



Fernerkundung an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) – Umsetzung von Forschungsergebnissen in die forstliche Praxis

GU DRUN BUCK, RUDOLF SEITZ & ARMIN TROYCKE, Freising-Weihenstephan

Keywords: Stereointerpretation, digitale Luftbilder, objektbasierte Klassifizierung, Airborne Laserscanning, semi-automatische Baumartenklassifizierung

Summary: *Remote Sensing at Bavarian State Institute of Forestry – Transfer of Research Results in Forestry Practice.* The publication focuses on the presentation of remote sensing activities of the Bavarian State Institute of Forestry (LWF). The LWF primarily uses aerial, digital photography for the assessment of various forest parameters. Therefore, stereoscopic approaches are in use as well as the semi-automatic method of object-based image analysis. Besides that, airborne laserscanning data are used for the discrimination of various forest parameters like stand height and canopy gaps. Mid-resolution satelliteborne data like TerraSAR-X and RapidEye are taken into consideration for the creation of fast response systems answering to the information requirements of forest practice in the aftermath of abiotic and biotic calamities.

Zusammenfassung: Die Veröffentlichung gibt einen Überblick über die Fernerkundungsaktivitäten der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). Die LWF benutzt in erster Linie digitale Luftbilddaten zur Erhebung verschiedener forstlicher Parameter wie z. B. die Waldzusammensetzung. Zu diesem Zweck werden sowohl stereoskopische Auswertungen als auch semi-automatische Verfahren auf Basis von objektbasierter Bildanalyse durchgeführt. Daneben werden Airborne Laserscanning-Daten zur Erhebung von Parametern wie Bestandeshöhen und Kronenlücken genutzt. Satellitendaten mittlerer bis hoher Auflösung, wie z. B. TerraSAR-X und RapidEye, werden zur Erstellung von Unterstützungssystemen im Anschluss an biotische und abiotische Kalamitäten herangezogen.

1 Einführung

Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über die an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) mit Fernerkundungsmethoden bearbeiteten Fragestellungen und die dabei eingesetzten Daten.

1.1 Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Die LWF ist die Ressortforschungseinrichtung des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

(StMELF). Sie unterstützt die Forstbehörden bei der Erfüllung ihrer Aufgaben. Sie betreibt national und international vernetzte Wald-Forschung. Die LWF arbeitet unter dem Dach des Zentrums Wald-Forst-Holz eng mit der Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München und der Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf zusammen und kooperiert zudem mit zahlreichen Fachbehörden, Forschungsanstalten und den bayerischen Nationalparks (Bayerischer Wald und Berchtesgaden) über gemeinsame Projekte.

1.2 Wald und Forstwirtschaft in Bayern

Die Landesfläche Bayerns ist zu rund 36 % von Wald bedeckt, dies entspricht ca. 2,6 Mio. ha bestockter Fläche. Die Wälder Bayerns sind zu ca. 30 % in staatlichem Besitz. Der weit überwiegende Teil der Waldfläche ist in privatem und in geringeren Anteilen auch in kommunalem und Bundes-Besitz. Mit rund 46 % stellt die Fichte (*Picea abies*) die Hauptbaumart dar, gefolgt von Kiefer (18 %) und Buche (16 %) (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 2009). Mit rund 250.000 ha in den Bayerischen Kalkalpen verfügt Bayern als einziges deutsches Bundesland über Waldflächen in Hochgebirgslagen.

Die Bewirtschaftung der staatlichen Wälder obliegt den Bayerischen Staatsforsten AöR. Die Bayerische Forstverwaltung berät und unterstützt private Waldbesitzer und deren Zusammenschlüsse, übernimmt im Körperschaftswald Betriebsleitung und -ausführung und nimmt hoheitliche Aufgaben wahr.

