

# Wald**b**Log

## Drohnen über dem Wald - Wie fliege ich optimal?

Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Artikels, der  
im Rahmen des ConFoBi Forschungsprojektes entstanden  
ist und am 9. Juni 2018 veröffentlicht wurde.

 remote sensing

 MDPI

Article

### UAV Photogrammetry of Forests as a Vulnerable Process. A Sensitivity Analysis for a Structure from Motion RGB-Image Pipeline

Julian Frey <sup>1,\*</sup>, Kyle Kovach <sup>2</sup>, Simon Stemmler <sup>1</sup> and Barbara Koch <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chair of Remote Sensing and Landscape Information Systems Felis, University of Freiburg,  
D-79106 Freiburg, Germany; simon.stemmler@pm.fraunhofer.de (S.S.);  
barbara.koch@felis.uni-freiburg.de (B.K.)

<sup>2</sup> Chair of Geobotany, Faculty of Biology, University of Freiburg, D-79106 Freiburg, Germany;  
kyle.kovach@biologie.uni-freiburg.de

\* Correspondence: Julian.frey@posteo.de; Tel.: +49-761-203-96854

Received: 19 April 2018; Accepted: 8 June 2018; Published: 9 June 2018



**Abstract:** Structural analysis of forests by UAV is currently growing in popularity. Given the reduction  
in platform costs, and the number of algorithms available to analyze data output, the number  
of applications has grown rapidly. Forest structures are not only linked to economic value in

[Link zum Originalartikel >](#)

## Zusammenfassung

Die flächenhafte, automatisierte Analyse von Waldstrukturen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Dies liegt einerseits an immer günstiger werdenden Messgeräten und Plattformen, aber auch an immer mehr verfügbaren Auswertungsmethoden. Letztere sind wichtig, da die Struktur des Waldes nicht nur für die ökonomische Bewertung relevant ist, sondern auch für den Naturschutz und die Biodiversität der Wälder. Aktuell wird immer häufiger eine neue Methode angewandt, die „Structure from Motion“ genannt wird. Diese ist deutlich kostengünstiger als bisherige Methoden. Dabei wird mit Hilfe einer handelsüblichen Kamera aus zweidimensionalen Bildern die dreidimensionale Struktur des Waldes berechnet. Der vorliegende Artikel beantwortet dabei zwei wichtige methodische Fragen: Wie groß sollte die Überlappung der einzelnen Bilder sein (mehr als 95%) und wie groß die Bodenauflösung (mehr als 5cm)?

## Fragestellung

Ziel unserer Arbeit ist es messbare und vergleichbare Maße für die Struktur des Waldes schnell und kosteneffizient zu erfassen. Ein Teil dieses Forschungsvorhabens beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, die uns Drohnen für diese Arbeit bieten. Diese sind extrem flexibel und nach Fällungen oder Sturmschäden zeitnah einsetzbar. Sie bieten darüber hinaus aufgrund ihrer geringen Flughöhe bisher sonst unerreichten Detailreichtum in den Aufnahmen.

## Hintergrund der Arbeit

Ein Standard in der Erfassung von Waldstrukturen besteht darin mit Hilfe eines Lasers, in der Regel montiert an einem Flugzeug, zu messen, wie lange der Lichtstrahl benötigt, bis er auf ein Objekt trifft. Aus der

Gesamtheit dieser Messungen ergibt sich ein dreidimensionales Modell des Waldes und somit ein Bild von dessen Struktur. Dieses Verfahren ist jedoch sehr teuer und aufwändig. Zivile Drohnen sind einfacher verfügbar und günstiger. Sie sind in der Regel lediglich mit handelsüblichen Digitalkameras oder vergleichbaren Sensoren ausgestattet, dennoch ist es das Ziel ein detailliertes 3D Modell des Waldes zu schaffen. Hierfür wird die sogenannte „Structure from Motion“ Technologie eingesetzt. Dabei nimmt die Drohne vollautomatisch stark überlappende Bilder vom Wald von oben auf, mittels eines Computeralgorithmus werden gemeinsame Punkte in den Bildern gesucht und diese verwendet, um die Kameraeigenschaften, sowie die Aufnahmepunkte zu rekonstruieren. Daraus resultiert ein Modell in dem für jedes Foto festgelegt ist, von welchem Punkt es in welche Richtung aufgenommen wurde.

