

Im Kanton Luzern

# Waldbestandeskartierung mit digitaler Photogrammetrie

Im Folgenden wird ein Arbeitsverfahren zur Waldbestandeskartierung mit digitaler Photogrammetrie beschrieben, wie es der Kanton Luzern anwendet. Es lässt erhebliche Rationalisierungspotenziale und einigen Zusatznutzen gegenüber dem konventionellen Verfahren erwarten.

Im Rahmen eines Projektes des Bundesamtes für Wald, Schnee und Landschaft Buwal wurden die von «Lothar» am 26.12.1999 verursachten Sturmschäden mit Luftbildern erfasst. Der Kanton Lu-

scheidende Fläche ausserhalb des Waldverbandes betrug dem luzernischen Waldgesetz entsprechend 0,08 ha. Innerhalb Wald sollte ein Bestand mindestens 0,25 ha umfassen. Interpretiert werden die Bestandesmerkmale Entwicklungs-

stufen/Flächentypen (Fig. 1), Baumarten (Fig. 2) und Schlussgrad (Fig. 3). Die Merkmalsklassen wurden dem Bildmaterial angemessen gewählt, dessen Qualität sehr unterschiedlich war. Teilweise stammen die Bilder aus Frühjahrsbefliegungen, bei denen das Laub noch nicht ausgetrieben war. Auch haben solche Bilder wegen des niedrigen Sonnenstandes oft lange Schatten. Die Merkmalsklassen lehnen sich an diejenigen des LFI an. Selbstverständlich sind alle Regeln zu beachten, wie sie auch bei einer Interpretation an einem analogen optischen Stereoskop gelten.

Von Hubertus Schmidtke, Ueli Frey und Silvia Roth\*

zern wurde dafür fast flächendeckend befliegen. Dieses Bildmaterial war Anlass für das Kantonsforstamt KFA, die bereits seit längerem geplante flächendeckende Bestandeskartierung in Angriff zu nehmen (40 000 ha Wald). Die Evaluation gelangte zu einem kostengünstigen Verfahren mit digitaler Photogrammetrie mit der Software Stereoanalyst von ERDAS.

Das Konzept wurde von der Silvaconsult AG in Zusammenarbeit mit dem Forstdienst und der GIS-Koordinationsstelle (GISKO) des Kantons Luzern entwickelt und umfasste ein Fachkonzept, ein technisches Konzept, ein Projektmanagement-Konzept, die Qualitätssicherung und Kostenschätzung.

Ein Schwerpunkt lag in der Entwicklung des technischen Konzeptes, da die digitale Photogrammetrie und im Speziellen der Stereoanalyst bisher noch nicht für grossflächige Waldbestandeskartierungen eingesetzt worden waren. Diverse Probleme sprachen zu Beginn durchaus gegen das Verfahren.

## Fachkonzept

Das Fachkonzept beinhaltet im Wesentlichen Festlegungen zur auszuscheidenden Mindestfläche und den Katalog der zu interpretierenden Merkmale mit den Merkmalsklassen. Die kleinste auszu-

\* Dr. Hubertus Schmidtke ist Geschäftsführer der Silvaconsult AG, Winterthur, Ueli Frey ist Forstingenieur am Kantonsforstamt, Luzern, Silvia Roth ist Geographin an der GIS-Koordinationsstelle des Kantons Luzern.

Code	Bezeichnung	Definitionen / Bemerkungen
1	Jungwuchs / Dichtung (1)	$d_{dcm} < 12$ cm
2	Stangenholz (2)	$d_{dcm} = 12-30$ cm
3	Schwaches Baumholz (3)	$d_{dcm} = 31-40$ cm
	Mittleres Baumholz (4)	$d_{dcm} = 41-50$ cm
4	Starkes Baumholz (5)	$d_{dcm} = 50-70$ cm
	Altholz	$d_{dcm} > 70$ cm
5	Gemischt strukturiert	Einschichtig, BHD streut über mind. 3 Entwicklungsstufen
	Plenterwald	Vertikal stufig, BHD streut stark; kleinflächige Mischung der ES
9	Nicht interpretierbar	(z.B. Schatten, Kleinstflächen)
B	Blössen	Ständig unbestockt im Wald
M	Moorwald	Hochmoorbestockungen
K	Kampfbestand	
W	Weidwald	
U	Unproduktiv	(z.B. Felsen)
N	Nichtwald	Insellächen mit anderer Nutzungsart im geschlossenen Wald
<leer>	Keine Angabe	

