

Biomasseabschätzung im ökologischen Feldfutterbau mittels drohnengestützten RGB-Aufnahmen

Grüner E.¹, Möckel T.¹ & Wachendorf M.¹

Keywords: Fernerkundung, RGB, Drohne, Biomasseabschätzung

Abstract: Monitoring approaches in organic forage production, which predict biomass yield over the whole farm enable the farmer to make site-specific management decisions. Crop biomass and plant height are highly correlated and thus crop surface height can be used for yield prediction. Non-destructive remote sensing tools are useful for obtaining spatial information on plant height on larger scales. In this study an RGB (red, green, blue) camera attached on a small unmanned aerial vehicle (UAV) was used for yield prediction in an organic forage production experiment. The experiment was established in 2016 with two legumes-grass mixtures (clover-grass, lucerne-grass) as well as in pure stands of legumes and grasses. During the growing season of the following year RGB imaging was carried out every second week. parallel reference data for biomass yield and manual height measurements were collected. 3D crop surface models generated from RGB imaging-based measurements were used for calculating the crop height. The biomass yield was predicted with satisfactory results.

Einleitung und Zielsetzung

Fernerkundliche Sensoren und Methoden stellen ein nützliches Instrument in den ökologischen Agrarwissenschaften dar, um Informationen über die räumliche Verteilung der Pflanzenhöhe zu erhalten. Da die Pflanzenhöhe und der Biomasseertrag miteinander korrelieren (Fricke & Wachendorf, 2013), kann eine einfache sowie ressourcenschonende quantitative Schätzung der oberirdischen Biomasse mit relativ geringen Kosten erfolgen. Eine neue Methode, um auch große Flächen schnell abzudecken, ist die Aufnahme von Rot, Grün, Blau (RGB)-Bildern durch eine hochauflösende Digitalkamera, welche an einer Drohne angebracht ist. Durch die photogrammetrische Verarbeitung dieser digitalen Bilder in 3D-Punktwolken können räumliche Informationen generiert werden. Bisherige Studien zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen der Höheninformation aus RGB-Aufnahmen und der Biomasse in homogenen Getreidebeständen, wie Sommergerste (Bendig et al. 2014) und Winterweizen (Schirrmann et al., 2016), besteht.

Ziel dieser Studie ist die Bewertung einer Biomasseabschätzung über die Bestandeshöhe mittels drohnengestützter RGB-Bildgebung in heterogenen Futterbaubeständen.

¹ Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel, Steinstraße 19, 37213 Witzenhausen, Hessen, Esther.Gruener@uni-kassel.de, www.uni-kassel.de

Methoden

Die Messungen wurden in einem Futterbauversuch auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb der Universität Kassel in Neu-Eichenberg durchgeführt. Der Versuch wurde im Herbst 2016 mit den Varianten Klee- (KG) und Luzernegras (LG) sowie den jeweiligen Leguminosen- (L) und Gräser-Reinsaaten (G) der Mischungen in vierfacher Wiederholung angelegt. Im darauffolgenden Jahr wurden alle zwei Wochen und zu insgesamt vier Ernten (17.05.17, 26.06.17, 08.08.17, 09.10.17) Biomasseproben für die Trockensubstanzbestimmung (105 °C) entnommen. Parallel dazu erfolgten manuelle Höhenmessungen mit einem Zollstock (50 Messungen pro Parzelle).

RGB-Aufnahmen wurden jeweils zeitnah vor der destruktiven Probenahme mit einer Drohne (DJI Phantom 3 Professional, Shenzhen, Guangdong, China) und der integrierten Kamera (12 Megapixel) durchgeführt. Für jeden Flug wurden die Aufnahmen mit 80 % Überlappung in Form eines Gittermusters und in einer Höhe von 10 m aufgenommen. Alle Befliegungen wurden an Tagen ohne Regen und mit geringem Wind durchgeführt, um Probleme bei der Erstellung der Punktwolken zu minimieren.

Mit Hilfe einer Structure-from-Motion (SfM)-basierten Bildverarbeitungssoftware (AgiSoft PhotoScan) wurden in mehreren Schritten aus den RGB-Aufnahmen 3D-Punktwolken für ein digitales Höhenmodell (DSM) generiert (Abbildung 1). In einem weiteren Schritt wurde die Software Quantum Geographical Information System (QGIS) verwendet um die Bestandeshöhe (CSH) zu berechnen. Die Bestandeshöhe der manuellen Höhenmessung (CH_z) und der drohnen-gestützten RGB-Aufnahmen (CH_D) wurden als Schätzmaß für den Biomasseertrag herangezogen.