1.3 Rahmenziele zum Einsatz von Fernerkundungsmethoden und -daten

Die Anwendung und Erforschung von Fernerkundungstechnologien an der LWF orientiert sich maßgeblich an vier Rahmenzielen:

- Unterstützung und Vereinfachung von Praxisabläufen und -verfahren wo möglich.
- Ausrichtung der angewandten und zu entwickelnden Methoden an den Anforderungen der Praxisverfahren.
- Überwiegende Einbeziehung von Daten die nachhaltig im Rahmen einer Ressortvereinbarung mit der Bayerischen Vermessungsverwaltung oder durch Projektkooperationen zur Verfügung stehen.
- Orientierung am Bedarf der Bayerischen Forstverwaltung sowie der bayerischen Forstwirtschaft.

Der Praxisbedarf an Fernerkundungsmethoden und -daten wurde beispielsweise im Jahr 2009 von der Technischen Universität München im Rahmen eines Projektes erhoben (FELBERMEIER 2010). Die Ergebnisse weisen in

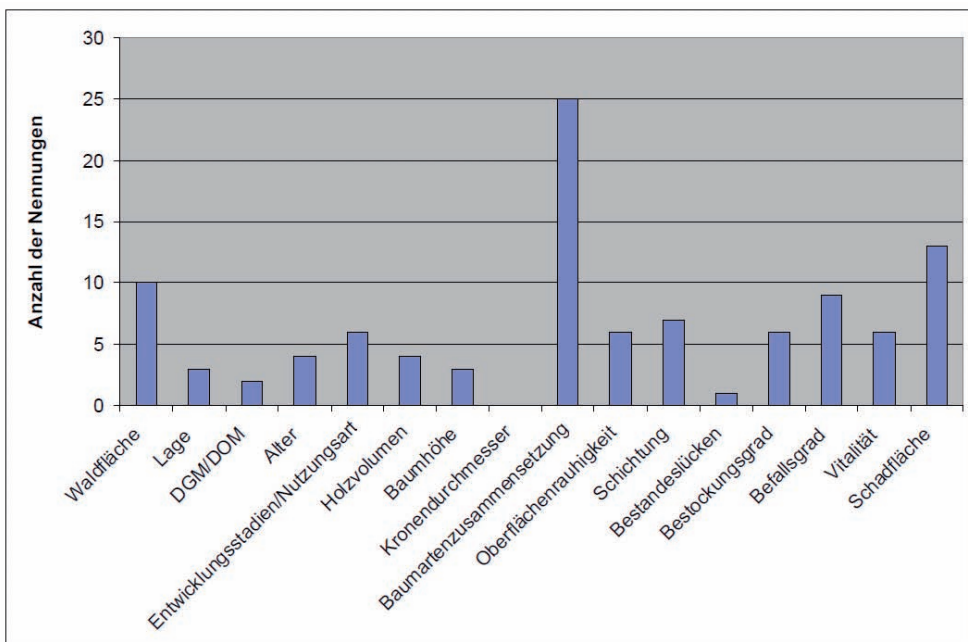


Abb. 1: Bedarf an Fernerkundungsdaten nach forstlichen Parametern gegliedert; Nennungen im Rahmen eines Workshops an der LWF (FELBERMEIER 2010).

den Aufgabengruppen „Waldbau“ und „Waldschutz“ den größten Bedarf an aktuellen, mit Fernerkundungsmethoden erhobenen Informationen auf. Im Bereich „Waldbau“ dominieren Parameter wie: „Baumartenzusammensetzung“, „Flächen und Grenzen des Waldes“, „Entwicklungsstadien“, „Schichtung“, „Baumhöhe“, „Holzvorrat“, „Alter“ und „Bestockungsgrad“. In der Aufgabengruppe „Waldschutz“ dominiert der Bedarf nach Aussagen zu: „Vitalität“, „Befallsgrad“ und „Schadensfläche“ von Waldbeständen (vgl. Abb. 1).

