

Systeme zur mechanischen und mechanisch-chemischen Unkrautregulierung in Zuckerrüben (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) – Versuche in Niedersachsen

Mechanical and mechanical-chemical weed control in sugar beets (Beta vulgaris subsp. vulgaris) - trials in Lower Saxony

Goßswinth Warnecke-Busch^{1*}, Markus Mücke²

¹Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Pflanzenschutzamt, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, FB Ökolandbau, Wunstorfer Landstraße 9, 30453 Hannover

*Korrespondierende Autorin, warnecke-busch@lwk-niedersachsen.de

DOI 10.5073/jka.2020.464.041



Zusammenfassung

Im Ökolandbau wird seit einigen Jahren die Zuckerrübe wieder im Vertragsanbau von Nord- und Südzucker angeboten. Bei Nordzucker nimmt die Anbaufläche von Biozuckerrüben stetig zu. Im Ökolandbau müssen ausschließlich mechanische oder thermische Unkrautregulierungsverfahren eingesetzt werden. Das Kernziel ist, den kostenintensiven Aufwand für die Handhacke zu reduzieren. Flankierend ist die Unkrautregulierung mit reihenunabhängig arbeitenden Zinkenstriegeln oder der Sternrollhacke möglich. Das ist vor allem für Ökobetriebe eine zentrale Frage, da diese Technik in der Regel vorhanden ist.

Eine Möglichkeit der Reduktion von Herbiziden im konventionellen Zuckerrübenanbau bietet die mechanische und mechanisch-chemische Unkrautregulierung mit Scharhacken in Verbindung mit einer Bandspritzeinrichtung. Moderne kameragesteuerte Scharhacken mit Bandspritzeinrichtung können eine leistungsfähige Unkrautkontrolle ermöglichen, wenn sie effektiv ins konventionelle System eingebunden werden. Im praktischen Einsatz erweist sich dies jedoch als besondere Herausforderung, da die Kamerasysteme noch ihre Schwächen haben. So können kameragesteuerte Maschinen erst zum Einsatz kommen, wenn die Kulturpflanzenreihen von den Kamerasystemen genau erkannt werden. Dieses wird seit 2016 bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen untersucht.

Stichwörter: Hackmaschine, mechanische Unkrautbekämpfung, mechanisch-chemische Unkrautbekämpfung, Striegel

Abstract

In organic farming, sugar beet has been offered again for contract cultivation from Nord- und Südzucker for several years. At Nordzucker, the area of organically produced sugar beets is steadily increasing. In organic farming, only mechanical or thermal weed control methods are allowed to be used. The core objective is to significantly reduce the costs for the hand hoe. Weed control with independent working comb harrow or rotary hoe is also possible. This is a central question for organic farms, as this technology is usually available.

One option for the reduction of herbicides in conventional sugar beet cultivation is provided by mechanical and mechanical-chemical weed control with camera-controlled hoes in conjunction with a band spraying equipment. Modern camera-driven hoeing machines with band spraying equipment can enable efficient weed control if they are effectively integrated into the conventional system. This is being examined at the Chamber of Agriculture of Lower Saxony since 2016. However, the camera-controlled hoeing machines can only be used when the crop rows are accurately recognized by the camera systems. In practical use, however, this proves to be a special challenge, since the camera systems still have their weaknesses.

Keywords: Comb harrow, hoe, mechanical and mechanical-chemical weed control, mechanical weed control

Einleitung

In Niedersachsen nehmen Resistenzen gegen Herbizide bei Gräsern und vereinzelt auch bei Unkräutern deutlich zu, sodass auch im konventionellen Anbau über die Integration mechanischer Verfahren nachgedacht werden muss. Neben den Wirkstoffgruppen der ACCase-Hemmer und Photosynthese-Hemmer sind zunehmend die ALS-Hemmer resistenzgefährdet. *Alopecurus myosuroides* und *Apera spica-venti* zeigen auf vielen Standorten bereits multiple Resistenzen gegen mehrere Wirkstoffgruppen. Diese Entwicklung wurde besonders durch einseitigen Herbizideinsatz, enge Getreidefruchtfolgen (Winterweizen-Winterweizen-Raps) und zunehmenden Pflugverzicht aufgebaut. Darüber hinaus wurden bereits in den Jahren 2009 und 2010 in einem europäischen Monitoring 450 Proben von *Chenopodium album* auf die Punktmutation Ser264→Gly untersucht

(KALFA, 2010) untersucht. Betroffen ist die HRAC-Gruppe C der Photosynthese-Hemmer. Mittelfristig ist mit Resistenzen bei weiteren Unkräutern wie *Matricaria* spp., *Stellaria media*, *Cyanus segetum*, aber auch Ungräsern wie *Bromus* spp., *Echinochloa crus-galli* und *Avena fatua* zu rechnen. Weiterhin fallen immer mehr Wirkstoffe zulassungsbedingt weg oder ein Verzicht bzw. eine Reduktion wird in Wasserschutzgebieten vertraglich geregelt. Im Zuckerrübenanbau ist jüngst der Wirkstoff Desmedipham EU-weit nicht mehr zugelassen. Dies führt zu Schwierigkeiten für den konventionellen Zuckerrübenanbau bei der Regulierung resistenter Unkräuter. Vor diesem Hintergrund werden seit 2016 Versuche zur mechanisch-chemischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durchgeführt.

