgrad und andere Waldstrukturen für die LFI-Probeflächen automatisiert und schneller erfassen

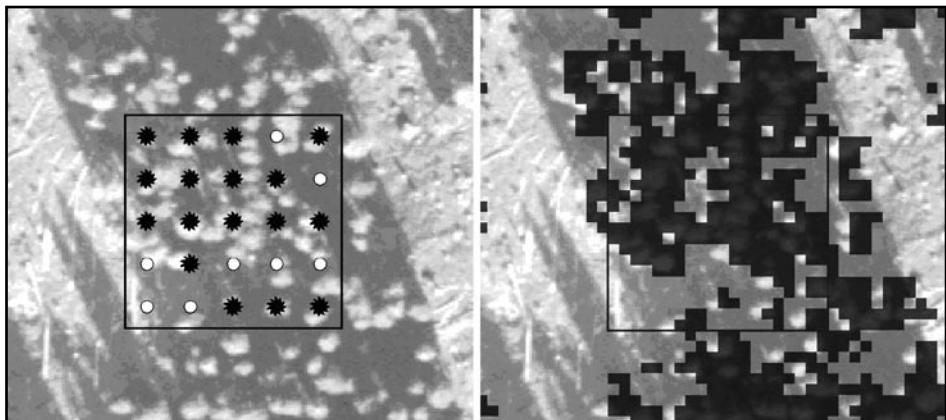


Abbildung 1. Berechnung des Deckungsgrades. Links: Rasterpunkte aus der Luftbildinterpretation. Die Anzahl der Baumpunkte mit Oberhöhe > 3 m (schwarze Symbole) im Verhältnis zu allen 25 Punkten ergibt den Deckungsgrad auf der Probefläche. Rechts: Rasterpunkte aus der Lasermessung. Der Anteil der schwarzen Pixel (Werte im Kronenhöhen-Modell > 3 m) an der Probefläche ergibt den Deckungsgrad. Deckungsgrad Luftbild = 68 %, Deckungsgrad Raster = 59 %.

lassen. Dabei wurde auch die flächen-deckende Anwendung solcher neuen Verfahren geprüft. Denn dadurch eröffnen sich Möglichkeiten der lückenlosen Kartierung auch von kleinen Gebieten, für welche die LFI-Stichprobe sonst keine statistisch gesicherten Aussagen mehr zulässt. Als Datengrundlage kommen für das LFI vor allem digitale Luftbilddaten (SWISSIMAGE) aus der Kartennachführung und Laserdaten in Betracht.

Laserdaten

Seit kurzem sind für weite Gebiete der Schweiz ein hochauflösendes Gelände-(DTM) und Oberflächenmodell (DOM) verfügbar [4]. Im Gegensatz zum bisherigen, rein photogrammetrisch hergestellten digitalen Geländemodell (DHM25) sind beim DOM/DTM-AV flugzeug-gestützte Lasermessungen (Lidar = light detection and ranging) verwendet worden. Dabei wird mit einem gepulsten Laser die Erdoberfläche abgetastet und anhand der Laufzeit die Entfernung berechnet.

In Waldgebieten gelangt nur ein Teil der Laserpulse bis zum Boden, der Rest wird vorher am Kronendach und an den Ästen reflektiert. Dieses unterschiedliche Rückstreuverhalten erlaubt es zwei Arten von Geländemodellen zu generieren, ein Oberflächenmodell ohne Bewuchs (Digitales Terrain Modell DTM), und ein Oberflächenmodell inklusive Bewuchs (Digitales Oberflächen Modell DOM). Diese Messmethodik liefert ein wesentlich genaueres Geländemodell als das bisher verwendete DHM25.

Die Rohdaten von DOM und DTM liegen als unregelmäßige Punktverteilungen vor, sodass zuerst mittels Triangulation ein 2.5m Gittermodell erzeugt wird. Mit diesen interpolierten Datensätzen lässt sich nun der Stichproben-Deckungsgrad der Luftbildinterpretation mit einer flächenhaften Berechnung aus den Laserdaten vergleichen. Im Gegensatz zu einem Luftbild liefert die Aufnahme-Charakteristik der DOM/DTM-Daten keine

vollständige Abdeckung der Oberfläche. Besonders die ständigen Rollbewegungen während des Fluges führen zu kleineren Abtastlücken, wodurch die Genauigkeit des Geländemodells von der lokalen Punktdichte abhängt.

