



SWISS FUTURE FARM



Jahresbericht 2020



Der Betrieb

Betriebsgrösse

81 ha landwirtschaftliche Nutzfläche

55 ha Ackerkulturen

20 ha Naturwiese

6 ha Biodiversitätsflächen

Milchviehstall

Rindviehbestand Tänikon:

Gesamthaft 98 Milchkühe

2/3 Braunvieh, 1/3 Red Holstein und Holstein

Haltung der Kühe:

Der Betrieb stellt die Versuchsställe für verschiedene Versuche seitens Agroscope und der Swiss Future Farm zur Verfügung.

- Zwei Standorte mit Milchviehställen: Emmisionsversuchsstall Waldegg & Milchviehstall Tänikon
- Kühe werden zweimal täglich mit einem 2x5-Fischgräten-Melkstand gemolken
- Freilaufstall mit Hoch- und Tiefboxen mit Strohmattmatratze und permanent zugänglichem Laufhof

Aufzucht:

- Einzelhaltung in Iglus mit Auslauf
- Milch zur freien Verfügung
- Aufzucht-kälber verlassen den Betrieb nach 3 Wochen und verbringen die Zeit bis 4 Wochen vor der ersten Abkalbung auf zwei Partnerschaftsbetrieben und auf der Alp

Schweine-stall

Anzahl Tiere:

60 Zuchtschweine

1 Eber

Anzahl Plätze:

120 Mastplätze

200 Aufzuchtspätze

18 Abferkelbuchten

Schaf- und Ziegenstall

Schafe:

24 Lacaune

4 Ostfriesen

Ziegen:

11 Gemsfärbige

13 Saanen

3 Hybriden

Das Ziel

Die Swiss Future Farm macht moderne Precision-Farming-Technologien für eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Landwirtschaft sichtbar, greifbar und verständlich:

- Praxisorientierte Feldversuche werden vor Ort durchgeführt und öffentlich vorgestellt.
- Digitales Farm-Management wird beispielhaft und praxisorientiert auf unserem Landwirtschaftsbetrieb umgesetzt.
- Forschungs- und Entwicklungsergebnisse werden im praktischen Einsatz angewendet.
- Innovatives Zusammenwirken von privaten Agrarunternehmen und öffentlicher Bildung und Beratung.
- Tänikon als Treffpunkt für die Landwirtschaft.

Die Partner



AGCO International GmbH

Führender Hersteller von Hightech-Lösungen für Landwirte.
Marken: Fendt, Challenger, GSI, Massey Ferguson, Valtra.



Arenenberg

Landwirtschaftliches Bildungs- und Beratungszentrum des Kantons Thurgau mit drei Schul- und Versuchsbetrieben.



GVS Agrar AG

Marktführender Importeur von Landtechnik in der Schweiz.
Import, Vertrieb und Service für alle AGCO-Marken.

Vorwort

Auch vor uns auf der Swiss Future Farm haben die Beschränkungen für Öffentlichkeitsarbeit und Veranstaltungen durch das Coronavirus in 2020 nicht Halt gemacht. Deshalb freuen wir uns umso mehr, Ihnen auf diesem Wege die von unserem engagierten SFF Operating Team (Vivienne Oggier, Florian Abt, Raphael Bernet, Dr. Nils Zehner) und deren Kollegen erfolgreich abgeschlossenen Aktivitäten im folgenden Bericht zu präsentieren.

Unseren Landwirten im Auftrag der Forschung und im Sinne der nachhaltigen Bewirtschaftung der Betriebe zur Seite zu stehen, um die Lebensmittelversorgung effizient und ressourcenschonend sicherzustellen, ist und bleibt unsere Kernaufgabe. Um dies zu gewährleisten, setzen wir allerneueste Maschinen und Technologien ein, führen Versuche zu aktuellen landwirtschaftlichen Fragestellungen durch, wie z. B. Düngungseffizienz, Pflanzenschutzmittelreduzierung und bodenschonender Bewirtschaftung. Wir schulen Junglandwirtinnen und Junglandwirte auch im Bereich der Tierhaltung und engagieren uns sehr im Bereich der digitalen Betriebsführung.

Die ausgeführten, praxisorientierten Feldversuche dienen z. B. der Untersuchung von Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung im Mais, Variable Rate N-Düngung im Winterweizen und dem Einsatz innovativer Saattechnik für Zuckerrüben, um hier nur einige zu nennen. Mehr dazu finden Sie im Kapitel Feldversuche.

Die Schulungen fanden in 2020 soweit möglich in unseren Schulungsräumen auf dem SFF-Betriebsgelände statt. Nachdem die persönliche Anwesenheit durch das Coronavirus bedingt eingeschränkt werden musste, haben wir kurzerhand entschlossen und voller Energie mit dem virtuellen Schulungsbetrieb begonnen, welcher zielgruppengerecht umgesetzt und mit sehr hoher Akzeptanz angenommen wurde.

In einer Gesamtbetrachtung war das Jahr 2020, trotz der zusätzlichen Herausforderungen, wieder ein sehr erfolgreiches Jahr, wofür wir uns an dieser Stelle beim gesamten SFF-Team bedanken.

Nun wünschen wir Ihnen viele interessante Eindrücke und Erkenntnisse bei der Durchsicht der nachfolgend im Detail beschriebenen Aktivitäten und Ergebnisse. Diese wurden im Namen und Auftrag der SFF-Verantwortlichen und assoziierten Partner durchgeführt, um den Forschungs- und Bildungsauftrag unserer Partnerschaft zu garantieren.

Bernhard Schmitz
AGCO

Martin Huber
Arenenberg

Nicolas Helmstetter
GVS Agrar AG

Inhaltsverzeichnis

1	Versuche.....	7
1.1	Swiss-Future-Farm-Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Ablagetiefe über zwei Jahre.....	7
1.2	Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Flüssigdüngung über zwei Jahre	11
1.3	Zuckerrüben 2019-2020 – Schardruckstudie über zwei Jahre	15
1.4	Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2020 – Schliessdruckstudie	19
1.5	Swiss Future Farm – Silomais 2020 – Studie zu variablen Saatstärken	23
1.6	Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Ablagetiefe über zwei Jahre.....	29
1.7	Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Flüssig-düngung über zwei Jahre	33
1.8	Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2019-2020 – Schardruckstudie über zwei Jahre	37
1.9	Ortsspezifische Stickstoffdüngung im Winterweizen unter Einbezug von Drohnen- und Bodendaten.....	41
1.10	Unkrautbekämpfungsstrategien im Silomais in der Übersicht: Herbizidreduziert, herbizidfrei und konventionell chemisch.....	49
1.11	Cover-Crop-Banding mit hoher Lenksystemgenauigkeit: Smarte Vorbereitung auf die Direktsaat von Mais	59
1.12	Tiefendüngung im Raps.....	64
2	Digitales Betriebsdatenmanagement	72
2.1	Innenwirtschaft	72
2.2	Aussenwirtschaft – Erste Tests im Bereich der Automatisierung	74
3	Öffentlichkeitsarbeit	76
3.1	Besucherprogramm	76
3.2	Swiss-Future-Farmtag 2020.....	78
3.3	Innovationsforum Ernährungswirtschaft.....	79
3.4	Externe Vorträge durch Vertreter der Swiss Future Farm	79

3.5 Swiss Crop Tour.....	79
4 Schulungen und Weiterbildung	81
4.1 Aktivitäten im Wissenstransfer Arenenberg	81
5 Links	84
5.1 Websites.....	84
5.2 Social Media	84
6 Impressum	85

1 Versuche

1.1 Swiss-Future-Farm-Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Ablagetiefe über zwei Jahre

Ziel

Das Ziel dieser Studie war die Analyse des Ertrags bei Zuckerrüben, die mit unterschiedlichen Ablagetiefen ausgesät wurden. Dabei kam eine Sämaschine von Precision Planting mit der Schardruckregelung DeltaForce™ zum Einsatz.

Aufbau der Studie:

Die Studie wurde auf der Swiss Future Farm als Streifenversuch durchgeführt. Folgende Ablagetiefen wurden geprüft:

- 2.5 cm (Standard)
- 3.8 cm (leicht tiefer)
- 6.4 cm (tief)

Die gesamte Aussaat erfolgte unter Einsatz der automatischen Schardruckregelung DeltaForce mit einem Schardruck von 45 kg und mit einer Saattiefe von 100'000 Pflanzen pro Hektar, um eine einheitliche Ablagetiefe zu gewährleisten. Die Aussaat erfolgte am 28. März 2019 und am 6. April 2020. Der Versuchsstreifen für 2019 befand sich auf einer Fläche mit heterogenen Bodenbedingungen, während der Versuch 2020 auf einer Parzelle mit homogenen Bodenverhältnissen durchgeführt wurde. Der Versuch wurde unter schwierigen Bedingungen gesät, da wir während der Zuckerrübenaussaat zwischen Mitte März und Mitte April 2020 ein aussergewöhnlich trockenes Frühjahr mit sehr wenig Regen erlebten. Die Niederschlagssumme erreichte mit 10 mm für 2020 nicht einmal einen Fünftel der Werte für unseren Standort in der Nordostschweiz aus den Jahren 2018 und 2019, als 64 bzw. 55 mm Niederschlag fielen (Abbildung 1).

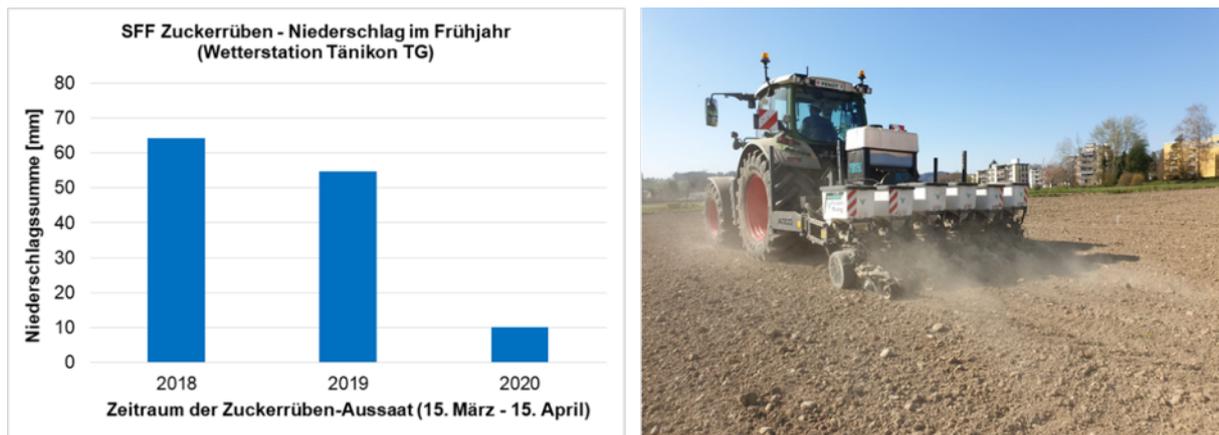


Abbildung 1: Niederschläge während der Zuckerrübenaussaat auf der Swiss Future Farm 2018-2020 (links) und Aussaat der Zuckerrübe unter trockenen Bedingungen mit einer Sämaschine mit FurrowForce von Precision Planting im April 2020 (rechts).

Ergebnisse

Die Versuchsstreifen wurden am 1. Oktober 2019 (188 Tage nach der Aussaat) bzw. am 9. Oktober 2020 (187 Tage nach der Aussaat) gerodet. In unserer Studie konnte bei einer Änderung der Ablagetiefe von 2.5 auf 3.8 cm bei Zuckerrüben ein Mehrertrag von 5.6 % (2019) bzw. 11.8 % (2020) erzielt werden (Abbildung 2).

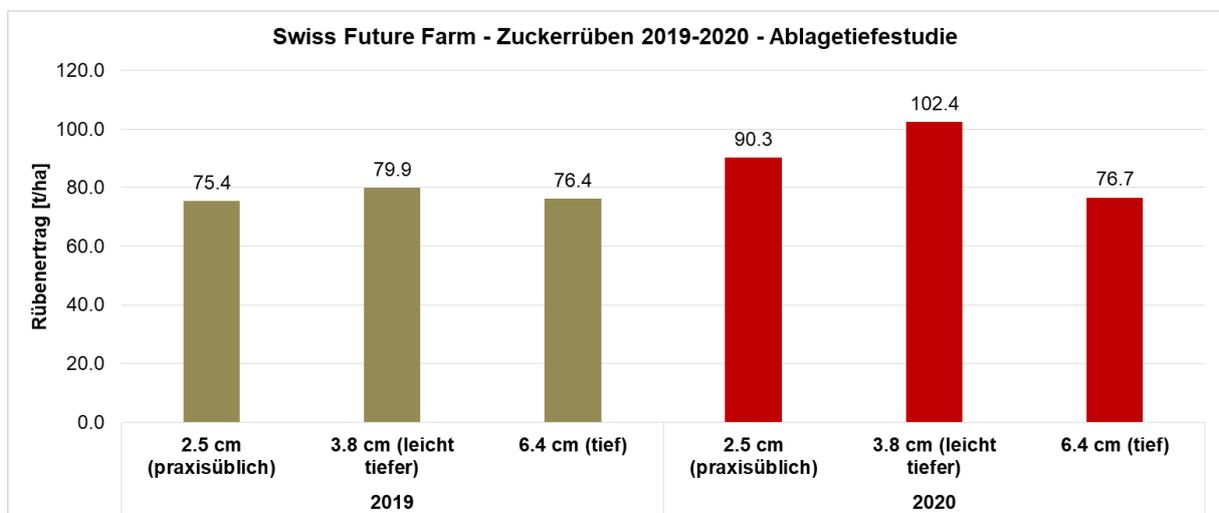


Abbildung 2: Zuckerrübenenerträge während der Ablagetiefenstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.

Der generelle Unterschied im Zuckergehalt zwischen den beiden Studienjahren ist auf unterschiedliche Zuckerrübensorten zurückzuführen, da wir 2019 eine Sorte mit allgemein bestätigtem hohem Zuckergehalt (Strube Strauss) verwendeten, 2020 jedoch eine Sorte mit allgemein bestätigten geringeren Zuckergehalten (KWS Smart Belamia) ausgesät wurde (Abbildung 3).

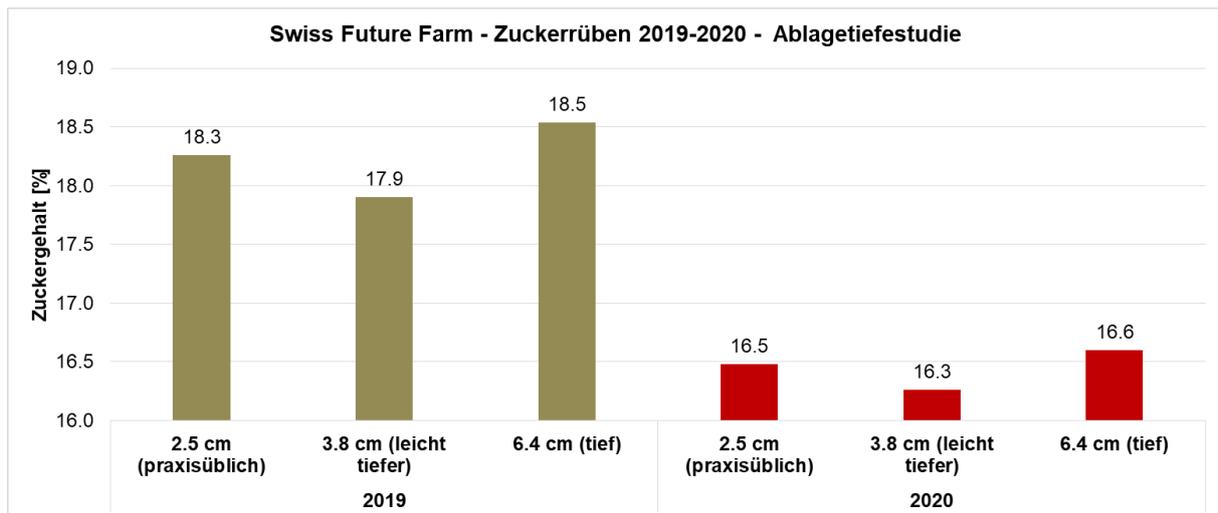


Abbildung 3: Zuckergehalte während der Ablagetiefenstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.

In unserer Studie konnte bei einer Änderung der Ablagetiefe von 2.5 auf 3.8 cm der Zuckerertrag um 3.9 % (2019) bzw. 9.6 % (2020) gesteigert werden (Abbildung 4).

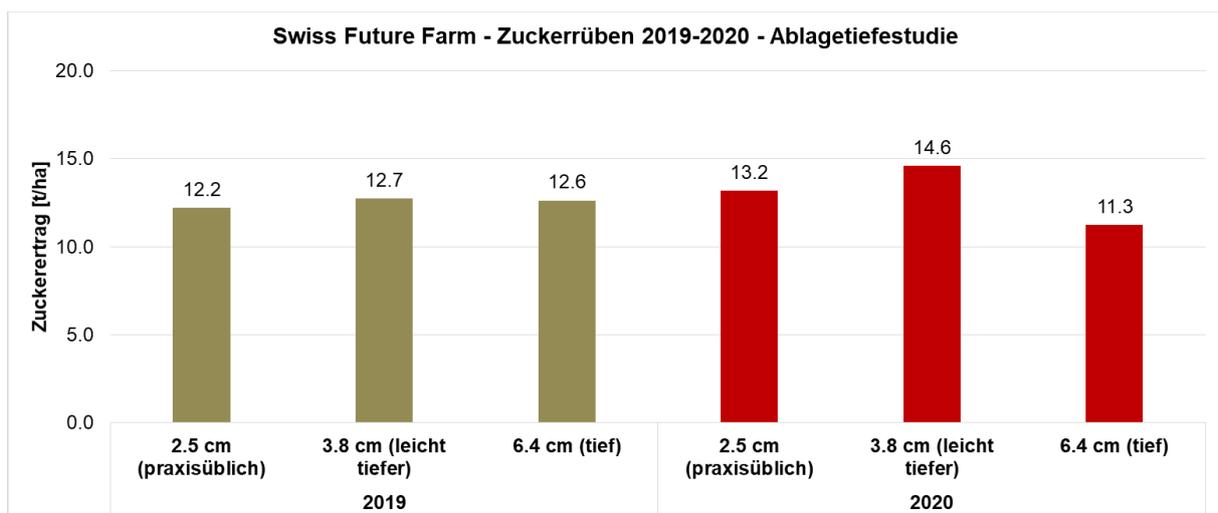


Abbildung 4: Zuckerertrag während der Ablagetiefenstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.

Die Daten aus den beiden Studienjahren zeigen, dass eine leicht tiefere Aussaat (3.8 statt 2.5 cm) sich in Verbindung mit mechanischer Unkrautbekämpfung als vorteilhaft erweisen könnte (Blindstriegeln im Voraufbau), allerdings müssen die Auswirkungen auf den Ertrag in Folgeversuchen weiter untersucht werden. Eine andere potenzielle Einschränkung, die weitere Forschung erfordert, ist die verringerte Wirksamkeit einiger Beizmittel für Zuckerrüben in Verbindung mit einer tieferen Saatgutablage.



Abbildung 5: SmartFirmer von Precision Planting zur Messung der Bodenfeuchte in der Saatfurche (links) und SmartDepth von Precision Planting zur Echtzeitanpassung der Ablagetiefe entsprechend der Bodenfeuchte (rechts).

Ökonomische Betrachtung

Auf der Grundlage der Daten von 2020 zum Gelderlös unserer Studie konnte bei Zuckerrüben, die mit einer leicht tieferen Ablagetiefe von 3.8 cm gesät wurden, ein Mehrerlös von 490.00 CHF/ha im Vergleich zur Standard-Ablagetiefe von 2.5 cm erzielt werden. Eine zu tiefe Ablage bei 6.4 cm führte zu Ertragseinbussen von 1069.00 CHF/ha bzw. 579.00 CHF/ha im Vergleich zu den Ablagetiefen von 3.8 bzw. 2.5 cm (Abbildung 6).

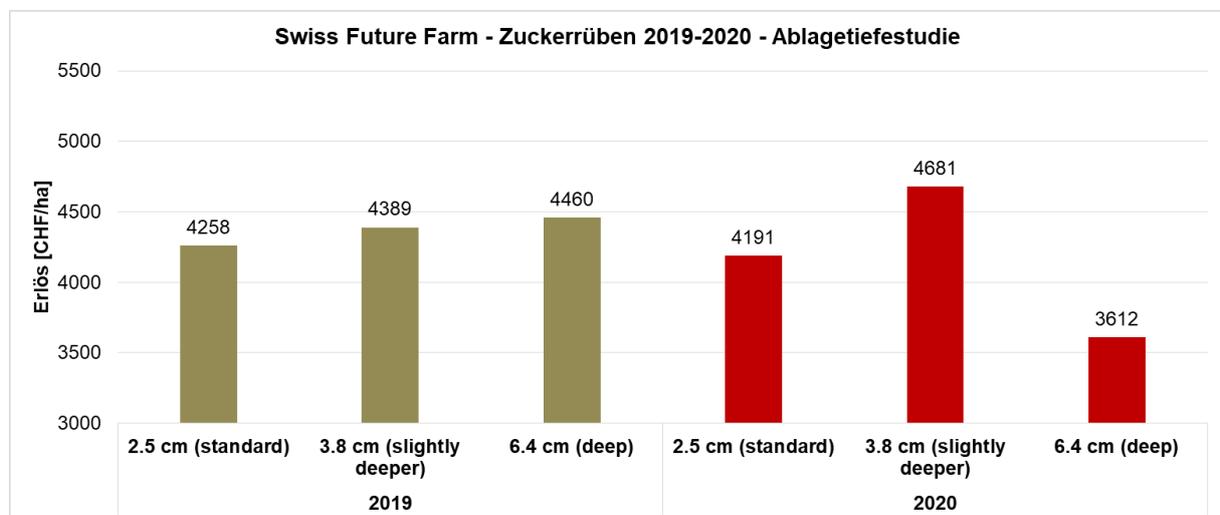


Abbildung 6: Während der Ablagetiefenstudie bei Zuckerrüben 2019-2020 der SFF erzielte Erlöse auf den Versuchstreifen.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Annahmen beruhen auf den Bedingungen des Schweizer Zuckerrübenanbau- und Liefervertrags zwischen der Schweizer Zucker AG und dem Schweizerischen Verband der Zuckerrübenpflanzer von 2021.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm in Zusammenarbeit mit der Ackerbau-Beratung Arenenberg und der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau durchgeführt.

1.2 Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Flüssigdüngung über zwei Jahre

Ziel

Ziel der Studie war der Vergleich der Pflanzenentwicklung und des Ertrags bei Zuckerrüben, die unter Einsatz der Systeme FurrowJet™ und FlowSense™ von Precision Planting mit zwei verschiedenen Flüssigdüngern als Startgabe bzw. ohne Flüssigdünger ausgesät wurden.

Aufbau der Studie

Diese Studie wurde in den Jahren 2019 und 2020 auf der Swiss Future Farm als Streifenversuch durchgeführt. Folgende Düngergaben wurden verglichen:

- Flüssigdünger Kristalon 12-12-36 (ausgebracht mit insgesamt 1,8 kg N/ha, 1,8 kg P₂O₅/ha, 5,4 kg K₂O/ha)
- Flüssigdünger Hasorgan 0-0-5 (ausgebracht mit insgesamt 1,16 kg K₂O/ha)
- keine Düngergabe (Kontrollstreifen)

Im ersten Jahr der Studie wurde am 28. März 2019 eine Fläche mit heterogenen Bodenbedingungen hinsichtlich Struktur, Feuchte und Gehalt an organischer Substanz bestellt. Im zweiten Jahr der Studie wurde am 6. April 2020 eine Parzelle mit homogenen Bodenbedingungen bestellt. Beide Aussattermine liegen innerhalb des für die Zuckerrübenaussaat in der Region üblichen Zeitfensters. Alle Pflanzen wurden in einer Saattiefe von 3.8 cm mit einer Saatstärke von 100'000 Pflanzen pro Hektar gesät, die automatische Schardruckregelung DeltaForce war dabei auf 45 kg eingestellt. Der Flüssigdünger wurde während der Aussaat mit dem Flüssigdünger-Dosiersystem FurrowJet™ und FlowSense™ von Precision Planting ausgebracht.

Ergebnisse

Die Versuchsstreifen wurden am 1. Oktober 2019 (188 Tage nach der Aussaat) bzw. am 9. Oktober 2020 (187 Tage nach der Aussaat) gerodet. Im Vergleich zu den nicht mit Flüssigdünger behandelten Flächen konnte im Studiendurchschnitt auf den gedüngten Flächen in der Zuckerrübe ein um 1.0 % höherer Rübenenertrag erzielt werden (Abbildung 7).

