

Diplomarbeit

Niklas ENGLMAIR, Leo TRAUNMÜLLER

Vergleich verschiedener Anbaumethoden bei Ackerbohne

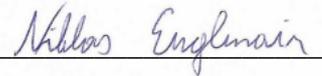
Betreuer: Armin Rogl, BSc.
Landtechnik und Bauen

außerschulische Partner: Eglseergut – Mag. Eva Wartlik
Landwirtschaftlicher Betrieb
Boden-Wasserschutzberatung OÖ –
DI Marion Gerstl
Probstdorfer Saatzucht –
Ing. Wilhelm Eßl

Ehrenerklärung

Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt haben. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

St. Florian, am 03.04.2024



Niklas Englmaier



Leo Traummüller

THEMA

2023/24

Vergleich verschiedener Anbaumethoden bei Ackerbohne

SCHULE

Höhere Landwirtschaftliche Bundeslehranstalt St. Florian
 A-4490 St. Florian, Fernbach 37, Tel.: +43 7224 8917, <http://www.hlbla-florian.at>
 Direktion: DI Dr. Hubert Fachberger

AUTOREN

SUBTHEMEN

Niklas ENGLMAIR
 Leo TRAUNMÜLLER

Landtechnischer Vergleich
 Pflanzenbauliche Beschreibung

BETREUER

PARTNERUNTERNEHMEN

Armin Rogl, BSc.

Eglseergut - Mag. Eva Wartlik
 Boden.Wasser.Schutz.Beratung OÖ – DI Marion Gerstl
 Probstdorfer Saatzeit – Wilhelm Eßl

PROBLEMSTELLUNG

Welche Vor- und Nachteile bringen die Anbaumethoden von Ackerbohnen, Saat auf Pflugfurche, Mulchsaat und Direktsaat und wie wirken sich diese auf Kenngrößen wie in Ertrag, Pflanzengesundheit, Kraftstoffverbrauch pro Hektar und Deckungsbeitrag aus?

ZUSAMMENFASSUNG

Die folgende Diplomarbeit befasst sich mit verschiedenen Anbaumethoden der Ackerbohne. Diese Anbaumethoden sind die Saat auf Pflugfurche, die Mulchsaat und die Direktsaat.

In dieser Arbeit werden die Unterschiede der verschiedenen Anbaumethoden durch Kennzahlen wie dem Ertrag, dem Kraftstoffverbrauch, dem Arbeitszeitbedarf und dem Deckungsbeitrag sowie anhand von Bonituren und Beobachtungen ermittelt. Zur Ermittlung dieser Unterschiede enthält diese Arbeit auch die Ergebnisse eines einjährigen Feldversuchs.

Der Literaturteil dieser Diplomarbeit setzt sich mit der Botanik und den Grundinformationen über den Anbau der Ackerbohne, sowie den verwendeten Bodenbearbeitungsgeräten und den im Versuch angewandten Anbaumethoden auseinander.

Die Versuchsergebnisse zeigen große Unterschiede in den genannten Kenngrößen und spiegeln die jeweiligen Vor- und Nachteile der Anbaumethoden wider.

Es zeigt sich, dass die Saat auf Pflugfurch und die Mulchsaat eher Vorteile in Richtung der Erträge mit sich bringen, wohingegen die Stärken der Direktsaat eher in der Effizienz von der erforderlichen Arbeitszeit und dem Kraftstoffverbrauch liegen.

TOPIC

2023/24

Comparison of different cultivation methods for faba beans

SCHOOL

Federal Secondary College for Agriculture at St. Florian
 A-4490 St. Florian, Fernbach 37, Tel.: +43 7224 8917, <http://www.hlbla-florian.at>
 Direktion: DI Dr. Hubert Fachberger

WRITERS

SUBTOPICS

Niklas ENGLMAIR
 Leo TRAUNMÜLLER

Comparison of agricultural technology
 Crop description

SPECIALIZED

COMPANY

Armin Rogl, BSc.

Eglseergut - Mag. Eva Wartlik
 Boden.Wasser.Schutz.Beratung OÖ – DI Marion Gerstl
 Probstdorfer Saatzucht – Wilhelm Eßl

TASK

What are the advantages and disadvantages of the cultivation methods of faba beans, plough furrow sowing, mulch sowing and direct sowing and how do these affect parameters such as yield, plant health, fuel consumption per hectare and contribution margin?

ABSTRACTS

The following diploma thesis deals with different cultivation methods for faba beans. These cultivation methods are plough furrow sowing, mulch sowing and direct sowing.

In this thesis, the differences between the various cultivation methods are determined using key figures such as yield, fuel consumption, labour requirement and contribution margin, as well as on the basis of assessments and observations. To determine these differences, this thesis also contains the results of a one-year field trial.

The literary part of this thesis deals with the botany and basic information on the cultivation of field beans, as well as the tillage equipment used and the cultivation methods applied in the trial.

The trial results show major differences in the parameters mentioned and reflect the respective advantages and disadvantages of the cultivation methods.

It can be seen that sowing on plough furrows and mulch sowing tend to have advantages in terms of yield, whereas the strengths of direct sowing lie more in the efficiency of the required working time and fuel consumption.

Vorwort

2022 stiegen die Energiepreise in der EU rapide an, was sich auf Dünger- und Treibstoffkosten auswirkte. Eine effiziente, aber dennoch ertragsbringende Bodenbearbeitung und Saat rückt mit derartigen Gegebenheiten in den Vordergrund. Dieser Umstand wurde der Auslöser für diese Diplomarbeit, welche sich mit verschiedenen Anbaumethoden von Leguminosen im oberösterreichischen Zentralraum beschäftigt.

Für diese Diplomarbeit wurden zwei Extremformen gewählt zum einen eine sehr intensive, wendende Bodenbearbeitung mittels Pflugs und eine Saat ohne vorhergehende Bodenbearbeitung, nämlich die Direktsaat. Um auch die weitverbreitete Mischung aus diesen Formen anzuführen war die dritte Variante im Versuch die Mulchsaat, wo zwar Bodenbearbeitung mittels Grubber oder Scheibenegge stattfindet, diese jedoch weniger intensiv und eher mischend als wendend ist.

Seitens der Kultur war die Ackerbohne als zweihäufigste angebaute Leguminose in Österreich naheliegend, wobei diese im Vergleich zu Soja nur einen geringen Teil der Anbaufläche ausmacht. Dennoch stellt sie eine sinnvolle Alternative zur Sojabohne dar.

Mit dieser Ausgangssituation gingen die Verfasser dieser Diplomarbeit auf die Boden.Wasser.Schutz.Beratung und dem Biobauernhof Eglseergut zu welche sich beide weiterführend mit tatkräftiger Unterstützung als außerschulische Partner ergaben und somit diese Diplomarbeit mit ermöglichten.

Ein derartiger Vergleich ist arbeits- und zeitintensiv, brachte aber viele interessante Ergebnisse, die auf den folgenden Seiten beschrieben werden.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
2	DANKSAGUNG	2
3	LITERATUR	3
3.1	ACKERBOHNE.....	3
3.2	HERKUNFT, VERBREITUNG.....	3
3.3	SYSTEMATIK.....	4
3.4	ENTWICKLUNGSPHYSIOLOGIE.....	5
3.5	SORTEN.....	7
3.6	PFLANZENBAULICHE ANSPRÜCHE DER ACKERBOHNE	8
3.6.1	BODENANSPRÜCHE	8
3.6.2	KLIMATISCHE ANSPRÜCHE	9
3.6.3	NÄHRSTOFFANSPRÜCHE.....	9
3.7	KRANKHEITEN	10
3.8	SCHÄDLINGE	12
3.9	UNKRÄUTER	14
3.10	PRODUKTIONSTECHNIK.....	14
3.10.1	BODENBEARBEITUNG.....	14
3.10.2	ANBAU.....	15
3.10.3	SAATPFLEGE UND BESTANDESFÜHRUNG.....	16
3.10.4	ERNTE	17
3.10.5	NACHFOLGENDE BODENBEARBEITUNG	19
3.10.6	LAGERUNG.....	19
3.11	VERWENDUNG, VERMARKTUNG UND INHALTSSTOFFE.....	19
3.12	MARKT UND MARKTENTWICKLUNG	20
3.13	BESCHREIBUNG DER BODENBEARBEITUNGSGERÄTE	22
3.13.1	PFLUG	22
3.13.2	GRUBBER	26
3.13.3	KREISELEGGE	29
3.14	BESCHREIBUNG DER PNEUMATISCHEN EINZELKORNSÄMASCHINE	32
3.15	BESCHREIBUNG DER ANBAUMETHODEN	35

3.15.1	SAAT AUF PFLUGFURCHE.....	35
3.15.2	MULCHSAAT.....	37
3.15.3	DIREKTSAA.....	39
4	MATERIAL UND METHODE	43
4.1	VERSUCHSSTANDORT	43
4.1.1	STANDORT.....	43
4.1.2	BESCHAFFENHEIT DES BODENS NACH EBOD	44
4.1.3	KLIMA	46
4.2	VERSUCHSAUFBAU	50
4.3	DURCHFÜHRUNG	51
5	ERGEBNISSE.....	57
5.1	ERTRÄGE PRO HEKTAR	57
5.2	KRAFTSTOFFBEDARF LAUT ÖKL.....	60
5.3	ARBEITSZEITBEDARF LAUT ÖKL	61
5.4	DECKUNGSBEITRÄGE DER VERSCHIEDENEN ANBAUMETHODEN	62
5.5	ERGEBNISSE DER BONITIERUNGEN UND BEOBACHTUNGEN.....	63
6	DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	69
7	LITERATURVERZEICHNIS	71
8	ARBEITSPLAN.....	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbauhäufigkeit Hülsenfrüchte.....	4
Abbildung 2: N-Fixierleistung Körnerleguminosen.....	18
Abbildung 3: Aufbau eines Anbau-Drehpfluges.....	22
Abbildung 4: Aufbau eines Pflugkörpers	23
Abbildung 5: Schematischer Aufbau eines dreireihigen Grubbers.....	26
Abbildung 6: Aufbau einer Kreiselegge	29
Abbildung 7: Zinken des Kreiselgrubbers (1) und der Kreiselegge (2).....	30
Abbildung 8: Aufbau einer mechanischen Einzelkornsämaschine.....	32
Abbildung 9: Pneumatisches Säsystem	34
Abbildung 10: Versuchsstandort	44
Abbildung 11: Feldgrenzen, Bodentyp, Auboden, Bodenart lehmiger Schluff.....	44
Abbildung 12: Bodenhorizonte	45
Abbildung 13: Niederschlagsverteilung	48
Abbildung 14: Vegetationszeit.....	48
Abbildung 15: Jährlicher Temperaturverlauf.....	49
Abbildung 16: Jährliche Niederschlagsverteilung	49
Abbildung 17: Anordnung der Versuchspartzellen	50
Abbildung 18: Salzsäuretest	51
Abbildung 19: Aussaat des Versuches.....	52
Abbildung 20: Hacken der Versuchsfläche.....	54
Abbildung 21: Ernte des Versuches	55
Abbildung 22: Abbunkern in die Container	55
Abbildung 23: Wiegung der Container	56
Abbildung 24: Mittlere Kornerträge der verschiedenen Anbaumethoden.....	57
Abbildung 25: Rohprotein-Erträge der Anbauvarianten	58
Abbildung 26: Mittlerer Verschmutzungsanteil in Prozent	59
Abbildung 27: Dieselverbrauch in l/ha.....	60