Deckungsgrad

Die Differenz zwischen DOM- und DTM-Gittermodell erlaubt direkt die Berechnung der Bestandeshöhe und wird oft auch als Kronenhöhe-Modell bezeichnet (Canopy Height Model CHM). Aus diesen Höhenwerten kann jedoch wegen der zu niedrigen Punktdichte der Rohdaten (~ 0.5 Punkte / m^2) nicht auf Einzelbaumstrukturen geschlossen werden, aber für Bestandesgrößen lassen sich relevante Parameter ableiten [5].

In Abbildung 1 wollen wir am Beispiel des Kronendeckungsgrades die Berechnung aus flächigen Fernerkundungsdaten mit der herkömmlichen Erfassung des Deckungsgrades vergleichen. In der Luftbildinterpretation des LFI3 wird der Deckungsgrad mittels 25 regelmässig angeordneten Rasterpunkten innerhalb der 50x50m Probefläche berechnet. Betrachtet man die Werte aus dem Kronenhöhe-Modell der Laserdaten, so kann daraus der Deckungsgrad für die jeweilige Probefläche abgeleitet werden. Im Gegensatz zum 10m Messabstand der Interpretations-Rasterpunkte erhalten wir mit dem interpolierten Lasermodell eine flächenartige Berechnung des Deckungsgrades. Es darf aber nicht vergessen werden, dass das Lasermodell auf Punktmessungen basiert, welche eine variable Messdichte aufweisen, sodass Abbildung 1 (rechts) keinen

wirklich flächendeckenden Kronendeckungsgrad darstellt.

Grenzen der Laserdaten

Bedingt durch das unterschiedliche Erhebungsverfahren stellt sich die Frage, welche systematischen Unterschiede zwischen dem Deckungsgrad «Luftbild» und dem Deckungsgrad «Laser» zu berücksichtigen sind. Da die Laserpulse nicht immer genau die Baumspitze treffen, muss ein Höhenfehler miteinbezogen werden. Die mittlere Höhengenauigkeit des DOM beträgt im Vegetationsbereich ± 1.5 m, allerdings macht sich der Fehler primär im Kronenbereich bemerkbar.

Neben diesem systematischen Höhenfehler müssen auch jahreszeitlich bedingte Schwankungen im Kronenschlussgrad einbezogen werden. Laubbäume weisen im Winter eine wesentlich reduzierte Reflektionsfläche gegenüber dem Sommer auf. Dies ist insofern von Bedeutung, als 75% der Befliegungen für das DOM/DTM-AV in den Wintermonaten November bis März erfolgt sind. Der Vorteil der höheren Punktdichte am Boden bei Winterbefliegungen ist zugleich ein Nachteil für die Erzeugung des Oberflächenmodells.

Erste Auswertungen von LFI3-Probeflächen mit mehrheitlich Laub- oder Nadelbäumen in einem Testgebiet mit 171 Probeflächen zeigen, dass der aus den Laserdaten berechnete Deckungsgrad niedriger ist als aus der Luftbildinterpretation, und die Differenz mit steigendem Laubbaumanteil zunimmt (Abb. 2). Neben diesen jahreszeitlichen Fehlern