2 Nutzung von Fernerkundungsdaten und -methoden an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Die Nutzung von Fernerkundungsdaten an der LWF orientiert sich aus Kosten- und Synergieaspekten strikt an Luftbildern und Laserscanningdaten, die im Rahmen einer Ressortvereinbarung mit der Bayerischen Vermessungsverwaltung zur Verfügung stehen. Satellitengebundene Sensorsysteme werden derzeit im Rahmen von Projektkooperationen verwendet. Die Fernerkundungsaktivitäten an der LWF sind im Sachgebiet „GIS und Fernerkundung“ angesiedelt und erfolgen in enger Kooperation mit den fachlich zuständigen Kollegen der Abteilungen Waldökologie, Waldbewirtschaftung und Wald und Gesellschaft.

2.1 RGB-Orthophotos

Das Bayerische Landesamt für Vermessung und Geoinformation (LVG) stellt seit 2002 RGB- (Echtfarben-) Orthophotos zur Verfügung. Im Dreijahres-Turnus wird dabei die gesamte Landesfläche Bayerns einmal befliegen. 2009 wurden im Rahmen dieser Befliegung erstmals digitale Kamerasysteme (Matrixkameras) verwendet. Die Auflösung dieser Luftbilddaten beträgt mittlerweile 20 cm, die Auslieferung erfolgt als tif-File bzw. komprimiert im mrSID- bzw. jpg2000-Format. Als orthorektifizierte Luftbilder stellen die Daten

den Hauptteil der angeforderten Fernerkundungsprodukte dar.

Seit 2009 stellt das LVG die RGB-Orthophotos auch in Originalauflösung im Rahmen eines Web Map Services (WMS)-Dienstes zur Verfügung.

2.2 Einsatz von CIR-Luftbildern im Rahmen von Natura 2000

Die Aussagekraft der RGB-Luftbilder ist bedingt durch die verhältnismäßig schwache und gering differenzierende Reflektion der Vegetation im Bereich des sichtbaren Lichts nur begrenzt (vgl. z. B. Huss et al. 1984). Zur eingehenderen Interpretation, insbesondere der Interpretation von Baumarten, werden daher üblicherweise Farbinfrarot (Colour Infrared – CIR)-Luftbilder verwendet. Aufgrund der ausgeprägten Differenzierung der Vegetationsformen im Bereich des nahen Infrarots eignet sich diese Datenquelle besonders zur Unterscheidung unterschiedlicher Baumarten sowie zur Detektion von Vitalitätseinschränkungen lebender Vegetation (HILDEBRANDT 1996; siehe Abb. 2).

An der LWF wird diese Datenquelle im Moment schwerpunktmäßig zur Erfassung und Bewertung von Lebensraumtypen des Hochgebirges im Rahmen des europäischen Biotopverbundnetzes Natura 2000 eingesetzt. Im bayerischen Hochgebirge ist die im Flachland übliche Vorgehensweise der terrestrischen Kartierung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen gemäß der FFH-Richtlinie nur auf Teilflächen möglich. Die kurze Vegetationsperiode und die teils extreme Topographie erfordern hier auf ca. 120.000 ha Schutzgebietsfläche ein alternatives Vorgehen.

Aus dieser Motivation heraus entwickelte die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf in Zusammenarbeit mit der LWF sowie der damaligen Forstdirektion Oberbayern-Schwaben eine Methode zur Modellierung von potentiellen FFH-Lebensraumtypen für die Bereiche, für die ausreichende Informationen aus der Standortserkundung und der forstlichen Betriebsplanung fehlten. Durch eine Verschneidung von Geoparametern wie Exposition, Hangneigung und Höhe über NN aus digitalen

