



Anforderungen an das digitale / digitalisierte Luftbild – Ein Leitfaden der Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten

FRANK FRANKEN, Gießen & KARINA HOFFMANN, Pirna

Keywords: Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten, digitales / digitalisiertes Luftbild, digitale Kameras, Luftbilddauswertung, Standardisierung

Summary: *Requirements for Digital / Digitized Aerial Imagery – A Manual of the Working Group of Forest Interpreters of Aerial Photographs.* The working group of forest interpreters of aerial photographs (AFL) is an association of mainly forest specialists of remote sensing, working for forest administrations, research centres and institutes, universities as well as for private enterprises in German-speaking countries. The article gives a summarizing overview of the interpretation-keys of aerial photographs developed by AFL as well as a preview of the guide for “requirements of the digital / digitized aerial photography”. The development of the guide is still in progress.

Zusammenfassung: Die Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten (AFL) ist ein Zusammenschluss von zumeist forstlich ausgebildeten Fernerkundungsspezialisten von Forstverwaltungen, von Versuchs- und Forschungsanstalten, von Universitäten und von privaten Firmen im deutschsprachigen Raum. Der Beitrag gibt eine zusammenfassende Übersicht über die von der AFL entwickelten Luftbild-Interpretationsschlüssel sowie eine Vorschau auf den sich derzeit in Bearbeitung befindlichen Leitfaden „Anforderungen an das digitale / digitalisierte Luftbild“.

1 Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten

Die ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN (AFL) ist ein Zusammenschluss forstlicher Luftbildinterpreten aus dem deutschsprachigen Raum, der sich vorwiegend mit Fragen der Standardisierung, Anwendung und Qualitätskontrolle von analogen und digitalen Luftbildinterpretationen sowie der Optimierung der Luftbilddaufnahme beschäftigt.

Die Arbeitsgruppe entstand im Jahre 1986. Zu dieser Zeit fand eine intensive Diskussion über die neuartigen Waldschäden und die Verfahren zur Erfassung des Waldzustandes statt. Hierbei wurde deutlich, dass bei der Interpretation von Luftbildern eine intensive Kalibrierung der Methoden und Abstimmung der Experten unabdingbar sind. Zum Zweck der gegenseitigen Abstimmung der Interpretationsergebnisse fanden sich Luftbildexperten aus unterschiedlichen Projekten und Regionen zu-

sammen. Die regelmäßigen Arbeitstreffen mündeten in der Gründung der ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN (AFL).

Bei den Gründungsmitgliedern handelt es sich zumeist um forstlich ausgebildete Fernerkundungsspezialisten von Forstverwaltungen, von Versuchs- und Forschungsanstalten, von Universitäten und von einschlägigen privaten Firmen in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Italien. Sie alle bringen ihre praktischen, regional sehr unterschiedlichen Erfahrungen zur Erhebung der Phänologie der Bäume, der Struktur der Waldbestände und zu den Einsatzmöglichkeiten verschiedener Fernerkundungsmethoden in die konkrete Arbeit ein. Tab. 1 veranschaulicht die derzeit in der AFL aktiven Institutionen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Die Aufgabenfelder der AFL umfassen die Erstellung von Arbeitsanleitungen, Interpretationsschlüsseln, Vorgaben zur Qualitätssicherung sowie den Informationsaustausch und

Tab. 1: Derzeit in der ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN aktive Institutionen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz.

D	– Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising
E	– Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Inst. für Forstökologie und Walderfassung, Eberswalde
U	– HESSEN-FORST, Forsteinrichtung und Naturschutz, Gießen
T	– Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz,
S	Trippstadt
C	– Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg
H	– Landesforst Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin
L	– Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen
A	– Sachverständigenbüro für Luftbildauswertung und Umweltfragen (SLU), Gräfelfing
N	– Staatsbetrieb Sachsenforst, Graupa
D	– Technische Universität Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
	– Universität Freiburg, Abteilung Fernerkundung und Landinformationssysteme
	– Universität Göttingen, Institut für Waldinventur und Waldwachstum
ÖSTERREICH	– Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Wien
	– Universität für Bodenkultur Wien, Inst. für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation
SCHWEIZ	– Eidgen. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf
	– Scherrer Ingenieurbüro AG, Nesslau

Wissenstransfer über praxisrelevante Anwendungen im Bereich Luftbildinterpretation und Fernerkundung.

