

Beurteilung der Schnittqualität von Schneid- und Mähwerken mittels photogrammetrischer Methode

Peter Riegler-Nurscher¹, Johann Prankl¹ und Jürgen Karner¹

Abstract: Ein wichtiger Parameter bei der Entwicklung von Schnittsystemen ist die Stoppelhöhe. Insbesondere die Standardabweichung der Stoppelhöhen gibt Auskunft über die Qualität des Schnittes. Es wird eine Methode zur effizienten und genauen Messung der Stoppelhöhen benötigt. Die vorgestellte Methode basiert auf einer photogrammetrischen Auswertung aus RGB-Farbbildern. Um die Stoppelhöhe absolut messen zu können, werden physische Marker im Aufnahmebereich platziert. Die Stoppelenden werden manuell durch den Benutzer selektiert bzw. automatisiert durch die Anwendung von Machine-Learning-Algorithmen detektiert. Es wurde die Messgenauigkeit der Methode mit handelsüblichen Systemkameras validiert.

Keywords: Stoppelhöhe, Bildanalyse

1 Einleitung

Schnittqualität ist ein wesentlicher Faktor bei der Ernte von Getreide und Grünschnitt. Die Schnittqualität wird hauptsächlich von Mähsystem (Messer-/Scherenschnitt), Fahrgeschwindigkeit, Mähmessergeschwindigkeit und -geometrie und Zuordnung der Schneidelemente beeinflusst [St53]. Zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Produktivität bei der Ernte wird oft die Fahrgeschwindigkeit bei der Ernte erhöht. Bei hohen Fahrgeschwindigkeiten leidet aber oft die Schnittqualität [TRZ87]. Kennzeichen einer guten Schnittqualität sind ein sauberes Schnittbild, kein Abreißen bzw. Ausreißen von Halmen oder Gräsern bzw. eine konstante Reststoppelhöhe [TRZ87]. Ein wichtiges Maß zur Bewertung der Reststoppelhöhe ist die Standardabweichung der Halmhöhen. Konventionelle Methoden beschränken sich auf manuelle Vermessung mittels Herbometer oder einfachem Maßband. Berührungslose Messverfahren wie Laser oder Ultraschallsensoren haben den Nachteil einer fehlenden Boden- und Reihen-Referenzierung bei der Höhenmessung bzw. werden umgedrückte Halme mehrmals detektiert. Nach derzeitigem Stand fehlt es an einer effizienten und genauen Methode zur Beurteilung der Schnittqualität anhand der Reststoppelhöhen.

Ziel der Arbeit war die Entwicklung einer Methode zur effizienten und genauen Bestimmung der Gleichmäßigkeit der Reststoppelhöhe. Der Anwendungsbereich der Methode soll sich möglichst breit von Getreide bis Grünland erstrecken.

¹ Josephinum Research, Rottenhauser Straße 1, 3250 Wieselburg, Austria, p.riegler-nurscher@josephinum.at

2 Material und Methoden

Die Methode basiert auf semi-automatischer photogrammetrischer Vermessung der Stoppelhöhe. Dabei wird hinter einer Stoppelreihe eine Referenzplatte mit optischen Markern platziert um eine absolute Messung durchführen zu können. Die freigelegte Reihe wird mit einer kalibrierten Farbkamera aufgenommen. Dabei kann jede beliebige RGB-Kamera eingesetzt werden, wobei Brennweite und Fokus fixiert werden. In einem ersten Schritt werden die aufgenommenen Bilder am Bildschirm dargestellt und die Stoppelenden durch manuelles Anklicken mit der Maus markiert. Gleichzeitig werden Ground-Truth-Daten für ein späteres automatisiertes Erkennen der Stoppelenden generiert. Diese Positionen der Stoppelenden werden für die Höhenmessung herangezogen.

