

BERICHT

Ökologischer Zuckerrübenanbau

- im Bereich der Zuckerfabrik Anklam



IMPRESSUM

Titel

Bericht: Ökologischer Zuckerrübenanbau im Bereich der Zuckerfabrik Anklam

Forschungs-Nr.

09/08

Berichtszeitraum

2019 - 2022

Herausgeber

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Dorfplatz 1/OT Gülzow • 18276 Gülzow-Prüzen

Telefon: 0385/58860-001

Fax: 0385/58860-011

poststelle@lfa.mvnet.de

www.lfamv.de



Mecklenburg-Vorpommern

Landesforschungsanstalt für
Landwirtschaft und Fischerei

Autoren

Dr. Hubert Heilmann • Telefon: 0385/58860-200 Institut für Pflanzenproduktion
und Betriebswirtschaft • Dorfplatz 1/OT Gülzow • 18276 Gülzow-Prüzen

www.lfamv.de

Sabine Kromwijk und Johann Oldenburg • Telefon: 03971/254-186

Cosun Beet Company GmbH & Co.KG • Bluthsluster Straße 24 • 17389 Anklam

www.cosunbeetcompany.de



Titelfoto

S. Kromwijk

Gülzow, 06.03.2023

Danksagung

Das Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft dankt allen beteiligten Betrieben für ihre Bereitschaft, sich am Testanbau ökologisch erzeugter Zuckerrüben zu beteiligen und Daten zur Verfügung zu stellen. Der Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Zuckerfabrik Anklam, die bei der Durchführung des Projektes, der Organisation des Testanbaus und bei der Bereitstellung der Daten sowie bei der Auswertung maßgebliche Unterstützung geleistet haben, in erster Linie Herr Udo Beiersdorff.

INHALT	SEITE
1	Einleitung und Zielstellung 7
2	Vorgehensweise 7
3	Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Praxis 8
3.1	Die perfekte Aussaat 8
3.2	Hacken 10
3.3	Striegeln..... 14
3.4	Manuelle Unkrautbekämpfung 18
3.5	Farm Droid 20
3.6	Dammanbau 25
3.7	Spätverunkrautung und Schosser..... 26
3.8	Ernte und Mietenanlage..... 28
4	Projekte und Testeinsätze29
4.1	Farming Revolution 29
4.2	Uckerbot 30
4.3	Hacktechnik im Testeinsatz 31
5	Ökonomische Ergebnisse der Anbaujahre 2019 - 202234
5.1	Erzeugerpreisniveau 34
5.2	Betriebsergebnisse 34
5.3	Beregnung..... 36
5.4	Faustzahlen zur Unkrautregulierung 37
5.5	Wirtschaftliche Situation und Wettbewerbsfähigkeit..... 38
6	Erfahrungsaustausch.....40
6.1	Arbeitsgruppe Öko-Zuckerrüben 40
6.2	Leitfaden für den Bio-Rübenanbau 41
7	Ausblick.....43
	Anhang.....44

TABELLENVERZEICHNIS	SEITE
Tabelle 1: Gegenüberstellung der Test-Anbaujahre für Öko-Zuckerrübenproduktion 2019 bis 2022.....	35
Tabelle 2: Gegenüberstellung mit und ohne Beregnung im Test-Anbau Öko-Zuckerrübenproduktion 2022.....	36
Tabelle 3: Vorläufige Richtwerte für die mechanische Unkrautregulierung im Zuckerrübenanbau MV	37
Tabelle 4: Gegenüberstellung verschiedener Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung der Test-Anbaubetriebe 2022	38
Tabelle 5: Gegenüberstellung erfolgreicher und weniger erfolgreicher Test-Anbaubetriebe im Öko-Zuckerrübenanbau 2022.....	39
Tabelle 6: Aktivitäten im Rahmen des Testanbaus ökologischer Zuckerrüben in MV 2019 - 2022	41
Tabelle 7: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2022	45
Tabelle 8: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2021	46
Tabelle 9: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2020	47
Tabelle 10: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2019	48
Tabelle 11: Erfassungsmaske für die mechanische Unkrautregulierung im Testanbau Öko-Zuckerrüben	49
Tabelle 12: Feldversuch zur mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau 2019, Versuchsstation Gülzow	50
Tabelle 13: Ergebnisse der mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau 2021.....	51
Tabelle 14: Ergebnisse der mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau 2019 bis 2021	51
Tabelle 15: Kontaktdaten der Aussteller des Rübentages 2022	52
Tabelle 16: Kontaktdaten der Aussteller des Rübentages 2022	53

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	SEITE
Abbildung 1: Systematik Geschwindigkeit (V) beim Hacken eher niedrig oder hoch.....	11
Abbildung 2: Kombinierte Maschinenhacke mit kleinen Schutzscheiben und L-Messer (links), beim Hacken spielt die Reduzierung des Hackbandes eine entscheidende Rolle für den Regulierungserfolg (rechts).....	12
Abbildung 3: Das Anlegen einer Zählstrecke als Hilfsmittel für den erfolgreichen Striegeleinsatz (links), Striegel mit indirekter Federung und hohem Spielraum im Zinkendruck sind bei Zuckerrüben von Vorteil (rechts)	15
Abbildung 4: Verschiedene Andruckrollen haben einen Einfluss auf das Striegelegergebnis.....	16
Abbildung 5: Die Auswahl der richtigen Handhacke spielt eine wichtige Rolle (links), sinkende Schlagkraft der Handhackkräfte im Zeitverlauf, Testanbaubetrieb Ahrensberg 2022 (rechts)	19
Abbildung 6: Die Auswahl der richtigen Handhacke spielt eine wichtige Rolle (links), sinkende Schlagkraft der Handhackkräfte im Zeitverlauf, Testanbaubetrieb Ahrensberg 2022 (rechts)	21
Abbildung 7: Darstellung der ersten Rübenstadien (Quelle Strube.net).....	23
Abbildung 8: Zuckerrüben im Dammanbau (links), das Schälen der Dammflanken wird auf dem Anbaubetrieb mit einem aktiv betriebenen Drehstriegel kombiniert (rechts).....	25
Abbildung 9: Unkrautzupfer als technische Maßnahmen gegen Spätverunkrautung und Schosser (links), bei starker Verunkrautung kann Mulchen die Erntefähigkeit erleichtern und den Krautanteil verringern (rechts)	27
Abbildung 10: Praxishinweise zur Anlage einer Rübenmiete	28
Abbildung 11: Einsatz des Prototyps von Farming Revolution auf einem 5 ha Versuch 2021 und der Einsatz auf einem 32 ha großem Versuchsschlag	29
Abbildung 12: Technische Details des Hackroboters Farming GT in der Hacksaison 2022 (links), Robustere Arbeitswerkzeuge 2023 sorgen für weniger Standzeiten (rechts).....	30
Abbildung 13: Technische Details des Hackroboters Farming GT in der Hacksaison 2022 (links), Robustere Arbeitswerkzeuge 2023 sorgen für weniger Standzeiten (rechts).....	31
Abbildung 14: Testeinsatz des InRow Weeder während des Arbeitens (links) und die Hackwerkzeuge (rechts).....	31
Abbildung 15: Vorführung Querhacken bei der Feldbegehung 2021 in Trantow.....	32
Abbildung 16: IC Weeder (Steketee) Anbaugeräteaufbau (links), Schwenkaggregat (mitte), Kameraerkennung und Abdeckung (rechts)	33
Abbildung 17: iSelect-System von K.U.L.T.....	33
Abbildung 18: Feldbegehung in Wesenberg	40
Abbildung 19: Leitfaden für den Bio-Rübenanbau.....	42
Abbildung 20: Sortenempfehlungen für das Anbaujahr 2023	44

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AKh	Arbeitskraftstunde
CBC	Cosun Beet Company
CO _{2eq}	Kohlendioxid-Äquivalent, Standardmaß für die Treibhausgasemissionen
DK	Dieselmotorkraftstoff
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt
RR	Reine Rüben
°S	Zuckergehalt, Polarisierung, Polzucker
SFS	Spurführungssystem
ZF	Zuckerfabrik

1 Einleitung und Zielstellung

Die Nachfrage nach Rübenzucker aus ökologischer Erzeugung wächst seit einigen Jahren stetig und hat somit die Öko-Zuckerpreise ansteigen lassen. Die Zuckerrüben verarbeitende Industrie unternimmt aus diesem Grund Anstrengungen, die Produktionsmengen der Nachfrage anzupassen. Gerade weil das mit großen Herausforderungen verbunden ist, liegt in der Etablierung der Biozuckerproduktion vor Ort hohes Potential für die regionale Wertschöpfung und den Ausbau des ökologischen Landbaus in MV. Um dieses ausschöpfen zu können, müssen Lösungen auf der Ebene der Anbauverfahrensgestaltung, der Logistik sowie der Einbindung der Biozuckerrüben in den Verarbeitungsprozess der konventionellen Rübenkampagne gefunden werden.

Aufbauend auf der seit 1997 erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen der Zuckerfabrik (ZF) Anklam und dem Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft (IPB) der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA), wurden/ werden daher über einen gewissen Zeitraum mit Hilfe von Praxisbetrieben verschiedene Anbauverfahren entwickelt, optimiert und stabilisiert.

Die konkreten Ziele sind:

- Prüfung der Wirtschaftlichkeit des Öko-Zuckerrübenanbaues für Anbaubetriebe
- Mitarbeit bei der Entwicklung eines Konzepts zum Aufbau einer wettbewerbsfähigen Wertschöpfungskette vom Anbau bis zur Verarbeitung ökologisch erzeugter Zuckerrüben am Standort Anklam
- Steigerung der Zuckererträge bei einer Senkung der variablen Stückkosten durch einen Erfahrungsaustausch und das Ableiten von Erkenntnissen

2 Vorgehensweise

Die bewährten Systeme zur Erfassung und Analyse der konventionellen Zuckerrübenproduktion wurden an die besonderen Gegebenheiten für den Testanbau ökologisch erzeugter Zuckerrüben adaptiert. Für die Anfangsprojektphase entstand zunächst eine gesonderte Erfassungs- und Analysemaske, um eine schlüssige, zeitnahe, anbautechnische und ökonomische Analyse zu ermöglichen. Dies umfasste die speziellen und betriebsindividuellen Arbeitsgänge der Unkrautregulierung inklusive Bonituren der dominanten Problemunkräuter (siehe Anhang). Dabei wurde speziell für dieses Forschungsthema der Schwerpunkt auf die Dokumentation der eingesetzten Technik, des Arbeitsstundenaufwandes und des Dieselmotorkraftstoffverbrauches gesetzt. Da das mit einem hohen manuellen Aufwand verbunden war, der mit zunehmender Anzahl von beteiligten Testanbauern wuchs, kam es 2022 zu einer Zusammenführung der Erfassungs- und Analysesysteme für konventionelle und ökologisch wirtschaftende Rübenanbauer. Jedoch erfolgte dies nur so weit, wie die Möglichkeit aufgrund der Besonderheiten bestand.

Die nachfolgenden ökonomischen Ergebnisse basieren auf den Anbaudokumentationen der Rübenanbauer sowie der Endabrechnung der ZF Anklam. Zur besseren Vergleichbarkeit der Betriebe untereinander werden wie in den Vorjahren die Preise für Saatgut-, und Betriebsmittel sowie Dienstleistungen (Rüben legen und roden) einheitlich bemessen. Jedoch erfolgte dies nur, wenn nicht betriebspezifische Daten vorliegen, die eine differenzierte Vorgehensweise rechtfertigen. Alle beteiligten Betriebe erhalten sowohl die eigenen Ergebnisse als auch die anonymisierten Werte aller beteiligten Anbauer zu Vergleichszwecken. Durch die Gegenüberstellung der eigenen Betriebsdaten, mit denen aller beteiligten Betriebe, bekamen die Anbauer Informationen über die Stärken und Schwächen ihrer Zuckerrübenproduktion und unterstützen die regionale Anbauberatung bei der Verifizierung von Anbauentscheidungen. Für einen Austausch von Fachwissen und die Vernetzung der Anbauer wurden in den vergangenen Jahren regelmäßig Feldtreffen durchgeführt. Dazu haben die Anbauer in einer Befragung lehrreiche Erfahrungen geäußert und ihre betriebsindividuellen Erkenntnisse dargestellt. Die aufgenommenen Anregungen sind gemeinsam mit denen der Anbauberater in diesem Bericht aufbereitet.

3 Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Praxis

3.1 Die perfekte Aussaat

Vorbereitung

Neben der Düngung und der Vorfrucht spielt die Bodenbearbeitung eine wichtige Rolle bei der Bestandsetz-
blierung. Im Folgenden soll nicht das eine oder das andere System für spezielle Standorte empfohlen werden,
sondern lediglich Beobachtungen und Gedanken der Anbauer wiedergegeben werden.

Die Zuckerrübe benötigt für einen guten Wuchs, eine gute Wurzelentwicklung und eine gute Rübenkör-
perentwicklung im Vorfeld eine tiefe Bodenbearbeitung bei verdichtungsfreiem Boden. Flachere Bearbei-
tungstiefen (z.B. 24 cm) eignen sich nur bedingt. Bei den Anbauern kristallisieren sich zwei grundsätzliche
Idealverfahren für die Grundbodenbearbeitung heraus: Bei der ersten Herangehensweise, erfolgt die wen-
dende Bodenbearbeitung kurz vor der Aussaat. Die hochgeholte Pflugfeuchte kann so für die Keimung der
Zuckerrübe genutzt werden. Hierbei haben Unkraut und Zuckerrübe die gleichen Startvoraussetzungen. Für
ein optimales Saatbett finden außerdem Krumpacker, Feingrubber und beispielsweise Kreiselegge zur
Feinkrümelung und zur Rückverfestigung Verwendung. Das Verfahren setzen vor allem Anbauer auf leichte-
ren und trockeneren Standorten ein, um die Keimfeuchte zu garantieren. Knackpunkt bei dem Verfahren ist
ein perfektes, ebenes Saatbett. Auf schwereren Böden nimmt dieses Verfahren aus verschiedenen Gründen
weniger Raum ein. Meist ist das Risiko von Schäden am Bodengefüge zu hoch oder der Boden hat im Frühjahr
nicht im betreffenden Moment die richtige Beschaffenheit.

So entfällt beim zweiten Verfahren die Grundbodenbearbeitung meist auf das Vorjahr, zum Teil sogar auf
den Zeitraum direkt nach der Vorfruchternte. Düngemaßnahmen wie die Gabe von Mist und Kalk sind über-
wiegend bereits im Vorfeld durchgeführt worden. Die Etablierung einer Zwischenfrucht erfolgt meist im An-
schluss. Im vergangenen Jahr arbeiteten auf diese Weise 25% der Anbauer pfluglos (Dammanbau nicht mit-
gezählt) und dies mit guten Ergebnissen. Hier achten die Anbauer darauf, dass die Ernterückstände nicht im
Nachgang zu Problemen führen (z.B. durch Mulchen). Dasselbe gilt für die Zwischenfruchtbestände. Im Früh-
jahr ist es so zum Teil besser möglich, ein falsches Saatbett umzusetzen. Die aufgeführten Strategien finden
witterungs- und betriebsindividuell Anwendung. Es gab beispielsweise auch Betriebe, für die es im Frühjahr
möglich war, zeitig mit der Grundbodenbearbeitung zu beginnen und so ebenfalls mit einem falschen Saat-
bett zu arbeiten.

Einige Anbauer führen bis zu drei flache Arbeitsgänge durch. Hier kommt es in Abhängigkeit vom Wirkungs-
ziel zum Einsatz verschiedener Geräte: Das Einebnen von Zwischenfruchtbeständen erfolgt zum Beispiel mit
Scheibeneggen oder Messerwalzen in Kombination mit Strohstriegeln. Für ein möglichst flaches Arbeiten
fungierten beispielsweise der Horsch Finer, die Kellyegge, der Lemken Kompaktor oder der Väderstad NZ-
Grubber mit standortangepasster Rückverfestigung. Den Anbauern ist es dabei wichtig, eine gewisse Rest-
struktur zu wahren und durch geringen Reifendruck den Bodenzustand zu erhalten. Um den Bodenschluss
bei der Aussaat zu gewährleisten, bietet sich eine möglichst flache Bodenbearbeitung an. Es wird hierbei auf
einen feinkrümeligen, geräumten Boden (frei von Wurzelrückständen etc.) mit genügend Keimfeuchte ge-
achtet. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Ebenheit. Hier gilt der Grundsatz: Je präziser gearbeitet wird,
desto weniger Kompromisse müssen bei der mechanischen Unkrautbekämpfung eingegangen werden. Bei
einem falschen Saatbett zählt laut den Anbauern: so früh wie möglich einen saarfertigen Horizont zu errei-
chen, um vor der Saat 1–3-mal etwa alle 14 Tage die Unkrautwellen zu brechen. Diese 14-Tage-Intervalle sind
sehr wichtig für die Effektivität. Nach beispielsweise 7 Tagen, ist die Wirkung laut Erfahrungen der Anbauer
deutlich geringer. Währenddessen sollten stabile Witterungsverhältnisse vorherrschen. Besonders auf Farm-
Droid-Betrieben ist es sinnvoll, in Drillrichtung vorzuarbeiten, damit eine gleichmäßige Tiefenführung der
Säaggregate gewährleistet werden kann.

Aussaat

Bei der Aussaat ist eine regelmäßige Kontrolle der Ablagetiefe wichtig. Diese sollte so flach wie möglich und gleichzeitig nahe an die wasserführende Schicht erfolgen. Saattiefen von 1-2 cm sind auf den meisten Betrieben die Zielwerte. Deutlich tiefere Ablagen (z.B. 4 - 6 cm) wirken sich häufig zulasten der Triebkraft aus und führen im schlimmsten Fall zum Umbrechen des Bestandes. Dies macht sich besonders auf schweren Böden bemerkbar. Ein zügiger, homogener Feldaufgang und eine rasche Jugendentwicklung sind laut Aussage mehrerer Anbauer geeignete Mittel, um den Wachstumsvorsprung der Zuckerrübe zu optimieren. Daraus folgt der Vorteil: Je schneller die Zuckerrübe wächst, desto weniger Kompromisse müssen bei der Intensität der Unkrautregulierung gemacht werden. Dies spricht für einen späten Saattermin bei einer hohen Bodentemperatur (>8 °C). Es bietet sich an, die äußerste Reihe nicht zu dicht an die Feldkante zu legen, damit später Verstopfungen der Hackmaschine vermieden werden. Um Pflanzenverlusten durch mechanische Unkrautbekämpfung in der Reihe vorzubeugen, empfiehlt es sich 10-15% mehr Saatgut zu verwenden (nicht bei Einsatz eines Farm Droids). Wenn gestriegelt werden soll, setzen einige Anbauer eine Saatstärke von 110.000-120.000 Pillen/ha ein. Bei der Sortenwahl sind neben dem Ertrag auch die Breitblättrigkeit und eine zügige Jugendentwicklung wichtige Auswahlkriterien der Anbauer. Am Ende des Dokumentes befindet sich die Sortenempfehlung für Biorüben 2023.

Felddaufgang und Entwicklung

Nach der Aussaat stellt sich auf einigen Standorten die Frage, ob angewalzt werden sollte. Dies ermöglicht auf schweren Böden evtl. einen besseren Bodenschluss und kann die Saatrillen der Andruckrolle einebnen. Besonders interessant ist diese Einebnung, wenn das Striegeln geplant ist. Die Risiken der Erosion nach dem Anwalzen und der zu starken Verfestigung für die mechanischen Unkrautregulierungsmaßnahmen müssen abgewogen werden. Die Düngung der Zuckerrübe erfolgt entweder im Vorfeld und/oder als Unterfußdüngung.

Hinweise zur Aussaat

Die Grundbodenbearbeitung muss tief genug sein.

- Bei zu flachen Grundbodenbearbeitungen kann Beinigkeit auftreten.

Je präziser gearbeitet werden kann, desto weniger Kompromisse müssen bei der mechanischen Unkrautbekämpfung eingegangen werden.

- Je ebener der Acker ist, desto intensiver kann beispielsweise der Striegel in den Reihen arbeiten.
- Wenn sich weniger Kluten auf dem Acker befinden, kann dichter an die Pflanzen herangehackt werden.

Eine zu tiefe Ablage senkt die Triebkraft der Zuckerrübe.

- Aus diesem Grund ist die Ablage „so tief wie nötig“ auch ein Mittel, um die Konkurrenzkraft der Zuckerrübe zu erhöhen.

Ein zügiger Felddaufgang und eine rasche Jugendentwicklung wird durch eine hohe Bodentemperatur beim Legetermin positiv beeinflusst.

- Optimale Ergebnisse stellen sich bei $> 8^{\circ}\text{C}$ Bodentemperatur ein.

Einige Anbauer praktizieren den pfluglosen Anbau.

- Hier wird meist im Vorjahr tief geackert.
- Durch das Einrichten eines Scheinsaatbettes wird die erste Unkrautwelle gebrochen.
- Die Grundbodenbearbeitungsstrategie ist jedoch betriebs- und standortabhängig.

3.2 Hacken

Das Hacken von Unkraut ist eine besonders wichtige Regulierungsmaßnahme, die wesentlich zum Erfolg des Biorübenanbaus beiträgt. Es wird unterschieden in Blindhacken, welches vor dem Auflaufen der Zuckerrüben möglich ist und dem gängigen Hackdurchgang nach dem Feldaufgang. Eine Grundvoraussetzung beim Blindhacken ist die genaue Spurführung. Entweder werden die Aussaatlinien manuell genau nachgefahren oder per Spurführungssystem über spezielle Dokumentationssoftware (z.B. Auto Path von John Deere) gespeichert und automatisch nachgefahren.

Sobald die Rübenreihen sichtbar sind, ist ein erster Hackdurchgang schnellstmöglich erforderlich.

Das Hacken im Heckenbau mit einem handgelenkten Verschieberahmen ermöglicht einen sehr zeitigen Hackdurchgang, da die Reihen manuell frühzeitig gut erkennbar sind. Als nächstes ist das Steuern einer Front- oder Zwischenachshacke per Vorderachse gut möglich. Zeitlich gesehen als letztes erkennen kameragesteuerte Verschieberahmen im Front- und Heckenbau die Reihe. Ein sicherer Einsatz einer gängigen Kamerahacke ist in der Regel (erst) ab BBCH 14 möglich. Ein heterogener Zuckerrübenbestand erschwert den frühzeitigen Hackeinsatz. Auch die Lichtverhältnisse haben Einfluss auf die Erkennbarkeit der Rübenreihen.

