

Methoden zur lasergestützten Abschätzung extensiver Grünlandbestände

Schulze-Brüninghoff, D.¹, Hensgen, F.¹, Möckel, T.¹ & Wachendorf, M.¹

Schlagworte: Grünland, LiDAR, TLS, Punktwolke, Biomasse

Abstract: Biomass estimation derived from Terrestrial Laser Scanning (TLS) is rarely investigated for grassland ecosystems. Detailed information provided by survey systems can enhance management strategies and support timely measures. Field measurements were made in the “UNESCO biosphere reserve Rhön” in Central Germany with a TLS station (Leica P30). Four methods for estimating biomass from 3d point clouds have been applied to the data, which were Canopy Surface Height (CSH), Sum of Voxel, Mean of 3d-grid heights, and Convex-Hull. Parameters of these methods were modified to increase model stability and performance. The methods were compared in terms of model performance and calculation speed. For each method the effect of the number of scans used for each point cloud was assessed. The best fit for fresh biomass determination was achieved with a mean CSH value derived from the top 5 % of all CSH values (adj. $R^2=0.72$). In all cases, models for dry biomass estimation had less explanatory power than those for fresh biomass. CSH models based on point clouds merged from two opposite scans achieved the highest average accuracy both for fresh and dry biomass (adj. $R^2=0.73$ and 0.58 , respectively).

Einleitung und Zielsetzung

Während im Forst und bei Ackerkulturen die Vorteile einer nichtdestruktiven Ertragsabschätzung mittels Laserdaten bereits genutzt werden (z.B. Calders et al. 2015), fand diese in Grünlandökosystemen bisher wenig Aufmerksamkeit (Wachendorf et al. 2017). Der Einsatz fernerkundlicher Methoden zur Erfassung qualitativer und quantitativer Parameter von extensiven Grünlandbeständen kann jedoch zur Überwachung und zum Erhalt schützenswerter Ökosysteme und zu deren nachhaltiger landwirtschaftlicher Nutzung beitragen (Rogers et al. 2015).

Methoden

Die Versuchsflächen befanden sich im „UNESCO Biosphärenreservat Rhön“. Ein Borstgrasrasen und eine Goldhaferwiese (beide stark von *L. polyphyllus* invadiert) mit je drei 8×8 m Plots, wurden zu drei Terminen im Jahr 2016 mittels eines terrestrischen Laserscanners (Leica P30) untersucht. Anschließend wurden pro Plot von drei randomisierten Teilflächen (1m²) Biomasseproben in 5 cm Höhe entnommen. Vier Methoden zur Biomassebestimmung aus dreidimensionalen Punktwolken wurden getestet (Abb. 1). Die Methode der Vegetationshöhe, der

¹ Universität Kassel – Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Steinstr. 19, 37213, Witzenhausen, Deutschland, dam.schubroe@uni-kassel.de,

Summe der Voxel, der mittleren 3d-Raster-Höhe und das Volumen der konvexen Hülle. Diese wurden teilweise modifiziert in Bezug auf einzelne funktionale Parameter um die Modellstabilität und -stärke zu optimieren. Die Methoden wurden verglichen hinsichtlich der Kalkulationsdauer und der Anzahl an Scans, die in jede Punktwolke einfließen. Die Methode der Vegetationshöhe berechnet einen mittleren Punkt-Höhenwert (Abb. 1a). Hierfür werden nur Punkte in einem definierten Höhenabschnitt berücksichtigt. Dieser Höhenabschnitt wurde zur Modellverbesserung variiert. Das Volumen der konvexen Hülle wurde aus der kleinstmöglichen konvexen Hülle, die alle Punkte umschließt, gebildet (Abb. 1b). Hier gab es keinen zu verändernden Parameter. Die 3d-Raster-Höhe wurde durch die Bildung eines Mittelwertes aus den höchsten Punkten je Rasterzelle ermittelt (Abb. 1c). Der variable Parameter war die horizontale Größe der Raster. Zur Berechnung der Summe der Voxel wurde ein dreidimensionales Gitter in die Punktwolke gelegt (Abb. 1d). Die Anzahl der Zellen, welche mindestens einen Punkt enthalten, wurden berechnet. Die Kantenlänge der Zellen wurde variiert um die optimale Voxelgröße zu bestimmen. Die Biomassemodelle wurden jeweils mit den destruktiv ermittelten Frisch- und Trockenmasseerträgen validiert.