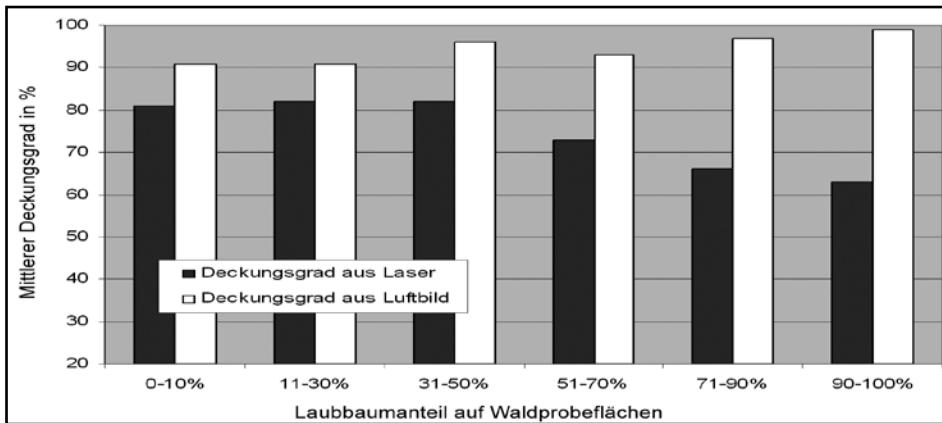


Abbildung 2: Vergleich von Deckungsgrad aus Laserdaten oder Luftbildinterpretation.

kommen in manchen Gebieten auch flächenhafte Aufnahmelücken vor. Die provisorische Waldmaske macht deutlich, dass grosse bestockte Gebiete im Lasermodell fälschlicherweise nicht erfasst werden (Abb. 3a). Um auch in diesen Fällen flächige Auswertungen machen zu können, verwenden wir die spektralen Informationen der Luft- bzw. Orthobilder der Luftbildinterpretation.

Orthobilder

Mit Mustererkennungsverfahren, welche speziell auf die Vegetations-Charakteristik von Wald abgestimmt sind (Abb. 3b), soll ein maschineller Ansatz zur Stratifizierung verfolgt werden. Die eingesetzte Segmentierungsme thode fasst benachbarte und «ähnliche» Werte zu homogenen Flächen zusammen, sodass eine Abgrenzung automatisch erfolgt (Abb. 3b mitte). Dabei wird in einem ersten Schritt eine rein farbzentrierte Segmentierung [6] eingesetzt, welche für Vegetationsflächen optimiert ist. Mit zusätzlichen Textur-Merkmalen wird eine verbesserte Abgrenzung der Waldflächen erreicht, allerdings sind die spektralen und strukturellen Unterschiede zwischen Bewaldung und Landwirtschaftsflächen klein, sodass die Segmentierung nicht immer zuverlässig erfolgt (Abb. 3b rechts). Für die einzelnen Berechnungsschritte müssen diverse Parameter gesetzt werden, welche hauptsächlich wegen der unterschiedlichen Farbverteilungen der SWISSIMAGE-Luftbilder sehr variabel sind. Daher ist die automatische und robuste Parameter-Selektion für uns ein wichtiger Forschungsschwerpunkt.

Mit diesen nur auf Luftbildern basierenden Verfahren ist es also nicht möglich, den Deckungsgrad oder sogar die

Waldbegrenzungslinie der Luftbildinterpretation zu simulieren. Aber in Kombination mit dem DOM/DTM-AV kann die Ausscheidung von Bestandeslücken flächenhaft erfasst werden. Dabei werden die Helligkeits-, Intensitäts- und Farbwerte von Waldflächen mit dem Baumkronen-Modell des DOM/DTM-AV zu einem Waldabgrenzungs-Modell verknüpft (Abb. 4).

Fazit und Ausblick

Für den Ausgleich der jahreszeitlichen und vegetationsbedingten Unterschiede bei der Berechnung des Deckungsgrades mit Laserdaten werden wir bis Ende 2007 eine Lösung erarbeiten. Ein homogenisierter Deckungsgrad für die ganze Schweiz ist das nächste Ziel. Wie weit sich die jahreszeitlichen Unterschiede der Aufnahmen für die Gesamt-

fläche angleichen lassen, wird sich erst durch Vergleiche auf regionaler Ebene nachweisen lassen.

Die Verfügbarkeit des DOM/DTM-AV für die ganze Schweiz stellt für das aktuelle und künftige LFI eine signifikante Erweiterung dar. Die punktbezogenen Probe flächen-Merkmale können nun mit flächenhaft erfassten Merkmalen ergänzt, kombiniert oder teilweise sogar ersetzt werden. Es ist zu hoffen, dass auch in Zukunft die Nachführung des DTM-AV und des DOM durch die swisstopo gewährleistet ist. Genaue Details zum Aufdatierungs-Rhythmus sind aber noch nicht bekannt.