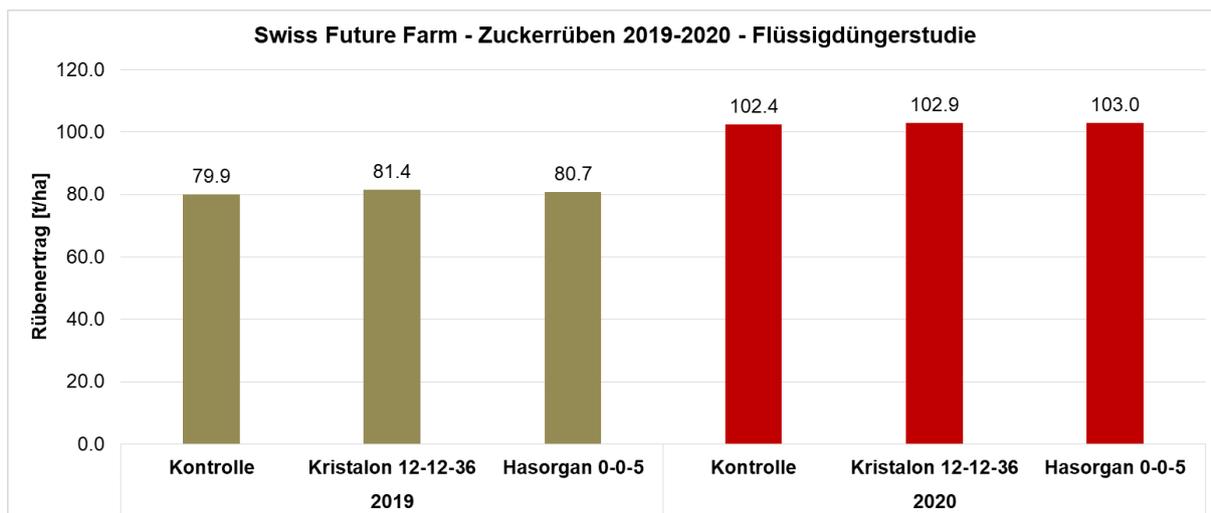


Abbildung 7: Rübenenerträge während der Flüssigdüngerstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.

Der generelle Unterschied im Zuckergehalt zwischen den beiden Studienjahren ist auf unterschiedliche Zuckerrübensorten zurückzuführen, da wir 2019 eine Sorte mit allgemein bestätigtem hohem Zuckergehalt (Strube Strauss) verwendeten, 2020 jedoch eine Sorte mit allgemein bestätigten geringeren Zuckergehalten (KWS Smart Belamia) ausgesät wurde (Abbildung 8).

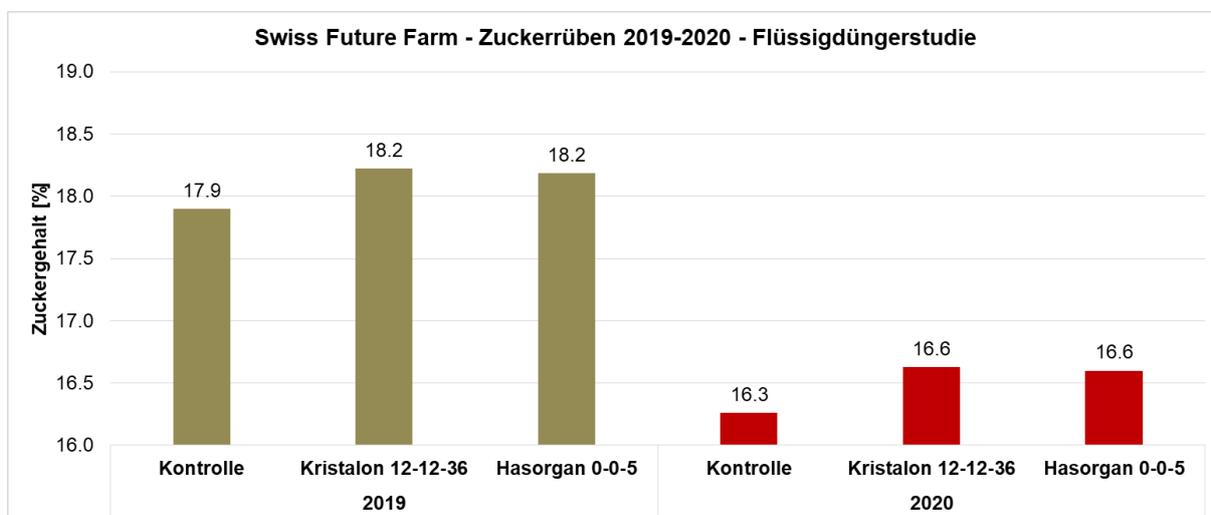


Abbildung 8: Zuckergehalte während der Flüssigdüngerstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.

Im Vergleich zu den Flächen ohne Startgabe konnte im Studiendurchschnitt auf den mit Flüssigdünger gedüngten Versuchstreifen bei Zuckerrüben ein um 3.2 % höherer Zuckerertrag erzielt werden (Abbildung 9).

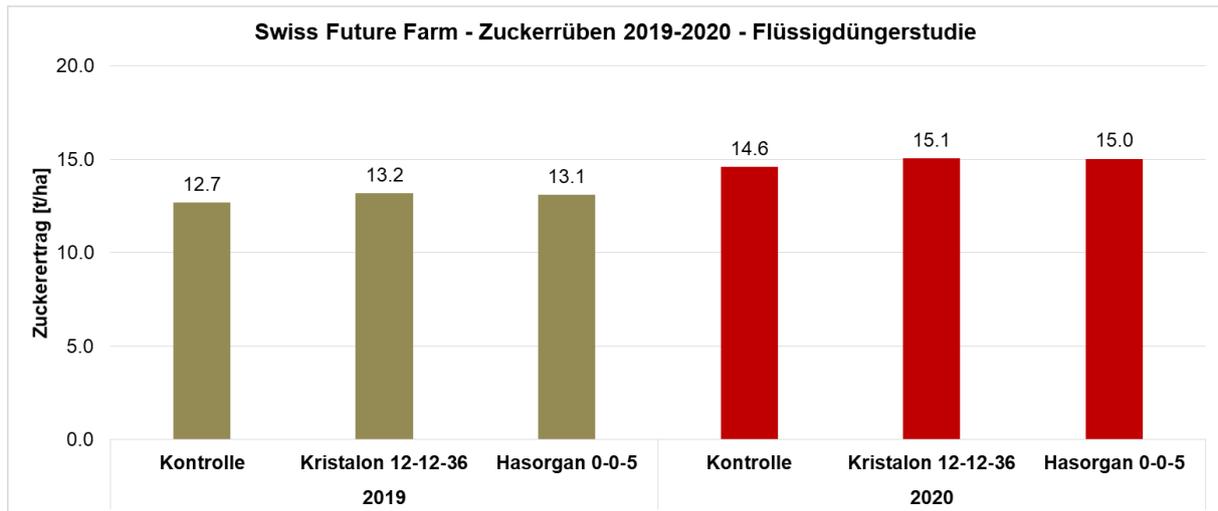


Abbildung 9: Zuckererträge während der Flüssigdüngerstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.



Abbildung 10: Für die Aussaat auf den Versuchsstreifen wurde eine Sämaschine von Precision Planting mit dem Flüssigdüngersystem FurrowJet eingesetzt.

Ökonomische Betrachtung

In der Gesamtbetrachtung beider Jahre der Studie beläuft sich der Mehrerlös durch die Startgabe von Flüssigdünger mit den Systemen FurrowJet und FlowSense von Precision Planting bei Zuckerrüben auf 164.00 bis 207.00 CHF/ha (Abbildung 11).

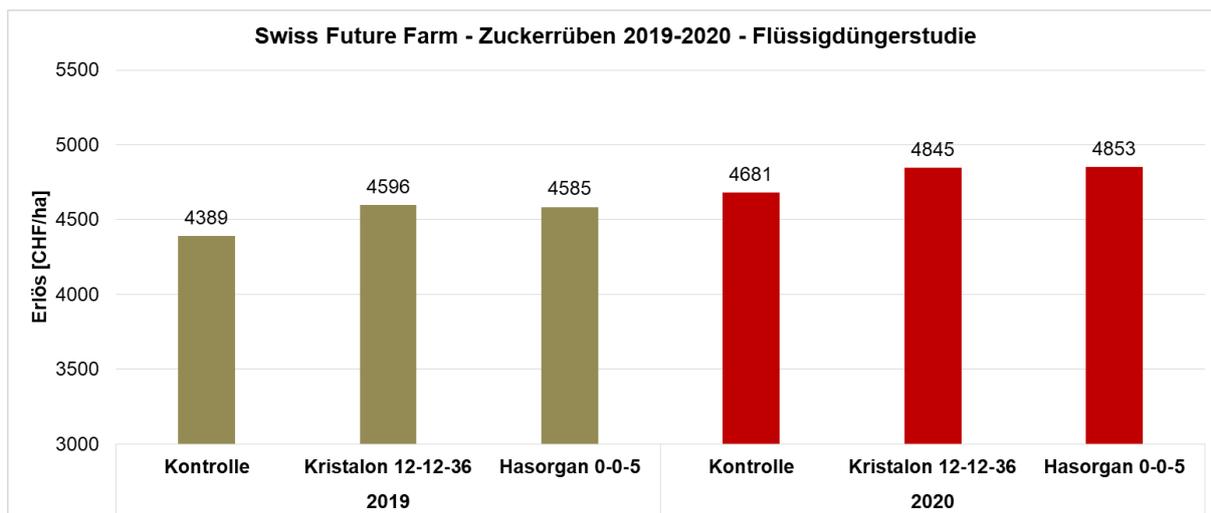


Abbildung 11: Während der Flüssigdüngerstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020 erzielte Erlöse auf den Versuchstreifen.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Annahmen für die ökonomische Betrachtung beruhen auf den Bedingungen des Schweizer Zuckerrübenanbau- und Liefervertrags zwischen der Schweizer Zucker AG und dem Schweizerischen Verband der Zuckerrübenpflanzer von 2021.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm in Zusammenarbeit mit der Ackerbau-Beratung Arenenberg und der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau durchgeführt.

1.3 Zuckerrüben 2019-2020 – Schardruckstudie über zwei Jahre

Ziel

Das Ziel der Studie war die Anwendung unterschiedlicher Schardrücke unter Einsatz der automatischen Schardruckregelung DeltaForce™ und die Auswertung des daraus erzielten Ertrags bei Zuckerrüben.

Aufbau der Studie

Die Studie wurde auf der Swiss Future Farm als Streifenversuch und folgenden Schardruckeinstellungen durchgeführt:

- Automatische Einstellung Leicht (Auto DF Light 23 kg)
- Automatische Einstellung Standard (Auto DF Standard 45 kg)
- Automatische Einstellung Schwer (Auto DF Heavy 68 kg)
- Feste Einstellung (Fixed DF 45 kg)

Die Aussaat erfolgte am 28. März 2019 und am 6. April 2020. Die Versuchsstreifen für 2019 befanden sich auf einer Fläche mit heterogenen Bodenbedingungen, während der Versuch 2020 auf einer Parzelle mit homogenen Bodenverhältnissen durchgeführt wurde. Alle Versuchsstreifen wurden mit einer Ablagetiefe von 3.8 cm und einer Saatstärke von 100'000 Pflanzen pro Hektar gesät. Für den durch das DeltaForce-System von Precision Planting ausgeübten Schardruck wurden dabei wechselweise die oben beschriebenen Einstellungen verwendet.

Ergebnisse

Die Versuchsstreifen wurden am 1. Oktober 2019 (188 Tage nach der Aussaat) bzw. am 9. Oktober 2020 (187 Tage nach der Aussaat) gerodet. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die automatische Schardruckregelung DeltaForce durch die Ausübung des optimalen Schardrucks unter Berücksichtigung der wechselnden Bodenverhältnisse auf dem Feld den Ertrag steigern kann. In unserer Studie beläuft sich der maximale Mehrertrag an Zuckerrüben bei Einsatz der automatischen Schardruckregelung DeltaForce statt der konventionellen festen Schardruckeinstellung auf 4.4-5.5 % (Abbildung 12).

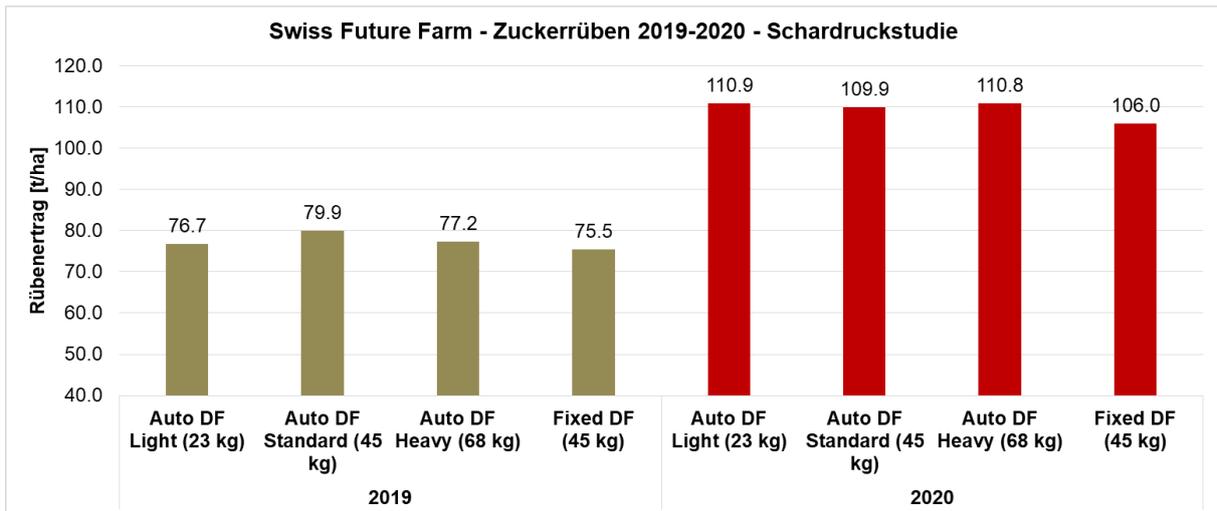


Abbildung 12: Zuckerrüben-Erträge während der Schardruckstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.

Der generelle Unterschied im Zuckergehalt zwischen den beiden Studienjahren ist auf unterschiedliche Zuckerrübensorten zurückzuführen, da wir 2019 eine Sorte mit allgemein bestätigtem hohem Zuckergehalt (Strube Strauss) verwendeten, 2020 jedoch eine Sorte mit allgemein bestätigten geringeren Zuckergehalten (KWS Smart Belamia) ausgesät wurde (Abbildung 13).

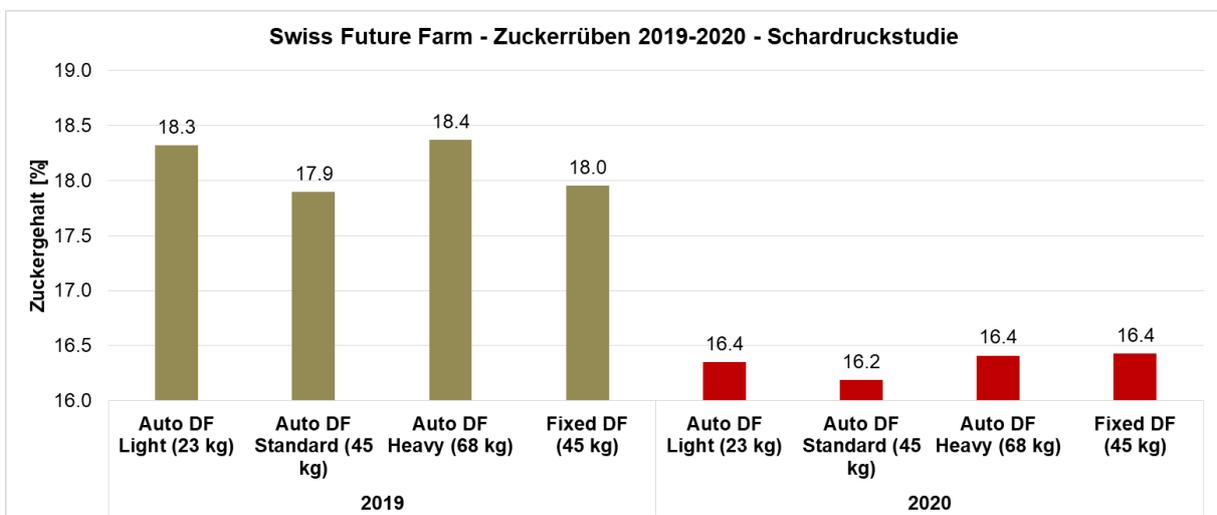


Abbildung 13: Zuckergehalt während der Schardruckstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.

Auf der Grundlage der Ergebnisse aus den zwei Jahren der Studie kann festgestellt werden, dass sich der maximale Mehrertrag an Zucker durch Aussaat mit der automatischen Schardruckeinstellung DeltaForce statt des konventionellen festen Schardrucks auf 4.7-5.0 % beläuft (Abbildung 14).

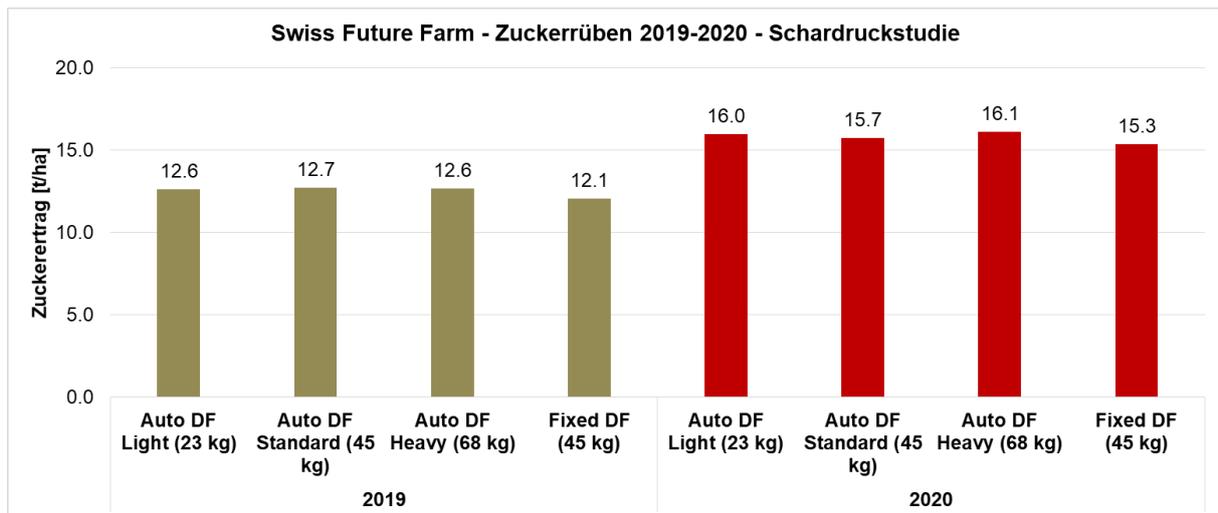


Abbildung 14: Zuckerertrag während der Schardruckstudie der SFF bei Zuckerrüben 2019-2020.



Abbildung 15: 20/20-Monitor der dritten Generation von Precision Planting zur Regelung der Schardruckeinstellung mit DeltaForce während der Aussaat.

Ökonomische Betrachtung

Auf der Grundlage unserer Studiendaten von 2020 wurde auf den mit der automatischen Schardruckregelung DeltaForce von Precision Planting gesäten Versuchsstreifen ein Mehrerlös zwischen 68.00 CHF (Auto DF Standard) und 226.00 CHF (Auto DF Light) im Vergleich zur Aussaat mit festem Schardruck generiert (Abbildung 16). Die gleiche Tendenz lässt sich aus den Daten für 2019 ableiten.

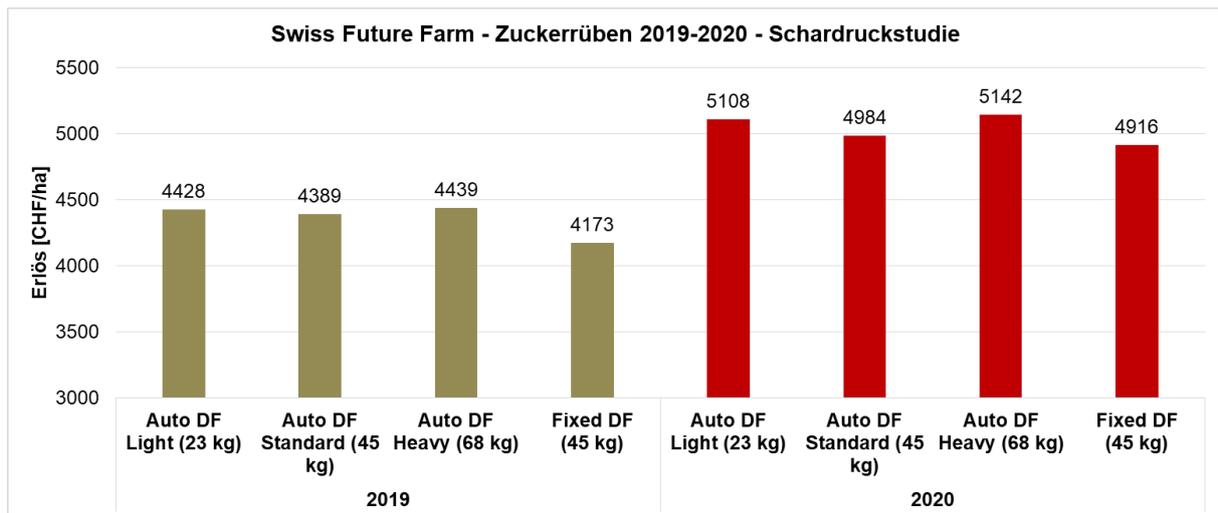


Abbildung 16: Während der Schardruckstudie bei Zuckerrüben 2019-2020 der SFF erzielte Erträge auf den Versuchstreifen.

Insgesamt hat sich die automatische Schardruckregelung DeltaForce von Precision Planting bei Zuckerrüben gegenüber der konventionellen Aussaat mit festem Schardruck generell als vorteilhaft erwiesen (Mehrertrag an Rüben und Zucker von ca. 5 %, Mehrerlös von bis zu 226.00 CHF/ha). Zur vollen Ausschöpfung des Ertrags- und Erlöspotenzials sollte jedoch immer die automatische Schardruckeinstellung (Heavy, Standard, Light) entsprechend den Bodenverhältnissen ausgewählt und eingestellt werden.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Annahmen für die ökonomische Betrachtung beruhen auf den Bedingungen des Schweizer Zuckerrübenanbau- und Liefervertrags zwischen der Schweizer Zucker AG und dem Schweizerischen Verband der Zuckerrübenpflanzer von 2021.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm in Zusammenarbeit mit der Ackerbau-Beratung Arenenberg und der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau durchgeführt.

1.4 Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2020 – Schliessdruckstudie

Ziel

Das Ziel dieser Studie war die Analyse von Feldaufgang und Jugendentwicklung bei Zuckerrüben, die mit unterschiedlichen Schliessdrücken ausgesät wurden. Dabei kam eine Sämaschine von Precision Planting mit der Schliessdruckregelung FurrowForce™ zum Einsatz.

Aufbau der Studie

Die Studie wurde auf der Swiss Future Farm als Streifenversuch durchgeführt. Für die Aussaat auf den Versuchsstreifen wurde eine Sämaschine von Precision Planting mit einer Arbeitsbreite von 3 m, 6 Reihen und einem Reihenabstand von 50 cm eingesetzt, die mit den Funktionen vSet, vDrive, DeltaForce, SpeedTube und SmartFirmer von Precision Planting ausgestattet war und mit einem Fendt 516 mit VarioGuide und RTK eingesetzt wurde. Darüber hinaus war auch die neueste Innovation von Precision Planting an Bord: das pneumatische Furchenschliesssystem FurrowForce. Getestet wurden folgende Schliessdrücke:

- FurrowForce 7 kg (leicht)
- FurrowForce 10 kg (Standard)
- FurrowForce 20 kg (schwer)

Die Versuchsstreifen wurden auf einer Fläche mit homogenen Bodenverhältnissen angelegt. Die Aussaat erfolgte unter Einsatz der automatischen Schardruckregelung DeltaForce mit einem Schardruck von 45 kg und mit einer Saatstärke von 100'000 Körnern pro Hektar in einer Ablagetiefe von 3.8 cm. Die Aussaat erfolgte am 6. April 2020.

Der Versuch wurde unter herausfordernden Bedingungen gesät, da wir im Zeitraum der Zuckerrübenaussaat zwischen Mitte März und Mitte April 2020 ein aussergewöhnlich trockenes Frühjahr mit sehr wenig Regen verzeichneten.



Abbildung 17: Mit dem pneumatischen Furchenschliesssystem FurrowForce von Precision Planting kann mehr Feuchtigkeit im Boden gespeichert und auch bei herausfordernden klimatischen Bedingungen der Ertrag gesichert werden.

Ergebnisse

Feldaufgang und Jugendentwicklung der Zuckerrübe auf dem Versuchsstreifen wurden 22 und 37 Tage nach Aussaat durch den kantonalen Ackerbau-Beratungsdienst Arenenberg gemessen. Aus den Ergebnissen der unterschiedlichen Schliessdruckeinstellungen am FurrowForce-System bei Zuckerrüben mit einer Ablagetiefe von 3.8 cm lässt sich ablesen, dass sich der Feldaufgang mit höherem Schliessdruck verbesserte (Abbildung 18). Dies lässt sich mit der aussergewöhnlichen Frühjahrs-Trockenheit zur Aussaat erklären, da die mit höherem Druck geschlossenen Furchen die Feuchtigkeit besser speichern konnten, ohne dabei Gefahr zu laufen, verdichtet zu werden.

