Mold, 09. September 2026

In-Row-Hacken im Ölkürbis: Wie weit kann KI die Handarbeit ersetzen?

Standort: Innovation Farm Mold
Autoren: Florian Krippl, MSc., T +43 50 259 29226, florian.krippl@lk-noe.at

DETAILS

Partner: Ullmanna s.r.o

Samo Maschinenbau GmbH

Produkt, Technik: Samo Vario Chop AI , IN Row Hacktechnik zur Reduktion der Handarbeitskraftstunden und Reduktion der Restverunkrautung

Betreuer: Krippl Florian, Innovation Farm Mold

Zeitraum: April 2026 bis Dezember 2026

Ziel des Projektes: Der Versuch soll aufzeigen, inwieweit der Einsatz eines InRow-Hackgerätes im Vergleich zu einem konventionellen kamerageführten Hackgerät inkl. Handhacke zur Effizienzsteigerung in der Unkrautregulierung beiträgt. Dabei stehen zwei Hauptziele im Vordergrund:

- Reduktion des Arbeitszeitbedarfs durch geringeren Handarbeitsaufwand nach der maschinellen Bearbeitung.
- Verbesserung der Unkrautkontrolle durch die Erfassung und Beseitigung von Unkraut in der Pflanzenreihe.

Umsetzung: In dem Versuch werden ein konventionelles Hackgerät mit Handhacke und ein InRow-Hackgerät miteinander bei Kürbis verglichen. Der Schwerpunkt liegt auf der Reduktion des Arbeitszeitbedarfs sowie auf der Bewertung der verbleibenden Verunkrautung.

Fazit: Der Versuch zeigt, dass sich die mechanische Beikrautregulierung im Ölkürbis mit AI-gestützter In-Row-Technik wirkungsvoll bis in die Pflanzenreihe erweitern lässt. Die Kombination aus Fronthacke und Samo Vario Chop AI erreichte unmittelbar nach der Bearbeitung mit 5,5 % Restverunkrautung ein Arbeitsergebnis, das nahe an die manuelle Nacharbeit mit 3,45 % herankam. Gleichzeitig wurde die Pflanzenerkennung im Versuch als zuverlässig und das Handling als praxistauglich bewertet.

Details und Videos: www.innovationfarm.at

Förderungen: Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

Ausgangslage und Fragestellung im Versuch

Kameragesteuerte Hackgeräte haben sich in Reihenkulturen als präzise Verfahren zur mechanischen Beikrautregulierung zwischen den Pflanzenreihen etabliert. Ihre klassische Einsatzgrenze liegt jedoch unmittelbar in der Kulturpflanzenreihe: Um Schäden an den Kulturpflanzen zu vermeiden, bleibt dort in der Regel ein Schutzbereich unbearbeitet. Gerade in diesem Bereich können konkurrenzstarke Beikräuter weiterwachsen und müssen – abhängig von Kultur, Beikrautdruck und Qualitätsanspruch – häufig in einem zusätzlichen Arbeitsgang manuell entfernt werden.

Insbesondere bei Kulturen mit größeren Reihenweiten und einem hohen Einzelpflanzenwert kann diese Nacharbeit einen erheblichen Arbeitszeitbedarf verursachen. Steigende Lohnkosten und die zunehmend eingeschränkte Verfügbarkeit von Saisonarbeitskräften verstärken daher das Interesse an technischen Lösungen, die auch den Bereich innerhalb der Pflanzenreihe automatisiert bearbeiten können.

Hier setzt die In-Row-Hacktechnik an. Das Samo Vario Chop AI berechnet den Wurzelmittelpunkt der Kulturpflanzen und steuert die Hackwerkzeuge so, dass auch der Bereich zwischen den Einzelpflanzen innerhalb der Reihe mechanisch bearbeitet werden kann. Damit soll die bislang verbleibende Bearbeitungslücke geschlossen und vor allem der nachfolgende Handarbeitsaufwand reduziert werden.