Es ist äußerst wichtig, dass die Zuckerrübe einen Wachstumsvorsprung behält. Optimale Aussaatbedingungen und höchste Präzision bei der Aussaat sind dafür der Grundbaustein. Denn nur ein gleichmäßiger Feldaufgang ermöglicht einen frühzeitigen Hackeinsatz. Lässt sich eine späte Pflanzenerkennung nicht vermeiden, ist eine zusätzliche Regulierungsmaßnahme im Vorhinein empfehlenswert. Der erste Hackdurchgang lässt sich gut mit dem Striegeleinsatz kombinieren. Nach den Erfahrungen der Anbauer sind die Einsatzmöglichkeiten einer starren Heckhacke ohne Verschieberahmen begrenzt.

Grundsätze

Eine zentrale Rolle bei der erfolgreichen Unkrautbekämpfung durch das Hacken spielt für die Testanbaubetriebe die Verkleinerung des Hackbandes beim maschinellen Hacken. Einigen Anbauern ist es gelungen, den unbearbeiteten Bereich um die Kulturpflanzen auf 5 bis 7 cm Breite zu reduzieren. Hierbei wurde auf einen kameragesteuerten Verschieberahmen gesetzt. Exakt gerade gelegte Rübenreihen erleichtern dazu bei allen Hackgerätvarianten das präzise Arbeiten enorm. Kurven am Vorgewende können demzufolge problematisch sein. Das Verwenden von durch RTK-Signal gesteuerten Traktoren bei der Aussaat ist zu empfehlen. Hier gibt es in der Gradlinigkeit und Genauigkeit herstellerbedingte Schwankungen sowie Unterschiede zwischen Mobil-RKT und Stations-RTK. Doch selbst wenn auf ein Parallelfahrssystem zurückgegriffen wird, empfiehlt es sich mit der gleichen Reihenanzahl (bei Lege- und Hackmaschine) zu arbeiten. Hier sind Probleme mit ungleichen Spurbreiten der eingesetzten Schlepper (z.B. der Lohnunternehmer hat beim Legen 1,8 m Spur und der Anbauer 2,25 m Spur bei gleicher Reihenzahl) unbedingt im Vorfeld zu vermeiden (z.B. durch einen asynchronen Aufbau der Hacke). Im Idealfall wird derselbe Traktor in der gleichen Fahrtrichtung für beide Arbeiten verwendet. Einige Anbauer setzen auf quadratische, homogene und gut geschnittene Flächen, um den Arbeitsaufwand zu senken.

Insbesondere während der Unkrautregulierungsphase benötigt die Zuckerrübe genügend Aufmerksamkeit von der Betriebsführung in den Punkten Bestandeskontrolle und Wetterbeobachtung. Die optimale Witterung für den Hackeinsatz beginnt meist erst am späten Vormittag. Die Hackzeitfenster sollten schlagkräftig ausgenutzt werden, wobei der Zeitaufwand für das präzise Einstellen der Technik nicht unterschätzt werden sollte. Eine regelmäßige Kontrolle der Arbeitsqualität beeinflusst das Ergebnis positiv.

Die Wahl der Arbeitsgeschwindigkeit ist unter anderem abhängig von folgenden Faktoren:

- Bodenart
- Entwicklungsstand der Zuckerrübe
- Art der Hacke
- eingesetzte Werkzeuge.

Die nachstehende Abbildung zeigt auf, wie sich diese Faktoren gegenseitig beeinflussen.



Abbildung 1: Systematik Geschwindigkeit (V) beim Hacken eher niedrig oder hoch

Besonders im frühen Stadium ist die Zuckerrübe empfindlich, sodass oftmals mit einer niedrigen Geschwindigkeit zwischen 2 und 5 km/h gefahren wird, je nach Erkennungssicherheit und Hacktechnik. Das Ziel ist es eine möglichst hohe Präzision zu erreichen, wobei genügend Fingerspitzengefühl und Konzentration des Fahrers benötigt wird. Einigen Landwirten ist es wichtig, eine Grundgeschwindigkeit zu fahren, um durch Vibrationen (à la: „der Rahmen muss vibrieren“) einen „Gutstrom“ zu erzeugen. So bekommt die Erde einen verschüttenden, statt schiebenden Effekt. Die Hackmesser und -schare sind im besonderen Maße empfindlich, weshalb das Steine sammeln oder andere Verfahren zur Steinbereinigung des Bodens den Verschleiß erheblich minimieren.

Werkzeuge

Ziel des Hackens ist es im frühen Entwicklungsstadium des Unkrautes (am besten: Keimblatt - 1. Laubblatt) den Boden nahezu ganzflächig abzuschneiden. Dabei soll nur so tief wie nötig und so flach wie möglich gearbeitet werden, um tiefliegende Unkrautsamen nicht zum Keimen anzuregen. Je nach Bodenart sind hierfür die richtigen Hackwerkzeuge in Abhängigkeit von regionalen Bodenarten für die Hacke auszuwählen. Hierbei kann auf Gänsefüße, Flachhackmesser, Winkelmesser etc. zurückgegriffen werden. Im frühen Stadium der Zuckerrübe bietet es sich an Flachhackmesser anstelle von Gänsefußschare zu verwenden, um bei flacher Arbeit so wenig wie möglich die Kulturpflanze anzuschütten. Dies gilt besonders, wenn keine Pflanzenschutzscheiben vorhanden sind. Hier setzen einige Anbauer auf Winkelmesser/L-Messer, um zu verhindern, dass Erde in die Reihe geschüttet wird. Wird auf eine manuelle Kamerasteuerung mit einem Beifahrer gesetzt, werden bevorzugt Winkelmesser verwendet. Hier kann exakt gesehen werden, ab wo geschnitten wird, im Gegensatz zum Gänsefußschar.



Foto: S. Kromwijk

Abbildung 2: Kombinierte Maschinenhacke mit kleinen Schutzscheiben und L-Messer (links), beim Hacken spielt die Reduzierung des Hackbandes eine entscheidende Rolle für den Regulierungserfolg (rechts).

Wenn mehrere Hackschare im Zwischenreihenraum eingesetzt werden, ist es wichtig, dass sich die Hackschare ausreichend überlappen, um ganzflächig zu arbeiten. Wichtig ist es die Pflanzen nicht um mehr als 50% im Keimblattstadium und nicht um mehr als 75% in BBCH 12 mit Erde zu bedecken.

Pflanzenschutzscheiben

Sobald die Reihen sichtbar sind, empfiehlt es sich flach zu hacken. Jedoch vertragen die Zuckerrüben kein Verschütten des Herzens. Genauso gilt: bei Einsatz einer Kamerahacke und höheren Hackgeschwindigkeiten können die Kulturpflanzen durch Verschüttungen geschädigt werden. Dies vermeiden einige Anbauer durch Schutzscheiben oder durch Schutzbleche. Andere Anbauer verzichten bewusst auf Pflanzenschutzscheiben, um auch in frühen Stadien auf leichteren bzw. schüttfähigen Böden bei langsameren Fahrtgeschwindigkeiten einen nur geringfügig anschüttenden Effekt zu erzeugen. Einige Anbauer vertreten die Ansicht, ohne die Pflanzenschutzscheiben dichter an die Kulturpflanze heranzukommen. Zum Teil entstand ein unbearbeiteter Streifen zwischen Schutzscheibe und Hackschar. Um auf schwereren Böden Kluten zu zerschneiden, kommen zum Teil kleinere Pflanzenschutzscheiben zum Einsatz. Soll ohne Pflanzenschutzscheiben gearbeitet werden, können geringere Arbeitsgeschwindigkeiten Verschüttungen vermeiden. Die Verwendung von Winkel- bzw. L-Messer haben den gleichen Effekt.

Einsatz einer Fingerhacke

Der Einsatz der bodenangetriebenen Fingerhacke als Ergänzung für den Raum in der Reihe wurde im bisherigen Anbauzeitraum unterschiedlich gesehen und nur vereinzelt, aber erfolgreich eingesetzt. Grundsätzlich gilt, dass der Einsatz im Keimblattstadium kritisch zu sehen ist und im BBCH 12 auch nur vorsichtig (Einstellung erfolgt durch den Abstand der Finger, Wahl der Härtegrade, Durchmesser) erfolgen darf. Zu diesem Stadium ist die Verankerung der Zuckerrübe noch nicht so weit fortgeschritten, um die Lockerung des Bodens in der Reihe verkraftet zu können. Ab BBCH 14 ist der Einsatz der Fingerhacke gut möglich. Die Funktionsfähigkeit auf wechselnden Böden wurde durch die Anbauer in Frage gestellt. Auch kam es bei Maschinenvorfürungen auf harten, klutigen und steinigen Böden zu Problemen einen guten Effekt zu erzielen, ohne die Kulturpflanze zu beschädigen. Zu empfehlen ist das Anbringen der Fingerhacken im längsversetzten Zustand, um den Rüben das einseitige Ausweichen zu ermöglichen. Weitere Werkzeuge zum Arbeiten in der Reihe sind Torsionszinken auf leichten Böden, Rollstriegel und Flachhäufel. Letztere stellen durch den Anbau von Häufelblechen ein kostengünstiges Mittel zum Anbau an bestehende Hackwerkzeuge dar, um besonders im letzten Hackdurchgang (BBCH 16-18) bei großen Rüben Effekte durch Verschütten zu erzielen. Grundsätzlich

nimmt die Unkrautregulierungseffektivität jedoch mit der Anzahl der Hackdurchgänge ab. Demzufolge können Versäumnisse zu Beginn der Pflegemaßnahmen nicht mit späten Maßnahmen korrigiert werden.

Strategien

Die Erfahrungen aus der Praxis sind wertvoll für die Optimierung der Anbaustrategien. Aus den Erfahrungen lassen sich wichtige Erkenntnisse und Empfehlungen für die Praxis ableiten. Diese können allerdings nur im systematischen Kontext gesehen werden. Im Folgenden sind mögliche Strategien und Kombinationen von Verfahren schematisch dargestellt, die in der Vergangenheit erfolgreich praktiziert wurden. Allerdings sind immer die einzelbetrieblichen Rahmenbedingungen wie Boden, technische Möglichkeiten, personelle Ressourcen etc. und die Jahreseffekte bei den Entscheidungen der betrieblichen Maßnahmen zu berücksichtigen. Außerdem ist zu beachten, dass der individuelle Unkrautdruck einer Fläche in Kombination mit dem Wetter sehr maßgebend für die Anzahl und Intensität der notwendigen Maßnahmen ist.

Mögliche Hackstrategie:

Blindhacken (wenn technische Voraussetzung vorhanden)

- Hacken zwischen den Reihen
- weiße Fäden schneiden, bevor die Zuckerrübe aufläuft

1. Hackdurchgang:

- so früh wie möglich, Rübenreihen sind erkennbar
- Hacken mit Pflanzenschutzscheiben und ohne Fingerrollhacken

Variante A: eher auf schweren humosen Böden

- mit sehr flachen Hackscharen (wenig anschütten)
- sehr langsam fahren

Variante B: eher auf leichten, sandigen Böden

- vibrierender Rahmen, um leicht zu verschütten, statt zu schieben
- etwa 5-6 km/h

Handhacke:

- so früh wie möglich
- mit entsprechender Schlagkraft pro Hektar ca. 0,6 HAK/ha

2. Hackdurchgang:

- ca. eine Woche nach dem 1. Hackdurchgang, je nach Witterung

Variante A: eher auf schweren humosen Böden

- mit normalen Gänsefußhackscharen → verschütten erwünscht
- kein Einsatz von Pflanzenschutzscheiben
- Reaktion auf unregelmäßige Bestandsgrößen durch Fahrgeschwindigkeit möglich

Variante B: eher auf leichten, sandigen Böden

- hacken mit Fingerrollhacken und Pflanzenschutzscheiben
- 7-8 km/h

3. Hackdurchgang:

- optional

Kombination Hacke und Striegel (beispielhaft):

1. Hackdurchgang:

- sehr früh (1. Laubblattpaar)
- sehr flaches hacken
- sehr langsam fahren
- ganz leichtes schütten von Erde in die Reihe (bewusst keine Pflanzenschutzscheiben)
 - ➔ der Rübe kann viel zugemutet werden
 - ➔ es muss nur ein bisschen Blattmasse oben sein (25 % der Rübe muss nur noch rausgucken)

1. Striegeleinsatz:

- wenige Tage nach dem 1. Hackdurchgang
- querhacken im 90 Grad Winkel
- langsam fahren (3-4 km/h)
- sehr softe Einstellung (begrenzend für das Einstellen ist das Verschütten / Ausreißen von Zuckerrüben)
- hier wird die in die Reihe reingeschüttete Erde wieder aus der Reihe herausgezogen

2. Hackdurchgang:

- < 5 Tage nach dem Querstriegeln
- Einsatz der Fingerhacke möglich

Handhacke:

- Restunkraut präzise und schlagkräftig manuell hacken
- 1 Hackdurchgang kann genügen und/oder Spätverunkrautung maschinell entfernen

2. Striegeleinsatz

- längs zur Särichtung zusätzlich möglich
- Striegelintensität kann im fortgeschrittenen Stadium erhöht werden

3. Hackdurchgang:

- hereinhäufeln in die Reihe, Unkraut verschütten
- mit der Fahrgeschwindigkeit kann die Intensität des Häufelns verändert werden
 - ➔ Anpassung an unterschiedliche Bestandsgrößen aus Schlepperkabine gut möglich

3.3 Striegeln

Grundsätzlich gilt: Zuckerrüben lassen sich striegeln. In der Praxis wurden dazu bereits verschiedene Erfahrungen gesammelt, die wertvolle Erkenntnisse für die Zukunft liefern. Der Striegel kann sehr erfolgreich eingesetzt und der Aufwand für Handarbeitskräfte deutlich verringert werden. Für den erfolgreichen Einsatz des Striegels sind allerdings einige Punkte zu berücksichtigen. Vor Beginn der Aussaat sollte der „grobe Plan“ für das Unkrautmanagement feststehen, d.h. ob und wann der Striegel zum Einsatz kommen soll. Nur so können alle pflanzenbaulichen Maßnahmen, insbesondere in Bezug auf die Aussaat, ausgeschöpft werden.

Viele Anbauer wollen ab BBCH 12/14 quer und/oder längs zur Särichtung striegeln. Der Grund dafür ist, dass einerseits die Pflanzenverluste gering sind und gleichzeitig die Wirkung sehr hoch ist. Für einen erfolgsversprechenden Einsatz hat sich die passive Aufhängung der Striegelzinken als technische Voraussetzung sehr gut bewährt. Allerdings ist die richtige Einstellung und die Kontrolle der Arbeitsqualität von großer Bedeutung, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Die Kombination des Striegeln mit dem Einsatz einer Scharhacke ist aus der Erfahrung heraus gut möglich und sinnvoll. Die gelockerte Feinerde des ersten Hackdurchgangs kann beispielsweise das Arbeitsergebnis des Striegels deutlich verbessern. Auch wenn die Verluste ab dem 2. bzw. 4. Laubblattstadium sehr gering sind, lassen sich Pflanzenverluste nur schwer vermeiden. Infolgedessen empfiehlt sich eine etwas höhere Aussaatstärke. In der Praxis wurden 5 bis 15% mehr Saatgut verwendet z.B. 120.000 statt 110.000 Pflanzchen/ha, um mögliche Pflanzenverluste zu kompensieren. Das Anlegen einer Zählstrecke ist ein wertvolles Hilfsmittel, um die Einstellung des Striegels in Bezug auf Wirkungsweise und Rübenverluste besser einschätzen zu können. Nachstehend ist die Berechnungsformel für die verschiedenen Reihenabstände mit der zu zählenden Strecke aufgeführt.

Anlegen von Zählstrecken

45 cm Reihenabstand

- 11,11 m in einer Reihe (= 5 m²)
- Ergebnis x 2.000 = Bestandesdichte / ha

50 cm Reihenabstand

- 10 m in einer Reihe (= 5 m²)
- Ergebnis x 2.000 = Bestandesdichte / ha

75 cm Reihenabstand

- 6,66 m in einer Reihe (= 5 m²)
- Ergebnis x 2.000 = Bestandesdichte / ha



Foto: J. Oldenburg

Abbildung 3: Das Anlegen einer Zählstrecke als Hilfsmittel für den erfolgreichen Striegeleinsatz (links), Striegel mit indirekter Federung und hohem Spielraum im Zinkendruck sind bei Zuckerrüben von Vorteil (rechts)

Zudem kann es hilfreich sein, verschiedene Striegelvarianten und -intensitäten zu testen, bevor der Zuckerrübenschlach ganzflächig bearbeitet wird.

Zeitpunkt

Das Entwicklungsstadium der Zuckerrübe und deren spezifische Striegelverträglichkeit sind zwei entscheidende Faktoren für das Ergebnis. Das Striegeln im Keimblattstadium der Zuckerrübe ist aufgrund der hohen Verschüttungsverluste mit ca. 20% kein Mehrwert für die Praxis. Die Wahl der Andruckrolle des Säaggregates hat einen großen Einfluss auf diese Verschüttungsverluste. So entsteht beispielsweise bei der Farmflexrolle keine keilförmige Rille. Ganz im Gegensatz zu der standardmäßigen Fingerdruckrolle, die je nach Bodenart eine Rille hervorruft (siehe Abb. 4). Derselbe Effekt kann unter Berücksichtigung der erhöhten Verschlämmungs- und Erosionsgefahr durch Anwalzen zum Beispiel mit einer Cambridgewalze nach der Saat erzielt werden. Jedoch sollten dabei eventuell vorhandene Kluten zerdrückt statt eingedrückt werden. Ansonsten holen die Striegelzinken diese später wieder hoch. Der Vorteil des leichteren Verschütten in Folge einer Keilrille der Fingerdruckrolle kann jedoch später in BBCH 12 sinnvoll sein, um Unkräuter in der Keilrille leichter zu verschütten.

Die Zuckerrübe ist im 1. Laubblattpaar bereits deutlich besser verwurzelt und die Rübenverluste sind bei vorsichtigem Striegeleinsatz annehmbar, solange das Herz nicht verschüttet wird. Die Regeneration nach leichtem Verschütten erfolgt nun zügiger. In BBCH 14 nimmt die Striegelverträglichkeit nochmal zu. Hier kann durch intensivere Striegeleinstellungen und höhere Geschwindigkeit ein besserer Unkrautregulierungseffekt erreicht werden. Die Rüben sind in diesem Stadium auch nach stärkerer Verschüttung (50%) zu einer schnellen Regeneration fähig. Selbst bei intensiveren Striegeleinstellungen sind die Verluste in der Regel vertretbar.

Das Striegeln ist auch in späteren Entwicklungsstadien noch möglich. Die Effektivität der Unkrautregulierung nimmt zwar sukzessiv ab, kann jedoch trotzdem noch einen Mehrwert bringen. Der optimale Einsatzzeitpunkt ist in Zusammenhang mit dem Entwicklungsstadium des Unkrautes (optimal sind Fädchen bis Keimblattstadium) und der Witterung auszuwählen. Allerdings ist ein Verpassen des Einsatzzeitpunktes unbedingt zu vermeiden.

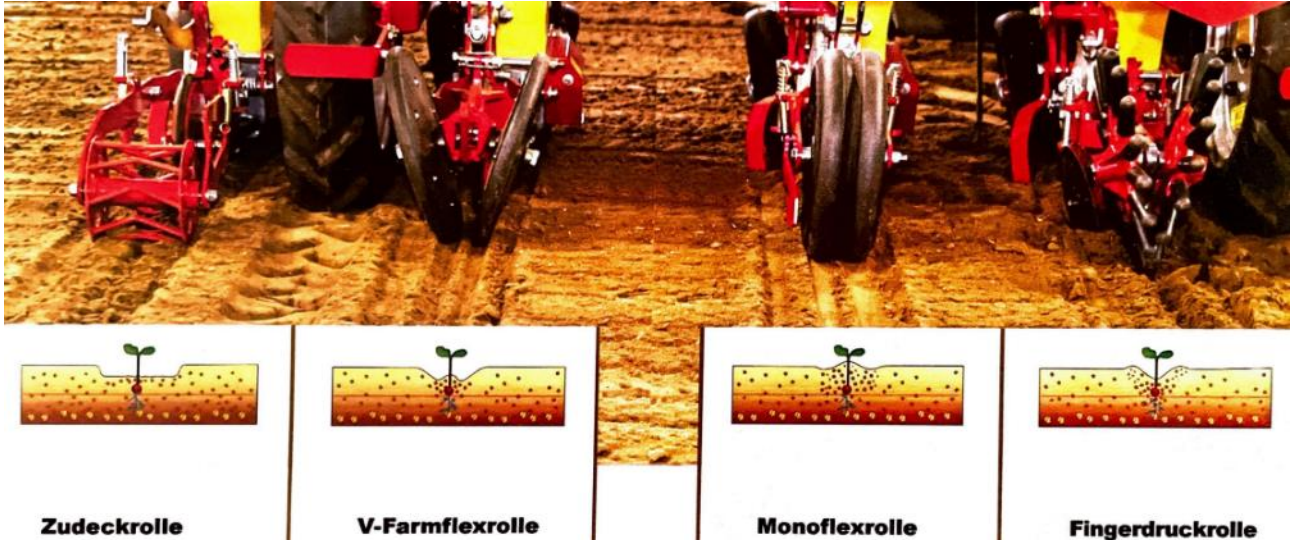


Foto: Grimme

Abbildung 4: *Verschiedene Andruckrollen haben einen Einfluss auf das Striegelergebnis*

Querstriegeln

Das Querstriegeln erhöht den Regulierungserfolg in den Rübenreihen maßgeblich. In der Verfahrenskombination mit der Scharhacke kann die gelockerte Feinerde gut zum Verschütten genutzt werden. Der Striegel zieht somit auch Unkräuter aus den Reihen. Zu beachten ist das Senken des Reifenluftdrucks der Traktorreifen und wenn möglich auch der Stützräder des Striegels auf idealerweise 0,5 bar. Die Kulturschonung kann durch breite Reifen (Zwillingsreifen sind abzuwägen) zusätzlich gesteigert werden. Im besten Fall sind die Fahrspuren nach zehn Tagen kaum noch zu erkennen. Die Pflanzenverluste beim Querstriegeln in BBCH 12 steigen im Gegensatz zum Längsstriegeln in BBCH 12 leicht an. Dieser Effekt tritt in BBCH 14 aufgrund der robusteren Kulturpflanzen nicht auf. Mit dem Querstriegeln in BBCH 14 wird der höchste Unkrautregulierungserfolg durch das Striegeln erreicht.