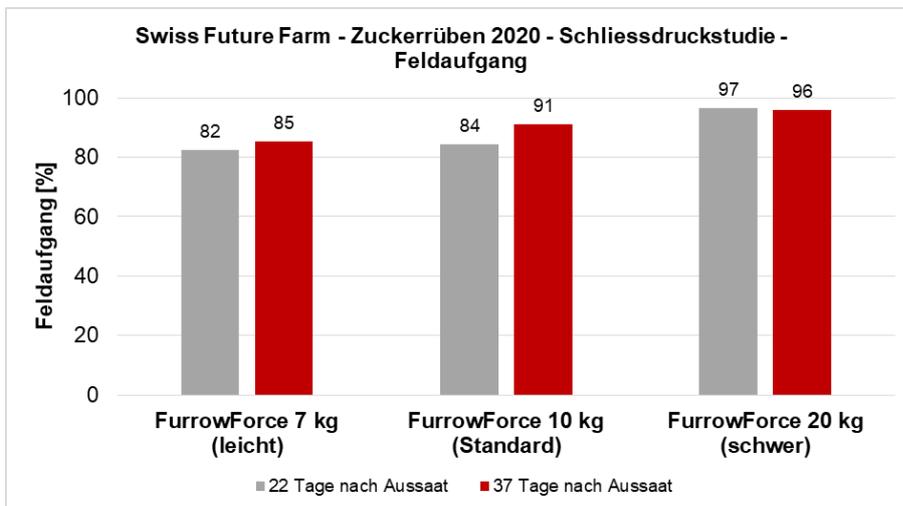


Abbildung 18: Feldaufgang während der Schliessdruckstudie der SFF bei Zuckerrüben 2020.

Bei einem Schliessdruck von 7 kg und 10 kg war der Anteil der Spätkeimer gering (4-7 %), während bei einem Schliessdruck von 20 kg ein geringfügig verringerter Pflanzenbestand (-1 %) festgestellt wurde (Abbildung 19).

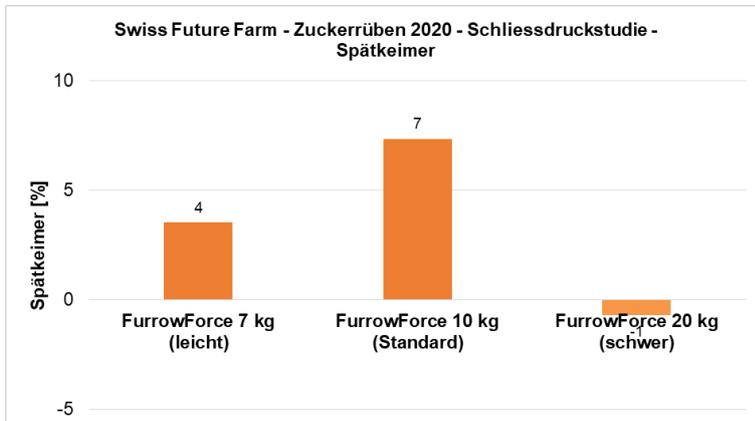


Abbildung 19: Anteil der Spätkeimer während der Schliessdruckstudie der SFF bei Zuckerrüben 2020.

Die Untersuchung der Jugendentwicklung zeigt, dass der grösste Anteil an weiter entwickelten Zuckerrüben im Sechsbblattstadium auf dem Versuchstreifen zu verzeichnen war, der mit dem FurrowForce-System mit einem Schliessdruck von 20 kg gesät worden war. Am weitesten in der Entwicklung zurück lagen die Pflanzen, die mit einem Schliessdruck von 7 kg gesät wurden, wie am höheren Anteil von Pflanzen im Zweiblatt- und Keimblattstadium abzulesen ist (Abbildung 20).

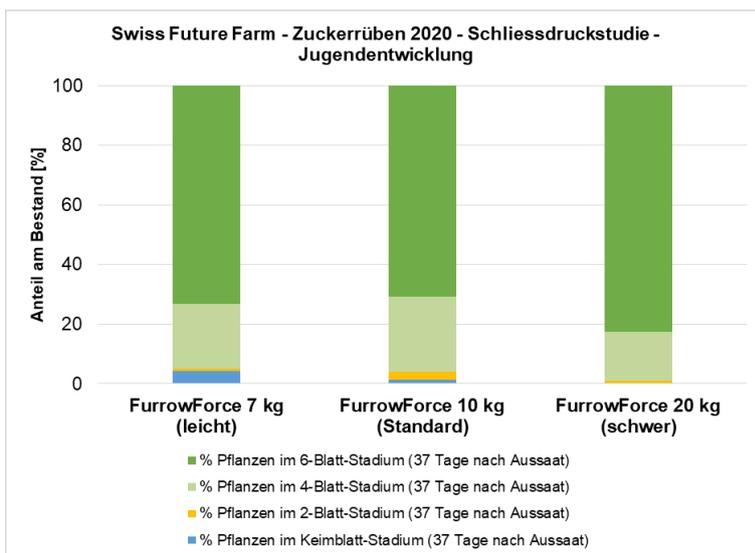


Abbildung 20: Analyse der Jugendentwicklung während der Schliessdruckstudie der SFF bei Zuckerrüben 2020.

Ökonomische Betrachtung

Unzureichende Bodenfeuchte während der Aussaat der Zuckerrübe führt zu ca. 10 % Ertragsverlust. Bei einem angenommenen durchschnittlichen Zuckerrübenertrag von 90 t/ha in der Schweiz belaufen sich die vermiedenen Verluste bei Einsatz des FurrowForce-Systems von Precision Planting zur Erhaltung der Bodenfeuchte bei der Aussaat in trockenen Frühjahrsperioden auf 405.00 CHF/ha.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Annahmen für die ökonomische Betrachtung beruhen auf den Bedingungen des Schweizer Zuckerrübenanbau- und Liefervertrags zwischen der Schweizer Zucker AG und dem Schweizerischen Verband der Zuckerrübenpflanzer von 2021.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm in Zusammenarbeit mit der Ackerbau-Beratung Arenenberg und der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau durchgeführt.

1.5 Swiss Future Farm – Silomais 2020 – Studie zu variablen Saatstärken

Ziel

In der Studie wird der Ertrag an Silomais, der anhand der Messwerte des Bodensensors SmartFirmer™ von Precision Planting und des einzigartigen Modus «Organic Matter Control» (Kontrolle durch gemessene organische Substanz) in zwei verschiedenen variablen Saatstärken gesät wurde, mit dem Ertrag bei der konventionellen einheitlichen Aussaat verglichen.

Aufbau der Studie

Die Studie wurde auf der Swiss Future Farm als Streifenversuch durchgeführt. Folgende Saatstärken wurden geprüft:

- Einheitliche Aussaat: 90 KS/ha (90'000 Körner pro Hektar, regionale Standard-Saatstärke für Silomais)
- Organic Matter (OM) Control bei variabler Saatstärke in vier Stufen: 70 – 80 – 85 – 90 KS/ha
 - OM % < 2.5 = 70 KS/ha
 - OM % 2.5-2.8 = 80 KS/ha
 - OM % 2.8-3.0 = 85 KS/ha
 - OM % > 3.0 = 90 KS/ha (Basispopulation)
- OM Control bei variabler Saatstärke in fünf Stufen: 70 – 80 – 90 – 95 – 100 KS/ha
 - OM % < 2.5 = 70 KS/ha
 - OM % 2.5-3.0 = 80 KS/ha
 - OM % 3.0-3.8 = 90 KS/ha (Basispopulation)
 - OM % 3.8-4.0 = 95 KS/ha
 - OM % > 4.0 = 100 KS/ha

Mit Variable Rate OM Control von Precision Planting wird die gesäte Population als Abweichung von der Basispopulation entsprechend dem durch die SmartFirmer-Bodensensoren ermittelten Gehalt des Bodens an organischer Substanz angepasst. Für diese Studie wurde die Basispopulation für beide variable Behandlungen auf 90 KS/ha gesetzt und entsprach damit dem Wert, der für die zum Vergleich durchgeführte einheitliche Aussaat festgelegt worden war. Für den Versuch wurde ein Feld mit heterogenen Bodenbedingungen hinsichtlich Struktur, Feuchte und Gehalt an organischer Substanz bestellt (Abbildung 21).

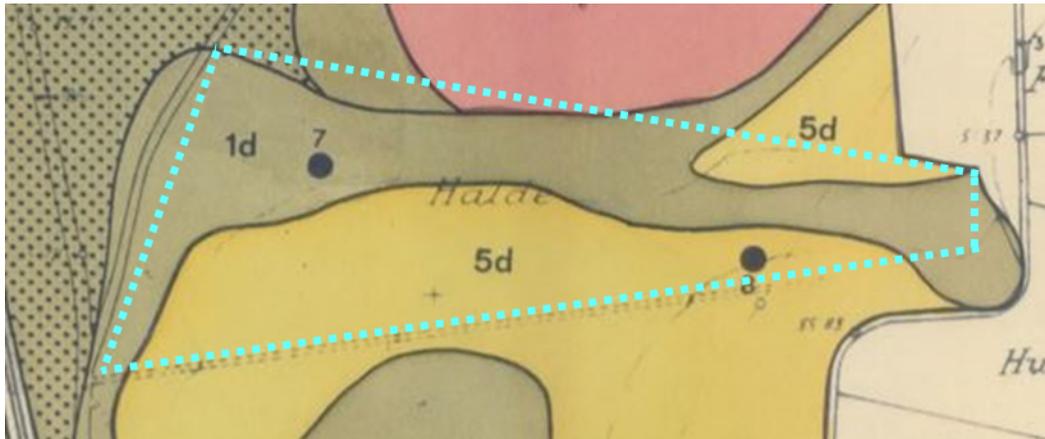


Abbildung 21: Bodenzone auf dem Versuchsfeld entsprechend der Bodenuntersuchung von 1977.

Die Eigenschaften der Bodenzone sind in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: Bodeneigenschaften des Versuchsfeldes für die Studie zu variablen Saatstärken in Silomais 2020 der SFF

Bodenzone	Bodentyp und Eigenschaften
1d	Teilweise entkarbonatete, stagnoleyige Braunerde, skeletthaltig, schwach toniger Lehm und schwach sandiger Lehm, staunass, gute Wasserspeicherung, leichte Hanglage 16-20 %
5d	Regosolige Kalkbraunerde, skeletthaltig, schwach toniger Lehm und schwach sandiger Lehm, relativ geringe Wasserspeicherung, leichte Hanglage 15-20 %.

Die Aussaat erfolgte am 9. Mai 2020. Die Versuchsstreifen für die einzelnen Saatstärken wurden so gewählt, dass sie sich über alle Bodenzone erstreckten, um das Saatgut allen heterogenen Bodeneigenschaften auszusetzen. Das gesamte Saatgut wurde in einer Ablagetiefe von 6.4 cm gesät, die automatische Schardruckregelung DeltaForce war dabei auf 45 kg eingestellt. Die Einstellung der Saatstärke erfolgte über den Saatgutdosierer vSet™ und den Elektroantrieb vDrive™ von Precision Planting.

Ergebnisse

Die Dokumentation der Messung des Gehalts an organischer Substanz durch die SmartFirmer-Bodensensoren während der Aussaat (Abbildung 22, oben) zeigt die Feldzone mit unterschiedlichem Gehalt an organischer Substanz, die teilweise mit den während der Bodenuntersuchungen dieses Felds ermittelten Bodentypen übereinstimmt. Die Dokumentation der gesäten Population (Abbildung 22, unten) zeigt, dass die Saatstärke entsprechend den Messwerten der SmartFirmer-Bodensensoren und den in den jeweiligen Versuchsstreifen für variable Saatstärke für die Organic Matter Control festgelegten Schritten angepasst wurde.

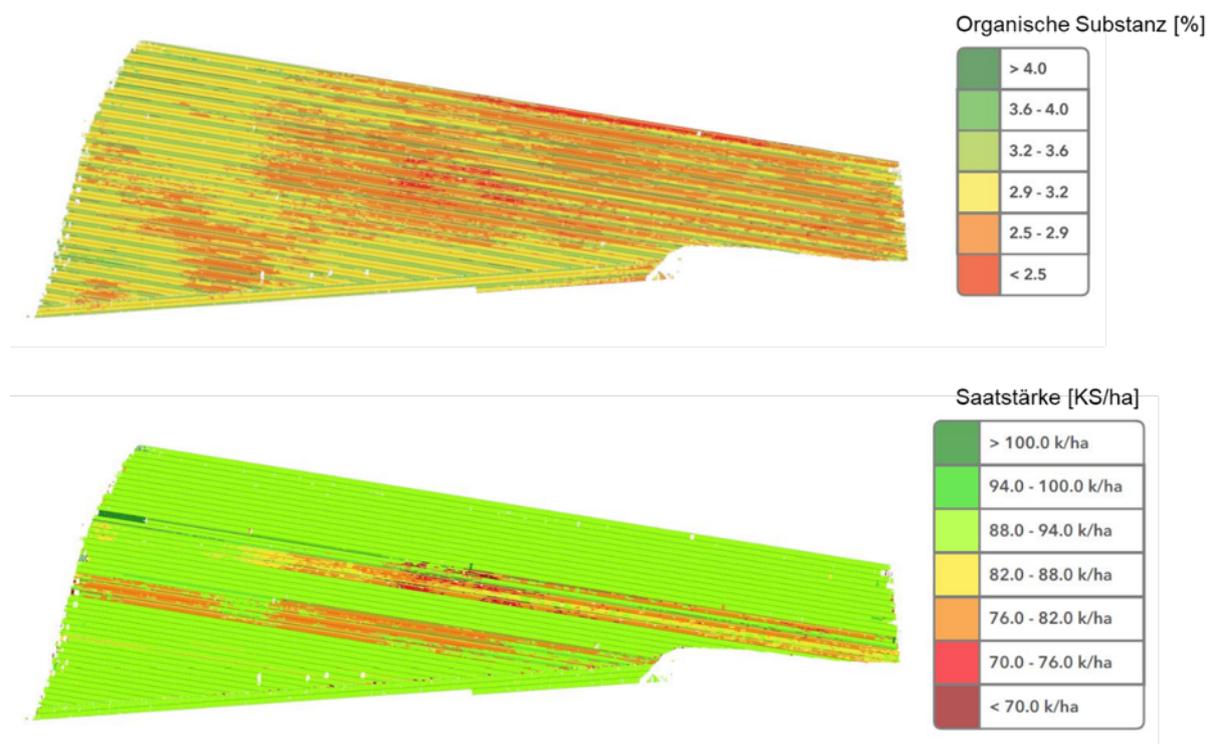


Abbildung 22: Gehalt an organischer Substanz (oben) und gesäte Population (unten) des Versuchsfeldes für die Studie zu variablen Saatstärken in Silomais 2020 der SFF.

Die Versuchsstreifen wurden am 1. Oktober 2020 (146 Tage nach der Aussaat) gehäckselt und gewogen. Der höchste Trockenmasseertrag wurde bei Aussaat mit variabler Saatstärke mit vier Stufen erzielt (20.5 t/ha), während der Trockenmasseertrag bei variabler Saatstärke mit fünf Stufen leicht darunter lag (19.7 t/ha). Die Aussaat mit einer einheitlichen Saatstärke von 90 KS/ha ergab in diesem Vergleich den bei Weitem geringsten Ertrag (15.6 t/ha) (Abbildung 23).

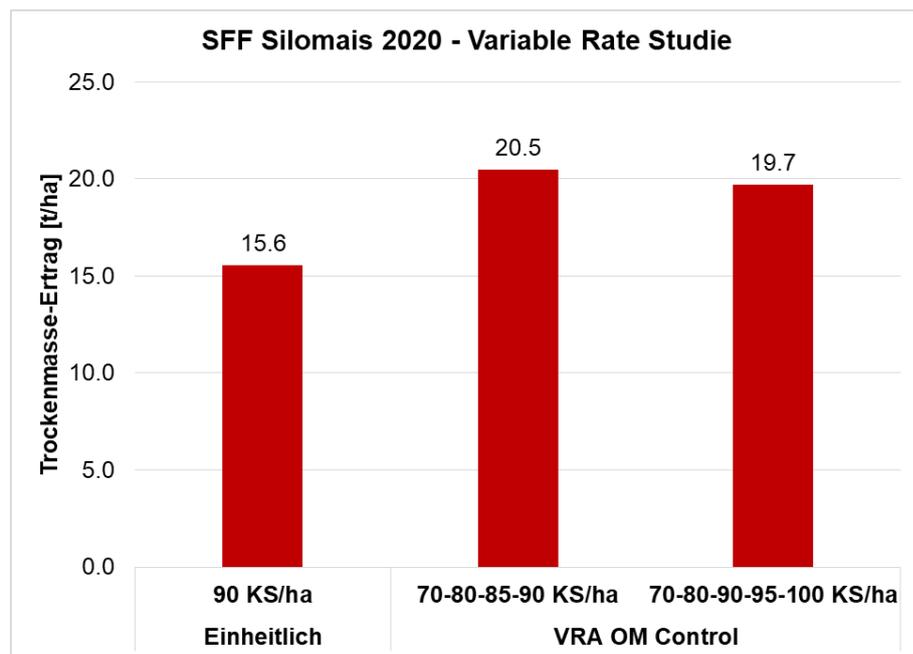


Abbildung 23: Ertrag an Trockenmasse in der Studie zu variablen Saatstärken in Silomais 2020 der SFF.

In unserer Studie konnte der Ertrag gegenüber der einheitlichen Aussaat mit 90 KS/ha durch den Einsatz der Variable Rate OM Control um 24.0 % (VRA OM Control 4 Stufen) bzw. 20.9 % (VRA OM Control 5 Stufen) gesteigert werden. Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die Verringerung der gesäten Population in Bereichen mit geringerem Gehalt an organischer Substanz einen geeigneten Ansatz für die standortspezifische Betrachtung der potenziellen Fruchtbarkeit des Bodens zur Gewährleistung sehr guter Erträge darstellt.

Weitere Beobachtungen

Feuchtemessungen in der Furche mit SmartFirmer-Bodensensoren bei der Aussaat zeigen, dass das Feld unterschiedliche Feuchtigkeitswerte aufweist (Abbildung 24); diese Unterschiede waren jedoch weniger ausgeprägt als beim Gehalt an organischer Substanz.



Abbildung 24: Ergebnisse der Feuchtemessung in den Furchen mit SmartFirmer-Bodensensor während der Aussaat auf dem Versuchsfeld in der Studie zu variablen Saatstärken in Silomais 2020 der SFF.

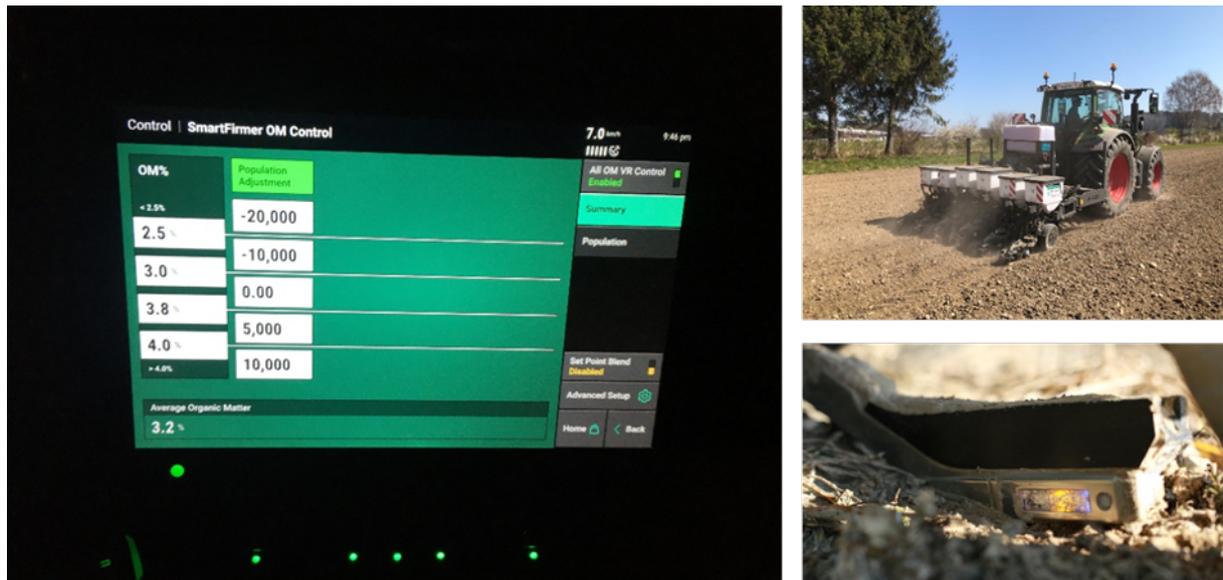


Abbildung 25: Der Modus Variable Rate OM Control des 20/20-Monitors der dritten Generation von Precision Planting (links), Sämaschine bei der Aussaat auf dem Versuchsfeld (rechts oben) und Bodensensor SmartFirmer (rechts unten).

Ökonomische Betrachtung

Für Silomais ergeben sich bei der Aussaat mit Variable Rate OM Control auf der Grundlage der Messwerte des SmartFirmer von Precision Planting Mehrerlöse von 944.00 bzw. 653.00 CHF/ha im Vergleich zur konventionellen gleichmäßigen Aussaat von 90 KS/ha (Abbildung 26). Die ausgebrachte Saatgutmenge auf den verschiedenen Versuchsstreifen betrug 89'933 Körner/ha bei gleichmässiger Aussaat mit 90 KS/ha, 86'913 Körner/ha bei Variable Rate OM Control mit 70 – 80 – 85 – 90 KS/ha und 85'739 Körner bei Variable Rate OM Control mit 70 – 80 – 90 – 95 – 100 KS/ha. Die Einsparungen bei den Saatgutkosten beliefen sich im Vergleich zur einheitlichen Aussaat mit 90 KS/ha auf 9.00 CHF/ha bei Variable Rate OM Control mit 70 – 80 – 85 – 90 KS/ha und 12.00 CHF bei Variable Rate OM Control mit 70 – 80 – 90 – 95 – 100 KS/ha.

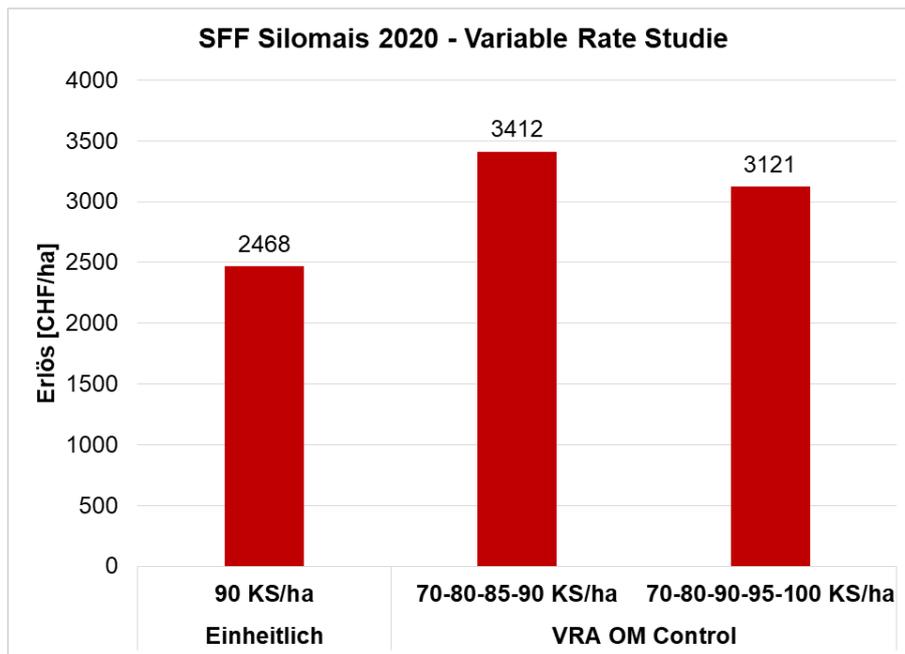


Abbildung 26: Während der Studie zu variablen Saatstärken in Silomais 2020 der SFF erzielte Erlöse auf den Versuchsstreifen.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Preisberechnungen für Silomais beruhen auf den Richtlinien des Schweizer Bauernverbandes (SBV).

Preis für Silomais nach der Ernte nach Verkäufer: 65.00 CHF pro Tonne Frischmasse.

Saatgutkosten: 140.00 CHF pro 50'000 Körner.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm durchgeführt.

1.6 Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Ablagetiefe über zwei Jahre

Ziel

Das Ziel dieser Studie war die Analyse des Ertrags bei Zuckerrüben, die mit unterschiedlichen Ablagetiefen ausgesät wurden. Dabei kam eine Sämaschine von Precision Planting mit der Schardruckregelung DeltaForce™ zum Einsatz.

Aufbau der Studie

Die Studie wurde auf einem landwirtschaftlichen Praxisbetrieb in der Nordostschweiz (Tägerwilien, Kanton Thurgau) mit nebeneinanderliegenden Versuchsstreifen durchgeführt. Folgende Ablagetiefen wurden geprüft:

- 2.5 cm (Standard)
- 3.8 cm (leicht tiefer)
- 6.4 cm (tief)

Die gesamte Aussaat erfolgte mit einer Saatstärke von 100'000 Pflanzen pro Hektar und unter Einsatz der automatischen Schardruckregelung DeltaForce mit einem Schardruck von 45 kg, um eine einheitliche Ablagetiefe innerhalb der Versuchsstreifen zu gewährleisten. Die Aussaat erfolgte am 25. März 2019 und am 27. März 2020. Die Versuchsstreifen wurden auf Flächen mit homogenen Bodenverhältnissen angelegt. Die Zuckerrüben wurden unter herausfordernden Bedingungen gesät, da wir während der Zuckerrübenaussaat im März und April ein außergewöhnlich trockenes Frühjahr mit sehr wenig Niederschlag im Vergleich zum langjährigen Mittel an diesem Standort erlebten (Abbildung 27).



Abbildung 27: Frühjahrsniederschlag 2019-2020 am Versuchsstandort in der Nordostschweiz im Vergleich zum langjährigen Mittel (links) und Zuckerrübenaussaat auf dem Versuchsstreifen bei Trockenheit mit der Sämaschine von Precision Planting im März 2019 (rechts).

