

In-Row-Unkrautbekämpfung mit Hochdruckwasserstrahlen und GNSS-Lokalisation von Zuckerrüben

Daniel Mayer¹, Annalena Baumann², Tobias Eberhard² und Albert Stoll²

Abstract: In dem hier vorgestellten Projekt, das von der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert wird, soll bis Ende 2024 ein Prototyp aufgebaut werden, der anhand von aufgezeichneten GNSS-Positionen (Globales Navigationssatellitensystem) der ausgesäten Zuckerrüben Unkraut präzise, sowohl in als auch zwischen den Kulturreihen bekämpfen kann. Es wird dabei komplett auf den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln verzichtet. Als Bekämpfungswerkzeuge dienen mechanische Hackgeräte zwischen den Reihen und Hochdruckwasserstrahlen in der Reihe. Zur Aussaat der Zuckerrüben wird eine Präzisions-Sämaschine verwendet. Wahlweise kann diese einen Dreieck- oder Rechteckverband aussäen. Die Rübenpillen sollen bei der Ablage detektiert und mit einer GNSS-Position verknüpft werden. Anhand dieser Position werden die Wasserdüsen später vom Prototyp geschaltet. Der Schaltvorgang wird über den ISOBUS Task-Controller Section-Control gesteuert.

Keywords: Smart farming, precision farming, GNSS-localization, high pressure water, ISOBUS, Section-Control, sugar beets, weed control, biological

1 Einleitung

Bis 2030 soll der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der EU um 50% reduziert werden. Insbesondere bei der Zuckerrübe ist die Reduzierung von oder der Verzicht auf Herbizide/n herausfordernd, da ohne eine Unkrautbekämpfung in der sogenannten kritischen Periode ein Ertragsverlust zu erwarten ist [Ko03]. Standard-Hacken können zwischen den Reihen die Unkräuter bekämpfen und erlauben dank kameragestützter Reihenerkennung hohe Fahrgeschwindigkeiten und Flächenleistungen. Soll auch innerhalb der Reihe das Unkraut entfernt werden, kommen In-Row-Hacken zum Einsatz, die ebenfalls mit Kameras Einzelpflanzen erkennen. Eine Alternative stellt der FarmDroid dar, der die Hackwerkzeuge entsprechend eines genau lokalisierten Bestandsmusters steuert. In-Row-Hacken sind, aufgrund der oszillierenden Werkzeugbewegungen, in der Fahrgeschwindigkeit limitiert. Kamerasysteme sind anfällig gegen unterschiedliche Licht-

¹ Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), IAAF/IffT, Schelmenwasen 8, 72622 Nürtingen, daniel.mayer@hfwu.de

² Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), IAAF/IffT, Schelmenwasen 8, 72622 Nürtingen

und Schattenverhältnisse und können u. U. bei starker Verunkrautung die Pflanzenreihe bzw. Einzelpflanze nicht mehr erkennen. Auch die Unkrautentfernung mit Hackscharen ist problematisch, da durch die Bodenbearbeitung das Erosionsrisiko erhöht wird. Das Ziel des Projekts ist es, einen Prototyp zu entwickeln, mit dem Unkrautpflanzen nicht nur zwischen, sondern auch in den Kulturreihen ohne chemische Wirkstoffe bekämpft werden können, ohne die Schwächen der oben genannten Geräte aufzuweisen. Er baut auf einer Standard-Hacke auf, die um eine Hochdruckwasserhydraulik erweitert wird. In der Reihe soll ein Hochdruckwasserstrahl das Unkraut entfernen. Da er keine bewegten mechanischen Bauteile aufweist, bietet er das Potential für eine höhere Schaltdynamik und damit höhere Fahrgeschwindigkeit als bisher bekannte In-Row-Hacken. Die Kulturpflanzen werden nicht mit Kameras und Bildverarbeitung, sondern anhand von GNSS-Positionen detektiert. Mit den Hackscharen erfolgt eine mechanische Bekämpfung der Unkräuter zwischen den Kulturreihen. Alternativen dazu sind aber möglich, z. B. eine wasserhydraulische Bekämpfung oder ein Reihenmulcher. Die Hackschare können hierfür demontiert und gegen andere Werkzeuge ausgetauscht werden. Damit ist der Prototyp unabhängig von den Bodenverhältnissen, wie Feuchtigkeit, Struktur oder organischem Material. Durch diesen modularen Aufbau sind auch andere Einsatzbereiche wie z.B. im Grünland denkbar. Das Gerät soll aber zunächst in Zuckerrüben getestet und erprobt werden.