Abbildung 28: Arbeitszeitbedarf in h/ha.....	61
Abbildung 29: Ermittlung des Unkrautdrucks	65
Abbildung 30: Ermittlung des Mulchdeckungsgrades	65
Abbildung 31: Vergleich des Wurzelwachstums.....	65
Abbildung 32: Wildschaden in Direktsaatparzelle.....	67
Abbildung 33: Vergleich der Bodenstruktur bei der zweiten Bonitur	68
Abbildung 34: Vergleich der Bodenstruktur bei der dritten Bonitur	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vorfruchteignung von Ackerkulturen (Kolbe, 2008.).....	5
Tabelle 2: BBCH-Stadien (Weber/Bleiholder,1990).....	7
Tabelle 3: Sorteneigenschaften der Ackerbohne (AGES, 2023.).....	7
Tabelle 4: Unkräuter in Sommerung	14
Tabelle 5: Unkräuter in Winterung.....	14
Tabelle 6: Österreichweite Anbauzahlen in ha (BML, 2023).....	20
Tabelle 7: Hektarerträge in Österreich im Durchschnitt (BML, 2023).....	21
Tabelle 8: Fruchtfolge auf der Versuchsfläche	43
Tabelle 9: Beschreibung der Bodenhorizonte (BFW, 2023).....	45
Tabelle 10: Ergebnisse der letzten Bodenprobe.....	46
Tabelle 11:Temperaturdaten (DORIS, 2024b.).....	46
Tabelle 12: Arbeitsgänge bei den Versuchsvarianten	51
Tabelle 13: Mechanische Beikrautregulierung.....	54
Tabelle 14: Erträge der Versuchspartellen aufgerechnet auf 1 ha	57
Tabelle 15: Deckungsbeiträge der verschiedenen Anbaumethoden.....	62
Tabelle 16: Boniturergebnisse mit Bildern.....	65
Tabelle 17: Ergebnisse der ersten Bonitur	65
Tabelle 18: Ergebnisse der zweiten Bonitur	67
Tabelle 19: Messergebnisse der zweiten Bonitur	67
Tabelle 20: Ergebnisse der dritten Bonitur	68

1 Einleitung

Eine der schwerwiegendsten Folgen des Klimawandels sind veränderte Niederschlagsmengen im Vergleich zu vergangenen Jahrzehnten in manchen Regionen Europas, wie zum Beispiel Norddeutschland. Daher rückt die wassersparende Bodenbearbeitung immer weiter in den Fokus der Forschung. Nicht weniger bedeutend sind die hohen Dünger- und Eiweißfuttermittelpreise, daher wird es für immer mehr landwirtschaftliche Betriebe interessanter auf ihren Flächen Leguminosen, zu denen auch die Ackerbohne zählt, zu kultivieren.

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich grundsätzlich mit verschiedenen Saatmethoden von Ackerbohnen. Dieses Thema hat der Ansicht der Verfasser dieser Arbeit nach gerade wegen der Aktualität des Klimawandels und den aktuell besonders hohen Energie- und Rohstoffpreisen besondere Bedeutung.

Ziel dieser Diplomarbeit ist es durch einen Feldversuch zu ermitteln, welche Vor- und Nachteile die behandelten Anbaumethoden (Saat auf Pflugfurche, Mulchsaat und Direktsaat) für eine/n Landwirt/in hinsichtlich der Faktoren Ertrag, Wirtschaftlichkeit und Dieserverbrauch pro Hektar nach sich ziehen.

2 Danksagung

Hiermit möchten wir uns bei allen Personen bedanken, die tatkräftig bei der Entstehung dieser Diplomarbeit mitgeholfen haben.

Ein herzlicher Dank gilt unserem Betreuer Armin Rogl, BSc. der laufend für uns zur Verfügung stand, wenn wir Fragen hatten.

Ein weiterer Dank gilt Frau DI Marion Gerstl von der Boden.Wasser.Schutz.Beratung die sowohl bei der Planung, als auch bei der Durchführung tatkräftig mitgeholfen hat und viele fachliche Fragen beantworten konnte.

Ein besonderer Dank gilt Frau Mag. Eva Wartlik für die zu Verfügung gestellte Versuchsfläche und der technischen Mittel für Anbau, Pflege und Ernte.

Ein weiterer Dank gilt für Herrn Leonhard Gusenbauer, welcher bei der praktischen Durchführung mitgeholfen hat.

Weiters möchten wir uns bei Wilhelm Eßl von der Probstdorfer Saatzucht bedanken, der uns einen Teil des Ackerbohnen Saatguts zur Verfügung gestellt hat.

3 Literatur

3.1 Ackerbohne

Am 12. Juli 2021 wurde in Österreich eine Strategie zur Minimierung von Import Soja vorgestellt. Die Ackerbohne stellt hierbei als Eiweißkultur eine, an das mitteleuropäische Klima angepasste, Alternative dar.

(Faber, 2021.)

3.2 Herkunft, Verbreitung

Vor bereits rund 9.000 Jahren gab es erste Ansätze, die Ackerbohne zu kultivieren. Seit etwa 2.000 Jahren wird sie als wichtiges Nahrungsmittel angebaut, wobei sich seit dem 18. Jahrhundert der Nutzungsschwerpunkt Richtung Tierfutter gewandelt hat.

(Schmidt/Langanky, 2021.)

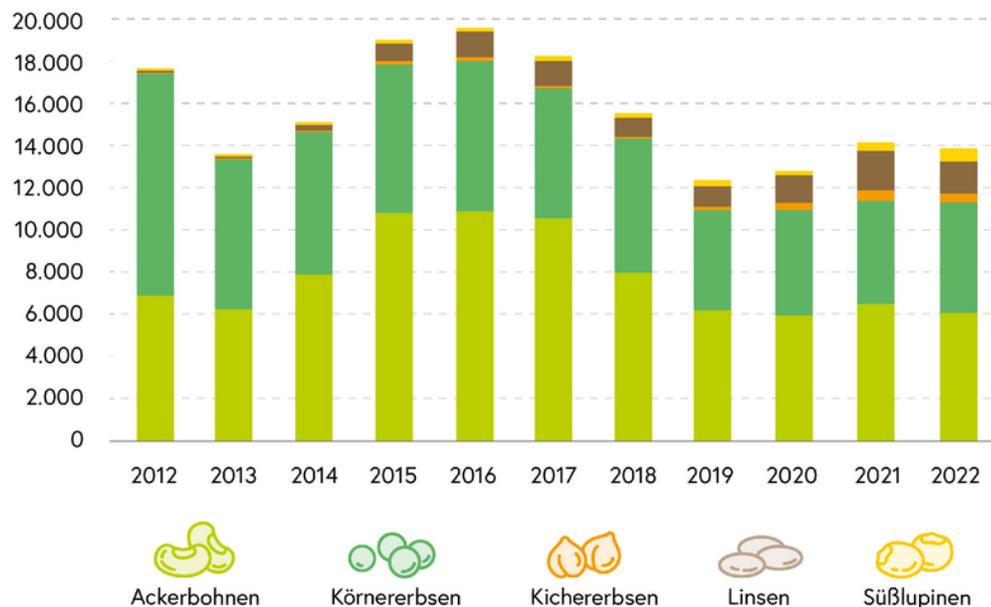
Als Gebiet der Domestikation wird der Mittelmeerraum und Vorderasien angenommen, wobei die Wildform der Ackerbohne nicht bekannt ist. Während sie lange Zeit als Nahrung für den Menschen in Form von Suppe oder Brei genutzt wurde, gilt heute die Hauptnutzungsform der Nutztierfütterung. Bevor der Sojaanbau Einzug in Mitteleuropa hielt, waren Ackerbohne und Erbse die meistkultivierten Körnerleguminosen, aber auch Kartoffel, Mais und Gemüsebohne trugen ihren Beitrag bei um die Ackerbohne als Nahrungsmittel zu verdrängen.

Durch das bevorzugte kühl-gemäßigte Klima wird sie heutzutage in gemäßigtem Klimagebieten Europas, Westeuropa, im Mittelmeerraum aber auch Asien und Südamerika kultiviert.

(Geisler, 1991, S. 87.)

Von den 1,37 Mio. ha Ackerland in Österreich wurden 2022 auf 5.538 ha Ackerbohne angebaut, womit sie nach Sojabohne (93.000 ha) auf Platz zwei der meistangebauten Hülsenfrüchte in Österreich liegt. Von diesen rund 6.000 ha ist ca. 77 % in biologischer Produktion. 2016 betrug die Anbaufläche in Österreich noch knapp 11.000 ha, was in folgender Grafik ersichtlich ist.

Anbaufläche ausgewählter Hülsenfrüchte in Österreich in Hektar



Anbaufläche ausgewählter Hülsenfrüchte in Österreich

Foto: BML / Zenz

Abbildung 1: Anbauhäufigkeit Hülsenfrüchte (BML, o.d.)

3.3 Systematik

Die Ackerbohne, auch Puffbohne, Feldbohne, Saubohne, Schweinsbohne, Pferdebohne, Fababohne, Faberbohne, Favabohne, Viehbohne und Dicke Bohne (*Vicia faba*) genannt ist eine einjährige Hülsenfrucht (Leguminose) und gehört zur Familie der Schmetterlingsblütengewächse (Papilionaceen). Ebenfalls zugehörig zu dieser Pflanzenfamilie sind beispielsweise Erbsen, Wicken und Klee, was es bei der Fruchtfolgwahl zu beachten gilt, um ein Krankheitsrisiko zu minimieren.

(Schreiner, 1988, S. 63.)

Aufgrund ihres breit gefächerten, aber dennoch hohen Tausendkorngewichts von 300 bis 800 g zählt die Pferdebohne zu den großkörnigen Leguminosen. Die Samenfarbe variiert von graugelb, hellbraun bis schwarzbraun, rötlich oder grünlich.

Wie alle Leguminosen kann auch die Ackerbohne in Symbiose mit den sogenannten Knöllchenbakterien den elementaren Luftstickstoff binden. Dieser Vorgang findet in den Wurzelverdickungen, den sogenannten Knöllchen, statt. Dieser eingelagerte Stickstoff ist primär für die Stickstoff Versorgung der Ackerbohne vorhanden und wird über die Erntestereste für die Folgekultur nutzbar.

(Berger/Huber, 2021, S. 219.)