Die Rentabilität des Bio-Zuckerrübenanbaus hängt im Wesentlichen von dem Erfolg der Unkrautregulierung ab. Im Ökolandbau müssen ausschließlich mechanische oder thermische Unkrautregulierungsverfahren eingesetzt werden. Vor allem muss der Aufwand für die kostenaufwendige Handhacke so gering wie möglich gehalten werden. Eine zentrale Frage für Ökobetriebe ist die Möglichkeit des Einsatzes von reihenunabhängig arbeitender Zinkenstriegeltechnik in Zuckerrüben. Diese Technik ist in der Regel auf den Ökobetrieben vorhanden und es liegen bislang keine belastbaren Daten zum Striegeleinsatz in Zuckerrüben vor. Der Striegeleinsatz in Zuckerrüben wird seit 2017 vom Fachbereich Ökolandbau in Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen untersucht. Finanziell wird das Vorhaben vom Land Niedersachsen unterstützt.

Es besteht eine vergleichsweise hohe Skepsis in der Praxis, ob der Striegel überhaupt in Zuckerrüben einsetzbar ist, da hohe Rübenverluste erwartet werden. Die Kernfrage ist, in wie weit die Zuckerrüben in unterschiedlichen Entwicklungsstadien (BBCH 10 bis 16) auf den Zinkenstriegel mit Pflanzenverlusten reagieren.

Material und Methoden

Striegelversuch

Die Versuche wurden in Niedersachsen auf Löß-Lehmstandorten (Ackerzahl 80) in der Region Hannover-Wolfenbüttel auf Praxisflächen von Landwirten angelegt und weitestgehend mit beim Versuchsbetrieb vorhandener Technik durchgeführt. In allen Versuchen betrug die Reihenweite der Zuckerrüben 45 cm.

Die Versuche zum Einsatz des Striegels in Zuckerrüben wurden im Jahr 2017 und 2018 (Abb. 1) mit einem 3 m Treffler Präzisions-Zinkenstriegel TS 320 und im Versuchsjahr 2019 (Abb. 2) mit einem 6 m Treffler Präzisions-Zinkenstriegel TS 620 durchgeführt. Die Striegelversuche sind 2017 und 2018 als Streifenversuch mit 2 echten und 8 unechten Wiederholungen und im Jahr 2019 als randomisierter Versuch mit vierfacher Wiederholung angelegt worden. Der Striegel wurde dabei in Särichtung mit zwei unterschiedlichen Einstellungen und Fahrgeschwindigkeiten eingesetzt. Ab dem Versuchsjahr 2018 wurde der Zinkenstriegel zusätzlich quer zur Särichtung eingesetzt. Um den Einsatz des Striegels zu testen, wurden die Versuche jeweils zu 4 bis 5 Terminen mit dem Striegel bearbeitet (Abb. 2): Blindstriegeln (BBCH 3-5), Keimblattstadium (BBCH 10), Zweiblattstadium (BBCH 12), Vierblattstadium (BBCH 14) und in den Jahren 2016 und 2017 auch im Sechsbblattstadium (BBCH 16). Da der Präzisions-Zinkenstriegel der Firma Treffler sehr variabel eingestellt werden kann, wurden eine kulturschonende Variante (optimal) und eine extreme Variante (extrem), die nicht sehr kulturschonend ist, aber effektiv die kleinen Unkrautpflanzen beseitigt, gewählt. Das Striegeln quer zur Fahrtrichtung begann im Keimblattstadium der Zuckerrübe (BBCH 10) und wurde jeweils im Zweiblattstadium (BBCH 12) und im Vierblattstadium (BBCH 14) der Zuckerrübe fortgeführt. Zusätzlich wurde die Zuckerrübendillmaschine mit zwei unterschiedlichen Zustreichersystemen ausgestattet, Farmflexrolle (FMR) und Fingerdruckrollen (FDR), um Unterschiede in der Striegelwirkung beim Blindstriegeln und im BBCH 10 herauszuarbeiten.

Die Parzellengröße in den Versuchsjahren 2017 und 2018 betrug 3 m Breite und 30 m Länge (Abb. 1). Im Jahr 2019 waren die Längsparzellen jeweils 6 m breit und 20 m lang sowie die Querparzellen

6 m breit und 24 m lang (Abb. 2). Die unbehandelten Kontrollen lagen jeweils rechts und links neben dem Versuch.

Die Bonitur umfasste ausschließlich die Verträglichkeit der Striegelmaßnahme auf die Kulturpflanze, d.h. auf einer Länge von 2 m wurden jeweils die Kulturpflanzenverluste ausgezählt.

