

# Teilautomatische Lagebestimmung von Inventurpunkten in digitalen Orthofotos

Evaluierung von Fernerkundungsdaten und -methoden für die Inventurpraxis

Hans-Joachim Klemmt und Rudolf Seitz

**Daten und Methoden der Fernerkundung können in vielfältiger Weise terrestrische Waldinventuren unterstützen. Nachfolgend werden die Ergebnisse einer Vorstudie vorgestellt, in der Methoden der Informatik auf aktuell vorliegende digitale Orthofotos mit dem Ziel angewendet wurden, die Lage von Waldinventurpunkten teilautomatisch zu ermitteln bzw. zu überprüfen.**

Waldinventuren stellen die unverzichtbare Grundlage einer nachhaltigen Bewirtschaftung unserer Wälder dar. Moderne Fernerkundungsdaten und Methoden der Informatik können dazu beitragen, bisherige Verfahren der Forstinventur zu ergänzen oder gar abzulösen (z.B. Stoffels et al. 2009; Riemer et al. 2011).

Die Qualität der Fernerkundungsdaten hat sich auf Grund des raschen technologischen Fortschritts in den letzten Jahren deutlich erhöht. So bietet das Landesamt für Vermessung und Geoinformation (LVG) seit dem Jahr 2009 standardmäßig Luftbildprodukte mit einer Bodenauflösung von 20 x 20 Zentimetern mit vier Farbkanälen (Rot, Grün, Blau und Farbinfrarot bzw. CIR) sowie einer Farbtiefe von 16-Bit an, die vollständig neue Auswertungsmöglichkeiten eröffnen (LVG 2011). Diese ermöglichen die visuelle Abgrenzung von Einzelbäumen bzw. Baumkompartimenten und liefern auf Grund der vorhandenen Georeferenzierung Informationen bezüglich der Lage von Baumobjekten zueinander.

Im Rahmen von permanenten, terrestrischen Waldinventuren besteht ein kostenintensiver Arbeitsschritt darin, Inventurpunkte im Feld aufzusuchen. GNSS-Einmessungen (Daten aus der Satellitennavigation) liegen dabei im Regelfall noch nicht für die Vorgängeraufnahme vor bzw. sind in Hinblick auf die Güte der Einmessungen häufig unpräzise. Für Planung und Durchführung von Forstinventuren wäre eine weitgehend automatisierte Vorabprüfung der Lage von Inventurpunkten bzw. die Quantifizierung der Abweichungen zwischen Soll-Koordinaten und tatsächlichen Koordinaten auf Basis hochauflöser Orthofotos eine wichtige Information, die vor allem bei größeren Abweichungen hilft, die zeit- und kostenintensive Punktuche im Gelände zu vereinfachen. Im Rahmen einer Vorstudie an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft wurde daher versucht, die Möglichkeiten und Grenzen einer fernerkundungsbasierten Vorklärung der Lage von Forstinventurpunkten mit Hilfe der neuen Luftbildprodukte der Landesvermessungsverwaltung zu prüfen. Konkret sollte geprüft werden, ob es möglich ist, teilautomatisch die Lage von Inventurpunkten zu finden bzw. Abweichungen zu vorhandenen Soll-Angaben zu quantifizieren.

Für die forstliche Praxis ist dies von Bedeutung, da damit für permanente Forstinventuren bereits in der Vorbereitungsphase der Feldaufnahmen geklärt werden kann, ob ein Inventurpunkt auf Grund der gegebenen Aufnahmedaten der Vor-

