

UAV-gestützte Erfassung des Holzertrages von Knicks

Stefan Lingner¹, Eiko Thiessen¹ und Eberhard Hartung¹

Abstract: Holzerträge in Knicks (Wallhecken) sind sehr heterogen und vor der Ernte schwer abzuschätzen. In der vorliegenden Studie wurde eine neue Methode zur Holzertragsabschätzung an Knicks getestet. Auf Grundlage des Structure from Motion-Verfahrens wurde das Volumen von 30 Knicksegmenten bestimmt, indem ein Oktokopter hochaufgelöste RGB Bilder aus unterschiedlichen Perspektiven aufnahm. Studienobjekte waren drei 100 m Abschnitte verschiedener schleswig-holsteinischer Knicks. Jeder dieser Abschnitte wurde in 10 Segmente unterteilt. Die Holzerträge wurden nach der Ernte für jedes Segment gewogen. Ein lineares Modell zwischen Volumen und diesen Referenzmassen ergab einen relativen RMSE von 30,0 %. Eine herkömmliche Methode durch manuelle Bonitur erreichte einen relativen RMSE von 32,4 %. Diese Ergebnisse deuten an, dass die neue und schnellere Methode eine vergleichbare Genauigkeit wie herkömmliche Methoden bietet.

Keywords: Knick, SfM, Biomasse, Trockenmasse, Ertragsabschätzung, Allometrische Gleichung

1 Einleitung

Die Vorgaben der Erneuerbare-Energien-Richtlinie des Europäischen Parlaments könnten in Schleswig-Holstein zum Teil durch die energetische Nutzung von Knickholz umgesetzt werden [GS00][Se15]. Das regelmäßige Ernten des Holzes alle 10-15 Jahre ist ohnehin gesetzlich vorgeschrieben und dient dem Erhalt der ökologischen Wertigkeit sowie der Biodiversität [Ro01]. Es erfolgt in der Regel durch „auf den Stock setzten“ (eine Handbreit über dem Wurzelstock abtrennen) und dem anschließenden Häckseln der Bäume und Sträucher in der Winterzeit. Der Knickertrag pro Fläche ist sehr heterogen [Uc98]. Zurzeit existiert jedoch noch keine objektive, schnelle und nicht invasive Methode, den Holzertrag bereits vor der Ernte abzuschätzen. Denn die herkömmliche Ertragsabschätzung über eine manuelle Bonitur basiert meistens auf dem Zählen der Ausschläge und dem Messen der BHD (Brusthöhdurchmesser) und wird über eine allometrische Gleichung mit der Masse in Beziehung gesetzt [Zi05]. Eine Möglichkeit zur berührungslosen Holzabschätzung bietet SfM (Structure from Motion). SfM ist eine Technik aus der Fernerkundung, bei welcher aus zahlreichen überlappenden Fotos eine 3D-Punktwolke erstellt wird. Ziel der Studie war die Entwicklung einer schnellen und objektiven Methode um die Trockenholzmasse vor der Ernte abzuschätzen. Gefördert wurde das Projekt von der Europäischen Innovationspartnerschaft.

¹ Universität Kiel, ILV, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel, sdittmann@ilv.uni-kiel.de, ethiessen@ilv.uni-kiel.de, ehartung@ilv.uni-kiel.de

2 Material und Methoden

2.1 Knickauswahl

Die Daten wurden im Jahr 2016 im östlichen Hügelland von Schleswig-Holstein aufgenommen. Es wurden drei Knicks ausgewählt, welche sich in Artenzusammensetzung, Ertrag und Ausrichtung unterschieden. Von diesen drei Knicks wurden je repräsentative 100 m abgesteckt und in jeweils 10 Segmente unterteilt.