Vor diesem Hintergrund untersuchte die Innovation Farm am Standort Mold in einem Praxisversuch im Ölkürbis die Leistungsfähigkeit einer AI-gestützten In-Row-Hacktechnik im Vergleich zur etablierten Verfahrenskette aus Fronthacke und anschließender Handarbeit. Im Mittelpunkt standen die Arbeitsqualität unmittelbar nach der Bearbeitung, die Entwicklung der Restverunkrautung im weiteren Vegetationsverlauf sowie die arbeits- und betriebswirtschaftliche Bewertung der Verfahren.

Für die Praxis ist dabei nicht allein entscheidend, ob ein In-Row-System grundsätzlich innerhalb der Pflanzenreihe arbeiten kann. Maßgeblich ist vielmehr, wie nahe die maschinelle Bearbeitung an die Qualität einer manuellen Nacharbeit herankommt, ob sich daraus ein nachhaltiger Effekt auf die Restverunkrautung ergibt und unter welchen Einsatzbedingungen sich die zusätzliche Technik wirtschaftlich darstellen lässt.

Die Umsetzung des Versuches

Der Versuch wurde in einem Ölkürbisbestand mit einer Reihenweite von 1,40 m und einem Pflanzenabstand von 40 cm innerhalb der Reihe angelegt. Ziel war es, zwei praxisrelevante Strategien der mechanischen Beikrautregulierung direkt miteinander zu vergleichen. Dabei stand insbesondere die Frage im Mittelpunkt, ob sich die bislang notwendige Handarbeit innerhalb der Pflanzenreihe durch eine automatisierte In-Row-Hacktechnik ersetzen oder zumindest deutlich reduzieren lässt.

Als Standardvariante diente die in der Praxis etablierte Verfahrenskette aus einer Fronthacke und einer anschließenden händischen Korrektur. Die Fronthacke übernahm dabei die mechanische Beikrautregulierung zwischen den Kürbisreihen. Beikräuter, die innerhalb der Pflanzenreihe beziehungsweise im Schutzbereich um die Kulturpflanzen verblieben, wurden anschließend von Hand entfernt.

Dieser Variante wurde die In-Row-Variante gegenübergestellt. Auch hier erfolgte zunächst die Bearbeitung zwischen den Reihen mit der Fronthacke. Die Regulierung der Beikräuter innerhalb der Kulturpflanzenreihe übernahm anschließend das Samo Vario Chop AI. Das System erkennt die Position und Mittelpunkt der einzelnen Kürbispflanzen und steuert die Hackelemente so, dass der Raum zwischen den Kulturpflanzen mechanisch bearbeitet werden kann. Damit soll jener Bereich erfasst werden, der bei einer klassischen Reihenhacke zum Schutz der Kulturpflanze üblicherweise unbearbeitet bleibt.

Der Versuchsaufbau ermöglicht damit einen direkten Vergleich zweier vollständiger Verfahrensketten: Fronthacke plus Handarbeit gegenüber Fronthacke plus automatisierter In-Row-Bearbeitung. Entscheidend ist dabei, dass nicht die Fronthacke selbst ersetzt wird. Sie bildet in beiden Varianten die gemeinsame Grundlage für die Beikrautregulierung zwischen den Reihen. Untersucht wurde vielmehr, welche Methode sich für die Bearbeitung des verbleibenden Bereichs innerhalb der Pflanzenreihe besser eignet.

Diese Abgrenzung ist auch für die spätere wirtschaftliche Bewertung wesentlich. Die Kosten für Traktor und Fronthacke fallen in beiden Verfahrensvarianten an und werden daher als gemeinsame Ausgangsbasis betrachtet. Für den eigentlichen Verfahrensvergleich sind insbesondere die zusätzlichen Kosten der manuellen Nacharbeit beziehungsweise der In-Row-Technik relevant. Dadurch lässt sich beurteilen, ab welchem Handarbeitsbedarf und bei welcher Flächenleistung sich der Einsatz der automatisierten Hacktechnik gegenüber der konventionellen Verfahrenskette wirtschaftlich darstellen kann.