Ergebnisse

Die Versuchsstreifen wurden am 23. November 2019 (243 Tage nach der Aussaat) bzw. am 14. November 2020 (232 Tage nach der Aussaat) gerodet. Im Studienjahr 2019 erzielten wir den höchsten Zuckerrüben-Ertrag bei der Standard-Ablagetiefe von 2.5 cm (85.5 t/ha), während die Erträge bei 3.8 und 6.4 cm um etwa 6.2 bzw. 8.0 % geringer ausfielen. Im Jahr 2020 wurde der höchste Ertrag mit 124.7 t/ha bei einer Saattiefe von 3.8 cm erzielt, also 1.3 cm tiefer als die Standard-Ablagetiefe für Zuckerrüben von 2.5 cm. Bei einer Ablagetiefe von 6.4 cm gingen die Erträge um 1.4 % zurück und fielen bei der Standard-Ablagetiefe mit einem Minus von 4.7 % am niedrigsten aus (Abbildung 28). Bei einer Erhöhung der Saattiefe von 2.5 auf 3.8 cm konnte also ein Mehrertrag an Zuckerrüben von 4.7 % (2020) erzielt werden.

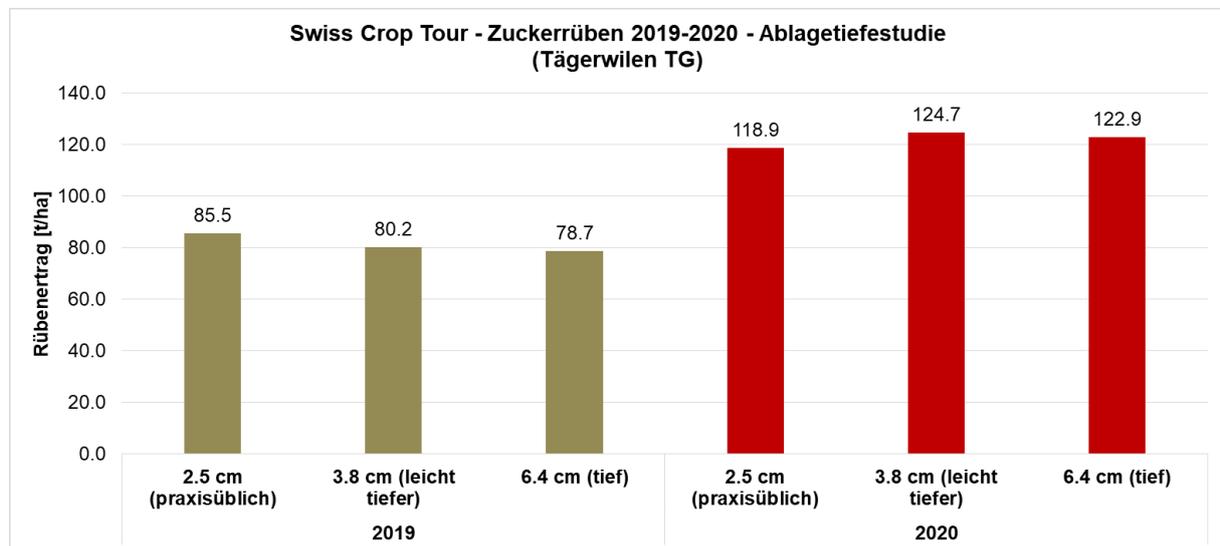


Abbildung 28: Zuckerrüben-Erträge bei der Studie zur Ablagetiefe im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.

Der höchste Zuckergehalt wurde 2019 bei einer Ablagetiefe von 6.4 cm erzielt (17.4 %), wohingegen bei einer leicht tieferen sowie der Standard-Saattiefe der Zuckergehalt mit 17.1 % geringer war. 2020 wurde der höchste Zuckergehalt (17.6 %) bei einer Ablagetiefe von 3.8 cm erzielt, während bei den anderen beiden Saattiefen ein Zuckergehalt von 17.5 % festgestellt wurde (Abbildung 29).

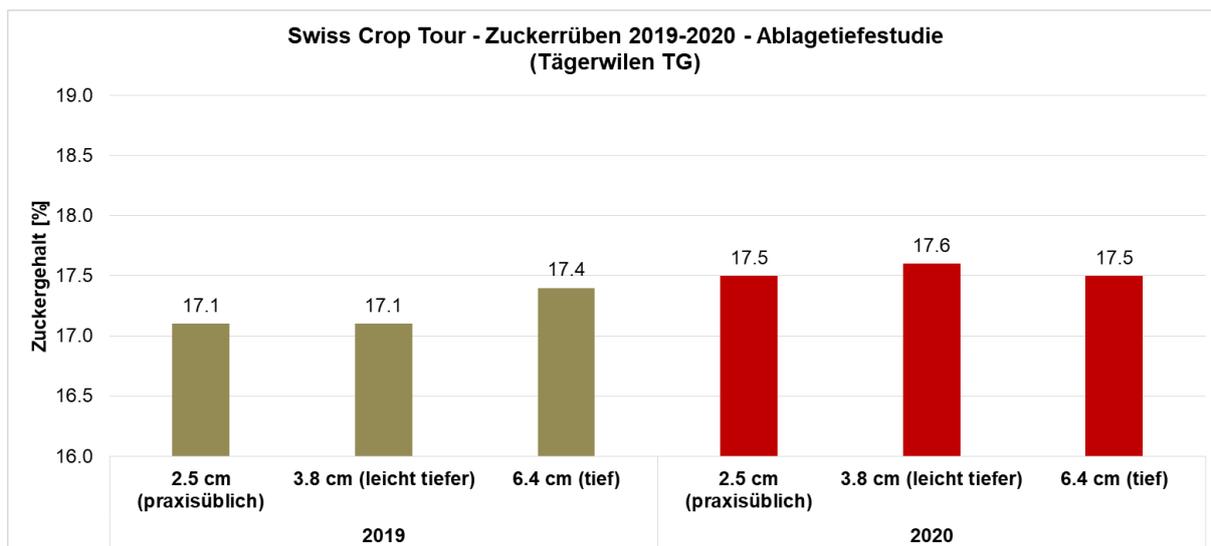


Abbildung 29: Zuckergehalte bei der Studie zur Ablagetiefe im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.

Analog zum Rübenenertrag wurde 2019 auch der höchste Zuckerertrag auf den Versuchsstreifen erwirtschaftet, die mit der Standard-Ablagetiefe von 2.5 cm gesät wurden. Bei 3.8 cm Ablagetiefe wurden 6.1 % und bei 6.4 cm Ablagetiefe sogar 12.1 % weniger Zuckerertrag verzeichnet. Bei nahezu identischem Zuckergehalt 2020 wurde der höchste Zuckerertrag (19.4 t/ha) bei einer Ablagetiefe von 3.8 cm erzielt, wohingegen der geringste Zuckerertrag (18.4 t/ha) bei der Standard-Ablagetiefe festgestellt wurde (Abbildung 30). In unserer Studie konnte bei einer Änderung der Ablagetiefe von 2.5 auf 3.8 cm der Zuckerertrag um 5.2 % gesteigert werden (2020).

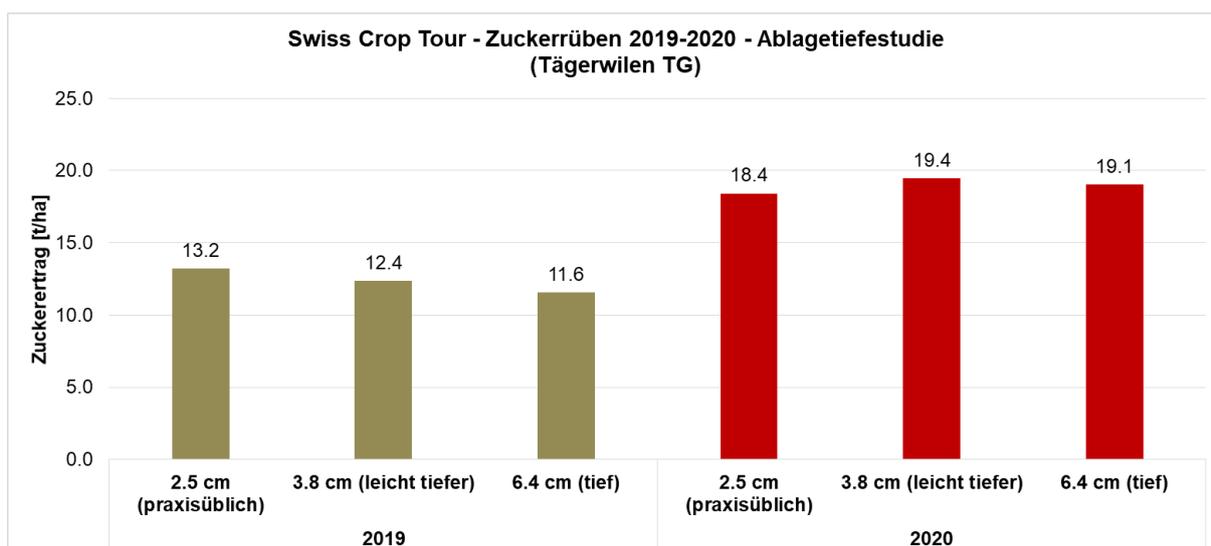


Abbildung 30: Zuckererträge bei der Studie zur Ablagetiefe im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.

Ökonomische Betrachtung

2019 wurde der höchste Erlös aus Zuckerrüben erzielt, die mit der Standard-Ablagetiefe von 2.5 cm ausgesät wurden (4463 CHF/ha). Dies bedeutet im Vergleich zur Aussaat mit 3.8 resp. 6.4 cm einen Mehrerlös pro Hektar von 271 resp. 656 CHF (Abbildung 31). Durch weniger Erdbesatz der gelieferten Zuckerrüben wurde 2020 der mit 6712 CHF/ha höchste Erlös bei einer Ablagetiefe von 6.4 cm erzielt. Bei einer Ablagetiefe von 3.8 cm wurden 2.3 % weniger erwirtschaftet (6555 CHF/ha), während die Aussaat mit 2.5 cm den Erlös um 3.8 % verringerte (6454 CHF/ha).

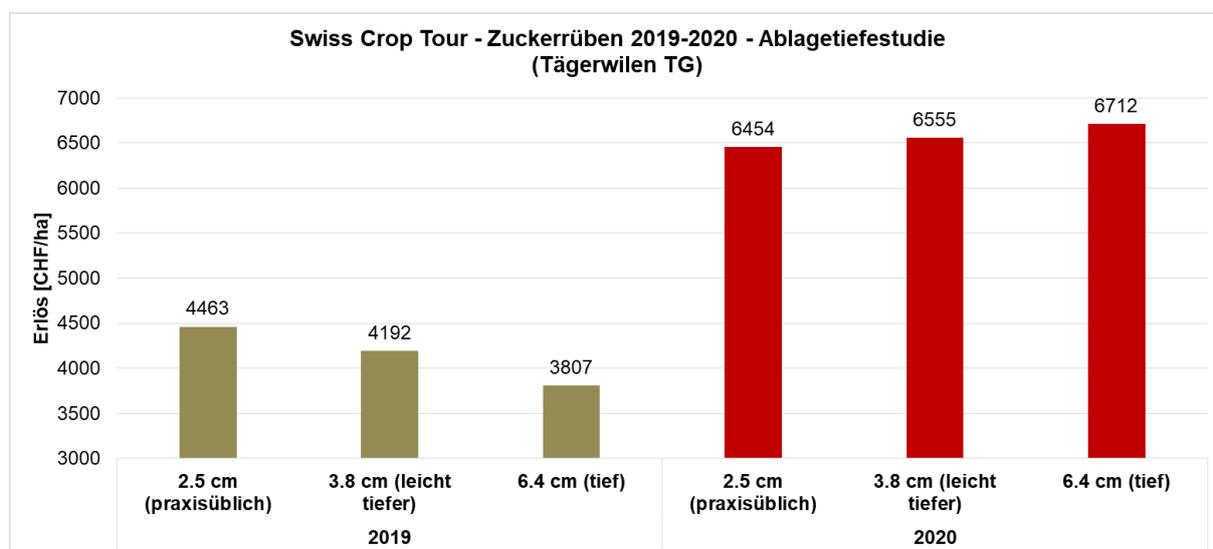


Abbildung 31: Während der Studie zur Saattiefe der Zuckerrübe im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020 erzielte Erlöse.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Annahmen für die ökonomische Betrachtung beruhen auf den Bedingungen des Schweizer Zuckerrübenanbau- und Liefervertrags zwischen der Schweizer Zucker AG und dem Schweizerischen Verband der Zuckerrübenpflanzer von 2021.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm in Zusammenarbeit mit der Ackerbau-Beratung Arenenberg und der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau durchgeführt.

1.7 Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2019-2020 – Studie zur Flüssigdüngung über zwei Jahre

Ziel

Ziel der Studie war der Vergleich der Pflanzenentwicklung und des Ertrags bei Zuckerrüben, die unter Einsatz der Systeme FurrowJet™ und FlowSense™ von Precision Planting mit zwei verschiedenen Flüssigdüngern als Startgabe bzw. ohne Flüssigdünger ausgesät wurden.

Aufbau der Studie

Die Studie wurde 2019 und 2020 auf einem landwirtschaftlichen Praxisbetrieb in der Nordostschweiz (Tägerwilen, Kanton Thurgau) mit nebeneinanderliegenden Versuchsstreifen durchgeführt. Folgende Düngergaben wurden verglichen:

- Flüssigdünger Kristalon 12-12-36 (ausgebracht mit insgesamt 1.8 kg N/ha, 1.8 kg P₂O₅/ha, 5.4 kg K₂O/ha)
- Flüssigdünger Hasorgan 0-0-5 (ausgebracht mit insgesamt 1.16 kg K₂O/ha)
- keine Düngergabe (Kontrollstreifen)

Die Aussaat erfolgte am 25. März 2019 und am 27. März 2020. Die Versuchsstreifen wurden auf Feldern mit homogenen Bodenverhältnissen angelegt. Alle Versuchsstreifen wurden in einer Ablagetiefe von 3.8 cm mit einer Saatstärke von 100'000 Körnern pro Hektar gesät, die automatische Schardruckregelung DeltaForce war dabei auf 45 kg eingestellt. Der Flüssigdünger wurde während der Aussaat mit dem Flüssigdünger-Dosiersystem FurrowJet™ und FlowSense™ von Precision Planting ausgebracht.

Ergebnisse

Die Versuchsstreifen wurden am 23. November 2019 (243 Tage nach der Aussaat) bzw. am 14. November 2020 (232 Tage nach der Aussaat) gerodet. Die Flüssigdüngung mit Kristalon 12-12-36 als Startgabe ergab 2019 den höchsten Zuckerrübenertrag (83.5 t/ha), während die Erträge auf dem unbehandelten Kontrollstreifen sowie dem mit Hasorgan 0-0-5 als Startgabe behandelten Streifen gleichermassen geringere Erträge von 80.2 bzw. 80.3 t/ha ergaben. 2020 wurden auf den mit Hasorgan 0-0-5 gedüngten Streifen die höchsten Erträge erzielt (130.5 t/ha), dicht gefolgt von Kristalon 12-12-36 (128.5 t/ha). Auch auf dem Kontrollstreifen wurde mit 124.7 t/ha ein hoher Ertrag eingefahren (Abbildung 32).

Im Vergleich zu den nicht mit Flüssigdünger behandelten Flächen konnte im Studiendurchschnitt auf den gedüngten Flächen bei Zuckerrüben ein um 2.5 % höherer Ertrag an Frischmasse erzielt werden.

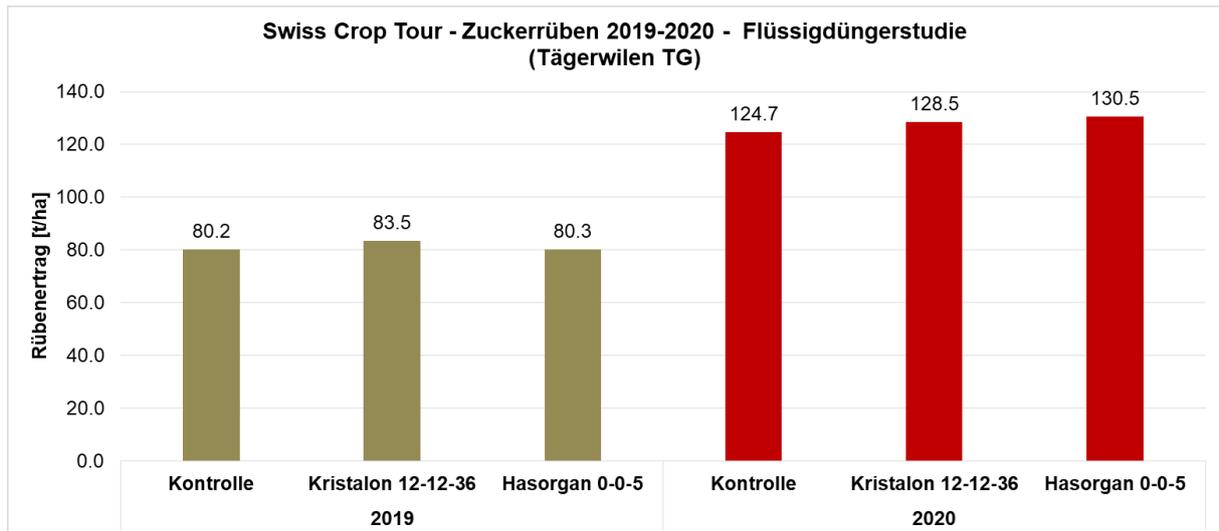


Abbildung 32: Zuckerrüben-Erträge der Flüssigdüngerstudie im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.

Der Zuckergehalt im Studienjahr 2019 betrug auf dem unbehandelten Kontrollstreifen 17.1 %. Auf den beiden Streifen mit Flüssigdüngergabe lag er mit 17.3 % leicht darüber. 2020 gab es zwischen den Varianten mit 17.3-17.6 % eine ähnliche Spanne im Zuckergehalt, wobei jedoch der höchste Gehalt auf dem unbehandelten Kontrollstreifen erreicht wurde, während bei Düngung mit Kristalon 12-12-36 der niedrigste Zuckergehalt festzustellen war (Abbildung 33).

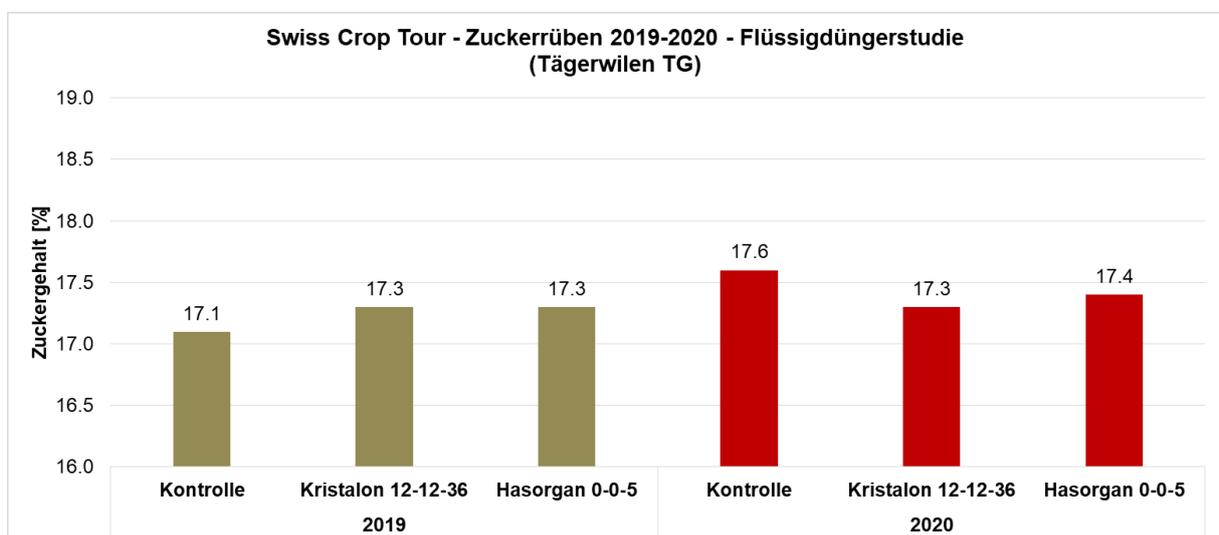


Abbildung 33: Zuckergehalte bei der Flüssigdüngerstudie im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.

Der Zuckerertrag war 2019 im Vergleich zum unbehandelten Kontrollstreifen (12.4 t/ha) nur bei der Behandlung mit Kristalon 12-12-36 höher (12.5 t/ha), während auf dem mit Hasorgan 0-0-5 gedüngten Streifen ein leicht niedrigerer Zuckerertrag erzielt wurde (11.9 t/ha). 2020 ergab die Behandlung mit dem höchsten Frischmasseertrag (Hasorgan 0-0-5) auch den mit 20.1 t/ha höchsten Zuckerertrag, während der

niedrigste Zuckerertrag mit 19.4 t/ha auf dem unbehandelten Kontrollstreifen erreicht wurde (Abbildung 34). Im Vergleich zu den Flächen ohne Flüssigdüngergabe konnte im Studiendurchschnitt auf den gedüngten Flächen in der Zuckerrübe ein um 1.9 % höherer Zuckerertrag erzielt werden.

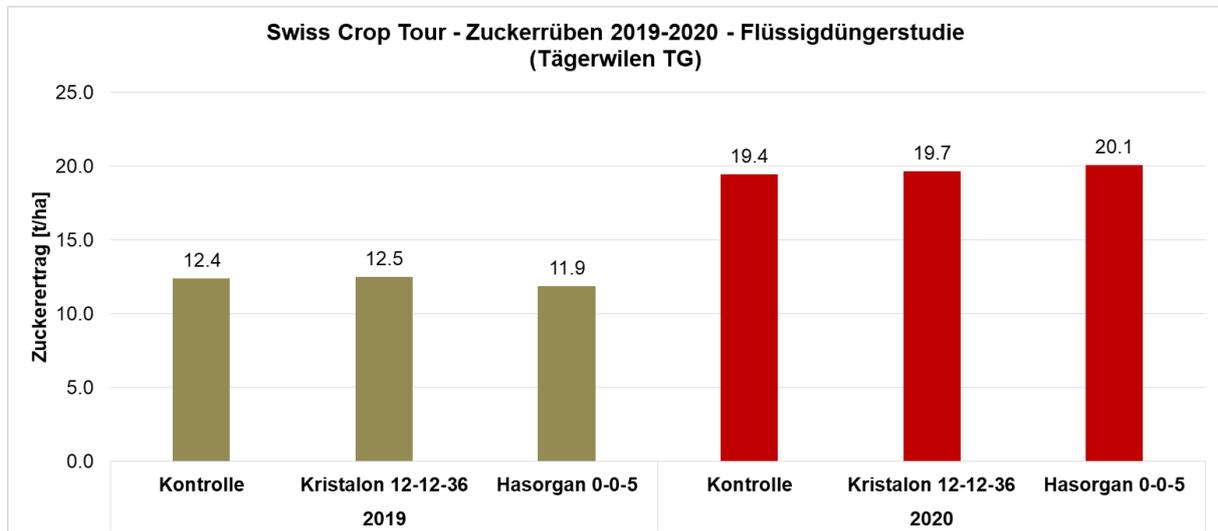


Abbildung 34: Zuckererträge der Flüssigdüngerstudie bei Zuckerrüben im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.



Abbildung 35: Für die Aussaat auf den Versuchstreifen wurde das Flüssigdüngersystem FurrowJet eingesetzt.

Ökonomische Betrachtung

Für die Ergebnisse 2019 wurde der höchste Erlös aus den Zuckerrüben erzielt, die mit Kristalon 12-12-36 behandelt wurden (4226 CHF/ha). Dies entspricht einem Mehrerlös von 34 CHF/ha gegenüber dem ungedüngten Kontrollstreifen (4192 CHF/ha), während die Flüssigdüngergabe mit Hasorgan 0-0-5 im Vergleich mit 3909 CHF/ha den geringsten Erlös einfuhr (Abbildung 36). Aufgrund der hohen Erträge und des hohen

Zuckergehalts wurde 2020 der mit 7020 CHF/ha höchste Erlös bei der Behandlung mit Hasorgan 0-0-5 erreicht. Die Düngergabe mit Kristalon 12-12-36 ergab mit 6810 CHF/ha ein mittleres Ergebnis, während auf dem unbehandelten Kontrollstreifen mit 6555 CHF/ha der geringste Erlös erzielt wurde. Daraus lässt sich ableiten, dass mit einer Startgabe von Flüssigdünger ein Mehrerlös von 255 bzw. 465 CHF/ha erzielt werden kann (Abbildung 36). In der Gesamtbetrachtung beider Jahre der Studie beläuft sich der Mehrertrag durch die Startgabe von Flüssigdünger mit den Systemen FurrowJet und FlowSense von Precision Planting bei Zuckerrüben auf 34 bis 465 CHF/ha.