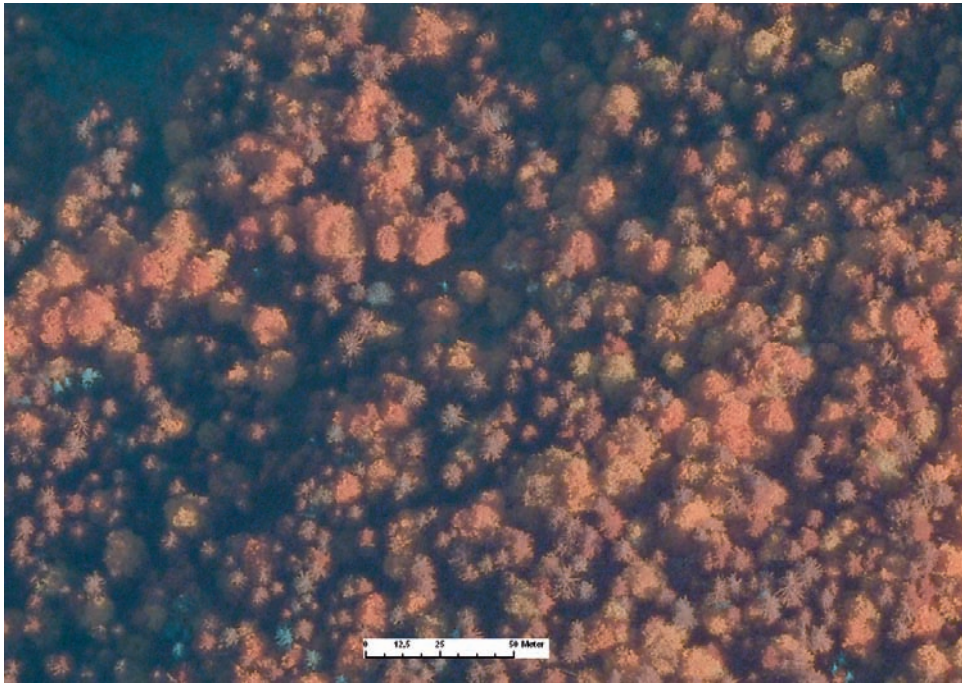


Abb. 2: Digitales Farbinfrarot-Luftbild, Befliegung 2009, Vexcel UltraCam-X; Quelle: Bayerisches Landesamt für Vermessung und Geoinformation.

Geländemodellen mit Standortsinformationen der geologischen Karte wurden dabei potentiell vorkommende Lebensraumtypen abgeleitet (BINNER & SEITZ 2009). Der notwendige Abgleich dieser Modellergebnisse, einer Karte über die potentiellen Lebensraumtypen des FFH-Gebietes, mit dem Status Quo der Baumartenverteilung wurde im Rahmen eines Pilotprojektes zunächst mit amtlichen stereoskopischen RGB-Luftbildern und Orthophotos, ab 2005 mit gescannten, analogen CIR-Luftbildern durchgeführt. Da im Hochgebirge neben der Geologie die Topographie und die Baumartenzusammensetzung die ausschlaggebenden Einflussgrößen auf die Ausprägung der Lebensraumtypen darstellen, kann mit dieser Methode ein bedeutender Teil der großflächig vorkommenden, zonalen Buchenwald-Lebensraumtypen mit hinreichender Genauigkeit bereits im Stereoluftbild identifiziert werden. Zweifelsfälle bzw. die prioritären und azonalen Lebensraumtypen werden der terrestrischen Kartierung zur abschließenden Klärung übergeben.

Zur Vermeidung umfangreicher Digitalisierungsarbeiten wird die notwendige Abgrenzung der Waldflächen gegenüber den nicht bestockten Offenlandbereichen im Rahmen einer objektbasierten Klassifikation der orthorektifizierten Luftbilder unter Verwendung der Software Definiens eCognition durchgeführt. Im Gegensatz zu pixelbasierten Klassifizierungsansätzen erweist sich der objektbasierte Algorithmus im Rahmen der Klassifizierung als stabiler.

Die Vorstratifizierung der Luftbildinhalte im Rahmen der Segmentierung ermöglicht im Gegensatz zu pixelbasierten Verfahren eine Klassifizierung der hochauflösenden Luftbilder ohne die Ausweisung einer übermäßigen Anzahl an Klassen bzw. Mischpixeln.