Drohnenauswertung zeigt Unterschiede in der Arbeitsqualität

Für die Bewertung der Beikrautregulierung wurde das Arbeitsergebnis sowohl durch punktuelle Bonituren als auch mithilfe einer automatisierten Drohnenauswertung aus fünf Metern Flughöhe erfasst. Das Beikrautaufkommen wurde jeweils vor und nach dem Arbeitsgang bestimmt. Aus der Veränderung der Beikrautdichte ließ sich die unmittelbare Wirksamkeit der einzelnen Verfahren ableiten.

Zur Absicherung der automatisierten Auswertung wurden die erkannten Kultur- und Beikrautpflanzen zusätzlich händisch validiert. Insgesamt flossen 16 ha Ölkürbis auf fünf Schlägen in die Auswertung ein. Dadurch konnte die Arbeitsqualität nicht nur punktuell, sondern unter unterschiedlichen Praxisbedingungen und über eine größere Fläche hinweg beurteilt werden.

Die Ergebnisse unmittelbar nach der Bearbeitung verdeutlichen zunächst die Grenze der alleinigen Fronthacke. Nach dem Hackdurchgang verblieben im Mittel noch 65 % der zuvor vorhandenen Beikräuter. Ausschlaggebend dafür ist vor allem der unbearbeitete Schutzbereich innerhalb der Kürbisreihe.

Wurde die Fronthacke durch eine anschließende händische Bereinigung der Pflanzenreihe ergänzt, sank die Restverunkrautung auf 3,45 %. Die Kombination aus Fronthacke und Samo Vario Chop AI erreichte mit 5,5 % Restverunkrautung ein ähnlich hohes Regulierungsergebnis. Damit lag die In-Row-Technik unmittelbar nach der Bearbeitung nur rund zwei Prozentpunkte hinter der manuellen Nacharbeit.

Auffällig war zugleich die geringere Streuung der Ergebnisse in der In-Row-Variante. Die Schwankungsbreite lag beim Samo Vario Chop AI um rund 3 Prozentpunkte niedriger als bei der manuellen Nacharbeit. Dies spricht unter den untersuchten Bedingungen für ein vergleichsweise gleichmäßiges Arbeitsergebnis über die verschiedenen Flächen hinweg.

Bei der Einordnung der Ergebnisse ist jedoch ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Verfahren zu berücksichtigen. Die Handarbeit erfolgt selektiv: Entfernt werden gezielt jene Beikrautpflanzen, die zum Zeitpunkt der Bearbeitung sichtbar sind und als störend eingestuft werden. Die In-Row-Technik bearbeitet dagegen den Boden flächig zwischen den einzelnen Kulturpflanzen innerhalb der Reihe. Beide Verfahren unterscheiden sich somit nicht nur im Grad der Automatisierung, sondern auch in der Art und Intensität der Bearbeitung.

Trotz dieser unterschiedlichen Arbeitsweise zeigt der unmittelbare Vergleich ein klares Bild: Die AI-gestützte In-Row-Technik erreichte unter den Versuchsbedingungen eine Arbeitsqualität, die nahe an die manuelle Nachbearbeitung herankam.

Besonders deutlich wurden die Unterschiede bei einer weiteren Bonitur Anfang August nach der Blüte. Zu diesem Zeitpunkt zeigte sich ein anderes Bild als unmittelbar nach dem Hackdurchgang. In der Variante Fronthacke plus Handarbeit wurde eine Restverunkrautung von 32 % festgestellt. In der Variante Fronthacke plus Samo Vario Chop AI lag sie dagegen

bei lediglich 10 %. Damit wies die mechanisierte In-Row-Variante im weiteren Vegetationsverlauf eine um 22 Prozentpunkte geringere Restverunkrautung auf.

Der Unterschied zwischen beiden Varianten basiert auf der unterschiedlichen Art der Bearbeitung. Während bei der Handarbeit gezielt vorhandene Beikrautpflanzen entfernt werden, erfolgt mit der In-Row-Technik eine flächige mechanische Bearbeitung des Bodens zwischen den Kürbispflanzen.