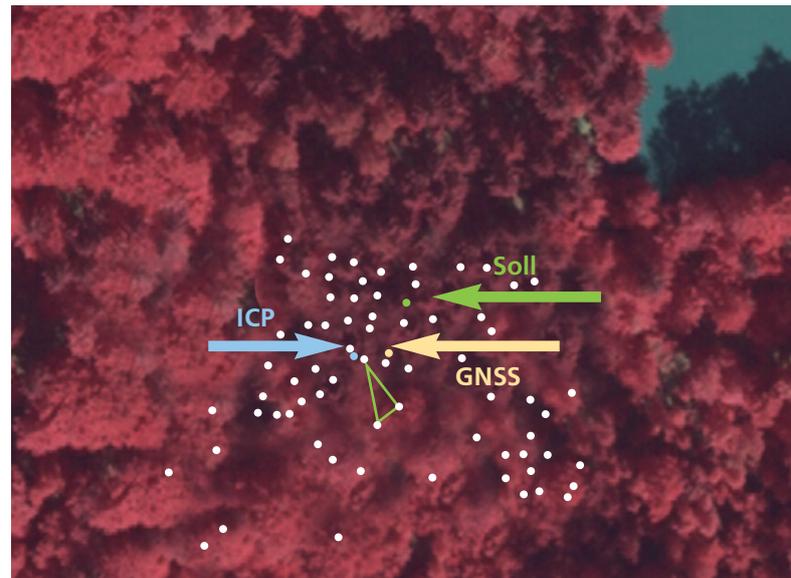


Abbildung 1: Lage des BWI-Inventurpunktes 15519 (4) gemäß den Soll-Koordinaten, gemäß der Einmessung mit Hilfe von GNSS-Technologie sowie gemäß der teilautomatisierten Berechnung mit Hilfe des ICP-Algorithmus.

gängerinventur an der vorgegebenen Stelle liegt oder nicht. Dies trägt dazu bei, die Kosten des Arbeitsschrittes »Aufsuchen des Punktes im Gelände« im Teilarbeitsschritt *Feinnavigation* zu minimieren.

## Datenmaterial und Methoden

Datengrundlage für die Vorstudie stellen die Inventurdaten der Inventurstudie 2008 des Bundes dar, für die vergleichsweise hochwertige GNSS-Daten vorliegen. Diese wurden mit den verfügbaren Daten der Bayerischen Landesvermessungsverwaltung für die Region »Rieneck« verschnitten. In den jeweiligen Orthofotos wurden Ausschnitte um die Soll-Lage der Inventurpunkte ausgewählt. In den Ausschnitten wurden in einem Umkreis von circa 30 bis 50 Metern visuell Einzelbäume bestimmt und deren potentielle Position markiert. Die so in einem GIS generierten, zweidimensionalen Punktfelder wurden exportiert. In einem weiteren Arbeitsschritt wurde

versucht, die Punktfelder der Stammfußpositionen der Inventurpunkte in diese Punktfelder der Orthofotos mit Hilfe eines zweidimensionalen ICP-Algorithmus (Iterative Closest Point) einzupassen. Dieser versucht, Koordinatentransformationen zu bestimmen, die die Abstände zwischen den Punktwolken minimieren, wobei der Vorgang iterativ so oft wiederholt wird, bis ein Optimum gefunden wird. Die Berechnungen wurden mit der freien Netzausgleichungssoftware JAG3D durchgeführt.

## Ergebnis

Ein Vergleich der Abweichungen zwischen der automatisierten Positionsbestimmung (ICP) und den Soll-Koordinaten bzw. den GNSS-Koordinaten hat für die Daten der Inventurstudie 2008 für zehn der zwölf untersuchten Inventurpunkte geringere Abweichungen zwischen den ICP-Positionen und den GNSS-Positionen ergeben als zwischen den ICP-Positionen und den Soll-Koordinaten. Abbildung 1 zeigt exemplarisch das Lageergebnis der Berechnung für den Inventurpunkt 15519 (4). Hier liegt der automatisiert ermittelte Punkt 4,6 Meter von der GNSS-Koordinate bzw. 9,7 Meter von der Soll-Koordinate entfernt.

## Diskussion und Ausblick

Im Rahmen der vorgestellten Vorstudie konnte nur die grundsätzliche Einsatzmöglichkeit in einem begrenzten Gebiet getestet werden. Die Ergebnisse lassen allerdings durchaus den Schluss zu, dass Baumpositionen und deren Bestimmung in den neuen digitalen Orthofotos einen Baustein eines fernerkundungsbasierten Systems zur Unterstützung der Forstinventur darstellen können. Die Grenzen dieses Ansatzes müssen allerdings noch in Hinblick auf eine Vielzahl offener Fragen geprüft werden. So ist zum Beispiel noch nicht geklärt, wie sich die Bestandesdichte, die Bestandesstruktur oder die Baumartenzusammensetzung auf die Positionsbestimmung auswirken. Diese Fragen sollen im Rahmen der Auswertung der Bundeswaldinventur 3 beantwortet werden, da für diesen Datensatz flächige, zeitnahe Befliegungsdaten der benannten Qualität für große Teile der Landesfläche Bayerns vorliegen werden. Aktuell wird versucht, den zweidimensionalen, vorgestellten Ansatz um eine dritte Dimension zu erweitern. Weitere Untersuchungen wenden sich einer automatisierten Segmentierung sowie einer texturbasierten Baumartenbestimmung zu (Fuchs 2003). Über die Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte wird gesondert berichtet.

