

# Forschungen zur automatischen, Multisensor-gestützten Forstinventur

Jan-Peter Mund<sup>1</sup>, Anko Börner<sup>2</sup>, Adrian Schischmanow<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fachbereich Wald und Umwelt  
Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH)  
Alfred-Möller-Straße 1  
16225 Eberswalde  
Jan-Peter.Mund@hnee.de

<sup>2</sup>Abteilung Informationsverarbeitung optischer Systeme  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Rutherfordstraße 2  
12489 Berlin  
Anko.Börner@dlr.de  
Adrian.Schischmanow@dlr.de

**Abstract:** Automatisierungsroutinen sowie semi-automatische echtzeitbasierte Erfassungsmethoden wichtiger forstlicher Bestandsparameter haben heute eine hohe Relevanz, insbesondere in Bezug auf die Verwendung der räumlich erhobenen Attributdaten innerhalb von modernen 3D und 4D Waldwachstumsmodellen, wie z. B. „B-Win-Pro“ oder dem „Waldplaner“. Ein Großteil forstlich relevanter Objektparameter können mittels der Verknüpfung verschiedener, autonomer Sensorplattformen IPS (Integrated Positioning System) und anderer opto-elektronischer Scanner in nahezu Echtzeit erfasst werden. Die Lage- und Objektdaten werden in internetfähigen Geodatenbanken als individuelle Geo-Objekte und Sachdatenbestände (Attribute) nutzerfreundlich verwaltet.

## 1 Einleitung

Um die Bestandsstrukturen, Artenzusammensetzung, Holzvorräte und Biomassezuwächse von Wäldern erfassen zu können, werden regelmäßige Forstinventuren durchgeführt. Die klassisch analogen Verfahren stoßen heute an die Grenzen der technischen und personellen Realisierbarkeit. Somit ergibt sich ein erheblicher Bedarf für ein modernes, effizientes, einzelbaumaufgelöstes und digitales Waldinventurverfahren. Zahlreiche forstwirtschaftlich relevante Kenngrößen, können so in Zukunft mittels semi-automatisierter, digitaler Multi-Sensorsysteme auf großen bewirtschafteten Waldflächen regelmäßig im Rahmen von Bewirtschaftungs- und Pflegemaßnahmen erfasst werden.

Die hier vorgestellten Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Entwicklung eines neuartigen Multisensorsystems mit automatisierter Parametrisierung von forstlich

relevanten Daten für eine in Zukunft weitgehende automatisierte Waldinventur von Forstbeständen. Die Scan- und Messplattform besteht aus terrestrischen multi-sensorischen Komponenten, welche eine detailliertere, wesentlich schnellere und damit effiziente Parametrisierung und Analyse forstlicher Sachdaten erlauben.

## **2 Grundlagen und Ausgangsdaten**

Um forstwirtschaftliche Bestandsstrukturen von Wäldern erfassen zu können, werden u. a. vom von-Thünen Institut für Waldinventuren (vTI, Eberswalde) regelmäßige Inventuren (z. B. BWI-1, BWI-2) durchgeführt. Darauf aufbauend werden im Rahmen der Forsteinrichtung alle waldbaulichen Planungen sowie die gesetzlich vorgeschriebene Forsteinrichtung erarbeitet (POLLEY & BOLTE, 2010). Terrestrische Sensorsysteme, die in der Lage sind, größere Waldgebiete systematisch und dreidimensional zu kartographieren und aussagekräftige Sachdaten verschiedener Indikatoren und Abstraktionsebenen für die Forstinventur abzuleiten, sind hierfür jedoch nicht verfügbar.

Die klassischen Verfahren der Forsteinrichtung werden gegenwärtig entweder auf Basis von analog quantifizierten Einzelbeständen und Behandlungseinheiten oder in Form von stärker aggregierten Betriebsinventuren durchgeführt. Im Rahmen der „einzelbestandsweisen Planung“ werden forstwirtschaftlich relevante Waldzustandsdaten für die Einzelbestände (kleinste Erfassungseinheit ist mit einer Mindestgröße von 0.5 ha die Behandlungseinheit) auf Basis einer Rasterstichprobe manuell erhoben, statistisch ausgewertet und temporal anhand von regionalen Zuwachsmoellen extrapoliert. Diese statistisch basierten Modellierungen sind u.a. wichtige Hilfen für Waldbewirtschaftungs- und Waldentwicklungsplanungen. Grundlage aller bisher verwendeten waldwachstumskundlichen Modelle sind neben den rationalisierten Zuwachsdaten und Ertragskennziffern die digitalen Ergebnisse der georeferenzierten Bundeswaldinventur in ihrer spezifischen zeitlichen Extrapolation (POLLEY & BOLTE, 2010).

