

„Rapid Forest Inventory“ aus Drohnen-Daten

Jan Dempewolf, Hans-Joachim Klemmt, Simon Ecke, Ewald Endres

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Ausgangssituation

In Zeiten sich rasch wandelnder Umweltbedingungen benötigt die praktische Forstwirtschaft neue Methoden und Werkzeuge, um Waldflächen effizient und zeitnah quantitativ beschreiben zu können. Traditionell durchgeführte, terrestrische Waldinventuren stellen derzeit noch den etablierten Standard dar. Ihnen haften allerdings mehrere Nachteile an. Sie sind personalintensiv und damit vergleichsweise teuer und sie liefern eine Zahlengrundlage mit eingeschränktem Informationsangebot. Zudem ist deren Durchführung mit einem vergleichsweise hohen logistischen Aufwand verbunden, was deren rasche Wiederholbarkeit erschwert.

Unterstützung der Forstinventur durch Fernerkundung

Im Gemeinschaftsprojekt E061 (ForInvUAV) haben die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) und die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) gemeinschaftlich einen neuartigen Ansatz entwickelt, um die Nachteile klassischer Waldinventuren durch ergänzenden Fernerkundungseinsatz weitgehend zu beseitigen.

Im Projekt E061 wurden Waldflächen zweier Forstbetriebe (kommunal und staatlich) mit Hilfe von UAV-Technologie (Drohnen) flächig befliegen. Zum Einsatz kam erstmals VTOL-UAV-Technologie (Senkrechtstarter mit Tragflügeln) mit RTK-Empfängern (höchste Lagegenauigkeit), die sehr hohe Befliegungsleistungen von 500 ha und mehr pro Flugtag ermöglichten.

„Rapide“ Drohnengestützte Forstinventur aus Drohnen-Fotos

Zur Auswertung der hochauflösten Drohnen­daten (2-5 cm Bodenauf­lösung/Pixel) wurde ein Workflow entwickelt, um forstpraktisch wichtige Zielgrößen weitgehend automatisiert abzuleiten. Dieser Bestand aus den Arbeitsschritten: Erkennung von Baumobjekten, Zuordnung von Baumarteninformationen zu den erkannten Baumobjekten, Höhen­ermittlung der Baumobjekte sowie Durchmesser­schätzung der Baumobjekte.

Zur Erkennung der Baumobjekte wurde ein KI-basierter Algorithmus (DeepForest, CNN-Modell) herangezogen, der Einzelbäume im Oberstand mit hoher Genauigkeit erkennt. Zur Zuordnung von Baumarteninformationen zu den erkannten Baumobjekten („Baumarten­erkennung“) wurde ein YOLO-v11-Modell trainiert, das die sieben häufigsten Baumarten mit Genauigkeiten zwischen 73% und 89% klassifiziert. Aus dem normalisierten Digitalen Oberflächenmodell (nDOM), abgeleitet aus den Drohnen­daten, wurden Kronendurchmesser und Baumhöhe extrahiert und mit dem terrestrisch erhobenen Brusthöhendurchmesser (BHD) sowie der Baumart verknüpft.

Darauf aufbauend wurden empirische Regressionsmodelle zur BHD-Vorhersage allein aus Drohrendaten entwickelt, die R^2 -Werte von 0,54 bis 0,88 erreichten, abhängig von Baumart und verfügbarer Stichprobengröße. Die Hochrechnung forstbetrieblich relevanter Zielgrößen (Baumartenzusammensetzung, Vorratsstruktur, Zuwächse etc.) erfolgte mit dem dem R-Paket ForestElementsR.

Der drohnenbasierte Ansatz, lieferte für einen kommunalen Forstbetrieb in Unterfranken einen Holzvorrat von 344 m³/ha, gegenüber 385 m³/ha für den Holzvorrat des Oberstandes aus der klassischen terrestrischen Inventur. Die Übertragbarkeit der Methodik wurde an einem Körperschaftswald in der Oberpfalz bestätigt, wo der drohnenbasierte Ansatz einschließlich einer prozentualen Korrektur für den Unterstand 361 m³/ha gegenüber 342 m³/ha aus der terrestrischen Inventur ergab. Der berechnete Zuwachs stimmte hier mit 6,3 m³/ha/Jahr (drohnenbasiert) gegenüber 6,4 m³/ha/Jahr (terrestrisch) sogar nahezu exakt überein. Der niedrige jährliche Zuwachs auf Betriebsebene in diesem Fall geht auf große Flächenanteile außer regelmäßigem Betrieb (a.r.B.) sowie Flächen mit Schutz- und Erholungsfunktion (SPE) zurück.

Der erarbeitete Workflow ermöglicht durch die virtuelle Anwendung und automatisierte Auswertung virtueller Inventurpunkte einen effizienten, reproduzierbaren Ansatz zur quantitativen Beschreibung von Waldflächen und Forstbetrieben. Er liefert damit zuverlässige Grundlagen für Forsteinrichtungen und Betriebsgutachten, insbesondere dort wo es Entscheidungen zwischen notwendigem Informationsangebot und Kostenaufwand abzuwägen gilt.

Weitere Entwicklungen: UAV-LiDAR

Die Entwicklungsarbeiten an einer Verbesserung der einzelnen Workflow-Bausteine laufen an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft auch nach Ende des Projektes weiter. Aktuell wird der Workflow mit geänderter Sensorik (Wechsel von optischen 2D-Daten auf lasergestützte 3D-Daten) abgeändert, da Photogrammetrie nur den Oberstand erfassen kann und Bäume im Unterstand von oben nicht sichtbar sind. UAV-LiDAR überwindet diese Einschränkung durch aktives Aussenden von bis zu zwei Millionen Laserpulsen pro Sekunde mit kleinem Durchmesser. Die daraus resultierenden 3D-Punktwolken ermöglichen eine vertikale Strukturierung des Bestandes und die Segmentierung von Einzelbäumen auch im Unterstand. Laufende Projekte an der LWF befassen sich bereits intensiv mit dem Einsatzpotenzial dieser Technologie für die Waldinventur.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes E061 wird aktuell ein System erarbeitet, um terrestrische Waldinventuren zu ergänzen und effizienter zu machen. Der grundlegende Workflow wird unsererseits als „**Rapid Forest Inventory**“ (RFI) bezeichnet, da er rasch, kostengünstig und leicht reproduzierbar anwendbar ist. Allerdings liefert er, im Vergleich zu klassischen terrestrischen Inventuren bisher nur ein geringeres Informationsangebot, vornehmlich für den Oberstand. Aktuell wird der RFI-Workflow zusammen mit freiberuflichen Sachverständigen beim Einsatz bei mehreren kleineren und mittleren Forstbetrieben in Bayern prototypenhaft zum Einsatz gebracht und erprobt.