

# Baumartengruppen semi-automatisch erfassen

Computergestütztes Verfahren erkennt schnell und zuverlässig wichtige Details aus Luftbildern für die Kartierung von Natura 2000-Schutzgütern

Christoph Straub, Kristine Mayerhofer und Christoph Stepper

**Basierend auf amtlichen Luftbilddaten der Bayernbefliegung wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft ein effizientes, semi-automatisches Klassifizierungsverfahren entwickelt, mit dem die Gruppen Laubholz, Nadelholz und stehendes Totholz in Luftbildern erfasst werden. Die Methode wurde im FFH- bzw. Vogelschutzgebiet Geigelstein erfolgreich getestet und steht nun als unterstützendes Werkzeug für die Bearbeitung weiterer Natura 2000-Schutzgüter zur Verfügung.**

Mit der Umsetzung der Flora-Fauna-Habitat- (FFH-) Richtlinie verpflichteten sich die EU-Mitgliedstaaten, die Schutzgüter nach Anhang I, II und IV zu erfassen sowie deren Erhaltungszustand zu bewerten und zu beobachten (Richtlinie 92/43/EWG, Artikel 11 und 17). Dies gilt auch für die Vogelarten nach Anhang I und Art. 4 (2) der Vogelschutz-Richtlinie. Die Ersterfassung der Natura 2000-Schutzgüter im Wald soll in Bayern bis Ende 2019 abgeschlossen sein.

In der alpinen biogeografischen Region verwendet die Bayerische Forstverwaltung seit 2005 ein fernerkundungsgestütztes Verfahren für die Erfassung und Bewertung von Lebensraumtypen sowie die Erstellung von Suchraumkulissen für Fledermaus-Habitate (Binner und Seitz 2009). Hierfür werden Luftbilder der Bayerischen Vermessungsverwaltung stereoskopisch interpretiert, so dass definierte Wald-Lebensraumtypen und potenzielle Habitate manuell abgegrenzt werden können. Zusätzlich werden bei der Stereointerpretation folgende Kenngrößen für fixe Stichprobenkreise erfasst: Baumarten, stehendes Totholz, Biotopbäume und Entwicklungsstadien (Koch et al. 2013).

Viele FFH-/Vogel-Arten sind auf Lebensräume angewiesen, die sich durch hohe Totholzvolumina auszeichnen oder aus besonders laub- bzw. nadelholzreichen Beständen zusammensetzen. Beispielsweise bilden zusammenhängende lichte Wälder (Mindestgröße 40 ha), die vorwiegend mit Laubbäumen bestockt sind und mindestens 50 m<sup>3</sup> Totholz je Hektar aufweisen, geeignete Lebensräume für den Weißrückenspecht (*Dendrocopos leucotos*) (LWF 2008). Auch der Alpenbock (*Rosalia alpina*) benötigt lichte, laubholzreiche Bestände mit einem hohen Totholzanteil (LWF 2009, unveröffentlicht). Für die Bewertung von Wald-Lebensraumtypen spielen somit Kenntnisse zum Laub-, Nadel- und Totholzanteil eine wichtige Rolle.

Neben dem bisher etablierten Verfahren der stereoskopischen Luftbilddauswertung wurde zusätzlich eine Methode zur semi-automatischen Klassifizierung von Laub-, Nadel- und stehendem Totholz entwickelt, deren Ergebnisse als Informationsgrundlage für die Kartierung und Bewertung von Vogelhabitaten verwendet werden.

## Die Datengrundlage

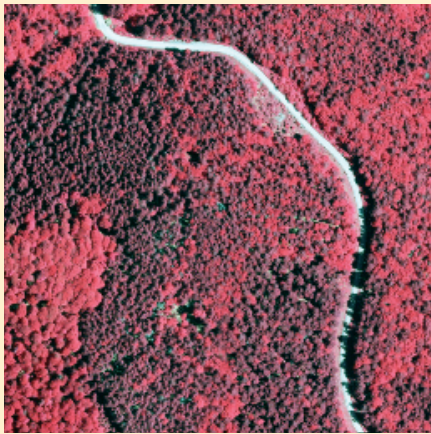
Die Informationsgewinnung aus Luftbildern hat in der Forstwirtschaft sowie im Natur- und Umweltschutz eine lange Tradition (AFL 2012). Luftbilder werden derzeit von den Forstverwaltungen in Deutschland im Vergleich zu anderen Fernerkundungsdaten am intensivsten genutzt. Dies liegt zum einen an der hohen räumlichen (0,2 m Bodenauflösung) und spektralen Auflösung (rot, grün, blau, nahes Infrarot) und zum anderen an der regelmäßigen Aktualisierung durch die jeweilige Vermessungsverwaltung. In Bayern werden die amtlichen Luftbilder in einem dreijährigen Befliegungszyklus vom Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) flächendeckend aktualisiert (LDBV 2015) und stehen der Bayerischen Forstverwaltung über eine Ressortvereinbarung zur Verfügung.