Zunächst beschäftigte sich die AFL vor allem mit der problematischen Qualität des Color-Infrarot (CIR)-Luftbildmaterials. Im Interesse einer weitgehenden Standardisierung bzw. überregionalen oder zeitlichen Vergleichbarkeit verschiedener Auswertungen wurden von der AFL Luftbild-Interpretationsschlüssel zur Auswertung von CIR-Luftbildern für Schadbilder zur Kronenzustandsbeurteilung von verschiedenen Baumarten in Mitteleuropa (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1992, VDI 1993, EUROPEAN COMMISSION 2000) erstellt. Deren einheitliche Terminologie und ihr gleicher Aufbau gewährleisten, dass zeitlich und räumlich unterschiedliche Luftbildinterpretationen vergleichbar werden.

Zur Unterstützung von regionalen, überregionalen und vor allem periodisch zu wiederholenden forstlichen Planungen, Waldinventuren oder auch Biotopkartierungen wurde von der AFL ein Luftbild-Interpretationsschlüssel zur Bestimmung der natürlichen Altersklasse von Waldbeständen im CIR-Luftbild erarbeitet (AFL 1998). Er beschreibt die luftbildsichtbaren Merkmale zur Erkennung der natürlichen Altersklasse für überwiegend gleichaltrige, einheitliche, zumeist bewirt-

schaftete Hochwaldbestände und Bestandesteile getrennt nach Laub- und Nadelwald.

Der Luftbild-Interpretationsschlüssel II, Bestimmung der natürlichen Altersklassen und der Baumarten von Waldbeständen im CIR-Luftbild, bezieht zusätzlich die baumartenspezifischen Merkmale bei der Erkennung der natürlichen Altersklassen mit ein und erleichtert damit deren Abgrenzung (AFL 1999).

Mit der wachsenden Bedeutung des Waldes für nicht wirtschaftliche Aspekte wie Biodiversität, Biotopmonitoring, Naturwaldforschung, Habitatsuntersuchungen sowie Schutzwald- und Landschaftsmonitoring trat die nachvollziehbare Beschreibung von naturnahen, ungleichaltrigen und stark differenzierten Wäldern immer mehr in den Vordergrund. Der von der AFL erstellte Luftbildinterpretationsschlüssel (AFL 2003) unterstützt die Bestimmung, Schätzung bzw. Messung struktureller Elemente in strukturreichen Beständen und Bestandesteilen.

Die Qualitätssicherung bei traditionellen wie neuen Auswertungsverfahren und Ergebnissen stellt kontinuierliche Herausforderungen an die Arbeitsgruppe.

Aktuell arbeitet die AFL an dem im Folgenden vorab vorgestellten Leitfaden: Anforderungen an das digitale / digitalisierte Luftbild.

2 Leitfaden „Anforderungen an das digitale / digitalisierte Luftbild“

2.1 Ziel des Leitfadens

In den letzten Jahren hat die rasante technische Weiterentwicklung im Bereich der digitalen Photographie dazu geführt, dass digitale flugzeuggestützte Aufnahmesysteme standardmäßig zur Verfügung stehen. Zusätzlich existieren aktuell leistungsfähige Programme für die digitale Bildverarbeitung und die digitale Bildauswertung. Einer größeren Gruppe wird es dadurch ermöglicht, sich mit digitalen Bilddaten zu beschäftigen und digitale Luftbildauswertung durchzuführen. Ein breiter Anwenderkreis ohne oder mit nur geringen photogrammetrischen Basiskenntnissen setzt daher mittlerweile digitale Luftbildprodukte ein.