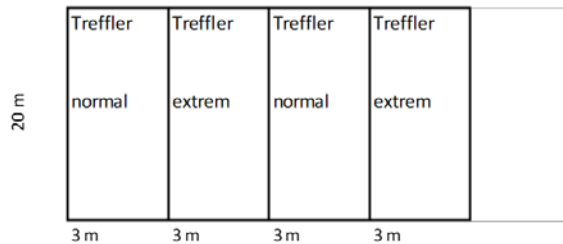


Abb. 1 Versuchsaufbau zur mechanischen Unkrautregulierung in Zuckerrüben in den Jahren 2017 und 2018.

Fig. 1 Experimental setup of mechanical weed control in 2017 und 2018.

Diagram showing two sets of grid maps for a field layout, labeled 'a' and 'b', with dimensions 24 m and 20 m. The maps are oriented with 'quer' (width) and 'längs' (length) axes.

Map a (24 m x 20 m):

quer \ längs	20 m	20 m	20 m	20 m
24 m	6	6	6	6
6 m	5	5	5	5
6 m	4	4	4	4
6 m	3	3	3	3
6 m	2	2	2	2
6 m	1	1	1	1

Map b (24 m x 20 m):

quer \ längs	20 m	20 m	20 m	20 m
24 m	4	4	4	4
6 m	2	2	2	2
6 m	6	6	6	6
6 m	1	1	1	1
6 m	5	5	5	5
6 m	3	3	3	3

Map c (20 m x 20 m):

quer \ längs	20 m	20 m	20 m	20 m
20 m	4	4	5	5
20 m	3	3	6	6
20 m	2	2	7	7
20 m	1	1	8	8

Map d (20 m x 20 m):

quer \ längs	20 m	20 m	20 m	20 m
20 m	8	8	7	7
20 m	2	2	1	1
20 m	6	6	4	4
20 m	3	3	5	5

Varianten längs		Varianten quer		FDR = Fingerdruck
1	BBCH 5-9 normal	1	BBCH 10 normal	FMR = Farmflex
2	BBCH 3-5 extrem	2	BBCH 10 extrem	
3	BBCH 10 normal	3	BBCH 12 normal	
4	BBCH 10 extrem	4	BBCH 12 extrem	
5	BBCH 12normal	5	BBCH 14 normal	
6	BBCH 12 extrem	6	BBCH 14 extrem	
7	BBCH 14 normal			
8	BBCH 14extrem			

Abb. 2 Versuchsaufbau zur mechanischen Unkrautregulierung in Zuckerrüben im Jahr 2019.

Fig. 2 Experimental setup of mechanical weed control in 2019.

Hackversuche

Versuche zur mechanisch-chemischen Unkrautregulierung wurden mit zwei 12-reihigen Hackmaschinen im Jahr 2016 und einer 18-reihigen Hackmaschine im Jahr 2019 durchgeführt. Alle Geräte waren mit Bandspritzeinrichtung ausgestattet. Zum Einsatz kamen eine 12-reihige Thyregod

TRV Hackmaschine mit angebauter Bandspritzeinrichtung sowie je eine 12- und 18-reihige Schmotzer KHR Hackmaschine mit angebauter Bandspritzeinrichtung. Alle Geräte waren im Heck des Schleppers angebaut und kameragesteuert. Die verwendeten Kameras (Claas Optitronic) sind in der Lage, 1-2 Kulturpflanzenreihen zu erkennen und die Maschinen über einen Verschieberahmen direkt zu steuern. Die Kameras erfassen die Kulturpflanzen ca. ab dem BBCH 12-14. Das System ist über einen Monitor direkt vom Fahrersitz aus bedienbar. Die Düsenkörper sind je nach Hersteller entweder mittig über der Kulturpflanzenreihe (Schmotzer) oder rechts und links oberhalb der Reihe (Thyregod) montiert. Über der Kulturpflanzenreihe sind die Düsenkörper für die Bandspritzung so angebaut, dass sie noch vor den Hackscharen die Kulturpflanzenreihe von oben mit je einer Bandspritzdüse (Schmotzer) oder zu beiden Seiten mit jeweils zwei asymmetrischen Düse (Thyregod) applizieren. Das Spritzband hat eine Breite von ca. 12 – 20 cm. Ein Vorratsbehälter für die Spritzflüssigkeit ist in der Fronthydraulik des Schleppers angebaut. Im Reihenzwischenraum erledigen bei allen Geräten jeweils drei 16 cm Gänsefuß-Hackschaare die Unkrautbekämpfung. Jede Kulturpflanzenreihe wird mittels zwei, jeweils rechts und links entlang der Reihen laufender Schutzseche (Thyregod) bzw. Zahnschutzrollen (Schmotzer) vor Erd- und Klutenwurf geschützt.