Im Gegensatz zu vielen anderen Kulturpflanzen ist der herkömmliche Wuchstyp bei Ackerbohnen durch ein nicht determiniertes Wachstum charakterisiert, was bedeutet, dass das Längenwachstum auch in der generativen Entwicklungsphase nicht eingestellt wird. Aufgrund von dadurch hervorgerufenen unregelmäßigem Abreifen, wurde diese Eigenschaft züchterisch stark bearbeitet, wodurch dem in modernen Sorten nur noch eine geringe Bedeutung zukommt.

(Schreiner, 1988, S. 62.)

Hinsichtlich der BBCH-Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien ist die Ackerbohne in folgende Makrostadien einzuteilen.

Code	Bezeichnung	Beschreibung
0	Keimung	Beginnt mit dem trockenen, in die Erde gelegten Samen, bis durchbrechen der Bodenoberfläche durch die Keimblätter.
1	Blattentwicklung	Makrostadium 10 ist die volle Entfaltung der Keimblätter und verläuft bis Makrostadium 19 welches neun oder mehr Laubblätter bedeutet.
2	Entwicklung von Seitensprossen	1-9 Seitensprosse sind erkennbar.
3	Längenwachstum	Unterschieden wird nachdem, wie viele Internodien (zwischen zwei Blattansatzstellen liegender Sprossabschnitt) sichtbar gestreckt sind.
5	Entwicklung der Blütenanlage	Ab dem Erkennen von Blütenknospen bis zur Erkennung von ersten Blütenblättern, wobei die Blüten noch geschlossen sind.

6	Blüte	Beginnt mit dem öffnen erster Blüten bis zum Ende der Blüte beziehungsweise erste Hülsen sichtbar.
7	Fruchtentwicklung	Die Stadien unterscheiden sich durch den Aspekt wie viele Hülsen in Prozent die sortentypische Länge erreicht haben. In diesem Stadium findet auch der Beginn der Samenfüllung statt.
8	Frucht- und Samenreife	Auch hier ist die Angabe in Prozent, jedoch bezieht sich der Wert in diesem Fall darauf, wie viele Hülsen ausgereift sind. Bei BBCH 85 sind etwa 50% der Samen trocken und hart.
9	Absterben	Die Stängel werden dunkel, die Pflanze stirbt ab und trocknet bis zur Ernte ab.

Tabelle 2: BBCH-Stadien (Weber/Bleholder, 1990)

3.5 Sorten

Folgende Sorten sind laut der österreichischen beschreibenden Sortenliste in der konventionellen Landwirtschaft in Österreich zugelassen:

Sortenbeschreibung

Ackerbohne - Übersicht der Sorteneigenschaften																	
Sorte	Zulassungsjahr		Züchterland	Blütenfarbe 1)	Auswinterung	Jugendentwicklung	Blühbeginn	Reifezeit	Wuchshöhe	Lager	Stängelbruch	Viren			Korntrag	Tausendkommasse	Rohproteingehalt
												Ros	Botrytis				
Sommerackerbohne:																	
Alexia	2007	A	b	-	7	5	5	5	6	5	4	5	6	8	5	4	
Birgit	2017	D	b	-	7	5	5	6	4	5	4	5	5	7	6	6	
GL Emilia	2017	A	b	-	5	4	5	5	4	7	5	5	5	4	5	6	
GL Jasmin	2019	A	b	-	5	4	8	4	4	4	4	3	3	7	7	5	
GL Lucia	2018	A	b	-	7	5	7	7	4	5	4	4	3	7	8	5	
GL Magnolia	2017	A	b	-	7	6	6	7	5	3	5	5	5	6	7	7	
GL Sunrise	2017	A	w	-	6	4	6	3	3	4	5	5	6	6	6	8	
Gloria	1993	A	w	-	5	5	5	3	5	6	5	6	5	3	5	9	
Gracia	2007	A	b	-	6	4	6	5	3	3	3	5	5	6	7	3	
Julia	2007	A	b	-	6	5	5	6	4	4	4	5	4	6	6	6	
Winterackerbohne:																	
GL Alice	2017	A	b	7	7	5	5	7	5	5	4	3	6	7	8	5	
GL Arabella	2017	A	b	7	7	3	3	5	4	5	5	4	6	6	7	5	

1) w = weiß, b = bunt

Die exakte Vergleichbarkeit der Einstufungen besteht nur innerhalb von Sommer- bzw. Winterackerbohne

Stand: 01.04.2023

Tabelle 3: Sorteneigenschaften der Ackerbohne (AGES, 2023.)

Die Landwirtschaftskammer Oberösterreich hat für das Anbaujahr 2022 folgende Sorten empfohlen [Sorte (Züchter)]: Tiffany (Probstdorfer), Bioro (Saatbau), Fuego (Saatbau), Melodie (Saatbau), Alexia (Die Saat), GL Sunrise (Die Saat). Diese Sorten sind auch im Biolandbau erhältlich, im Praxisversuch zu dieser Diplomarbeit wurde die Sorte Tiffany gewählt.

In der Züchtung ist die Pferdebohne wegen ihrer geringen Vermehrungsrate und ihren hohen Anteil an Fremdbefruchtung eine Herausforderung. In den 1970er und 1980er Jahren wurde sie gezielt züchterisch bearbeitet, um die heimische Proteinerzeugung zu fördern und die EU unabhängiger von Sojaimporten aus Übersee zu machen. Der Anbau konnte jedoch die hohen Ausgaben für die Züchtung nicht wieder refinanzieren, was auch den geringere Menge an verschiedenen Sorten im Vergleich zu Soja begründet. Aktuelle Zuchtziele sind unter anderem kürzere Pflanzen mit besserer Standfestigkeit und gleichmäßiger Abreife und damit guter Eignung für den Mähdrusch. Weitere wünschenswerte Eigenschaften sind Resistenzen gegen Schädlinge und Krankheiten. Zur Nutzung der Ackerbohne als Viehfutter, sind hohe Eiweißgehalte mit guter Verdaulichkeit, wie sie zum Beispiel tanninarme Sorten haben, das Ziel. In der menschlichen Ernährung sind dagegen Geschmack, Zartheit und gute Kocheigenschaften oder die Verminderung unerwünschter sekundärer Pflanzenstoffe wie Vicin oder Convicin wichtig. Personen mit einem erblich bedingten Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase-Mangel können durch Vicin und Convicin, die über ihre Aglycone Divicin und Isouramil verfügen, vergiftet werden. Dies kann bei Betroffenen eine hämolytische Anämie auslösen, bekannt als Favismus (BAES/ AGES, 2023.), (May, 2016.)

3.6 Pflanzenbauliche Ansprüche der Ackerbohne

Die Ackerbohne stellt teilweise hohe Ansprüche an den Standort, die meist mit dem mitteleuropäischen Klima gut übereinstimmen.

3.6.1 Bodenansprüche

Ackerbohne ist ein Pfahlwurzler, daher sind tiefgründige Böden erforderlich. Die Bodenart ist weniger relevant, auch wenn mittelschwer bis schwere Böden bevorzugt werden, jedoch steht hierbei eher das Wasserhaltevermögen und die Wasserversorgung im Vordergrund. Durch das Wasserhaltevermögen können Niederschlagsschwankungen ausgeglichen werden, was wiederum den Ertrag sichern kann. Die Ackerbohne wächst im Vergleich zu anderen Leguminosen auf schweren Böden am besten.

Dennoch sind Böden mit guter Beschaffenheit, also mit ausreichend Humus und einem pH-Wert von 6,5 – 7,5 mit guter Bodengare von Vorteil. Der hohe Anspruch an den pH-Wert ist, wie bei allen Leguminosen mit Ausnahme der Lupine, ähnlich.

Schlecht eignen sich flachgründige und sandige Böden sowie Pseudogley.

(Berger/Huber, 2021, S. 221.)

3.6.2 Klimatische Ansprüche

Die Ackerbohne bevorzugt eine sonnige Lage mit Böden, die eine gute Wasserspeicherkapazität haben. Generell ist die Wasserversorgung bei der Ackerbohne sehr wichtig. Dementsprechend viel, aber auch gleichmäßig verteilter Niederschlag sollte auf einem optimalen Standort vorhanden sein. Ab 800 mm Jahresniederschlag, inklusive der „unproduktiven Niederschläge“, sind ideal für den Ackerbohnenanbau. Als „unproduktive Niederschläge“ werden Regenschauer auf bereits wassergesättigten Böden bezeichnet.

Ein ideales Klima ist ein mäßig feuchtes Klimagebiet mit ausreichender und gleichmäßiger Niederschlagsverteilung während der Hauptwachstumszeit Mai bis Juli.

Die Temperatur Ansprüche der Ackerbohne sind in der Jugendentwicklung vergleichsweise niedrig und sie übersteht auch Fröste bis zu -5 °C. Jedoch sollte die Temperatur ab Beginn der Blüte nicht zu kalt sein und gegen Ernte hin sollte eine zügige Abreife möglich sein. Sommerliche Temperaturen von über 30°C können zur Notreife führen, was die Tausendkornmasse negativ beeinflusst.

Ab 600m Seehöhe ist mit einem sowohl späteren Anbau als auch mit einer Reifeverzögerung, ungleichmäßiger Abreife, höherer Erntefeuchtigkeit und geringeren Kornerträgen zu rechnen.

(Berger/Huber, 2021, S. 221.)

3.6.3 Nährstoffansprüche

Wie die meisten Blattfrüchte reagiert auch die Ackerbohne stark auf Grunddüngung. Um das hohe Phosphataufschließungsvermögen und die Stickstoffsammlung der Leguminose voll auszunützen ist ein hoher pH-Wert nötig. Laut den Richtlinien für Sachgerechte Düngung 8. Auflage (RLS) ist eine Stickstoffdüngung bei mittlerer Ertragslage von 0 bis 60 kg N pro ha möglich. Das volle Ausschöpfen der 60 kg/ha N ist allerdings nur bei nicht beimpftem Saatgut, bei mangelhaftem Knöllchenbesatz oder bei erstmaligem Anbau zu empfehlen. Ökonomisch betrachtet ist der mit Einbezug von Knöllchenbakterien immer sinnvoller als eine Düngung. Ansonsten gilt: Keine Stickstoffdüngung nötig - je weniger N_{min} im Boden, desto besser fixieren die Knöllchenbakterien den Luftstickstoff.

Zusätzliche Grundempfehlungen aus den RLS sind bei Phosphor und Kalium bei Gehaltsklasse C: P_2O_5 : 65 kg und K_2O : 120 kg je ha und Jahr.

(Berger/Huber, 2021, S.222.)

3.7 Krankheiten

Um eine gute Ertragsstabilität zu gewährleisten ist eine Bestandsaufnahme und Bekämpfung der Krankheiten und Schädlinge sinnvoll. Folgende Krankheiten und Schädlinge sind in Mitteleuropa relevant.