Blindstriegeln

Mit dem Striegeln im Voraufbau wurden in der vergangenen Zeit im Anbaubereich nur bedingt gute Erfahrungen gemacht. Das Risiko, dass bei heterogenen Bedingungen Rübenpillen verrollen, ist hoch. Des Weiteren muss die Rübenpille sehr tief gelegt werden (etwas tiefer als 3 cm), was sich negativ auf die Triebkraft auswirkt. Im schlimmsten Fall muss umgebrochen werden. Verschiedene Faktoren müssen zusammenspielen, damit das Blindstriegeln funktioniert. Dazu gehört eine präzise Tiefenführung, ein ebenes und gut rückverfestigtes Saatbett, keine tiefen Fahrspuren sowie eine gleichmäßige, tiefe Ablage von homogenen keimenden Rübenpillen. Wenn einer dieser Punkte suboptimal ist, kann es zu hohen Verlusten kommen. Sollte der Einsatz trotzdem geplant sein, empfiehlt es sich blind zu striegeln, wenn die ausgebildeten Rübenkeimlinge kurz davor sind, den Spross (siehe Bild bei Kapitel Farm Droid) nach oben zu bewegen. Das häufige Kontrollieren der Arbeitsqualität stellt das Nichtbeschädigen der Keimlinge sicher. Unter anderem aufgrund der Witterungsabhängigkeit der Maßnahme ist es schwierig das Blindstriegeln als Standardmaßnahme einer erfolgreichen Unkrautbekämpfungsstrategie hervorzuheben. Dies muss nicht heißen, dass es nicht Jahre gibt, in denen das Blindstriegeln erfolgreich funktionieren kann.

Abflammen als Alternative zum Blindstriegeln

Mit dem Abflammen im Voraufbau wurden bereits gute Erfahrungen gesammelt. Das Verfahren bringt den Vorteil mit sich, dass Unkrautsamen nicht durch mechanische Bodenbewegung in Keimstimmung gebracht werden. Auch hier muss auf ein ebenes, gut rückverfestigtes Saatbett und eine gleichmäßige Keimung geachtet werden. Hier eignet sich als Andruckrolle die Farmflexrolle (oft bei Väderstad Tempo) besonders gut, da sie geschlossene Saatreihen hinterlässt. Dagegen kann die Fingerdruckrolle auf schweren Böden eine offene Rille hinterlassen. Es sollte ein Abflammgerät ohne Luftunterstützung verwendet werden, um flacher arbeiten zu können. Im schlimmsten Fall würde eine angekeimte Rübenpille geschädigt.

Das Risiko den Kulturpflanzen Schaden zuzufügen, ist aber grundsätzlich geringer als beim Blindstriegeln. Die Wahl des richtigen Zeitpunktes ist entscheidend. Dieser liegt etwas später als beim Blindstriegeln kurz vor dem Durchbrechen des Keimlings an die Erdoberfläche. Die Arbeitsgeschwindigkeit liegt bei 1 bis 4 km/h. So können bei einer Temperatur von mindestens 60 °C durch die kurzfristige Einwirkung der Hitze Unkräuter in frühen Stadien effektiv bekämpft werden. Der späte, hohe Unkrautregulierungserfolg verschafft der Zuckerrübe einen wichtigen Wachstumsvorteil. Das Abflammen kann den Zeitraum überbrücken, in der die Zuckerrübe noch nicht striegelfähig ist. Der hohe, finanzielle Aufwand des wenig schlagkräftigen Verfahrens muss jedoch abgewogen werden. Eine Möglichkeit der Kostensenkung ist das alleinige Flammen der Reihe im Voraufbau. Der Raum zwischen den Reihen kann im Anschluss blindgehackt oder im Nachaufbau gehackt werden.

Sternrollhacke in Kombination

Der Einsatz des Striegels kann mit einer Sternrollhacke kombiniert werden. Dies bietet sich besonders bei stark verkrusteten und/oder verschlammten Böden an. Die Sternrollhacke kann den Gasaustausch und damit das Wachstum der Rübe fördern. Die unkrautregulierende Wirkung ist geringer einzustufen als die des Striegels. Hierbei ist wichtig, dass die Sternrollhacke nicht zu schwer ist, sondern zwei hintereinander angeordnete kleine Sterne hat (Einböck, Hatzenbichler). Der Einsatz der Sternrollhacke ist grundsätzlich ab dem 2. Laubblattpaar möglich. In späteren Entwicklungsstadien (> BBCH 18) führt der Einsatz zu Blattverlusten. Die Verträglichkeit ist, genau wie beim Striegeln, auch bei der Sternrollhacke ab BBCH 14 am höchsten. Im Keimblattstadium macht die Sternrollhacke mehr Schaden als Nutzen. Der Einsatz der Sternrollhacke im richtigen Stadium verschafft dem Striegel den Vorteil einer lockeren Erdschichtauflage. So kann die Kombination einen Mehrwert für die Unkrautregulierung darstellen.

Der sogenannte Rollstriegel ist ein ähnliches Werkzeug, um in den Reihen Unkraut zu bekämpfen. Das bodenangetriebene Gerät kann durch den Winkel der Sterne, die Eindringtiefe durch eine Druckverstellung, der Geschwindigkeit, der Zinkenzahl und dem Durchmesser der Sterne das Arbeitsergebnis beeinflussen. So steht dem Anbauer eine große Zahl an Einstellungsmöglichkeiten zur Verfügung, die bei feinfühligere Einstellung gute Regulierungserfolge erzielen kann. Dafür sollte die Zuckerrübe allerdings bereits gut entwickelt sein.

3.4 Manuelle Unkrautbekämpfung

Da die in-der-Reihe-arbeitenden-Hackmaschinen noch nicht final ausgereift sind, ist auf dem überwiegenden Teil der Anbaubetriebe der Einsatz von Handhackkräften notwendig. Diese Handhackzeit stellt einen entscheidenden Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Biozuckerrübe dar. Die jährlichen Handhackzeiten (AKh/ha) unterliegen Schwankungen. Bei einigen Roboteranbaubetrieben wird beispielsweise mit dem Einsatz von Handhackkräften nur auf erhöhte Verunkrautung reagiert. Auf anderen Betrieben nimmt die Handhackzeit einen höheren Stellenwert ein. Im Anbauggebiet wurde im Durchschnitt der Betriebe 58,5 AKh/ha investiert. Im Bundesvergleich liegt dies deutlich unter dem üblichen Aufwand von 80-200 AKh/ha.

Verfügbarkeit

Betriebsindividuell werden durch die Anbauer verschiedene Lösungen verfolgt, um die Verfügbarkeit von Saisonarbeitskräften sicherzustellen. Auf einem Anbaubetrieb sind beispielsweise ständig Handhackkräfte vor Ort, um auf der gesamten Betriebsfläche ein Leitunkraut zu entfernen. Eine weitere Möglichkeit stellt die Absprache mit einem Nachbarbetrieb dar, um die Arbeitskapazitäten bei betriebspezifisch abweichenden Arbeitsspitzen besser zu nutzen. Spezielle Vermittlungsfirmen können zusätzlich eine wichtige Hilfe sein. Andere Anbauer setzen auf persönliche Kontaktpersonen, die im Optimalfall als Vorarbeiter fungieren und sich die Saisonarbeitskräfte selbst zusammensuchen. Falls Bedarf an Unterbringung besteht, wird im Anbauggebiet entweder auf betriebeigene Wohnungen oder auf Pensionen o.Ä. zurückgegriffen.

Personenschlüssel

Den Anbauern ist es wichtig, ausreichend Schlagkraft für manuelle Unkrautbekämpfung bereitzustellen. Im Idealfall sollte ein Handhackdurchgang nach einigen Tagen abgeschlossen sein. Kommen die Saisonarbeitskräfte zügig voran, so steigt laut den Anbauern die Motivation. Die Anzahl der Handhackkräfte hängt von unterschiedlichen Faktoren ab und muss betriebsindividuell getroffen werden.

Wichtige Aspekte für die Anbauer sind:

- Mechanisierung,
- Toleranz gegen Spätverunkrautung,
- Erfahrungen aus vergangenen Jahren,
- Risikobereitschaft,
- Verfügbarkeit/Unterbringung,
- Reihenabstand,
- Pflanzenanzahl,
- Unkrautsamenpotential im Boden und
- Fruchtfolge.

Die Anbauer arbeiten i.d.R. mit Handhackschlüsseln von 0,6 – 1 AK/ha. Zusätzlich zu einem Hackroboter eingesetzt, können die Handhackkräfte reduziert werden. Der zeitliche Rahmen der Handhackarbeit und die Verfügbarkeit der Saisonarbeitskräfte sind wesentliche Aspekte, die die Anbauer im Voraus planen.

Hackwerkzeuge

Für eine Arbeitserleichterung der Handhackkräfte sorgt die richtige Auswahl des Hackwerkzeuges. Gut funktionieren laut den Anbauern sichelartige, eisengeschmiedete und scharfe Langstilhacken. Bei der Hackbreite gibt es zwei Herangehensweisen: Entweder wird der halbe oder der gesamte Rübenzwischenraum mit einer Hackbewegung bearbeitet. Die erste Variante hat den Vorteil, dass sich jeweils nur auf eine Seite der Handhacke konzentriert werden muss. Die Handhacken sind im Normalfall 12 – 16 cm breit. Gartenhacken aus dem Baumarkt sind laut Auskunft der Anbauer nur bedingt geeignet.

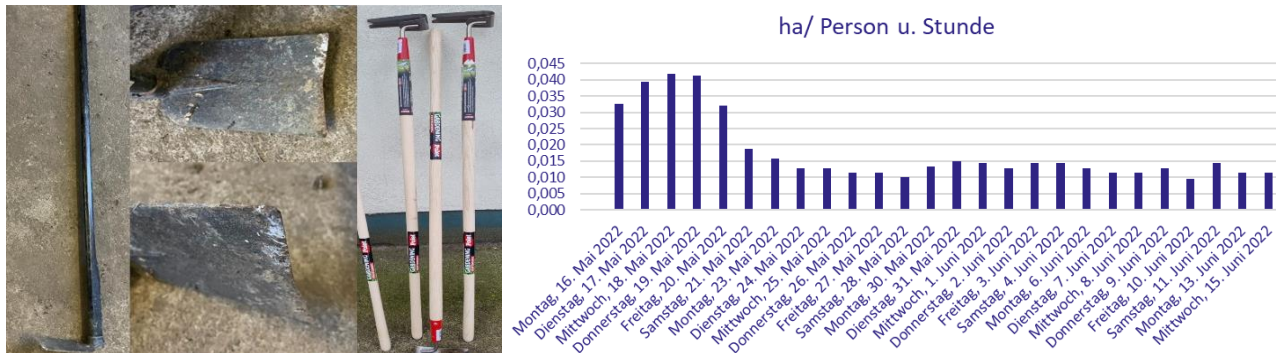


Foto: J. Oldenburg

Abbildung 5: Die Auswahl der richtigen Handhacke spielt eine wichtige Rolle (links), sinkende Schlagkraft der Handhackkräfte im Zeitverlauf, Testanbaubetrieb Ahrensberg 2022 (rechts)

Beginn der Handhacke

Zuckerrüben reagieren in der 4. bis 6. Woche nach dem Auflaufen am empfindlichsten auf Unkraut. Gleichzeitig ist die Unkrautregulierung durch Handhackkräfte in den ersten 4 Wochen am effektivsten. Das Unkraut befindet sich in frühen und damit kleinen Stadien in einem zügig zu regulierenden Zustand (siehe Abb. 5). Auch die Motivation ist nach den Erfahrungen der Anbauer zu Beginn am größten. Daraus folgt die Wichtigkeit eines frühen Startens. Ein Anbauer geht sogar so weit, dass die Saisonarbeitskräfte bereits 10 Tage vor dem geplanten Start mit anderen Aufgaben auf dem Betrieb beauftragt werden, nur um den Start nicht zu verpassen. Sobald die Rüben zu sehen sind, ist der Einsatz möglich. Es bietet sich an, spätestens nach der ersten Maschinenhacke zu beginnen (BBCH 10-12). Zu diesem Zeitpunkt ist die Unterscheidung zwischen Unkraut und Zuckerrüben allerdings noch schwierig für die Handhackkräfte. Um von vornherein eine gute Arbeitsqualität gewährleisten zu können, ist eine gründliche Einweisung und eine regelmäßige Kontrolle der Arbeitsqualität für die Anbauer der Schlüssel zum Erfolg.

Strategie

Im Vorfeld des Anbaus ist es ausgesprochen wichtig, sich einen Plan zu überlegen. Je nach Schlagkraft und Strategieplan muss beispielsweise im 1. Handhackdurchgang abgewogen werden, wie gründlich gehackt werden soll. Wenn nämlich keine weiteren Hackdurchgänge geplant sind und ein guter Schlüssel an Handhackpersonen zur Verfügung steht, sollte sorgfältig gearbeitet werden. Das schließt das Hacken um die Rübe herum ein. Ist ein 2. Handhackdurchgang geplant und/oder herrscht Unsicherheit bezüglich der Schlagkraft, kann es sinnvoll sein, auf einen Schnelldurchgang (Galoppdurchgang) zu setzen. Hierbei ziehen die Handhackkräfte die Hacke einfach zwischen den Zuckerrüben durch und gehen zur nächsten Lücke über. So ist in den Reihen bereits ein Teil der Verunkrautung reguliert und wenn Unkraut bzw. Rüben besser zu sehen sind, kann der Feinschliff im 2. Handhackdurchgang erfolgen. Es muss dabei jedoch gewährleistet sein, dass der 2. Hackdurchgang nicht zu spät stattfindet.

Praxisüblich wird mit zwei Handhackdurchgängen gearbeitet. Der 2. Arbeitsgang sollte -in Abhängigkeit vom zeitlichen Aufwand im 1. Handhackdurchgang und der verfolgten Strategie- direkt im Anschluss erfolgen. Wenn im Anschluss die Verfügbarkeit über die Saisonarbeitskräfte endet, sollte dieser als Feinschliff mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt werden. Um im Anschluss auftretende Spätverunkrautung zu beseitigen, kann optional ein 3. Durchgang erfolgen. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass das Unkraut meist bereits gezupft werden muss und die Effizienz im Vergleich zu den anderen Durchgängen deutlich geringer ist. Hier kann auch auf den Einsatz eines Klünder-Unkrautzupfers o.Ä. (Spätverunkrautung und Schosser) gesetzt werden. Wenn nur mit einem Handhackdurchgang gearbeitet wird, ist eine höhere Spätverunkrautung und das potentielle Aussamen in Kauf zu nehmen. Die Spätverunkrautung verursacht allerdings deutlich weniger Ertragseinbußen als ein erhöhter Verunkrautungsgrad im frühen Stadium der Zuckerrübe. Aus diesem Grund

und wegen der sinkenden Schlagkraft haben Anbauer, die auf einen Handhackdurchgang setzen, den Zeitpunkt in der Vergangenheit weiter nach vorn verlegt.

In den vergangenen Jahren wurde die Erfahrung gemacht, dass die Motivation der Handhackkräfte eine wichtige Rolle spielt. Da diese über die Hacksaison eher abnimmt, ist es den Anbauern wichtig, aktiv gegenzusteuern. So kann eine gelungene Kommunikation das Teamgefühl steigern. Um die Arbeitsqualität der Handhackkräfte sicherzustellen, empfehlen die Anbauer regelmäßige Kontrollen der Gründlichkeit und der entstehenden Pflanzenverluste. Das Zusammenarbeiten mit einer Vertrauensperson/Vorarbeiter, die eventuell selbst mithackt, kann dabei eine große Hilfe sein.

Hinweise zur manuellen Unkrautbekämpfung

Schlagkraft

- Die Schlagkraft ist in erster Linie abhängig von der Anzahl der Handhackkräfte.
- Das Handhacken funktioniert nur in einem begrenzten Zeitraum gut (bis die Unkräuter zu groß sind). Aus diesem Grund muss die zeitliche Ebene beachtet werden.
- Eine hohe Schlagkraft kann dazu die Motivation bei den Handhackkräften steigern.

Frühes Starten

- Anfangs sind Motivation und Effizienz der Handhackkräfte hoch. Zudem reagieren Zuckerrüben im frühen Stadium empfindlich auf Verunkrautung.
- Beispielsweise ist ein Schnelldurchgang zu Beginn möglich.

Qualität der Hackwerkzeuge

- Die Wahl der richtigen Hacke kann die Handarbeit erleichtern.
- Die Schärfe der Hacke vereinfacht die Arbeit.

Arbeitsqualität kontrollieren

- Auch Handhackkräfte machen Fehler (Pflanzenverluste/ fehlende Sorgfalt).
- Regelmäßige Kontrollen können hierbei helfen.

3.5 Farm Droid

Der Farm Droid (FD20) des gleichnamigen Herstellers aus Dänemark ist ein Zuckerrübenhackroboter, der seit einigen Jahren im verkaufsfähigen Zustand ist. Er arbeitet nicht kamerabasiert, sondern hackt in der Reihe auf der Grundlage von GPS-Daten. Um diese so exakt wie möglich bestimmen zu können, speichert der FD20 die genauen Koordinaten während des Legens. Die Arbeitsform des Roboters ist autonom. Der Antrieb erfolgt durch Elektromotoren. Die Energieversorgung stellen Solarpaneele bzw. Speicherbatterien sicher. Mehrere Anbauer setzen auf den von Haus aus ca. 900 kg schweren Hackroboter. Nach dem Legen der Zuckerrüben wird der Roboter manuell auf das Hacken umgerüstet. Der Roboter weiß nach dem Legen, wo sich die Zuckerrüben befinden. Die Unkrautregulierung erfolgt über ein Hackmesser, welches während der Fahrt in die Reihe hinein und wieder hinausbewegt wird. Der Raum zwischen den Reihen wird ebenfalls reguliert. Der Hersteller empfiehlt für eine Auslastung ca. 20 ha Zuckerrüben. Der FD20 erfordert für erfolgreiche Arbeitsergebnisse ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und benötigt optimale Bedingungen.



Foto: S. Kromwijk

Abbildung 6: Die Auswahl der richtigen Handhacke spielt eine wichtige Rolle (links), sinkende Schlagkraft der Handhackkräfte im Zeitverlauf, Testanbaubetrieb Ahrensberg 2022 (rechts)

Voraussetzungen für gute Arbeitsqualität

Damit der FD20 gut arbeiten kann, ist es den Anbauern wichtig, ein geräumtes Saatbett als Grundlage zu haben. Wenn beispielsweise auf nicht wendende Bodenbearbeitung gesetzt wird, mulchen einige Bio-rübenanbauer die Vor- bzw. Zwischenfrucht. Das Ziel ist es, so wenig wie möglich Rückstände im Saatbett zu haben, ohne dabei eine Reststruktur zu verlieren. Dazu ist ein ebenes Saatbett für präzises Arbeiten (z.B. exakte Tiefenführung für das Blindstriegeln) von großer Bedeutung. Klee gras als Vorfrucht wird aufgrund der zurückbleibenden Wurzelballen und des Stickstoffüberschusses kritisch gesehen.

Steine stellen eine Behinderung für die Arbeiten des Roboters dar. Der FD20 ist prädestiniert für ebenes Gelände. Auf stark kuppigten Schlägen endet die Einsatzbarkeit. Grundsätzlich gilt: Was man Legen kann, kann man auch Hacken. Um die Einsatzfähigkeit des Roboters auf der eigenen Fläche einschätzen zu können, ist es ratsam die Steigungen mit anderen FD20-Betrieben zu vergleichen. Deutlich schwieriger als Steigungen grade hinauf und hinabzufahren sind Hänge, bei denen der Roboter schräg fährt. Je nach Stärke muss die Bearbeitungsrichtung angepasst werden. In jeden Fall ist es ratsam im Vorfeld auszuloten, ob der FD20 die nötige Zugkraft hat. Die Wendemanöver des FD20 kosten Zeit (2 - 3 Minuten). Dies summiert sich auf ungünstigen Schlagformen auf einen erheblichen Zeitbetrag. Um diesen so gering wie möglich zu halten, empfiehlt es sich quadratische/rechteckige Schläge anzulegen (eine „sägeförmige“ Waldkante kostet beispielsweise viel Zeit). Häufige Kontrollen und das Finden der richtigen Einstellungen verbessern die Arbeitsqualität. So gab es im vergangenen Jahr keine Korrelation zwischen Ertrag und Betriebsstunden der Roboter. Dieses deutet daraufhin, dass die Arbeit mit den richtigen Einstellungen einen hohen Stellenwert hat.

Grundsätze bei der Arbeit mit dem Farm Droid

Bei der Aussaat muss gewährleistet sein, dass erstens ein zügiger Feldaufgang in Folge warmer Bodentemperaturen möglich ist und zweitens so viele Pflanzen wie möglich auflaufen. Letzteres ist relevant, da der FD20 dort, wo er eine Pille ablegt, später nicht hackt. Deshalb muss hochgradig keimfähiges Saatgut in ein perfektes Saatbett bei optimaler Vereinzelnung (geringe Fehlertoleranz) gelegt werden. Diese Punkte sind erheblich wichtiger als die Aussaatmenge oder der Reihenabstand.

Die Zeit der möglichen Unkrautbekämpfung durch den Roboter ist auf einige Wochen begrenzt, denn werden die Zuckerrüben zu groß, treten Verstopfungen auf. Damit endet die Einsatzfähigkeit des FD20 in der Reihe. Aus diesem Grund ist es den Anbauern sehr wichtig, den Roboter täglich rund um die Uhr arbeiten zu lassen. Um dabei einen möglichst guten Effekt zu erzielen, lassen die Anbauer nach einem Hackdurchgang den Roboter in die entgegengesetzte Richtung laufen.