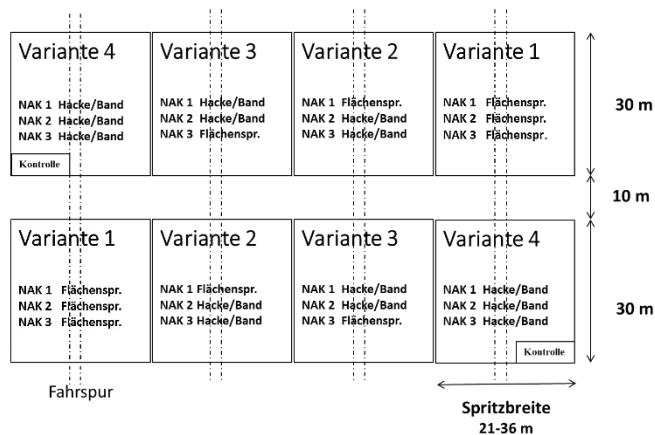


Abb. 3 Versuchsaufbau zur mechanisch-chemischen Unkrautregulierung in Zuckerrüben in den Jahren 2016 und 2019.

Fig. 3 Plan of the experiments on mechanical-chemical weed control in sugar beet.

Die Versuche zur mechanisch-chemischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben wurden auf Praxisstandorten in Niedersachsen mit jeweils 5 Varianten durchgeführt. Die Varianten 1-4 sind in Tabelle 1 aufgeführt. Hinzu kommt noch eine unbehandelte Kontrolle.

Da die Versuche mit praxisüblichen Großgeräten durchgeführt wurden, musste die Parzellengröße entsprechend angepasst werden (Abb. 3). Die Breite einer jeden Parzelle der Varianten 1 bis 4 entspricht der Arbeitsbreite der Feldspritze auf dem jeweiligen Versuchsbetrieb, und beträgt 21 bzw. 36 m. Die Parzellen waren 30 m lang. Jeder Großversuch wurde mit 2 echten Wiederholungen angelegt. Zwischen den Wiederholungen befand sich ein 10 m breiter Rangierstreifen. Am Anfang der Variante 4 war auf einer Fläche von 3 x 2 m jeweils eine unbehandelte Kontrollfläche angelegt. Die eingesetzten Herbizide waren an die Verunkrautung des Standortes angepasst, aber am jeweiligen Standort in den Varianten zum jeweiligen NAK-Termin gleich. Da die eingesetzten Kameras zur Steuerung der Hackmaschinen die Kulturpflanzenreihen in Zuckerrüben nach eigenen Vorversuchen erst ab den BBCH 12-14 erfassen, ist zu diesem Zeitpunkt das Unkraut schon so groß, dass es mit den üblichen Herbizidaufwandmengen teilweise nur noch eingeschränkt bekämpft werden kann. Daher wurde in der Variante 2 im BBCH 10-11 zunächst eine Flächenbehandlung durchgeführt und zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die Kameras der Hackmaschinen einwandfrei arbeiten konnten, noch zwei Hackgänge mit Bandbehandlung der Kulturpflanzenreihe nachgelegt.

In Variante drei ist dieses System umgedreht worden, auf zwei Hackgänge folgt eine Flächenbehandlung, die in den 1990er Jahren als „Versiegelungsspritzung“ zum Abschluss der Hackmaßnahmen eingesetzt wurde. Hiermit sollte verhindert werden, dass Unkraut in den mehrmals gehackten Reihenzwischenräumen aufwachsen kann. Schließlich wurden in Variante 4 dreimal im Abstand von 10 – 14 Tagen die Hackmaschinen mit Bandspritzeinrichtung eingesetzt. In dieser Variante wurde der Reihenzwischenraum nie mit Herbiziden behandelt, auf die Kulturpflanzenreihe wurden dreimal Herbizide auf einer Breite von ca. 18-20 cm appliziert. Für die Ermittlung der Unkrautwirkung und der Ausdünnung durch die mechanischen Maßnahmen wurden in jeder Großparzelle jeweils 4 Boniturquadrate (Fläche 1 m x 1 m) zufällig ausgesteckt. In diesen festen Boniturstellen wurde innerhalb der Kulturpflanzenreihe und zwischen den Kulturpflanzenreihen getrennt voneinander, gemäß EPPO-Richtlinie PP1/93(3), der Wirkungsgrad bonitiert. Für die Ermittlung der Ausdünnung wurden an den Boniturquadraten die Zuckerrübenpflanzen auf einer Länge von 2 m gezählt. Eine Beerntung fand nicht statt.

Ergebnisse

Ergebnisse Striegelversuch

Die dreijährigen Versuchsergebnisse (Tab. 1 und 2) zum Striegeleinsatz in Zuckerrüben zeigen, dass im frühen Keimblattstadium (BBCH 10-11) der Rüben ein hohes Risiko von Pflanzenverlusten besteht. Erst ab dem zweiten Laubblattpaar (BBCH 12) der Rüben verbessert sich die Striegelverträglichkeit deutlich. In späteren Entwicklungsstadien (BBCH 14 und 16) traten kaum noch Verluste auf. Vielversprechend schnitt auch das Striegeln quer zur Särichtung ab. Hier liegen erst zweijährige Versuchsergebnisse vor. Es zeigte sich aber, dass auch hier die Zuckerrübe ab dem BBCH 12 eine gute Striegelverträglichkeit aufweist.