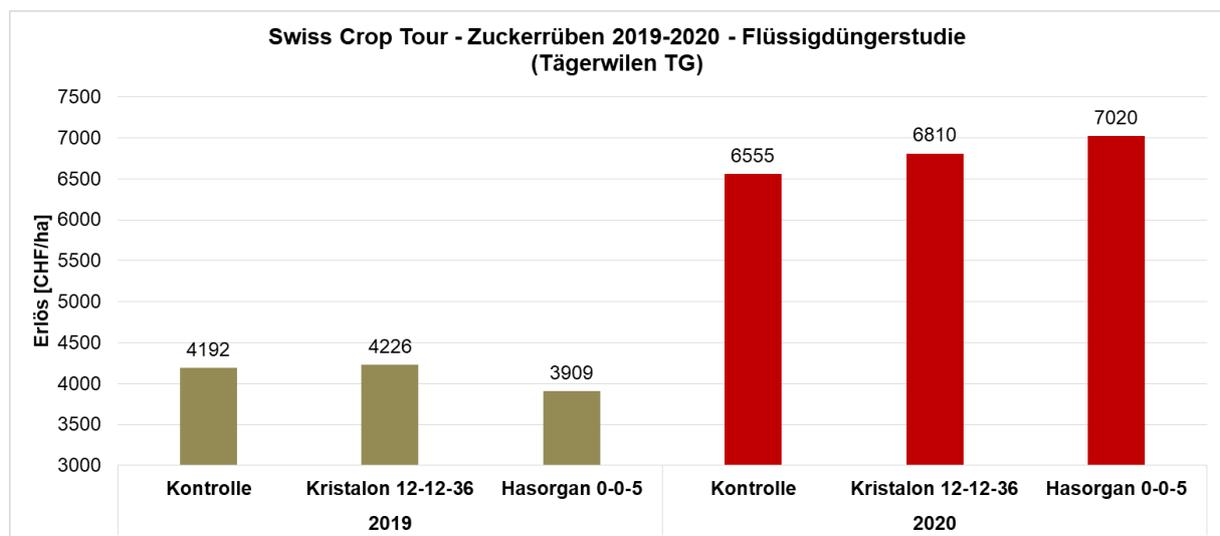


Abbildung 36: Während der Flüssigdüngerstudie bei Zuckerrüben im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020 erzielte Erlöse auf den Versuchsstreifen.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Annahmen für die ökonomische Betrachtung beruhen auf den Bedingungen des Schweizer Zuckerrübenanbau- und Liefervertrags zwischen der Schweizer Zucker AG und dem Schweizerischen Verband der Zuckerrübenpflanzer von 2021.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm in Zusammenarbeit mit der Ackerbau-Beratung Arenenberg und der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau durchgeführt.

1.8 Swiss Crop Tour – Zuckerrüben 2019-2020 – Schardruckstudie über zwei Jahre

Ziel

Das Ziel der Studie war die Anwendung unterschiedlicher Schardrücke unter Einsatz der automatischen Schardruckregelung DeltaForce™ und die Auswertung des Einflusses auf den Ertrag bei Zuckerrüben.

Aufbau der Studie

Die Studie wurde auf einem landwirtschaftlichen Praxisbetrieb in der Nordostschweiz (Tägerwilen, Kanton Thurgau) in einem Streifenversuch mit folgenden Schardruckeinstellungen durchgeführt:

- Automatische Einstellung Leicht (Auto DF Light, 23 kg)
- Automatische Einstellung Standard (Auto DF Standard 45 kg)
- Automatische Einstellung Schwer (Auto DF Heavy 68 kg)

Die Aussaat erfolgte am 25. März 2019 und am 27. März 2020. Die Versuchsstreifen wurden auf Flächen mit homogenen Bodenverhältnissen angelegt. Alle Versuchsstreifen wurden mit einer Ablagetiefe von 3.8 cm und einer Saatstärke von 100'000 Körnern pro Hektar gesät. Für den durch das DeltaForce-System von Precision Planting ausgeübten Schardruck wurden dabei wechselweise die oben beschriebenen Einstellungen verwendet.

Ergebnisse

Die Versuchsstreifen wurden am 23. November 2019 (243 Tage nach der Aussaat) bzw. am 14. November 2020 (232 Tage nach der Aussaat) gerodet. Im Studienjahr 2019 wurde mit der Schardruckeinstellung Auto DF Standard mit 80.2 t/ha gegenüber den Einstellungen Auto DF Light und Auto DF Heavy ein leichter Mehrertrag von 1.0 bzw. 2.6 % erzielt. 2020 wurde der mit 124.7 t/ha höchste Ertrag an Zuckerrüben mit der Einstellung Auto DF Standard 45 kg erzielt, wohingegen mit der Einstellung Auto DF Light (23 kg) der Ertrag an Frischmasse um 3.0 % und mit Auto DF Heavy (68 kg) um 4.7 % geringer war (Abbildung 37).

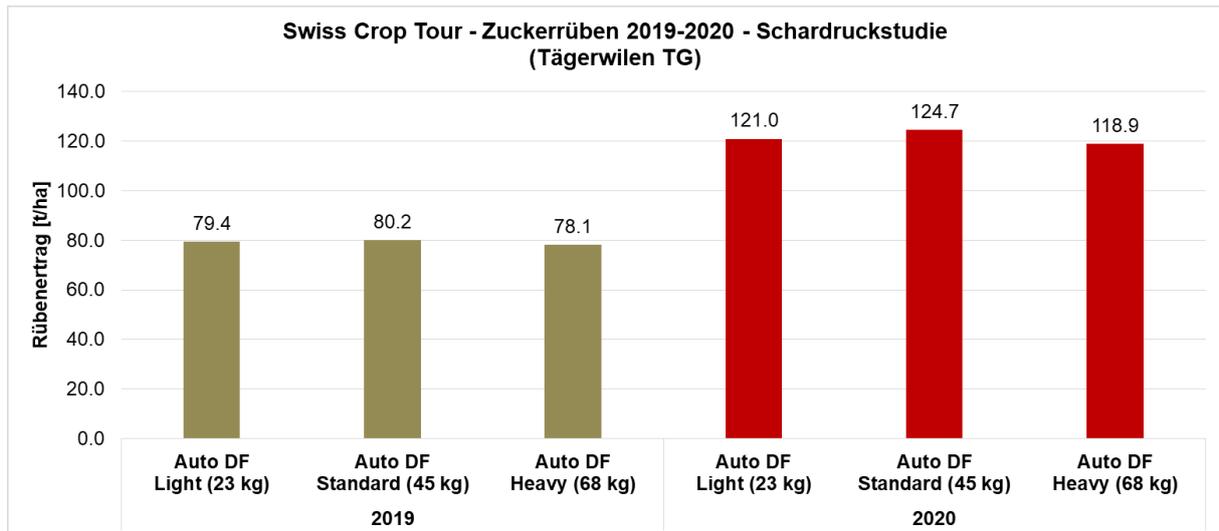


Abbildung 37: Zuckerrüben-Erträge bei der Schardruckstudie im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.

2019 wurde der höchste Zuckergehalt mit 17.5 % bei den Einstellungen Auto DF Heavy und Auto DF Light erzielt, wohingegen der Zuckergehalt bei der Einstellung Auto DF Standard niedriger lag. Im Studienjahr 2020 wurde demgegenüber der mit 17.6 % höchste Zuckerertrag mit der Einstellung Auto DF Standard erzielt, allerdings war im Vergleich zu den anderen Schardruckeinstellungen mit einem Zuckergehalt von 17.5 % nur ein geringer Unterschied festzustellen (Abbildung 38).

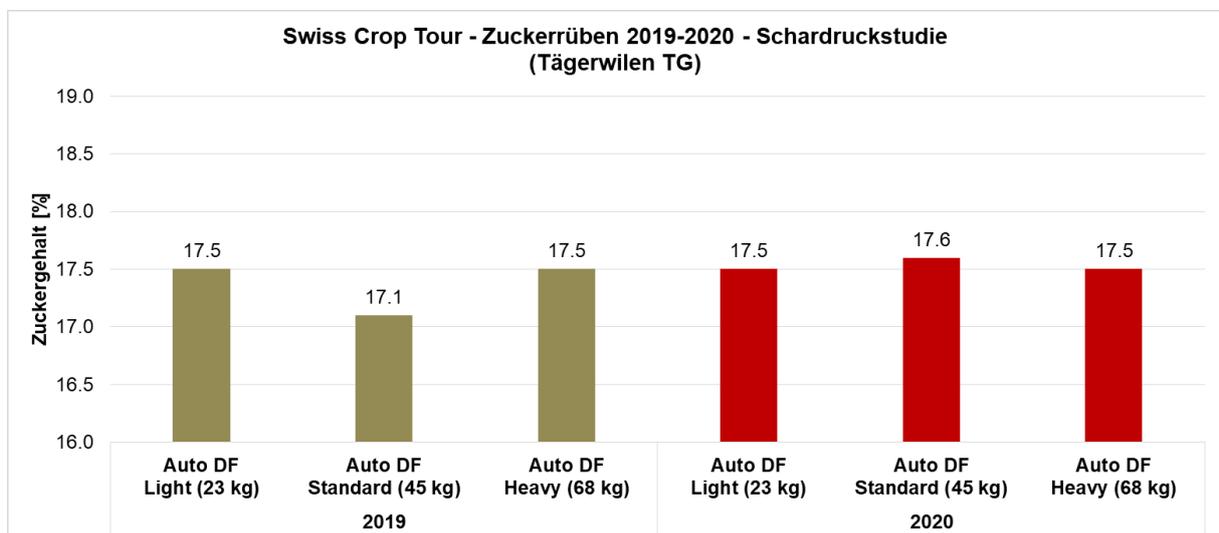


Abbildung 38: Zuckergehalte bei der Schardruckstudie im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.

In beiden Jahren der Studie wurde der mit 12.4 bzw. 19.4 t/ha höchste Zuckerertrag mit der Einstellung Auto DF Standard erzielt (Abbildung 39).

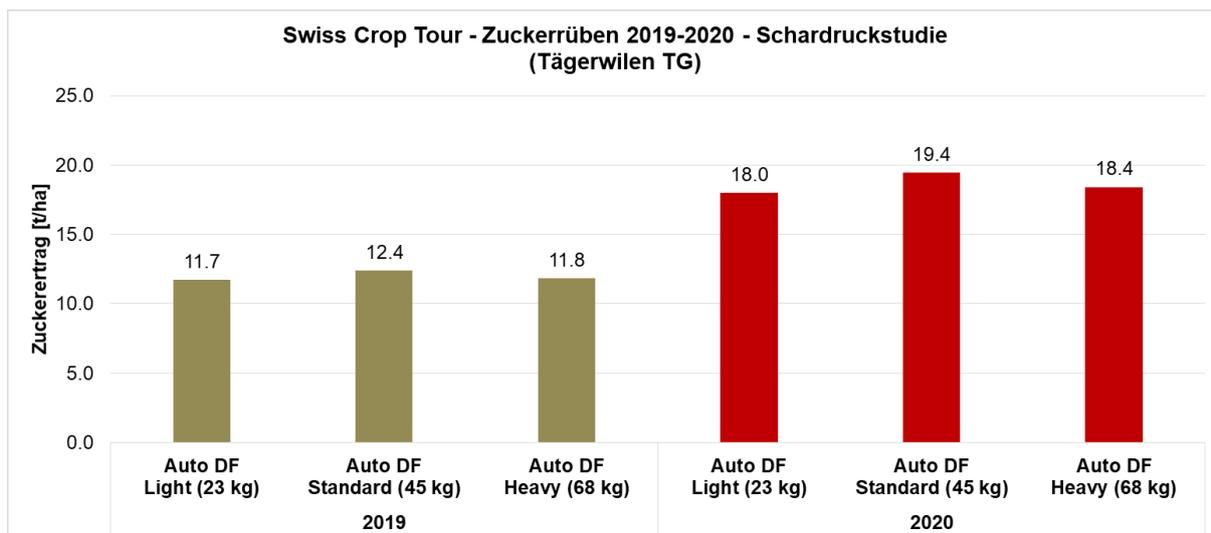


Abbildung 39: Zuckererträge bei der Schardruckstudie im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020.



Abbildung 40: Für die Aussaat auf den Versuchsstreifen wurde eine Sämaschine von Precision Planting mit der automatischen Schardruckregelung DeltaForce eingesetzt.

Ökonomische Betrachtung

Die Ergebnisse von 2019 zeigen, dass der höchste Erlös (4192 CHF/ha) mit Rüben erzielt wurde, die mit der Einstellung Auto DF Standard (45 kg) ausgesät wurden, wohingegen die Erlöse mit der Einstellung Auto DF Light (23 kg) um 7.4 % und mit Auto DF Heavy (68 kg) um 5.4 % geringer ausfielen (Abbildung 41). Da in die Gelderlöskalkulation auch andere Aspekte einfließen, beispielsweise an den Rüben bei Lieferung anhaftender Fremdbesatz, wurde der höchste Erlös im Versuchsjahr 2020 (6569 CHF/ha) bei der Aussaat mit Einstellung Auto DF Light erzielt. Mit der Einstellung Auto DF Standard (45 kg) verringerte sich der Erlös um 0.2 % und mit Auto DF Heavy (68 kg) um 1.8 %.

Die verschiedenen automatischen Schardruckeinstellungen wirken sich also nur geringfügig auf den Erlös aus, die besten Ergebnisse bei Ertrag und Zuckergehalt lassen sich mit der Einstellung Auto DF Standard (45 kg) erzielen.

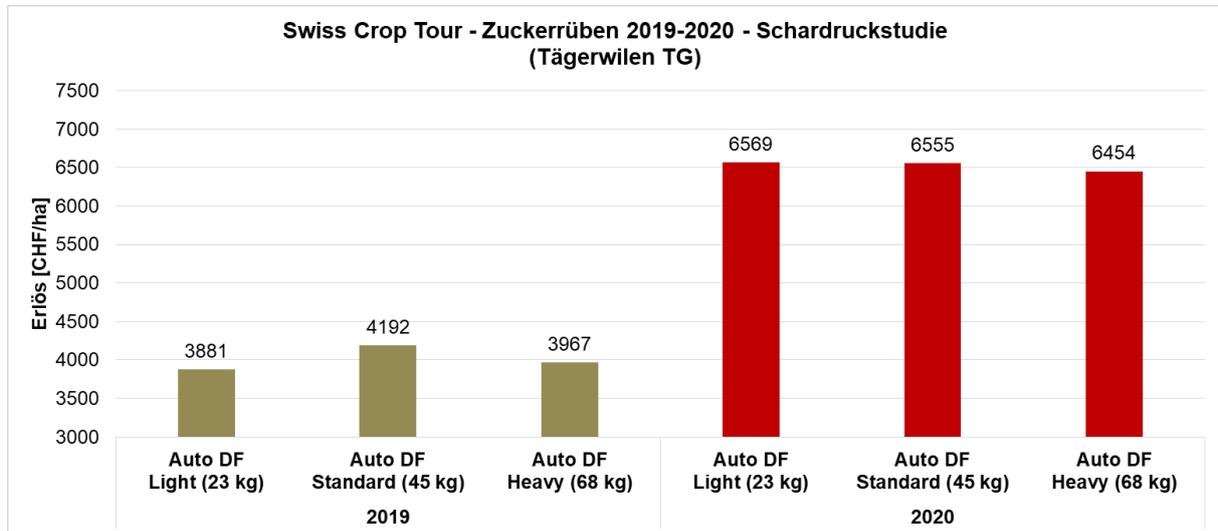


Abbildung 41: Während der Schardruckstudie in der Zuckerrübe im Rahmen der Swiss Crop Tour 2019-2020 erzielte Erlöse auf den Versuchsstreifen.

Annahmen für die ökonomische Betrachtung

Die Annahmen für die ökonomische Betrachtung beruhen auf den Bedingungen des Schweizer Zuckerrübenanbau- und Liefervertrags zwischen der Schweizer Zucker AG und dem Schweizerischen Verband der Zuckerrübenpflanzer von 2021.

Versuchsbeteiligte

Der Versuch wurde durch das Operating Team der Swiss Future Farm in Zusammenarbeit mit der Ackerbau-Beratung Arenenberg und der Schweizerischen Fachstelle für Zuckerrübenbau durchgeführt.

1.9 Ortsspezifische Stickstoffdüngung im Winterweizen unter Einbezug von Drohnen- und Bodendaten

Versuchsziel

Das Ziel dieses mehrjährigen Versuchs (2018-2020) ist die Verbesserung der Stickstoffnutzungseffizienz im Winterweizen durch den Einbezug von Drohnen-, Satelliten- und Bodendaten. Anhand dieser zusätzlichen Datenquellen gilt es die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit des Stickstoffs besser abzuschätzen und auf den Bedarf des Weizens abzustimmen.

Methodik

Der Versuch wurde im Rahmen der Doktorarbeit von Francesco Argento (Agroscope Tänikon, ETH Zürich) während den Jahren 2018-2020 auf der Swiss Future Farm auf insgesamt sieben Feldern durchgeführt. Eine Beschreibung der detaillierten wissenschaftlichen Methodik ist in Argento et al. 2020 (siehe Link am Ende dieses Teilkapitels) zu finden. Im Folgenden wird der Fokus vor allem auf die technische Umsetzung der Versuche gelegt. 2020 standen die drei Felder Altkloster F5 (4.6 ha), Ruedimoos F6 (3.3 ha) und Rütteli F7 (3.5 ha) zur Verfügung.

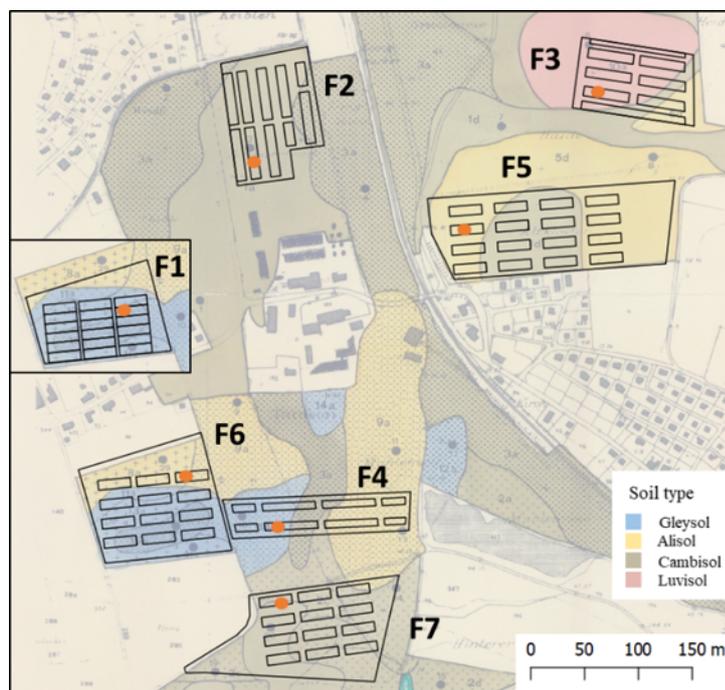


Abbildung 42: Die 7 Versuchsflächen (2018-2020) in der Übersicht. Die Bodenkarte im Hintergrund gibt Aufschluss über die Heterogenität der Flächen. Die orangenen Punkte signalisieren die Standorte der Bodensonden.

Im Versuch wurden innerhalb der drei Jahre vier unterschiedliche Düngungsverfahren verglichen. Auf den Standardstreifen (ST) wurde betriebsüblich mit konstanter Düngermenge gedüngt. In den Streifen mit variabler Düngung (VR) erfolgte die 1.

Düngergabe basierend auf den N_{\min} -Proben pro Bodenzone. Bei erhöhten N_{\min} -Gehalten wurde die Düngermenge bei der ersten Gabe reduziert, bei tiefen Gehalten wurde sie erhöht. Die 2. und 3. Gabe erfolgte basierend auf Luftbildern, die mit der Drohne erhoben wurden. Die aus den Multispektralbildern gebildeten Indizes geben Aufschluss über den bereits von der Pflanze aufgenommenen Stickstoff. Die Streifen NF (kein Dünger während der ganzen Saison) und NR (erhöhte 1. und 2. Gabe bei Verzicht auf 3. Gabe) dienten zur Kontrolle. Die Versuchsplots weisen eine Dimension von 30 x 90 m auf, wobei für die Auswertung jeweils ein 15m-Streifen zwischen zwei Fahrgassen berücksichtigt wurde.



Abbildung 43: Letzte Düngergabe im Winterweizen am 22.5.202. Die 0-Parzellen sind klar zu erkennen im Feld.

Eingesetzte Technik

Tabelle 2: Verwendete Technik für den Düngungsversuch

Massnahme	Maschine	Marke	Modell
Saat	Traktor	Fendt	516 mit RTK inkl. Frontpacker Rabe
	Sämaschine	Horsch	Express 3 KR
Düngung	Düngerstreuer	Sulky	Econov X40 (inkl. SC und TC GEO)
	Traktor	Massey Ferguson	5713S mit RTK und TC GEO Externes Terminal CCI1200
Unkrautbekämpfung	Traktor	Massey Ferguson	5713S mit RTK und TC GEO
	Feldspritze	Favaro	Compact, 15 m
Ernte	Mähdrescher	Fendt	5275 C PLI mit Ertragerfassung RDS Ceres 8000i
Datentransfer	QGIS	Shape-Datei	Übertragung per USB-Stick
Luftbilder	Drohne	DJI	Phantom 4 Pro mit Multispektralkamera Parrot Sequoia

Kulturführung und Düngergaben

Tabelle 3 zeigt die Feldkalender für die Versuchsfelder im Jahr 2020. In den Standardstreifen wurde eine Gesamtstickstoffmenge von 155 kg N/ha appliziert, im NR-Streifen wurden 160 kg N/ha gedüngt. Die ausgebrachten Düngermengen in den Streifen mit variabler Applikation bewegten sich 2020 im Bereich zwischen 95-149 kg N/ha.

Tabelle 3: Feldkalender für die Versuchsfelder F5-7 im Jahr 2020

	Altkloster (F5)	Rüedimoos (F6)	Rütteli (F7)
Bodenbearbeitung	23.10.2019 Pflügen	24.10.2019 Grubbern	13.11.2019 Grubbern
	24.10.2019 Scheibenegge		

Aussaat	24.10.2019 Drillsaat	26.10.2019 Drillsaat	14.11.2019 Drillsaat (unterer Teil) 05.12.2019 Drillsaat (oberer Teil)
Düngung	16.03.2020 1. N-Gabe 24.04.2020 2. N-Gabe 22.05.2020 3. N-Gabe	16.03.2020 1. N-Gabe 24.04.2020 2. N-Gabe 22.05.2020 3. N-Gabe	16.03.2020 1. N-Gabe 24.04.2020 2. N-Gabe 22.05.2020 3. N-Gabe
Pflege	18.03.2020 0.4 kg/ha Pacifica Plus 1.0 l/ha Mero 0.5 l CCC 25.05.2020 0.1 l/ha Audienz (Schadschwelle Überschritten)	18.03.2020 0.4 kg/ha Pacifica Plus 1.0 l/ha Mero 0.5 l CCC 25.05.2020 0.1 l/ha Audienz (Schadschwelle Überschritten)	06.04.2020 0.4 kg/ha Pacifica Plus 1.0 l/ha Mero 25.05.2020 0.1 l/ha Audienz (Schadschwelle Überschritten)
Ernte	27.07.2020 Mähdrusch	28.07.2020 Mähdrusch	10.08.2020 Mähdrusch

Die Felder wurden jeweils wöchentlich und kurz vor den anstehenden N-Düngungen mit der Drohne (DJI Phantom 4 Pro mit On-Board-Multispektralsensor Parrot Sequoia) überflogen, damit konnten Informationen zum Entwicklungsstand des Weizen und die spektralen Informationen zum N-Gehalt im Weizen zu ermittelt werden. Aus den ermittelten Daten stellte der Doktorand Francesco Argento eine Applikationskarte im Shape-Format zusammen. Durch die 2020 erstmalige Nutzung des CCI1200-Terminals konnten diese Daten ohne vorherige ISO-XML-Konvertierung genutzt werden. Damit konnte vermieden werden, dass das Raster wie sonst im ISO-XML-Format vorgegeben, automatisch nach Norden ausgerichtet wird.



Abbildung 44: Applikationskarte für die 2. N-Gabe auf F6 im Shape-Format vor dem Aufspielen auf das Terminal. Die Applikationskarte ist an den Fahrgassen ausgerichtet.



Abbildung 45: Universal Terminal CCI 1200 mit Düngapplikationskarte und ISOBUS-Bedienmaske für den Düngerstreuer.

Resultate

Mit Ausnahme der Fläche F4 im Jahre 2019 lagen die durchschnittlichen Erträge auf allen sieben Felder im Bereich von 65-70 dt/ha. Die Gründe für die tiefen Erträge auf F4 lagen in der nicht optimal gelungenen späten Aussaat im Herbst 2018. Auf jener Fläche waren auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den nicht-gedüngten und gedüngten Flächen auszumachen.

Die Erträge und ausgebrachten Düngermengen über die drei Versuchsjahre sind in Abbildung 46 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass sich die Erträge in den Verfahren mit variabler Düngung nicht signifikant von den Erträgen in den Standardverfahren unterscheiden, aber die Düngermengen teils markant reduziert werden konnten. Beim

Vergleich zwischen den stickstoffreichen Verfahren (NR) und Standardstreifen zeigt sich, dass es Felder gab, wo sich der zusätzliche Dünger auch in höheren Erträgen niederschlug (F2, F3 und F5). Auf Feld 6 war dieser Effekt aber gegenteilig. Interessant sind auch die Ertragsunterschiede zwischen den nicht gedüngten Streifen und den Standardstreifen sowie zwischen den nicht-gedüngten Zonen innerhalb eines Feldes. Im Schnitt über alle Felder weisen die nicht-gedüngten Teilflächen eine Ertragsspannweite von 25 dt/ha bis 75 dt/ha auf. Dies zeigt den grossen Einfluss des Bodens und der saisonalen klimatischen Bedingungen auf den pflanzenverfügbaren Stickstoff. Insgesamt konnte für die sieben Versuchsfelder eine Verbesserung der Stickstoffnutzungseffizienz von durchschnittlich 13 % beobachtet werden.