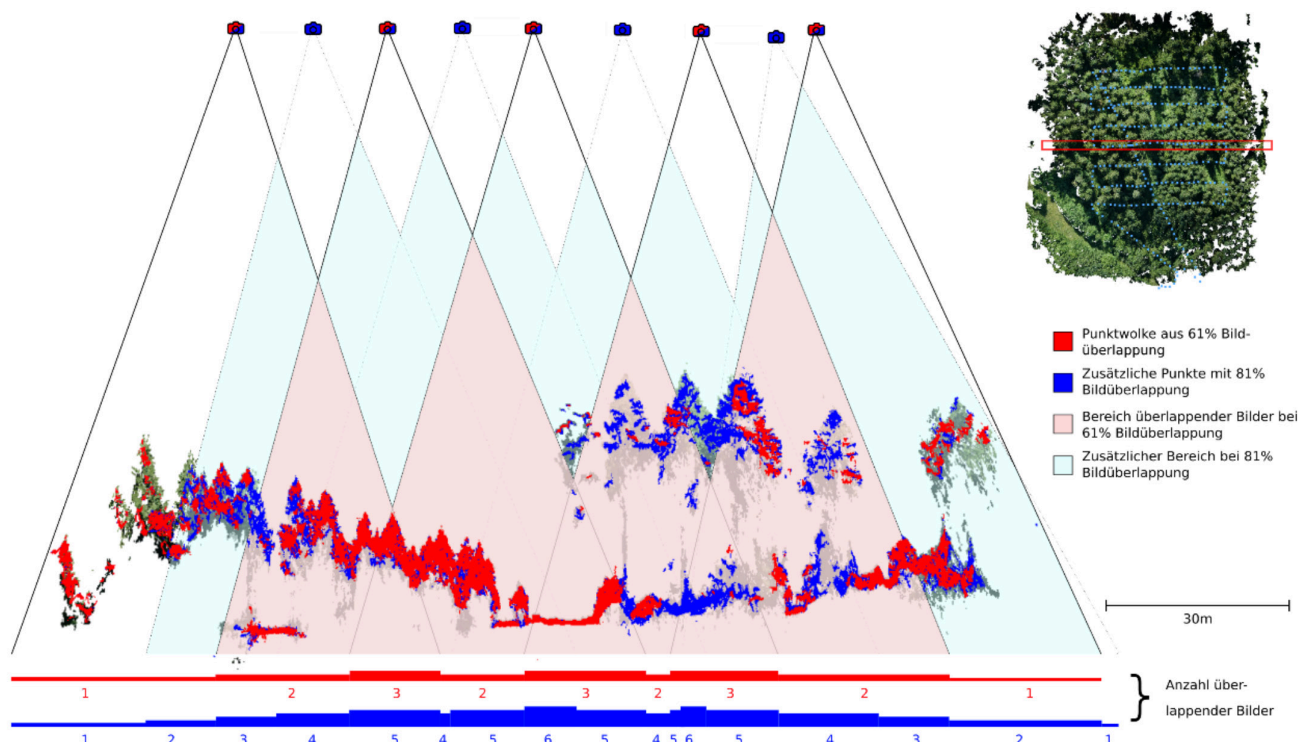


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Effektes verschiedener Befliegungsszenarien auf das resultierende Waldmodell. In rot ist ein Modell mit 61% Bildüberlappung dargestellt. Blau und rot zusammen stellen eine Bildüberlappung von 81% dar.

Im Anschluss lassen sich die auf den Bildern abgebildeten Objekte aus den verschiedenen Blickwinkeln dreidimensional rekonstruieren. Das Endergebnis des Prozesses ist eine Punktwolke, die zumindest das von oben gut sichtbare Kronendach darstellt. Mit einem zusätzlichen Geländemodell, zum Beispiel aus der Landesvermessung, lassen sich im Anschluss Einzelbäume erkennen und deren Höhe, Kronendurchmesser, sowie weitere Forstparameter bestimmen.