Die Interpretationsarbeiten innerhalb der dabei erfassten Waldfläche werden an einer digitalen Stereo-Auswertungsstation durchgeführt. Hierzu wird die Software Stereo Analyst für ArcGIS benutzt. Dabei werden auch Erkenntnisse aus der digital vorliegenden Alpenbiotopkartierung (ABK) des bayerischen

Landesamtes für Umwelt (LfU) übernommen. Die ABK liefert eine aktuelle Inventur wertvoller Landschaftsteile der Bayerischen Alpen, die für die Erhaltung der Artenvielfalt, für die Erhaltung speziell angepasster Tier- und Pflanzenarten und damit für den Naturhaushalt von Bedeutung sind. Sie ist eine vegetationskundlich-floristisch ausgerichtete Kartierung. Ob eine Fläche als Biotop erfasst wird, richtet sich danach, ob ihr Erscheinungsbild einem oder mehreren der in der Kartieranleitung des LfU beschriebenen Biotoptypen zuordnen lässt.

Das Verfahren der stereoskopischen Luftbildinterpretation ermöglicht es, ca. 80 % der Lebensraumtypen bei einem durchschnittlichen Flächenfortschritt von 250 ha/Tag zu interpretieren. Für die abschließenden Geländearbeiten werden speziell geschulte Natura 2000-Kartierer der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit Begangsunterlagen auf der Grundlage von CIR-Orthophotos ausgestattet.

Die Erhebung der Parameter im Rahmen der Bewertung der FFH-Lebensraumtypen erfolgt ebenfalls in weiten Bereichen auf der Basis von stereoskopischen CIR-Luftbildern. Hierzu wurde 2009 ein entsprechendes Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der Abteilung „Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme“ (FeLIS) der Ludwig-Albrecht-Universität Freiburg abgeschlossen (KOCH et al. 2009). Insbesondere die Kenngrößen „Baumartenzusammensetzung“, „Entwicklungsstadien“, „luftbildsichtbares Totholz“, „luftbildsichtbare Biotopbäume“ und mehrere relevante Beeinträchtigungen des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen können dem Stereo-CIR-Luftbild entnommen werden. Hierzu werden sowohl Stichprobenverfahren als auch polygonbasierte Auswertungen durchgeführt (BAUER & SEITZ 2010).

2.3 Semi-automatische Baumartenerkennung

Die vom Bayerischen Landesamt für Vermessung und Geoinformation bereitgestellten Luftbilder der regelmäßigen Bayernbefliegung werden seit 2009 mit digitalen Matrixkameras angefertigt. Die Bilddaten stehen in einer

Farbtiefe von bis zu 16 bit kanalgetrennt in den Spektralbändern Rot, Grün, Blau und nahes Infrarot (NIR) zur Verfügung. Durch die verbesserten Bildeigenschaften im Bereich der Farbwiedergabe und Kontrastierung besitzen sie eine deutlich höhere Aussagekraft als analoge, gescannte Luftbilder. Neben der stereoskopischen Verwendung im Bereich Natura 2000 (siehe Abschnitt 2.2) werden die Bilddaten für objektbasierte Strukturerkennung herangezogen. Dieser Forschungsansatz basiert auf konkreten Anforderungen aus der forstlichen Praxis, die im Verlauf eines Projektes in Kooperation mit der TU München, Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, durch Umfragen erhoben wurden (FELBERMEIER et al. 2010).

Demnach herrscht vor allem Bedarf an Aussagen über die Baumartenverteilung, die Waldfläche sowie die Waldgrenzen.

Eine alternative Methode zur visuellen Stereo-Luftbildinterpretation stellt die Erfassung der Baumartenverteilung durch eine objektbasierte Luftbildanalyse dar. Dieses Verfahren konnte im Rahmen eines Forschungsprojektes 2009 für die Baumart Fichte (*Picea abies*) erstellt und getestet werden (GEOCREATIV 2009). Die 4-Kanal-Luftbilder des LVG mit 20 cm Auflösung wurden zu diesem Zweck zunächst bezüglich ihrer Histogramme homogenisiert. Durch eine daran anschließende Klassenbildung konnten homogene Baumartenflächen erzeugt werden. In einem abschließenden Schritt wurden diese segmentiert und als Polygonflächen aus den Luftbilddaten extrahiert (siehe Abb. 3). Das Verfahren lieferte Trefferquoten von rund 80 %. Dabei konnten erwartungsgemäß ältere Bestände mit höherer Genauigkeit erfasst werden als Jungbestände. Jedoch wurden auch junge Fichtenbestände (jünger als 40 Jahre) mit Genauigkeiten um 80 % korrekt angesprochen. Sogar in dieser Altersklasse konnten z. B. einzeln beigemischte Fichten in Douglasien-Dickungen erkennbar gemacht werden. Dies ist im Rahmen einer herkömmlichen 3D-Luftbildinterpretation nicht möglich.