## **3 Methodik und Forschungsansatz**

Der vorgestellte Forschungsansatz basiert auf einem neuartigen Multisensorsystem mit automatisierter Parametrisierung forstlicher Kenngrößen für eine weitgehende Automatisierung der Waldinventur. Das mobile terrestrische Sensorsystem besteht im Kern aus einem opto-elektronischen Erfassungssystem mit Kapazitäten zur Echtzeitdatenverarbeitung und kann mit weiteren terrestrischen Fernerkundungsverfahren verknüpft werden. Dieses Sensorsystem ist in der Lage, Kenngrößen der klassischen Forstinventur automatisch zu erheben. Die erfassten Parameter sind dabei vorrangig Einzelbaumparameter wie z.B. Baumart, Brusthöhendurchmesser, Höhe, Kronenansatz, Kronenbreite und Kronenausformung, Stammfußkoordinaten (2D- und 3D-Position), Stammform und Ästigkeit, aus denen sich in einem zweiten Schritt alle forstlich relevanten Bestandskennwerte berechnen lassen.

Verfahrenstechnisch wird hierzu ein georeferenziertes, digitales 3D-Modell des Waldes erzeugt um anschließend daraus, unter Verwendung weiterer optischer und multi-spektraler Sensorik forstlich relevante Indikatoren und Inventurdaten abzuleiten. Die kontinuierliche Datenaufnahme erfolgt mittels einer Multi-Sensorplattform, die auf einer mobilen Plattform (Forstfahrzeug, Forwarder, Traktor, o.ä.) durch den Wald bewegt wird. Die digitalen Sensordaten dienen zur Attributierung erfasster Geoobjekte und können berührungslos und ohne Unterbrechung der Fahrtstrecke aufgezeichnet werden. Die generierten Forstparameter und Inventurdaten werden kontinuierlich und reproduzierbar in ein geodatenbankbasiertes digitales Forstinformationssystem überführt und anschließend mit gekoppelten Modellen zur Waldwachstumssimulation verknüpft.

Das integrierte Positionierungssystem (IPS) des DLR nutzt hierbei seine Fähigkeiten zur präzisen Positions- und Lagemessung in unbekannter Umgebung, eine wesentliche Voraussetzung für 3D-Modellierungsaufgaben, bei denen GPS gar nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung steht. Es basiert auf einem Multi-Sensoransatz, der es gestattet, die sechs Freiheitsgrade der Eigenbewegung robust und zuverlässig zu erfassen und in Echtzeit für die 3D-Kartographie bereitzustellen. Zusätzlich ist ein GNSS oder dGPS Hochleistungsempfänger zur Stützung der absoluten 3D Raumkoordinaten in das System integriert (GRIESBACH 2012). Solche stereooptischen Kamerasysteme verfügen über einen bedeutenden Vorteil für den Einsatz innerhalb von Waldbeständen gegenüber herkömmlichen Ortungssystemen; sie sind unabhängig von weiteren Signalen und deren Laufzeitabweichungen. Die erforderliche absolute Genauigkeit der Einzelbaumverortung liegt sowohl bei dem IPS-System des DLR, als auch mittels aufwendiger dGPS Methoden erhobener Daten heute bereits im Submeterbereich. Die Kopplung von optischer Navigation und Trägheitsnavigation in Kombination mit GNSS Signalen erhöht dabei die erforderliche Koordinatengenauigkeit erheblich. Das Verfahren ermöglicht die Einbettung der lokalen Navigationslösung in ein globales räumliches und zeitliches Referenzsystem (GRIESBACH 2012). Die technischen Einschränkungen hinsichtlich der stetigen Verfügbarkeit und hohen Genauigkeit des GNSS oder dGPS-Signals im Wald sind jedoch erheblich eingeschränkt und in großen Waldbeständen erfahrungsgemäß sehr unzuverlässig.

