

Untersuchung des Quadrocoptereinsatzes zur Modellierung des Erntegewichtes von Kopfsalat

Inse Rosenbusch, Adrian Gausling, Fabian Mandrella, Nikolas Neddermann,
Arno Ruckelshausen¹ und Thomas Rath²

Abstract: Der Einsatz von Drohnen wird beim Kopfsalatanbau anhand der Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes überprüft. Untersucht wurde, ob von Salatbedeckungsflächen, mittels Quadrocopterkamera erfasst, das Gewicht abgeleitet werden kann und bis zu welchem Gewicht dieses möglich ist. Hierfür wurden Freiland-Salatpflanzen wöchentlich fotografiert und manuell analysiert. Das erstellte Model lässt bedingt Rückschlüsse auf das Einzelpflanzengewicht zu. Bemerkenswert ist, dass durch einen homogeneren Pflanzenbestand zum Ende der Kultur, die prozentualen Abweichungen der modellierten Salatköpfe zur Realität immer geringer wurden. Somit scheint ein Coptereinsatz zur Erntezeitbestimmung bei Salat durchaus denkbar.

Keywords: Quadrocopter, Kopfsalat, Gewichte, Bedeckungsfläche, Vorhersagemodell.

1 Einführung und Zielsetzung

Im Gemüsebau wird der Erntezeitpunkt von Salat visuell und durch invasive Kontrolle bestimmt. Somit werden Salatköpfe zu früh geerntet und gelangen nicht in den Handel. Zudem wird die tatsächliche Entwicklung des Bestandes dabei nicht erfasst.

Um zukunftsorientiert die Produktion weiter zu automatisieren, ist eine nichtinvasive Kontrolle der Erntefähigkeit sinnvoll. Um dies zu erreichen, wurde überprüft, ob die mittels einer Quadrocopter-Kamera ermittelte Bedeckungsfläche Rückschlüsse auf das aktuelle Einzelpflanzengewicht zulässt und ob die Erntefähigkeit nach den geforderten Qualitäten bestimmt werden kann.

Bisherige Arbeiten mit Coptern zur Kulturüberwachung fokussierten im Wesentlichen den Einsatz in Dauerkulturen und zur Detektion physiologischer Parameter (siehe z.B. Guillen-Climent 2012). Arbeiten zur coptergestützten Erntefähigkeitskartierung von kopfbildenden Salatkulturen liegen bisher nicht vor.

¹ Hochschule Osnabrück, Labor für Mikro- und Optoelektronik, Albrechtstraße 30, 49076 Osnabrück,
A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

² Hochschule Osnabrück, BLab - Labor für Biosystemtechnik, Oldenburger Landstr. 24, 49090 Osnabrück,
T.Rath@hs-osnabrueck.de