Bei den aggressiver eingestellten Striegelvarianten „Striegel extrem“ (Tab. 1 und 2) konnten besonders bei den frühen Terminen (BBCH 10 und 11) deutlich höhere Zuckerrübenverluste als in den Varianten „Striegel normal“ beobachtet werden.

Tab. 1 Ergebnisse der mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben in Dorstadt 2017.

Tab. 1 Results of the experiments on mechanical weed control in sugar beet in Dorstadt 2017.

Kontrolle 100.000 Pflanzen/ha

	VA 07.04. 2017 BBCH 5	Verlus t Pflanz en %	NAK1 20.04. 2017 BBCH 10	Verlus t Pflanz en %	NAK 2 28.04. 2017 BBCH 12	Verlus t Pflanz en %	NAK 3 12.05. 2017 BBCH 14	Verlus t Pflanz en %	NAK 4 18.05. 2017 BBCH 16	Verlus t Pflanz en %
Treffler	3 km/h Stellg 7	7	3 km/h Stellg 7	1,4	3 km/h Stellg 7	0	5,5 km/h Stellg 8,5	0	5,5 km/h Stellg 8,5	0
Treffler	3 km/h Stellg 8,5	29	4,2 km/h Stellg 7	1,4	3 km/h Stellg 8,5	0	7 km/h Stellg 8,5	0	7 km/h Stellg 8,5	0

Es haben sich aber auch weitere Versuchsfragen ergeben. Bei der Rübenaussaattechnik stehen verschiedene Zustreicher wie z.B. Fingerdruckrollen oder Farmflexrollen zur Verfügung, die wiederum einen unterschiedlichen Saathorizont hinterlassen. Hier werden verschiedene Auswirkungen auf die Rübenverluste durch das Striegeln insbesondere in den kleinen Entwicklungsstadien erwartet. Diese Fragestellung ist 2019 (Tab. 3 und 4) in den Versuch aufgenommen worden. Allerdings zeigten sich im ersten Jahr keine belastbaren Unterschiede, was auf den sehr lockeren und trockenen Boden zum Zeitpunkt der Rübenaussaat zurückzuführen sein dürfte. Die beiden unterschiedlichen Zustreicher hinterließen dadurch kein deutlich differenziertes Säbild nach der Saat. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse zusammengefasst dargestellt.

Tab. 2 Ergebnisse der mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben in Dorstadt 2018.

Tab. 2 Results of the experiments on mechanical weed control in sugar beet in Dorstadt 2018.

Kontrolle 107.000 Pflanzen/ha

	NAK1 18.04.2018 BBCH 10	Verlust Pflanzen %	NAK2 02.05.2018 BBCH 12-14	Verlust Pflanzen %	NAK 3 21.05.2018 BBCH 18	Verlust Pflanzen %
Treffler	4 km/h Stellg 7	22	4 km/h Stellg 7	5	4,5 km/h Stellg 8	0
Treffler	3 km/h Stellg 9	22	5 km/h Stellg 7	55	6 km/h Stellg 9	0

Tab. 3 Ergebnisse der mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben in Hohenassel 2019.

Tab. 3 Results of the experiments on mechanical weed control in sugar beet in Hohenassel 2019.

Kontrolle 104.000 Pflanzen/ha

Variante	Einstellung Normal	Verlust in %	Einstellung Extrem	Verlust in %
VA BBCH 0-3 17.04.2019	4 km/h Stellg. 2	4	4 km/h Stellg. 4	2
NAK1 BBCH 10 26.04.2019	3 km/h Stellg. 2	20	4 km/h Stellg. 4	69
NAK 2 BBCH 10-11 7.05.2019	3 km/h Stellg. 3	7	4 km/h Stellg. 4	26
NAK 3 BBCH 12 13.05.2019	4 km/h Stellg. 3	6	5 km/h Stellg. 4	6
NAK 4 BBCH 14 24.05.2019	5 km/h Stellg 5	0	6,5 km/h Stellg 7	1

Tab. 4 Ergebnisse der mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben Hohenassel 2019 quer zur Fahrtrichtung.

Tab. 4 Results of the experiments on mechanical weed control in sugar beet transverse to direction of travel in Hohenassel 2019.

Kontrolle 104.000 Pflanzen/ha

Variante	Einstellung Normal	Verlust in %	Einstellung Extrem	Verlust in %
NAK1 BBCH 10 26.04.2019	2,3 km/h Stellg. 2	18	3 km/h Stellg. 3	21
NAK 2 BBCH 10-11 7.05.2019	3 km/h Stellg. 2	3	4 km/h Stellg. 3	26
NAK 3 BBCH 12 13.05.2019	3 km/h Stellg. 3	3	4 km/h Stellg. 4	10
NAK 4 BBCH 14 24.05.2019	4 km/h Stellg 7	0	5 km/h Stellg 8	0

Ergebnisse Hackversuch

In dem Versuch zur mechanisch-chemischen Unkrautregulierung in Zuckerrüben wurden eine konventionelle Variante und drei Vergleichsvarianten mit Hacke plus Bandspritzeinrichtung gegenübergestellt (Abb. 3).