Für die Praxis ist daraus vor allem eines abzuleiten: Die Qualität eines In-Row-Systems sollte nicht ausschließlich anhand des Arbeitsergebnisses unmittelbar nach der Überfahrt bewertet werden. Ebenso entscheidend ist, wie nachhaltig die Beikrautregulierung über den weiteren Vegetationsverlauf wirkt und welcher Restbesatz bis zum Reihenschluss verbleibt.



Abbildung 1 Drohnenauswertung der Beikrautdichte aus 5 m

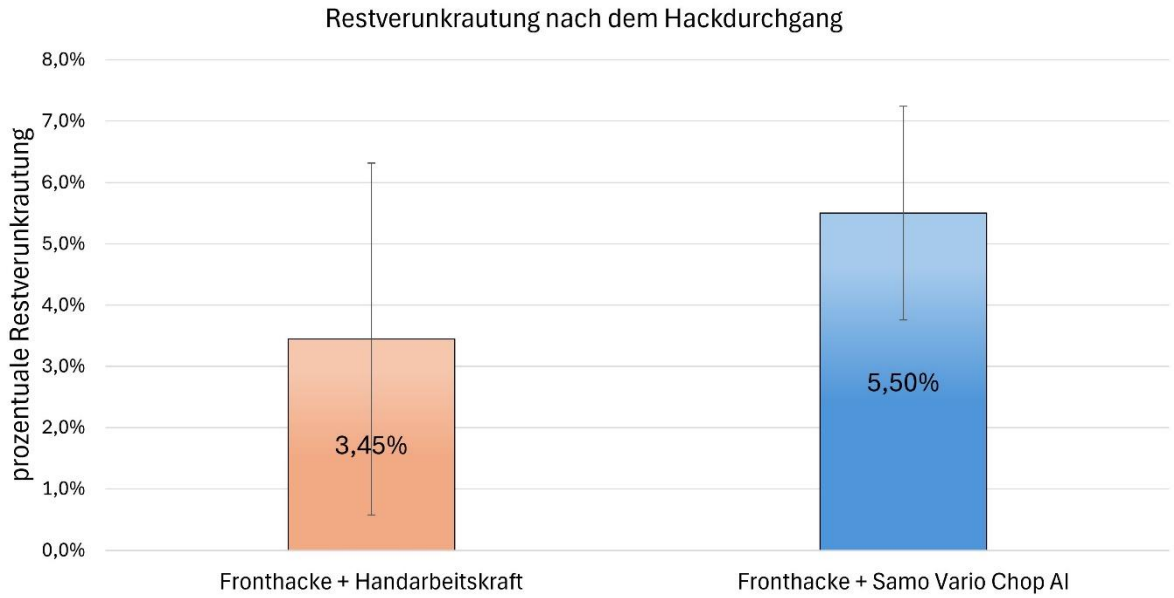


Abbildung 2 Restverunkrautung nach dem Hackdurchgang

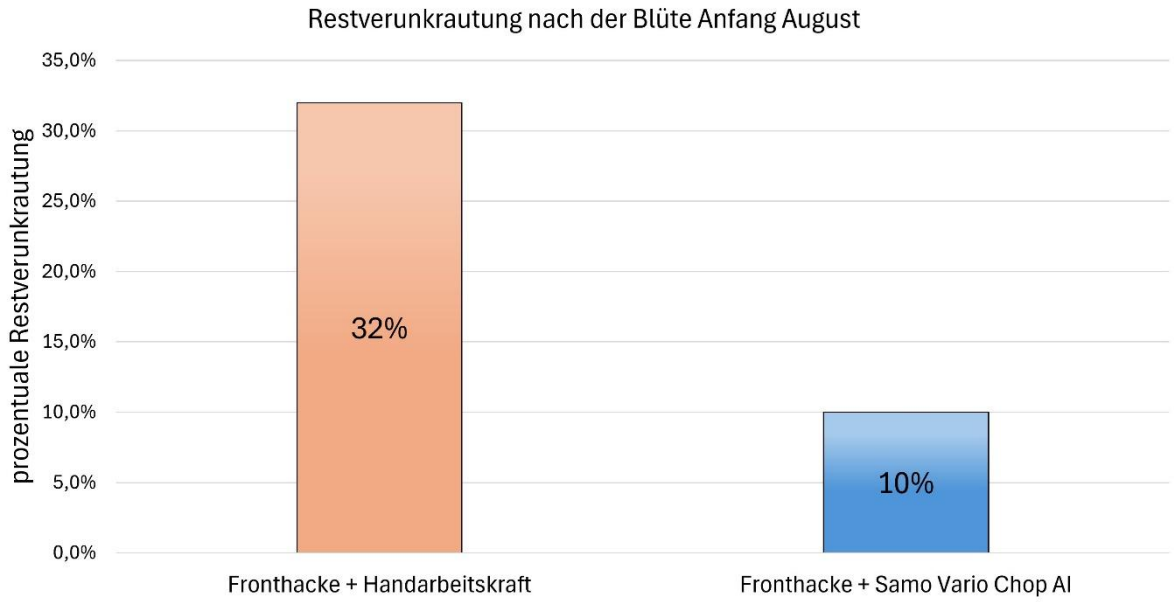


Abbildung 3 Restverunkrautung bei der Kürbisblüte im Sommer

Wirtschaftlichkeit

Technisch kann die In-Row-Hacktechnik den Bedarf an händischer Nacharbeit deutlich reduzieren. Ob sich der Einsatz auch wirtschaftlich rechnet, hängt jedoch wesentlich von der jährlichen Auslastung, der tatsächlich erreichten Flächenleistung und dem betrieblichen Handarbeitsbedarf ab. Gerade bei einer vergleichsweise kapitalintensiven Spezialmaschine wirken sich geringe Einsatzumfänge deutlich auf die Hektarkosten aus.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Versuchsanstellung basiert auf ÖKL-Richtwerten. Für einen 140-PS-Traktor werden 61,63 €/h netto, für eine Arbeitskraft 18 €/h angesetzt. Für die In-Row-Hacktechnik wurde mit einem Netto-Anschaffungspreis von 80.000 € kalkuliert. Bei einer angenommenen jährlichen Auslastung von 100 Betriebsstunden beziehungsweise rund 150 ha ergeben sich für das In-Row-System Maschinenkosten von 112 €/h.