Ergebnisse

In einem Zeitraum zwischen Mai und Oktober 2017 konnten je 10 Datensätze an Trockenmasseertrag (TME), CH_z und CH_D für jede Variante in vierfacher Wiederholung generiert werden. Da die Klee- und Luzernegrasbestände in verschiedenen Wachstumsphasen während der Vegetationszeit untersucht wurden, variierte der TME stark.

CSH von CH_z und CH_D wurde als Schätzmaß für TME herangezogen (Tabelle 1). Die Regressionsanalyse ergab für TME und CH_z über den ganzen Datensatz ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0.64 mit einem mittleren Fehler (RMSE) von 0.32 t ha^{-1} . CH_D korrelierte dabei etwas besser mit TME ($R^2 = 0.70$, $RMSE = 0.28 \text{ t ha}^{-1}$). Bei der Betrachtung der einzelnen Varianten variierte das Bestimmtheitsmaß zwischen 0.58 und 0.78 und der RMSE zwischen 0.21 und 0.32 t ha^{-1} . Auch hier korrelierte CH_D etwas besser ($R^2 = 0.59$ bis 0.81 , $RMSE = 0.21$ bis 0.30 t ha^{-1}). Durch den Ausschluss der Gräser-Daten aus dem 2. Schnitt, ergaben sich höhere R^2 - und niedrigere RMSE-Werte. Dieser Effekt zeigte sich deutlicher bei Werten von CH_z als von CH_D .

Insgesamt variierten die Höhenwerte von CH_z zwischen 9.42 und 89.54 cm und CH_D zwischen 1.01 und 71.06 cm (Abbildung 1 a). Im Durchschnitt über alle Daten ist CH_D

mehr als 4 cm niedriger als CH_Z. Bei einem Vergleich der beiden Messmethoden zeigte die Korrelation ein R² von 0.56 mit einem RMSE von 5.47 cm. Auffällig waren die einzelnen überschätzten Werte seitens CH_Z. Nach Ausschluss der Gräser-Daten des 2. Schnittes (8 Werte) zeigte sich eine Verbesserung des R² mit 0.70 (*p* < 0.05) und einem RMSE mit 3.73 cm (Abbildung 1 b).

Tabelle 1: Regressionsanalyse mit R² und RMSE (t ha⁻¹) von Trockenmasseertrag (TME) und manueller Höhenmessung (CH_Z) sowie drohnengestützten RGB-Aufnahmen (CH_b) für den ganzen Datensatz (Alles) und den Varianten: Mischungen Klee- (KG) und Luzernegras (LG) sowie der Reinsaat der Leguminosen (L) und Gräser (G) der Mischungen. R² und RMSE in Klammern repräsentieren die Werte der Analyse ohne die Gräser-Daten des 2. Schnittes. Alle Modelle sind signifikant mit *p* < 0.05.

| Variante | TME x CH _Z | | TME x CH _b | |
|----------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | R ² | RMSE (t ha ⁻¹) | R ² | RMSE (t ha ⁻¹) |
| Alles | 0.64 (0.71) | 0.32 (0.29) | 0.70 (0.71) | 0.28 (0.28) |
| KG | 0.76 | 0.27 | 0.81 | 0.24 |
| LG | 0.69 | 0.27 | 0.63 | 0.29 |
| KG (L) | 0.66 | 0.24 | 0.73 | 0.21 |
| LG (L) | 0.78 | 0.21 | 0.59 | 0.29 |
| KG (G) | 0.64 (0.78) | 0.31 (0.24) | 0.64 (0.68) | 0.30 (0.30) |
| LG (G) | 0.58 (0.82) | 0.31 (0.20) | 0.65 (0.73) | 0.27 (0.25) |