2.1 Referenzplatten- Erkennung und Höhenmessung

Um eine absolute Höhenmessung zu ermöglichen, müssen Referenzpunkte in der Messumgebung platziert werden. Diese Referenzpunkte werden auf einer Holzplatte in Form von Markern angebracht. Als Referenzmarker werden ARUCO Codes [RMM18] eingesetzt. Diese Marker können effizient und robust erkannt werden und liefern dabei 2D-Koordinaten im Bild. Jeder Marker liefert dabei vier Referenzpunkte, für jeden Eckpunkt einen. Die bekannten 3D-Punkte der Marker werden anschließend mit den detektierten 2D-Punkten des Bildes gepaart und für die Lösung des PnP-Problems (Perspective-n-Point) verwendet. Durch die Lösung des PnP-Problems kann die relative 3D-Position der Kamera zur Marker-Ebene bestimmt werden. Abbildung 1 zeigt die Holzplatte mit den Referenzmarkern (Marker-Ebene) in einer schematischen Darstellung.

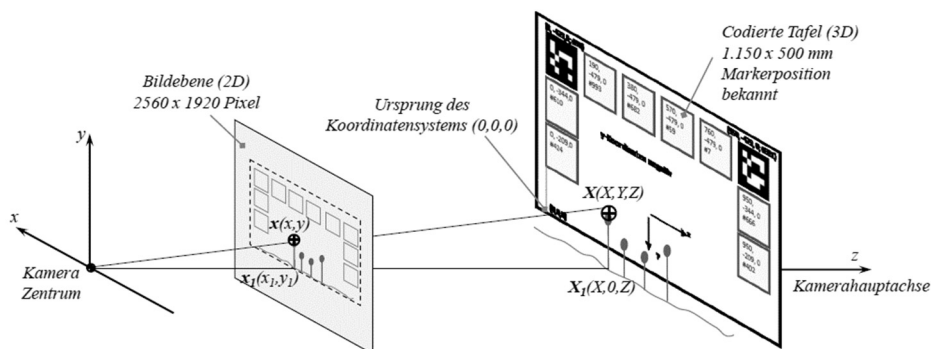


Abb. 1: Kamera-, Bildebene- und Marker-Ebenen-Geometrie

Im Zuge der Referenzplatten-Erkennung (siehe 2.1) wurde die relative Position zwischen Kamera und Marker-Ebene bestimmt. Nun können alle erkannten Stoppelenden (Punkt x) aus der 2D-Bildebene in den 3D-Raum (Punkt X) projiziert werden. Hierbei wird angenommen, dass sich die Halme in einer Ebene 1 cm vor der Marker-Ebene befinden.

Zur Ermittlung des zweiten Messpunkts X_I wird X normal auf die $Y = 0$ Ebene projiziert. Die berechnete Distanz zwischen X und X_I entspricht der Halmhöhe. Nachfolgend können alle Halmhöhen statistisch ausgewertet werden.

2.2 Halmenden-Erkennung

Die manuellen Schnittpunkt-Selektionen bilden die Grundlage für Machine-Learning-Methoden zur automatisierten Erkennung der Schnittpunkte. Dazu wurde ein Random Forest für Semantic Segmentation [Ri18] der Halmenden mit anschließender Non-Maximum-Suppression verwendet. Datengrundlage bildeten rund 10.000 Einzelpunkte in rund 200 Bildern.

3 Ergebnisse

Die automatisierte Auswahl der Halmenden beschränkt sich derzeit auf den Anwendungsfall der Getreidestoppel. In Abbildung 2 sind Beispielaufnahmen aus den Anwendungsfällen Getreide und Grünschnitt zu sehen.

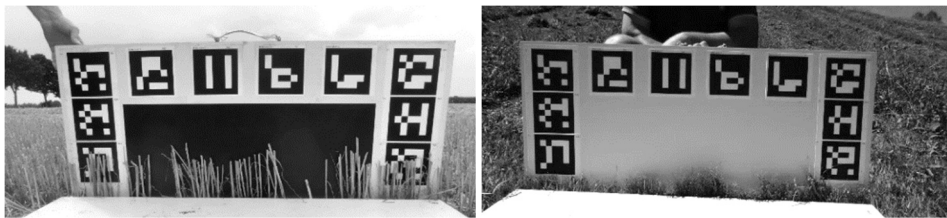


Abb. 2: Beispielaufnahmen nach Mähdrusch (links), bzw. nach dem Grünland-Schnitt (rechts).