Problematisch ist bei der Arbeit des FD20 der 2 cm Radius um die Zuckerrübe. Dieser sensible Raum ist durch den Roboter schwer bis gar nicht zu erreichen. Zusätzlich gibt es automatisch bei einem Feldaufgang oder

einer Keimfähigkeit von unter 100 % Standpunkte, an denen der FD20 nicht hackt, da er dort eine Rübenpflanze vermutet. Betriebsindividuell muss mit den nicht durch den FD20 bekämpfbaren Räumen umgegangen werden. Mit dem Einsatz des Roboters sollte - je nach Verfügbarkeit von Saisonarbeitskräften und Mechanisierung - somit auch über den Einsatz von Handhackkräften nachgedacht werden. Aufgrund der Erfahrungen aus dem Testanbau ergab sich die Erkenntnis, dass der Einsatz von Handhackkräften ökonomisch sinnvoll ist. Pauschalaussagen werden jedoch der Komplexität des Themas nicht gerecht. Im vergangenen Jahr war es beispielsweise bereits einem Teil der Anbauer möglich, ohne Handhackstunden auszukommen und dabei gute Ergebnisse zu erzielen. Die Entscheidung muss betriebs- und schlagindividuell gefällt werden. Grundsätzlich ist ein sauberer Bestand das Ziel, besonders in frühen Stadien der Zuckerrübe. Wie viel Spätverunkrautung in Bezug auf das Gesamtbetriebskonzept toleriert werden kann, hängt von der Strategie des Anbauers ab. Auch bei dem Einsatz von Handhackkräften ist grundsätzlich eine gute Wirtschaftlichkeit der Biozuckerrübe gegeben. Entscheidender ist die Ertragssicherung als die Kostenminimierung.

Eine andere Strategie kann die Kombination des FD20 mit dem Einsatz eines Unkrautzupfers (Klünder) und einer Scharhacke sein. Möglicherweise können auch in-die-Reihe-arbeitende-Werkzeuge bei einer Scharhacke eingesetzt werden. Der Einsatz eines Striegels kann auch einen Mehrwert darstellen. Allerdings sind hier Pflanzenverluste unbedingt zu vermeiden.

Blindstriegeln mit dem FD20

Der FD20 kann auch Blindstriegeln oder Blindhacken. Beim Blindstriegeln wird eine Art Torsionszinken montiert, der besonders flach den Boden über der Rübenpille abzieht. Der Einsatz kann nach den Erfahrungen der vergangenen Jahre empfohlen werden. Durch die präzise Aussaat- und Blindstriegeltechnik des FD20 können die Risiken des Blindstriegeln mit dem FD20 minimiert werden. Dieser schwierigste Arbeitsgang mit dem Hackroboter ist in Kombination mit einem ebenen, gut rückverfestigtem Saatbett und einer guten Kontrolle der Tiefenführung bzw. des BBCH-Stadiums der Zuckerrübe möglich. Der Unkrautregulierungserfolg der Maßnahme trägt signifikant zur Reduktion von Handhackzeit je ha und damit zur Wirtschaftlichkeit des Anbaus bei. Laut Empfehlung eines Anbauers ist es sogar ratsam, das Legen abzubrechen, wenn dieses zu lange dauert, um Blindstriegeln zu können und danach weiterzulegen. Damit es beim Blindstriegeln nicht zur Schädigung der Zuckerrüben kommt, wurde im vergangenen Jahr auf 1 cm Differenz zwischen Legetiefe und Striegeltiefe gesetzt (1,5-2,5 cm/2-3 cm). Zwischen dem Legen und dem Blindstriegeln lagen 5 Tage. Dieser Zeitraum kann je nach Keimungsverlauf bzw. Witterung variieren. Wird die Maßnahme erfolgreich durchgeführt, so hat die Rübe einen entscheidenden Wachstumsvorteil gegenüber den Unkräutern. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass verschiedene Sorten verschiedene Keimungsverläufe haben können. Der optimale Zeitpunkt für das Blindstriegeln ist, wenn die Rüben Wurzelkeimlinge ausgebildet haben und kurz vor dem Hochschieben des Keimsprosses sind (BBCH 5-6, siehe Abb. 7). Dabei ist zu beachten, dass diese Maßnahme gut auf die geringe Schlagkraft des FD20 angepasst werden muss.

Das Blindstriegeln ist von vielen Anbauern für das kommende Jahr geplant. Das Blindhacken zwischen den Reihen ist durch das präzise Parallelfahrssystem des FD20 ohne weiteres möglich. Der Einsatz dieses Verfahrens ist zu empfehlen, wenn die Keimung für das Blindstriegeln schon zu weit vorangeschritten und/oder die Einsatzkapazität gegeben ist.



Foto: Strube.net

Abbildung 7: Darstellung der ersten Rübenstadien (Quelle Strube.net)

Betreuung

Die Betreuung des FD20 stellt einen der Kernfaktoren des Anbauerfolgs dar. Problembehandlung, Wartung und Einstellung des Roboters nimmt einige Zeit in Anspruch. Es wurde die Erfahrung gemacht, dass sich die Betreuungsintensität positiv auf die Reduzierung der Handhackzeit auswirkt. Im vergangenen Anbaujahr variierten die Betreuungspersonen je Roboter. Auf einem Betrieb betreute eine Person 4 Roboter und konnte sich dabei voll auf diese Aufgabe konzentrieren. In anderen Betrieben übernahm diese Aufgabe die Betriebsleitung oder ein Mitarbeiter zusätzlich zu anderen Aufgaben. Hierbei ist es wichtig, dass genügend freie Arbeitskapazität vorhanden ist. Eine Lösung kann es sein, teilweise Verantwortung an andere Personen abzugeben. Dies führt nicht nur zu einer Entlastung, sondern kann auch die Einstellungen optimieren („mehr Augen sehen mehr“). Dabei Kommunikation und Dokumentation sind hilfreich, um eine Übersicht zu gewährleisten. Nützlich ist ebenso der Austausch mit Roboterbetreuern aus anderen Betrieben.

Verläuft das Arbeiten des FD20 reibungslos, kann die Kontrolle, die Pflege und die Wartung auf zweimal täglich reduziert werden. Das Einstellen des FD20 erfolgte anhand der Arbeitsqualität, den Herstellerrichtwerten und Kommunikation mit anderen Betreuern. Bei der Geschwindigkeit ist der optimale Kompromiss zwischen Flächenleistung und Arbeitsqualität auszuloten.

Tipps aus der Vergangenheit

Beim Umbau von Legen und Hacken sollte im Anschluss exakt kontrolliert werden, ob der Umbau vollständig durchgeführt wurde. Ist der FD20 fertig mit einem Hackdurchgang, so kann man diesen entgegengesetzt der bisherigen Fahrtrichtungen arbeiten lassen. Dies reduziert den nicht gehackten Raum um die Zuckerrübe. Dabei muss jedoch genau kontrolliert werden, ob der Roboter im richtigen Moment in die Reihe hackt. Meist muss der Einschwenkzeitpunkt um einige Zentimeter versetzt werden.

In der Regel endet die Einsatzzeit des FD20 in den Zuckerrüben damit, dass er durch große Unkräuter oder Rübenblätter verstopft. Das kann umgegangen werden, indem der Roboter nur noch zwischen den Reihen hackt. Eine andere Herangehensweise verfolgte ein Anbauer mit dem Einsatz eines Schulpraktikanten. Dieser lief am Ende des Einsatzzeitraumes einfach dauerhaft mit und beseitigte Verstopfungen.

Im vergangenen Jahr kam es bei einigen Anbauern kurzzeitig zu Problemen mit der Sim-Karte. Der FD20 hat grundsätzlich eine Multi-Sim der Firma Telenor (TDK) verbaut und wählt sich damit in das beste verfügbare

Netz (D1/D2/E-Netz) ein. Das Problem bestand darin, dass Vodafone (D2) einen Vertrag im Upload mit Tele-
nor nicht schnell genug verlängert hatte. So hatten Betriebe, die mit dem D2-Netz arbeiteten, ein Problem
mit Ausfällen. Die Lösung bestand darin, die Sim-Karte zu wechseln. Außerdem ist es wichtig im Vorfeld des
Einsatzes die Netzabdeckung auf dem Feld zu klären.

Das Ziel des FD20 ist es, den Boden flach und kontinuierlich abzuschneiden. Wird jedoch zu tief gearbeitet,
um beispielsweise am Ende der Saison einen besseren Regulierungseffekt anzustreben, so regt dieser Ar-
beitsgang wieder neue Unkrautsamen zum Keimen an. In jedem Fall ist es sinnvoll der Zuckerrübe durch gute
Bedingungen einen Wachstumsvorsprung zu verschaffen. Dies kann durch einen schnellen Feldaufgang durch
spätes Legen, Blindstriegeln mit dem FD20 und dem zügigen Starten mit dem Hacken erreicht werden.

Auslastung

Der geplante Anbauumfang hängt für die Anbauer von der Verfügbarkeit von Betreuungspersonal, den Her-
stellerempfehlungen und der Schlagkraft während des Legens (Energieversorgung) ab. Die kurzen Tage wäh-
rend des Legens stellen nicht genügend Sonnenenergie für die Batteriespeicher her, um einen 24 h Betrieb
zu gewährleisten. Die Einsatzstärke/Schlagkraft nimmt somit bei späten Saatterminen zu.

Um später die Schlagkraft zu steigern, sollte der FD20 auch nachts laufen. Im vergangenen Anbaujahr konn-
ten die FD20 auch beim Legen bereits bis zu 22 h durcharbeiten. Der FD20 konnte auch in anderen Kulturen
wie Raps und Zwiebeln eingesetzt werden.

Hinweise bei der Arbeit mit dem FD20

„Zur richtigen Zeit das Richtige tun“

Vorüberlegungen

- Eine konkrete Planung des Robotereinsatzes hilft beim Treffen der richtigen Entscheidungen zum optimalen Zeitpunkt.

Bodenbeschaffenheit

- Wichtig sind hierbei Bodenbearbeitung und Saatbereitung.
- Je ebener, geräumter ein Saatbett bei guter Reststruktur ist, desto weniger Kompromisse müssen bei der Arbeitsqualität eingegangen werden.

Blindstriegeln mit dem Farm Droid

- Das Blindstriegeln ist eine hoch effektive Maßnahme.
- Als Grundlage ist ein ebenes Saatbett unabdingbar.
- Der richtige Zeitpunkt ist zu beachten.

Einstellungen

- Die richtigen Einstellungen benötigen viel Zeit
- Intensive Beurteilungen der Arbeitsqualitäten führen zu guten Ergebnissen.
- Orientierung können die Herstellerrichtwerte und Erfahrungen anderer Roboteroperator bieten.

Betreuung

- Die regelmäßige Kontrolle der Arbeitsqualität ist nicht zu vernachlässigen.
- Die Optimierung von Wartungsarbeiten und Einstellungen macht sich positiv bemerkbar.
- Das Blindstriegeln erfordert eine besondere Kontrolle.

Einsatzzeitpunkte

- Ein Arbeitsdurchgang dauert mehrere Tage.
- Aufgrund der begrenzten Schlagkraft des Roboters spielt die Witterung eine wichtige Rolle.
- Das Blindstriegeln kann erfolgen, wenn die Zuckerrübe noch nicht nach oben wächst (BBCH 5-6).
- Während des eigentlichen Hackens, sollte der FD20 möglichst rund um die Uhr arbeiten.

3.6 Dammanbau

Vorteile des Dammanbaus

Folgende Gründe sprechen für den Dammanbau: Die Vergrößerung der Oberfläche sorgt für einen höheren Luftaustausch und erzeugt eine hohe biologische Aktivität. Die Dämme erwärmen sich im Frühjahr schnell. Davon profitiert die Zuckerrübe besonders in der Jugendentwicklung. Ein wesentlicher Vorteil ist die Unkrautunterdrückung. Mit der Häufeltechnik werden Unkräuter sehr wirksam verschüttet. Zudem wurde die Erfahrung gemacht, dass die Nährstoffverfügbarkeit im Dammanbau durch das Häufeln der Substrate auf den Damm verbessert werden. Daraus ergibt sich eine frühe und effiziente Stickstoffversorgung.

Voraussetzungen

Beim Dammanbau ist Spezialtechnik und die Kombination verfahrenstechnischer Systeme zwangsläufig erforderlich. Deren Anschaffung und Anpassung ist ein komplexer, langwieriger und nicht zuletzt ein kostenintensiver Prozess. Der Anbauer arbeitet aus diesem Grund zum Teil mit Unikaten. Mittlerweile zeigen sich namhafte Landmaschinenhersteller, bspw. Grimme, interessiert an diesem Nischensegment. Dies führt dazu, dass auch Spezialtechnik in kleineren Arbeitsbreiten vertrieben wird. Das Nutzen von Maschinengemeinschaften oder das Auslasten der Spezialmaschinen in anderen Kulturen wie zum Beispiel Mais, Soja, Raps, Sonnenblume sorgt für geringere Maschinenkosten pro Hektar. Der Biozuckerrübenanbau erfolgt betriebsangepasst mit einer Reihenweite von 75 cm. Der Umbau eines Rübenroders auf diesen Reihenabstand war aufgrund der Planungssicherheit durch eine mehrjährige Liefervereinbarung möglich. Das Entblattungssystem mittels Schlegel zeigt dazu Vorteile bei der Rodung in Bezug auf Verunkrautung und Entblattungsverluste. Außerdem zeigt die Erfahrung, dass der Boden speziell für den Dammanbau leicht formbar, möglichst steinfrei und eher sandig sein sollte. Die Bewässerung trägt auf dem trockenen und leichten Standort des Anbauers zum Erfolg bei. Es setzte dabei die Erkenntnis ein, dass die Effizienz des ausgebrachten Wassers bei kleinen Mengen in kurzen Intervallen und nächtlicher Ausbringung stieg. Zu beachten ist allerdings, dass dies aufgrund des Kreisberegnungssystems eine geringere arbeitswirtschaftliche Belastung als bei Trommelberegnungen darstellt.



Foto: S. Kromwijk

Abbildung 8: Zuckerrüben im Dammanbau (links), das Schälen der Dammflanken wird auf dem Anbaubetrieb mit einem aktiv betriebenen Drehstiegel kombiniert (rechts)

Verfahren

Vor Beginn der Lege-/Pflegearbeiten ist darauf zu achten, dass der Boden stein- und strohfrei ist. Hack- und Häufelmesser sind gegenüber Steinen empfindlich und Verstopfungen sind die Folge von ungeräumten Saatsbetten. Pflanzenbaulich empfiehlt der Dammanbau praktizierende Landwirt in seinem Spezialsystem so früh wie möglich einen saarfertigen Horizont zu schaffen. Infolgedessen kann ein 14-tägiges Scheinsaatsbett das Unkrautpotential erheblich senken (7 Tage sind in den meisten Fällen zu wenig).

Der Anbauer hat im vergangenen Jahr mit folgenden Anbausystem gute Erfahrungen gesammelt: Nach dem Mulchen der nichtabfrierenden Zwischenfrucht erfolgt die Tiefenlockerung ohne Pflug. Im Anschluss findet die Einarbeitung von organischem Flüssigdünger auf 15 – 20 cm tief statt. Nachdem der Boden abgelüftet ist, beginnt die Dammformung. Im Anschluss folgt das 14-tägige Scheinsaatsbett. Die aufgelaufenen Unkräuter reguliert das Abschneiden der Dammkrone (fiel in das Dammtal). Nach der Aussaat kommt es mehrfach zum Anhäufeln und zum Schälen der Dammflanken. Dabei fanden Fingerhacken Verwendung. Die Reihenführung übernehmen mechanische Taster am Damm.

Worauf muss geachtet werden?

Ein kritischer Zeitpunkt beim Biozuckerrübenanbau ist, auch im Dammanbau, das frühe Entwicklungsstadium bis zum 8. Laubblatt (4. Laubblattpaar). Hier kann es zu Pflanzenschäden aufgrund von Sandstürmen als Folge der Lockerung bei der Dammformung kommen. In Dammkulturen sacken Striegel tiefer ein. Wird demzufolge blindgestriegelt, so muss die Saat tiefer als im normalen Flächenbau liegen.

3.7 Spätverunkrautung und Schosser

Späte Verunkrautung und Schosser sind phytosanitär problematisch. Allerdings ist die Spätverunkrautung weniger ertragsrelevant als frühe Verunkrautung. Große Unkräuter können aber die Ernte behindern. Außerdem kann Spätverunkrautung als Wirtspflanze für Schadinsekten fungieren. Im Zuge dessen werden teilweise Streifen ohne Kulturpflanzen zu Nachbarschlägen angelegt, um diese schwarz bzw. sauber zu halten. Zur Beseitigung der Spätverunkrautung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Bei einer geringen Belastung können dies Handarbeitskräfte zum Beispiel während des Schosserziehens erledigen. Bei einem stärkeren Aufkommen ist der Einsatz von Technik möglich:

- Unkrautzupfer
- Unkrautschneider
- (Front-)Mulcher o.ä.

Der Unkrautzupfer der Firma Klünder ist ein 3-9 m breites Arbeitsgerät und wird vermehrt im Bio-Rübenanbau eingesetzt. Das Gerät kann Unkraut und Schosser mit entsprechender Wuchshöhe durch aktiv drehende, horizontale Reifenwalzen herausreißen. So wird eine gute Flächenleistung erreicht, was besonders beim überbetrieblichen Einsatz wichtig ist. Der Unkrautzupfer ist ein- und zweireihig auf dem Markt erhältlich. Beim Einsatz von zwei Reihen an Rädern kann mit verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten gearbeitet werden. Die erste Reihe soll das Unkraut anreißen und die zweite Reihe herausreißen. Besonders gut eignet sich dieser auf schütffähigen Böden, da hier die Widerstandskraft der Wurzel geringer ist.



Foto: S. Kromwijk

Abbildung 9: Unkrautzupfer als technische Maßnahmen gegen Spätverunkrautung und Schosser (links), bei starker Verunkrautung kann Mulchen die Erntefähigkeit erleichtern und den Krautanteil verringern (rechts)

Anregungen der Anbauer

Auch beim Einsatz des Klünders ist es wichtig, so früh wie möglich zu beginnen. Dabei sollte das Unkraut 15 bis 20 cm größer sein als die Zuckerrübe, um sich deutlich abzusetzen. Entscheidend für den erfolgreichen Einsatz ist die Witterung. Je feuchter bzw. weicher der Boden ist, desto besser ist der Ausreißeffekt. War es zu trocken, so wurde das Unkraut nur abgerissen. Dies führte zum negativen Effekt, dass die Unkräuter neu austrieben. Soll jedoch lediglich das Aussamen rechtzeitig verhindert werden, ist der Einsatz abzuwägen. Eine Möglichkeit die Effektivität des Zupfers zu erhöhen ist der Einsatz bei schlafenden Rüben, wenn deren Blätter schlaff am Boden liegen. Dementsprechend kann der Unkrautzupfer deutlich tiefer geführt werden. In dem Fall ist der Boden zwar auch sehr hart, jedoch ist meist auch keine Besserung in Sicht. Durch die tiefere Bearbeitung an den Unkräutern ist das Abreißen unwahrscheinlicher.

Die richtige Tiefen-/Höheneinstellung ist erreicht, wenn die Rolle knapp über dem Zuckerrübenbestand geführt wird. Hierbei können die Rollen etwas ins Rübenblatt hineinarbeiten. Das Rübenblatt sollte ruhig ein wenig wackeln bzw. leicht abreißen. Die Geschwindigkeit der Reifenrotation und die Fahrtgeschwindigkeit des Traktors sollten so angepasst werden, dass möglichst viele Unkräuter ausgerissen werden. Auf unterschiedliche Kultur-/Unkrautpflanzenbestände kann mit verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten reagiert werden. Dabei ist Fingerspitzengefühl beim Fahrer gefragt. Aus der Erfahrung heraus benötigt die 9 m Variante einen 250-300 PS-Schlepper, damit das Arbeitsgerät aufgrund des Eigengewichtes nicht seitlich in den Bestand eintaucht. Der Einsatz von Zwillingsreifen kann ebenfalls sinnvoll sein.

Um lediglich das Aussamen zu verhindern, kommen auch Mulcher bzw. Mähwerke in schlafenden Rüben zum Einsatz. Außerdem kann bei starker Verunkrautung der Mulcher direkt vor der Ernte eingesetzt werden, um die Rodebedingungen zu erleichtern und den Krautanteil in der Miete zu verringern. Der Mulcher muss entsprechend eingestellt werden, um einerseits das Rübenblatt inkl. Unkraut möglichst gut zu zerkleinern aber andererseits den Rübenkopf nicht zu beschädigen. Allerdings ist dies als absolute Notmaßnahme zu betrachten und keineswegs als gängiges Verfahren.

3.8 Ernte und Mietenanlage

Für die Rodung von Biozuckerrüben gelten dieselben Grundsätze, wie bei der Rodung konventioneller Rüben. Strukturschäden durch falsche Witterung sollten vermieden werden. Der Anbauer sollte die Erntearbeitsqualität auf dem Feld gut überwachen. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal der Erntearbeiten ist das richtige Entblättern/ Köpfen der Zuckerrüben. Dies erfolgt durch die richtige Einstellung des Roders. Das Roden von stärker verunkrauteten Zuckerrüben funktioniert besonders gut mit dem Schlegelsystem, wobei sich Gummischlegel besser bewährt, haben als klassische. Das System ist bei einigen Selbstfahrern z.B. Grimme Maxtron verbaut. Ein weiteres Kriterium stellt der Erdanhang und die Unversehrtheit der Rübenkörper (besonders der Spitzen) dar. Hinzu kommt der Krautanteil in der Miete, wobei auf die Einstellung der Siebsterne besonders zu achten ist.

Mietenanlage

Reinigung und Verladung der Rüben erfolgten in der Regel mit einem selbstfahrenden Mieten-Aufnahme-Umlade-System, kurz MAUS. Mit dem Einsatz einer Rübenmaus kann der Schmutz- und Krautbesatz aus der Miete heraus gereinigt werden. Für die optimale Mietenaufnahme ist auf die richtige Anlage der Rübenmiete zu achten (siehe Abb. 10).

Um auf starke Verunkrautung zu reagieren, wurde in der Praxis das doppelte Reinigen der Miete erfolgreich praktiziert. Dabei muss die Rübenmiete feldseitig um die Breite der Miete, plus ca. 5 Meter Armlänge der Maus verschoben werden. So kann die Reinigung der Miete erfolgen und die gereinigten Rüben landen perfekt auf den eigentlichen Mietenplatz. Während der Rübenverladung auf die Transportfahrzeuge, findet die zweite (normale) Reinigung der Rüben statt. Die zweifache Reinigung der Rübenmiete ist sehr wirksam und ermöglicht eine Verarbeitung der Rüben. Allerdings sollte immer das Ziel sein, das Unkraut während der Wachstumsphase zu beseitigen. Die doppelte Reinigung ist als Notmaßnahme zu betrachten.