Da die Gebirgsregionen über 2000m.ü.M. noch nicht aufgenommen wurden, stellen diese eine weitere wesentliche Erfassungslücke dar. Insbesondere für die Erfassung der oberen Waldgrenze und von Lawinen-Anrissgebieten sind präzise, und vor allem vollständige Höhenmodelle unumgänglich.

Neben dem bereinigten und erweiterten Lasermodell werden für das LFI

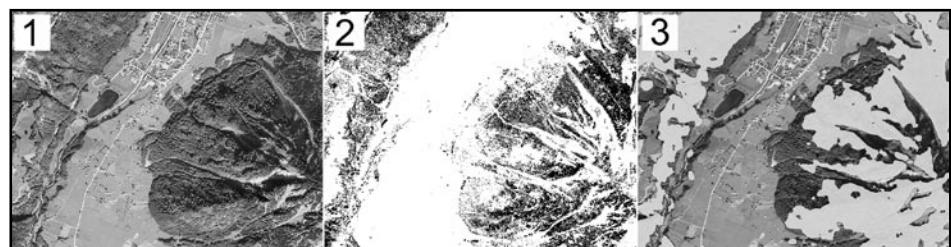


Abbildung 3a. Waldfeststellung mit Lasermodell. 1: Orthofoto mit Ausschnitt aus dem Testgebiet Linthal, GL. 2: Rasterpunkte aus dem Lasermodell. 3: Vergleich von Orthofoto mit provisorischer Waldmaske (hellgrau, gerechnet aus Laserdaten mit einem minimalen Deckungsgrad von 20%, die Waldbreite nicht berücksichtigt).

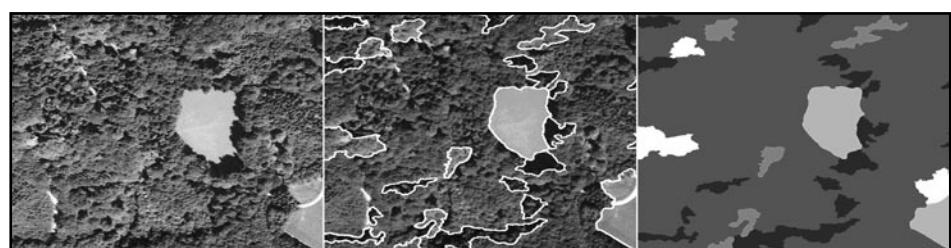


Abbildung 3b. Segmentierung der Waldfläche zur Ausscheidung von Bestandeslücken durch Abgrenzung von homogenen Flächen. Rechts: Problemflächen weiß markiert.

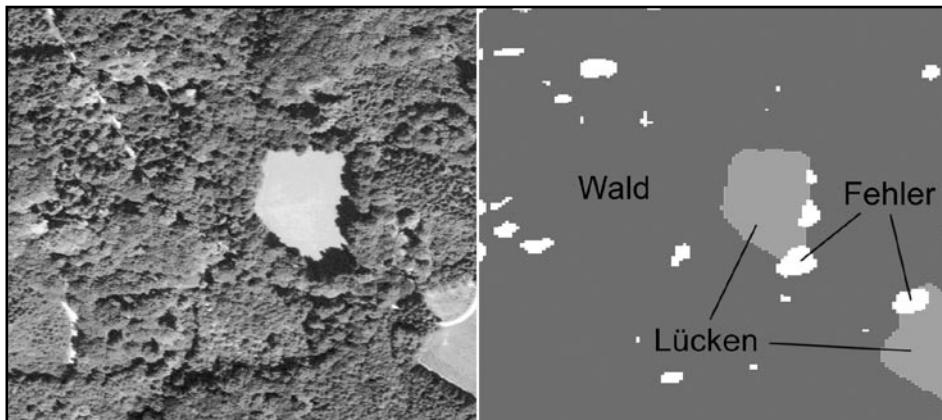


Abbildung 4: Kombinierte Ausscheidung der Waldfläche mittels Laserdaten und Orthofoto.

die neuen digitalen ADS40-Luftbilder [7] eine wesentlich bessere Detailschärfe und eine Erweiterung des Spektralbereiches liefern. Insbesondere der zusätzliche Kanal im nahen Infrarotband wird auch die Ableitung von Vegetationsparametern erlauben.