Fig. 1 Entwicklungsstufe / Flächenkategorien (Klassen in Klammern gemäss LFI)

Code	Bezeichnung	
1	90-100% Ndh	Nadelholz-Reinbestand
2	50-90% Ndh	Nadelholz-Mischbestand
3	50-90% Lbh	Laubholz-Mischbestand
4	90-100% Lbh	Laubholz-Reinbestand
9	Nicht interpretierbar	z.B. bei Jungwuchs
0	Keine Angabe	

Fig. 2 Mischungsgrad von Nadel- und Laubholz

Code	Bezeichnung	Definitionen / Bemerkungen
1	Gedrängt (1)	Starke Berührung der Kronen, häufig asymmetrische Formen, einseitig deformiert
2	Normal (2)	Kronen "normal entwickelt", keine bis leichte gegenseitige Beeinflussung und Berührung
	Locker (3)	Nur kleine Lücken, kein Einschieben von Kronen möglich
3	Räumig (4)	Kronen regelmässig verteilt bis grössere Unterbrechungen des Kronenschlusses. Einschieben von einzelnen bis mehreren Kronen möglich
	Aufgelöst (5)	Mit Einzelbäumen wenig zusammenhängend bestockte Flächen
	Gruppiert (6)	Baumgruppen mit gedrängtem und normalem Kronenschluss ohne Zusammenhang untereinander
4	Stufenschluss (7)	Stufig aufgebaute Bestände, Beeinflussung der Kronen mehr vertikal, horizontale Konkurrenz gering
9	Nicht interpretierbar	
0	Keine Angabe	

Fig. 3 Schlussgrad (Klassen in Klammern gemäss LFI)



Fig. 4: Arbeitsplatz für digitale Photogrammetrie. Mit der Spezialbrille können Stereo-Luftbilder betrachtet und interpretiert werden.

tation im Stereoanalysten stehen die komprimierten und orientierten Bilder zur Verfügung. Die Hauptarbeit kann damit an einem System geleistet werden, das zirka 30 000 Franken kostet (Hard- und Software). Ist der Rechner aufgestartet, so braucht es zum Einlesen von zwei Luftbildern nur wenige Sekunden. Die Bilder können dann am Bildschirm stereoskopisch mit einer speziellen Brille betrachtet und ausgewertet werden (Fig. 4). Für die Interpretation der Sachdaten wurde eine Eingabemaske eingerichtet. Die Bestände können nun in einem Arbeitsgang abgegrenzt und interpretiert werden (Luftbild Fig. 5). Das Ergebnis sind bereits die digitalen Bestandesgrenzen und die Bestandesdaten (Fig. 6).

Die Daten können für allfällige Flächenbilanzen und für die Kartographie in beliebige Geographische Informationssysteme (ArcView, ArcInfo, ArcGIS) übernommen werden. Dies ist für betriebsweise Auswertungen vorgesehen.

## Technisches Konzept

Hauptkennzeichen des Verfahrens war der Einsatz der digitalen Photogrammetrie. Zunächst stellten die digitalen Bilder eine enorme Datenmenge dar. Das Scannen und die photogrammetrische Orientierung der Bilder wurden extern in Auftrag gegeben. Über 700 digitale Luftbilder zu je zirka 700 MB waren das Resultat. Die Bilder in dieser Form in den Stereoanalysten einzulesen, war für die Routineauswertung nicht rationell. Als Lösung stellte sich das vorgängige Komprimieren der Bilder mit einer speziellen Software dar (Mr. SID: Faktor von zirka 1:20 ohne wesentlichem Informationsverlust). Damit war die Datenmenge plötzlich handhabbar. Zusätzlich mussten jedoch so genannte Pyramidenfiles erzeugt werden, um den Zoomvorgang schnell genug für die operationelle Arbeit zu machen. Diese sind dann wieder zirka 250 MB gross pro Bild.

Die GISKO hält sowohl die komprimierten Bilder wie auch die Pyramidenfiles auf dem Datenserver bereit. Über das interne Netz kann darauf zugegriffen werden.