Damit kann das Verfahren zukünftig wichtige Grundlagen für die gemeinwohlorientierte Beratung liefern. Vor dem Hintergrund des Klimawandels ließen sich durch eine Verschneidung mit Standortinformationen bei-



Abb. 3: Semi-automatische Klassifizierung von Fichte (*Picea abies*) auf der Grundlage digitaler Luftbilder des Bayerischen Landesamtes für Vermessung und Geoinformation. Gelb: Erfasste Fichtenkronen. Quelle: GEOCREATIV (2009).

spielsweise besonders umbaudringliche Fichtenflächen identifizieren. Darüber hinaus können die Projektergebnisse auch unmittelbar bei der Erfassung und Bewertung von FFH-Wald-Lebensraumtypen sowie der Abgrenzung von Arten-Habitaten im Hochgebirge eingesetzt werden.

2.4 Verwendung von amtlichen Airborne Laserscanning-Daten

Seit 1996 werden am Bayerischen Landesamt für Vermessung und Geoinformation Airborne Laserscanning-Daten zur Erstellung hochpräziser Geländemodelle erhoben. Die Erfassung der Landesfläche Bayerns wird im Win-

ter 2010/11 voraussichtlich abgeschlossen sein (mündl. Mitteilung LVG 2009). Der LWF stehen sowohl die Geländemodelle in 2 bzw. 5 m-Auflösung als auch die Rohdaten (first and last pulse) zur Verfügung.

Die Verwendbarkeit dieser amtlichen Daten mit einer durchschnittlichen Punktedichte von ca. 1,8 Punkte/m² wurde von FeLIS im Rahmen eines Forschungsauftrags der LWF 2008 untersucht (KOCH et al. 2008). Die Ergebnisse bescheinigten den Daten eine Vielzahl von forstlichen Anwendungsbereichen wie z. B. Wald/Offenlandabgrenzung, Bestandsabgrenzung über die Oberhöhe, Lückendetektion und Erfassung der Bestandsschichten. Diese Ergebnisse wurden im Rahmen der in Abschnitt 0 beschriebenen Vorgehensweise zur Bewertung von FFH-Lebensraumtypen im Hochgebirge wieder aufgegriffen.

Ermöglicht die Stereointerpretation von CIR-Luftbildern systembedingt lediglich die Interpretation des oberen Kronenraumes, ist es demgegenüber mit den im blattfreien Zu-

stand der Baumschicht erfassten Laserscanningdaten möglich, darunter liegende Bestandsschichten sowie Höhen in ausreichender Präzision zu erheben. So können über eine Klassifizierung der reflektierten Laserimpulse Anzahl und Höhe von Vegetationsschichten und diverse Strukturen (Grate, Gräben etc.) erfasst werden. Die Aussage über die Bestandshöhen ermöglicht einen Rückschluss auf die in den Lebensraumtypen vorkommenden Entwicklungsstadien der Baumkollektive (siehe Abb. 4).