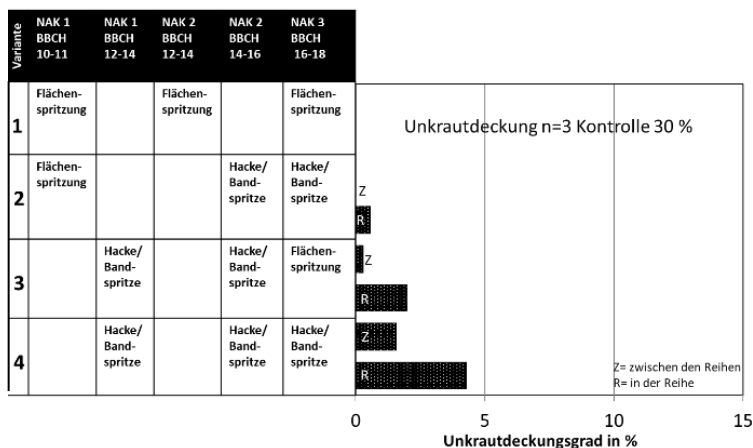


Abb. 4 Ergebnisse der Versuche zur mechanisch-chemischen Unkrautregulierung mit Hackmaschinen plus Bandspritzeinrichtung in Zuckerrüben 2016.

Fig. 4 Results of the experiments on mechanical-chemical weed control with cultivators including band sprayer in sugar beets 2016.

Die drei Versuche aus dem Jahr 2016 (Abb. 4) zeigen, dass die konventionelle Variante mit drei Flächenbehandlungen ohne Verunkrautung geblieben ist. Die Variante 2 ist die Beste der Varianten mit Hacke plus Bandspritzeinrichtung. In der NAK 1 wurde durch die Flächenspritzung das Unkraut bekämpft. Die späteren Hackeinsätze konnten die Verunkrautung im Reihenzwischenraum erfolgreich bekämpfen und in der Kulturpflanzenreihe sind nur wenige Unkrautpflanzen stehen geblieben. Zumeist handelt es sich um Unkrautpflanzen, die dicht neben oder unter den Kulturpflanzen gewachsen sind. In der Variante 3 bleiben im Mittel 1 % Unkrautdeckung im Reihenzwischenraum durch nachgewachsene Unkräuter auf dem Feld. Die abschließende

Flächenspritzung konnte die großen Unkräuter in der Kulturpflanzenreihe, die teilweise höher als die Kulturpflanze selbst waren, oder, wie bei Knötericharten, die größere Teile des Erdbodens bedeckt haben, nicht mehr bekämpfen. Das schlechteste Regulierungsergebnis zeigt die Variante 4 mit Unkrautdeckungsgraden von 4 % in der Kulturpflanzenreihe und 2% im Reihenzwischenraum. Dies macht eine Nacharbeit mit der Handhacke erforderlich.

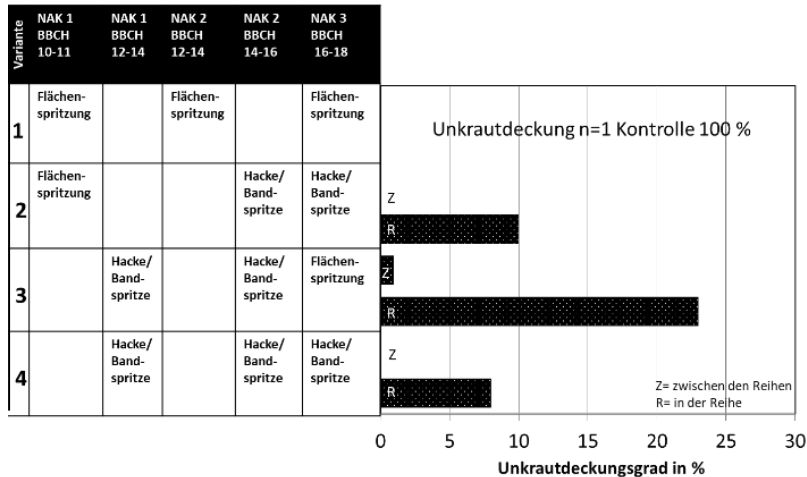


Abb. 5 Ergebnisse der Versuche zur mechanisch-chemischen Unkrautregulierung mit Hackmaschinen plus Bandspritzeinrichtung in Zuckerrüben 2019.

Fig. 5 Results of the experiments on mechanical-chemical weed control with cultivators including band sprayer in sugar beets 2019.