## Das semi-automatische Klassifizierungsverfahren

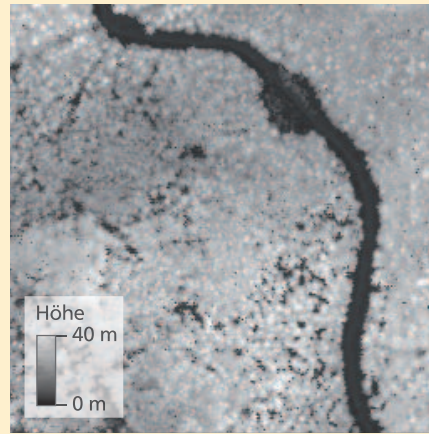
Das Verfahren zur Klassifizierung von Laub-, Nadel- und stehendem Totholz wurde im Forschungsprojekt SAPEX-DLB der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (Straub und Stepper 2014) entwickelt. Als Datengrundlage dienen die Luftbilder vom LDBV. Die Methodik wurde speziell an die in Bayern zur Verfügung stehenden Daten angepasst und wird aktuell in erste praktische Anwendungen überführt.

Unter semi-automatischer Klassifizierung wird ein interaktives, überwachtes Klassifizierungsverfahren verstanden, bei dem Vorinformationen über die Zugehörigkeit einzelner Bildelemente zu thematischen Klassen (hier: Laubholz, Nadelholz, stehendes Totholz sowie Schatten und Boden) verwendet werden. Als Eingangsdaten für die Klassifizierung werden Orthophotos verwendet, die aus den Luftbildern abgeleitet wurden und die dargestellte Landschaft verzerrungsfrei und maßstabsgetreu abbilden (siehe Beispiel in Abbildung 1a).

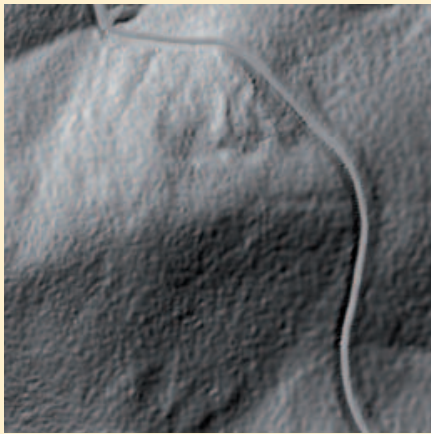
a) Farb-Infrarot-Orthophoto



b) Kronenhöhenmodell

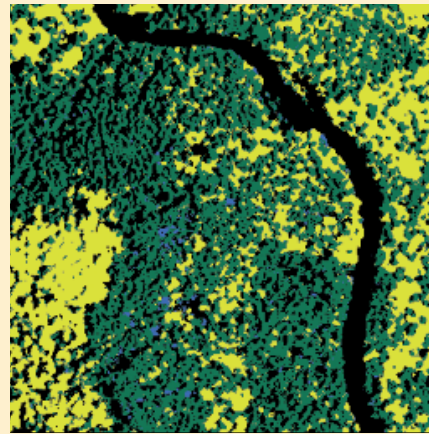


c) Reliefdarstellung (Gelände)



0 0,1 0,2 km

d) Klassifizierungsergebnis



■ Laubholz    ■ Totholz  
■ Nadelholz    ■ Schatten und Boden

Abbildung 1:

- a) Farb-Infrarot-Orthophoto (0,2 m Bodenauflösung) für einen Ausschnitt des FFH bzw. Vogelschutzgebiets Geigelstein,
- b) Kronenhöhenmodell (1 m Bodenauflösung) aus flugzeuggestützter Laserscannermessung,
- c) Reliefdarstellung des Geländes unterhalb der Vegetation (aus einem amtlichen Geländemodell aus Laserscannermessung abgeleitet),
- d) Karte mit den klassifizierten Nadel-, Laub- und Totholzflächen. Schatten- und Bodenflächen wurden in eine gemeinsame Klasse zusammengefasst.