3.1 Validierung der Messgenauigkeit

Zur Validierung der Messgenauigkeit wurde eine Kompaktkamera Sony DSC-H9 mit 5 mm Brennweite bei einer Bildauflösung von 3.264 x 2.448 Pixel eingesetzt. Dabei wurden physische Modelle von Stoppelreihen angefertigt, welche anschließend mit der Referenzebene im Hintergrund aufgenommen wurden. Die Modellstoppeln wurden manuell vermessen und mit dem Messergebnis der Applikation verglichen. Bei der Messung durch die Applikation wurden die Stoppelenden durch drei Testpersonen selektiert und anschließend gemittelt. Die Validierung ergab einen Messfehler im Mittel von 3 mm normal auf die $Y = 0$ Ebene. Hervorgerufen wird dieser Fehler durch Abweichungen der Halme von der Messebene und Variationen in der Halmenden-Selektion. Bei der Validierung der Random-Forest-Methode zur Halmenden-Klassifikation mit einem unabhängigen Testset wurde eine Korrektklassifikationsrate von 0,786 (Precision = 0,9325, Recall = 0,8334) erreicht.

3.2 Beispielvergleich zweier Schneidwerke

Abschließend wurden bei praktischen Versuchen zwei unterschiedliche Getreideschneidwerke miteinander verglichen. Das Diagramm in Abbildung 3 zeigt einen Vergleich der mittleren Standardabweichungen der Stoppelhöhen zweier Schneidwerke.

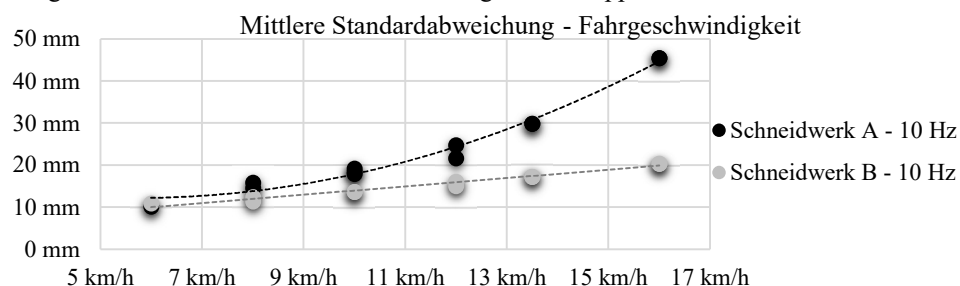


Abb. 3: Mittlere Standardabweichung der Stoppelhöhen bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten zweier unterschiedlicher Getreideschneidwerke.

4 Fazit

Die vorgestellte Methode wurde bei der Beurteilung von Getreideschneidwerken und Scheibenmäherwerken im Grünland evaluiert und eingesetzt. Die Genauigkeit wird in Abhängigkeit der Kameraauflösung dargestellt. Durch die vorgestellte Methode können größere Mengen an Versuchsdaten generiert und zur Entwicklung und Beurteilung von Schneid- und Mäherwerken eingesetzt werden. In nachfolgenden Arbeiten wird angestrebt, die automatisierte Detektion der Schnittkante zu verbessern und auch im Grünlandszenario zu implementieren. Einzelne Halme sind im Grünland bei der manuellen Annotierung schwer zu erkennen. Es ist daher geplant, die Schnittkante über einen Polygonzug zu definieren und Halme dabei gleichverteilt einzufügen.

Literaturverzeichnis

- [St53] Stoppel, Th.: Zur Systematik der Technologie des Schneidens. Grundlagen der Landtechnik, Heft 5/1953, S. 120-134, 1953
- [TRZ87] Teichmann, M., Reißig, P., Zumpe, B.: Theoretische Stoppelhöhenermittlung an Schneidwerken für die Halmfutter- und Getreideproduktion. Agrartechnik, Berlin 37, 6, S. 248-251, 1987
- [RMM18] Romero-Ramirez, F., Muñoz-Salinas, R., Medina-Carnicer, R.: Speeded up detection of squared fiducial markers, Image and Vision Computing, Volume 76, S. 38-47, 2018
- [Ri18] Riegler-Nurscher P. et al.: A machine learning approach for pixel wise classification of residue and vegetation cover under field conditions. Biosystems Engineering, Volume 169, S. 188-198, 2018