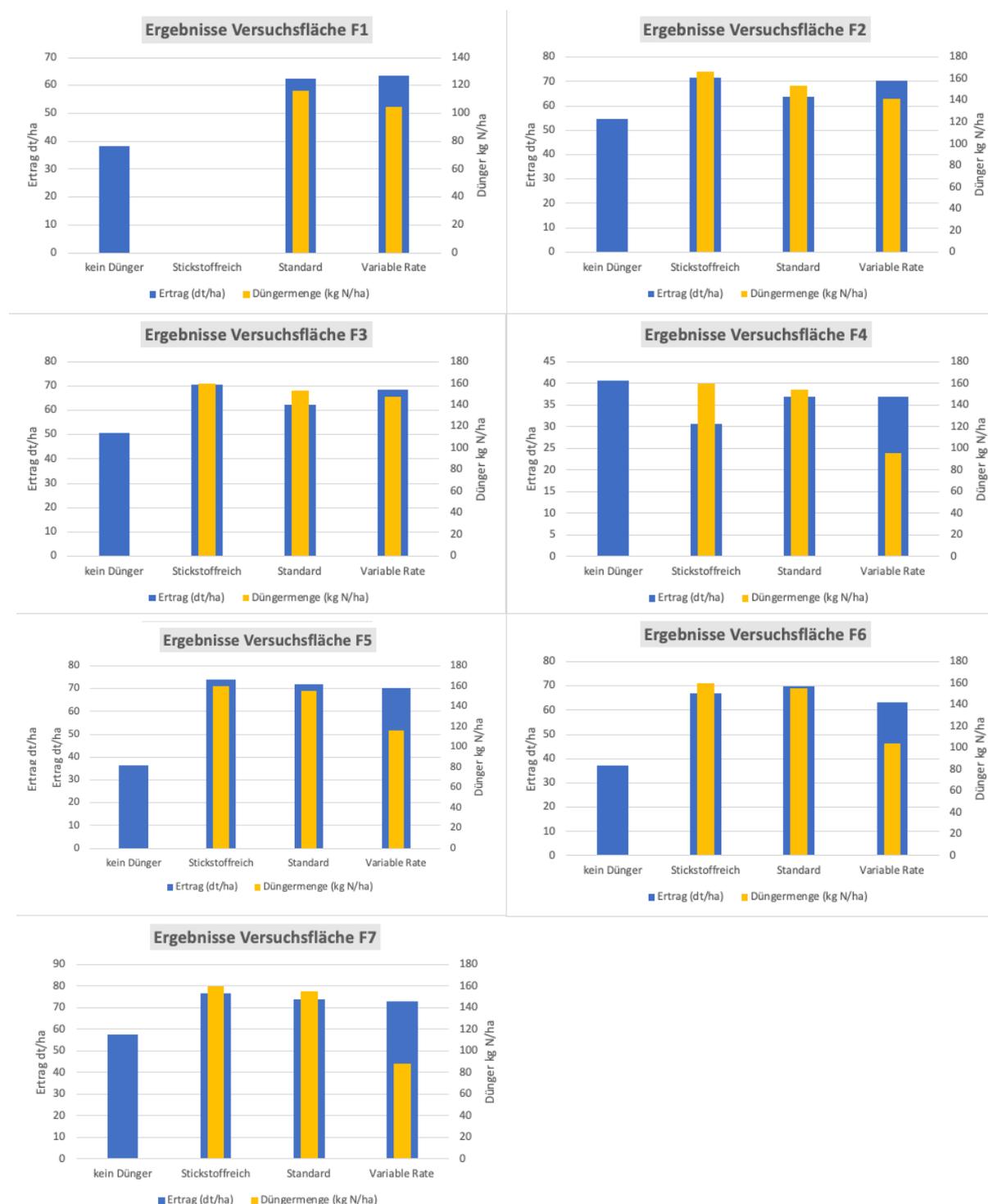


Abbildung 46: Erträge (dt/ha) und eingesetzte Düngermengen (kg/ha) pro Versuchsfläche und Verfahren.

Diese Resultate und Diskussionspunkte werden in die Weiterführung der Versuche miteinbezogen. Für die nächsten Versuchsjahre liegt ein Schwerpunkt im Bereich der Bodenzonierung sowie der Mineralisierungsprozesse im Boden.

Wissenstransfer

Die Resultate des Versuchs zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung wurden im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Swiss Future Farm bei Besucherführungen,

Workshops sowie an externen Veranstaltungen einem breiten Interessentenkreis aus der landwirtschaftlichen Praxis, Bildung und Beratung präsentiert.

Ausblick

Die Versuche werden 2021 auf vier Parzellen auf der SFF weitergeführt. Dabei wird der Fokus auf zwei Thematiken gelegt. Einerseits soll die wissenschaftliche Methodik mit einem Schwerpunkt auf die Kalibrierung der Spektralbilder und auf die Mineralisierungsprozesse im Boden weiterentwickelt werden, andererseits wird auf einer Parzelle die Methodik anhand von am Markt verfügbaren Technologien umgesetzt. Es gilt dabei zu validieren, ob die Versuchsergebnisse auch unter Praxisbedingungen reproduzierbar sind.

Versuchsbeteiligte

Versuchsdesign: Francesco Argento, Frank Liebisch, Thomas Anken (Agroscope Tänikon, ETH Zürich)

Drohnenflüge und Sampling: Francesco Argento (ETH Zürich)

Koordination und praktische Umsetzung: Operating Team Swiss Future Farm

Weiterführende Informationen

Wissenschaftliche Publikation im Journal Precision Agriculture:

Argento, Francesco & Anken, Thomas & Abt, F. & Vogelsanger, E. & Walter, A. & Liebisch, Frank. (2020). Site-specific nitrogen management in winter wheat supported by low-altitude remote sensing and soil data. Precision Agriculture.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-020-09733-3>

1.10 Unkrautbekämpfungsstrategien im Silomais in der Übersicht: Herbizidreduziert, herbizidfrei und konventionell chemisch

Versuchsziel

Das Ziel des Versuchs ist eine detaillierte Gegenüberstellung von mechanischen, herbizidreduzierten und chemischen Unkrautbekämpfungsmassnahmen im Silomais mit praxisnahen 15 m breiten Versuchsstreifen. Der Versuch dient als wichtiges Anschauungsmaterial für Betriebe, die eine herbizidreduzierte Pflege im Silomais bereits praktizieren oder sich zu diesem Thema informieren möchten. Nebst den beobachtbaren Effekten der Massnahmen im Feld werden auch die Kosten der einzelnen Verfahren direkt gegenübergestellt.

Versuchsanordnung

Der Versuch wurde auf der Fläche Grosswiese durchgeführt, die sich durch einen mittelschweren Boden mit geringer Heterogenität auszeichnet. Als Vorkultur stand eine 2-jährige Kunstwiese auf der Fläche. Bei der gesäten Silomaisorte handelt es sich um LG 30.205 mit Saatstärke 90'000 Pfl./ha.

Abbildung 47 zeigt die Einteilung der Verfahren auf der Fläche inklusive der Besuchergasse und einer Testfläche, die für ein Querstriegeln des Bestandes genutzt wurde. Alle Versuchsstreifen weisen eine Breite von 15 m auf.

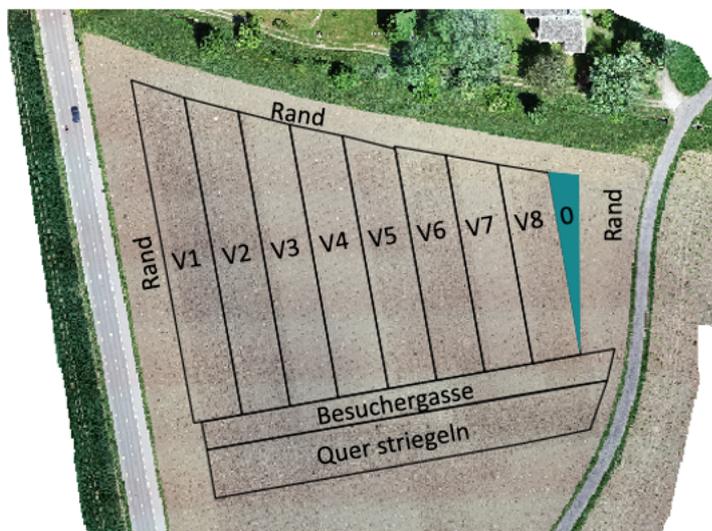


Abbildung 47: Anordnung der Verfahren auf der Fläche Grosswiese.

Tabelle 4: Unkrautbekämpfungsmassnahmen pro Verfahren

Verfahren	Walze	Blindstriegel	Striegel	Hacke	Herbizid	Band-spritzung	Unter-saat
Rand					1x		
V1		1x	1x	1x			
V2	1x	1x	1x	1x			
V3					1x		
V4			1x	1x			
V5	1x	1x	2x	1x			
V6	1x	1x	2x				
V7				1x		1x	
V8		1x	1x				1x
0-Parzelle							
Quer		1x	1x				

In Tabelle 4 sind die Unkrautbekämpfungsmassnahmen pro Versuchsparzelle aufgelistet.

Tabelle 5: Feldkalender mit Unkrautbekämpfungsmassnahmen

Datum	Massnahme und Kommentar	Impression
08. Mai 2020	Pflügen	
09. Mai 2020	Eggen und säen Kommentar: <ul style="list-style-type: none"> Kreiselegge war nicht optimal eingestellt. Dies führte zu Unebenheiten im Feld. 	

<p>09. Mai 2020</p>	<p>Walzen (nur drei Versuchsstreifen)</p> <p>Kommentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guter Effekt punkto Einebnung des unebenen Bodens. • Generell waren die Effekte des Striegels aber sowohl auf gewalztem als auch nicht-gewalztem Boden sehr gut. 	
<p>18. Mai 2020 (Vormittag)</p>	<p>Blindstriegeln (V1, V2, V5, V6, V8)</p> <p>Kommentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 9 Tage nach Aussaat, mit Striegelstärke 3.5/9. • Wenig Verunkrautung, guter Effekt. • Beste Bedingungen nach Niederschlag und gut abgetrocknetem Boden. 	
<p>26. Mai 2020 (Nachmittag)</p>	<p>Striegeln (V1, V2, V4, V5, V6, V8)</p> <p>Kommentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wurde mit geringer Geschwindigkeit gestriegelt, um die Maispflanzen in BBCH13 nicht zu beschädigen. • Es herrschten sehr gute, trockene Bedingungen. 	

<p>02. Juni 2020 (Nachmittag)</p>	<p>Untersaat einsäen (V8)</p> <p>Kommentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saat mit pneumatischem Düngerstreuer (15 m), danach ein Striegeldurchgang, UFA Mais fix 20 kg/ha (Weissklee, Engl. Raigras, Knaulgras). • Trockene Bedingungen mit Regen in den nachfolgenden Tagen. 	
<p>02. Juni 2020 (Nachmittag)</p>	<p>Striegeln (V5, V6, V8)</p> <p>Kommentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Striegel wurde auf Stärke 5/9 eingestellt. • Es herrschten sehr gute, trockene Bedingungen im Feld. 	
<p>20. Juni 2020</p>	<p>Herbizidapplikation (V3 und Bandspritzung V7)</p> <p>Kommentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufwandmengen 0.5l/ha Banvel 4S und 1.5l/ha Equip Power. 	 <p>Bild stammt von anderer Parzelle!</p>
<p>24. Juni 2020</p>	<p>Hacken (V1, V2, V4, V5, V7)</p> <p>Kommentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hackgerät mit Kamerasteuerung und Fingerhacken. • Maispflanzen waren bereits 80 cm hoch. 	

Die Massnahmen in der Übersicht

Blindstriegeln

In den Verfahren 1, 2, 5, 6, 8 wurde 9 Tage nach Aussaat blind gestriegelt bei kaum erkennbarem Unkrautdruck. Die blind gestriegelten Verfahren sind gleich gut aufgelaufen wie die nicht blind gestriegelten Versuchsstreifen, auch der Unkrautdruck unterschied sich nicht wesentlich (siehe Abb. 5)

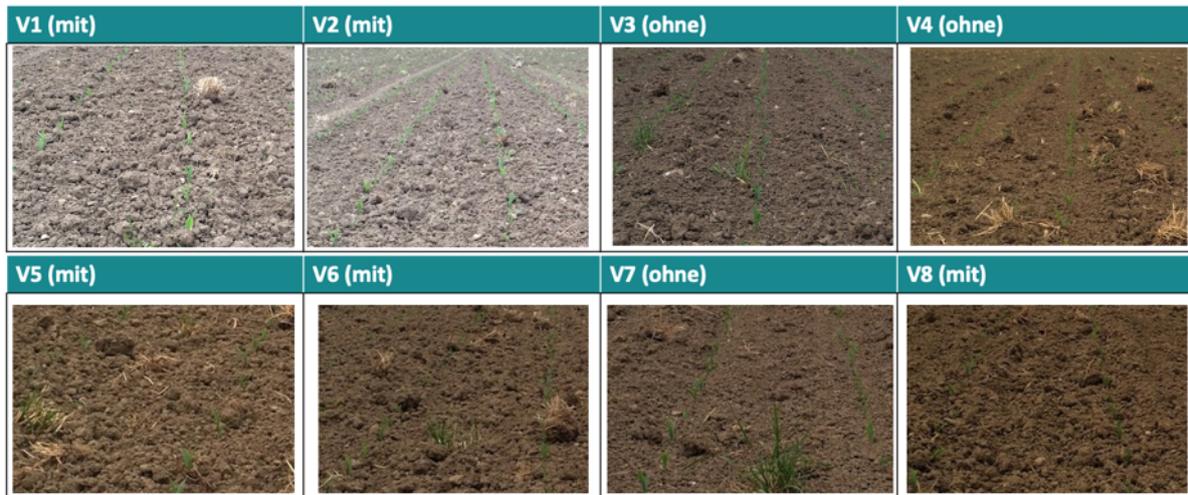


Abbildung 48: Unterschiede in Verfahren mit und ohne Blindstriegeln am 22. Mai 2020.

Striegeln

Die Bedingungen für den Einsatz des Striegels waren dank des trockenen Frühlings/Sommers sehr gut. Die beiden auf den ersten blinden Striegeldurchlauf folgenden Striegelmassnahmen fanden am 26. Mai und 2. Juni statt. Die vorherrschenden Unkräuter im Keim- bis 4-Blatt-Stadium konnten mit dem Striegel gut entfernt werden. Gegen einzelne durchwachsende Büschel der Kunstwiese zeigte der Striegel keinen Effekt. Vor allem beim Striegeldurchgang am 2. Juni wurden durch eine anfänglich zu aggressive Striegeleinstellung Maispflanzen geschädigt.

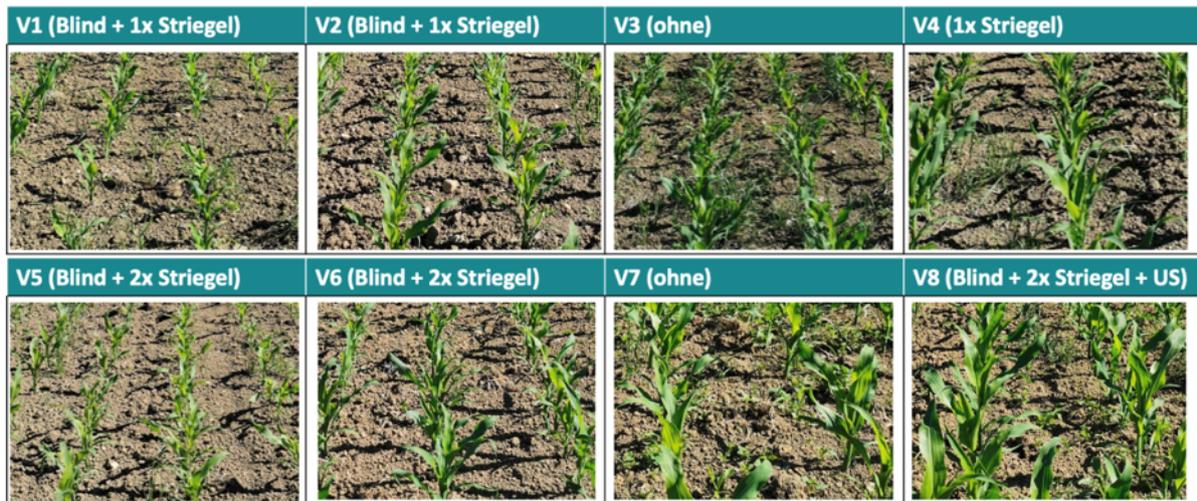


Abbildung 49: Verfahren in der Übersicht am 12. Juni.

Hacken

Der erste Hackdurchgang fand am 24. Juni und damit spät statt. Die Unkräuter konnten mit den Hackscharen sauber untergründig durchschnitten werden. Den durchwachsenden Kunstwiesenbüscheln konnte die Hacke zwischen der Reihe zu 75 % Herr werden, die Fingerhacken in der Reihe zeigten diesbezüglich aber wenig Effekte (siehe Abbildung 50).



Abbildung 50: Fingerhacken im Einsatz gegen Grasbüschel in der Reihe.

In Verfahren 7 wurde ab Aussaat bis zum 24.6.2020 keine Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen durchgeführt. Am 20.6.2020 wurde ein Herbizid als Bandspritzung in der Reihe appliziert. Abbildung 51 zeigt die Effekte des Hackdurchgangs.



Abbildung 51: Die linke Abbildung zeigt den Bestand vor, das rechte Bild den Bestand nach dem Hackdurchgang.

Fazit alle Verfahren

Abbildung 52 zeigt die Verfahrensstreifen nach Abschluss der Verfahren. Die anschliessende, mit Schulklassen der Berufsfachschule Arenenberg durchgeführte Bonitur zeigte, dass in den Versuchsstreifen eine Verunkrautung zwischen 1-3 % vorzufinden war. Interessant ist hierbei der Vergleich zur 0-Parzelle, in welcher keine Unkrautbekämpfung vorgenommen wurde und die eine starke Verunkrautung zeigte (Abbildung 53). Dies zeigt die hohe Wirksamkeit aller Verfahren, die in diesem Jahr optimal zeitlich eingesetzt werden konnten. Einerseits sorgten die warmen Temperaturen für ein zügiges Maiswachstum, andererseits liessen die längeren Trockenphasen eine optimale Terminierung der Massnahmen zu. Lediglich der Hackdurchgang konnte aufgrund einer regenreichen Phase in den ersten Juniwochen erst spät durchgeführt werden.

V1 (Blind + 1x Striegel + 1x Hacken)	V2 (Blind + 1x Striegel + 1x Hacken)	V3 (Herbizid)	V4 (1x Striegel + 1x Hacken)
V5 (Blind + 2x Striegel + 1x Hacken)	V6 (Blind + 2x Striegel)	V7 (Herbizid Band + 1x Hacken)	V8 (Blind + 2x Striegel + Untersaat)

Abbildung 52: Verfahren nach Abschluss aller Unkrautbekämpfungsmassnahmen am 24.6.2020



Abbildung 53: Die 0-Parzellen im Feld zeigen den Unkrautdruck bei fehlenden Unkrautbekämpfungsmassnahmen.

Resultate

Der Ertragsdurchschnitt auf der Fläche Grosswiese lag bei 20.3 t/ha Trockensubstanz und bewegte sich zwischen den Teilflächen und Verfahren zwischen 18.3 t/ha (V8) und 21.5 t/ha (V3). Der höchste Ertrag wurde im Herbizidverfahren erzielt.

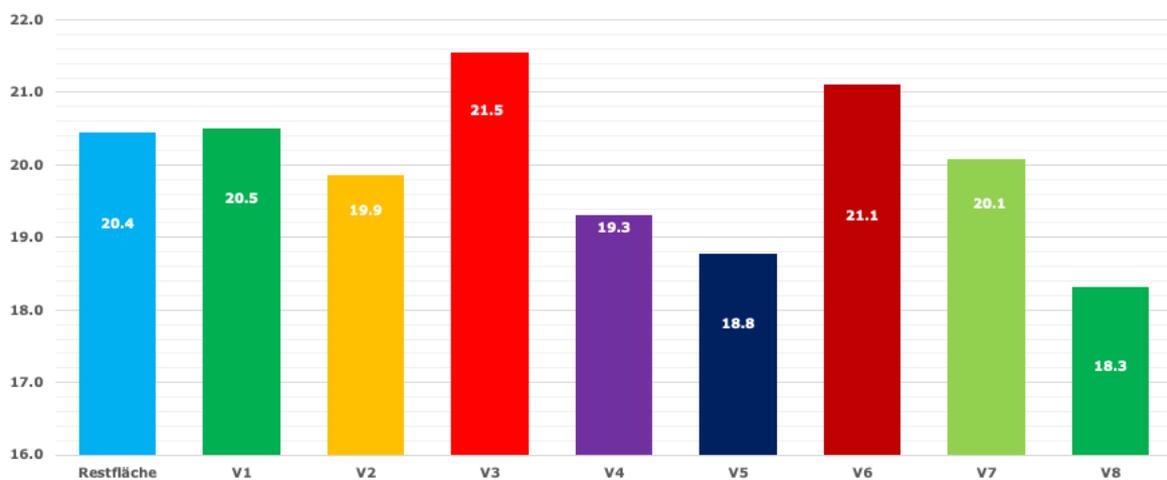


Abbildung 54: Ertrag t/ha TS in den einzelnen Verfahren.

Die Verfahrenskosten in der Unkrautbekämpfung bewegten sich zwischen 156 CHF/ha (V4) und 352 CHF/ha (V8). Bei der Untersaat schlugen vor allem die Saatgutkosten zu Buche. V4 zeichnete sich mit nur einem Hack- und Striegeldurchgang durch eine geringe Durchfahrtshäufigkeit und hohe Schlagkraft (Striegel) aus. Trotz der hohen Flächenleistung beim Striegeln war das reine Striegelverfahren (V6) aufgrund der drei Durchfahrten lediglich das zweitgünstigste Verfahren.

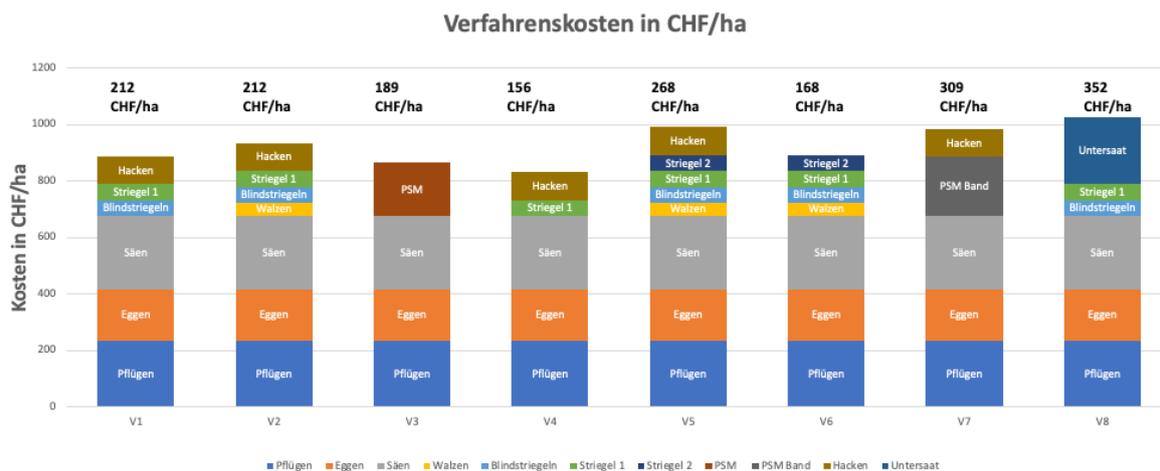


Abbildung 55: Verfahrenskosten in der Übersicht. Die Kosten für die Unkrautbekämpfung sind separat ausgewiesen.

Abbildung 56 zeigt die Deckungsbeiträge DB2 inklusive Maschinen-, Arbeits- und Betriebsmittelkosten für alle Verfahren. Mit 1190 CHF/ha konnte im Striegelverfahren der höchste Deckungsbeitrag erzielt werden. Dies ist vor allem auf den höchsten TS-Ertrag und die tiefen Kosten in der Unkrautbekämpfung in diesem Verfahren zurückzuführen. An zweiter Stelle steht das breitflächige Herbizidverfahren mit 1053.50 CHF/ha. Der tiefste Deckungsbeitrag wurde im Untersaatverfahren erzielt. Dies kommt auch daher, dass die Untersaat nach der Maisernte nicht weiter genutzt und der bodenverbessernde Effekt nicht monetär bewertet werden kann.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Ertrag feucht t/ha bei ca. 40% TS	47.60	45.10	48.90	45.90	45.70	51.40	46.70	44.60
TS-Ertrag (t/ha)	20.50	19.90	21.50	19.30	18.80	21.10	20.10	18.30
Erlös (CHF/t) Richtpreis Agridea	CHF 65.00	CHF 65.00	CHF 65.00	CHF 65.00	CHF 65.00	CHF 65.00	CHF 65.00	CHF 65.00
Leistungen								
Erlös pro ha	CHF 3'094.00	CHF 2'931.50	CHF 3'178.50	CHF 2'983.50	CHF 2'970.50	CHF 3'341.00	CHF 3'035.50	CHF 2'899.00
Kosten								
Unkrautbekämpfung	CHF 212.00	CHF 212.00	CHF 189.00	CHF 156.00	CHF 268.00	CHF 168.00	CHF 309.00	CHF 352.00
Bodenbearbeitung	CHF 414.00	CHF 461.00	CHF 414.00	CHF 414.00	CHF 461.00	CHF 461.00	CHF 414.00	CHF 414.00
Saat	CHF 262.00	CHF 262.00	CHF 262.00	CHF 262.00	CHF 262.00	CHF 262.00	CHF 262.00	CHF 262.00
Ernte	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00
DB 2 (inkl. Maschinen, Arbeit, Betriebsmittel)	CHF 946.00	CHF 773.50	CHF 1'053.50	CHF 891.50	CHF 720.50	CHF 1'190.00	CHF 790.50	CHF 611.00

Abbildung 56: Deckungsbeiträge in der Übersicht.