2.2 SfM-Volumenmodelle

Die Bilder wurden mit einer Sony Alpha 7 (24 Megapixel, 30 mm Brennweite) aufgenommen. Diese Kamera- und Linsenkombination ergab eine Pixelgröße von 6 x 6 mm in einer Entfernung von 30 m. Transportiert wurde die Kamera von einem Oktokopter (HT-8 C180). Die Flüge fanden im Oktober und November 2016 an den noch belaubten Knicks statt. Der Oktokopter wurde programmiert und flog automatisch in verschiedenen Höhen und Abständen an den Knicks entlang. Dadurch entstanden pro Knick ca. 1000 Bilder aus verschiedenen Höhen und Richtungen mit einer Überlappung von mehr als 90 %. Aus diesen Bildern wurde in Agisoft Photoscan (Version 1.2.6.) eine 3D-Punktwolke generiert. Diese Punktwolke wurde anschließend in Matlab (Version 2017a) gefiltert (basierend auf K-nearest Neighbours) und segmentiert. Nachfolgend wurde je Segment das Volumen berechnet. Für die Volumenberechnung wurde ein Polyeder mit einer maximalen Kantenlänge von 2,5 m generiert.

2.3 Ertragsabschätzung durch Bonitur

Bei der Bonitur wurden alle Baumausschläge getrennt nach Art erfasst und BHD über 10 cm ($BHD > 10$) gemessen. Aus diesen Daten und den Referenztrockenmassen TM wurden die Parameter a , b und c der allometrischen Gleichung (1) geschätzt. Aufgrund des Stichprobenumfangs wurde nicht nach Arten differenziert.

$$\frac{TM}{kg} = \left(\sum_{i=1}^{Anzahl\ BHD > 10} a * \left(\frac{BHD > 10_i}{cm} \right)^b \right) + c * Anzahl\ Ausschläge \quad (1)$$

2.4 Referenztrockenmasse

Die Sträucher und Bäume wurden segmentweise gefällt, gehäckselt und mit einem Teleskoplader gewogen. Die Messauflösung der Wiegeeinrichtung am Teleskoplader betrug 50 kg. Von jedem Segment wurden drei Hackschnitzelproben (je ca. 5 Liter) genommen. Diese wurden zur Bestimmung des Trockenmasseanteils bis zur Gewichtskonstanz bei 103 °C getrocknet. Dadurch konnte die Trockenmasse jedes Segmentes bestimmt werden.

Üblicherweise werden nicht alle Bäume aus einem Knick gefällt. Einige müssen als sogenannte Überhälter stehen gelassen werden. Da diese im SfM-Modell erfasst, aber nicht gewogen wurden, wurde deren Trockenmasse mithilfe von artenspezifischen allometrischen Gleichungen abgeschätzt [Zi05]. Diese abgeschätzten Massen der Überhälter wurden zu den gewogenen Trockenmassen addiert, um die Referenztrockenmassen zu erhalten. Zur Evaluierung der beiden Methoden der Ertragsabschätzung wurde der relative RMSE berechnet.

3 Ergebnisse

Die frischen Biomassen pro Segment lagen zwischen 150 und 2250 kg. Der Trockenmasseanteil variierte zwischen 47 und 62 %. Dies ergab eine geerntete Trockenmasse zwischen 70 und 1070 kg pro Segment. Nach Addition der Überhältermassen lagen die Referenzmassen zwischen 280 und 1660 kg.