2.5 Integration von Satellitendaten in einem Entscheidungs- und Unterstützungssystem für die forstliche Betriebsplanung und des forstlichen Katastrophenmanagements

Im Anschluss an großflächige Schadereignisse aufgrund von Schadinsekten bzw. Wind-

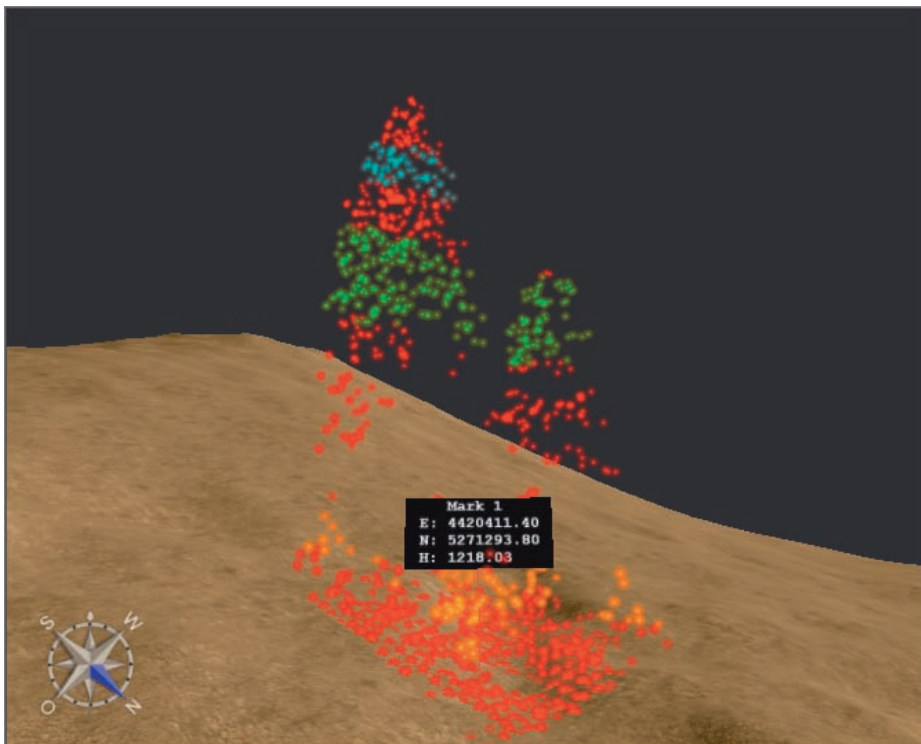


Abb. 4: Bestandsschichten in einer Laserscanning-Zelle von 20 x 20 m. Blau, grün, orange: Erfasste Bestandsschichten; rot: nicht als Schicht klassifizierte Reflektionen (KOCH et al. 2009).

wurf oder Schneebruch werden schnellstmöglich Informationen über die Masse und die räumliche Verteilung, Zusammensetzung und Holzvolumen der geschädigten Waldbestände benötigt. Dabei steht die witterungsunabhängige, möglichst zeitnahe Durchführung der Veränderungsdetektion im Vordergrund.

Vor diesem Hintergrund führt die LWF als Projektpartnerin des Fachgebiets Waldinventur und nachhaltige Nutzung (IFM) und des Institutes für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe (IPF) ein entsprechendes Forschungsprojekt durch. Finanziert mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie werden dabei die Satellitensysteme RapidEye und TerraSAR-X auf ihre Verwendbarkeit geprüft. Beiden Systemen gemein sind ihre Verfügbarkeit für zivile Zwecke, die hohe zeitliche Wiederholungsfrequenz ihrer Aufnahmen sowie die Auflösung von deutlich unter 10 Meter. Während TerraSAR-X auf Radarbasis arbeitet und auch bei ungünstiger Witterung bzw. nachts einsatzfähig ist, operiert RapidEye auf optischer Grundlage und deckt das gesamte sichtbare und NIR-Spektrum der von der Erdoberfläche reflektierten Strahlung ab.

Ziel des Projektes ist die Schaffung eines Entscheidungs- und Unterstützungssystems für Katastrophenfälle. Durch die möglichst zeitnahe Erfassung der Waldflächenveränderung sollen Managementinformationen wie betroffene Flächen, Waldbesitzarten, Baumarten und Holzmenen bereitgestellt werden.