### Zwei wichtige Parameter

Die Qualität des 3D Modells hängt stark von den in der Flugplanungsphase getroffenen Entscheidungen ab. Zu denen zählen bspw. die Flughöhe, die Brennweite der Kamera, der Abstand in dem Bilder aufgenommen werden und vieles mehr. Der hier vorgestellte Artikel untersucht zwei der wichtigsten Parameter, die in der Planungsphase festgesetzt werden, im Detail. Der erste ist die Überlappungsrate zwischen den Bildern im Vorwärtsflug, also wie viel Prozent des zweiten Bildes denselben Bereich zeigt wie das erste (siehe Abbildung 1). Diese Überlappung ist wichtig, weil sie die Anzahl der

Blickwinkel auf den Wald erhöht und damit die Chance, dass ein Objekt auch wirklich auf mehreren Bildern abgebildet ist, obwohl es vielleicht auf vielen Bildern durch höher liegende Objekte verdeckt wird. Der zweite Parameter ist die Bodenauflösung, also die Breite/Länge eines einzelnen Pixels auf dem Boden. Dies beschreibt also direkt die Detailgenauigkeit des Modells.

Wir haben als Maß für die Qualität der Modelle aus mehr als 100 Flügen auf unterschiedlichen 1ha Flächen die Abdeckung des Modells auf der Fläche untersucht. In fast jedem Modell gab es Bereiche, die so schlecht zu sehen waren (meist Waldboden unter sehr kleinen Kronenlücken), dass sie nicht im 3D Modell abgebildet wurden. Eine Erhöhung der Bodenauflösung (größere Pixel) zeigt einen positiven Einfluss auf die Modellqualität, da kleine Bewegungen von Ast- und Blattwerk nicht mehr dazu führen, dass die Objekte den Pixel wechseln und damit zu nicht eindeutig zuzuordnenden Bildabschnitten führen. Eine Erhöhung der Bildüberlappung hat ebenfalls positiven Einfluss auf die Modellqualität, erhöht jedoch den Aufnahme- und Rechenaufwand.