Entscheidend ist dabei die Betrachtungsweise: Beim kombinierten Arbeitsgang sind Traktor und Fronthacke bereits als Basis vorhanden. Die Kosten der In-Row-Technik sind damit als zusätzliche Kosten gegenüber dem ohnehin notwendigen Hackdurchgang zu verstehen.

Bei einer angenommenen Flächenleistung von 1,5 ha/h bzw. 5 km/h, ergeben sich in der Kalkulation rund 74 €/ha Zusatzkosten für den kombinierten Einsatz von Fronthacke und In-Row-Technik. Für einen separaten Soloeinsatz des In-Row-Gerätes einschließlich Traktor und Fahrer weist die Versuchsauswertung rund 127 €/ha aus.

Setzt man diese Werte den kalkulierten Handarbeitskosten von 18 €/h gegenüber, wird der wirtschaftliche Schwellenbereich sichtbar. Beim kombinierten Einsatz entspricht ein Aufwand von 74 €/ha rechnerisch etwa 4,1 Handarbeitsstunden je Hektar. Beim separaten Soloeinsatz mit 127 €/ha liegt der Schnittpunkt bei rund 7,1 Arbeitsstunden je Hektar.

Damit wird deutlich: Sind nach dem klassichen Hackdurchgang lediglich zwei oder drei Stunden Handarbeit je Hektar erforderlich, ist die manuelle Nacharbeit unter den getroffenen Annahmen kostengünstiger. Steigt der Handarbeitsbedarf dagegen deutlich an, gewinnt die Mechanisierung wirtschaftlich an Attraktivität. Entscheidend ist somit nicht allein der Anschaffungspreis der Technik, sondern vor allem, wie viele Handarbeitsstunden tatsächlich ersetzt werden können.