Der Leitfaden soll aus diesem Grund für forstliche Praktiker und Entscheider einen Überblick über dieses komplexe Thema liefern, ohne den Anspruch eines Lehrbuches zu haben. Die einzelnen Kapitel sind kurz und kompakt gehalten, wobei theoretische Grundlagen nur eingeflossen sind, wenn diese für das Verständnis notwendig sind. Es wurde weiter versucht, alle notwendigen Richtwerte, die sich aktuell bewährt haben, in die einzelnen Kapitel zu integrieren.

2.2 Grundsätzliches

Digitale oder digitalisierte Luftbilder haben gegenüber analogen Luftbildern einige Vorteile. Sie beinhalten z. B. mehr Informationen und können durch Bildbearbeitungsschritte für die jeweilige Auswertung optimiert werden. Zusätzlich können Folgeprodukte, wie z. B. Orthophotos oder digitale Höhenmodelle mit wenig Aufwand hergestellt werden. Besonders Orthophotos lassen sich sehr vorteilhaft in GIS-Projekten oder Online-Suchmaschinen, wie z. B. Google Earth®, zur besseren Visualisierung der Ergebnisse einsetzen. Orientierte Bilddaten und daraus abgeleitete Auswertungsergebnisse können jederzeit mit bereits vorliegenden Geobasisdaten und Geo-

fachdaten in einer GIS-Umgebung dargestellt und analysiert werden.

Die Bereitstellung und Präsentation von digitalen Bilddaten wird durch die generell unkomplizierte Kopierbarkeit von digitalen Daten gefördert. Dieses führt gleichzeitig zu einem höheren Aufwand bei der Arbeit mit digitalen Bilddaten, da höhere Anforderungen an das Datenmanagement gestellt werden. Zwei wichtige Aspekte sind dabei die Datensicherheit und die Datenhaltung.

Bildflüge werden heute viel schneller als früher geplant und durchgeführt; außerdem erfolgt die Vergabe einer Befliegung nicht mehr nur durch Experten. Bedingt durch die Komplexität des Themas werden aber deutlich höhere Anforderungen an die Planung von Befliegungen mit digitalen Kameras gestellt, da zum einen mehr Vorüberlegungen und Expertenwissen notwendig und zum anderen exakte Formulierungen von Ausschreibungen unabdingbar sind.

Diese Thematik hat die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) aufgegriffen und einen Anforderungskatalog für die Ausschreibungen von digitalen Luftbildbefliegungen und einen Produktstandard für digitale Orthophotos herausgegeben. Diese Kataloge sind sehr umfangreich und komplex und für den forstlichen Praktiker und Entscheider weniger geeignet. Um diese Lücke zu schließen, hat die AFL einen für forstliche Anwender verständlichen Leitfaden entworfen.

Bei der Datenauswertung werden auch höhere Anforderungen an den Auswertenden / Interpreten gestellt, da die Daten einerseits mehr Informationen beinhalten, es aber andererseits viel mehr Möglichkeiten gibt, die Bilddaten zu verändern. Die forstliche Bildinterpretation digitaler Orthophotos folgt dabei weitgehend der analoger Orthophotos, jetzt nur am Bildschirm. Je nach Bodenauflösung und radiometrischer Auflösung können Merkmale auf Bestandes- oder Einzelbauebene differenziert und erfasst werden. Die fehlende Höheninformation erlaubt nur eingeschränkte Auswertungen von vertikalen und horizontalen Bestandes- bzw. Strukturmerkmalen. Der Informationsgehalt wird bei den Orthophotos nicht voll ausgeschöpft; dies gilt insbesondere in Schattenbereichen. Bei der Orthophotoherstellung kann es zu Farbveränderungen kom-

men, die das Ergebnis der Interpretation beeinflussen.

Die stereoskopische Auswertung ist im Vergleich zur Orthophotoauswertung leistungsfähiger, aber zeitaufwendiger und stellt höhere Anforderungen an Erfahrung und Sachkenntnis der Interpreten.