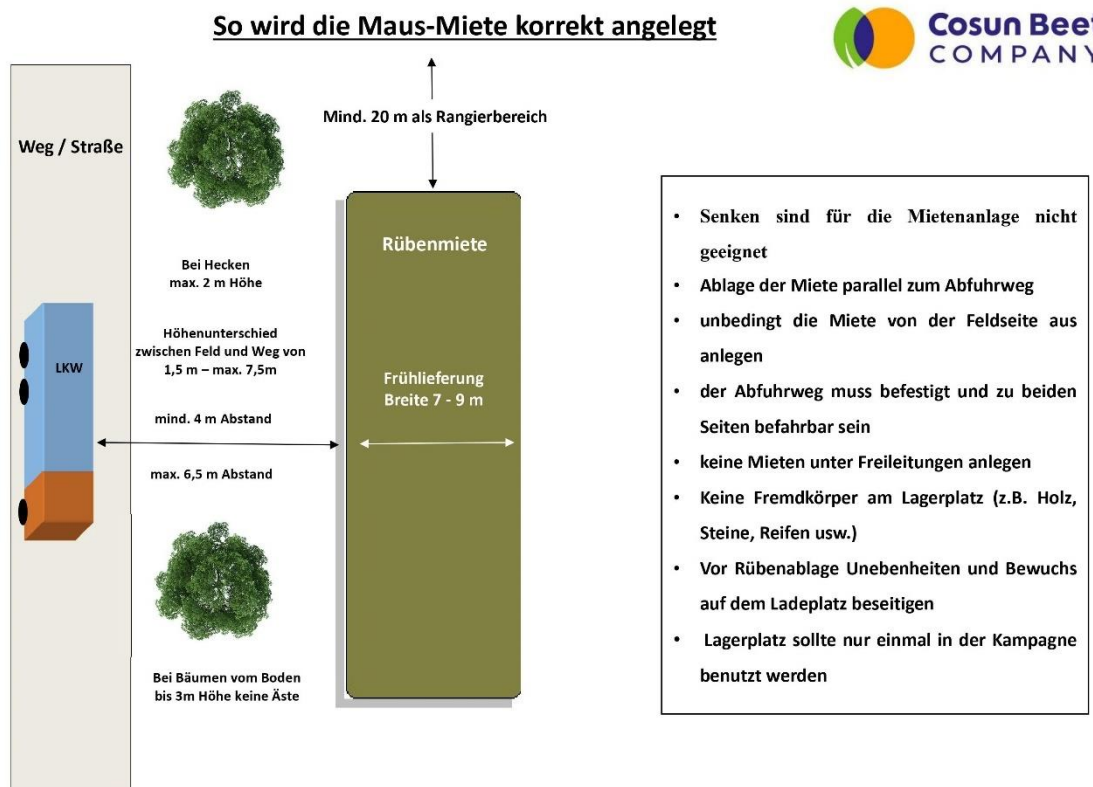


Foto: S. Kromwijk

Abbildung 10: Praxishinweise zur Anlage einer Rübenmiete

4 Projekte und Testeinsätze

4.1 Farming Revolution

Der vierreihig, autonom arbeitende Hackroboter der Herstellerfirma Farming Revolution aus Ludwigsburg, Baden-Württemberg, ist nach dem Geräteträgerprinzip aufgebaut (Abb. 11). Die Maschinenkonstruktion des Farming GT begann durch das Start Up nach der Hacksaison 2021, in welcher bereits ein bedeutend kleinerer Prototyp im Robotikversuch Trantow arbeitete. Aus den Erfahrungen daraus und zusätzlichen Versuchen im Winter 2021/22 in Spanien, konnte der Prototyp in den Farming GT weiterentwickelt und auf einem 32 ha großen Versuchsschlag eingesetzt werden. Der Farming GT verfügt gleichermaßen über einen Allradantrieb und eine Vierradlenkung, die eine Gleichlauf-, Vorderachs- und eine Hundeganglenkung ermöglicht. Das Lenkungs- und Antriebsprinzip ist mit dem eines Teleskopladers zu vergleichen. Die Vorderachse verfügt dazu über eine Pendelachse. Das Herzstück des Farming GT sind die vier kastenförmigen, hochauflösenden Kameras. Sie erkennen die Zuckerrübe durch hochfrequentierte Bildaufnahmen. Diese sind Ausgangspunkt für die Berechnung der Bearbeitungsrouten der Schwenkarme. Damit der Roboter autonom arbeiten kann, muss dieser den Schlag selbst aufzeichnen. Während dessen kann der Farming GT bereits die äußerste Arbeitsbreite hacken. Über der Vorderachse liegen vor einer Werkzeugkiste die RTK-Antennen. Der Roboter ist mit drei Kameras für die visuelle Erkennung im Fernzugriff ausgestattet. Davon sind je eine vorn (Abb. 11) und eine hinten sowie eine vor der Hinterachse hinter den Bearbeitungsaggregaten verbaut. Letztere ist ferngesteuert schwenkbar und soll die Bearbeitungsqualität überwachen. Die Reihenführung setzt sich aus drei Anhaltspunkten für den Farming GT zusammen: der angelernten Linie, der zuvor gefahrenen Spur (durch ein RTK-System erfasst) sowie die Reihenführung über die Pflanzenerkennung der Kameraeinheit. In der Saison 2022 hackten erstmalig europaweit 11 Maschinen.



Foto: S. Kromwijk, J. Oldenburg

Abbildung 11: Einsatz des Prototyps von Farming Revolution auf einem 5 ha Versuch 2021 und der Einsatz auf einem 32 ha großem Versuchsschlag

Alleinstellungsmerkmale

Bezeichnend für den Farming GT ist die weltweit größte Pflanzen-Bilddatenbank (>18 Millionen Bilder) für die sicherste Kulturpflanzenerkennung, unter verschiedensten Bedingungen am Markt. Dazu ist der Roboter prädestiniert für das Hacken auf unebenen, kupierten Schlägen. Der 24 h Betrieb wird durch das angebaute Notstromaggregat gesichert. Der Farming GT ist flexibel an zu hackende Bestände in Punkten des Spurabstandes und der Bodenverhältnisse anpassbar.

Im Kooperationsprojekt Robo-BioRübe MV der Cosun Beet Company GmbH & Co.KG, dem Anbaubetrieb Gut Ahrensberg und der KWS SAAT SE & Co. KG aA, sollte der Einsatz des autonomen Hackroboters auf Praxistauglichkeit untersucht werden. Speziell ging es um die Reduzierung der Handhackstunden, die Bedienfreundlichkeit sowie Schlagkraft des Roboters. Der Roboter wurde für diese Überprüfung in „so kaltes Wasser wie möglich geworfen“. Auf einem 32 ha großen, kupierten Versuchsschlag und einem Reihenabstand von 75 cm, sammelten die Projektteilnehmer wertvolle Erfahrungen zur Verbesserung des Hackroboters.

Wie geht es weiter?

Um den Hackroboter noch robuster zu machen, setzt Farming Revolution im Jahr 2023 auf neue, starre Schwenkmesser (Abb. 12), anstelle der rotierenden Werkzeuge. Weiterhin war es in der Hacksaison 2022 für den Farming GT nur möglich zu entscheiden: „Ist dort eine Zuckerrübe oder nicht?“. Dies führte dazu, dass der Schwenkarm nicht unter einem Zuckerrübenblatt einschwenken konnte. Aus diesem Grund hat Farming Revolution die künstliche Intelligenz der Klassifikation bereits auf eine Stammerkennung der Pflanze trainiert. Nun kann so der Einsatzzeitraum verlängert und die Arbeitsqualität durch Verkleinerung des nichtgehackten Raumes verbessert werden.

- Reihenzahl: 2 - 6 Reihen
- Aufbau: Vierradantrieb/ -lenkung
- Antrieb: elektrisch (1,5 KW/ 2 PS) / Benzin Notstromaggregat
- Achsen: hinten → starr
vorn → Pendelaufhängung
- Visualisierung: eine Kamera je Rübenreihe
3 Kameras für den Fernzugriff (eine davon ist schwenkbar)
- Hackschare: Winkelmesser
- Fräsen: drehende Tools mit einem Durchmesser von 5-7 cm
- Spurbreite: 1,35 m – 2,25 m verstellbar
- Gewicht: ca. 1.500 kg

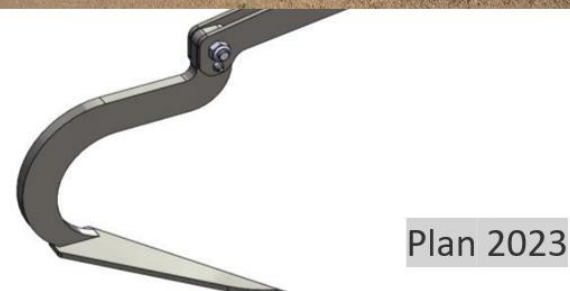


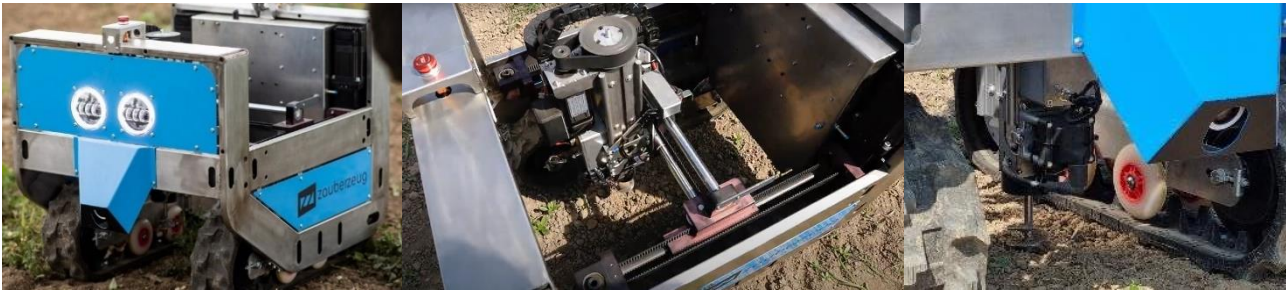
Foto: J. Oldenburg

Abbildung 12: Technische Details des Hackroboters Farming GT in der Hacksaison 2022 (links), Robustere Arbeitswerkzeuge 2023 sorgen für weniger Standzeiten (rechts)

4.2 Uckerbot

Im Rahmen des WIR-Projektes beteiligt sich die Cosun Beet Company gemeinsam mit einigen Testbetrieben und der Hochschule Eberswalde an der Entwicklung des Uckerbots. Dieser Prototyp mit einem Kettenantrieb arbeitet kamerabasiert mit einer künstlichen Intelligenz zur Klassifizierung der Kulturpflanze. Die Arbeitsweise des ca. 100 kg schweren Roboters ist autonom. Ziel ist es durch diesen sogar die Unkräuter voneinander trennen zu können, um so nichtertragsrelevante Unkräuter stehen lassen zu können. Die Regulierung erfolgt mechanisch durch einen Arm mit einem Bohrer-artigen Werkzeug (Abb. 13). Im Jahr 2023 ist die Verwendung eines Pendelmessers geplant. Der Arm wird nach der Klassifizierung des Unkrauts über ein Schienen-System im sogenannten „H-Portal“ bewegt. Der Uckerbot ist batteriebetrieben, wobei für eine selbst-

ständige Energieversorgung Solarmodule angebaut werden können. Das Konzept ist auf eine Schwarmschlagkraft ausgerichtet. Im Mai 2022 wurde der Prototyp auf einem Versuchsfeld erstmals getestet. Geplant ist für die Zukunft die Verbesserung der Arbeitsqualität und -effizienz durch den Einsatz einer Drohne.



Fotos: S. Kromwijk

Abbildung 13: Technische Details des Hackroboters Farming GT in der Hacksaison 2022 (links), Robustere Arbeitswerkzeuge 2023 sorgen für weniger Standzeiten (rechts)

4.3 Hacktechnik im Testeinsatz

Im Verlauf des Biozuckerrübenanbaus im Anbaubereich erfolgte der Einsatz und das Testen verschiedener Geräte und Systeme zur Unkrautbekämpfung in der Reihe. Die folgenden Techniken und Verfahren befinden sich bereits in größerem Umfang im Einsatz und stellen somit keine Prototypen oder Zukunftsvisionen dar. Sie haben sich bislang im Anbaubereich aus verschiedenen Gründen noch nicht fest etablieren können. Einige Maschinen wurden auf dem Rübentag MV 2022 in Dersekow, andere auf Anbaubetrieben vorgeführt. Die Kontaktdaten der Technikaussteller des Rübentages sind im Anhang aufgeführt.

Garford Robocrop InRow Weeder

Das Garford-System stammt aus dem Gemüsebau. Die Pflanzenerkennung funktioniert über zwei erhöht angebaute Kameras nach der Videobildanalyse-Methode. Die Unkrautbekämpfung erfolgt über sich um 360° drehende Werkzeugträger, welche sichelartige Messer kreiselartig an den Zuckerrüben entlangführen. Der Antrieb erfolgt elektrisch. Für den Einsatz ist es wichtig die Zuckerrüben in ausreichenden Abständen in der Reihe anzubauen, da sich das Blattwerk für ein reibungsloses Arbeiten nicht berühren darf. Als bis zu 6 m breites Frontanbaugerät ist die Hacke auf dem Markt erhältlich.

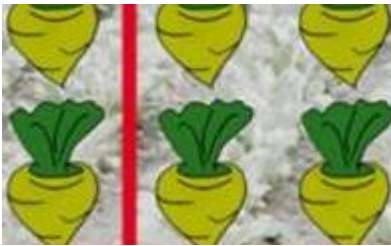


Foto: S. Kromwijk, farmdemo.eu

Abbildung 14: Testeinsatz des InRow Weeder während des Arbeitens (links) und die Hackwerkzeuge (rechts)

Querhacken

Eine Möglichkeit der nichtselektiven Unkrautbekämpfung in der Reihe stellt das Querhacken zur Drillrichtung dar. Die Zuckerrübenpflanzen werden durch die präzise Legetechnik von z.B. Kverneland im Querverband angelegt.



Die Pflanzen innerhalb einer Maschinenbreite werden durch das System GeoSeed (Level 1-Freischaltung) exakt nebeneinandergelegt. Zusätzlich ist die Einzelkornsätechnik in der Lage mit einer Level 2-Freischaltung von GeoSync die Arbeitsbreiten miteinander zu synchronisieren. So kann mit entsprechender Hackscharbreite quer zu den Reihen gehackt werden.

Das System erfordert hohe technische Ansprüche an die Hardware und spezielle Software. Aus diesem Grund hat sich das Verfahren noch nicht vollständig erfolgreich etabliert. Bei der Aussaat muss penibel genau ermittelt werden, ob die Rübenpillen zwischen 2 Arbeitsbreiten in einer Querreihe liegen. Der potenzielle Versatz muss dann manuell kalibriert werden. Wichtig ist dazu ein bestmögliches RTK-Signal (im Idealfall: feste RTK-Station). Es empfiehlt sich den Pflanzenabstand zu erhöhen bzw. die Hackschare nicht zu breit zu wählen. So haben die Hackaggregate mehr Spielraum und Pflanzenverluste können minimiert werden. Die Kameratechnik hat z.T. Probleme 45 cm-Reihenabstände zu erfassen. Es gibt aber bereits Landwirte, die auch Kameratechnik einsetzen. Sicherer funktionieren Fronthacken/Zwischenachshacken. Der Drilltraktor darf kein Spiel der Unterlenker o.ä. zulassen.

Ein weiteres wichtiges Augenmerk für diese Spezialtechnik stellt das ebene Saatbett dar. Hier spielt die Grundbodenbearbeitung, die Saatbettbereitung und die Andruckrolle eine wichtige Rolle. Je besser das Saatbett ist, desto gleichmäßiger kann die Tiefenführung der Hackaggregate von statten gehen und desto dichter kann somit an die Rübe ran gearbeitet werden. Querhacken kann auf Betrieben, die bereits seit längerer Zeit auf ökologischen Landbau umgestellt haben, nicht den gesamten Handhackaufwand reduzieren. Jedoch ist eine Reduktion um etwa die Hälfte möglich.



Foto: S. Kromwijk

Abbildung 15: Vorführung Querhacken bei der Feldbegehung 2021 in Trantow

IC-Weeder

Der IC-Weeder der Firma Steketee/Lemken ist in den Reihen arbeitendes Hackgerät aus dem Gemüsebau. Das Gerät für den Heckanbau eines Traktors arbeitet computergesteuert auf der Basis von künstlicher Intelligenz. Die Pflanzenerkennung erfolgt durch Form und Farbe der Zuckerrübe. Der Raum der Kameras ist abgedeckt und wird durch LEDs ausgeleuchtet. Dies ermöglicht auch bei schlechten Lichtbedingungen eine gute Pflanzenerkennung.

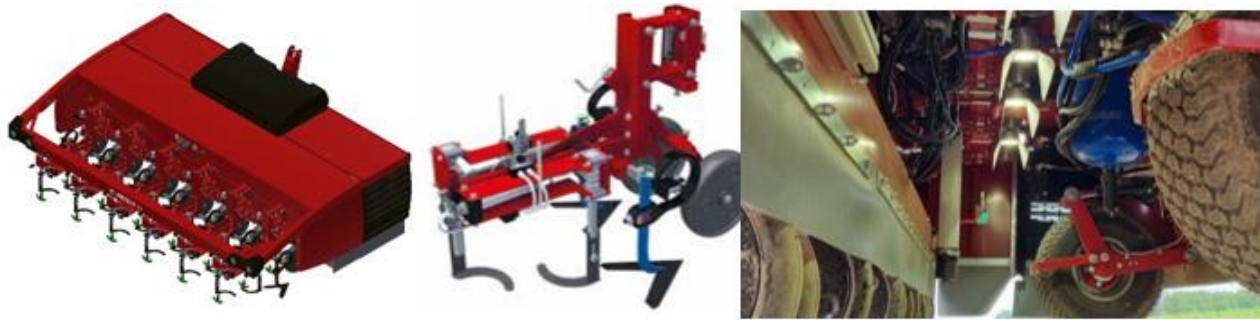


Foto: S. Kromwijk, Steketee.com

Abbildung 16: IC Weeder (Steketee) Anbaugeräteaufbau (links), Schwenkaggregat (mitte), Kameraerkennung und Abdeckung (rechts)

Die Unkrautregulierung erfolgt beidseitig durch Sichelmesser, die durch Luftdruck in die Reihen und wieder hinausgedreht werden. Die Regulierung in der Reihe ist hier kombiniert mit dem Hacken zwischen den Reihen. Die Maschine befindet sich als 1,5 m – 8 m breites Anbaugerät mit Verschieberahmen auf dem Markt. Im Bereich der Zuckerfabrik Anklam wurde diese Technik mehrfach eingesetzt und getestet.

K.U.L.T. iSelect

Der iSelect von K.U.L.T. (Kress Umweltschonende Landtechnik) ist ein weiteres Hacksystem zur Bearbeitung in der Reihe welches aus dem Gemüsebau stammt. Das Gerät ist für den Heckenbau konzipiert. Die Pflanzenerkennung erfolgt ebenfalls kamerabasiert. Das Unkraut in der Reihe wird durch zwei Schwenkarme mit angebauten Hackmessern bekämpft. Diese bewegen sich nebeneinander und führen Öffnungs- und Schließbewegungen durch.



Foto: kult-kress.de

Abbildung 17: iSelect-System von K.U.L.T.

5 Ökonomische Ergebnisse der Anbaujahre 2019 - 2022

5.1 Erzeugerpreisniveau

Der Erzeugerpreis hat sich während der vergangenen Anbaujahre durchweg positiv entwickelt. Die Testanbauer erhielten im Jahr 2022 einen Festpreis für die Rüben in Höhe von 29,00 €/t Reine Rüben (RR) bei einem Zuckergehalt von 18 %, der entsprechend dem individuellen Zuckergehalt angepasst wurde. Für 2022 wurden aufgrund der günstigen Marktlage ein Zuschlag von 31,80 €/t RR bei 18 °S gewährt. Zusätzlich erhalten die Betriebe einen Zuschlag für den Versuchsanbau von 20 €/t RR sowie einen Aufwandsbonus für unkrautfreie Anlieferungen von 5 €/t RR. Außerdem bekommen die Anbauer eine Qualitätssicherungs- und Spätrodeprämie (in Abhängigkeit vom Liefertermin) sowie eine Bioprämie (bis zu 42 €/t RR). Die Anbauer beteiligen sich an den Kosten für Vorreinigung und Verladung der Rüben mit 1,20 €/t sowie anteilig am Rübentransport und tragen den Schmutztransport sowie den Verbandsbeitrag (0,50 €/t Polzucker). Im Anbaujahr 2022 lag die Auszahlung für die Anbauer im Mittel bei 122,31 €/t RR bzw. 133,63 €/t RR bei 18 °S. Da die Testanbauer das Saatgut kostenlos von der Zuckerfabrik zur Verfügung gestellt bekamen, wird ergänzend neben dem Deckungsbeitrag auch eine um die Saatgutkosten geminderter Erfolgsparameter (Ergebnis) in den Betriebsanalysen ausgewiesen.

5.2 Betriebsergebnisse

Es wurden große Fortschritte durch die Entwicklung stabiler Anbauverfahren im Biozuckerrübenanbau erzielt. Die Zahl der beteiligten Betriebe und damit auch die Anbaufläche hat sich von Jahr zu Jahr erhöht. Im Anbaujahr 2022 waren 18 Rübenanbauer im Projekt, darunter ein Umstellungsbetrieb. Die Öko-Rübenfläche wuchs von anfänglich knapp 20 ha auf über 462 ha an (Tab. 1).