Wichtige Krankheiten:

- **Keimlings- und Auflaufkrankheiten**

Das Schadbild welches durch einen hohen Bestandesausfall und braun bis schwarz gefärbten jungen Wurzeln geprägt ist, entsteht hierbei nicht durch eine einzelne Krankheit, sondern ist ein Krankheitskomplex welcher durch eine Reihe von pilzlichen Krankheitserregern verursacht wird. Beispiele hierzu sind unter anderem: *Ascochyta*, *Fusarium* und *Sclerotinia*

Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen:

Am zielführendsten ist hierbei ein präventives Arbeiten, in Form von Einhaltung von Anbaupausen, sorgfältige Saatbettvorbereitung, Vermeidung von Staunässe und die Beizung von Saatgut.

- **Schokoladenbräune, Braunfleckenkrankheit (*Botrytis fabae*)**

Auf allen grünen Pflanzenteilen entwickeln sich nach der Blüte, rotbraune scharf begrenzte Flecken, welche später schwarz werden. Der Pilz breitet sich vor allem bei einer feucht-warmen Witterung aus, wodurch Notreife und Ertragsausfälle entstehen.

Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen:

Durch einen rechtzeitigen Anbau und rechtzeitige Ernte, aber auch Einhaltung der Dünge- und pH-Wert Empfehlungen ist eine weitestgehende Verhütung möglich. Zudem sollte der Standraum der Pflanze ausreichend sein und die Sortenwahl kann ebenfalls die Anfälligkeit beeinflussen. Eine Fungizidmaßnahme ist ebenfalls möglich.

- ***Ascochyta*- Brennfleckenkrankheit (*Ascochyta fabae*)**

Auf den Blättern entstehen vor der Blüte eingesunkene hellbraune und scharf begrenzte, bis 1 cm große Nekrosen. Wenn der Pilz die Hülsen befällt, sind auch die Samen infiziert.

Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen:

Diese Krankheit tritt hauptsächlich in kühlen und feuchten Jahren auf. Generell ist der Einsatz von gesundem Z-Saatgut wichtig, wobei es hierbei eine nochmals verstärkte Rolle spielt. Zudem ist auch hier auf eine sorgfältige Saatbettvorbereitung und eine sinnvolle Fruchtfolge zu achten.

- **Ackerbohnenrost (*Uromyces viciaefabae*)**

Hell bis Dunkelbraune Rostflecken an der Blattober- und Unterseite, was eine Notreife und damit Ertragsminderung zur Folge hat.

Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen:

Das Einarbeiten von Ernteresten und ein weiter Standraum verhüten den Ackerbohnenrost, auch ein früher Anbau und die richtige Sortenwahl beeinflussen die Anfälligkeit, zudem ist auch ein Fungizideinsatz möglich.

- **Bakterielle Schwarzbeinigkeit und Blattfleckenkrankheit (*Pseudomonas fabae*)**

Dieses Krankheitsbild tritt vorrangig bei verzögerter Jugendentwicklung auf und kennzeichnet sich durch dunkel bis schwarz verfärbte bodennahe Pflanzenteile.

Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen:

Auch hier ist die Verwendung eines gesunden Saatgutes und eine sorgfältige Saatbettbereitung wichtig, ein chemisches Bekämpfungsmittel ist derzeit nicht registriert.

- **Blattrollkrankheit (Blattrollvirus; *Bean leaf roll luteovirus*)**

Die Blattränder sind an den Längsrändern nach oben aufgerollt. Die Krankheit wird durch Blattläuse übertragen und führt zu hohen Ertragsausfällen, da der Hülsenansatz stark reduziert sein kann.

Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen:

Bekämpfung schlecht bis gar nicht möglich. Eine Bekämpfung der Blattläuse oder eine frühe Aussaat können Abhilfe schaffen.

- **Gewöhnliches Ackerbohnenmosaik (Mosaik-Virus)**

Wird ebenfalls durch die Blattlaus übertragen, wobei sich die Krankheit durch eine mosaikartige helle und dunkle Musterung erkennbar macht.

Verhütungs- und Bekämpfungsmaßnahmen:

Ein gesundes Saatgut, ein rechtzeitiger Anbau und die Bekämpfung von Blattläusen sind auch hier wichtig. Zudem sollten auf den umliegenden Feldern möglichst keine überwinterten Leguminosen sein.

(OEAIP, 2016.)

- **Leguminosenmüdigkeit**

Die Leguminosenmüdigkeit ist keine eigenständige Krankheit, sondern ein Komplex aus verschiedenen Einflüssen. Ursachen können Pilzkrankheiten, tierische Schaderreger, mangelhafte Nährstoffversorgung, Schadstoffe oder ungünstige Bodengefüge sein, was sich in Form von Wuchsdepressionen bis Ertragsausfall erkennbar macht. Eine direkte Bekämpfung ist nicht möglich, daher ist die vordringlichste Maßnahme die Prävention der Entstehung der Leguminosenmüdigkeit und bei erstem Auftreten von Symptomen ein Ausdehnen der Anbaupausen. Für Ackerbohnen sowie Linsen, Lupine und Wicke wird hierbei eine Anbaupause von fünf bis sieben Jahren empfohlen.

(Jacob/Vogt-Kaute, o.d.)

3.8 Schädlinge

Wichtige Schädlinge:

- **Gestreifter Blattrandkäfer**

Der Käfer verursacht den typischen Blattrandfraß. Die Larven fressen die Knöllchen, wodurch ein starker Pilzdruck entstehen kann. Der daraus resultierende Schaden ist deutlich größer als der Blattfraß, deswegen richtet sich die Bekämpfung gegen die im Frühjahr kommenden Käfer, bevor die Blattablage beginnt. Die Schadschwelle ist ab 20 Käfer pro m² erreicht.

- **Schwarze Bohnenblattlaus**

Die Schwarze Bohnenblattlaus verursacht ab Ende April/Anfang Mai Schäden in Pferdebohnenfeldern durch Saugen und Honigtau-Produktion, sowie Übertragung von Virose. Eine frühe Aussaat hilft, um den Befall zu reduzieren. Regelmäßige Kontrolle ab Blühbeginn und Randbehandlungen sind wichtig. Trockenes, heißes Wetter begünstigt ein rasches Wachstum von Kolonien. Schadschwelle: Fünf bis zehn Blattläuse pro Trieb.

- **Thrips**

Im Frühjahr können Thripse in Ackerbohnen erhebliche Schäden anrichten, indem sie Blütenanlagen durch Saugen am Blütengrund schädigen, was zu silbrig grauen und später nekrotischen Verfärbungen führt. Dies beeinträchtigt den Hülsenansatz stark und kann zu deutlichen Ertragseinbußen führen. Thripse sind zudem Überträger von Viruserkrankungen. Chemische Bekämpfung wird nötig, wenn mehr als ein Thrips pro zwei Pflanzen auftritt.

- **Ackerbohnenkäfer**

Der ovale, 4 bis 5 mm große schwärzliche, mit hellen Flecken versehene Käfer legt an die jungen Hülsen Eier, die daraus schlüpfenden Larven bohren sich durch die Hülsenwand und verpuppen sich in den Körnern. Dies führt zu einer "Sollbruchstelle" am Samen, durch die der Käfer nach der Verpuppung die Bohne verlässt. Die meisten Ackerbohnenkäfer wandern vor der Ernte ab, einige bleiben jedoch im Erntegut und verursachen dort Schäden, ohne sich zu vermehren. Der Käfer ist besonders in der Saatgutvermehrung problematisch, da befallene Samen eine geringere Keimfähigkeit aufweisen. Zur Bekämpfung sollten nur nicht befallenes Saatgut verwendet und Ausfallbohnen nach der Ernte tief eingepflügt werden, um das Ausschwärmen der Käfer zu verhindern.

- **Blattläusen (Nanoviren)**

Nanoviren werden durch Blattläuse (hauptsächlich die schwarze Bohnenblattlaus) übertragen, der Befall äußert sich in verkümmerten Pflanzen, mit vergilbten, chlorotischen, teils nach oben gerollten Blättern, der Hülsenansatz ist gering und die Bohnen reifen nicht aus.

(Doblmaier, 2022.), (OEAIP, 2016.)

3.9 Unkräuter

Sommerackerbohne			
Einkeimblättrige	Schadschwelle (Pflanzen/m ²)	Zweikeimblättrige	Schadschwelle (Pflanzen/m ²)
Flughafer	5	Gemeiner Holzzahn	3-5
		Windenknöterich	2
		Geruchslose Kamille	3-5

Tabelle 4: Unkräuter in Sommerung

Winterackerbohne			
Einkeimblättrige	Schadschwelle (Pflanzen/m ²)	Zweikeimblättrige	Schadschwelle (Pflanzen/m ²)
Ackerfuchsschwanz	5-10	Klettenlabkraut	0,1
Gemeiner Windhalm	5-10	Ackerstiefmütterchen	5
Taube Trespe	5	Vogelmiere	10
		Rote Taubnessel	20-30
		Ehrenpreis	10

Tabelle 5: Unkräuter in Winterung

Die Angeführten Unkräuter unterscheiden sich in die Kategorien Frühjahrskeimend und Herbstkeimend, was bei dem jeweiligen Ackerbohmentyp den artenabhängigen Unkrautdruck erzeugt.

In dem Kapitel Saatzpflege und Bestandesführung finden sich die Möglichkeiten der Unkrautbekämpfung.

(Berger/Huber, 2021, S. 226.)

3.10 Produktionstechnik

Die optimale Produktionstechnik kann großen Einfluss auf den Ertrag und den Pflanzenbestand nehmen. In diesem Kapitel werden die vielfältigen Möglichkeiten dargestellt.

3.10.1 Bodenbearbeitung

Die Bodenvorbereitung wird maßgeblich durch den Erntezeitpunkt der Vorfrucht, die Bodenart, Feuchtigkeitsgehalt des Bodens und den Grad der Verunkrautung des Feldes

beeinflusst. Insbesondere, wenn Ackerbohnen nach einer Getreideart angebaut werden, empfiehlt es sich, im Sommer mit einer flachen, maximal fünf Zentimeter tiefen, ganzflächigen Stoppelbearbeitung mit Rückverfestigung zu beginnen. Diese Maßnahme dient der Auflockerung des Bodens, der Abtötung von Unkräutern und beschleunigt den Abbau von mit Pilzen infizierten Ernteresten. Zusätzlich reduziert sie die Verdunstung von Wasser über die Kapillaren und fördert die Keimung sowie das Wachstum von Ausfallgetreide und Unkrautsamen.

Eine weiterführende Bearbeitung des Bodens auf eine Tiefe von zehn bis fünfzehn Zentimetern mischt aufwachsende Kultur- und Unkrautsamen effektiv in den Boden.

Im Herbst ist ein sauberes Pflugbild auf voller Krumentiefe nur unter optimalen Bodenbedingungen ratsam. Fehler bei der Herbstbodenbearbeitung lassen sich durch den Winterfrost nicht vollständig korrigieren, zudem werden die Winter aufgrund des Klimawandels milder, was den Winterfrost minimiert. Außerdem muss bei der Anlage einer Herbstfurche auf aktuelle gesetzliche oder durch Ausgleichszahlungen entstehende Regelungen Rücksicht genommen werden.