Fazit und nächste Schritte

Frühling und Sommer 2020, beide trocken und warm, bildeten optimale Verhältnisse für die mechanische Unkrautbekämpfung im Silomais. In allen Verfahren konnte das Unkraut effektiv bekämpft werden und die Untersaat entwickelte sich sehr gut. Im Striegelverfahren konnten die höchsten Deckungsbeiträge erzielt werden. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der Mais als Folgekultur zur Kunstwiese eine ideale Möglichkeit bietet, um sich als Betrieb an die mechanische Unkrautbekämpfung heranzutasten, da der Unkrautdruck nach der Kunstwiese vergleichsweise tief ist. Der Versuch wird 2021 auf der Fläche Mühlewiese wiederholt.

Wissenstransfer

Die Versuchsergebnisse wurden im Rahmen der SFF-Ferientage, des SFF-Feldtages und den SFF/ARENENBERG-Lernendentage auf der SFF einem breiten Publikum aus Fachleuten und landwirtschaftlich interessierten Personen präsentiert. Durch die leichte Zugänglichkeit der Besuchergasse und der guten Ausschilderung des Versuchs konnten verschiedene Bekämpfungsstrategien praxisnah und greifbar demonstriert werden.

Beteiligte Partner

Die Bonitur und Rechnung der Deckungsbeiträge wurden im Rahmen der SFF/ARENENBERG-Lernendentage in Zusammenarbeit mit den Lernenden des 2. und 3. Lehrjahres erarbeitet.

1.11 Cover-Crop-Banding mit hoher Lenkssystemgenauigkeit: Smarte Vorbereitung auf die Direktsaat von Mais

Versuchsziel

Ziel des Versuchs ist die smarte Nutzung bestehender Mechanisierung durch den Einbezug der wiederholbaren Genauigkeit des RTK-Korrektursignals. Dafür wurden im Herbst 2020 Gründüngungen in Streifen ausgesät (Cover-Crop-Banding). Im Frühjahr 2021 soll dann der Mais direkt und präzise in die ausgesparten Reihen gesät werden. Nebst einem geeigneten Bodenschutz wird mit diesem Anbauverfahren ein Verzicht auf chemische und mechanische Unkrautbekämpfung angestrebt.

Welche Vorteile bietet Cover Crop Banding?

Cover-Crop-Banding ermöglicht die bestehende Mechanisierung, wie Drillsämaschine und Grubber, in Kombination mit einem Lenkssystem mit RTK-Genauigkeit für ein alternatives Anbauverfahren zu nutzen. Verglichen mit dem abgesetzten Strip-Till-Verfahren wird beim Cover-Crop-Banding eine Überfahrt eingespart, da die partielle Lockerung des Bodens im Frühjahr entfällt. Hingegen findet beim Cover-Crop-Banding bereits im Herbst eine ganzflächige, intensive Lockerung statt. Die Gründüngungen sorgen im Winter für einen hohen Bodenbedeckungsgrad, welcher das Erosionsrisiko mindert, die biologische Bodenaktivität fördert und Nährstoffe organisch bindet, sodass sie rasch wieder für die Pflanzen verfügbar sind. Wünschenswert ist ein möglichst rasches Auflaufen der Gründüngungen im Herbst, damit die nicht gesäten Reihen geschlossen und auflaufende Samenunkräuter unterdrückt werden. Im Frühling stoppt der Messerwalzeneinsatz das Wachstum der Gründüngung. Durch die Verwendung der Messerwalze zur Saat besteht kein Bedarf für eine gesonderte Überfahrt. Somit konkurrenziert die Gründüngung nicht direkt mit dem Mais um Wasser und Nährstoffe. Die nicht überwinternden Gründüngungen frieren im Winter stehend ab und werden nicht wie üblich im Herbst zu Boden gebracht. Damit wird einer nicht-zersetzten Mulchschicht vorgebeugt, die die Abtrocknung des Bodens im Frühjahr verlangsamt. Die im Frühling zu Boden gebrachten Gründüngungen sollen den Boden flächig (auch in der Reihe) bedecken und zur Unkrautunterdrückung beitragen, sodass kein Herbizideinsatz notwendig ist.

Versuchsanordnung und eingesetzte Technik

Der Versuch findet im unteren Teil der Parzelle Rütteli statt (Abbildung). Nach der Ernte der Vorfrucht Winterweizen fanden zwei Grubberdurchgänge statt. Ziel des ersten Grubberdurchgangs war die Einmischung der Ernterückstände des Winterweizens. Hingegen sollte mit dem zweiten Grubberdurchgang eine tiefe Lockerung (30 cm) erreicht werden. Die Durchführung der tiefen Bodenbearbeitung kann so im Sommer

unter optimalen Feuchtigkeitsverhältnissen durchgeführt werden. Eine tiefe Bodenbearbeitung im Frühjahr ist oft nachteilig, da dann der Unterboden oft zu hohe Feuchtigkeitsgehalte aufweist und der ungelockerte Boden im Winter weniger ausfriert.

Anschliessend wurden vier unterschiedliche Gründüngungen mit 30 cm breiten sautfreien Streifen in regelmässigen Abständen von 75 cm ausgesät. Die Streifenaussaat wurde durch eine geschickte und einfach umzusetzende Modifikation an der Sämaschine (Reihenabstand von 15 cm) umgesetzt. Die vier verschliessbaren Abgänge des Verteilturms, die für die Fahrgassenschaltung vorgesehen sind, wurden anderen Säscharen zugeordnet und konstant geschlossen gehalten. Dadurch wurde an vier Säscharen auf drei Metern Arbeitsbreite kein Saatgut ausgebracht. Im Frühjahr 2021 wird dann Körnermais dank der Nutzung des Lenksystems präzise und direkt in die 30 cm breiten Lücken gesät. Das Spurführungssystem verwendet ein RTK (Real Time Kinematic) Korrektursignal, das sich durch die hohe statische Genauigkeit auszeichnet. So kann die Maissaat zentimetergenau in die 30 cm breiten Streifen ohne Gründüngung erfolgen. Während der Saat wird die Messerwalze im Frontanbau dafür sorgen, dass die überwinternde Gründüngung wachstumsunfähig gemacht wird. An der Sämaschine werden Räumsterne die Saatreihen von allfälligen Überresten der Gründüngung befreien.

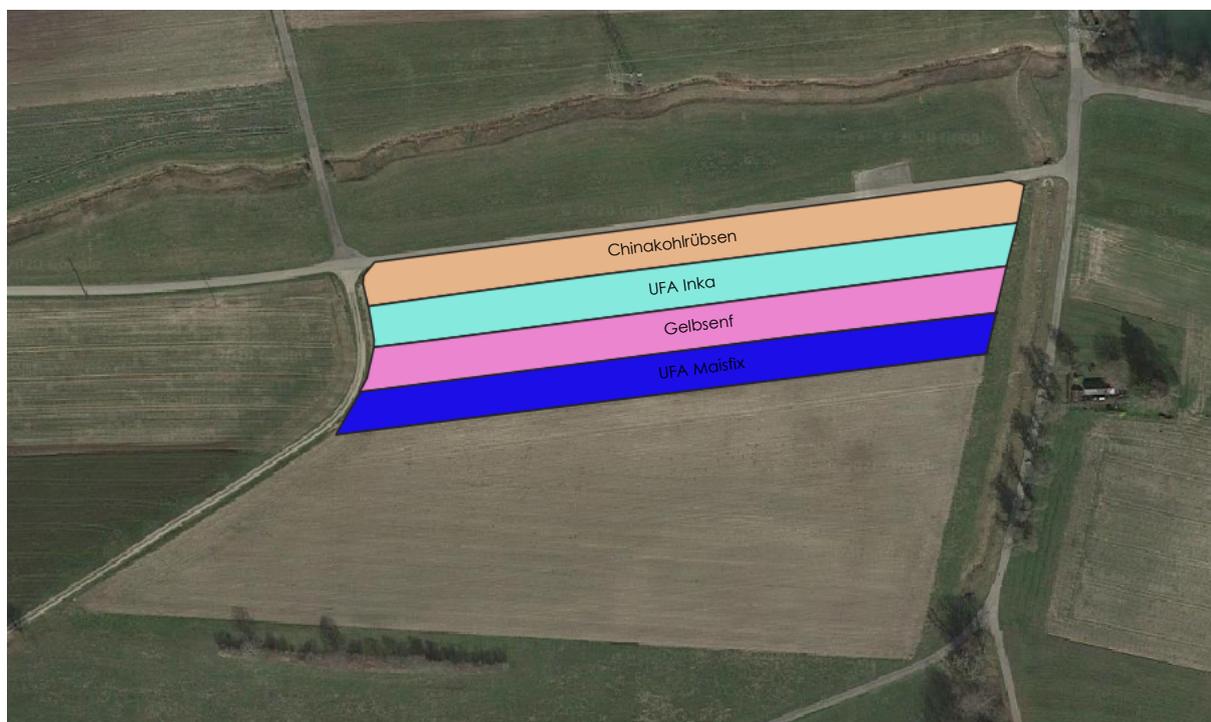


Abbildung 57: Anordnung der Versuchsstreifen.

Tabelle 6: Umgesetzte Massnahmen und dazu eingesetzte Technik

	Massnahme	Datum	Eingesetzte Technologien
Bodenbearbeitung	Grubbern (Horsch Terrano 3 m) 15 cm tief mit Mulchmixscharen	10. September 2020	Spurführung mit RTK-Korrektursignal
	Lockerung (30 cm tief) mit Meisselscharen	10. September 2020	Spurführung mit RTK-Korrektursignal, Section Control
Saat	Saat der Gründüngungen mit der modifizierten Kreiseleggensäkombination (Horsch Express 3KR)	11. September 2020	Spurführung mit RTK-Korrektursignal, Section Control

Die vier Gründüngungen (Tabelle 7) teilen sich in abfrierende, teilabfrierende und winterharte Gründüngungen auf.

Tabelle 7: Vergleichene Gründüngungsmischungen.

Gründüngung	Zusammensetzung der Mischung	Winterhärte	Saatmenge
UFA Maisfix	Kleinblättriger Weissklee, Englisches Raigras, Frühes Knautgras	Winterhart	20 kg/ha
UFA Inka	Alexandrinerklee, Phacelia, Sommerwicken, Internatklée	Teilabfrierend (nur Inkernatklée ist winterhart)	31 kg/ha
Gelbsenf	Reinsaat	Abfrierend	20 kg/ha
Chinakohlrübsen	Reinsaat	Winterhart	15 kg/ha



Abbildung 58: Horsch Express 3KR Drillsätkombination mit modifizierter Zuordnung der Säschröuche vom Verteilturm zu den Säschröaren.



Abbildung 59: Saat der Gründüngung Mitte September mit der Drillsätkombination.

Resultate und Diskussion

Je zwei winterharte und zwei abfrierende Gründüngungen wurden gesät, um die Unterschiede von abfrierenden und überwinternden Gründüngungen festzustellen. Trotz des tendenziell späten Aussaatzeitpunkts zeigten die Gründüngungen UFA Inka, Chinakohlrübsen und Gelbsenf eine zufriedenstellende



Abbildung 59: So präsentieren sich die in Streifen gesäten Chinakohlrübsen Mitte Oktober.

Auflaufgeschwindigkeit. Einzig der Auflauf der UFA-Maisfix-Mischung

als Gründüngung war nicht zufriedenstellend. Grund dafür sind die Temperaturansprüche der Sorten in der Mischung, welche eigentlich für eine Aussaat im wärmeren Frühjahr als Maisuntersaat optimiert sind. Drohnenaufnahmen zeigten, dass es leider keine der Gründüngungen vermochte, die bei der Saat ausgesparten Reihen komplett zu schliessen. In der Folge blieben die zukünftigen Maisreihen (30 cm breit) nicht komplett unkrautfrei.

Wissenstransfer

Dieser Versuch soll zeigen, wie Smart-Farming-Technologien Ackerbausysteme weiterbringen können und wie Standardmaschinen noch effizienter genutzt werden

können. Die Erfahrungen können im Anschluss in der Beratung oder bei Schulungen genutzt werden. Der Fortschritt des Versuchs soll auf verschiedenen Social-Media-Kanälen kommuniziert werden.

Schlussfolgerungen

Die Resultate dieses Herbsts zeigen, dass die exakte Saat dank der dynamischen RTK-Genauigkeit des Spurführungssystems problemlos umsetzbar ist. Auch der exakten Maissaat im Frühjahr 2021 in die vorgesehenen Reihen steht dank der statischen Genauigkeit des RTK-Korrektursignals und den im Traktor gespeicherten Referenzlinien nichts im Weg. Zudem zeigten sich wie erwartet grosse Unterschiede zwischen den Gründüngungen. Die gräserfreien Gründüngungen überzeugten durch ein rascheres Auflaufen und unterdrückten das Unkraut durch ihren üppigen Wuchs stärker. Wir sind gespannt, wie sich die Gründüngungen im Frühling zur Maissaat präsentieren werden und wie die Maisdirektsaat gelingen wird.

Beteiligte Partner

An dieser Stelle möchten wir uns bei Hanskasper Kübler von UFA Samen für die Unterstützung bei der Auswahl der Gründüngungen bedanken. Die Planung, Umsetzung und Kommunikation des Versuchs wurde von der GVS Agrar AG (Marco Meier, Nicolas Helmstetter, Vivienne Oggier) und dem Arenenberg (Florian Abt , Raphael Bernet) durchgeführt.

1.12 Tiefendüngung im Raps

Versuchsziel und Hintergrund

Zukünftig wird man im Ackerbau herausfordernden Klimabedingungen begegnen, die eine geschickte Lenkung des Bestandes fordern. Mit der gezielten Platzierung von mineralischem Dünger sollen die Wurzeln von Rapspflanzen gelenkt werden. Vor allem die gezielte Platzierung von Ammonium und Phosphor sollen eine anziehende Wirkung auf Wurzeln ausüben. Die gezielte Tiefendüngung sollte also Wachstumsanreize für die Wurzel setzen und eine tiefreichende Verwurzelung fördern. Weiter sollten nährstoffarme, tiefere Bodenschichten dadurch aufgedüngt werden. Somit dürfte das Verfahren vor allem für viehlose Betriebe, die sich auf eine pfluglose Bewirtschaftung spezialisieren, relevant sein. Denn die Tiefendüngung hat zum Ziel, den Dünger in ca. 20 cm Tiefe abzulegen, was ca. 10 cm tiefer liegt als durch Grubbern eingearbeitete gestreute mineralische Düngung. Mit der gezielten Tiefendüngung entsteht also eine konzentrierte Düngerablage in ca. 20 cm Tiefe. Bodenschichten in dieser Tiefe trocknen im Vergleich zu höher gelegenen Bodenschichten seltener aus. Somit ist die Nährstoffaufnahme von wenig mobilen, stabilen Nährstoffen besser gewährleistet. Dies gilt für die Nährstoffe Phosphor und Kalium, die aufgrund von Konzentrationsunterschieden (Diffusion) zur Pflanze gelangen, was die räumliche Nähe von Dünger und Wurzel bedingt und zusätzlich eine genügend hohe Bodenfeuchtigkeit. Die mit der Tiefendüngung einhergehende Tiefenlockerung ist ein zusätzliches zentrales Element für einen optimal verwurzelten Rapsbestand. Die Tiefenlockerung bietet der Pfahlwurzel ein hindernisloses Wurzelwachstum. Die schmalen Horsch-LD(low disturbance)-Scharen sollten den Boden lockern und so Hindernisse für das Wurzelwachstum aus dem Weg räumen. Durch die geringe Breite der LD-Scharen kann der Arbeitsdurchgang zudem mit wenig Zugkraft und folglich auch wenig Kraftstoffbedarf durchgeführt werden. Wenn die Tiefenlockerung eine tiefreichende Verwurzelung ermöglicht, kann sich dieser Eintrag von organischem Material in den Boden positiv auf das Bodenleben auswirken.

Technisch hat der Versuch zum Ziel, die Düngerausbringung mit dem Düngeraufbau auf den Horsch-Terrano-Grubber im Kombination mit dem Fronttank zu testen. Aus der agronomischen Perspektive stellt sich die Frage, ob durch die Tiefendüngung und der gleichzeitigen, gezielten Lockerung im Raps Veränderungen in der Nährstoffverfügbarkeit, der Wurzelphänologie und der Trockenheitstoleranz im Vergleich zum Verfahren mit gezielter Lockerung, aber ohne Tiefendüngung feststellen lassen. Darüberhinaus sollen mögliche Ertragsunterschiede zwischen den beiden Verfahren ermittelt werden.

Versuchsanordnung und eingesetzte Technik

Der Grubber wurde mit einer 40 mm breiten Horsch-LD-Schar ausgerüstet, um eine gezielte Lockerungswirkung sowie eine Zugkratteinsparung zu erzielen. Zur direkten Einbringung des Düngers mit dem Grubber wurde ein Düngerverteilsystem auf den Horsch-Terrano-Grubber aufgebaut. Das Düngerverteilsystem besteht aus einem Verteilturm mit Schläuchen als Verbindung zu den Düngereinlegern. Die Düngereinleger lassen sich so einstellen, dass der Düngerstrom entweder gesamthaff tief oder oberflächlich abgelegt wird, oder dass der Düngerstrom zur Hälfte tief und zur Hälfte oberflächlich abgelegt wird. Am Grubber werden die Düngerleitbleche hinten an die Horsch-LD-Grubberscharen angebracht. Grubber und Düngeraufbau müssen in dieser Konfiguration zusammen mit einem Frontdüngertank kombiniert werden.

Strasse und Grünstreifen	Breitflächige Düngung ohne Tiefenlockerung (9 m)
	Gezielte Lockerung mit Tiefendüngung (15 m)
	Gezielte Lockerung ohne Tiefendüngung (15 m)
	Gezielte Lockerung mit Tiefendüngung (15 m)
	Gezielte Lockerung ohne Tiefendüngung (12 m)
	Gezielte Lockerung mit Tiefendüngung (9 m)
	Gezielte Lockerung ohne Tiefendüngung (27 m)
	Übrige Fläche (spitz zulaufend)

Abbildung 60: Anordnung der Versuchsstreifen.



Abbildung 61: Verteilturm des Grubbers.



Abbildung 62: Düngergleitblech.

Der Versuch findet im westlichen Drittel des Schlags Altkloster in Tänikon statt (Abbildung 60). Winterweizen war die Vorfrucht des ausgesäten Raps. Der Versuch wurde als Streifenversuch angelegt. Als Abgrenzung zu angrenzenden Versuchen wurde am östlichen Rand des Versuchsfeldes ein 3 m breiter Randstreifen ohne Tiefendüngung und ohne Tiefenlockerung angelegt. Danach folgen gegen Westen

sechs Versuchsstreifen, die alle einer Tiefenlockerung unterzogen wurden. Abwechselnd wurde in drei dieser sechs Streifen zusammen mit der Tiefenlockerung die Tiefendüngung direkt eingebracht. Die Düngerschar des Grubbers verlief genau zwischen zwei Saatreihen. Gegen Westen wird die Parzelle durch eine kleine Fläche mit gleicher Bewirtschaftung wie der östliche Rand (ohne Tiefendüngung und ohne Tiefenlockerung) abgeschlossen. Für die Tiefendüngung wurde Triple Super mit einer Ausbringmenge von 46 kg P₂O₅/ha verwendet. Die Düngerschar wurde so eingestellt, dass 50 % des Düngerstroms 10 cm tief und die restlichen 50 % des Düngerstroms in 20 cm Tiefe abgelegt wurden. Die Aufteilung des Düngerstroms hängt von der Folgekultur und der Wurzelgeometrie ab. Zudem muss in Abhängigkeit des Aussattermins entschieden werden, ob eine Startergabe ausgebracht werden soll oder die Attraktionswirkung in der Tiefe im Vordergrund steht. Die Rapsaussaat fand einen Tag nach der Grundbodenbearbeitung statt. Ausgesät wurde die Rapsorte Tempo mit dem Drillsaatverfahren (Reihenabstand 15 cm). Die Saatmenge betrug 50 Pflanzen/m² und die Samen wurden in 1-2 cm Tiefe abgelegt.

Tabelle 8: Umgesetzte Massnahmen und verwendete Mechanisierung.

	Massnahme	Datum	Eingesetzte Technologien
Bodenbearbeitung und Grunddüngung	Grubbern (Horsch Terrano 3 m) 15 cm tief mit Mulchmixscharen-	25. August 2020	Lenksystem mit RTK-Korrektursignal
	Grunddüngung in Kombination mit 20 cm tiefer Lockerung (Horsch Terrano 3 m mit Düngerverteiler und LD Schare, kombiniert mit Monosem Frontdüngertank).	25. August 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Lenksystem mit RTK-Korrektursignal • ISOBUS am Frontdüngertank
Saat	Saat der Sorte Tempo mit der Kreiseleggensäkombination (Horsch Express 3KR).	26. August 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Lenksystem mit RTK-Korrektursignal • ISOBUS an der Sämaschine
Düngung	Applikation von Ammonsalpeter Mg S (24 %).	22. September 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Lenksystem mit RTK-Korrektursignal • Section Control
Pflanzenschutz	Applikation von VA Basan Trio mit Favaro Pflanzenschutzspritze.	27. August 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Lenksystem mit RTK-Korrektursignal • Section Control
	Schneckenkörner am Rand.	1. September 2020	
	Applikation von Cypermethrin (0.25 l/ha ,Insektizid) und Fusilade Max (1.5 l/ha, Herbizid) mit Favaro Pflanzenschutzspritze.	21. September 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Lenksystem mit RTK-Korrektursignal • Section Control

Resultate und Diskussion

Um den mit zunehmender Tiefe abnehmenden Phosphorgehalt für diese Parzelle zu belegen, wurden Bodenproben genommen. Die Bodenproben wurden am 2. November mit einem Auger genommen. Dabei wurde in zwei Streifen mit Tiefenlockerung, aber ohne Tiefendüngung eine Mischprobe von 10 Stellen gemacht, bei denen jeweils zwischen Proben von 0-20 cm und 20-40 cm unterschieden wurde. Die Analyse wurde im Bodenlabor Arenenberg durchgeführt. Die bei der Analyse verwendete P-Extraktionsmethode war die CO²-Methode, bei welcher der pflanzenverfügbare P gemessen wurde.¹ Die AAE-Methode kann nur in kalkfreien Böden (negative Kalkprobe) und bis zu pH-Werten kleiner als 6.8 ein aussagekräftiges Resultat liefern und wurde aufgrund der hohen pH-Werte für diese Proben nicht angewandt.² Erwartet wurde, dass der Phosphorgehalt mit zunehmender Tiefe in Streifen ohne P-Tiefendüngung abnimmt. Diese Vermutung wurde von den durchgeführten Bodenproben bestätigt (Tabelle 9). Sowohl im Streifen 3 als auch im Streifen 5, in denen keine Tiefendüngung stattfand, wurde in der Mischprobe von 20-40 cm ein tieferer P-Gehalt festgestellt, als in der Mischprobe von 0-20 cm. Bei der hälftigen Aufteilung des Düngerstroms wird also der P-Gradient nicht verstärkt und trotz der Tiefendüngung bleibt die P-Konzentration an der Oberfläche höher. Wie nun die Wurzeln trotz gleichbleibendem Gradienten auf die höhere P-Konzentration in der Tiefe reagieren werden, muss noch genauer untersucht werden.

Tabelle 9: Ergebnisse der Bodenbeprobung.

Parzelle_Streifen	Tiefe	Testzahl	mg P/kg Boden extrahiert	pH	pflanzenverfügbare Nährstoffe
Alt kloster_Streifen 3	0-20 cm	22.1	3.4	7.5	Angereichert
Alt kloster_Streifen 3	20-40 cm	11.2	1.7	7.6	Vorrat
Alt kloster_Streifen 5	0-20 cm	12.6	2.0	7.7	Vorrat
Alt kloster_Streifen 5	20-40 cm	7.7	1.2	7.6	Genügend

Die Auswirkungen der Tiefenlockerung sowie der Tiefendüngung auf die Wurzelphänologie wurde mit einer herkömmlichen Spatenprobe quantitativ beurteilt. Die Spatenproben wurden in der Feldmitte durchgeführt. Einerseits wurden dadurch Randeffekte vermieden und es wurde sichergestellt, dass die optimale

¹ Richner, W., et al. "Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017)." Agrarforschung Schweiz 8.6 (2017): 47-66.

² Richner, W., et al. "Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017)." Agrarforschung Schweiz 8.6 (2017): 47-66.

Geschwindigkeit für die Grundbodenebearbeitung an der Beprobungsstelle bereits erreicht war.



Abbildung 63: Rapswurzeln und Bodenstruktur aus tiefengelockertem Boden.

Abbildung 63 zeigt zwei Spatenproben von Rapspflanzen aus Streifen mit Tiefenlockerung. Beide Pflanzen aus Streifen mit Tiefenlockerung zeigten eine unverzweigte Wurzel, wobei eine der beiden Wurzeln abgeknickt ist und keinen geraden Wuchs nach unten zeigte. Im linken Bild lässt sich bis zur Bearbeitungstiefe der Kreiselegge ein Krümelgefüge erkennen. Hingegen lassen die grossen Aggregate mit glatter Oberfläche tiefer als 10 cm erkennen, dass dort die Bodenstruktur trotz der Tiefenlockerung nicht optimal ist. Vorderhand liessen sich keine eindeutigen Unterschiede zwischen Wurzeln im Streifen mit und ohne Tiefendüngung feststellen. Jedoch war diese Spatenprobe keine qualitative Beurteilung und kann mit dieser Methode nicht abschliessend beantwortet werden.