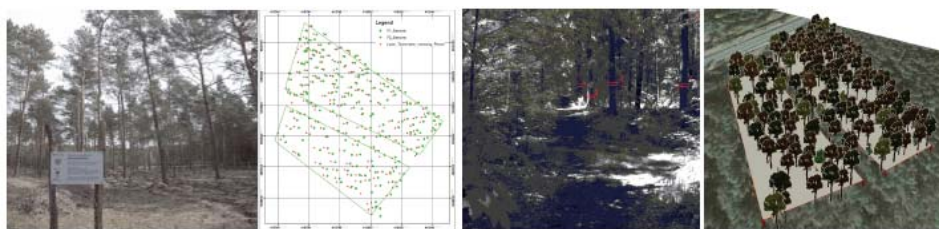


Abb. 1: (von links nach rechts) HNEE Versuchsfläche zur Parametrisierung der Einzelbaumbestände für die automatische Forstinventur; 2D Lagegenauigkeit der Einzelbäume im Testbestand mit GNSS RTK; mobile, automatische Segmentierung der BW Videobilddaten mittels IPS-System (DLR); 3D Visualisierung der Einzelbäume im HNEE Versuchsbestand Eberswalde-Britz

Weitere, terrestrisch agierende Fernerkundungssensoren (Laserscanner und passive spektral höheraufgelöste opto-elektronische Sensoren u.a. Kamerasysteme) können bei Bedarf zusätzlich zur Erfassung der Einzelbaumparameter kombiniert werden und sind

über Geodatenbanken auf der Plattform miteinander verknüpft. Terrestrische Laserscanmethoden mit Punktdichten >10 Punkten/m<sup>2</sup> werden in der 3D Modellierung von Waldbeständen bereits häufig eingesetzt (ROSSMANN, 2011). Sie liefern räumlich sehr hochaufgelöste und detailreiche Abbildungen der Baumgeometrie und der Struktur, jedoch können damit die Textur und spektrale Merkmale des Baumes nicht erfasst werden. Das heißt, wichtige Bestandteile und Attribute des Objektes wie z. B. Rinde, Blätter und Kronendichte, ebenso wie feine strukturelle Größen, z. B. Astdichten, können mit den klassischen Laserscanverfahren nicht erfasst werden. Genau diese Merkmale sind jedoch zur Bestimmung der Baumart sowie der Holzgüte, als auch der Vitalität und Gesamtbiomasse notwendig (KOLDITZ, 2011). Ein weiterer Nachteil von reinen Lasererfassungsmethoden ist die aufwendige Weiterverarbeitung, die zurzeit nur mittels „Postprocessing“ Methoden erfolgen kann.

#### **4 Anwendung und Ausblick**

Die mit dem neuen semi-automatischen Verfahren generierten Forstinventurdaten bilden die Basis für die Planung und Umsetzung von Forstplanungs-, Forstentwicklungs-, -und Forstpflagemassnahmen. Die Forschungen leisten damit einen substantiellen Beitrag zur Steigerung der Effizienz, Qualität und Wirtschaftlichkeit der Forstinventur und anderer forstwirtschaftlicher Maßnahmen. Es wird eine wesentlich größere Anzahl an Bäumen als bei der klassischen forstlichen Stichprobeninventur automatisch erfasst und für die Berechnung von Inventurkennzahlen genutzt. Das Verfahren bildet die Grundlage für eine umfangreiche und detailliertere Datenbasis in der Forstinventur und kann in Zukunft ein wesentlicher digitaler Datenbaustein für eine effiziente Forstplanung, -entwicklung und -bewirtschaftung werden.

#### **Literaturverzeichnis**

- [GBE10] Griebach, D., A. Börner, I. Ernst, S. Zuev: Real time dense stereo mapping for Multi-Sensor navigation. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5, Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK. 2010
- [KKR11] Kolditz, M., Krahwinkler, P., Roßmann, J. Lidar-based measurement of surface roughness features of single tree crowns. In: Lorenzo Bruzzone (Ed.): Proceedings of SPIE, Volume 8180 "Image and Signal Processing for Remote Sensing XVII", 19-22 September 2011, Prague, pp.1-15, ISSN 0277-786X / ISBN 978-0-8194-8811-4, DOI:10.1117/12.897568
- [PB11] Polley, H; A. Bolte: Dritte Bundeswaldinventur beginnt 2011, Bundeswaldinventur<sup>3</sup>. In AFZ 2010/17.
- [RSW11] Rossmann, J., Schluse, M., Waspe, R., Moshhammer, R.: Simulation in the Woods: From Remote Sensing based Data Acquisition and Processing to Various Simulation Applications. In: S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelpach, K.P. White, and M. Fu, (Eds.): Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference "Simulation for a Sustainable World", December 11-14, Phoenix, Arizona, pp. 984 - 996, ISBN 978-1-4577-2109-0