Sobald im Frühjahr der Boden ausreichend abgetrocknet und tragfähig für Maschineneinsätze ist, wird er geebnet und das Saatbett gleichmäßig auf die Saattiefe von sechs bis zehn cm gelockert.

(Berger/Huber, 2021, S. 224.)

3.10.2 Anbau

Idealerweise war auf der Fläche als Vorfrucht eine stickstoffzehrende Kultur, wie Zuckerrübe, Mais und Gerste. Zusätzlich sind Anbaupausen von drei bis sechs Jahren, aufgrund von Virose, pilzliche und tierischen Schaderreger, empfehlenswert und Abstände von drei bis vier Jahren zu Futterleguminosen, wie Klee oder Luzerne.

Ab Februar ist eine Aussaat möglich, bis Anfang April (LfL-Bayern,2013)/ bis Ende April (Roth,2022), teilweise wird dies auch auf gefrorenen Böden praktiziert. Allgemein wird ein früher Anbau empfohlen, wenn die Keimtemperatur von 2-3°C in Aussattiefe erreicht ist. Hierbei lässt sich allgemein sagen das der Anbau so früh wie möglich sein sollte auch wenn der Bodenzustand und die Keimtemperatur in Aussattiefe zu beachten sind.

Die Aussaat der Winterackerbohne sollte im Zeitraum von Mitte September bis Ende Oktober erfolgen. (Mack, Quendt, Vogt-Kaute, & Ohlwärter, 2023) Entscheidend ist hierbei, dass nach der Saat noch mindestens vier bis sechs Wochen Vegetationszeit zur Verfügung stehen. Vor dem Winter sollten die Pflanzen noch vier bis sechs Blätter gebildet haben und fünf bis acht cm hoch sein.

Die Saatstärke ist sortenunterschiedlich und schwankt von 30- 50 Körner/ m² somit ergibt sich bei einer durchschnittlichen Verpackungseinheit von 50 000 Körner, eine Anbauempfehlung von acht bis zehn Packungen je ha ergibt.

Die Winterackerbohne benötigt eine geringere Saatstärke von etwa 20 Körner/ m², da die Pflanzen im Frühjahr bestocken.

Die Saattiefe wird mit sechs bis zehn cm empfohlen, diese im Vergleich zu anderen Ackerkulturen tiefe Aussaat gewährleistet eine gute Standfestigkeit der Pflanze.

Reihenabstand kann zwischen 12,5 cm -50 cm variieren, weitere Abstände sollten nicht gewählt werden, um eine gute Unkrautunterdrückung zu gewährleisten. Eine Bestandesdichte von mindestens 40 Trieben/ m² ist hinsichtlich der Unkrautunterdrückung anzustreben.

Mit einem Einzelkornsägeräten ist die Tiefenführung besser als mit einer Drillsaattechnik. Dabei eignen sich vor allem pneumatische Sägeräte sehr gut, da die Bohnen verschieden groß sind und schonend in den Boden gelangen.

Für den Ackerbohnenanbau mit Drillsämaschine bieten die meisten Hersteller eigene Säräder für großkörnige Leguminosen an, um einen schonenden Umgang mit dem Saatgut zu gewährleisten.

Ein weiteres Anbauverfahren ist das einpflügen, wobei das Saatgut oberflächlich verteilt und danach mittels Pflugs eingearbeitet wird. Gründe dafür sind beispielsweise kleine Betriebsstrukturen, wo die nötige Technik für die tiefe Aussaat nicht vorhanden ist.

(Kreysa/Körver/et al, 2018.)

3.10.3 Saatspflege und Bestandesführung

Zur Beschleunigung des Aufganges der Ackerbohne kann das Walzen nach der Saat insbesondere auf leichteren Böden bzw. bei fehlenden Niederschlägen von Vorteil sein.

Wie bereits in dem Kapitel Systematik bzw. Nährstoffansprüche angeführt, ist die Ackerbohne eine Leguminose, wodurch keine Stickstoffgabe nötig ist, höchstens eine geringe Startgabe ist möglich, mindert aber die Sammelleistung der Knöllchenbakterien. Eine ausreichende Kalkversorgung des Bodens sollte sichergestellt sein, die Kalkgabe kann auf dem Stoppelacker der Vorfrucht erfolgen.

Phosphor regt die Stickstoffbindung der Knöllchenbakterien an und sollte bei mittlerer Ertragslage 65 kg je ha und Jahr ausmachen. Die Düngung empfiehlt sich im Frühjahr als Tripelphosphat und Superphosphat.

Das Kalium verbessert die Wassereffizienz und sollte mit 120 kg je ha und Jahr ausgebracht werden.

Der mittlere Magnesiumbedarf von 30 kg je ha und Jahr kann mit magnesiumhaltigen Kalk oder Kaliumdünger zugeführt werden.

Zusätzlich kann Schwefel zwischen 0-60 kg/ha in schnell verfügbarer Sulfat-Form ausgebracht werden.

Hinsichtlich der Spurenelemente kann Eisen, Bor, Kupfer, Zink, Molybdän und Mangan gedüngt werden. Dies kann als Blattdüngung in Kombination mit einer Insektizid oder Fungizidanwendung geschehen. Hierbei sind die niedrig angesetzten Toxizitätsgrenze von Spurenelementen zu beachten.

(Winter, o.d.)

Biologischer Ackerbau

Als Unkrautunterdrückung kann im biologischen Anbau gestriegelt oder gehackt werden, je nach Anbauverfahren. Bei jedem Anbauverfahren kann auch aufgrund der tiefen Saatgutablage Blindgestriegelt werden. Nach dem Auflaufen kann ab der Entfaltung des dritten Blattpaares (ca. fünf cm Wuchshöhe) möglichst in den Mittagsstunden, da die Pflanze zu dieser Zeit am unempfindlichsten ist, gestriegelt werden.

Gehackt kann ab 5 bis 30 cm Wuchshöhe werden, wobei zu Beachten ist das die jungen Pflanzen nicht verschüttet werden. Durch das Verwenden von Schutzscheiben/blechen, kann dieses Risiko minimiert werden.

Konventioneller Ackerbau

Im konventionellen Landbau sind beispielsweise folgende Herbizid-Wirkstoffe bei der Ackerbohne zugelassen: Propaquizafop, Clethodim, Aclonifen, Clomazone, wobei eine chemische Bekämpfung von zweikeimblättrigen Unkräutern mit derzeit registrierten Herbiziden nur im Voraufbau möglich ist. Gräser können auch im Nachaufbau behandelt werden.

(Doblmaier, 2022.)

3.10.4 Ernte

Geerntet wird abseits der Hauptdruschsaison von Getreide, von Mitte August bis Anfang September, was die Arbeitsspitzen in der Fruchtfolge entzerrt.

Ackerbohne eignet sich als Mähdruschfrucht, hierzu sind keine speziellen Umbauten am Mähdröschler nötig. Im Gegensatz zu Soja hat die Ackerbohne einen höheren Hülsenansatz, wodurch die Ernte ebenfalls erleichtert wird. Es sind keine bodenanpassenden Schneidwerke nötig, da kein Ertragsunterschied durch die Erntetechnik verursacht wird.

Bei der Ernte ist zwar ein geringer Feuchtegehalt von Vorteil um Trocknungskosten zu sparen, allerdings erhöht sich damit auch das Risiko des aufplatzen der Hülsen. Dementsprechend sind die Erntezeitfenster kürzer als bei Getreide.

Idealerweise findet der Mähdrusch in den frühen Morgenstunden statt, wodurch der morgendliche Tau auf den Hülsen, das Risiko des Aufplatzens minimiert.

Der Kornertrag kann zwischen 2500 kg und 5000 kg je ha variieren.

Zusätzlich zum Kornertrag darf nicht auf die Stickstoffleistung vergessen werden. Laut den Richtlinien für Sachgerechte Düngung hinterlässt die Ackerbohne zwischen 20 und 40 kg verfügbarem Stickstoff pro Hektar. Damit ist die Vorfruchtwirkung mindestens doppelt so hoch wie bei Soja (0-20 kg/ha).

(Berger/Huber, 2021, S. 228.)

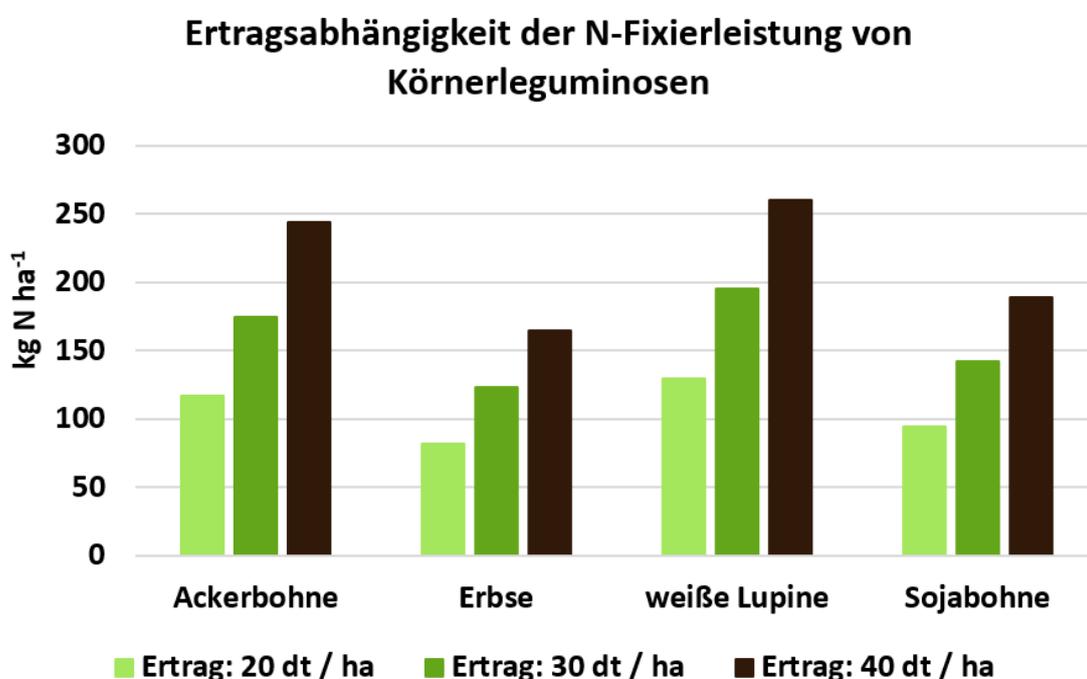


Abbildung 2: N-Fixierleistung Körnerleguminosen ((Bruckner/Schulz et al,2024)

Insgesamt kann die Ackerbohne ca. 200 kg N/ha/Jahr fixieren, was in der Tabelle in Relation zu anderen Leguminosen und in Abhängigkeit des Ertrags, ersichtlich ist.