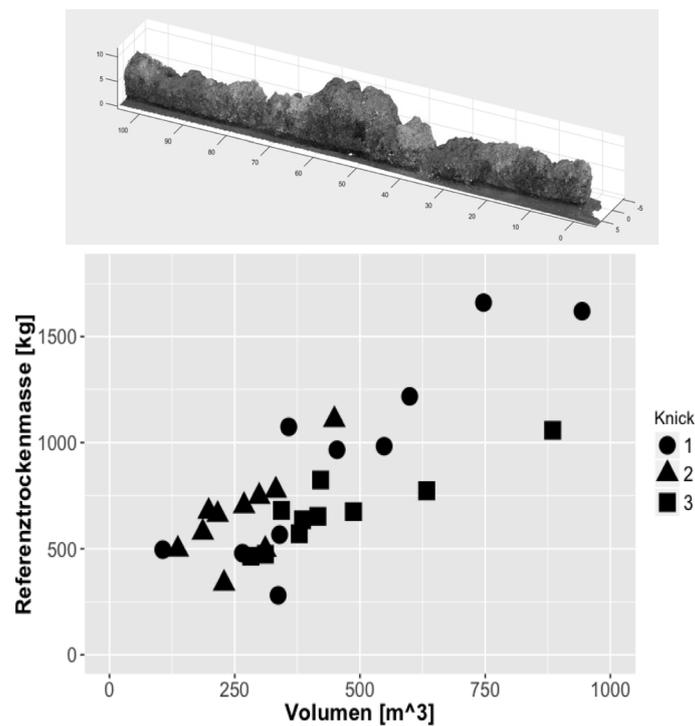


Abbildung 7: oben: SfM-Modell von Knick 1. unten: SfM-Volumen und Referenztrockenmassen von 30 Segmenten in drei Knicks.

Das berechnete SfM-Volumen pro Segment lag zwischen 95,5 m³ und 957,2 m³. Beispielfähig wird das 3D-Modell von Knick 1 in Abbildung 1 gezeigt. Ein lineares Modell zwischen Volumen V und Referenztrockenmassen TM (2) erreichte einen relativen RMSE von 30,0 %. Das Verhältnis von Volumen zu Referenztrockenmasse ist in Abbildung 1 dargestellt. Die angepasste allometrische Gleichung (herkömmliche Methode) erreichte einen relativen RMSE von 32,4 %.

$$TM = 1.8 \text{ kg} * \frac{V}{m^3} \quad (2)$$

4 Diskussion und Ausblick

Die relativen „Fehler“ erscheinen mit ca. 30 % recht groß, sind jedoch in Relation zur der sehr starken Heterogenität der Objektparameter zu sehen (u. a. Pflanzdichte, Artenzusammensetzung, Boden, Pflege). Der relative RMSE des SfM-Volumenmodelles war etwas geringer als der relative RMSE der allometrischen Gleichung. Dieses Ergebnis deutet an, dass SfM-Verfahren geeignet sind, die Holzerträge in Knicks abzuschätzen. Insbesondere da die Datenaufnahme für allometrische Gleichungen sehr zeitaufwendig ist, bietet sich das SfM-Verfahren an. Jedoch sind bei der Anwendung von SfM-Verfahren die technischen Anforderungen höher.

Literaturverzeichnis

- [GS00] Isensee E; Stübig D; Lubkowitz C: Bergung und Aufbereitung von Knick- und Schwachholz. Landtechnik–Agricultural Engineering 55, S. 346–347, 2000.
- [Ro01] Roßkamp T: (2001) Zur Bestandssituation der Hecken in Niedersachsen und deren Auswirkung auf die Vogelwelt, dargestellt an traditionellen Wallheckenlandschaften im nordwestlichen Niedersachsen. Zeitschrift Verein Jordsand 22/2, S. 49–53, 2001.
- [Sa07] Sader S. et al.: Tropical forest biomass and successional age class relationships to a vegetation index derived from Landsat TM data. Remote Sensing of Environment 28, S. 143–156, 1989.
- [Se15] Seidel D. et al.: Quantification of Biomass Production Potentials from Trees Outside Forests - A Case Study from Central Germany. BioEnergy Research 8: S. 1344–1351, 2015.
- [Uc98] Uckert. G.: Art- und raumspezifische Ermittlung der Biomasseproduktion von Knicks in Schleswig-Holstein. Diplomarbeit Universität Kiel, 1989.
- [Zi05] Zianis D. et al.: Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. Silva Fennica monographs 4: S. 1–63, 2005.