Die Düngungskosten bestehen im Wesentlichen aus dem Nährstoffentzug, der mit den jahresspezifischen Nährstoffkosten Bewertung fanden. (siehe auch die Jahresberichte zur Auswertung des konventionellen Zuckerrübenanbaus im Bereich Anklam). Die Errechnung der Kosten für die Handhacke erfolgt nach betriebsindividuellen Angaben (Aufwand Stunden und Stundenlohn). Im Anbaujahr 2022 wurden durchschnittlich 58,5 Stunden/ha aufgewandt, der gemittelte Stundenlohn für die manuelle Hacke lag bei 14,72 €. Der variable Arbeitserledigungsaufwand, bestehend aus variablen Maschinenkosten, Aufwand für Lohnunternehmen, Vorreinigung, Verladung sowie die Kosten für die Handhacke, belief sich im Jahr 2022 auf 1.650 €/ha und damit fast vier Fünftel des gesamten Anbauaufwandes. Auch wenn in vielen beteiligten Betrieben das Anbauverfahren Öko-Zuckerrüben noch nicht abschließend manifestierte, ist dennoch ein positiver Ergebnistrend zu beobachten. Das Hauptproblem auf der Anbauseite war und ist die Unkrautregulierung. Die Bezugsbasis für die Analysen stellt die Saatfläche dar. Der Anteil an Anbauflächen, die umgebrochen oder wegen zu großer Verunkrautung nicht beerntbar waren, ist im Vergleich zum konventionellen Anbau höher. Teilweise musste bei der Rübenreinigung wegen zu starker Verunkrautung manuell eingegriffen werden. Aufgrund der positiven Ertrags- und Erzeugerpreisentwicklung verbesserte sich die Erlös- und Gewinnbeitragsituation erheblich. Die variablen Stückkosten konnten im zweiten Anbaujahr halbiert werden.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Test-Anbaujahre für Öko-Zuckerrübenproduktion 2019 bis 2022

Parameter	ME	2019	2020	2021	2022
Fläche	ha	19,69	43,35	211,85	462,56
Betriebe	Anzahl	4	6	11	18
N-Düngung gesamt	kg/ha	35	19	90	63
N-Saldo*	kg/ha	-11	-40	34	-6
Saatmenge	E./ha	1,43	1,20	1,53	1,10
Arbeitsgänge gesamt**	Anzahl	8,4	8,8	9,0	7,5
Feldarbeitsstunden	h/ha	124,9	54,0	65,0	84,2
davon Handhacke	h/ha	119,0	32,3	45,9	58,5
DK-Verbrauch	l/ha	191	164	135	133
THG _{Anbau} -Bilanz	kg CO ₂ eq/ha	1.065	720	967	880
Zuckerertrag	t/ha	4,5	5,5	5,4	6,3
Rübenenertrag bei 18 °S	t RR/ha	24,9	30,4	30,1	34,9
Polarisation	°S	17,7	16,6	16,9	16,3
Rübenpreis bei 18 °S	€/t 18%-RR	84,19	87,62	95,56	133,63
Erlöse gesamt	€/ha	2.092	2.661	2.817	4.659
variable Kosten gesamt	€/ha	2.797	1.620	1.679	2.081
Saatgutkosten***	€/ha	282	245	280	229
Düngungskosten	€/ha	71	77	75	147
var. Maschinenkosten	€/ha	680	532	600	734
Kosten für Handhacke	€/ha	1.733	747	657	861
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	-704	1.041	1.138	2.578
var. Stückkosten (18 °S)	€/t RR	112,5	53,3	55,9	60,0
Ergebnis***	€/ha	-422	1.286	1.417	2.807

* Differenz zwischen Düngung und Abfuhr; ** Arbeitsgänge bzw. Überfahrten ohne Ernte, Verladen und Transport;

*** im Testanbau werden die Saatgutkosten durch die ZF übernommen (DB + Saatgutkosten = Ergebnis);

LFA MV – Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, 2022.

5.3 Beregnung

Rund die Hälfte des Testanbaus 2022 erfolgte unter Beregnung (Tab. 2). Im Mittel wurden 145 mm an Beregnungsmenge je Hektar Beregnungsfläche eingesetzt. Die berechneten Flächen sind in der Regel leichte, sandige bis anlehmige Standorte.

Ackerbaulich als auch ökonomisch machte im Anbaujahr 2022 die Beregnung Sinn. Die Naturalerträge und die Nährstoffeffizienz (N-Saldo) erhöhten sich dadurch deutlich. Aufgrund der Beregnung stieg die Zahl der Arbeitsgänge, der Dieselkraftstoffverbrauch und die betrieblichen Feldarbeitsstunden. Beregnung fördert nicht nur das Rüben-, sondern gleichzeitig auch das Unkrautwachstum, was tendenziell einen höheren Aufwand für die Unkrautregulierung bedeutet. Dennoch zahlte sich die Beregnung ökonomisch aus, der Mehraufwand konnte mehr als kompensiert und das Ertragsrisiko gemindert werden. Somit ist die Beregnung hoch rentabel.

Tabelle 2: Gegenüberstellung mit und ohne Beregnung im Test-Anbau Öko-Zuckerrübenproduktion 2022

Parameter	ME	mit	ohne
Fläche	ha	248,23	214,34
Betriebe	Anzahl	5	13
Beregnungsmenge	mm	145	0
N-Düngung gesamt	kg/ha	59	67
N-Saldo*	kg/ha	-25	17
Saatmenge	E./ha	1,03	1,18
Arbeitsgänge gesamt**	Anzahl	9,9	7,6
betriebliche Feldarbeitsstunden	h/ha	88,1	79,8
davon Handhacke	h/ha	63,9	56,6
DK-Verbrauch	l/ha	143	122
Zuckerertrag	t/ha	7,7	4,7
Rübenertrag bei 18 °S	t RR/ha	42,7	25,9
Polarisation	° S	16,4	16,2
Rübenpreis bei 18 °S	€/t 18%-RR	134,70	131,73
Erlöse gesamt	€/ha	5.762	3.381
variable Kosten gesamt	€/ha	2.220	1.921
Saatgutkosten***	€/ha	215	246
Düngungskosten	€/ha	177	113
var. Maschinenkosten	€/ha	891	553
Kosten für Handhacke	€/ha	806	925
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	3.542	1.460
var. Stückkosten (18 °S)	€/t RR	52,0	74,2
Ergebnis***	€/ha	3.758	1.706

* Differenz zwischen Düngung und Abfuhr; ** Arbeitsgänge bzw. Überfahrten ohne Ernte, Verladen und Transport;

*** im Testanbau werden die Saatgutkosten durch die ZF übernommen (DB + Saatgutkosten = Ergebnis);

LFA MV – Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, 2022.

5.4 Faustzahlen zur Unkrautregulierung

Ein im Anbaujahr 2019 durchgeführter Feldversuch zur mechanischen Unkrautregulierung machte die herausragende Bedeutung einer effektiven Unkrautregulierung deutlich (Tab. 12 im Anhang). Der finanzielle Aufwand für die Handhacke stellt nach wie vor die größte Einzelkostenposition im ökologischen Zuckerrübenanbau dar. Für einige Betriebe ist die Deckung des saisonalen Arbeitsanfalls für die manuelle Unkrautregulierung eine Herausforderung. Das bremst die Anbauentwicklung und die Naturalerträge, da die Zuckerrüben bei stärkerer Verunkrautung mit deutlichen Ertragseinbußen reagieren. Teilweise waren Anbauflächen in der Vergangenheit nur mit einem hohen manuellen Aufwand beerntbar. Die beteiligten Betriebe haben mit Unterstützung der Cosun Beet Company (CBC) in Größenordnungen in moderne Hacktechnik, Unkrautzupfer, Abflammtechnik oder autonome Feldroboter investiert, um diesen Bedarf an manueller Unkrautbeseitigung zu reduzieren. So ist es im Laufe der vier Jahre gelungen den Handarbeitsaufwand nahezu zu halbieren und somit zu stabilisieren. Die verbliebenen 50 – 60 Stunden Handhacke je Hektar stellen langfristig das Potential für die Anbauentwicklung dar. Für die eingesetzten mechanischen Unkrautregulierungsmaßnahmen fehlten weitgehend verlässliche, regionalspezifische Richtwerte. Daher wurden bei den beteiligten Anbauern bereits in den ersten Anbaujahren betriebsindividuelle Zusatzdaten für diese Verfahren abgefragt und mehrjährig ausgewertet. Im Anhang sind die Ergebnisse für das Anbaujahr 2021 sowie im Mittel der Jahre 2019 – 2021 dargestellt. Die daraus erarbeiteten Richtwerte sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: *Vorläufige Richtwerte für die mechanische Unkrautregulierung im Zuckerrübenanbau MV*

Hacktechnik (Ø 2019 - 2021)	ha	AKh	DK	h/ha	DK/ha
Hacktechnik manuell	121,6	128,9	481,0	1,06	3,96
Hacktechnik ohne SFS	178,8	169,0	469,0	0,95	2,62
Hacktechnik mit SFS/GPS	402,3	240,0	1.187,3	0,60	2,95

SFS: Spurführungssystem; DK: Dieselkraftstoff

Aufgrund der gestiegenen Anzahl der beteiligten Betriebe wurde erstmals im Anbaujahr 2022 eine Auswertung nach der Art der eingesetzten mechanischen Unkrautregulierungstechnik vorgenommen (Tab. 4). Sechs Betriebe nutzten autonome Feldroboter, neun setzten Hackmaschinen (meist mit Spurführungssystemen) ein. Jeweils ein Betrieb nutzte sowohl Feldroboter als auch Hackmaschinenteknik, Abflamm- und Dammtechnik. Diese sind in der Spalte „sonstige Technik“ zusammengefasst, wobei diese Gruppenwerte aufgrund der geringen Anzahl Betriebe als auch der sehr unterschiedlichen Unkrautregulierungstechnik nur eine sehr begrenzte Aussagefähigkeit haben. Es ist noch zu früh, um aus den Betriebsdaten auf die Überlegenheit einer Technik schließen zu können. Es wird aber erkennbar, dass unabhängig von der Unkrautregulierungstechnik ein Handarbeitsaufwand von durchschnittlich über 50 Stunden/ha besteht. Die Hälfte der Testanbauer mit Robotertechnik verzichteten auf Handhacke, zwei davon testeten den Einsatz eines IC-Weeders bzw. eines Unkrautzupfers.

Tabelle 4: Gegenüberstellung verschiedener Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung der Test-Anbaubetriebe 2022

Parameter	ME	Roboter	Hack- maschinen	sonstige Technik	alle 2022
Fläche	ha	187,83	136,83	137,91	462,56
Betriebe	Anzahl	6	9	3	18
N-Düngung gesamt	kg/ha	70	75	41	63
N-Saldo*	kg/ha	14	25	-63	-6
Saatmenge	E./ha	1,04	1,20	1,07	1,10
Arbeitsgänge gesamt**	Anzahl	5,7	9,1	12,8	7,5
Feldarbeitsstunden	h/ha	94,4	65,7	88,8	84,2
davon Handhacke	h/ha	52,7	58,7	73,0	58,5
DK-Verbrauch	l/ha	105	140	166	133
Zuckerertrag	t/ha	5,2	4,4	9,6	6,3
Rübenenertrag bei 18 °S	t RR/ha	28,8	24,6	53,6	34,9
Polarisation	° S	16,5	15,8	16,6	16,3
Rübenpreis bei 18 °S	€/t 18%-RR	132,40	133,03	134,86	133,63
Erlöse gesamt	€/ha	3.790	3.271	7.218	4.659
variable Kosten gesamt	€/ha	1.632	2.151	2.623	2.081
Saatgutkosten***	€/ha	216	251	226	229
Düngungskosten	€/ha	123	113	194	147
var. Maschinenkosten	€/ha	645	613	977	734
Kosten für Handhacke	€/ha	552	1.111	804	861
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	2.158	1.120	4.595	2.578
var. Stückkosten (18 °S)	€/t RR	56,7	87,4	48,9	60,0
Ergebnis***	€/ha	2.374	1.371	4.821	2.807

* Differenz zwischen Düngung und Abfuhr; ** Arbeitsgänge bzw. Überfahrten ohne Ernte, Verladen und Transport;

*** im Testanbau werden die Saatgutkosten durch die ZF übernommen (DB + Saatgutkosten = Ergebnis);

LFA MV – Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, 2022.

5.5 Wirtschaftliche Situation und Wettbewerbsfähigkeit

Im Durchschnitt war der Öko-Zuckerrübenanbau im Jahr 2022 für die Anbaubetriebe in hohen Maßen wirtschaftlich. Die Erhöhung von Ertrag sowie Erzeugerpreis und die Stabilisierung der variablen Kosten führten durchschnittlich zu einer Verdopplung der Rentabilität im Vergleich zum Vorjahr. Die Spanne bei vielen Erfolgsparametern ist enorm, was daraufhin deutet, dass die Wirtschaftlichkeit des Anbauverfahrens weiter ausgereizt werden kann. Die Gegenüberstellung der erfolgreichen und weniger erfolgreichen Anbauer macht dies deutlich (Tab. 5). Dabei wird die Bedeutung einer effizienten, erfolgreichen Unkrautregulierung evident. In der Gruppe der erfolgreichen Anbauer wurde deutlich mehr in die Unkrautregulierung (maschinell und manuell) investiert, was sich in den Naturalerträgen sehr positiv niederschlug. Die erzielten Zuckererträge der erfolgreichen Gruppe entsprechen durchaus denen des konventionellen Rübenanbaus.

Die von der Zuckerfabrik angestrebte Ausdehnung des Öko-Zuckerrübenanbaus stellt die Betriebe bei der Unkrautregulierung vor große Herausforderungen. Hier wird derzeit das größte Hemmnis für den Ausbau der Wertschöpfungskette gesehen. Einerseits sind umfangreiche Investitionen in moderne Hacktechnik erforderlich, andererseits bildet der erforderliche Handarbeitsaufwand eine Art Wachstumsbremse. Innerhalb eines begrenzten Zeitraums muss derzeit die manuelle Unkrautregulierung überwiegend mit Saison- bzw. Fremdarbeitskräften getätigt werden. Eine Möglichkeit zur Reduzierung stellt Hacktechnik in der Reihe zum Beispiel

mithilfe von autonomen Feldrobotern dar. Hier ist die Handhackzeit bei höherem Zuckerertrag bereits geringer. Die Anbauer mit Robotertechnik haben durchschnittlich etwas über 50 Handarbeitsstunden je Hektar benötigt. Somit besteht auch in diesem Anbauverfahren ein Optimierungspotential von 700 bis 800 €/ha (aktuelle Nachbearbeitung des Robotereinsatzes). Die erfolgreiche Gruppe in Tabelle 5 hat durch gute Zuckererträge aufgrund des hohen personellen und technischen Aufwandes variable Stückkosten von 44,9 €/t RR (bei 18°S). Das ist bei den aktuellen Marktpreisen für Bio-Zucker hoch wirtschaftlich und stimmt im Hinblick auf die Ertragssteigerungen der letzten Jahre für den weiteren Ausbau und Optimierung der Wertschöpfungskette hoffnungsvoll.

Tabelle 5: Gegenüberstellung erfolgreicher und weniger erfolgreicher Test-Anbaubetriebe im Öko-Zuckerrübenanbau 2022

Parameter	ME	erfolgreich	weniger erfolgreich
Fläche	ha	148,32	127,80
Betriebe	Anzahl	5	5
N-Düngung gesamt	kg/ha	48	66
N-Saldo*	kg/ha	-59	36
Saatmenge	E./ha	1,12	1,15
Arbeitsgänge gesamt**	Anzahl	11,3	7,4
betriebliche Feldarbeitsstunden	h/ha	86,1	56,1
davon Handhacke	h/ha	70,5	36,5
DK-Verbrauch	l/ha	147	128
Zuckerertrag	t/ha	10,1	2,6
Rübenenertrag bei 18 °S	t RR/ha	56,1	14,6
Polarisation	°S	17,0	15,8
Rübenpreis bei 18 °S	€/t 18%-RR	133,02	132,36
Erlöse gesamt	€/ha	7.456	1.927
variable Kosten gesamt	€/ha	2.519	1.592
Saatgutkosten***	€/ha	234	235
Düngungskosten	€/ha	218	75
var. Maschinenkosten	€/ha	795	534
Kosten für Handhacke	€/ha	1.086	699
Deckungsbeitrag (DB)	€/ha	4.937	334
variable Stückkosten (18 °S)	€/t RR	44,9	109,0
Ergebnis***	€/ha	5.171	569

* Differenz zwischen Düngung und Abfuhr; ** Arbeitsgänge bzw. Überfahrten ohne Ernte, Verladen und Transport;

*** im Testanbau werden die Saatgutkosten durch die ZF übernommen (DB + Saatgutkosten = Ergebnis);

LFA MV – Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, 2022.

6 Erfahrungsaustausch

6.1 Arbeitsgruppe Öko-Zuckerrüben

Zu Beginn des Anbaujahres 2019 wurde mit einigen Praxisbetrieben eine Arbeitsgruppe (ARGE Anklam) gebildet, um die Erfahrungen und Ergebnisse untereinander auszutauschen. Der Agronom Udo Beiersdorff organisierte diese bis zum beruflichen Ausscheiden mit Unterstützung der Anbauberater der ZF Anklam. Seine Aufgabe übernahm Sabine Kromwijk im April 2021. Die wissenschaftliche Begleitung und ökonomische Auswertung übernahm das Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft der LFA MV. Auf jährlichen Feldtagen werden die spezifischen Probleme und Lösungsansätze in Zusammenarbeit von Rübenanbauern, Beratern, Lohnunternehmern, Vertretern der Landtechnik und Wissenschaftlern durchgeführt (Tab.5). In der Regel wurden die Ergebnisse der ökonomischen Analysen Anfang des Jahres jeweils den beteiligten Betrieben übergeben und vorgestellt. Dazu hat die Zuckerfabrik Anklam in eine Scharhacke investiert, um Versuche durchzuführen und Landwirte zu unterstützen. Aufgrund von Corona konnten nicht alle geplanten Veranstaltungen durchgeführt werden.



Foto: S. Kromwijk

Abbildung 18: Feldbegehung in Wesenberg

Tabelle 6: Aktivitäten im Rahmen des Testanbaus ökologischer Zuckerrüben in MV 2019 - 2022

Datum	Aktivität, Ort
08./09.09.2022	Fachaustausch Öko-ZR MeLa 2022, Mühlengiez
22.06.2022	Feldbegehung und Vorstellung Sortendemo Öko-ZR in Ahrensberg und Wesenberg
25.05.2022	Rüben tag MV in Dersekow - Feldvorführung mechanische Unkrautregulierungstechnik
22.02.2022	Winterveranstaltung Auswertung Bio-Zuckerrübenanbau 2021, Zuckerfabrik Anklam
16./17.09.2021	Fachaustausch Öko-ZR MeLa 2021, Mühlengiez
07.07.2021	Feldbegehung Öko-ZR im Gut Klepelshagen
23.06.2021	Feldbegehung GAI Öko-ZR in Trantow
16.06.2021	Feldbegehung Trantow
09.06.2021	Feldbegehung Trantow
26.05.2021	Feldbegehung Wesenberg und Ahrensberg
11.06.2020	Feldbesichtigung in Wesenberg
09.06.2020	Feldbesichtigung in Luplow
27.05.2020	Feldtag 2020
29.01.2020	Winterveranstaltung Auswertung Bio-Zuckerrüben 2019, Zuckerfabrik Anklam
17.05.2019	Feldrundfahrt Groß Kiesow
19.02.2019	konstituierende Arbeitsgruppensitzung Biorüben-Treffen in ZF Anklam

6.2 Leitfaden für den Bio-Rübenanbau

Im Rahmen der Kooperation der Cosun Beet Company und dem Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft der LFA MV zum Testanbau Öko-Zuckerrüben wurde ein kurzer Leitfaden erarbeitet, der interessierten Praktikern zu den Bereichen Bodenbearbeitung & Aussaat, Unkrautregulierung und Verfahrensökonomie wichtige Erfahrungen und Empfehlungen zur Hand gibt (Abb. 19).



Leitfaden für den Bio-Rübenanbau



BODENBEARBEITUNG & AUSSAAT

- » im Frühjahr: Saatbettbereitung auf gut abgesetztem Boden, Bearbeitungstiefe ca. 2-4 cm, feinkrümeliges Saatbett für Rüben nötig
- » Aussaat sollte sehr präzise erfolgen bei einer Bodentemperatur von mind. 6-8 °C
- » Aussaatstärke richtet sich u.a. nach dem Reihenabstand und der betrieblichen Hackstrategie
- » Aussaatmenge sollte mind. 1,0 Einheiten/ha betragen; 1 Saatguteinheit enthält 100.000 Rübenpillen
- » bei Striegeleinsatz: Aussaatstärke erhöhen, da mit Pflanzenverlusten zu rechnen ist
- » Angestrebte Bestandesdichte: 80.000- 95.000 Pflanzen pro ha
- » der Abstand der Rübenpflanzen in der Reihe muss an die Hacktechnik angepasst sein; in der Regel liegt dieser Abstand bei 18-20 cm

HINWEIS

Achten Sie vor der Aussaat auf die Arbeitsbreiten und Reihenabstände Ihrer Hack- und Rodetechnik.

OPTIMALER HACKEINSATZ

Witterung: Einsatz der Hackmaschine bei leicht abgetrocknetem Boden. Auch eine gewisse Zeit nach der Maßnahme sollte es regenfrei sein, damit ausgerissene Unkräuter schnell absterben.

Standort: Optimal gestaltet sich der Hackmaschineneinsatz auf ebenen, steinfreien Böden.

Arbeitstiefe: Die Arbeitstiefe so tief wie nötig wählen, max. jedoch 2 – 3 cm, damit keine weiteren Unkrautsamen zum Keimen angeregt werden.

Einsatzzeit: Vom Auflaufen bis zum Reihenschluss. Beginn der Hackmaßnahmen sobald die Rübenreihen sichtbar sind. Bei dem ersten Durchgang mit Hackschutzscheiben arbeiten! Auch Blindhacken ist mit der entsprechenden Technik möglich.

Handarbeit: Hackmaschinen, die in der Reihe hacken sind in der Entwicklung noch nicht final ausgereift, sodass der Einsatz von Handhackkräften notwendig ist. Dies sollte schnellstmöglich und mit entsprechender Schlagkraft erfolgen.

HINWEIS

Hackeinsatz so früh wie möglich!



UNKRAUTREGULIERUNG

Grundlegend hat sich die Kombination von verschiedenen Techniken und Maßnahmen bewährt, welche in die betrieblichen Arbeitsabläufe passen sollten.

Folgende **Hackwerkzeuge** eignen sich besonders:

» **Gänsefußschare** arbeiten verstopfungsfrei und mit gutem Selbstreinigungseffekt. Sie brechen auch verschlammten Boden auf und fördern die lockere Erde nach außen.