Außerdem beinhalten die Ernterückstände Phosphorgehalte von 10 kg/ha und Kaliummengen von 30-50 kg/ha, je nach Ertragslage.

Zudem kann der Ackerbohnenanbau durch die Pfahlwurzel verdichtete Bodenschichten lockern.

(Schreiner, 1988, S. 64.)

3.10.5 Nachfolgende Bodenbearbeitung

Um zu verhindern, dass der nach der Ernte der Ackerbohne verfügbare Stickstoff in tiefere Bodenschichten ausgewaschen wird, ist ein möglichst rascher Anbau einer Begrünung, oder die direkt darauffolgende Folgekulturaussaat erforderlich. Gute Folgekulturen sind Weizen, Mais oder Kartoffeln. Die Vorbereitung des Saatbetts für Wintergetreide wie Winterweizen und Wintertriticale kann direkt nach der Ackerbohnen Ernte erfolgen.

3.10.6 Lagerung

Um die Qualität nach der Ernte zu erhalten und den Verlust gering zu halten, sind bestimmte Lagerbedingungen von Vorteil:

1. Reinigung: Oftmals ist eine zusätzliche Reinigung notwendig, um Stängel- und Grünteile zu entfernen.
2. Trocknung: Wenn die Feuchtigkeit der Samen zum Zeitpunkt der Ernte höher ist als für eine gute Lagerfähigkeit erforderlich, muss sie auf einen Feuchtigkeitsgehalt von unter 14% getrocknet werden.
3. Schonender Umgang: Besondere Vorsicht ist geboten, da Samen empfindlich gegenüber mechanischer Belastung sind. Diese Empfindlichkeit gilt es auch bei der Saat und Ernte zu berücksichtigen.

Eine Lagerung mit höherer Feuchtigkeit birgt Risiken bei der Verfütterung (erhöhte Pilzbildung und mögliche Giftstoffe, die die Gesundheit der Tiere gefährden) und kann die Keimfähigkeit bei Verwendung als Saatgut beeinträchtigen.

(Berger/Huber, 2021, S. 229.)

3.11 Verwendung, Vermarktung und Inhaltsstoffe

Reife Ackerbohnen enthalten etwa 25% Roheiweiß und 1,5% Fett.

Durch einen, im Vergleich zu Soja, relativen Mangel an Zystein und Methionin ist die biologische Wertigkeit nicht hoch.

Eine Besonderheit stellt der Favismus dar, wobei es sich um eine Krankheit des Menschen nach dem Genuss der Bohnen, für die eine erbliche Anlage bekannt ist, handelt. Im Wesentlichen findet sich diese Krankheit nur unter Angehörigen der Bevölkerung des Mittelmeerraums. Auslöser ist hierbei das Aglykon des Konvicins der Ackerbohne.

Bei der Verarbeitung zu Futtermischungen können die in den Ackerbohnen nicht ausreichend vorhandenen Aminosäuren durch andere Eiweißfuttermittel ausgeglichen und ergänzt werden.

Ackerbohnen werden auch aufgrund der tiefengehenden und bodenauflockernden Wurzeln gerne in Zwischenfruchtmischungen angebaut.

Wenn Ackerbohnen als Ganzpflanzenfuttermittel verwendet werden, sollte diese in Gemengen geerntet werden, da aufgrund von Bitterstoffen sich sonst die Futterraufnahme verschlechtert.

Bei der Silierung von Ackerbohnen sind wegen des hohen Eiweißgehaltes Zusätze erforderlich die den Silierprozess fördern, um Fehlgärungen zu vermeiden.

(Geisler, 1988, S. 89.)

3.12 Markt und Marktentwicklung

Durch den geringen Ertrag von 2,9 Tonnen je ha im Durchschnitt in Oberösterreich (Stand: Grüner Bericht 2022) und relativ geringer Ertragssicherheit sind Ackerbohnen als Marktfrucht im freien Spiel der Kräfte nicht wettbewerbsfähig.

Anbau auf dem Ackerland

Tabelle 2.1.1.1

Feldfrüchte	1990	2000	2010	2020	2021	Änderung 2020 zu 2021 in %
	Flächen in ha					
Getreide	949.528	829.871	811.789	764.385	746.883	- 2,3
Sommerweizen	23.079					
Winterweizen	249.927	272.454	272.175	243.711	233.308	- 4,3
Sommerweizen	5.220	5.690	4.091	2.323	4.307	+ 85,4
Sommerhartweizen		10.574	11.817	6.007	6.401	+ 6,6
Winterhartweizen		5.088	5.686	10.499	13.063	+ 24,4
Dinkel			9.082	15.287	20.367	+ 33,2
Roggen	93.041	52.473	45.699	42.707	32.869	- 23,0
Wintermenggetreide	5.979	1.332	2.992	2.492	2.298	- 7,8
Körnermais	198.073	187.802	201.137	212.651	218.198	+ 2,6
Wintergerste	96.348	81.884	85.549	103.190	91.631	- 11,2
Sommergerste	196.076	141.878	83.343	31.292	31.993	+ 2,2
Triticale		27.528	47.795	56.177	49.952	- 11,1
Hafer	61.956	32.981	26.576	20.057	24.360	+ 21,5
Sommermenggetreide	18.738	8.364	6.210	1.554	1.852	+ 19,2
Sorghum			1.167	4.657	4.392	- 5,7
Rispenhirse			5.591	9.027	7.421	- 17,8
Sonstiges Getreide	1.091	1.824	2.879	2.754	4.470	+ 62,3
Körnerleguminosen (Eiweißpflanzen)	53.750	44.803	24.400	18.754	19.960	+ 6,4
Körnererbsen	40.619	41.114	13.562	5.616	5.652	+ 0,6
Pferde(Acker)bohnen	13.131	2.952	4.344	5.492	6.188	+ 12,7
Linzen, Kichererbsen und Wicken			2.107	2.949	3.580	+ 21,4
Lupinen			196	258	407	+ 57,9
Andere Hülsenfrüchte		737	4.191	4.439	4.133	- 6,9

Tabelle 6: Österreichweite Anbauzahlen in ha (BML, 2023)

Hektarerträge von ausgewählten Feldfrüchten

Tabelle 2.1.1.3

Feldfrüchte	1990	2000	2010	2015	2020	2021	Änderung 2021 zu 2020 in %
	in Tonnen/Hektar						
Getreide							
Brotgetreide							
Weichweizen (1)	5,1	4,6	5,1	5,9	6,2	5,8	- 7,1
Hartweizen (Durum)		2,8	4,5	4,6	4,8	4,5	- 6,2
Dinkel			2,7	3,2	3,5	3,5	- 0,3
Roggen	4,3	3,5	3,5	4,3	5,1	4,6	- 10,1
Wintermenggetreide	4,4	4,2	4,2	4,9	5,3	5,1	- 3,4
Futtergetreide (2)							
Wintergerste	5,8	5,0	5,4	6,0	6,9	6,5	- 5,6
Sommergerste	4,9	3,2	3,8	4,9	4,9	4,4	- 10,9
Sommermenggetreide	4,2	3,6	3,6	4,1	4,3	4,2	- 3,4
Hafer	3,9	3,6	3,7	4,1	4,2	3,7	- 13,0
Körnermais	8,2	9,9	9,7	8,7	11,3	11,2	- 1,6
Triticale		4,9	4,8	5,3	5,9	5,3	- 10,0
Körnerleguminosen							
Körnererbsen	3,6	2,4	2,3	2,6	2,3	2,3	- 0,9
Ackerbohnen	3,2	2,4	2,5	2,3	2,5	2,5	- 1,0
Ölfrüchte							
Winterraps zur Ölgewinnung (3)	2,5	2,4	3,2	3,0	3,2	3,0	- 3,6
Sommerraps und Rübsen (3)	2,4	1,8	2,1	2,0			
Sonnenblumen	2,5	2,5	2,6	2,0	2,4	3,0	+ 26,0
Ölkürbis	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	+ 0,6
Sojabohnen		2,1	2,8	2,4	3,0	3,1	+ 3,6
Frühe und mittelfrühe Speiseerdäpfel	23,4	23,2	26,1	24,1	31,9	29,1	- 8,7
Späterdäpfel	25,9	36,9	36,4	29,6	42,5	40,8	- 4,0
Zuckerrüben (ohne Saatgut)	50,1	61,5	69,8	62,6	80,6	80,8	+ 0,2
Futterrüben (4)	44,4	45,7	58,3	49,2	56,1	56,8	+ 1,2
Silo- und Grünmais	40,0	47,7	43,8	41,4	49,2	47,1	- 4,4

1) 1990 und 2000 inklusive Dinkel.
2) Exklusive "Sonstiges Getreide".

3) Ab 2016 Winterraps und Sommerraps und Rübsen zusammen.
4) Inklusive Kohlrüben und Futtermöhren.

Quelle: Statistik Austria.

Tabelle 7: Hektarerträge in Österreich im Durchschnitt (BML, 2023)

Aus obigen Tabellen ist erkennbar, dass 1990 Ackerbohne die größte Bedeutung hatte und zudem die Erträge am besten waren. In den letzten 15 Jahren waren die Anbauzahlen mit +/- 1500 ha relativ einheitlich. Auch die durchschnittlichen Erträge blieben mit 2,3-2,5 t/ha ähnlich. (BML, 2022.)

3.13 Beschreibung der Bodenbearbeitungsgeräte

Bei der Anlage des Versuches wurden verschiedene Bodenbearbeitungsgeräte verwendet. Es handelt sich hierbei um den Pflug, den Grubber und die Kreiselegge. In diesem Kapitel werden deren Funktionsweise bzw. Bearbeitungseffekte sowie jeweilige Vor- und Nachteile behandelt.

3.13.1 Pflug

Wird ein Pflug zur Bodenbearbeitung eingesetzt, wird das Verfahren in der Regel als konventionelle Bodenbearbeitung bezeichnet. Nach der Grundbodenbearbeitung mittels Pflugs muss anschließend eine Saatbettbereitung, etwa mit einer Starrzinken-, Federzinken- oder Kreiselegge, erfolgen.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 112 f.), (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2023a.)

Aufbau eines Anbau-Drehpfluges



Abbildung 3: Aufbau eines Anbau-Drehpfluges (Meiners/ Dietsche/ et al, 2015, S. 378.)

In der Regel ist jeder Standard-Anbau-Drehpflug ähnlich aufgebaut. Wie in der Abbildung 3 dargestellt ist, wird der Pflug am Pflurgturm (1) an den Traktor am Oberlenkeranhangepunkt (2) und den Unterlenkeranhangepunkten (3) am Traktor angekoppelt. Am Anbauturm ist der Pflugrahmen (4) über ein Drehlager befestigt. Am Anbauturm befindet sich eine Drehvorrichtung (5), die auf einer Seite mit dem Pflugrahmen verbunden ist und diesen wendet.