In Luftbildern sind vor allem im Randbereich Verkippungseffekte vorhanden. In 2D-Darstellungen werden hierdurch Objekte nicht lagegenau abgebildet oder sogar verdeckt. Bei der stereoskopischen Betrachtung werden Kippereffekte ausgeglichen, so dass eine geometrisch korrekte Digitalisierung möglich ist. Durch den räumlichen Eindruck können Einzelbäume und Waldbestände wesentlich differenzierter und zuverlässiger interpretiert werden (AFL 2003). In Stereoluftbildern können Objekte nicht nur in ihrer Lage, sondern zusätzlich auch in ihrer räumlichen Ausprägung beurteilt werden.

Digitale Luftbilder eröffnen die Möglichkeit des Einsatzes automatisierter oder teilautomatisierter Arbeitsschritte. Vollautomatisch ablaufende Auswerteprozesse für Waldvegetation sind aufgrund der stark differenzierten Bildeigenschaften und Bildinhalte von Luftbildern (Auflösung, Beleuchtung) nicht möglich. Allerdings können im Rahmen derartiger Prozesse einzelne Arbeitsschritte (z. B. Oberflächenmodellberechnung, Waldlückendekontamination) automatisiert durchgeführt werden.

Der Leitfaden soll dem forstlichen Anwender helfen, einen ersten Einstieg in die forstliche Auswertung digitaler Bilddaten zu finden. Eindeutige Handlungsempfehlungen können allerdings nicht gegeben werden, da bei der Konzeptionierung digitaler Prozessketten eine Vielzahl von Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind und sie dem jeweiligen Arbeitsumfeld angepasst werden müssen.

2.3 Gliederung des Leitfadens

Der Leitfaden besteht aus insgesamt zehn Kapiteln (siehe Tab. 2), die in der folgenden Tabelle aufgelistet sind. Die einzelnen Kapitel decken die wichtigsten thematischen Bereiche im Zusammenhang mit dem digitalen / digitalisierten Luftbild ab. Die einzelnen Kapitel beinhalten sowohl Grundlagewissen als auch

Tab. 2: Auflistung der einzelnen Kapitel des Leitfadens.

Kapitel	Überschrift
1	Präambel
2	Digitale Luftbildkameras
3	Digitalisieren von analogen Luftbildern
4	Anforderungen an den digitalen Bildflug
5	Bildorientierung
6	Orthophotoerstellung
7	Auswertung digitaler Luftbilder
8	Datenmanagement
9	Hard- und Software
10	Referenzen

Erfahrungen, die im Umgang mit digitalen Bilddaten gewonnen wurden. Die Kapitel können nacheinander aber auch unabhängig voneinander betrachtet und gelesen werden, da für den einzelnen Leser sicherlich nicht alle Kapitel gleichermaßen relevant sind.

2.4 Beispielkapitel

Beispielhaft soll hier das Kapitel 3 „Digitalisieren von analogen Luftbildern“ beschrieben werden. Analoge Luftbilder liegen häufig in sehr langen Zeitreihen bei vielen Behörden und Institutionen vor und stellen einen Informationspool dar, der unbedingt für die Aufgaben der Verwaltung/Institution bereitgestellt werden sollte. Oftmals sind auch Luftbildzeitreihen als Beweismaterial bei unterschiedlichsten Verfahren unabdingbar. Das dritte Kapitel gliedert sich in neun Unterkapitel auf, die im folgendem kurz beschrieben werden.

- *Einführung:* Hier wird kurz beschrieben, was den Leser in den folgenden Unterkapiteln erwartet, und warum es je nach Fragestellung sinnvoll sein kann, den Scanvorgang durch Spezialfirmen durchführen zu lassen.
- *Scannertypen:* Welche Scannertypen gibt es, mit welcher Genauigkeit arbeiten die Geräte und welche Fehlerquellen können auftreten.

- *Bildauflösung und Dateigrößen*: Welche Faktoren spielen bei der Auswahl der Scanparameter eine Rolle.
- *Maßeinheiten und Umrechnung*: Umrechnungsfaktoren und Maßeinheiten.
- *Scanauflösung*: Richtwerte für die maximale Auflösung beim Scannen.
- *Farbtiefe*: Beschreibung, was hinter dem Begriff Farbtiefe steht.
- *Dateigrößen*: Die zu erwartenden Dateigrößen je nach Scan- bzw. Bodenauflösung.
- *Bildbearbeitung beim Scannen*: Welche Parameter können beim Scannen von Luftbildern beeinflusst werden.
- *Kosten für Luftbildscans*: Wovon hängen die Kosten eines Luftbildscans ab?