Eine weitere Spatenprobe wurde im nicht tiefengelockerten Bereich genommen. Abbildung 63 zeigt eine verzweigte Rapswurzel in einem nicht tiefengelockerten Bereich. Die Wurzel dieser Pflanze war deutlich weniger lang und stärker verzweigt. Die Verzweigung beginnt bei ca. 8-10 cm, also dort, wo die Wurzel den Kreiseleggenhorizont verlässt und auf die ungelockerte Bodenschicht trifft.



Abbildung 64: Verästelte Rapswurzel aus einem nicht tiefengelockerten Bereich des Schlags.

Wissenstransfer

Dieser Versuch soll zeigen, wie Smart-Farming-Technologien Ackerbausysteme weiterbringen können und wie Standardmaschinen durch Erweiterungen noch effizienter genutzt werden können. Zudem soll eine alternative Düngerstrategie zur herkömmlichen Düngung unter Schweizer Ackerbaubedingungen getestet werden. Die Erfahrungen können im Anschluss in der Beratung oder bei Schulungen genutzt werden. Der Hintergrund des Versuchs sowie dessen Aufbau und die genutzte Technik wurden bereits im Rahmen des Swiss-Future-Farmtags am 25. September 2020 von Nicolas Helmstetter vorgestellt.

Schlussfolgerungen

Die Tiefenlockerung ermöglichte in diesem Boden mit starken Strukturschäden die Entwicklung einer starken Pfahlwurzel beim Raps. Inwiefern sich die Tiefenlockerung und die Tiefendüngung ertragswirksam zeigt und wie sich der Bestand im Frühjahr 2021 präsentieren wird, wird die Auswertung der gesamten Versuchsdaten nach der Ernte 2021 zeigen. Die Resultate des abgeschlossenen Versuchs werden dann im Jahresbericht 2021 veröffentlicht.

Beteiligte Partner

Dieser Versuch wurden von der GVS Agrar AG auf der Swiss Future Farm durchgeführt. Ein besonderer Dank gilt Raphael Bernet für die unkomplizierte Zusammenarbeit während der Umsetzung des Versuchs und der Beschaffung des Düngers und des Saatguts. Herzlichen Dank auch an das Bodenlabor Arenenberg für die Analyse der Bodenproben.

2 Digitales Betriebsdatenmanagement

2.1 Innenwirtschaft

Aufbau des Stallnetzwerks

Der Schwerpunkt im Betriebsdatenmanagement auf der Swiss Future Farm lag 2020 darin, die bestehende Netzinfrastruktur im Bereich der Innenwirtschaft zu erneuern, damit die Systeme in der Schweine- und Milchviehhaltung in ein gemeinsames Stallnetzwerk integriert werden können.

Dieser Umbau der Netzinfrastruktur bildete die Grundlage, um Tier- und Melkdaten aus den beiden Ställen «Milchviehstall Tänikon (MVS)» und «Emissionsversuchsstall Waldegg (EVS)» in einem Programm zusammenzuführen. In den beiden Ställen sind Melkstände von zwei unterschiedlichen Melktechnik-Unternehmen, namentlich Lemmer-Fullwood (EVS) und GEA (MVS), verbaut.

Mit dem Softwareanbieter Uniform Agri wurde ein Partner gefunden, um eine Anbindung an beide Systeme zu bewerkstelligen. Diese Anbindung kann per Ende Q1 2021 abgeschlossen werden und bringt für den Betrieb den Vorteil, dass die Tier- und Milchdaten in der Milchwirtschaft zentral verwaltet werden können. Weiter erhalten die Forschenden von Agroscope Tänikon damit einen zentralen Zugang zu den Daten beider Ställe.

Barto Active-Boxen

In der Innenwirtschaft wurde Barto ActiveDoc getestet, um erste Erfahrungen darin zu sammeln, wie der Prozess der Fütterung im Milchviehstall automatisiert abgebildet werden könnte. ActiveDoc ist ein System zur automatisierten Dokumentation. In der App kann ein Zugfahrzeug oder eine Arbeitskraft via einem bluetoothfähigen Beacon mit einem Anbaugerät (z.B. Güllefass) verbunden werden. Dadurch zeichnet das System automatisch auf, welche Massnahme durchgeführt wird. Das System ist derzeit optimiert für die Dokumentation von Massnahmen in der Aussenwirtschaft.

Mit einem einfachen, ersten Test wurden für die SFF folgende Fragen geklärt:

- Wird die Maschinenbewegung korrekt aufgezeichnet? Werden die Anbaugeräte (Futtermischwagen) erkannt?
- Kann der Stall als Schlag angelegt werden und wird dieser bei der Durchfahrt entsprechend erkannt?

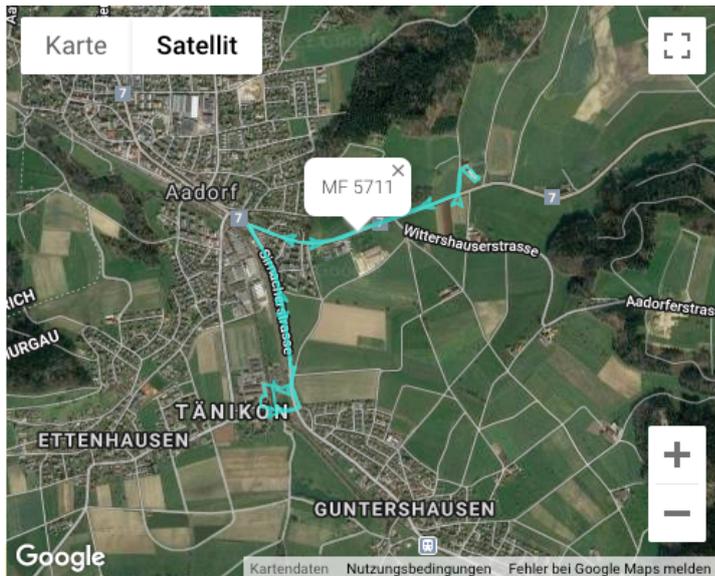


Abbildung 65: Aufgezeichnete Fahrspur des MF5711 auf der Route vom und zum Emissionsversuchsstell.

Für den Test haben wir ein Smartphone mit der Barto ActiveApp fix auf dem Fütterungstraktor MF5711 installiert und via USB-Ladegerät mit Strom versorgt. Der Anbaugeräte-Beacon wurde am Futtermischwagen installiert (siehe Abbildung 66).



Abbildung 66: Der Anbaugeräte Beacon bewährt sich auch in staubiger Umgebung.

Der Futtermischwagen wurde vom Smartphone jeweils erkannt und auch die Maschinenbewegung kann vom System korrekt aufgezeichnet werden (siehe Abbildung 65). Weiter wurden auch die Bewegungen innerhalb der Stallungen erfasst (Abbildung 67).



Abbildung 67: Bewegungen des Futtermischwagens im Milchviehstall.

Für die Dokumentation können die aufgezeichneten Werte auf unterschiedliche Schläge und Ställe verbucht werden (Abbildung 68).

12.08.	Siloking Futtermischwager	Milchviehstall	08:40 - 08:56	00:05	00:11
12.08.	Siloking Futtermischwager	Hofbereich	08:32 - 08:40	00:08	00:00

Abbildung 68: Schlagzuteilung mit Arbeits- und Stillstandszeit.

2.2 Aussenwirtschaft – Erste Tests im Bereich der Automatisierung

In der Aussenwirtschaft wurden mit den Produkten des deutschen Start-Ups Exatrek erste Tests im Bereich der automatisierten Datenerfassung in der Aussenwirtschaft getätigt. Exatrek bietet eine Telemetriebox, die die Telemetriedaten von Traktoren über die InCab-Steckdose abrufft und über Bluetooth-Beacons mit den Anbaugeräten verbindet. Aus der Kombination dieser beiden Datensätze mit den vermessenen und in der Exatrek-Webapp hinterlegten Feldgrenzen können Feldmassnahmen automatisch erfasst und den Flächen zugewiesen werden. Auf der SFF wurden Tests im Bereich der Gülleausbringung mit Exatrek durchgeführt.

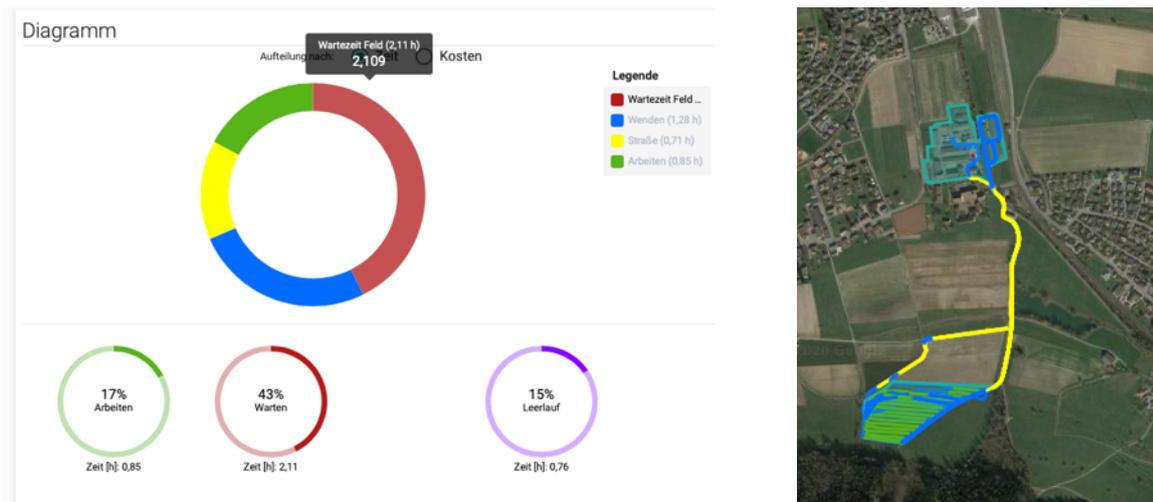


Abbildung 69: Automatisch erfasste Gülleausbringung in der Plattform Exatrek.

Auf der Plattform werden die Telemetriedaten genutzt um die Arbeitszeiten in die unterschiedlichen Kategorien Arbeits-, Strassen-, Wende- und Wartezeit zu unterteilen (siehe Abbildung 69). Damit lassen sich für Betriebe auch interessante Berechnungen zur Auslastung der Traktoren und Anbaugeräte automatisiert durchführen (siehe

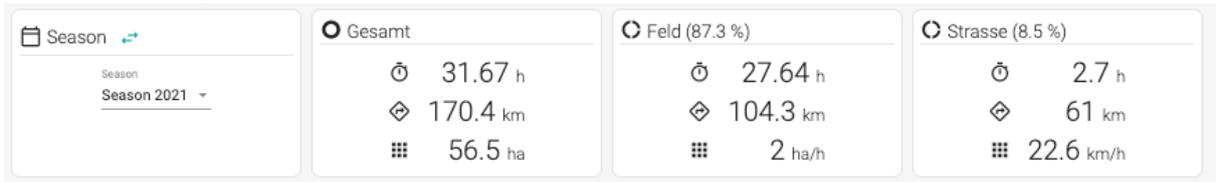


Abbildung 70).

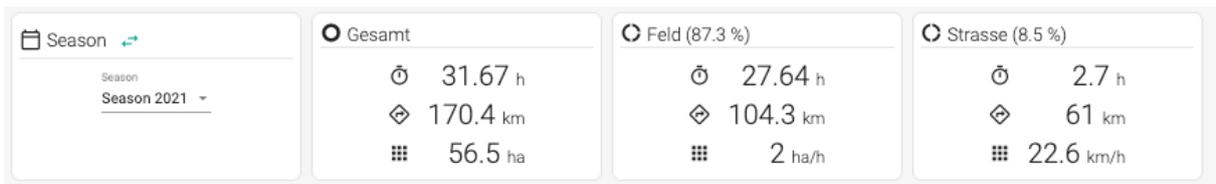


Abbildung 70: Auswertung zur Nutzung des Güllefasses während des Tests auf der SFF.

3 Öffentlichkeitsarbeit

3.1 Besucherprogramm

Trotz der Corona-bedingten Einschränkungen und Unwägbarkeiten wurde die Öffentlichkeitsarbeit 2020 auf der SFF bestmöglich vorangetrieben. In den ersten Jahresmonaten vor Beginn der Pandemie begrüßten wir die Teilnehmenden der Generalversammlung von **Swiss Beef Region Ost** und präsentierten Ergebnisse aus Versuchen auf der SFF. Zu ackerbaulichen Themen informierten wir die **Ostschweizer Saatgutproduzenten** an ihrer Jahresversammlung auf der SFF in Tänikon. Weiter begrüßten wir Schüler*innen und Studierendengruppen vom **Plantahof** und der **Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW)** und auch die **Laveba Genossenschaft**.

Für die breite Öffentlichkeit organisierten wir während zwei Sommerferienwochen der Kantone TG und ZH ein **Ferienprogramm** auf der SFF, bei welchem Corona-konform in Eigenregie und mithilfe einer spannenden, App-basierten Posten-Rallye die Swiss Future Farm erkundet werden konnte. An verschiedenen Posten konnten sich die Besucher zur Raufutterzusammensetzung oder teilflächenspezifischen Düngung informieren und Aufgaben lösen. Das Programm lockte nebst einem breiten, grösstenteils nicht-bäuerlichen Publikum auch viele Medienschaffende auf die Swiss Future Farm.

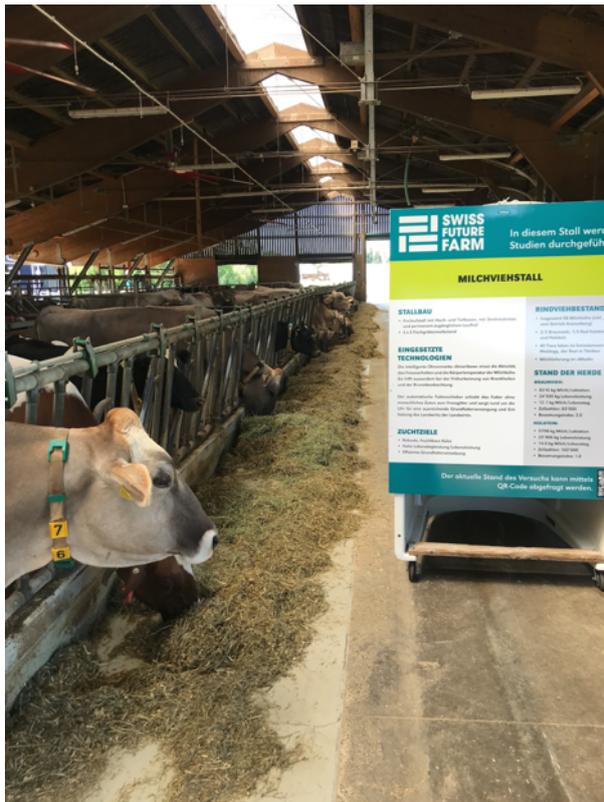


Abbildung 71: Impressionen von den Sommerferientagen auf der SFF.

3.2 Swiss-Future-Farmtag 2020

Der zweite Swiss-Future-Farmtag fand am 20. September 2020 statt und stand ganz im Zeichen des Ackerbaus. Den insgesamt 90 Teilnehmenden wurden die auf der SFF angelegten Feldversuche sowie die Herangehensweise an die Arbeit mit einem Farm-Management-Informationssystem (FMIS) an verschiedenen Feldposten näher gebracht. Folgende ackerbauliche und administrative Themen wurden im Rahmen der Feldversuche und Präsentationen vorgestellt:

- Verschiedene Verfahren zur mechanischen Unkrautbekämpfung im Mais, vorgestellt durch Nils Zehner und Marco Meier.
- Tiefendüngung im Raps, vorgestellt durch Nicolas Helmstetter.
- Vergleich verschiedener Pflanzenschutzverfahren und neuer Beizungen im Raps sowie mechanische Unkrautbekämpfung im Raps, präsentiert von Raphael Bernet.
- Arbeiten mit Farm-Management-Informationssystemen, präsentiert von Florian Abt.

Der spannende Rundgang durch die Feldversuche wurde mit interessanten Diskussionen und einem offerierten Mittagessen auf dem SFF-Gelände abgeschlossen. Wir danken an dieser Stelle allen Teilnehmern nochmals herzlich für ihr Interesse.



Abbildung 72: Impressionen vom Swiss-Future-Farmtag 2020.

3.3 Innovationsforum Ernährungswirtschaft

Am 27. November 2020 fand die erste Austragung des Innovationsforums Ernährungswirtschaft Tänikon als virtuelle Veranstaltung mit hundert Teilnehmenden zum Thema Agri-Food-Automatisierung statt.

Das Innovationsforum wird vom Innovationsboard Tänikon veranstaltet, welches sich aus Vertreter*innen des Amtes für Mittel- und Hochschulen des Kantons Thurgau, Agroscope Tänikon, der OST – Ostschweizer Fachhochschulen, der Swiss Future Farm, des Verbands Thurgauer Landwirtschaft, des Thurgauer Gewerbeverbands, der Industrie- und Handelskammer Thurgau und dem Kompetenznetzwerk Ernährungswirtschaft zusammensetzt.

Das Ziel des jährlich stattfindenden Innovationsforums ist die Vernetzung von Forscher*innen, Unternehmer*innen sowie landwirtschaftlichen Produzent*innen entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Die nächste Austragung ist für Freitag, 3. Dezember 2021 als Präsenzveranstaltung in Tänikon geplant.

Mehr Informationen sind auf folgender Seite zu finden:

<https://innovationsforum-ernaehrungswirtschaft.tg.ch>

3.4 Externe Vorträge durch Vertreter der Swiss Future Farm

Die Digitalisierung in der Landwirtschaft und die diesbezüglichen Tätigkeiten auf der SFF bewegen nach wie vor breite Kreise. Aus diesem Grund waren die Mitglieder des Operating Teams der Swiss Future Farm auch 2020 an verschiedenen Veranstaltungen als Redner zu Gast. Die Beiträge am **Agrartag in Donaueschingen** sowie an der **Klimatagung Ebenrain**, an der **Tänikoner Melktechniktagung**, dem **Arbeitswissenschaftlichen Kolloquium (AKAL)** und an der **Agrarökonomietagung** konnten physisch stattfinden. Die weiteren Vorträge wie beispielsweise an der **Demeter-Klausur 2020**, am **SwissRe Life and Health Forum** oder bei der **Digitalisierungstagung der Landwirtschaftskammer Niederösterreich** fanden online statt.

3.5 Swiss Crop Tour

Die Swiss Crop Tour ist eine Initiative der Swiss Future Farm zur Nutzenbestimmung von Precision-Farming-Technologien. Hier werden die Möglichkeiten zur Ertragssteigerung,

Potentiale für Einsparungen und Mehrerlöse durch die Anwendung neuer Technologien in der Landwirtschaft durch Feldversuche auf der Swiss Future Farm und auf Praxisbetrieben in den Kantonen Schaffhausen und Thurgau untersucht.

Die Versuchsanlagen erfolgen unter lokalen Bedingungen und haben einen Focus auf dem pflanzenbaulichen Nutzen und der Untersuchung des Einflusses der Maschineneinstellungen auf Pflanzenentwicklung und Ertrag. Die Resultate werden mit Hilfe von Bonituren und Ertragserhebungen ermittelt, um Erfahrungswerte aus der Praxis unter lokalen Bedingungen zur Verfügung stellen zu können.

An den Versuchsstandorten, der Swiss Future Farm sowie 7 Praxisbetrieben in den Kantonen Schaffhausen und Thurgau wurden zur Aussaat von Zuckerrüben und Mais neue Sätechnik-Lösungen von Precision Planting eingesetzt, um den pflanzenbaulichen Mehrwert dieser Technologie zu bestimmen. Die Durchführung der Feldversuche, basierend auf dem Konzept der internationalen AGCO Crop Tour, erfolgte in Partnerschaft mit dem , GVS Agrar AG und interessierten Landwirten aus der Region Schaffhausen/Thurgau. Die Vorgehensweise bei der Durchführung der Swiss Crop Tour ist in *Abbildung 73* dargestellt. Die Resultate der Felversuche werden im Rahmen von Feldtagen und Publikationen in der Fachpresse der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.



Abbildung 73: Vorgehensweise bei den Feldversuchen der Swiss Crop Tour.

4 Schulungen und Weiterbildung

4.1 Aktivitäten im Wissenstransfer Arenenberg

Feldunterricht mit den Lernenden des zweiten und dritten Lehrjahres

Am Dienstag, 22.09.20, und Donnerstag, 24.09.20, wurde der Schulunterricht für insgesamt 104 Lernende des zweiten und dritten Lehrjahres nach Tänikon auf die Swiss Future Farm verlegt. An vier Unterrichtsposten erhielten die Lernenden Einblicke in den nachhaltigen Rapsanbau, die mechanische Unkrautbekämpfung im Silomais, die Berechnung von Düngergaben sowie den praktischen Futterbau. Im praxisbezogenen Unterricht konnten die Lernenden ihre Fähigkeit in der Pflanzenerkennung und Wiesenbonitur, der Ertragsschätzung und Deckungsbeitragsrechnung, der Rapsbonitur und im Düngemanagement verbessern.



Abbildung 74: Impressionen des Feldunterrichts.

Modul Smart Farming BF30 ab 2021

Im Jahr 2020 wurden die Grundlagen für das erste Smart-Farming-Modul in der Betriebsleiterschule in der Schweiz gelegt. In Kooperation mit dem Strickhof und dem Landwirtschaftlichen Zentrum St. Gallen wurde ein umfassendes Modulprogramm erarbeitet, welches ab Februar 2021 zum ersten Mal unterrichtet wird.

Impulskurs der Begabungs- und Begabtenförderung (BFF) des Kantons Thurgau

Im Impulskurs der BFF des Kt. Thurgaus auf der SFF in Tänikon konnten die teilnehmenden Schüler*innen aus der 5. bis 7. Klasse während eines Nachmittags in die Welt des Smart Farmings eintauchen. Der Nachmittag startete mit einem Theorieteil zum Thema «Digitalisierung im Pflanzenbau». Anschliessend konnten die Schüler*innen mit einem Feldvermessungsgerät und der Drohne ein Feld aufnehmen und im GIS analysieren. Aus den Daten generierten die Schüler*innen eine Karte, die sie zum Schluss am Traktor einlesen durften. Für Begeisterung bei den Kindern sorgte vor allem das automatische Lenksystem des Traktors, welches exakt der zuvor vorgegebenen Spur folgt.



Abbildung 75: Aktivitäten im Rahmen des Impulskurs der Begabungs- und Begabtenförderung des Kantons Thurgau.

Kurs zu digitalen Aufzeichnungshilfen

Am Donnerstag, 6. Februar 2020, führten wir am Arenenberg einen Kurs zu digitalen Aufzeichnungshilfen in der Landwirtschaft durch. Im gut besuchten Kurs lernten die Teilnehmenden, wie sie die Flächendaten aus dem LAGIS exportieren und für den Start in einem FMIS nutzen können. Nebst einem Überblick über die Möglichkeiten, Grenzen, Chancen und Gefahren der digitalen Aufzeichnung konnten die Teilnehmenden direkt in einem ausgewählten FMIS unter Begleitung des Kursleiters erste Erfahrungen sammeln.

Digitale Technologien in der Landwirtschaft (DiTeLa)

Um das Thema der digitalen Technologien in der Landwirtschaft auch im landwirtschaftlichen Bildungssystem zu integrieren, wurde mit dem E-Book «Digitale Technologien in der Landwirtschaft – DiTeLa» ein modernes, kompakt-strukturiertes Lehrmittel mit vielen Abbildungen, kurzen Videos, Illustrationen und animierten Grafiken geschaffen. Das Lehrmittel wurde unter Beteiligung der SFF im Jahr 2020 erarbeitet und wird ab 2021 vom Lehrmittelverlag für die Berufsfelder der Landwirtschaft, Milchwirtschaft und des Gartenbaus (edition-Imz AG) herausgegeben.



Abbildung 76: Ansicht des Lehrmittels «Digitale Technologien in der Landwirtschaft».

5 Links

5.1 Websites

www.swissfuturefarm.ch

www.agcocorp.com

www.bbz-arenenberg.ch

www.gvs-agrar.ch

www.fusesmartfarming.com/de

www.agrar-landtechnik.ch

www.precisionplanting.com

eu.precisionplanting.com

www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/wirtschaft-technik/smart-farming/swiss-future-farm.html

5.2 Social Media

<https://www.facebook.com/swissfuturefarm>

<https://www.instagram.com/swissfuturefarm>

https://www.youtube.com/channel/UCzsEm9mMLs0X_IT3MoaCJXQ

6 Impressum

Autoren:

Florian Abt, Nicolas Helmstetter, Vivienne Oggier, Dr. Nils Zehner

Swiss Future Farm

Tänikon 1

CH-8356 Ettenhausen

info@swissfuturefarm.ch

www.swissfuturefarm.ch

Operating Team:

Florian Abt (Arenenberg), Raphael Bernet (Arenenberg), Christian Eggenberger (Arenenberg), Marco Meier (GVS Agrar AG, bis 11/2020), Isabella Schoning (AGCO), Dr. Nils Zehner (AGCO)

Steering Team:

Nicolas Helmstetter (GVS Agrar AG), Martin Huber (Arenenberg), Dr. Bernhard Schmitz (AGCO)

Executive Board:

Ueli Bleiker (Kanton Thurgau), Torsten Dehner (AGCO) , Ugo Tosoni (GVS Gruppe)