Am Pflugrahmen sind die einzelnen Pflugkörper (6) mittels Grindel (7) befestigt. Für die Tiefenführung ist, neben der richtigen Einstellung der Hydraulik am Traktor, auch das Stützrad (8) entscheidend. Um eine bestmögliche Tiefenführung zu gewährleisten, sollte dieses am Ende des Pfluges, hinter der letzten Pflugschar verbaut sein. Da es an dieser Position jedoch seitlich über die Arbeitsbreite des Pfluges hinausragt, wird es häufig

zwischen der vorletzten und der letzten Pflugschar, oder wie auf der Abbildung in der hinteren Hälfte des Pfluges montiert.

(Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 378.), (Wochenblatt-Redaktion, 2021.)

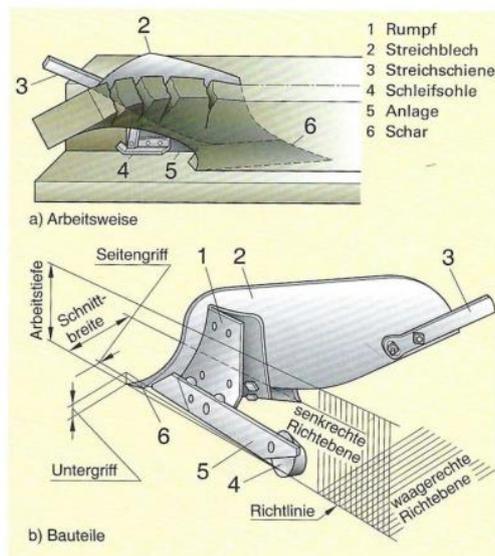


Abbildung 4: Aufbau eines Pflugkörpers (Meiners/ Dietsche/ et al, 2015, S. 379.)

Jeder Pflugkörper besteht, wie in der Abbildung 4 ersichtlich, grundsätzlich aus dem Rumpf (1), dem Streichblech (2), der Streichschiene (3), der Schleifsohle (4), der Anlage (5) und dem Schar (5). Vor den Pflugscharen können optional auch Vorschäler verbaut werden, die primär dazu dienen, organisches Material sicher in die Furche zu befördern und die Krümelung zu fördern. Sie sind somit wesentlich an der Schaffung der pflanzenrestfreien Bodenoberfläche, umgangssprachlich als „reiner Tisch“ bezeichnet, beteiligt.

Damit der Pflug einen guten, bzw. schnellen Einzug in den Boden aufweist, muss die Schar einen sogenannten Untergriff aufweisen. Um einen Zug in Richtung des unbearbeiteten Bodens zu erhalten, ist ein Seitengriff der Schar notwendig.

Weitere Wichtige Bauteile sind die Scheibenseche, die im Idealfall vor jeder Schar den Boden schneiden und somit zu sauber ausgeräumten Furchen führen sollten. In der Regel wird, um Kosten zu sparen, allerdings nur vor der letzten Pflugschar ein Scheibensech verbaut.

(Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 379 f.), (Wochenblatt-Redaktion, 2021.)

Funktionsweise des Pfluges

Mit dem Pflug geht der Begriff „wendende Bodenbearbeitung“ einher. Dieser Begriff beschreibt bereits im Wesentlichen die Funktion des Pfluges. Denn ein Pflug unterschneidet den Boden messerartig in einer Tiefe von üblicherweise ca. 30 cm und wendet die sich aus der Bearbeitungstiefe und Arbeitsbreite einer Schar ergebenden quader- oder rhombusförmigen Erdbalken um 180 Grad. Dabei wird der Boden gleichzeitig gelockert und Sauerstoff, der vom Bodenleben für Um- und Abbauprozesse, wie die Humifizierung, benötigt wird, wird eingemischt. Durch den eingemischten Sauerstoff wird zudem auch die Mineralisierung im Boden gefördert.

Ein weiterer Effekt, den man sich beim Pflug zu Nutze macht, ist dessen Eigenschaft Unkräuter zu bekämpfen. Unkrautsamen und Unkräuter, sowie Krankheitserreger wie beispielsweise Fusarien, die sich an der Erdoberfläche befinden, werden bei einem Pflugeinsatz auf die jeweilige Arbeitstiefen von üblicherweise ca. 30 cm vergraben und somit größtenteils unschädlich gemacht. Allerdings kann es dazu kommen, dass im Folgejahr bei dem nächsten Arbeitsgang mit dem Pflug, die vergrabenen Unkrautsamen und Krankheitserreger wieder an die Oberfläche gelangen und somit wieder schädlich werden. (Berger/Huber/et al, 2019, S.112 f.), (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2023a.)

Vorteile des Pfluges

Eine wesentliche Stärke des Pfluges ist, dass dieser so gut wie nach jeder Kultur eingesetzt werden kann. Wie bereits erwähnt, führt der Pflugeinsatz zudem zur Minderung des Unkrautdrucks. Die hinterlassene, pflanzenrestfreie Bodenoberfläche ermöglicht eine problemlose Saatbettbereitung und Saat auch mit verstopfungsanfälliger Sätechnik, wie beispielsweise dem Schleppschar.

Die gute Durchlüftung und Lockerung des Bodens führen in weiterer Hinsicht zu einem einheitlichen und schnellen Feldaufgang der Folgekultur. Folgefrüchte profitieren gleichzeitig auch von der schneller und stärker einsetzenden Stickstoff-Mineralisierung, sowie von der gleichmäßigeren Nährstoffverteilung in der Ackerkrume.

Ein weiterer positiver Aspekt, ist jener, dass es bereits schon über Generationen hinweg Erfahrungswerte mit dem Pflug gibt und es sich um eine etablierte, ausgereifte Technik handelt.

(Berger/Huber/et al, 2019, S.112 f.)

Nachteile des Pfluges

Neben vielen Vorteilen gibt es einige Nachteile, die das Pflügen mit sich bringt.

Unumstritten ist das Pflügen im Vergleich mit anderen Bodenbearbeitungsverfahren sehr zeit-, energie- und kostenaufwendig, dies ist besonders in wirtschaftlich fordernden Zeiten, in denen es gilt Kosten einzusparen, ein wesentlicher Nachteil.

Das Vergraben des organischen Materials ist ebenso suboptimal, da dies in den Unteren Bodenschichten, bei äußerst bindigen Böden im schlimmsten Fall sogar unter anaeroben Bedingungen, schlechter von den Destruenten zersetzt werden kann. Andererseits stellt der Pflugeinsatz einen intensiven Eingriff in das Bodengefüge dar, welcher den Humusabbau verstärkt und die Anzahl von Bodenlebewesen, wie Regenwürmer, reduziert. Eine gleichzeitige Überlockerung, bzw. ein ungenügender Bodenschluss vermindert die Tragfähigkeit der Krume und erhöht die Erosionsgefahr, bei beispielsweise Starkniederschlägen, massiv.

Ein in trockenen Jahren großes Problem, ist der unproduktive Wasserverbrauch des Bodens, der durch den Pflug zusätzlich verstärkt wird.

Auch wenn der Pflug viele Vorteile hinsichtlich der Lockerung von Verdichtungen mit sich bringt, ist die mögliche Bildung einer Pflugsohle unterhalb des Bearbeitungshorizonts ein großer Nachteil. Pflugsohlen behindern die Wurzelbildung der Kulturpflanzen und sorgen für Staunässe. Weiters können Bearbeitungsfehler beim Pflugeinsatz die Bodenstruktur schädigen. In der Regel sind Böden mit zunehmender Bodenschwere anfälliger für Strukturfehler.

(Berger/Huber/et al, 2019, S.112 f.)

3.13.2 Grubber

Per Definition sind Grubber schwere Zinkengeräte. Erfolgt die Grundbodenbearbeitung mit einem solchen, spricht man von der konservierenden bzw. reduzierten Bodenbearbeitung. Ziel dieser ist, den Boden nicht wie mit dem Pflug zu wenden, sondern lediglich zu mischen und zu lockern.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.), (Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 385.)

Aufbau eines Grubbers

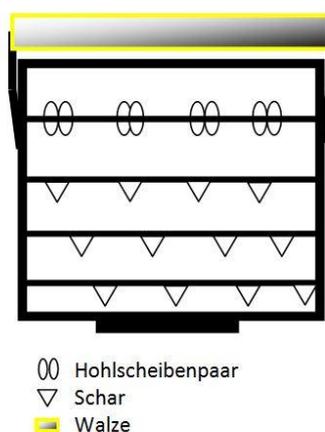


Abbildung 5: Schematischer Aufbau eines dreireihigen Grubbers (Bauernhof.net, 2018.)

Vom Aufbau her haben Grubber meist drei oder vier Zinkenreihen bzw. Zinkenbalken, auf denen starre Zinken verbaut werden. Es gibt auch ein- und zweireihige Grubber, diese werden meist aber nur in Kombination mit zapfwellengetriebenen Anbaugeräten oder als Tiefgrubber zur Tiefenlockerung verwendet. Hinter den Zinkenreihen folgt üblicherweise eine Reihe mit Hohlscheiben. Diese können entweder einzeln oder als Paare verbaut werden. Von den einzelnen Scheiben der Paare arbeitet jeweils eine nach links und die andere nach rechts, bzw. werden die Scheiben einzeln verbaut, ist deren Arbeitsrichtung üblicherweise abwechselnd. Die äußeren Scheiben arbeiten in der Regel zur Grubber-Mitte um ein zur Seite Schleudern von Erdmaterial, gerade bei schnellerer Fahrt, zu verhindern. Die Hohlscheiben sind wichtig, da sie für eine gleichmäßige Verteilung, eine bessere Durchmischung und für eine Einebnung sorgen. Sie sind somit maßgeblich am hinterlassenen Arbeitsbild des Grubbers beteiligt. Um deren Bearbeitungsintensität einstellen zu können sind diese höhenverstellbar.

Nach den Hohlscheiben folgt meist eine Nachlaufwalze, welche dem Zweck der Rückverfestigung, der Einstellung der Arbeitstiefe sowie der Tiefenführung des Grubbers dient. Je nach Bodenschwere kann man bei den meisten Herstellern zwischen verschiedenen Arten von Nachlaufwalzen auswählen. Bei manchen Modellen sind optional auch zwei Nachlaufwalzen, die hintereinander am Ende des Gerätes verbaut

werden, erhältlich. Eine weitere Zusatzausstattung stellt oftmals ein vor oder hinter der Nachlaufwalze verbauter Saatstriegel am Grubber dar. Dieser schafft eine feinkrümelige Bodenstruktur und optimiert die Strohverteilung.

Um dem Verwendungszweck, bzw. dem gewünschten Bearbeitungseffekt besser gerecht zu werden, können die Zinken vom Grubber mit verschiedenen Scharformen, wie z.B.: Schmalscharen oder Gänsefußscharen, ausgestattet werden.

Eine etwas leichtere Form von Grubbern sind Kultivatoren. Diese sind in der Regel mit Federzahnzinken bestückt und eignen sich daher für seichtere Arbeitstiefen.