### Die einzelnen Schritte des Verfahrens

Ein Luftbildinterpret wählt im Farb-Infrarot-Orthophoto (Abbildung 1a) mehrere repräsentative Referenz- bzw. Trainingsflächen für die Klassen Laub-, Nadel- und stehendes Totholz aus und grenzt diese manuell ab. Um die Genauigkeit zu erhöhen, werden zusätzlich einige Trainingsflächen für dunkle Schattenbereiche erfasst. Es wird darauf geachtet, dass die Trainingsflächen für alle Klassen möglichst gleichmäßig über das gesamte Gebiet verteilt sind und in ausreichender Häufigkeit vorkommen.

Anschließend werden anhand der ausgewählten Trainingsflächen im Orthophoto Reflektionscharakteristika für jede einzelne Klasse abgeleitet. Um alle Bildelemente bzw. Pixel des Orthophotos den unterschiedlichen Klassen zuzuweisen, wird ein Klassifizierungsalgorithmus eingesetzt. Es können hierfür grundsätzlich unterschiedliche Klassifizierungsverfahren verwendet werden (z.B. künstliche neuronale Netze, Support-Vector-Machines oder Random Forests). Für die Klassifizierung vom FFH- bzw. Vogelschutzgebiet Geigelstein wurde das entscheidungsbaumbasierte Verfahren Random Forests ausgewählt.

Zum Schluss werden die klassifizierten Pixel mit einem Kronenhöhenmodell (Abbildung 1b) verschnitten, um ausschließlich Vegetationsflächen mit einer Mindesthöhe von 2 m darzustellen (Straub et al. 2014). Das Kronenhöhenmodell in Abbildung 1b wurde für diese Fläche aus flugzeuggestützten Laserscannerdaten des LDBV berechnet. Ergänzend zeigt Abbildung 1c eine aus den Lasermessungen abgeleitete Reliefdarstellung des Geländes unterhalb der Vegetation. Wie in Abbildung 1d dargestellt, ist das Ergebnis eine thematische Karte mit den klassifizierten Baumartengruppen. Schatten- und Bodenflächen wurden in eine gemeinsame Klasse zusammengefasst.

Die Genauigkeit der Klassifizierung wurde für das Gebiet Geigelstein stichprobenartig überprüft. Hierfür wurden 100 Stichprobenkreise mit einer Flächengröße von jeweils 1.000 m<sup>2</sup> zufällig über das gesamte Gebiet verteilt. Zwei Luftbildinterpreten beurteilten am stereoskopischen Bildschirm in jedem Stichprobenkreis visuell die dominierende Klasse, d.h. entweder Laubholz, Nadelholz, Totholz oder Schatten & Boden. Entsprechend wurde die dominierende Klasse aus der semi-automatischen Klassifizierung für jeden Kreis abgeleitet. Es zeigte sich, dass für 86 % der Stichprobenkreise die visuelle Beurteilung mit der semi-automatischen Klassifizierung übereinstimmte.

## Schlussfolgerung und Ausblick

Die semi-automatische Klassifizierung von Laub-, Nadel- und stehendem Totholz mit amtlichen Luftbildern konnte im FFH bzw. Vogelschutzgebiet Geigelstein (Flächengröße ca. 3.200 ha) erfolgreich angewendet werden. Dadurch stehen flächige und räumlich hochaufgelöste Informationen zur Verteilung dieser Klassen zur Verfügung. Die Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses ist nach bisheriger Erfahrung hauptsächlich von der Qualität der Eingangsdaten, d. h. vom Informationsgehalt der Orthophotos, sowie von der sorgfältigen Auswahl der Trainingsdaten abhängig. Auch sind die aus dem Orthophoto abgeleiteten Klassifizierungen mit existierenden Daten (z. B. aus der Schutzwaldsanierung) abzugleichen.