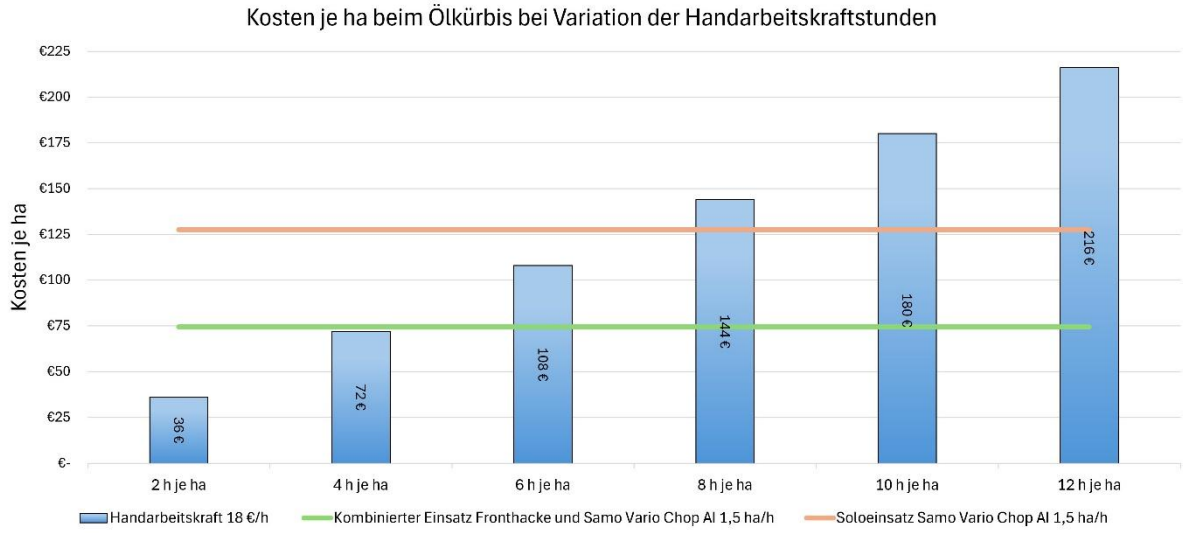


Abbildung 4 Verfahrenskosten je ha bei Variation der Handarbeitskraftstunden

Auslastung drückt die Hektarkosten

Ebenso großen Einfluss hat die jährliche Maschinenauslastung. Für den Soloeinsatz bei einer Flächenleistung von 1,5 ha/h zeigt die Kalkulation einen deutlichen Kostendegressionseffekt: Bei 50 Betriebsstunden pro Jahr liegen die Kosten bei rund 194 €/ha. Bei 100 Stunden sinken sie auf 127 €/ha, bei 150 Stunden auf 105 €/ha und bei 200 Stunden auf rund 94 €/ha.

Gerade bei Spezialtechnik dieser Preisklasse wird damit die jährliche Auslastung zu einem zentralen Wirtschaftlichkeitsfaktor. Für Betriebe mit geringer eigener Einsatzfläche kann deshalb eine überbetriebliche Nutzung interessant sein. Maschinengemeinschaften, Gemeinschaftskauf oder der Einsatz über Lohnunternehmen können dazu beitragen, die Fixkosten auf mehr Betriebsstunden und Hektar zu verteilen.

Die reine Kostenrechnung bildet allerdings nur einen Teil der arbeitswirtschaftlichen Bewertung ab. Gerade in zeitkritischen Arbeitsspitzen ist nicht nur der Lohnansatz entscheidend, sondern auch die Frage, ob ausreichend Arbeitskräfte zum richtigen Zeitpunkt verfügbar sind. Kann ein automatisiertes In-Row-System die Handarbeit reduzieren und den Arbeitsgang zeitlich besser planbar machen, entsteht daraus ein zusätzlicher betrieblicher Nutzen, der sich in einer reinen €/ha-Kalkulation nur eingeschränkt abbilden lässt.