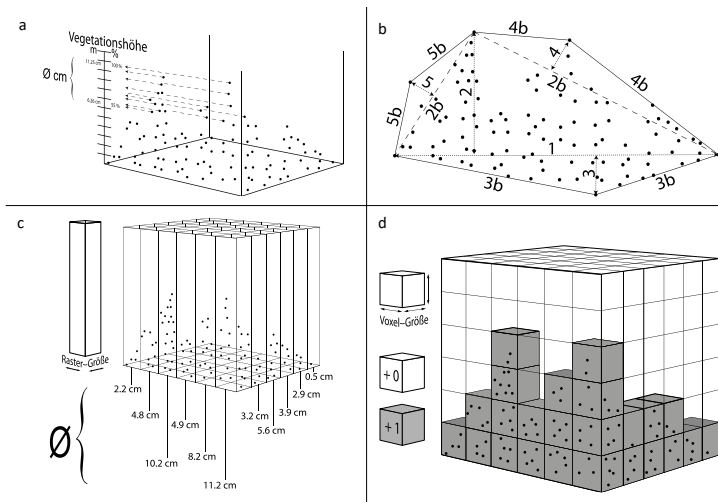


Abbildung 1: Schematische Darstellung der vier methodischen Ansätze: (a) Vegetationshöhe, (b) Volumen der konvexen Hülle, (c) mittlere 3d-Raster-Höhe und (d) Summe der Voxel.

Ergebnisse

Generell fielen die Modelle (adj. R^2) für den Frischmasseertrag (R^2 zwischen 0.67 und 0.72) besser aus als jene für den Trockenmasseertrag (R^2 zwischen 0.53 und 0.58) (Abb. 2). Das Modell der Vegetationshöhe zeigte die höchste Stabilität

hinsichtlich der Modellstärke und eine niedrige Kalkulationsdauer. Als Optimum wurde eine Anzahl von zwei Scans je Punktwolke identifiziert ($R^2=0,73$, $SE=0,13$).

