Potenzial und Perspektive: Drohnen in der Forstwirtschaft

Ferngesteuerte Flugobjekte erfassen Biomasse, Zuwachs und Kronenzustand. Immer mehr Forstwissenschaftler nutzen deshalb Drohnenfotos, um den Wald und seine Veränderungen zu untersuchen. An der Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde arbeiten Professoren und Studierende an der Waldinventur 4.0 – mit 3D-Bestandsmodellen aus Drohnenbildern und fotogrammetrischen Punktewolken.

Foto: J.-P. Mund, S. Krause

Abb. 1: Vielfältige Anwendungen von autonomen Flugobjekten sind in der Forstwirtschaft denkbar.

Schneller Überblick

- Ein Forschungsteam der HNEE arbeitet in Eberswalde an digitaler Vermessung von Waldbeständen mittels Drohnenbilder und fotogrammetrischer Punktewolken
- „Unmanned Aerial Systems" (UAS, UAV, Drohnen), ausgestattet mit digitalen Kameras, sind schon heute forstpraxistauglich
- 3D-Bestandsmodelle aus Drohnenbildern liefern Kronenmodelle und weitere Parameter zur Berechnung der Biomasse
- Vielfältige Anwendungen von autonomen Flugobjekten in der Forstwirtschaft sind denkbar

Jan-Peter Mund, Matthias Lemke, Stuart Krause, Tobias Cremer

Der Blick von oben auf den Wald ist an sich nichts Neues. Schon seit Jahrzehnten kommen flugzeug-, helikopter- oder satellitengestützte Luftbilder für Waldinventuren zum Einsatz. Diese liefern großflächiges Bildmaterial, sind aber verhältnismäßig teuer. Gerade für Privatwaldbesitzer sind deshalb aufwändige Luftbilder für das Waldmonitoring unattraktiv. Sogenannte UAV-Systeme, also unbemannte Luftfahrzeuge, stellen eine kostengünstige Alternative dar. Solche Drohnen bzw. ferngesteuerten kleinen Flugobjekte mit digitalen Kameras sind heute bereits tauglich für die forstliche Praxis. Die Flieger werden unter anderem bei Kleinflächeninventuren (< 5 ha) oder zur gezielten Aufnahme von Kalamitäts- und Schadflächen eingesetzt. Sie können auch dreidimensionale Waldstrukturen oder das Volumen von Holzpoltern erfassen.

Forschung im Flugmodus

Aktuell experimentiert die Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberwalde (HNEE) unter dem Titel „Waldinventur 4.0" an einer digitalen Vermessung von Wäldern durch Drohnentechnik und verknüpft horizontale, bildgebende Verfahren mit forstlichen Inventur- und Maßermittlungsverfahren. „Das Forschungsfeld besitzt enormes Potenzial", so Professor Jan-Peter Mund. „Die sehr flexiblen und agilen Drohnen und Multikopter (Abb. 1) werden zudem ständig leistungsfähiger und kompakter, gerade in Bezug auf die verwendete Akkutechnik." Mit einer sogenannten ready-to-fly Consumer-Drohne (rtf-Drohne) und mit speziellen, unbemannten Multikoptern und Kleinflugzeugen befliegen die HNEE-Forscher Baumbestände und fotografieren die Bäume von oben, um später am Rechner wissenschaftlich und auch fotogrammetrisch exakte, dreidimensionale Modelle einzelner Bäume oder eines Waldbestandes zu erarbeiten. Damit kann das Forschungsteam z. B. die Vitalität der Bäume, ihren Kronenzustand, Baumhöhen, Kronenstruktur, den Zuwachs oder auch Schadfaktoren analysieren.

Mit den aus der Luft erhobenen digitalen Bilddaten können die Forscher somit kostengünstig und zeitnah dreidimensionale Flächeninformationen erstellen, die in ihrer Genauigkeit und ihrem Informationsgehalt die bisher genutzten Satelliten- oder Luftbildsysteme übertreffen. „Allerdings ist Drohne nicht gleich Drohne. Es genügt nicht, einfach nur ein simples UAV-System zu kaufen und schon erhält man diese Informationen. Für eine wis-

Foto: HNEE

Abb. 2: Senkrechtluftbild eines Nadelwald-Mischbestands (Picea spp., Larix spp., Pinus spp.) mit Unterstand auf dem Exkursionsaußengelände der KWF-Tagung in Roding 2016

senschaftlich exakte Erfassung von Waldbeständen und die Berechnung spezifischer Parameter benötigt man zusätzliche Grundlagen aus der Fotogrammetrie, der Bildprozessierung, der Flugplanerstellung und nicht zuletzt Kenntnisse über die aktuelle Luftraumverordnung der jeweiligen Bundesländer", weiß Stuart Krause, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der HNEE. Er hat in seiner Masterarbeit unterschiedliche Flugpläne für sogenannte rotary-wing UAVs (Helikopter-Drohnen) getestet, um möglichst genaue 3D-Messbilder von Baumbeständen in ihrer räumlichen Lage oder auch dreidimensionale Formen von Einzelbäumen zu generieren.