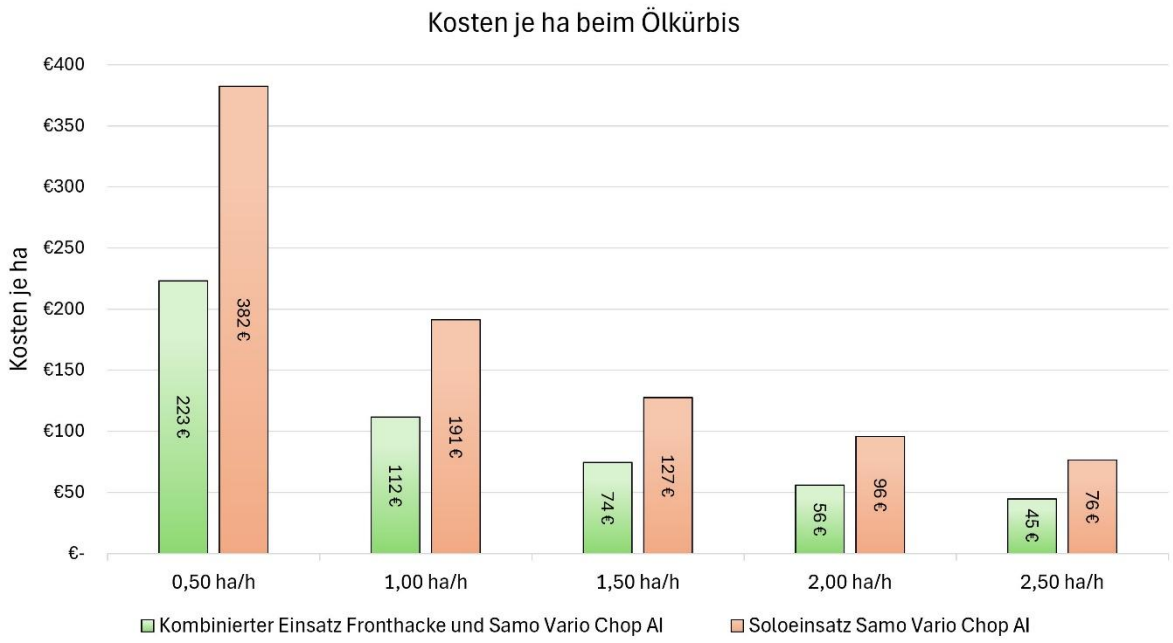


Abbildung 5 Verfahrenskosten je ha bei Variation der Flächenleistung

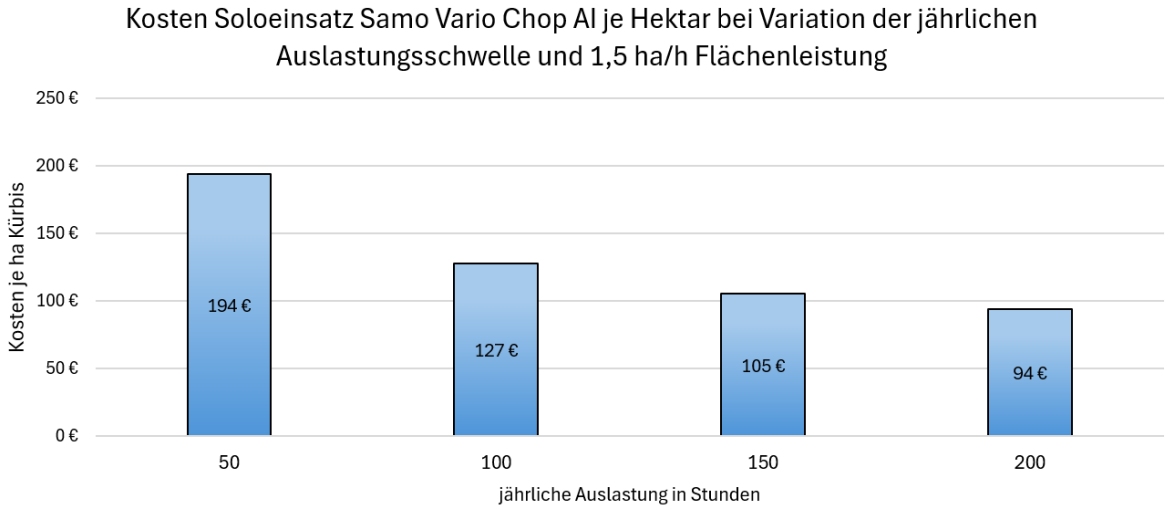


Abbildung 6 Verfahrenskosten je ha bei Variation der jährlichen Auslastung

Fazit

Der Versuch zeigt, dass sich die mechanische Beikrautregulierung im Ölkürbis mit AI-gestützter In-Row-Technik wirkungsvoll bis in die Pflanzenreihe erweitern lässt. Die Kombination aus Fronthacke und Samo Vario Chop AI erreichte unmittelbar nach der Bearbeitung mit 5,5 % Restverunkrautung ein Arbeitsergebnis, das nahe an die manuelle Nacharbeit mit 3,45 % herankam. Gleichzeitig wurde die Pflanzenerkennung im Versuch als zuverlässig und das Handling als praxistauglich bewertet.

Besonders relevant ist die Entwicklung im weiteren Vegetationsverlauf. Bei der Bonitur Anfang August lag die Restverunkrautung in der In-Row-Variante bei 10 %, während nach Fronthacke und manueller Nacharbeit 32 % festgestellt wurden. Unter den untersuchten Bedingungen führte die ganzflächige mechanische Bearbeitung innerhalb der Reihe somit zu einem deutlich geringeren Beikrautbesatz im Sommer. Damit wird deutlich, dass für die Bewertung eines Hackverfahrens nicht nur das unmittelbar sichtbare Arbeitsergebnis entscheidend ist, sondern auch die Nachhaltigkeit der Beikrautregulierung im weiteren Bestandesverlauf.

Die Wirtschaftlichkeit hängt jedoch stark von den betrieblichen Voraussetzungen ab. Bei geringem Handarbeitsbedarf bleibt die manuelle Nacharbeit kostengünstiger. Mit zunehmendem Arbeitszeitbedarf verschiebt sich die Kalkulation zugunsten der Mechanisierung.