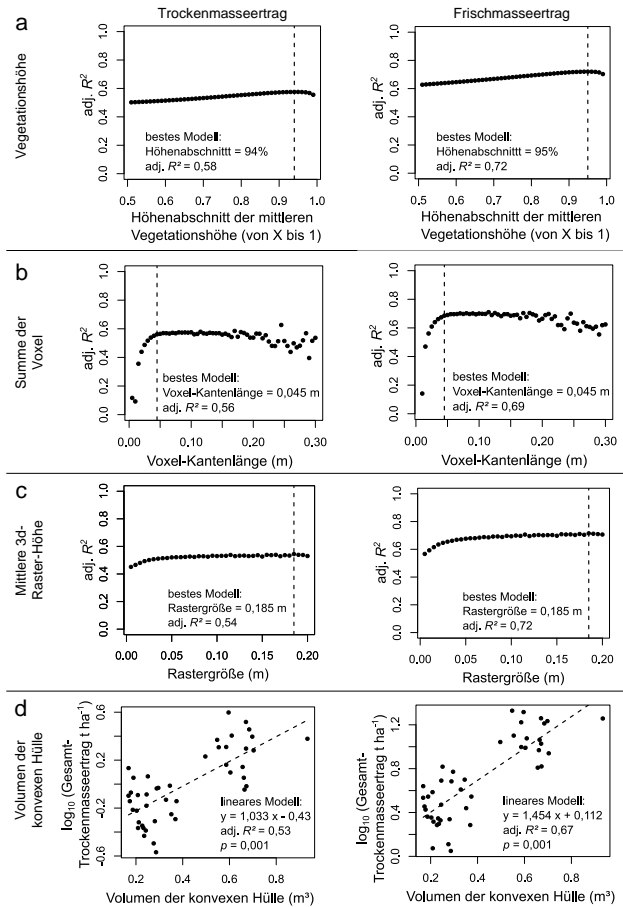


Abbildung 2: Genauigkeit (adj. R^2) der linearen Modelle für Trockenmasseertrag (Links) und Frischmasseertrag (Rechts) für (a) Vegetationshöhe, (b) Summe der Voxel, (c) mittlere 3d-Raster-Höhe in Abhängigkeit der Veränderung eines funktionalen Parameters

Zwei Scans aus entgegengesetzten Richtungen erhöhten die räumliche Information leicht gegenüber einem Einzelscan. Es gab keine Verbesserung der Genauigkeit der Modelle durch einen zusätzlichen dritten oder vierten Scan. Generell stieg die Kalkulationszeit mit zunehmender Anzahl an Scans. Die bei weitem längste Kalkulationsdauer benötigte die Methode der konvexen Hülle. Sie war mehr als

zehnfach länger als die der Vegetationshöhe. Die mittlere 3d-Raster-Höhe und die Summe der Voxel ließen sich am schnellsten berechnen.

Diskussion

Die Modelle des Frischmasseertrages waren deutlich besser als jene des Trockenmasseertrages, was zu erwarten war, da die Größe der Pflanzen nicht proportional zu ihrem Wassergehalt ist. Die Methode der Summe der Voxel ist anfällig für eine Unterschätzung der Biomasse durch verdeckte Teile der Vegetation, die somit vom Laser nicht erfasst werden. Eine hohe Auflösung und somit eine geringe Distanz verbessern hier die Chancen der Erfassung durch den Laser. Zudem steigt mit zunehmender Voxelgröße auch der Einfluss von Ausreißerpunkten auf das Modell. Ebenso sensibel reagiert die Methode der konvexen Hülle auf Ausreißer, da alle Punkte einbezogen werden. Da die Methode der 3d-Raster-Höhe einen Mittelwert errechnet, ist sie für diese Ausreißer weniger anfällig.

Schlussfolgerungen

Die Methode der Vegetationshöhe lieferte die besten Ansätze zur Bestimmung des Frisch- und Trockenmasseertrags extensiver Grünlandbestände aus 3D Punktwolken. Zukünftig könnte eine Fusionierung des beschriebenen Lasersystems mit zusätzlichen hyper- oder multispektralen Sensoren eine Differenzierung der Arten innerhalb des Grünlandbestandes ermöglichen und somit beispielsweise einen Beitrag zur Erfassung invasiver Arten in schützenswerten extensiven Grünlandökosystemen liefern.

Literatur

- Calders K, Newnham G, Burt A, Murphy S, Raunonen P, Herold M, Culvenor D, Avitabile V, Disney M, Armston J & Kaasalainen M (2015) Nondestructive estimates of above-ground biomass using terrestrial laser scanning. *Methods Ecol. Evol.* 6: 198–208.
- Rogers J N, Parrish C E, Ward L G & Burdick D M (2015) Evaluation of field-measured vertical obscuration and full waveform lidar to assess salt marsh vegetation biophysical parameters. *Remote Sens. Environ.* 156: 264–275.
- Wachendorf M, Fricke T & Möckel T (2017) Remote sensing as a tool to assess botanical composition, structure, quantity and quality of temperate grasslands. *Grass Forage Sci.* 1–14.
- Wijesingha J, Möckel T, Hensgen F & Wachendorf M (2018) Evaluation of 3D point cloud-based models for the prediction of grassland biomass. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.10.006>