Die regelmäßige und objektive Überwachung der Habitatqualität wird in der FFH- und Vogelschutz-Richtlinie in einem 6-jährigen Turnus gefordert (Richtlinie 92/43/EWG Art. 17 und Richtlinie 79/409/EWG Art. 12). Für diese wiederkehrende Aufgabe können mit der vorgestellten semi-automatischen Klassifizierung wichtige Grundlagen geliefert werden. Das bestehende Monitoringverfahren der kontinental biogeographischen Region, bestehend aus terrestrischen Stichproben und Experteneinschätzungen (Sachteleben und Behrens 2010; BfN 2010), könnte dadurch mit flächigen Informationen ergänzt werden. Für das noch zu entwickelnde Monitoringverfahren in der alpinen biogeographischen Region könnte die semi-automatische Klassifizierung Teil eines effizienten, fernerkundungsgestützten Monitoringverfahrens werden, in dem einige der zu überwachenden Kenngrößen über mehrere kombinierte luftbildbasierte Analysen erhoben werden. Der Anteil an terrestrischen Aufnahmen könnte dadurch reduziert werden.

In Zukunft ist eine Optimierung der Methode geplant. Aktuelle Forschungsarbeiten der LWF untersuchen beispielsweise, ob einzelne Nadelholzarten semi-automatisch in den amtlichen Orthophotos differenziert werden können. Wäre dies flächendeckend möglich, könnte eine Flächenveränderung der Lebensraumtypen wesentlich einfacher überwacht werden. Weiterhin wird derzeit geprüft, ob gegebenenfalls vorhandene Forstbetriebsinventurdaten in das Klassifizierungsverfahren integriert werden können, um den manuellen Aufwand bei der Auswahl von Trainingsflächen zu reduzieren.

## Literatur

AFL (2012): Das digitale Luftbild - Ein Praxisleitfaden für Anwender im Forst- und Umweltbereich. Universitätsverlag Göttingen, 84 S.

BfN - Bundesamt für Naturschutz (2010): Bewertung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Deutschland. Überarbeitete Bewertungsbögen der Bundesländer-Arbeitskreise als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring (unveröffentlicht)

Binner, S.; Seitz, R. (2009): Natura-2000-Kartierung im Bergwald. LWF aktuell 69, S. 17–19

Koch, K.; Kanold, A.; Dabizzi, D.; Troycke, A.; Binner, S. (2013): Kartierung und Bewertung von FFH-Wald-Lebensraumtypen im Hochgebirge. LWF aktuell 95, S. 16–20

LDBV (2015): Luftbildprodukte - Produktinformation vom Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. Online: [http://vermessung.bayern.de/file/pdf/1039/download\\_faltblatt-luftbilder08.pdf](http://vermessung.bayern.de/file/pdf/1039/download_faltblatt-luftbilder08.pdf) (30.03.2015)

LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2008): Erfassung & Bewertung von Arten der VS-RL in Bayern – Kartieranleitung für den Weißrückenspecht. Freising. 5 S. Online: [http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/biodiversitaet/dateien/kartieranleitung\\_weissruckenspecht.pdf](http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/biodiversitaet/dateien/kartieranleitung_weissruckenspecht.pdf)

LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2009): Erfassung und Bewertung von Arten der FFH-Richtlinie in Bayern (unveröffentlicht)

Sachteleben, J.; Behrens M. (2010): Konzept zum Monitoring des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen und Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. BfN-Skripten 278, 180 S.

Straub, C.; Stepper, C. (2014): Projekt E49: Semi-automatische Parameterextraktion aus digitalen Luftbildern (SAPEX – DLB) – Teil II, Zwischenbericht, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 64 S.

Straub, C.; Stepper, C.; Seitz, R. (2014): Waldflächenermittlung mithilfe amtlicher Stereo-Luftbilder. AFZ-Der Wald (4), S. 4–7

---

Dr. Christoph Straub ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Informationstechnologie und leitet das Forschungsprojekt SAPEX-DLB (Semi-automatische Parameterextraktion aus digitalen Luftbildern), das vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert wird.

*Christoph.Straub@lwf.bayern.de*

Kristine Mayerhofer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Informationstechnologie und Sachbearbeiterin im Projekt Natura 2000 im Hochgebirge. *Kristine.Mayerhofer@lwf.bayern.de*

Christoph Stepper ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Informationstechnologie und arbeitet im Forschungsprojekt SAPEX-DLB (Semi-automatische Parameterextraktion aus digitalen Luftbildern). *Christoph.Stepper@lwf.bayern.de*