3 Ausblick

Die Nutzung von Fernerkundungsdaten und -methoden an der LWF wird auch zukünftig zwei zentrale und eng miteinander verknüpfte Aufgabenfelder umfassen. Zum Einen die unmittelbare Einbindung in die operative Aufgabenerfüllung der Bayerischen Forstverwaltung (Bsp. Natura 2000) und zum Anderem die Weiterentwicklung von Methoden im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Anwendung und Entwicklung orientieren sich dabei strikt an der erforderlichen Aussagequalität und dem Ziel Praxisabläufe und -verfahren zu unterstützen und zu vereinfachen.

Anwendungs- und Entwicklungsschwerpunkte sind dabei insbesondere die Kombination aus pixel- und objektbasierter Klassifizierung sowie die Substitution voraussichtlich nicht periodisch aktualisierter amtlicher Laserscanning-Daten durch die Erstellung digitaler Oberflächenmodelle aus Stereoluftbildern. Weiterhin soll im Rahmen eines fachlichen Austauschs mit der Vermessungsverwaltung die Standardisierung und Homogenisierung von digitalen Luftbildern gemeinschaftlich vorangetrieben werden.

Referenzen

- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 2009: Baumartenverteilung in Bayern. – www.forst.bayern.de/forstpolitik/wald_in_zahlen/28097/index.php.
- BAUER, C. & SEITZ, R., 2010: FFH-Schutzobjekte aus der Luft bewerten – Luftbilder und Airborne Laserscanning-Daten ermöglichen die effiziente Bewertung großflächiger Wald-Lebensraumtypen in den Bayerischen Alpen. – LWF aktuell **76**, im Druck.
- BINNER, S. & SEITZ, R., 2009: Natura 2000-Kartierung im Bergwald – Mit Fernerkundung und GIS zuverlässig und kostensparend FFH-Gebiete erfassen und bewerten. – LWF aktuell **69**, Freising, 67 Seiten.
- FELBERMEIER, B., 2010: Bedarfsanalyse zum Einsatz der Fernerkundung in der bayerischen Forstwirtschaft. – Unveröffentlichter Bericht, Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, TU München, 140 Seiten.
- GEOCREATIV, 2009: Semi-automatische Erfassung von Fichtenbeständen (*Picea abies*) aus digitalen Luftbildern für den klimagerechten Waldbau. – Unveröffentlichter Bericht, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 30 Seiten.
- HILDEBRANDT, G., 1996: Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. – 1. Auflage, Wichmann Verlag, Heidelberg, 676 Seiten.
- HUSS, J. (Hrsg.), 1984: Luftbildmessung und Fernerkundung in der Forstwirtschaft. – Wichmann Verlag, Karlsruhe, 406 Seiten.
- KOCH, B., BALIC, N., FASSNACHT, F., DEES, M., HEINZEL, J., STRAUB, C., WANG, Y. & WEINACKER, H., 2006: Untersuchung der Nutzungsmöglichkeiten von amtlichen Laserscannerdaten für den Wald-Forst-Bereich – Entwicklung von

Methoden zur Parametrisierung zur Beantwortung von Fragestellungen aus forstlichen Inventur- und Monitoringaufgaben. – Unveröffentlichter Bericht, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 68 Seiten.

KOCH, B., DEES, M., GROSS, C.P., WANG, Y. & ZIELWSKA, K., 2009: Entwicklung eines GIS- und fernerkundungsgestützten Verfahrens zur Bewertung des Erhaltungszustandes von Wald-Lebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie in den FFH-Gebieten der Alpenen Biogeografischen Region Bayerns. – Unveröffentlichter Bericht, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 139 Seiten.

Adresse der Autoren:

GUDRUN BUCK, RUDOLF SEITZ, ARMIN TROYCKE, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Sachgebiet GIS und Fernerkundung, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, D-85534 Freising, Tel.: +49-8161-71-0, Fax: -4971, e-mail: Gudrun.Faisst@lwf.bayern.de, Armin.Troycke@lwf.bayern.de, Rudolf.Seitz@lwf.bayern.de.

Manuskript eingereicht: Februar 2010
Angenommen: April 2010