Ab rund vier Handarbeitsstunden je Hektar ist der kombinierte Einsatz kostengleich – jede weitere Stunde geht zugunsten der Maschine. Die geringere Restverunkrautung aufgrund der flächigen Bearbeitung erspart in vielen Fällen einen zweiten Handdurchgang und hat somit eine nachhaltige Wirkung. Die zusätzlichen Faktoren wie: Planbarkeit der Arbeitsleistung und damit einhergehend, Unabhängigkeit von Fremdpersonal, gleichbleibende Arbeitsqualität und der Einsatz bei Tag und Nacht sind Punkte, welche monetär schwer zu bewerten sind und wurden in der Kostenrechnung nicht berücksichtigt.

Insgesamt zeigt sich: Das Potenzial der In-Row-Hacktechnik liegt nicht allein im Ersatz von Handarbeit. Entscheidend ist die Kombination aus hoher Arbeitsqualität, nachhaltiger Beikrautregulierung und ausreichender Flächenleistung. Besonders interessant wird das Verfahren dort, wo ein hoher manueller Nacharbeitsbedarf auf knappe Arbeitskräfte und ausreichend große Einsatzflächen trifft.

Förderungen: Dieser Beitrag entstand an der Innovation Farm (www.innovationfarm.at), die mit Mitteln von Bund, Ländern und der Europäischen Union unterstützt wird.

Videolinks:

https://youtube.com/shorts/OQXmVHPLMrU?si=byNV_M20jqqqjXdW

https://youtube.com/shorts/tVdviTlRlE0?si=TpMp13Eg9s5PuHMt

https://youtube.com/shorts/ToDKJtM8ecA?si=U0IWSUKjW2hxKiWt

https://youtube.com/shorts/py7_OSO8F6c?si=5-M3O1bNQPYj_8ME

https://youtube.com/shorts/0ioyHRLBCvE?si=TJ1-F8h_8MNH2zoB



Abbildung 7 Versuchsgespann im Einsatz

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.