Dieses beispielhaft beschriebene Kapitel zeigt die Komplexität der Thematik, und verdeutlicht auf anschauliche Weise, was der Leitfaden sein soll, eine Unterstützung für Praktiker und Entscheider in allen Bereichen des digitalen / digitalisierten Luftbildes.

3 Ausblick

Das in dieser Konstellation als ambitioniert anzusehende Leitfaden-Projekt startete im Jahr 2005. Dabei kommt es durch die hohen Arbeitsbelastungen der Mitglieder der AFL in ihren eigentlichen Aufgabenbereichen zu einer unterschiedlichen Bearbeitungsgeschwindigkeit der einzelnen Kapitel. Derzeit sind 90 % (60 Seiten) des Leitfadens fertig gestellt. Als Veröffentlichungstermin hat sich die AFL das Ende des dritten Quartals 2010 zum Ziel gesetzt, da die vielen Anfragen unterschiedlicher Institutionen aus dem Forst- und Umweltbereich die Notwendigkeit eines Leitfadens verdeutlichen. Aufgrund der ständigen Weiterentwicklung der Aufnahmesysteme und der digitalen photogrammetrischen Auswerteprodukte wird die permanente Aktualisierung/Adaption des Leitfadens als eine Daueraufgabe der AFL gesehen.

Danksagung

Der vorliegende Beitrag war nur durch die stetige konstruktive Zusammenarbeit aller akti-

ven und ehemaligen Mitglieder der Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreteten möglich.

Literatur

- ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN (AFL), 1998: Luftbild-Interpretationsschlüssel, Bestimmung der natürlichen Altersklasse von Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild. – LÖBF-Mitteilungen **1/1998**: 45–50.
- ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN (AFL), 1999: Luftbild-Interpretationsschlüssel II, Bestimmung der natürlichen Altersklassen und der Baumarten von Waldbeständen im CIR-Luftbild. – LÖBF-Mitteilungen **4/1999**: 51–56.
- ARBEITSGRUPPE FORSTLICHER LUFTBILDINTERPRETEN (AFL), 2003: Luftbildinterpretationsschlüssel – Bestimmungsschlüssel für die Beschreibung von strukturreichen Waldbeständen im Color-Infrarot-Luftbild. – Landesforstpräsidium Sachsen, Schriftenreihe **26**, ISBN 3-932967-29-3.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (1992): Anwendung der Fernerkundung zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Wälder. – Verlag Walphot S.A., Belgien.
- EUROPEAN COMMISSION (Hrsg.), 2000: Remote Sensing Applications for Forest Health Status Assessment – Second edition, ISBN 92-828-8144-X.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI), 1993: VDI 3793 Messen von Vegetationsschäden am natürlichen Standort, Blatt 1 Verfahren der Luftbildaufnahme mit Color-Infrarot-Film, Blatt 2 Interpretationsschlüssel für die Auswertung von CIR-Luftbildern zur Kronenzustandserfassung von Nadel- und Laubgehölzen; Fichte, Buche, Eiche und Kiefer.

Adressen der Autoren:

FRANK FRANKEN, HESSEN-FORST, Forsteinrichtung und Naturschutz, D-35394 Gießen, Europastraße 10-12, Tel. +49-641-4991-257, Fax: -260, e-mail: frank.franken@forst.hessen.de.

KARINA HOFFMANN, Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft, Referat FGIS, Kartografie, Vermessung, D-01796 Pirna, OT Graupa, Bonnewitzer-Strasse 34, Tel.: +49-3501-542-260, Fax: -213, e-mail: karina.hoffmann@smul.sachsen.de.

Manuskript eingereicht: Februar 2010
Angenommen: April 2010