Unser Versuch aus 2019 wurde erstmalig ausschließlich mit Herbiziden ohne Phenmedipham und Desmedipham durchgeführt. Daher rühren auch die deutlich schlechteren Regulierungserfolge in den Kulturpflanzenreihen der jeweiligen Varianten 2-4 (Abb. 5). Die Variante 1 blieb dabei unkrautfrei. In der Variante 2 finden sich in der Kulturpflanzenreihe noch 10 % Unkräuter. Die schlechteste Variante ist in diesem Versuch die Variante 3 mit 23 % Unkrautdeckung in der Zuckerrübenreihe. Zum Zeitpunkt der Flächenspritzung waren die Unkräuter, vor allem *Chenopodium album* und *Polygonum convolvulus* so groß, dass sie mit den eingesetzten Herbizidaufwandmengen nicht mehr ausreichend bekämpft werden konnten. Die Variante 4 weist einen unkrautfreien Reihenzwischenraum auf und 8 % Verunkrautung in der Kulturpflanzenreihe.

Die vornehmlich trockenen Witterungsbedingungen und der fehlende Niederschlag in den Monaten Mai bis August 2019 hatten zur Folge, dass insbesondere in den mechanisch bearbeiteten Bereichen der Reihenzwischenräume in den Varianten 2 und 4 keine weiteren Unkräuter aufliefen. Daher zeigten sich diese Bereiche auch unkrautfrei (Abb. 5). Im Jahr 2016 fielen im Monat Mai und Juni etwas mehr Niederschläge, was zur Folge hatte, dass besonders in Variante 4 im Reihenzwischenraum erneut Unkrautpflanzen aufgelaufen sind.

In den Hackversuchen gab es keine Kulturpflanzenverluste, solange die Kameras die Kulturpflanzenreihen auch erkennen konnten. Bei zu kleinem oder unregelmäßig aufgelaufenem Kulturpflanzenbestand, einer vollständigen Bodenbedeckung durch Unkräuter und fast geschlossenen Reihen erkennen die Kameras die Kulturpflanzenreihen nicht. Probleme ergaben sich auch bei starker Sonneneinstrahlung und Schattenwurf am Waldrand. Die Fahrgeschwindigkeiten lagen bei 5 bis 10 km/h. Die Abschlussbehandlung im NAK 3 erfolgte mit 12 bis 15 km/h. Dabei konnten die Hackwerkzeuge im günstigsten Fall auf bis 3-4 cm an die Kulturpflanzenreihe heran.

Die Bandspritzdüsen befinden sich bei beiden Geräten immer vor den Hackscharen. So werden die Blätter der behandelten Pflanzen erst mit dem Spritzmittelfilm behandelt und danach erst durch aufgewirbelten Erdboden der Hackaggregate eingestaubt. Das beeinträchtigt die Wirkung der Herbizide nicht, führt aber, nach Vorversuchen im Gewächshaus, zu einer um circa 2-4 Tage verzögerten Wirkung.

Diskussion

Ein Striegeleinsatz in Zuckerrüben kann ab dem BBCH 12 in die Unkrautregulierungsstrategie mit eingeplant werden. Auffällig ist aber, dass im Rübenstadium BBCH 14 selbst in der Striegelvariante mit der höheren Intensität die Verluste auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau blieben.

Auch das Querstriegeln ist ab dem BBCH 12 möglich. Es kann eine gute Ergänzung nach dem Einsatz der Scharhacke sein, um die Unkräuter im schmalen unbearbeiteten Bereich innerhalb der Rübenreihen zu regulieren. Die Datengrundlage ist aber für gesicherte Aussagen noch zu gering. Zum Striegeleinsatz sind dabei die nachfolgenden grundsätzlichen Parameter zu beachten (MÜCKE et al., 2019).

Am wirksamsten ist der Striegel, wenn sich die Ungräser und Unkräuter im frühen Fädchen- bis Keimblattstadium befinden. Die wesentliche Wirkung des Striegels beruht auf dem Verschütten oder dem Freilegen der jungen Pflanzen, die besonders schnell bei sonnigem und windigem Wetter vertrocknen.

Die Bodenoberfläche sollte deshalb zum Striegelzeitpunkt abgetrocknet und schütffähig sein. Regelmäßige Schlag- und Wetterbeobachtungen sind wichtig, um die Striegelmaßnahmen zielgerichtet durchführen zu können.

Spätestens ab dem zweiten Laubblattpaar der Unkräuter lässt die verschüttende Wirkung deutlich nach. Mit Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit lässt sich diese zwar erhöhen, allerdings zulasten der Kulturverträglichkeit.

Die Einsatztermine werden primär von der Unkrautgröße und der Witterung bestimmt. Striegeleinstellung und Arbeitsgeschwindigkeit werden von zahlreichen Faktoren wie Bodenzustand, Kulturstadium und Saattiefe beeinflusst.