» **L-förmige Winkelmesser** eignen sich auf leichteren Böden, da die Winkelmesser die Unkräuter gut abschneiden und zur Reihemitte befördern.

» **Fingerhacke:** arbeitet in der Reihe und kann zusätzlich montiert werden. Zwei schräggestellte Fingerräder greifen in die Pflanzenreihe ein. Einsatz ist erst im späteren Kulturstadium zu empfehlen, da eine gewisse Stabilität der Rüben gegeben sein sollte.

Zudem gibt es neuartige Techniken, die das **Hacken in der Reihe** übernehmen können. Jedoch ersetzen sie zumeist nicht vollständig die Handhackarbeit.

Das **Striegeln** ist ab dem 2. Laubblattpaar (EC 14) sowohl längs als auch quer zur Särrichtung gut möglich bei optimaler Einstellung der Zinkenstriegel. Zur **Unkrautbeseitigung** gibt es verschiedene Zupf- und Schneidemaschinen.

Robotertechnik: mit Hilfe des technischen Fortschritts kann durch neu entwickelte Präzisionstechnik Handarbeit nahezu eingespart werden.

» **Farmdroid:** ist ein solarbetriebener Roboter, der GPS-basiert arbeitet. Er legt die Rüben und hackt später selbstständig zwischen den Reihen sowie in der Reihe.



» **Farming Revolution:** hackt das Beikraut in der Reihe. Er arbeitet kamerabasiert und mithilfe künstlicher Intelligenz, sodass er Rüben von Unkraut unterscheiden kann.



Bright Beet Solutions

Kontakt: Frau Sabine Kromwijk, Agronomin, Abteilung Landwirtschaft,
Mobil: +49 151 52572479, Email: Sabine.Kromwijk@cosunbeetcompany.com

Abbildung 19: Leitfaden für den Bio-Rübenanbau

7 Ausblick

Eine universelle Erkenntnis der vergangenen Anbaujahre der Biozuckerrüben lautet:

„Der Erfolg liegt im Detail!“

Aus diesem Grund soll die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Rübenanbauern, Beratern und angewandter Wissenschaft auch im Anbaujahr 2023 fortgeführt werden. Dazu gehören die gemeinsamen Feldbegehungen und -rundfahrten sowie die Analyse des Anbaujahres.

Der Einsatz autonomer Unkrautregulierungstechnik (Feldroboter) wird sich erhöhen. Das gibt u.U. die Gelegenheit aus einer Reihe von Betrieben mehr Informationen zur jährlichen Einsatzfläche und zu Wartungs- und Unterhaltungsaufwand zu bekommen, um die Richtwerte zu ergänzen bzw. zu aktualisieren und die ökonomischen Analysen besser integrieren zu können.

Ziel ist es weiterhin offen gegenüber neuen Technologien zu bleiben. Verfahrensinnovationen und die Weiterentwicklung bestehender Techniken stellen eine wichtige Chance dar, die variablen Kosten des Anbaus mittelfristig senken können. Das erfolgreiche Optimieren des bestehenden Anbauverfahrens wird weiter fortgesetzt. Die Steigerung des Rübenertrages um 25% im vergangenen Jahr zeigt das enorme Ertragsentwicklungspotential des Biozuckerrübenanbaus. Das lukrative Erzeugerpreisniveau und die nach wie vor hohe Nachfrage nach ökologischem Rübenzucker lässt außerdem auf eine positive Zukunftsentwicklung der Biohackfrucht und deren Wertschöpfungskette schließen.

Anhang



Sortenempfehlungen 2023 Biorüben

Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Zuckerrübenanbaus
-ARGE Anklam-

Leistungsvergleich (SV) ohne Fungizid in Anklam verfügbarer Bio-Sorten

Mittel aller Standorte & Jahre 2019-2021, relativ¹, sortiert nach ZE

Sorte	Züchter	Typ	Toleranz	ZE (%)	ZG (%)	RE (%)	FA (%)	Schosser Anz./ha ⁴	Saatgutpreis (€/U)
Calledia KWS ²	KWS	Z	Rt, Ct	105,5	101,1	104,4	100,9	30,0	251,50
BTS 2045 ²	BTS	Z	Rt, Ct	104,8	101,1	103,6	101,3	132,0	264,80*
Jellera KWS ³	KWS	NZ	Rt, Ct	102,1	98,3	103,8	100,8	59,0	252,50
Annarosa KWS	KWS	Z	Rt, Ct, Nt	101,8	100,7	101,0	99,7	30,0	282,50
Lomosa ²	SES	N	Rt, Ct	100,2	96,3	104,1	99,7	10,0	244,19
Marley	Strube	Z	Rt	97,3	103,1	94,4	100,7	44,0	252,75
Orpheus ³	Strube	Z	Rt, Nt	96,6	101,8	94,9	103,2	31,0	287,25

Leistungsvergleich neuer Sorten (LNS) ohne Fungizid in Anklam verfügbarer Bio-Sorten

Mittel aller Standorte & Jahre 2019-2021, relativ¹, sortiert nach ZE

Sorte	Züchter	Typ	Toleranz	ZE (%)	ZG (%)	RE (%)	FA (%)	Schosser Anz./ha	Saatgutpreis (€/U)
Blandina KWS	KWS	N	Rt, Nt, Cr+	103,9	95,2	109,1	103,5	39	352,50
BTS 6975 N	BTS	NZ	Rt	103,6	97,9	105,9	98,5	24	298,90*
Rigoletto	Strube	NZ	Rt, Ct	101,5	100,6	100,8	103,1	64	263,10

Legende

(N) ertragsbetont, (NZ) Rüben/Zuckerertrag gleich gut, (Z) zuckerbetont, (ZE) Zuckerertrag, (ZG) Zuckergehalt, (RE) Rübenenertrag, (FA) Felddaufgang, (Rt) Rizomania-tolerant, (Ct) Cercospora-tolerant, (Nt) Nematoden-tolerant, (Rht) Rhizoctonia-tolerant,

¹ relative Darstellung 100 = Verrechnungsmittel der Sorten Lisanna KWS, Danicia KWS, STR. Marley, Annarosa KWS

² Daten 2019 aus dem LNS,

³ Daten 2019 aus der WP S2 und 2020 aus dem LNS,

⁴ Felddaufgang LNS 1-jährige Daten

* inkl. BetaShield Biological 01-Bio (Bodenhilfsstoff gemäß Düngemittelverordnung), UltiProX Technologie

Hinweis:

Die Tabellen zeigen alle zugelassenen Sorten des Sortenleistungsvergleiches (SV) und des Leistungsvergleiches neuer Sorten (LNS), die in der Region Anklam in der Regel höchstmögliche Erträge erreichen. Bitte wählen Sie anhand ihrer Liefertermine entsprechende Typen: Zuckerhaltige Sorten eignen sich eher für frühe Liefertermine. Ertragsbetonte Sorten (NZ/N) eignen sich für mittlere und späte Liefertermine. Alle Sorten besitzen Boniturnoten für die häufigsten Blattkrankheiten Cercospora und Mehltau.

Abbildung 20: Sortenempfehlungen für das Anbaujahr 2023

Tabelle 7: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2022

neue Betriebsnummer	SAP	3022484	3022481	3022439	3022487	3022408	3022430	3022486	3000035	3022440	3022427	3022464	3022485	3020956	3022429	3022489	3022409	3022460	Öko	3022405	alle
Parameter	Betrieb	4420	4417	4410	4422	4405	4407	4421	4412	4411	4408	4413	4418	4415	4409	4419	4406	4402	MW	4403	MW
Bio-Status	Status	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Umsteller	alle
Anbauumfang	ha	16,00	86,00	21,00	5,32	20,00	30,91	12,91	2,30	106,00	17,50	8,33	5,00	20,00	20,00	12,00	55,80	20,00	459,06	3,50	462,56
Transportentfernung	km	55	9	31	50	80	95	140	11	93	17	65	56	29	64	58	46	39	55	39	53
Grundbodenbearbeitung		ohne Pflug	ohne Pflug	ohne Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	ohne Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	ohne Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	ohne Pflug	
Bestellverfahren	Zf-Mulch	Zf-Mulch	Zf-Mulch	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	Zf-Mulch	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	Zf-Mulch	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	Schiltz-Direkts.	konv. Saat
Saatbettbereitungen	Anzahl	3,0	2,0	2,0	0,0	0,5	3,0	3,0	2,0	1,1	2,0	2,0	1,0	0,0	1,0	0,0	2,0	1,0	1,5	1,0	1,6
Umbruchsfläche	ha			6,0															6,0		6,0
Striegeln	Anzahl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	0,2
Maschinenhackle-Arbeitsgänge	Anzahl	0,0	6,0	4,0	2,0	2,5	6,0	2,0	2,0	0,0	1,0	0,0	4,0	0,0	3,0	2,0	5,2	0,0	2,3	1,0	1,7
Maschinenhacktechnik				Hackmasch.	Hackmasch.	Hackmasch.	Hackmasch.	Hackmasch.	Hackmasch.				Hackmasch.						10	Hackmasch.	11
Robotertechnik	Roboter						Roboter			Roboter	Roboter	Roboter		Roboter				Roboter	7		7
Unkrautzupfer										UK-Zupfer								UK-Zupfer	2		2
Abflamntechnik	Abflamm																		1		1
IC-Weeder Testeinsatz	IC-Weeder													IC-Weeder	IC-Weeder				3		3
Dammanbau	Damm																		1		1
Beregnung	mm	0	130	0	80	98	245	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0	78
N-Düngung (min. + org.)	kg/ha	103	21	65	133	79	79	66	52	77	47	128	0	0	21	65	104	73	65	0	63
N-Saldo (Zufuhr - Abfuhr)	kg/ha	-8	-87	-37	42	-27	-15	-10	-9	19	-10	76	-49	-45	-24	34	79	60	-1	-72	-6
Aussaamenge	E./ha	1,11	1,00	1,43	1,11	1,35	1,00	1,05	1,23	0,99	1,23	1,06	1,18	1,00	1,11	1,11	1,23	1,11	1,14	1,48	1,10
Arbeitsgänge gesamt ¹⁾	Anzahl	6,0	13,0	10,3	5,0	11,0	14,0	10,0	8,0	6,1	6,0	6,0	9,0	4,0	7,0	6,0	10,2	4,0	8,0	8,0	7,5
dar. Bodenbearb., Bestellung	Anzahl	5,0	12,0	9,3	4,0	6,0	13,0	7,0	4,1	5,0	5,0	9,0	4,0	6,0	6,0	9,2	3,0	6,7	6,0	6,0	6,1
betriebl. Feldarbeitsstunden ²⁾	h/ha	105,0	62,4	182,0	159,0	52,3	98,8	60,1	254,1	109,0	53,0	205,2	84,5	55,9	173,7	67,3	18,4	36,8	98,9	2,4	84,2
dar. Handhacke	h/ha	50,5	50,0	176,0	152,0	42,5	67,0	57,0	250,0	73,9	0,0	150,0	80,0	0,0	170,0	60,0	9,7	0,0	58,5	0,0	58,5
Verbrauch Dieselkraftstoff	l/ha	84	159	142	146	149	199	115	128	113	113	93	130	86	121	132	154	100	127	106	133
Naturalertrag, Qualitäten	ME	4420	4417	4410	4422	4405	4407	4421	4412	4411	4408	4413	4418	4415	4409	4419	4406	4402	MW Öko	4403	alle
Rübenantrag	t RR/ha	61,3	60,0	57,1	50,9	58,9	52,1	42,3	33,8	32,1	31,5	29,1	27,3	25,0	25,0	17,4	13,7	7,1	36,7	40,0	38,1
Polarisation	%S.	18,3	17,1	17,2	18,1	15,3	15,0	16,4	15,8	16,3	16,6	15,8	15,8	17,0	15,2	16,3	15,5	15,5	16,3	17,5	16,3
Besatz gesamt	%	5,1	3,7	4,7	7,7	7,5	5,0	3,7	6,0	4,6	9,0	6,6	6,3	6,4	6,6	6,3	6,4	9,3	6,2	4,8	5,5
Zuckerertrag (Polz.)	t/ha	11,2	10,3	9,8	9,2	9,0	7,8	6,9	5,3	5,2	4,6	4,3	4,2	3,8	2,8	2,1	1,1	1,1	6,1	7,0	6,3
Rübenantrag bei 18 °S.	t RR/ha	62,4	57,0	54,5	51,1	50,0	43,5	38,6	29,7	29,1	29,0	25,7	23,9	23,6	21,1	15,7	11,8	6,1	33,7	38,9	34,9
Rübenpreis ³⁾ bei 18 °S.	€/t 18%-RR	125,67	134,40	130,14	126,27	137,79	139,35	134,74	139,75	133,43	132,68	138,34	135,84	130,54	132,74	129,22	133,87	131,49	133,31	102,88	133,37
Rübenpreis ³⁾	€/t RR	127,77	127,68	124,36	126,98	117,12	116,13	122,76	122,63	120,83	122,37	122,20	119,24	123,28	112,08	117,01	115,27	113,26	133,63	100,05	122,31
ökonomische Parameter	ME	4420	4417	4410	4422	4405	4407	4421	4412	4411	4408	4413	4418	4415	4409	4419	4406	4402	MW Öko	4403	alle
Erlöse gesamt ³⁾	€/ha	7.836	7.665	7.099	6.457	6.892	6.055	5.199	4.149	3.884	3.851	3.560	3.250	3.078	2.806	2.030	1.577	808	4.664	4.004	4.659
variable Kosten gesamt	€/ha	1.941	2.250	3.824	4.207	2.319	2.845	2.178	3.767	1.895	971	2.804	3.184	897	4.284	1.772	1.115	819	2.089	1.070	2.081
Saatgutkosten	€/ha	251	206	297	258	272	234	244	253	205	221	221	246	205	229	230	251	228	229	344	229
Düngungskosten	€/ha	225	221	211	190	217	194	162	133	127	125	117	111	103	103	77	65	43	147	154	147
Direktkostenfreie Leistung	€/ha	7.359	7.238	6.591	6.009	6.345	5.627	4.793	3.763	3.518	3.475	3.222	2.893	2.770	2.474	1.723	1.261	480	4.279	3.507	4.269
var. Arbeiterledigungskosten	€/ha	1.368	1.725	3.196	3.759	1.721	2.373	1.728	3.381	1.528	595	2.349	2.732	482	3.952	1.464	799	491	1.659	573	1.650
darunter Handhacke	€/ha	740	775	2.429	2.736	850	804	1.083	2.750	726	0	1.800	2.160	0	3.400	900	189	0	868	0	861
dar. var. Maschinenkosten + LU	€/ha	540	863	685	949	786	1.493	584	582	756	549	506	532	445	515	539	590	480	734	525	734
dar. Vorreinigung, Verladung	€/ha	89	87	83	74	85	76	61	49	47	46	42	40	36	36	25	20	10	55	48	55
variable Kosten gesamt	€/ha	1.941	2.250	3.824	4.207	2.319	2.845	2.178	3.767	1.895	971	2.804	3.184	897	4.284	1.772	1.115	819	2.089	1.070	2.081
Deckungsbeitrag	€/ha	5.896	5.415	3.274	2.251	4.573	3.211	3.021	382	1.990	2.880	756	66	2.180	-1.478	258	462	-11	2.575	2.934	2.578
Ergebnis ⁴⁾	€/ha	6.147	5.621	3.571	2.508	4.845	3.444	3.265	634	2.195	3.132	977	311	2.385	-1.249	489	713	217	2.803	3.278	2.807

1) Arbeitsgänge bzw. Überfahrten ohne Ernte, Verladen u. Transport A. keine Angabe.
 2) teils nach Richtwerten oder nach betrieblichen Angaben berechnet
 3) Rübenpreis einschließlich aller Zu- und Abschläge wie Bioprämie, Zuschlag Versuchs-anbau, Bonus unkrautfreie Lieferungen, Frühlieferprämie, Marktzuschlag, Verbandsbeitrag, Schmutzfracht, etc.
 4) im Testanbau werden den Anbauern die Saatgutkosten derzeit erstattet (= Ergebnis), zur Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit sind die Saatgutkosten im Deckungsbeitrag dennoch berücksichtigt
 © Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, 2022.

Tabelle 8: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2021

Parameter	Betrieb	4402	4404	4405	4407	4408	4410	4411	4412	4413	MW	4403	4409	MW
Bio-Status	Status	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Öko	Umsteller	Umsteller	alle
Anbauregion		West	Süd	Süd	Süd	West	Süd	Süd	Süd	Nord		Ost	West	
Anbauumfang	ha	7,00	40,00	16,00	15,00	4,00	10,00	57,75	2,30	35,00	187,05	4,80	20,00	211,85
Transportentfernung	km	32	115	91	111	16	66	111	130	42	79	40	70	73
Grundbodenbearbeitung		mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	ohne Pflug	mit Pflug	
Bestellverfahren		konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat
Saatbettbereitungen	Anzahl	2,0	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	0,0	2,0	2,0
Striegeln, Scheinbestellungen	Anzahl	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4
Maschinenhacke	Anzahl	4,0	3,0	3,0	4,0	4,0	2,0	1,7	3,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,9
N-Düngung (min. + org.)	kg/ha	65	94	79	126	31	35	150	59	63	78	0	7	90
N-Saldo (Zufuhr - Abfuhr)	kg/ha	-82	65	-21	67	-19	11	74	-51	57	11	-36	-88	33
Aussaatmenge	E./ha	1,23	1,23	1,23	1,11	1,23	1,23	2,04	1,23	1,74	1,37	1,23	1,23	1,53
Saatzeitraum (Beginn)	KW	16	16	16	16	16	14	17	15	0	16	16	16	16
Arbeitsgänge gesamt ¹⁾	Anzahl	11,0	7,0	10,0	10,0	14,0	9,0	9,3	7,0	7,5	9,4	5,0	7,0	9,0
dar. Bodenbearb., Bestellung	Anzahl	9,0	6,0	7,0	8,0	11,0	7,0	7,3	6,0	6,5	7,5	5,0	6,0	7,0
betriebl. Feldarbeitsstunden ²⁾	h/ha	209,8	4,2	62,0	63,6	16,4	4,5	71,8	236,7	31,4	70,2	2,7	214,2	65,0
dar. Handhacke	h/ha	200,0	0,0	51,9	58,6	10,0	0,0	45,9	230,0	0,0	27,9	0,0	210,0	45,9
Verbrauch Dieselkraftstoff	l/ha	178	145	154	136	152	113	135	138	127	142	113	111	135
Naturalertrag, Qualitäten	ME	4402	4404	4405	4407	4408	4410	4411	4412	4413	MW Öko	4403	4409	MW
Rübenenertrag	t RR/ha	82,1	16,3	55,4	33,1	28,1	13,0	42,1	60,7	3,4	37,1	20,2	52,9	31,6
Polarisation	°S	16,7	17,0	17,1	16,5	17,4	16,4	17,1	17,7	15,8	16,9	17,1	17,9	16,9
Besatz gesamt	%	5,6	14,9	10,4	7,2	11,3	11,7	5,7	3,5	13,3	9,3	9,8	5,1	9,6
Zuckerertrag (Polz.)	t/ha	13,7	2,8	9,5	5,5	4,9	2,1	7,2	10,7	0,5	6,3	3,4	9,5	5,4
Rübenenertrag bei 18 °S.	t RR/ha	76,1	15,4	52,7	30,4	27,2	11,9	39,9	59,5	3,0	35,1	19,1	52,6	30,1
Rübenpreis³⁾	€/t RR	93,12	86,24	92,50	91,58	94,26	91,72	92,78	93,74	86,07	91,34	66,54	76,95	89,07
ökonomische Parameter	ME	4402	4404	4405	4407	4408	4410	4411	4412	4413	MW Öko	4403	4409	MW
Erlöse gesamt³⁾	€/ha	7.642	1.408	5.124	3.034	2.648	1.196	3.909	5.690	291	3.438	1.344	4.072	2.817
variable Kosten gesamt	€/ha	3.080	833	1.856	1.763	1.013	665	1.931	3.220	942	1.700	661	3.947	1.679
Saatgutkosten	€/ha	252	252	252	227	252	252	334	252	296	263	252	252	280
Düngungskosten	€/ha	164	48	117	78	69	42	94	126	25	85	55	113	75
Direktkostenfreie Leistung	€/ha	7.223	1.106	4.756	2.721	2.328	902	3.380	5.312	-30	3.077	1.038	3.705	2.433
var. Arbeiterledigungskosten	€/ha	2.661	531	1.487	1.451	660	371	1.402	2.842	620	1.336	355	3.580	1.295
darunter Handhacke	€/ha	1.960	0	752	850	150	0	551	2.300	0	729	0	3.150	657
dar. var. Maschinenkosten + LU	€/ha	602	511	669	561	476	355	801	469	616	562	330	366	600
dar. Vorreinigung, Verladung	€/ha	98	20	66	40	34	16	51	73	4	45	24	63	38
variable Kosten gesamt	€/ha	3.080	833	1.856	1.763	1.013	665	1.931	3.220	942	1.700	661	3.947	1.679
Deckungsbeitrag	€/ha	4.562	575	3.268	1.271	1.636	531	1.978	2.469	-651	1.738	683	125	1.138

1) Arbeitsgänge bzw. Überfahrten ohne Ernte, Verladen u. Transport

2) teils nach Richtwerten oder nach betrieblichen Angaben berechnet

3) Rübelgeld einschließlich aller Zu- und Abschläge wie Bioprämie, Zuschlag Versuchsanbau, Bonus unkrautfreie Lieferungen, Spät- und Qualitätssicherungsprämien, Verbandsbeitrag, Schmutzfracht, etc.