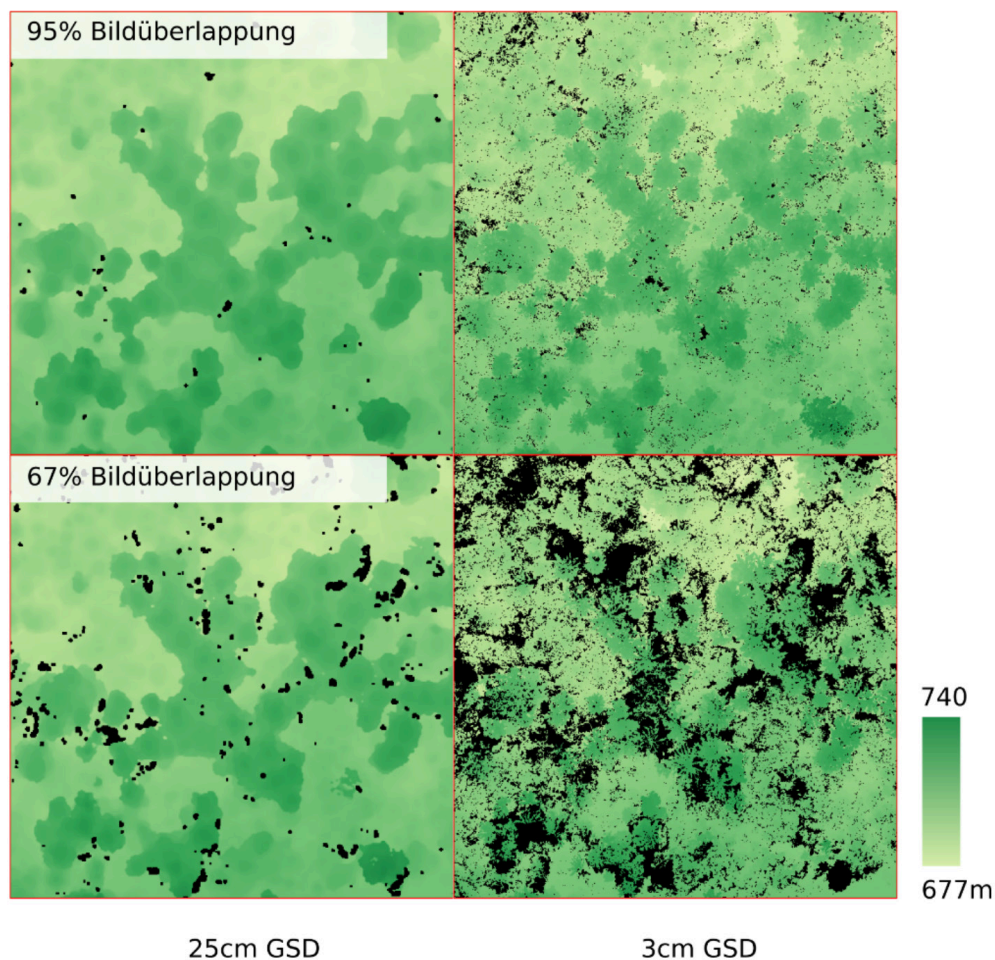


Abbildung 2: Oberflächenmodelle aus verschiedenen Befliegungsszenarien mit unterschiedlichen Bildüberlappungen und Bodenauflösungen (GSD), helle Grüntöne zeigen niedrigere, dunkle Grüntöne höhere Bereiche und schwarze Pixel zeigen Datenlücken.

Die Besten Ergebnisse konnten mit Bodenauflösungen  $> 5\text{cm}$  und Bildüberlappungen  $> 95\%$  erreicht werden. Je feiner die Details werden sollen, desto wichtiger ist eine hohe Überlappung. Weitere untersuchte Einflüsse waren zum Beispiel Wind, Sonnenstand und Hangneigung. Wenig überraschend erschweren Wind und Hangneigung die Modellrekonstruktion. Die Sonne sollte optimalerweise im Zenit stehen, dies war in unserer Studie jedoch nicht von Bedeutung.

## Nutzung in der Landesweiten Kartierung?

Beispielhaft kann diese Forschung auch sein, um die Anforderungen der 2-jährlichen Luftbildbefliegungen im Auftrag des LUBW für den Forstbereich zu optimieren. Diese haben zur Zeit lediglich 60% Bildüberlappung bei 20cm Bodenauflösung und die Sonnenstände sind durch sehr frühe Flugzeiten am Tag nicht optimal.



Wie in Abbildung 2 deutlich zu erkennen ist führen solche geringe Überlappungen zu zahlreichen Lücken im Modell, gerade in den Kronenlücken und den Bereichen zwischen angrenzenden Kronen. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass mit einer höheren Überlappung ( $> 90\%$ ) eine breitere Nutzung der Daten möglich und somit auch bspw. genauere landesweite Waldstrukturkarten möglich wären.

## KONTAKT

**ConFoBi** (Conservation of Forest Biodiversity in Multiple-use Landscapes of Central Europe / Erhaltung der Waldbiodiversität in vielfältig genutzten Landschaften Mitteleuropas)

Albert-Ludwigs-Universität,  
Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen,  
Tennenbacher Str. 4, 79106 Freiburg &  
Fakultät für Biologie,  
Schänzlestraße 1, 79104 Freiburg

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA),  
Wonnhaldestraße 4, 79100 Freiburg

Email: [info@confobi.uni-freiburg.de](mailto:info@confobi.uni-freiburg.de)

**Autoren der Studie:** Julian Frey<sup>1</sup>, Kyle Kovach<sup>2</sup>,  
Simon Stemmler<sup>1</sup>, Barbara Koch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professur für Fernerkundung und Landschaftsinformationssysteme,  
Fakultät für Umwelt & Natürliche Ressourcen,  
Albert-Ludwigs-Universität, Tennenbacher Str. 4, 79106 Freiburg

<sup>2</sup>Abteilung Geobotanik, Fakultät für Biologie  
Albert-Ludwigs-Universität, Schänzlestr. 1, 79104 Freiburg

Email: [julian.frey@posteo.de](mailto:julian.frey@posteo.de),  
[kyle.kovach@biologie.uni-freiburg.de](mailto:kyle.kovach@biologie.uni-freiburg.de),  
[simon.stemmler@ipm.fraunhofer.de](mailto:simon.stemmler@ipm.fraunhofer.de),  
[barbara.koch@felis.uni-freiburg.de](mailto:barbara.koch@felis.uni-freiburg.de)

Abbildungen: Titelseite und Drohne Julian Frey, Abbildungen 1 & 2 Frey et al.