2 Stand der Technik

Das am stärksten verbreitete Funktionsprinzip zur Bekämpfung von Unkräutern zwischen den Kulturreihen ist die Scharhacke. Für größere Arbeitsbreiten ist jedoch eine Reihenführung notwendig, damit ein Regulierungserfolg bei gleichzeitig geringem Verlust der Kulturpflanzen erreicht werden kann. Die Reihenführung kann entweder manuell oder sensorbasiert erfolgen. Die sensorbasierte Steuerung der Reihenführung kann beispielsweise über RTK-GNSS (Real Time Kinematic) geschehen. Es ist dabei umstritten, ob ein Lenksystem auf dem Traktor ausreicht oder zusätzlich noch ein Verschieberahmen die Steuerung des Gerätes übernehmen soll [DL19]. Durch die Aufzeichnung der Spuren während der Aussaat ist eine Echtzeiterkennung der Pflanzen nicht nötig. Das bietet den Vorteil, sehr frühe oder auch sehr späte Hackeinsätze durchzuführen. So kann beispielsweise schon im Voraufbau gehackt werden, wenn noch keine Kulturpflanzen sichtbar sind. Eine alternative Möglichkeit ist es, den Verschieberahmen mit einer kameragestützten Pflanzenerkennung anzusteuern. Die Kulturpflanzen werden dann anhand von Farb- und/oder Größenunterschieden differenziert und so die Kulturreihe detektiert. Bei einer starken Verunkrautung, bzw. wenn das Unkraut gleich hoch ist wie die Kulturpflanzen, bietet sich eine Kombination der verschiedenen Differenzierungsmethoden (Lichtspektren, Pflanzengröße usw.) an, um die Kulturreihe auch weiterhin zuverlässig zu detektieren [Ma20]. Eine weitere Möglichkeit ist eine lernfähige Bildverarbeitung, die anhand von hinterlegten Bildvorlagen, die Hauptkultur von Unkraut und anderen Kulturen unterscheiden kann [DL19].

Eine Bekämpfung der Unkräuter in der Kulturreihe ist derzeit sowohl selektiv als auch nicht-selektiv möglich. Für den nicht-selektiven Einsatz stehen verschiedenste Werkzeuge, wie Fingerhacken, Torsionshacken oder auch Rollstriegel zur Verfügung. Damit ein wirksamer Bekämpfungserfolg bei gleichzeitig geringem Kulturpflanzenverlust gegeben ist, ist ein Wachstumsunterschied zwischen Kulturpflanze und Unkraut nötig. So ist gewährleistet, dass die Kultur die Behandlung übersteht und das Unkraut wirksam zurückgedrängt werden kann [DL19].

Geräte für eine selektive Bekämpfung der Unkräuter gibt es vergleichsweise wenige. Die Pflanzen werden bei den meisten dieser Geräte über eine Kamera erkannt. Als Beispiele wären hier der Robocrop InRow Weeder der Firma Garford [In23], der Robovator der Firma Poulsen [Ro23] und auch der IC Weeder von der Firma Steketee [St23] zu nennen. Diese Erkennung hat den Nachteil, dass eine starke Verunkrautung oder auch unterschiedliche Licht- und Schattenverhältnisse die Pflanzendetektion beeinträchtigen können [Ma20]. Dem kann beispielsweise entgegengewirkt werden, indem die Kameras, wie beim IC Weeder, unter einer Abdeckung montiert werden. So können gleichbleibende Lichtverhältnisse geschaffen werden [Ma20], [IC20].

Der FD20 von FarmDroid ist nach derzeitigem Stand das einzige System was gänzlich auf eine kameragestützte Pflanzenerkennung verzichtet. Er sät die Kulturpflanzen aus und steuert anhand der Ablageorte später die Hackwerkzeuge. Das Gerät fährt nach dem Einrichten des Feldes autonom innerhalb der Feldgrenzen und führt sowohl die Aussaat als auch die Unkrautbekämpfung durch. Hierfür werden am Werkzeugträger die Säagregate gegen die Bekämpfungseinheit ausgetauscht [FD23].

Ein System, das Unkräuter in der Kulturreihe mit Werkzeugen ohne jeglichen Bodenkontakt bekämpft und dabei komplett auf eine kameragestützte Pflanzenerkennung verzichtet, wird nach derzeitigem Stand am Markt noch nicht angeboten.