Sollte es gelingen, Forstschritte in die benannten Richtungen zu erlangen, so würde das Informationspotential der neuen Luftbildprodukte deutlich besser ausgeschöpft als bisher. Fernziel wäre eine automatisierte Detektion von Veränderungen in digitalen Orthofotos, die über die Verknüpfung mit terrestrischen Daten wesentliche Grundlagen für die präzise Fortschreibung von Inventuren ermöglichen würde.

## Literatur

Fuchs, H.-J. (2003): *Methodische Ansätze zur Erfassung von Waldbäumen mittels digitaler Luftbilddauswertung*. Dissertation Universität Göttingen, 139 S.

LVG – Landesamt für Vermessung und Geoinformation (2011): Webseite der Bayerischen Vermessungsverwaltung (hier: Informationen zu den verfügbaren digitalen Orthofotos). <http://vermessung.bayern.de/luftbild/orthophotos.html>. aufgerufen am 20.12.2011

Riemer, U.; Kändler, G. (2011): *Betriebsinventur auf Stichprobenbasis*. AFZ 18, S. 978–979

Stoffels, J.; Mader, S.; Hill, J.; Ontrup, G.; Egidi, H. (2009): *Satellitengestützte Forstinventur in der Eifel*. AFZ-Der Wald 22, S. 1197–1199

Dr. Hans-Joachim Klemmt ist Landesinventurleiter für die Bundeswaldinventur 3 in Bayern. [hans-joachim.klemmt@lwf.bayern.de](mailto:hans-joachim.klemmt@lwf.bayern.de)  
Rudolf Seitz leitet die Abteilung »Informationstechnologie und Fernerkundung«. Beide arbeiten an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft im Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan.

## Dossier »Rückkehr der Großsäuger«

Bär, Luchs, Wolf und Elch – lange Zeit waren diese Tiere, v. a. die Raubsäuger, erbitterte Konkurrenten des Menschen im Kampf um seine Existenz. Kein Wunder also, dass diese Tiere aus unserer Kulturlandschaft verdrängt wurden.

Die Konkurrenz zwischen Menschen und Großsäugern hat mittlerweile in einigen Regionen nachgelassen und vielerorts verändern sich Kulturlandschaften zurück zu naturnahen Ökosystemen. Unter anderem deswegen, weil Schutzgebiete ausgewiesen werden, die Waldflächen stetig zunehmen und die Einwohnerzahl in verschiedenen ländlichen Regionen sinkt. Im Gegensatz zu früheren Zeiten hat sich zudem die Sicht der Bevölkerung auf die Großsäuger verändert, was sicherlich auf die Umweltbildung und auf die erhöhte Bedeutung des Naturschutzgedankens zurückzuführen ist.

Großsäuger finden so wieder Lebensraum und Nahrung und wandern zurück in ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet, teilweise unter aktiver Mithilfe von Interessengruppen, aber auch auf Grund des Drucks zunehmender Großsäuger-Populationen aus Ost-, Südost- und Südeuropa auf den Alpenraum und Mitteleuropa.

Die Reaktionen der Menschen sind dabei bekanntermaßen sehr unterschiedlich, abhängig von der persönlichen Betroffenheit und dem Verhältnis zur Natur.

Das Dossier in *waldwissen.net* soll deshalb die aktuelle Situation von Großsäugern im europäischen Kulturraum aufzeigen und zu einer sachlichen und wissenschaftlichen Diskussion anregen. Der Wiedereinbürgerungsversuch des Luchses in Baden-Württemberg durch die AG Luchs, ein Elchplan in Ostbayern, das Wolf-Konzept in der Schweiz oder das österreichische Bärenprojekt – dies sind nur einige Beispiele der in *www.waldwissen.net* verfügbaren Beiträge. red

 [www.waldwissen.net](http://www.waldwissen.net)  
Informationen für die Forstpraxis