2 Material und Methoden

Für den Feldversuch auf dem Gelände der Hochschule Osnabrück wurden am 07.04.2015 250 homogene Kopfsalatpflanzen gepflanzt (Abstand 50 x 50 cm) und mittels Gießwagen bewässert. Kulturbegleitend wurden am 17.04.2015 und vom 22.04.2015 bis zum 26.05.2015 wöchentlich die Parameter Einzelpflanzengewicht und Bedeckungsfläche von je einer zufällig ausgewählten Pflanze pro Parzelle (8 Parzellen) und Messtermin ermittelt. Insgesamt wurden an 7 Messterminen das Gewicht und die jeweilige Bedeckungsfläche erfasst. Das angestrebte Verkaufsgewicht von 400 g/Salatkopf war durchschnittlich zum 6. Messtermin am 19.05.2015 erreicht. Das Gewicht der Pflanzen wurde mittels Digitalwaage ermittelt. Die Bedeckungsfläche wurde mit einer definierten Referenzfläche (5 x 5 cm), Aufnahmen des Quadrocopters AR.Drone® 2.0 (Parrot, Paris, France) (Termine 1 - 5, Bildauflösung: 1.280 x 720 Pixel), einer Smartphone-Kamera (Termine 6 + 7, Bildauflösung: 3.264 x 2.448 Pixel) und eines Algorithmus im Bildverarbeitungsprogramm HALCON® 11.0.3 (MVTec, München, Germany) bestimmt. Um Verwacklungen zu vermeiden, wurde der Copter manuell stabilisiert. Mit folgendem Algorithmus (HALCON® 11.0.3, MVTec, München, Germany) wurde die Berechnung der Bedeckungsfläche durchgeführt:

```
read_image (Image)
gen_rectangle
reduce_domain (Image, ROI_0, ImageReduced)
access_channel (ImageReduced, Image1, 1)
threshold (Image1, Region, 200, 255)
connection (Region, ConnectedRegions)
area_center (ConnectedRegions, Area, Row, Column)
select_shape (ConnectedRegions, SelectedRegions, 'area', 'and', 2000, 3500)
connection (SelectedRegions, ConnectedRegions1)
area_center (ConnectedRegions1, Areal, Row1, Column1)
tuple_max (Areal, Max)
decompose3 (ImageReduced, Image1, Image2, Image3)
trans_from_rgb (Image1, Image2, Image3, ImageResult1, ImageResult2, ImageResult3)
threshold (ImageResult3, Region1, 130, 255)
connection (Region1, ConnectedRegions2)
area_center (ConnectedRegions2, Area2, Row2, Column2)
select_shape (ConnectedRegions2, SelectedRegions1, 'area', 'and', 10000, 25000)
connection (SelectedRegions1, ConnectedRegions3)
area_center (ConnectedRegions3, Area3, Row3, Column3)
tuple_max (Area3, Max1)
Bedeckungsfläche: [(Max1*25)/Max]
```

Die Modellbildung wurde durch eine Kreuzvalidierung mit Hilfe zweier abschnittsweiser Regressionsmodelle realisiert. Dabei wurden für die Entwicklung des Modells 50% der Daten verwendet. Das Modell wurde mit Hilfe der restlichen Daten der Bedeckungsflächen überprüft, um das modellierte Gewicht mit dem tatsächlichen Gewicht vergleichen zu können (4/8 Testdaten, 4/8 Validierungsdaten).

3 Ergebnisse

Die Gesamtdaten (Abb. 1) sind mit einem Modell nicht ausreichend darstellbar, da die Kopfbildungsphase sich wachstumsparametrisch stark vom vorherigen Blattwachstum unterscheidet. Somit wurden Modelle von 0 - 300 g und über 300 g entwickelt.

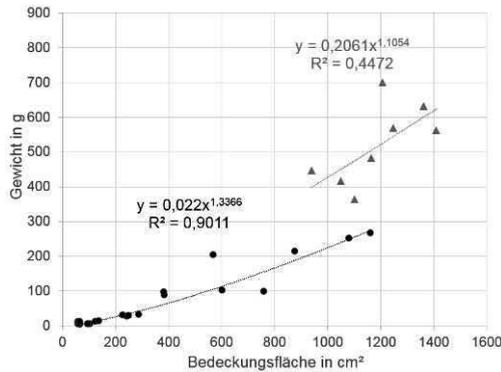


Abb. 1: Grafik zur Modellentwicklung: Korrelation zwischen Bedeckungsfläche in cm² und Gewichts von Kopfsalat in g vom 17.04.2015 - 26.05.2015; Modell 1: 0 - 300 g (Punkte, schwarz), Modell 2: > 300 g (Dreiecke, grau)

Bei der Validierung der Modellentwicklung (Abb. 2) wird deutlich, dass es nicht möglich war, für Kopfsalat ein 100% überzeugendes Wachstumsmodell zu generieren. Die Ursache ist in der starken Streuung des Salatwachstums zu finden. Die in Abbildung 2 angedeutete Regressionslinie des Fehlers zeigt aber, dass die Steigung und der Offset des Modells durchaus mit der Winkelhalbierenden in enger Verbindung steht, sodass eine ausreichende Modellierungsgüte für Praxisanwendungen gelungen zu sein scheint.