3 Material und Methoden

In den folgenden Absätzen wird der derzeitige Stand im Projekt vorgestellt. Die Untersuchungen, sowie die Auswertung der Versuche und der Aufbau des Prototyps sind noch nicht abgeschlossen. Für das Jahr 2024 sind noch umfangreiche Versuche sowie Umbauten und Anpassungen am Prototyp geplant.

3.1 Saatgutablage und Aufzeichnung der Positionsdaten

Eine genaue Saatgutablage bildet die Grundlage für eine spätere exakte Bekämpfung der Unkräuter und ein Aussparen der Kulturpflanzen. Im Projekt wird hierfür die mechanische Einzelkornsämaschine Monopill von Kverneland eingesetzt. Die Sämaschine ist mit dem GEOSEED Modul Level 1 ausgestattet. Dadurch ist sie in der Lage, die Zuckerrüben sowohl in einem Rechteck- als auch in einem Dreieckverband abzulegen. Die elektronisch

angesteuerten Säaggregate werden untereinander synchronisiert und an die Fahrgeschwindigkeit angepasst. So ist eine präzise Ablage der Rübenpillen innerhalb der Arbeitsbreite und im gewählten Ablagemuster möglich [Kv23]. Jedes Säaggregat verfügt über eine Lichtschranke, welche die Rübenpillen detektiert. Neben einer Warnmeldung für den Fahrer im Falle einer Störung lässt sich dieses Signal nutzen, um die Rübenpillen kurz vor der Ablage in die Furche zu erfassen. Durch die exakte Ablage der Monopill im Rechteckverband kann auf die Standorte der benachbarten Kulturpflanzen geschlossen werden. Dies hat den Vorteil, dass später weniger Teilflächen vom Task-Controller verarbeitet werden müssen, was wiederum die Leistungsanforderung an die Hardware mindert. Inwieweit das möglich ist, wird sich in Bekämpfungsversuchen im Frühjahr und Sommer 2024 zeigen. Hier soll der Prototyp zum ersten Mal im praktischen Einsatz erprobt werden.

Für die spätere Nutzung der Pflanzenstandorte im Task-Controller wurden zunächst Versuche durchgeführt, um die Abweichungen der Rübenpillen vom gewählten Ablagemuster zu bestimmen. Hierfür wurden Beete mit der Arbeitsbreite der Sämaschine und mit einer Länge von ca. 60 m angelegt. Der verwendete RTK-GNSS-Empfänger ist ein Topcon HiperV. Er wurde für die Versuche über dem mittleren Säaggregat montiert (Abb. 1).



Abb. 1: Links ist der aktuelle Stand des Prototyps, rechts ist die Sämaschine mit dem aufgebauten GNSS-Empfänger zu sehen

Während der Aussaat wurde das Signal der Lichtschranke über einen Einplatinencomputer empfangen und mit einem Zeitstempel abgespeichert. Ein weiterer Einplatinencomputer zeichnete die seriellen Positionsdaten ebenfalls mit einem Zeitstempel auf.

3.2 Auswertung der Positionsdaten

Damit jeder Rübenpille ein korrekter Standort zugeteilt werden konnte mussten die abgespeicherten Daten den GNSS-Positionen zugeordnet werden. Hierfür wurde der Zeitstempel jeder abgelegten Rübenpille mit den Zeitstempeln der Positionsdaten abgeglichen. Bei einer Übereinstimmung wurde die entsprechende Koordinate der

Rübenpille zugeordnet. Sollte es keine Übereinstimmung gegeben haben, wurde ein theoretischer Standort aus den Positionsdaten mit dem nächstgrößeren und nächstkleineren Zeitwert errechnet.

Um die Abstände der Rübenpflanzen im Feld zu bestimmen, wurde ein Messrahmen mit einem Seilzugpotentiometer verwendet. Dieser ist angelehnt an das von Loibl und Ströbel vorgestellte Prinzip und erlaubt ein einfaches und schnelles Erfassen der Abstände [LS05]. Über den Seilzug lassen sich die Messwerte deutlich genauer erheben als über die reine Erfassung mit dem GNSS-Empfänger. Mit einem Schalter konnten die einzelnen Messungen ausgelöst und abgespeichert werden. Zunächst wurde hierfür der Abstand vom Nullpunkt zur Pflanze gemessen. Danach wurde über die Live-Anzeige des GNSS-Empfängers die jeweilige GNSS-Koordinate der Pflanze angesteuert und die Entfernung erfasst. Die Auswertung dieser Messdaten steht noch aus.