Auf dem Markt werden heute bereits zahlreiche, relativ billige sogenannte „ready-to-fly" (rtf) Drohnen angeboten, die man flugfertig kaufen kann. Zusätzlich sind nur ein modernes Smartphone oder ein Tablet Computer mit WLAN-Funktionalität und GPS-Sensor sowie eine herstellerspezifische Smartphone-App für einen geregelten Flugbetrieb notwendig. Wer seinen Wald eigenständig mit einer solchen Consumer-Drohne überfliegen will, kann sich so ohne größeren Aufwand einen guten Überblick über seinen Wald von oben schaffen und muss sich dabei nur an die strengen rechtlichen Rahmenbedingungen der Luftraumnutzung und des Luftfahrtrechts halten. Eine Haftpflichtversicherung für die Drohne, eine Aufstiegsgenehmigung und je nach Gewicht des Fluggerätes ist zudem auch ein Schulungszertifikat für den Piloten erforderlich. Für Privatpiloten und Forscher gilt dies gleichermaßen: Eine Flughöhe über Grund von 100 m darf nicht überschritten werden und ein unbemanntes Luftfahrtzeug darf aktuell nur im Sichtflug betrieben werden, das heißt, das UAV muss sich ständig im Sichtfeld des Piloten oder eines Gehilfen befinden. Zudem muss eine Mindestentfernung von 1.500 m zu Flughäfen aller Art eingehalten werden und das Gewicht der eingesetzten Fluggeräte darf 10 kg aktuell nicht überschreiten. Neben der Beachtung der Privatsphäre müssen vielerorts auch die naturschutzrechtlichen Bedingungen des Vogel- und Ökosystemschutzes eingehalten werden. Dies betrifft insbesondere die Brutperiode seltener Vögel.

Die rtf-Drohnen liefern zwar kostengünstig und schnell einfache 2D-Luftbilder und Videos, die aber für die Wissenschaft nur eingeschränkt nutzbar sind, da z. B. die oft kostengünstig vormontierten Kameras aufgrund ihrer Kameraauflösung nur eine eingeschränkte Bildqualität liefern. In der Regel dienen solche Fluggeräte zur Durchführung erster Erkundungsflüge über unbekannten, forstlichen Beständen (Abb. 2). Ein simples, visuelles, (okulares) Monitoring der Waldformationen mittels der Luftbilder und Videosequenzen funktioniert also problemlos. Ein systematischer Vergleich unterschiedlicher Phänologiephasen oder unterschiedlicher Waldstrukturen ist mit einfachen rft-Drohnen jedoch kaum möglich.