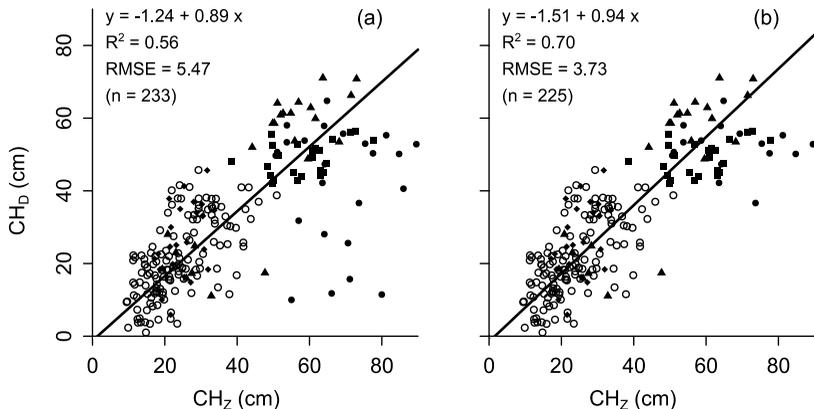


Abbildung 1: Korrelation zwischen den Bestandeshöhen ermittelt mittels manueller Höhenmessung (CH_Z cm) und drohnengestützter RGB-Aufnahmen (CH_b cm) während der Vegetationsperiode, unterschieden zwischen Zwischenschnitten (○), 1. Schnitt (■), 2. Schnitt (●), 3. Schnitt (▲) und 4. Schnitt (◆) mit dem vollständigen Datensatz (a) und dem Datensatz ohne die Gräser-Daten des 2. Schnittes.

Diskussion

Ziel dieses Versuchs war die Untersuchung und Bewertung der Beziehung zwischen Biomassertrag und Höheninformation aus RGB-Aufnahmen in einem heterogenen Futterbaubestand. Das Wachstum der Klee- und Luzernebestände wurde im Sommer stark von Trockenheit geprägt. Dies führte bei den Gräsern zu einer verfrühten generativen Phase und folglich zu vielen länglichen Trieben mit sichtbaren Ähren sowie wenigen schmalen Blättern. Malambo et al. (2018) zeigten in einem Feldversuch mit Mais und Sorghum, dass das Wachstumsstadium der Pflanze die Vorhersagegenauigkeit der SfM-basierten Bestandeshöhe beeinflusst. Wurden bei der Regressionsanalyse in der vorliegenden Studie die Gräser-Daten des 2. Schnittes ausgeschlossen, zeigte sich eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit. Da manuelle Höhenmessungen nur für eine begrenzte Anzahl von Punkten im Bestand durchgeführt werden, ist diese Methode empfindlicher gegenüber einzelnen hervorstechenden Trieben. Zudem deuten die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass drohnengestützte RGB-Aufnahmen aufgrund des Flächenbezugs und der Position der Kamera weniger anfällig für Extremwerte in der Reinsaat des Grases sind.

Schlussfolgerungen

Die drohnengestützte RGB-Bildgebung ist eine nützliche, ressourcenschonende Messmethode zur Ertragsabschätzung im Futterbau. Dabei wird in dieser Studie der Vorteil der SfM-basierten Höhenmessung in heterogenen Beständen deutlich. Darüber hinaus sind RGB-Aufnahmen mittels Drohnen eine geeignete Alternative zur zeitaufwendigen manuellen Höhen- oder Ertragsabmessung. Die Kombination von Höheninformation mit weiteren fernerkundlichen Methoden, wie multispektrale Kameras und Lasersensoren, könnte die Vorhersage von Ertragsquantität und -qualität in einem heterogenen Futterbaubestand weiter verbessern.

Literatur

- Bendig J, Bolten A, Bennertz S, Broscheit J, Eichfuss S & Bareth G (2014): Estimating Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB Imaging. *Remote Sensing* 6 (11): 10395-10412.
- Fricke T & Wachendorf M (2013): Combining ultrasonic sward height and spectral signatures to assess the biomass of legume-grass swards. *Computers and Electronics in Agriculture* 99: 236-247
- Malambo L, Popescu S C, Murray S, Putman E, Pugh N A, Horne D W, Richardson G, Shreidan R, Rooney W L, Avant R, Vidrine M, McCutchen B, Baltensperger D & Bishop M (2018): Multitemporal field-based plant height estimation using 3D point clouds generated from small unmanned aerial systems high-resolution imagery. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation* 64: 31-42
- Schirrmann M, Giebel A, Gleiniger F, Pflanz M, Lentschke J & Dammer K-H (2016): Monitoring Agronomic Parameters of Winter Wheat Crops with Low-Cost UAV Imagery. *Remote Sensing* 8 (9): 1-19