Die Bilder wurden mittels eines Blockausgleichs über die ganze Fläche vororientiert. Für einen Grossteil der Bilder waren die Orientierungsdaten aus der Sturmschadeninventur des Bundes vorhanden und konnten übernommen werden. Die restlichen Bilder mussten noch orientiert werden. Die innere Orientierung erfolgte vorgängig für jedes Stereomodell mit der Software Orthobase von ERDAS, so dass Orthobase für die weiteren Arbeiten nicht mehr benötigt wird. Für die Bestandesabgrenzung und für die Interpre-



Fig. 5: Luftbild.

### Projektmanagement/QS

Auftraggeber der Waldbestandeskartierung war das Kantonsforstamt Luzern. Die Grundidee, diese mit digitaler Photogrammetrie durchzuführen, wurde zusammen mit der GIS-Koordinationsstelle des Kantons Luzern entwickelt. Für die Formulierung des Konzeptes und für die Lösung einzelner technischer Fragen wurden zusätzlich externe Experten beigezogen.

Waren die Bilder vorgegeben, so mussten diese gescannt, photogrammetrisch orientiert und komprimiert werden. Für die Interpretation war ein Merkmalskatalog zu erstellen. Die Interpreten mussten geschult und ein Interpretationsschlüssel entwickelt werden. Ein Einführungskurs und eine Begleitung der Interpretation am Anfang sicherte die Qualität. Das KFA und die GISKO führen den grösseren Teil der Arbeiten in Eigenregie durch. Zusätzlich interpretieren aber auch selbstständige Forstingenieure das System der GISKO.

Es stehen zwei Arbeitsplätze an der GISKO zur Verfügung. Aus ergonomischen Gründen wird in Halbtagesblöcken gearbeitet. Das Datenhandling und die Systembetreuung werden von der GISKO geleistet, ebenso die Datenausgabe (Kartenlayout, Druck, Abgabe in digitaler Form).

### Zusatznutzen des Verfahrens

Ein Vorteil des Verfahrens ist auch, dass die Bilder sehr schnell eingelesen werden können und somit für Auswertungen verschiedenster Art zur Verfügung stehen (zum Beispiel Erfassung der Erschliessung, Zählen und Messen von Überhältern, Vorabklärungen für Waldfeststellungen). Man ist sehr schnell am Auswerten und Interpretieren. Auch für nichtforstliche Fragestellungen stehen diese Bilder flächendeckend zusammen mit dem Auswertesystem zur Verfügung. Um diesen Zusatznutzen möglichst auszuschöpfen, werden das Verfahren und die damit verbundenen Möglichkeiten innerhalb des Forstdienstes und anderen kantonalen Fachstellen bekannt gemacht und demonstriert. Zurzeit wird geprüft, ob die ausgewerteten Waldaussegnen für das Projekt «Landwirtschaftliche Nutzflächen» des Bundes verwendet werden können. Dies würde erhebliche Einsparungen bedeuten. Auch prüft das Vermessungsamt, ob sich die digitalen Bilder und das Auswertungsverfahren für gewisse Aufgaben der Vermessung eignen. Diesen Sommer findet eine ergänzende Befliegung über das ganze Biosphärenreservat Entlebuch statt. Das erworbene Auswertungs-Know-how kann voll genutzt werden. Quasi als Nebenprodukt können auch Orthobilder erzeugt und ausgegeben werden (Fig. 7). □