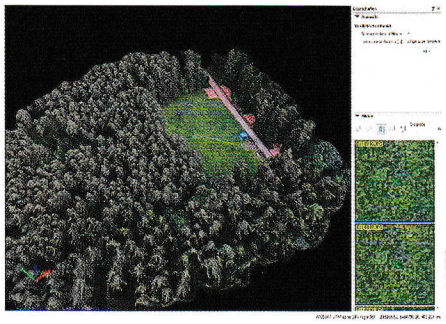


Foto: HNEE

Abb. 3: Einfaches Überblicksmodell des Fluggebietes in Roding im Juni 2016

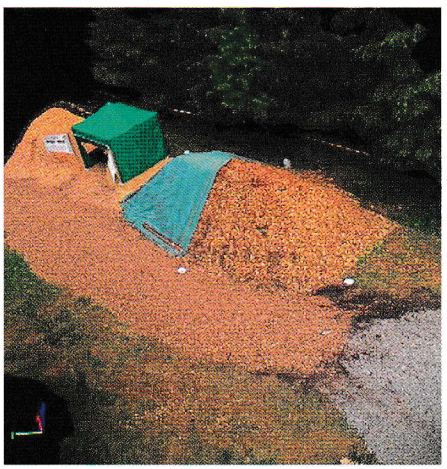
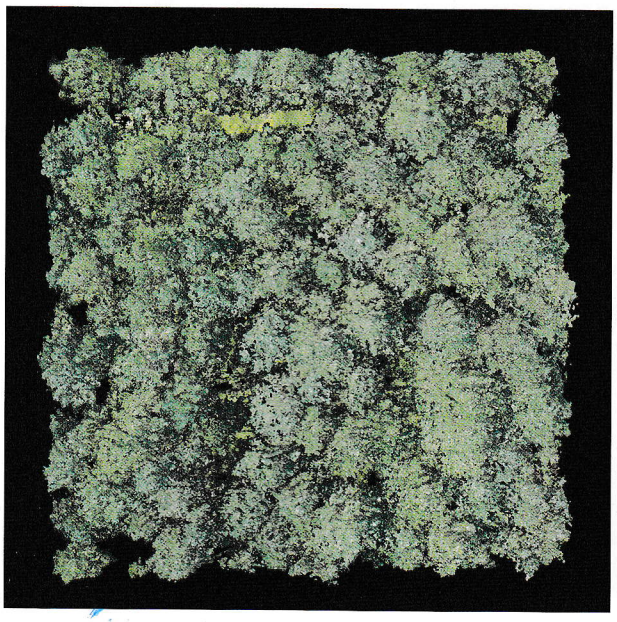


Foto: HNEE

Abb. 4: 3D-Vermessung eines Hackschnitzelhaufens, Roding, 2016

Wissenschaft schafft Ansprüche

Je nach wissenschaftlichem Verwendungszweck bedarf es also einer professionelleren Flug- und Kamera-Ausrüstung. Technische Stabilisierungssysteme, höhere Kameraauflösung, Datenfernübertragung, längere Flug- und Akkuzeiten sind dabei wichtige Entscheidungskriterien für die Drohnenauswahl. Das Forschungsteam der HNEE arbeitet neben einer DJI Phantom 3 auch mit einem Oktokopter der Firma Soleon, einem Flächenflügler der Firma AVS sowie einer hochauflösenden Digitalkamera, der Sony Alpha 7R mit



Quelle: S. Krause, HNEE

Abb. 5: Fotogrammetrische Punktewolke eines Kiefernbestandes bei Eberswalde 2016

Quelle: S. Krause, HNEE

Abb. 6: Bestands- und Einzelbaummodell eines Kiefernwaldes bei Eberswalde 2016, berechnet aus einer fotogrammetrischen Punktewolke

36,4 Megapixel. Der eingesetzte Oktokopter zeichnet sich durch hohe Zuladung, lange Flugzeiten, hohe Ausfallsicherheit und – für die Forschung wichtig – einer stabilen Fluglage aus. Zusätzlich verfügt er über ein duales GNSS-System zur Lokalisierung der exakten Flugposition in der Luft.

Die Hochschule präsentierte ihre aktuelle Forschung unter anderem auf der KWF-Tagung in Roding im Juni 2016. Die UAVs der HNEE absolvierten an den vier Messetagen über 100 Flugkilometer und mehr als zehn Flugstunden. Die Messebesucher konnten sehen, wie das Forschungsteam der HNEE die Flüge vor Ort plante, durchführte und das Bildmaterial gleich sichtete und vorauswertete (Abb. 3, Abb. 4).

Mithilfe der Flugplanungssoftware „Mikrokopter-Tool" wurden von den Drohnenexperten außerdem Daten für einen automatisierten Flug mithilfe von GPS-Wegpunkten generiert und an den Kopter während des Fluges übermittelt. So wurden unter anderem Flughöhe, Flugrichtung und Geschwindigkeit vordefiniert und noch während des Fluges angepasst. „Um in der zur Verfügung stehenden Flugdauer möglichst viel Fläche erfassen zu können, ist ein vordefinierter Flugplan von großer Bedeutung", sagt Stuart Krause. Denn mit der vordefinierten Flugroute muss sichergestellt werden, dass die Luftbilder sich an den zusammengefügten Bildstreifen um mindestens 80 % überlappen. Nur so lassen sich später aus den gesammelten Bildinformationen auch brauchbare 3D-Bestandsmodelle berech-

Foto: S. Krause über Soleon-Multicopter, Roding 2016

Abb. 7: Luftbild einer Flugvorführung auf dem Exkursionsgelände in Roding 2016

nen. Im Gegensatz zur herkömmlichen Luftbildtechnik ermöglichen UAV-basierte Flugkampagnen eine wesentlich höhere Bildredundanz und größere Überlappung der Einzelbilder. Damit lassen sich u. a. später auch unterschiedliche Blickwinkel in den Kronenraum berechnen.