Die Hacke kann mit ihren schneidenden Werkzeugen (Gänsefußschare) im Gegensatz zum Striegel auch größere Unkräuter noch effektiv regulieren. Diese Werkzeuge brechen, wie von PARISH (1990) gefordert, neben der eigentlichen Unkrautregulierung auch die Bodenoberfläche auf und verbessern so die Bodenbeschaffenheit. Im Versuchsjahr 2016 herrschten trockene Versuchsbedingungen und im Jahr 2019 sogar eine extreme Trockenheit, was einen Neuaufbau von Unkräutern im gehackten Reihenzwischenraum verhinderte. In nassen Jahren mit viel Niederschlag kann es zu erneuten Unkrautwellen kommen, die dann zusätzlich mechanisch reguliert werden müssen. Das führt zu häufigerem Einsatz der Hackmaschine oder zu kostenintensivem manuellen Nacharbeiten. EBER (2018) führte an, dass die mechanische Unkrautregulierung in vier von fünf Jahren gelingt, und man in Problemjahren mit Flächenbehandlungen nacharbeiten muss. Dabei fallen wegen größerer Unkräuter höhere Aufwandsmengen oder Splittingmaßnahmen an, die mit zusätzlichen Kosten zu Buche schlagen. Der Einsatz der Bandspritze reduziert den Pflanzenschutzmittelaufwand in der 45-er Reihe um 40 bis 60 %, je nachdem, wie breit das Spritzband gewählt ist. In Abbildung 6 sind die Kosteneinsparungen beispielhaft gerechnet. Die Pflanzenschutzmittelkosten reduzieren sich bei 18 cm Bandbreite auf 40 %.

• Hacke-Band Beispiel

1 NAK BBCH 14	2. NAK BBCH 16	3.NAK BBCH 18
Belvedere Extra 1,25	Belvedere Extra 1,25	Belvedere Extra 1,25
Metafol 1,0	Goltix Titan 2,0	Goltix Titan 2,0
Debut 0,2	Debut 0,2	Debut 0,2
Trend 0,25	Trend 0,25	Trend 0,25 Hasten 0,5

Herbizidaufwand je Hektar

Gesamtmenge	Herbizid	Preis €	Kosten €/ha
3,75 l/ha	Belvedere Extra	32,30	121,12
4,0 l/ha	Goltix Titan	38,20	152,8
1,0 l/ha	Metafol	42,20	42,80
0,06 g/ha	Debut 0,6 + Trend 0,25	1275,49	76,53
0,5 l/ha	Hasten	11,00	5,5
	SUMME		389,75 €/ha

Tatsächliche Herbizidkosten bei Bandbreite 18 cm: 155,89 € + Maschinenkosten 3 x 60,- €/ha

KOSTEN GESAMT: 335,89 €

Stand Mai 2019

Abb. 6 Kosten für die mechanisch-chemische Unkrautregulierung mit Hackmaschine plus Bandspritzeinrichtung in Zuckerrüben 2019.

Fig. 6 Costs for mechanical-chemical weed control with cultivators including band sprayer in sugar beets. 2019.

Fazit

Der Zinkenstriegel kann und sollte in die Unkrautregulierungsstrategie, insbesondere im ökologischen Zuckerrübenanbau integriert werden. Sowohl in als auch quer zur Särichtung der Zuckerrübe ist ein Einsatz ab dem BBCH 12 möglich. Das Querstriegeln kann eine gute Ergänzung nach einem Einsatz der Scharhacke sein, um die Unkräuter im schmalen ungehackten Bereich innerhalb der Rübenreihen zu regulieren.

Mechanische und mechanisch-chemische Unkrautregulierung in Zuckerrüben ergänzen sich optimal. Die Zahl der Überfahrten kann die mechanische Unkrautregulierung teurer als den chemischen Pflanzenschutz machen. Bei Resistenzproblemen, durch den Wegfall von Wirkstoffen oder auch bei regelmäßig verschlammten Böden haben Striegel und Hacke jedoch deutliche Vorteile. Ohne den Striegel kann die mechanisch-chemische Unkrautregulierung (vgl. Variante 2) eine sinnvolle Ergänzung im konventionellen System der Unkrautregulierung darstellen.

Literatur

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANISATION (EPPO): EPPO-Richtlinie PP1/93(3) Weeds in cereals.

EBER, C., 2018: Hacken-eine Perspektive in Zuckerrüben. LZ 19/2018, 15-18.

KALFA, A.V., 2010: Aktuelle Ergebnisse aus dem Monitoring zur „target site“ Resistenz bei *Chenopodium album* Herkünften aus Deutschland und verschiedenen europäischen Ländern in Zuckerrüben - Bedeutung für die Praxis, 2. Herbizidsymposium Zuckerrübe von FCS am 18.11.2010 in Göttingen.

KÖNIG, H.P., A. MEYERCORDT, H.J. KOCH, 2005: Zuckerrüben ökologisch anbauen. Weender Druckerei, Göttingen.

MÜCKE, M.; C. KREIKENBOHM, F. ROHLFING, 2019: Leitfaden Striegeleinsatz im ökologischen Getreidebau. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Hannover.

PARISH, S., 1990: A review of Non-Chemical Weed Control Techniques. In: Biological Agriculture and Horticulture 7, 117-137.