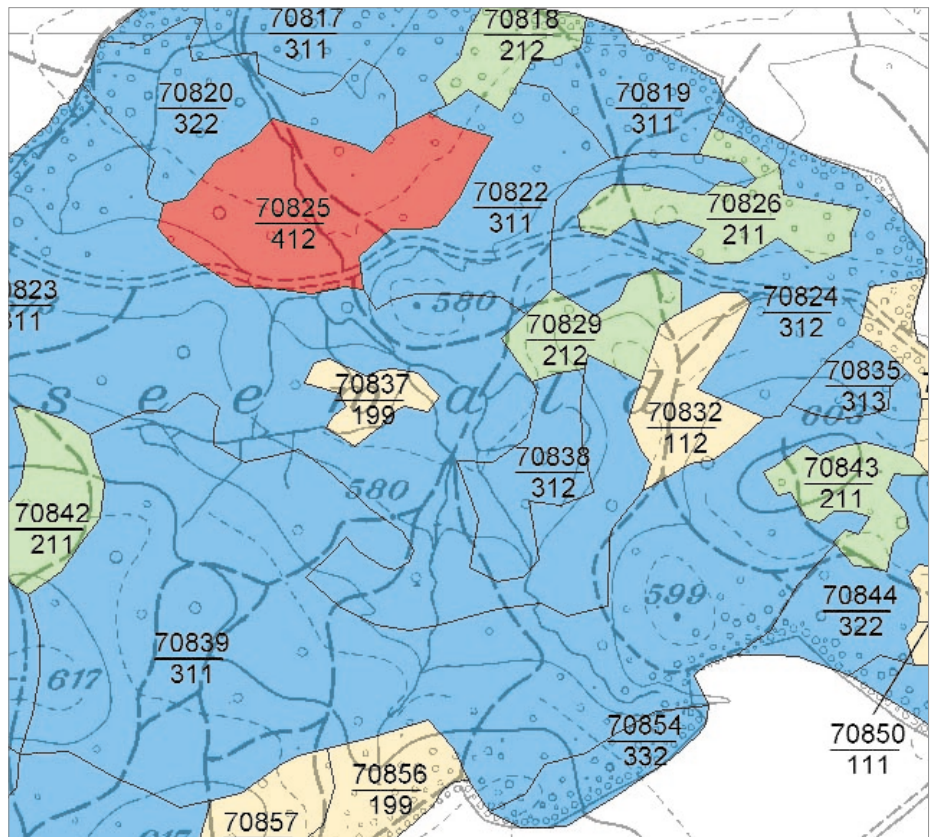


Fig. 6: Bestandeskarte mit Bestandesnummern und Bestandescodes (dreistellig aus Entwicklungsstufe, Baumart, Deckungsgrad). Die Farbsignatur der Bestände zeigt die Entwicklungsstufe.

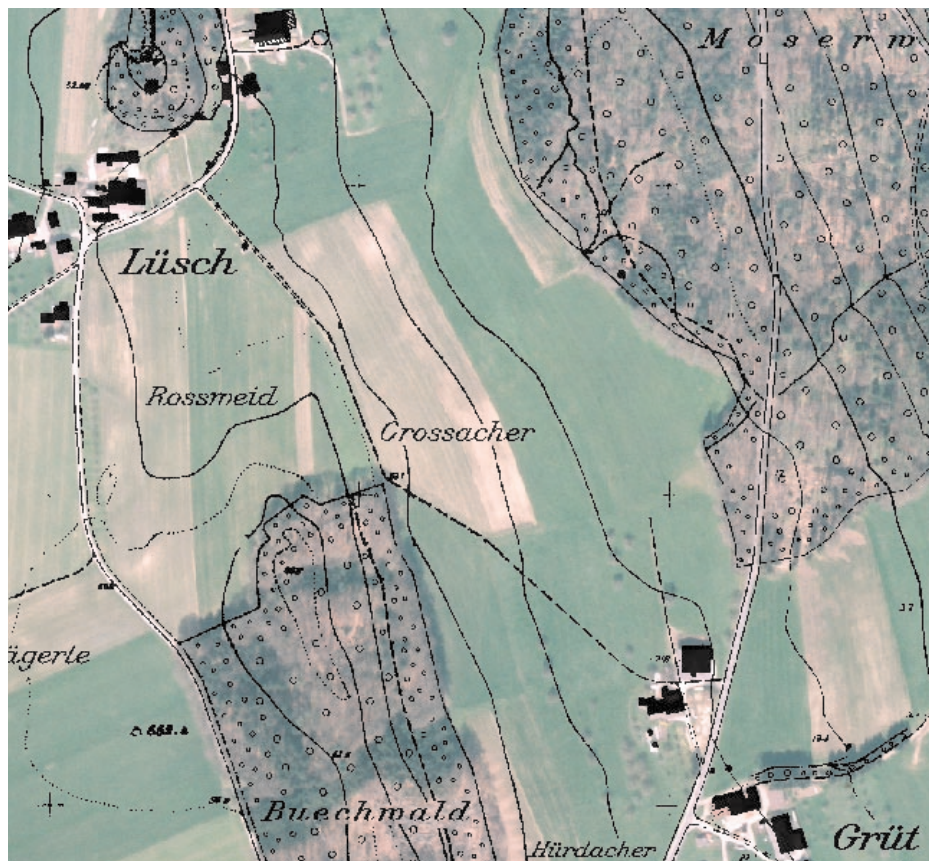


Fig. 7: Orthobild mit Übersichtsplan.