Die Kamera auf dem Kopter liefert dabei im ersten Schritt nur sehr viele 2D-Einzelbilder. Diese Fotos werden im nächsten Schritt mittels einer 3D-Oberflächenberechnung (Image Matching) in georeferenzierte 3D-Punktwolken umgerechnet und zu 2D-Fotomosaiks (Orthomosaik) verknüpft. Die berechneten 3D-Modelle und Orthomosaiks erstellt das HNEE-Team mit der professionellen Fotogrammetriesoftware Pix4D, die eine sehr bedingungsfreundliche Arbeitsoberfläche und zahlreiche leicht definierbare und auch bereits vordefinierte sowie semi-automatisierte Arbeitsschritte ermöglicht. Aus dieser 3D-Punktwolke kann ein sogenanntes Baumkronenmodell berechnet werden (Abb. 5), anhand dessen die Physiognomie und spezielle Metriken eines Einzelbaumes abgeleitet und gemessen werden können (Abb. 6). Drohnenluftbilder lassen sich aufgrund der hohen Flexibilität der Fluggeräte und ihres vergleichsweise kostengünstigen Einsatzes auch hervorragend für die punktuelle Aktualisierung bereits vorhandener Airborne Laserscanning-Daten nutzen. Damit können z. B. der jährliche Baumhöhenzuwachs einzelner Bäume und die Entwicklung eines gesamten Kronenraumes auf Dauerbeobachtungsflächen oder in Martelsocopen ständig aktualisiert werden.

Foto: S. Krause

Abb. 8: Flugvorführung auf dem Exkursionsgelände in Roding 2016

Vielfältige Anwendungsszenarios möglich

Auf der KWF-Tagung 2016 wurden verschiedene Nadelholzbestände, Einzelbäume, Holzpolter und Hackschnitzelhaufen angeflogen, auch mit dem Ziel, im weiteren Verlauf der Forschungsarbeiten auf unterschiedliche 3D-Modelle zur Biomasseermittlung und für die Parametrisierung der Einzelbaumgeometrien zurückgreifen zu können (s. Abb. 3, Abb. 4). Das Interesse der Messebesucher – gerade was die breit gefächerten Einsatzmöglichkeiten der Multikopter und UAV in der Forstwirtschaft angeht – war sehr groß. Unternehmer und Revierleiter, aber auch Privatwaldbesitzer und Forstwirte haben dem Hochschulteam vielfältige Anwendungsszenarios vorgeschlagen. Die Vorschläge reichten von der Quantifizierung der Eichel-Mast am stehenden Baum bis zur großflächigen jährlichen Zuwachsermittlung in Weihnachtsbaumkulturen. In den nächsten Monaten ist geplant, der Öffentlichkeit die weitere Entwicklung und zusätzliche Anwendungsbeispiele in der Praxis zu demonstrieren, voraussichtlich z. B. auf den KWF-Thementagen in Brandenburg im September 2017. Der Forstdienstleistungssektor, so zeigen die erfolgreichen Anwendungsszenarios, ist individuell und spezifisch. Gerade deshalb wird auch der Einzug der Drohnentechnik in die moderne Forstwirtschaft 4.0 nicht mehr aufzuhalten sein.

Foto: S. Krause

Abb. 9: Schrägluftbild des HNEE Forschungsteams „Waldinventur 4.0" während einer Flugvorführung auf dem Exkursionsgelände in Roding 2016

Literaturhinweise:

[1] HAALA, N.; ROTHERMEL, M. (2012): Dense multiple stereo matching of highly overlapping UAV imagery. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 39, B. 1. [2] KRAUSE, S.; HARTMANN, F.; MUND, J.-P. (2016): UAV Workflow Optimization for the Acquisition of High-Quality Photogrammetric Point Clouds in Forestry. In: GI_Forum 2016, Vol. 1, Page 72–84. [3] MUND, J.-P.; WILKE, R.; KÖRNER, M.; SCHULTZ, A. (2015): Detecting Multi-layered Forest Stands Using High Density Airborne LiDAR Data. In: STROBL, J.; GRIESEBNER, G. (Hrsg.) (2015): GI_Forum 2015: Learning With GI, Herbert Wichmann Verlag, VDE Verlag, Berlin/Offenbach. [4] ThüringenForst (2016): Drohnen über Wald, Feld und Flur. In: forstpraxis.de, 18. 5. 2016. Waldkunde; Waldökologie, Nr. 679066.

Prof. Dr. Jan-Peter Mund lehrt das Fachgebiet GIS und Fernerkundung an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE).

Prof. Dr. Tobias Cremer vertritt das Fachgebiet Forstnutzung und Holzmarkt an der HNEE.

Stuart Krause (Wiss. Mitarbeiter, HNEE) und

Matthias Lembke (Student der Forstwirtschaft) sind Teil des Forschungsteams „Waldinventur 4.0" an der HNEE.