[1] Ginzler, C.; Wicki, P., 2004: Luftbildinterpretation im dritten LFI. LFI info 1: 2–4.

[2] Brändli, U.-B.; Herold, A., 2001: Protection against Natural Hazards. In: Brassel, P.; Lischke, H. (eds.). Swiss National Forest Inventory - Methods and Models. Birmensdorf, WSL

[3] Brändli, U.-B., 2001: Nature Protection Function. In: Brassel, P.; Lischke, H. (eds.). Swiss National Forest Inventory - Methods and Models. Birmensdorf, WSL

[4] www.swisstopo.ch/de/products/digital/height/dom_dtmAV

[5] Mathys, L., 2005: Erfassung von Waldlücken mittels Laserscanning. Schweiz. Z. Forstwes. 156, 10: 372–377

[6] <http://vision.ece.ucsb.edu/segmentation/jseg>

[7] www.swisstopo.ch/de/products/digital/ortho/swissimage



Ruedi Bösch forscht an neuen flächendeckenden Analyseverfahren und Datenquellen für das LFI.
ruedi.boesch@wsl.ch



Christian Ginzler ist Gruppenleiter Mustererkennung und Photogrammetrie der Forschungseinheit Landressourcen-Beurteilung.
christian.ginzler@wsl.ch



Zuyuan Wang forscht hauptsächlich an neuen flächendeckenden Auswertungsalgorithmen für das LFI.
zuyuan.wang@wsl.ch

Das Schweizerische Landesforstinventar (LFI)

Mit dem LFI werden Zustand und Veränderungen des Schweizer Waldes periodisch erfasst. Nach zwei Inventuren in den Jahren 1983–85 und 1993–95 lief in den Jahren 2004–07 die dritte Erhebung. Das LFI wird von der WSL in Zusammenarbeit mit der Abteilung Wald des BAFU durchgeführt. Die WSL ist verantwortlich für Planung, Datenerhebung, Analyse und wissenschaftliche Interpretation, das BAFU für die waldbauliche Interpretation.

L'Inventaire Forestier National suisse (IFN)

L'IFN recense de manière périodique l'état et l'évolution de la forêt suisse. Après les deux premiers inventaires menés entre 1983-85 et 1993-95, le troisième recensement a été lancé en 2004 et s'est poursuivi jusqu'en 2007. La réalisation de l'IFN est un travail de collaboration entre le WSL et la Division Forêts de l'OFEV. Le WSL est responsable de la planification, du relevé des informations, de l'analyse et de l'interprétation scientifique des données, alors que l'interprétation des résultats en terme de politique forestière revient à l'OFEV.

AUSBLICK

Das LFI gewinnt vermehrt auch an internationaler Bedeutung. Einerseits liefert es Informationen für die europäische und weltweite Waldberichterstattung. Andererseits kommt das Fachwissen seiner Mitarbeitenden auch in internationalen Projekten zum Tragen. Ein Beispiel ist die COST Aktion E43 zur Harmonisierung von nationalen Waldinventuren in Europa. Über dessen Inhalt und erste Ergebnisse, sowie Entwicklungen und Konsequenzen für das LFI, berichten wir in der nächsten Nummer.

LFI LINK

Allgemeine Informationen zum LFI sind unter www.lfi.ch zu finden. Aktuelles und die elektronische Version des LFIinfo können unter www.lfi.ch/news/ abgefragt werden.

IMPRESSUM

Das LFI info erscheint sporadisch und richtet sich an Fachleute auf dem Gebiet Wald und Landschaft. Es berichtet über den aktuellen Projektstand und methodische Aspekte des dritten Landesforstinventars.

Redaktion

Urs-Beat Brändli, WSL
Simon Speich, WSL

Layout Simon Speich, WSL

Auflage 3500 Exemplare

Herausgeberin

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
<http://www.wsl.ch>