3.3 Verarbeitung der Positionsdaten für den ISOBUS Task-Controller Section Control

Damit die erfassten Standorte der Kulturpflanzen im späteren Prototyp vom Task-Controller Section Control verarbeitet werden können, müssen sie in einer .shape-Datei vorliegen. Über die Geoinformationssystemsoftware QGIS werden die Punktkoordinaten importiert und daraus Rechtecke erzeugt. Die Rechtecke stellen den Bereich dar, welcher später nicht vom Bekämpfungsgesetz behandelt wird. Sie definieren gleichzeitig einen Sicherheitsbereich um die Kulturpflanze, damit auch bei einer Ablage mit einem gewissen Verrollungseffekt keine Gefahr besteht, die Kulturpflanze zu beschädigen. Auch soll damit eine gewisse Schaltlatenz der Hochdruckdüsen berücksichtigt werden. Dieser Sicherheitsbereich ist auch von den Ergebnissen der noch ausstehenden Untersuchung der Ablagegenauigkeit abhängig.

3.4 Gerätekonzept

Der Prototyp führt im Frontanbau einen Wassertank, sowie eine Hochdruckwasserpumpe mit. Im Heck wird ein GNSS gesteuertes Verschieberahmen angebaut. Er nimmt die um die Wasserstrahldüsen erweiterte Reihenhacke auf (Abb. 1). Mit diesem Gerät sollen dann die Unkräuter in der Kulturreihe wasserhydraulisch und zwischen den Reihen mechanisch bekämpft werden [Sp23].

4 Geplante Forschungstätigkeiten

Das Bekämpfungsgesetz wird im Winter 2023/2024 um die Hochdruckwasserhydraulik, sowie die ISOBUS-Steuerung erweitert. Nach erfolgreichen Funktionstests sollen im Frühjahr 2024 erneute Aussaatversuche angelegt werden. Diese dienen nicht nur als Grundlage für die spätere Untersuchung des Bekämpfungserfolgs, sondern sollen

gleichzeitig genutzt werden, um die Erfassungsgenauigkeit der Rübenpillen bei der Aussaat weiter zu optimieren. Die Kulturpflanzen dieser Aussaatversuche werden dann genutzt, um den Prototyp zu testen und dessen Bekämpfungsgenauigkeit zu untersuchen. Nachdem die ersten Versuche durchgeführt wurden, wird die Fläche umgebrochen und erneut eingesät. So sollen mehrere Versuche über das Frühjahr und den Sommer 2024 durchgeführt werden.



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Baden-Württemberg

Abb. 2: Das Vorhaben wird von der Europäischen Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) – EFRE Programm Baden-Württemberg 2021 – 2027 unterstützt und vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert.

5 Literaturverzeichnis

- [DL19] DLG-Merkblatt 449 Mechanische Unkrautregulierung – Technik für die Praxis, https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/landwirtschaft/themen/publikationen/merkblaetter/dlg-merkblatt_449.pdf, 20.10.2023
- [FD23] FD20 DATENBLATT, <https://farmdroid.dk/de/produkt-2/>, 20.10.2023
- [IC20] IC-Weeder Intelligentes Hackgerät mit Einzelpflanzenerkennung, https://www.steketee.com/wp-content/uploads/IC-Weeder_de.pdf, 20.10.2023
- [In23] Robocrop InRow Weeder, <https://garford.com/de/robocrop-inrow-weeder/>, 26.10.2023
- [Ko03] Kobusch, H.: Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben – Ermittlung der Kritischen Periode. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften der Fakultät Agrarwissenschaften, S. 12-13, Universität Hohenheim, 2003
- [Kv23] Kverneland Monopill, <https://www.kverneland.de/saetechnik/mechanische-einzelkornsammaschinen/kverneland-monopill-monopill-e-drive-ii>, 26.10.2023
- [LS05] Loibl, B.; Ströbel, M.: Neues Messsystem zur Bestimmung des Pflanzenabstandes in der Saatreihe. LANDTECHNIK 4, S. 202-203, 2005
- [Ma20] Machleb, J. et. al.: Sensor-based mechanical weed control: Present state and prospects. Computers and Electronics in Agriculture; an international journal Nr. 176, S. 1-6, 2020
- [Ro23] Mechanical Robovator, <https://www.visionweeding.com/robovator-mechanical/>, 26.10.2023
- [Sp23] Water Jet Spot Weeding - Unkrautbekämpfung mit Hochdruckwasserstrahlen (SpoteeJet), <https://www.hfwu.de/spoteejet>, 26.10.2023
- [St23] IC-Weeder, <https://www.steketee.com/nl/producten/ic-weeder-3/>, 26.10.2023