Tabelle 9: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2020

Parameter	Betrieb	4403	4405	4407	4408	4409	4411	MW
Bio-Status	Status	Umsteller	Öko	Öko	Umsteller	Umsteller	Öko	alle
Anbauumfang	ha	3,67	17,50	10,00	1,88	8,30	2,00	43,35
Ackerzahl	BP		30	30	55	25	22	27
Transportentfernung	km	39	0	0	0	0	0	0
Grundbodenbearbeitung		ohne Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug
Bestellverfahren		Strohmulch	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat	Zf-Mulch	konv. Saat	konv. Saat
Zwischenfruchtanbau		Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	
Saatbettbereitungen	Anzahl	1,0	1,0	1,0	6,0	1,6	2,0	2,1
Umbruch		Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
Striegeln, Scheinbestellungen	Anzahl	2,0	0,9	0,0	1,0	0,0	0,0	0,8
Maschinenhacke	Anzahl	1,0	3,4	9,3	2,0	2,8	2,0	3,2
N-Düngung (min. + org.)	kg/ha	0	42	0	42	0	0	19
N-Saldo (Zufuhr - Abfuhr)	kg/ha	-70	19	-81	-9	-112	-21	-40
Aussaatsmenge	E./ha	1,23	1,23	1,11	1,20	1,23	1,14	1,20
Saatzeitraum (Beginn)	KW	15	13	16	15	17	16	16
Humus-Saldo ³⁾	kg/ha C	0	180	0	800	0	0	107
THG _{Anbau} kg CO ₂ -Äquiv./ha	kg CO ₂ /ha	578	720	923	776	770	604	720
THG _{Anbau} kg CO ₂ -Äquiv./t Polz.	kg CO ₂ /t Polz.	85,6	346,1	122,8	163,6	76,8	141,4	122,8
THG _{gesamt} kg CO ₂ -Äquiv./t Polz.	kg CO ₂ /t Polz.	85,6	346,1	122,8	163,6	76,8	141,4	122,8
Arbeitsgänge gesamt ²⁾	Anzahl	6,0	9,3	15,3	13,0	8,4	7,0	8,8
dar. Bodenbearb., Bestellung	Anzahl	4,0	6,4	14,3	11,0	7,4	6,0	5,7
betriebl. Feldarbeitsstunden ³⁾	h/ha	2,9	32,0	112,6	167,1	28,6	46,1	54,0
dar. Handhacke	h/ha	0,0	25,1	100,0	160,9	20,3	39,5	32,3
Verbrauch Dieselkraftstoff ³⁾	l/ha	103	149	207	137	136	145	164
Naturalertrag, Qualitäten	ME	4403	4405	4407	4408	4409	4411	MW
Rübenenertrag	t RR/ha	38,9	12,5	45,0	28,3	62,3	25,6	33,0
Polarisation	°S.	17,3	16,7	16,7	16,8	16,1	16,7	16,6
Besatz gesamt	%	5,0	10,9	9,2	5,1	4,8	9,8	8,5
Zuckerertrag (Polz.)	t/ha	6,7	2,1	7,5	4,7	10,0	4,3	5,5
Rübenenertrag bei 18 °S.	t RR/ha	37,5	11,6	41,8	26,4	55,7	23,8	30,4
Rübenpreis	€/t RR	76,12	88,98	88,98	73,61	70,71	88,98	80,62
ökonomische Parameter	ME	4403	4405	4407	4408	4409	4411	MW
Erlöse gesamt⁴⁾	€/ha	2.965	1.108	4.004	2.085	4.404	2.278	2.661
Saatgutkosten	€/ha	252	252	227	245	252	232	245
Düngungskosten	€/ha	93	39	101	76	129	41	77
Direktkostenfreie Leistung	€/ha	2.939	721	3.331	1.988	4.498	1.807	2.339
var. Arbeiterledigungskosten	€/ha	328	1.074	2.176	2.967	674	1.260	1.279
darunter Handhacke	€/ha	0	478	1.550	2.494	315	612	747
dar. var. Maschinenkosten + LU	€/ha	328	596	626	473	359	647	532
dar. Vorreinigung, Verladung	€/ha	0	0	0	0	0	0	0
variable Kosten gesamt	€/ha	672	1.365	2.553	3.288	1.094	1.533	1.620
Deckungsbeitrag	€/ha	2.293	-257	1.451	-1.203	3.310	745	1.041

3) nach Richtwerten berechnet für die betriebsspezifischen Verfahrensangaben;

4) Rübelgeld einschließlich aller Zu- und Abschläge und Prämien, Boni, Verbandsbeitrag, Schmutzfracht, Malus Kopfanteil, Vertragsstrafe etc.

5) Erlöse bzw. Deckungsbeitrag standardisiert bei einem einheitlichen, durchschnittlichen Rübenpreis von 80,62 €/t RR);

Tabelle 10: Jahresergebnis der Testanbaus Öko-Zuckerrüben 2019

Parameter	Betrieb	4400	4401	4403	4405	MW	Median
Standortkriterien	Region	Nord	Süd	Ost	Süd		alle
Anbauumfang	ha	2,10	5,00	2,59	10,00	19,69	19,69
Anbauer	Anzahl	1	1	1	1	4	4
Ackerzahl	BP	38	43	34	40	40	39
natürliche Standorteinheit	D	4	4	3	4		D4
Transportentfernung	km	90	61	39	80	71	66
verfahrenstechn. Parameter	ME	4400	4401	4403	4405	MW	Median
Grundbodenbearbeitung		mit Pflug	mit Pflug	ohne Pflug	mit Pflug	mit Pflug	mit Pflug
Bestellverfahren		konv. Saat	konv. Saat	Strohmulch	konv. Saat	konv. Saat	konv. Saat
Zwischenfruchtanbau		Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Saatbettbereitungen	Anzahl	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0
Umbruch		Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Striegeln, Scheinbestellungen	Anzahl	0,0	0,0	1,0	0,8	0,5	0,8
Maschinenhacke	Anzahl	4,0	2,4	3,0	3,0	3,0	3,0
N-Düngung (min. + org.)	kg/ha	0	52	0	42	35	35
N-Saldo (Zufuhr - Abfuhr)	kg/ha	-41	-10	-50	5	-11	-11
Aussaatmenge	E./ha	1,27	1,39	1,23	1,54	1,43	1,43
Saatzeitraum (Beginn)	KW	14	17	17	21	19	19
Humus-Saldo ³⁾	kg/ha C	-634	-342	-605	-466	-471	-471
THG _{Anbau} kg CO ₂ -Äquiv./ha	kg CO ₂ /ha	774	988	2.509	790	1.065	1.065
THG _{Anbau} kg CO ₂ -Äquiv./t Polz.	kg CO ₂ /t Polz.	200,0	151,9	28,5	226,3	178,6	178,6
THG _{gesamt} kg CO ₂ -Äquiv./t Polz.	kg CO ₂ /t Polz.	235,6	173,8	43,1	257,9	205,9	205,9
Arbeitsgänge gesamt ²⁾	Anzahl	10,0	7,4	7,0	9,0	8,4	8,4
dar. Bodenbearb., Bestellung	Anzahl	10,0	6,4	6,0	7,3	7,2	7,2
betriebl. Feldarbeitsstunden ³⁾	h/ha	188,3	189,3	4,0	110,7	124,9	124,9
dar. Handhacke	h/ha	180,0	185,0	0,0	104,0	119,0	119,0
Verbrauch Dieselkraftstoff ³⁾	l/ha	190	187	170	198	191	191
Naturalertrag, Qualitäten	ME	4400	4401	4403	4405	MW	Median
Rübenenertrag	t RR/ha	22,5	34,4	27,7	20,3	25,1	25,1
Polarisation	°S.	17,4	18,9	17,4	17,2	17,7	17,7
Besatz gesamt	%	3,5	5,5	9,0	4,0	5,0	5,0
Zuckerertrag (Polz.)	t/ha	3,9	6,5	4,8	3,5	4,5	4,5
Rübenenertrag bei 18 °S.	t RR/ha	21,5	36,2	26,8	19,4	24,9	24,9
Rübenpreis	€/t RR	95,37	71,16	71,47	95,10	85,94	85,94
ökonomische Parameter	ME	4400	4401	4403	4405	MW	Median
Erlöse gesamt⁴⁾	€/ha	2.147	2.450	1.979	1.931	2.092	2.092
variable Kosten gesamt	€/ha	3.811	3.967	982	2.469	2.797	2.797
Saatgutkosten	€/ha	250	273	243	303	282	282
Düngungskosten	€/ha	66	91	74	62	71	71
Direktkostenfreie Leistung	€/ha	1.831	2.086	1.662	1.566	1.739	1.739
var. Arbeitserledigungskosten	€/ha	3.495	3.602	665	2.104	2.443	2.443
darunter Handhacke	€/ha	2.790	2.868	0	1.392	1.733	1.733
dar. var. Maschinenkosten + LU	€/ha	678	693	632	687	680	680
dar. Vorreinigung, Verladung	€/ha	27	41	33	24	30	30
Deckungsbeitrag	€/ha	-1.664	-1.516	997	-538	-704	-704
Lohnansatz⁶⁾	€/ha	108	56	52	87	77	77
Deckungsbeitrag abz. Lohnansatz	€/ha	-1.772	-1.572	945	-625	-781	-781

1) \sum verwendete Menge/max.zugelassene Menge \times beh. Fläche/Anbaufläche; 2) Arbeitsgänge bzw. Überfahrten ohne Ernte, Verladen u. Transport;
 3) nach Richtwerten berechnet für die betriebsspezifischen Verfahrensangaben;
 4) Rübengeld einschließlich Biogasrüben sowie aller Zu- und Abschläge und Prämien, Boni, Verbandsbeitrag, Schmutzfracht, Malus Kopfanteil, Vertragsstrafe etc.
 5) Erlöse bzw. Deckungsbeitrag standardisiert auf einheitliche Vertragserfüllung (Erlös und DB bei mittlerer Vertragserfüllung von 100 %); k.A. keine Angabe.
 6) Lohnansatz in Höhe von 13 €/ha (außer für bereits entlohnte AKh (z.B. Saison-AK für Handhacke);

Tabelle 11: Erfassungsmaske für die mechanische Unkrautregulierung im Testanbau Öko-Zuckerrüben

Jahr		Schlaggröße	Fläche	Datum	Bestellung/Aussaat				Unkrautregulierung mechanisch/manuell										Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung													
Betrieb	2022				ZR-Stadium	Schein-Bestellung	Ablagetiefe	Entf. i.d.R.	Striegel					Hacktechnik					SFS	Handhacke	Grundbodenbearbeitung					Saatbettbereitung						
Nr.	ha	ha	TT.MM.	BBOH	AKh	DK	cm	cm	VANA	ID	%	ha	AKh	DK	ID	%	ha	AKh	DK	ID	%	AKh	ID	%	ha	AKh	DK	ID	%	ha	AKh	DK
Erzeugung von Biorüben nach Bio Suisse Richtlinien Pflugvariante mit 45 cm Reihenabstand bei Aussaat Herbst bzw. Frühjahrsfurche je nach Bodenart																																
									0	1	Einböck						1	HSR	6	FarmDroid	0	ohne	0	ohne Pflug						0	Kreisleupe	
									1	2	Hatzenbüchler						2	WM	7	AT	1	mit GPS	1	mit Pflug						1	Kombination	
									VA:0	3	Treffler						3	GS	8	RF	2	manuell						2	Walze			
									NA:1	4	sonstiger						4	FH	9	walzen						3	Klünder					
										5	Sternstriegel						5	RS	0	ohne Angaben												
Striegel Hacke SFS																																
									0	0%	0,0	0,0	0,0	0	0%	0,0	0,0	0,0	0	0,00	#DIV/0!	0	0%	0,00	0,00	0,0	1	0%	0,00	0,00	0,0	

Tabelle 12: Feldversuch zur mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau 2019, Versuchsstation Gülzow

Stufenbeschreibung: Aussaat **Mitte April**

PG-Nr.	Prüfglieder
1	Ablagetiefe 6 cm + VA Striegeln/ NA Striegeln/ Hacken (Schar- und Fingerhacke)
2 S	Ablagetiefe 3 cm + VA Striegeln/ NA Striegeln/ Hacken (Schar- und Fingerhacke)

Stufenbeschreibung: Aussaat **Ende April**

3	vor Saat zum Zeitpunkt der ersten Aussaat eine Blindsaat, Ablagetiefe 3 cm + VA Striegeln/ NA Striegeln/ Hacken (Schar- und Fingerhacke)
4 S	Ablagetiefe 3 cm + VA Striegeln/ NA Striegeln/ Hacken (Schar- und Fingerhacke)
5	Ablagetiefe 6 cm + VA Striegeln/ NA Striegeln/ Hacken (Schar- und Fingerhacke)
6 S	Ablagetiefe 3 cm + VA Striegeln/ NA Striegeln/ Hacken (Schar- und Fingerhacke)

S = Standard muss wegen der statistischen Auswertung mitlaufen, nur eine Mischprobe für Untersuchungen

Hinweise zur Versuchsdurchführung:

- Umbruch der Zwischenfrucht ca. 01.04.
- Einschlitten der Gärreste etwa 1 Woche später
- Saatbettbereitung und Aussaat 7-10 Tage nach dem Ausbringen der Gärreste für alle PG
- Sorte: Annarosa (KWS)
- Aussaatmenge: EKS Endablage 12 kf. Körner/m², 18 cm Ablageabstand in der Reihe
- Ablagetiefe: siehe PG
- Reihenweite: 45-50 cm
- Parzellengröße: 1,5 x 12 m zur Aussaat, 1,5 x 9 m zur Ernte
- keine mineralische Düngung und keine PSM
- Aussaat und Pflege: LFA
- Ernte und Laboranalysen: Zuckerrüben Anklam, LUFA

Anlageplan Langparzellenanlage A-BI 7/4/1

R4	1	2	3	4	5	6
R3	1	2	3	4	5	6
R2	1	2	3	4	5	6
R1	1	2	3	4	5	6

Variante	Aussaat	SR	RR	Polz.	Kalium	Natrium	Amino	RR bei 18 °S	Zuckerertrag		
									kg	kg	°S
21 VA Striegeln	NA	16,2	14,9	16,0	39,5	3,6	10,7	29,4	5,30	3,75	
22 2x Hacken	MA 3 cm	12,7	11,7	16,0	40,3	3,9	11,7	23,0	4,14		
23		5,9	5,4	15,2	49,1	4,1	10,4	10,1	1,82		
31 Blindsaat+VA+2xNA		11,0	9,3	15,8	43,0	3,8	10,9	18,1	3,27	2,04	
32 VA Striegeln	EA 3 cm	6,2	5,3	14,7	50,0	4,4	11,9	9,6	1,72		
33 NA 2x Hacken		4,0	3,4	14,8	50,4	4,4	10,5	6,3	1,13		
51 Handhacke	EA 6 cm	33,1	30,7	16,3	36,6	3,2	9,5	61,7	11,11		
52 VA Striegeln	NA	2,7	2,6	15,7	46,3	3,8	16,2	5,1	0,91	1,09	
53 2x Hacken	EA 6 cm	4,5	3,8	14,8	46,9	3,7	9,8	7,0	1,26		
Median (ohne Handhacke)		4,5	3,8	14,8	46,9	3,8	10,9	7,0	1,26		
25% beste mech. UKR									26,2	4,72	

Striegeln: Treffler; Hacken: Schar- und Fingerhacke.

EA: 30. April; MA: 16. April; Ablagetiefe in cm.

Tabelle 13: Ergebnisse der mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau 2021

Arbeitsgang, Technik	ha	AKh	DK	h/ha*	DK/ha
Striegeln					
2 Hatzenbichler	18,0	4,0	35,0	0,22	1,94
3 Treffler					
Hacktechnik (ohne Farm Droid)	409,1	284,0	1.026,0	0,69	2,51
ohne Angaben manuell					
1 Hackschutzrollen ohne SFS	78,0	72,0	190,0	0,92	2,43
1 Hackschutzrollen mit SFS/GPS	57,0	44,0	168,0	0,77	2,95
1 Hackschutzrollen manuell					
3 Gänsefußschare ohne SFS	45,1	41,5	125,0	0,92	2,77
3 Gänsefußschare mit SFS/GPS	141,0	60,5	333,0	0,43	2,36
3 Gänsefußschare manuell					
4 Fingerhacke ohne SFS	20,0	24,0	20,0	1,20	1,00
4 Fingerhacke mit GPS	68,0	42,0	190,0	0,62	2,79
6 Farm Droid (2 Stück)*	57,8	1.976,0		28,88	

* bei Farm Droid ha-Leistung/Stück

Tabelle 14: Ergebnisse der mechanischen Unkrautregulierung im ökologischen Zuckerrübenanbau 2019 bis 2021

Arbeitsgang, Technik	ha	AKh	DK	h/ha*	DK/ha
Striegeln	193,0	48,0	376,0	0,25	1,95
2 Hatzenbichler	65,3	15,5	171,0	0,24	2,62
3 Treffler	127,7	32,5	205,0	0,25	1,61
Hacktechnik (ohne Farm Droid)	690,7	530,4	2.116,3	0,77	3,06
ohne Angaben manuell	12,0	7,5	21,0	0,63	1,75
1 Hackschutzrollen ohne SFS	88,0	84,0	235,0	0,95	2,67
1 Hackschutzrollen mit SFS/GPS	86,5	50,0	174,0	0,58	2,01
1 Hackschutzrollen manuell	71,6	85,7	300,0	1,20	4,19
3 Gänsefußschare ohne SFS	70,8	61,0	214,0	0,86	3,02
3 Gänsefußschare mit SFS/GPS	239,5	128,0	753,3	0,53	3,15
3 Gänsefußschare manuell	38,1	35,7	160,0	0,94	4,20
4 Fingerhacke ohne SFS	20,0	24,0	20,0	1,20	1,00
4 Fingerhacke mit GPS	76,3	62,0	260,0	0,81	3,41
6 Farm Droid (2 Stück)*	57,8	1.976,0		28,88	

* bei Farm Droid ha-Leistung/Stück

Tabelle 15: Kontaktdaten der Aussteller des Rübentages 2022



Ansprechpartner Technikaussteller Rübentag 2022

A.	Hersteller:	Zürn Harvesting GmbH & Co.KG	Modell:	Unkrautschneider
	Ansprechpartner:	Samuel Siegling	Telefon:	0151 17128311
	Mail:	samuel.siegling@zuer.de		
B.	Hersteller:	Profi-Agrartechnik e.K.	Modell:	CombCut
	Ansprechpartner:	Siegfried Mantel	Telefon:	0170 3883033
	Mail:	s.mantel@profiagrartechnik.de		
C.	Hersteller:	Klünder Agrarmaschinen	Modell:	Unkrautzupfer
	Ansprechpartner:	Herr Klünder	Telefon:	0172 4021725
	Mail:	kluenderagrار@gmail.com		
1.	Hersteller:	COMEB	Modell:	Reihenfräse
	Ansprechpartner:	Werksvertretung: Wolfgang Krüger	Telefon:	0176 10165905
	Mail:	jahaseco@t-online.de		
2.	Hersteller:	GST Dänmark	Modell:	GST Biostar
	Ansprechpartner:	Rene Becker	Telefon:	0173 5243014
	Mail:	rene@gstdenmark.com		
3.	Hersteller:	Horsch Maschinen GmbH	Modell:	Transformer 6VF
	Ansprechpartner:	Johannes Schmidt	Telefon:	0151 44051736
	Mail:	johannes.schmidt@horsch.com		
4.	Hersteller:	Hatzenbichler	Modell:	12 reihig
	Ansprechpartner:	Rene Reuter	Telefon:	0160 90853553
	Mail:	renereuther@kotschenreuther.eu		
5.	Hersteller:	Schmotzer H. GmbH & Co.KG	Modell:	mit Bandspritze
	Ansprechpartner:	Michael Müller	Telefon:	0160 90236422
	Mail:	Michael.Mueller@schmotzer-hat.de		
6.	Hersteller:	Maschinefabrik Steketee B.V.	Modell:	IC-Weeder8 6-reihig
	Ansprechpartner:	Heiko Breitsprecher	Telefon:	0172 2931199
	Mail:	breitsprecher@lemken.com		
7.	Hersteller:	Carre	Modell:	Econet 12-reihig
	Ansprechpartner:	Theo Thöle	Telefon:	0170 9203216
	Mail:	thoele.theo@abc-bruns.de		

Tabelle 16: Kontaktdaten der Aussteller des Rübentages 2022



8.	Hersteller:	Einböck GmbH	Modell:	CHOPSTAR
	Ansprechpartner:	Eike Pape	Telefon:	0175 6421880
	Mail:	e.pape@einboeck.at		
	Ansprechpartner:	Werksvertretung: Peter Michael	Telefon:	0171 7306866
	Mail:	peter.michael@milde-gmbh.de		
	Ansprechpartner:	Jörg Egerer	Telefon:	0176 11220001
	Mail:	joerg.egerer@milde-gmbh.de		
9.	Hersteller:	K.U.L.T. Kress U. L. GmbH	Modell:	12-reihig
	Ansprechpartner:	Carsten Prüße	Telefon:	0151 56761426
	Mail:	cp@kress-landtechnik.de		
10.	Hersteller:	Volmer pvactic	Modell:	PV Hacke 12-reihig
	Ansprechpartner:	Peter Volmer	Telefon:	0151 23722198
	Mail:	info@pvactiv.de		
	Ansprechpartner:	Jörn Honermeier	Telefon:	03845 220726
	Mail:	j.honermeier@t-online.de		
11.	Hersteller:	Cavalleretti Group	Modell:	12-reihig
	Ansprechpartner:	Werksvertretung: Wolfgang Krüger	Telefon:	0176 10165905
	Mail:	jahaseco@t-online.de		
12.	Hersteller:	Leibing Maschinenbau GmbH	Modell:	Fronthacke
	Ansprechpartner:	Dieter Leibing	Telefon:	07340 929737
	Mail:	dieter.leibing@googlemail.com		
13.	Hersteller:	Maschinefabrik Stekete B.V.	Modell:	IC-Weeder 6-reihig
	Ansprechpartner:	Heiko Breitsprecher	Telefon:	0172 2931199
	Mail:	breitsprecher@lemken.com		
14.	Hersteller:	Farming Revolution GmbH	Modell:	Farming GT
	Ansprechpartner:	Timo Grupp	Telefon:	0152 07772850
	Mail:	timo.grupp@farming-revolution.com		
15.	Hersteller:	FARMDROID ApS	Modell:	FD 20
	Ansprechpartner:	Werksvertr.: Solar-Energie Andresen GmbH	Telefon:	04662 882660
	Mail:	info@solar-andresen.de		
16.	Hersteller:	Schmotzer H. GmbH & Co.KG	Modell:	Verbandhacken
	Ansprechpartner:	Michael Müller	Telefon:	0160 90236422
	Mail:	Michael.Mueller@schmotzer-hat.de		
17.	Hersteller:	AMAZONEN-W. H. DREYER SE & Co. KG	Modell:	Bandspritze
	Ansprechpartner:	Nicolas Sommer	Telefon:	0170 3326792
	Mail:	Nicolas.Sommer@amazone.de		