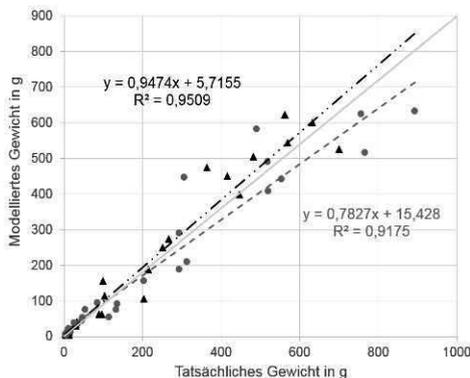


Abb.2: Modellprüfung: Schwarze Dreiecke (4/8 der Messwerte): Modellentwicklung; Graue Punkte (4/8 der Messwerte, zufällig ausgewählt): Kontrolle des Modells

Der Modellierungsfehler der Messzeitpunkte (Abb. 3) zeigt, dass bei Kulturende der Bestand einheitlicher wird und die Modellierungsgüte so zunimmt. Im Zusammenhang mit der Verdichtung des Salatkopfes ist dies erstaunlich und würde ungenaue Modellierungsergebnisse erwarten lassen. Da die Bestandesvereinheitlichung jedoch der übergeordnete Faktor ist, wird die Modellgenauigkeit prozentual besser.

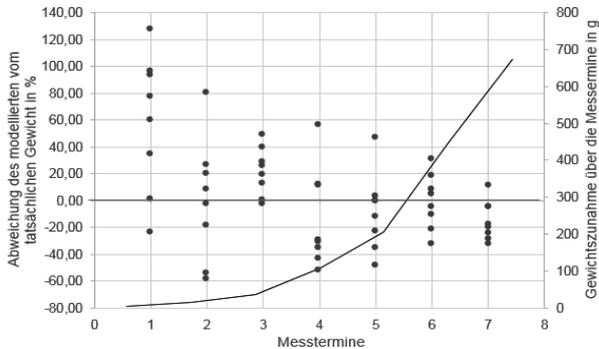


Abb.3: Abweichung des modellierten Kopfsalatgewichts in % vom tatsächlichen Gewicht (Punkte) und mittlere Gewichtsentwicklung (Linie) über die Messtermine (17.04.2015 - 26.05.2015)

4 Diskussion und Fazit

Die durch Quadrocopter-Kameras ermittelten Kopfsalatbedeckungsflächen lassen mit Hilfe des entwickelten Modells Rückschlüsse auf das Einzelpflanzengewicht am Erntetermin (Termin 6) bei einem absoluten Fehler von $\pm 30\%$ zu. Dieser Wert ist jedoch in der Praxis als kritisch anzusehen. Schwierig ist die Ermittlung des Kopfgewichts aufgrund der morphologischen Pflanzenentwicklung. Die Bedeckungsfläche verändert sich zum Ende lediglich marginal, während das Gewicht stark zunimmt, da der Salatkopf im Inneren dichter wird. Offensichtlich führen Bestandesvereinheitlichungen jedoch dazu, dass trotzdem die prozentualen Fehler der Gewichtsmodellierung zur Ernte abnehmen. Die Verallgemeinbarkeit ist zu untersuchen. Der eingesetzte Kleincopter war nur bedingt einsatzfähig, da leichte Luftbewegungen zu Ausgleichsbewegungen führten, die eine gezielte Aufnahme stark erschwerten. Der Einsatz größerer GPS-gesteuerter Copter würde längere Flugzeiten, stabilere Flüge bei verschiedenen Witterungsbedingungen im Freiland sowie eine stärkere Automatisierung ermöglichen. Höher auflösende Kamerasysteme könnten dabei weitere Vorteile bringen. Insgesamt hat der Versuch gezeigt, dass copter-gestützte Ernteprognosen mit Modellen im Gemüsebau prinzipiell möglich wären, wenn ein stabil fliegender Copter eingesetzt wird.

Literaturverzeichnis

- [GZ12] Guillen-Climent, M. L., Zarco-Tejada P. J., Berni, J. A. J., North, P. R. J., Villalobos, F. J., (2012), "Mapping radiation interception in row-structured orchards using 3D simulation and high-resolution airborne imagery acquired from a UAV", Precision Agric 13, 473-500.