(Amazone, 2022a.), (Bauernhof.net, 2018.), (Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 385.)

Funktionsweise des Grubbers

Wie bereits beschrieben, spricht man bei einer mit dem Grubber erfolgten Grundbodenbearbeitung von konservierender bzw. reduzierter Bodenbearbeitung. Im Grunde sind die wesentlichen Arbeitseffekte des Grubbers das Lockern des bearbeiteten Bodenhorizonts, das Einmischen von organischem Material bzw. Pflanzenresten in den Boden, das Einmischen von Sauerstoff in den Boden, das Einebnen der Bodenoberfläche und die Bekämpfung von Unkräutern.

Für das Lockern und Durchmischen spielen die Grubberzinken die entscheidende Rolle. Die Zinken reißen den Boden auf und Schleudern ihn etwas in die Luft. Dadurch ergibt sich auch der Durchmischungseffekt. Je nach Scharform kann der Boden auch ganzflächig unterschritten werden. Diesen Effekt macht man sich bei der Unkrautbekämpfung zu Nutze. Unkrautwurzeln werden abgeschnitten und die Pflanzenteile, die an der Erdoberfläche liegen, vertrocknen. Diese Form der Unkrautbekämpfung kann bei zu nassen Bodenverhältnissen allerdings zu einer starken Verschmierung des Bodens führen, deswegen sollte man diese nur bei eher trockenen Bedingungen durchführen.

Durch die Kombination mit Zusatzgeräten wie Hohlscheiben, Nachlaufwalzen und Saatstriegel wird zusätzlich die Einebnung und Krümelung begünstigt sowie eine Rückverfestigung ermöglicht.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.), (Süß, 2017.)

Vorteile des Grubbers

Eine Vielzahl von Vorteilen, gegenüber einer Bodenbearbeitung mit dem Pflug, ergeben sich daraus, dass nach einem Grubbereinsatz pflanzliche Reststoffe aus Vor- oder Zwischenfrüchten als Mulch an der Bodenoberfläche verbleiben. Dieser Mulch stellt einen Schutz der Bodenoberfläche vor Verschlammung und Verkrustung dar und reduziert den Bodenabtrag durch Wasser- und Winderosion.

In Kombination mit der geringeren Bearbeitungsintensität, die eine Überlockerung des Bodens vermindert, kommt es zu einer Stabilisierung der Bodenstruktur, die auch in einer besseren Befahrbarkeit der Ackerkrume resultiert. Weitere Profiteure der reduzierten Bodenbearbeitung sind die Bodenlebewesen, insbesondere die Regenwürmer. Durch deren erhöhte Aktivität verbessert sich die Wasseraufnahme und die Wasserspeicherung des Bodens. Nicht nur mehr Wasser, sondern auch mehr Kohlenstoff kann im Boden gespeichert werden. In weiterer Folge begünstigt dies eine Humusanreicherung im Boden. Auch die CO₂- und Abgas-Emissionen aus fossilen Treibstoffen (Diesel) werden durch den geringeren Energiebedarf reduziert.

Auch wirtschaftlich bringt eine reduzierte Bodenbearbeitung im Vergleich mit dem Pflug Vorteile, da Energie, Kosten und Arbeitszeit eingespart werden.

Der Grubber kann zudem nicht nur zur Grundbodenbearbeitung, sondern auch zu einem späteren Zeitpunkt, z.B. vor einer Aussaat, nochmals zur mechanischen Unkrautbekämpfung eingesetzt werden.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.), (Süß, 2017.)

Nachteile des Grubbers

Bei einer Reduzierung der Bearbeitungsintensität ergeben sich jedoch auch mögliche Schwierigkeiten. Gerade im Frühjahr kann es zu einer verzögerten Abtrocknung und Erwärmung sowie einer schlechteren Befahrbarkeit kommen.

Wenn zu viel organisches Material auf den Bodenoberfläche verbleibt, ist eine exakte Saatgutablage oftmals erschwert und Sämaschinen mit eher schlechtem Durchgang bzw. geringen Scharabständen neigen zur Verstopfung. Insbesondere betrifft dies Sämaschinen mit Schleppscharen. Durch die geringere Einmischung von Sauerstoff in den Boden ist auch die Stickstoffmineralisierung reduziert. Auch tierische Schädlinge, wie Schnecken und Mäuse, treten möglicherweise verstärkt auf, wenn die Grundbodenbearbeitung reduziert erfolgt.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.)

3.13.3 Kreiselegge

Die Kreiselegge kann zwar nicht allein zur Grundbodenbearbeitung eingesetzt werden, sie wird jedoch sowohl bei konventioneller als auch bei konservierender Bodenbearbeitung häufig als Gerät zur Saatbettbereitung eingesetzt.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 115.)

Aufbau einer Kreiselegge



Abbildung 6: Aufbau einer Kreiselegge (Amazona, 2023a.)

Zentrale Bauteile der Kreiselegge sind die Zinkenträger, welche sich gegenläufig um eine senkrechte Achse drehen. An den Zinkenträgern sind je zwei Zinken befestigt, gemeinsam bilden diese sogenannte Kreiseinheiten. Bei üblichen Kreiseleggen sind auf drei Metern Arbeitsbreite zehn oder zwölf solcher Kreiseinheiten verbaut. Der Antrieb der Kreiseinheiten erfolgt über waagrecht aneinandergereihte Stirnzahnräder, welche von einem Getriebe angetrieben werden. Das Getriebe der Kreiselegge wird wiederum von der Zapfwelle des Traktors angetrieben. Bei der Arbeit drehen sich die Kreiseinheiten mit Drehzahlen von ca. 150 bis 400 Umdrehungen pro Minute.

Zur besseren Einebnung von großen Erdschollen und zur besseren Krümelung kann vor den Kreiseinheiten ein Planierbalken montiert werden.

Nach den Kreiseinheiten folgt üblicherweise ein Planierbalken zur Einebnung und eine Nachlaufwalze, deren Art wieder je nach Bodenschwere ausgewählt werden kann, zur Einebnung und Rückverfestigung. Für eine Kreiselegge übliche Nachlaufwalzen sind z.B.: die Prismenpackerwalze, die Zahnpackerwalze, die Krumenpackerwalze oder die Rohrstabwalze.

(Burri, 2020.), (Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 388.)



Abbildung 7: Zinken des Kreiselgrubbers (1) und der Kreiselegge (2) (Amazone, 2022b.)

Bei einer Kreiselegge werden die Kreiselzinken so montiert, dass diese schleppend arbeiten. In der Abbildung 7 ist ein solcher Kreiseleggenzinken rechts abgebildet (2). Arbeiten die Zinken auf Griff, dann handelt es sich um einen Kreiselgrubber (1). Solche werden in der Regel robuster als Kreiseleggen konstruiert, da die Belastung bei der in den Boden greifenden Arbeitsweise stärker ist als die der schleppenden. Gerade wenn große Fremdkörper, z.B. große Steine, im Weg sind, sind die Belastungen erheblich höher. (Mumme, 2018.), (Amazone, 2022a.), (Amazone, 2022b.)

Funktionsweise der Kreiselegge

Die wichtigsten Arbeitseffekte der Kreiselegge sind das Zerkleinern von groben Schollen, das Einebnen der Fläche und das Krümeln des Bodens. Diese Effekte sind besonders für die Bereitung eines feinen Saatbetts notwendig. Grobe Schollen ebnet die Kreiselegge, wenn vorhanden, mit einem vor den Kreiseleinheiten befindlichen Planierbalken ein. Das hauptsächliche Zerkleinern und Krümeln erfolgt allerdings durch die Drehbewegung der Kreiselzinken. Wie bei der Fräse ist die Bissengröße der Kreiseleinheiten von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Je schneller die Fahrgeschwindigkeit, desto größer werden die Bissen, die jeder Zinken nehmen muss. Erdbrocken schlagen gegen die Zinken oder werden von den Zinken gegen Prallbleche geschlagen. Somit zerbrechen diese und krümeln. Da die Zinken der Kreiselegge schleppend arbeiten, werden grobe Brocken teilweise nach unten gedrückt und über ihnen entsteht meist ein, ein paar Zentimeter starker Horizont, der aus kleinen Erdbrocken und feiner Erde besteht. Somit ergibt sich ein feines Saatbett an der Oberfläche.

Ein Kreiselgrubber hingegen, neigt aufgrund seiner greifenden Arbeit eher dazu, gröbere Brocken an der Oberfläche zu hinterlassen. Dies bringt Vorteile hinsichtlich Wind- und Wassererosion.

Der Planierbalken hinter den Kreiseleinheiten dient vorwiegend der Einebnung des gekreiselten Materials. Da die Kreiselegge stark lockert, ist eine Rückverfestigung durch eine Nachlaufwalze besonders wichtig, um einen ausreichenden Bodenschluss und Auflauf, der auf der Fläche im Anschluss ausgesäten Saatkörner, sicherzustellen.

(Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2023b.), (Burri, 2020.), (Mumme, 2018.)

Vorteile der Kreiselegge

Zu den Vorteilen der Verwendung einer Kreiselegge gehört deren Eigenschaft den Boden gut einzuebnen. Außerdem hinterlässt sie ein feines Saatbett mit einem hohen Anteil an feiner Erde. Wenn zuvor gepflügt wurde, ist das Saatbett zudem fast frei von Pflanzenresten und Unkräutern. Dies ist vor allem für Kulturen wie der Zuckerrübe, die ein sehr feines und sauberes Saatbett für eine problemlose Saat benötigen, äußerst vorteilhaft. Eine weitere Stärke der Kreiselegge ist es auch feste Erdbrocken bis zu einem gewissen Grad relativ gut zerkleinern zu können.

Positiv zu bewerten ist auch, dass sich eine Kreiselegge gut in Kombination mit einer Sämaschine einsetzen lässt. Somit kann man Arbeitsgänge und in weiterer Folge Kosten und Überfahrten sparen.

(Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2023b.), (Burri, 2020.), (Mumme, 2018.)

Nachteile der Kreiselegge

Der wohl größte Nachteil der Kreiselegge ist der hohe Zeit- und Energieaufwand bei deren Verwendung, der sie im Vergleich zu einer herkömmlichen Ackeregge kostenintensiver macht. Wenn der Boden vor der Bearbeitung mit der Kreiselegge bereits trocken und nicht allzu bindig ist, kann es leicht dazu führen, dass das Saatbett zu fein wird, was die Gefahr der Wasser- und Winderosion erheblich fördert.

(Bundesinformationszentrum Landwirtschaft, 2023b.), (Burri, 2020.), (Mumme, 2018.)

3.14 Beschreibung der pneumatischen Einzelkornsämaschine

Zur Aussaat unseres Versuches wurde eine pneumatische Einzelkornsämaschine mit einem Reihenabstand von 50 cm verwendet. Dieses Kapitel befasst sich mit dem Aufbau und der Funktionsweise einer solchen pneumatischen Einzelkornsämaschine.

Aufbau der Einzelkornsämaschine

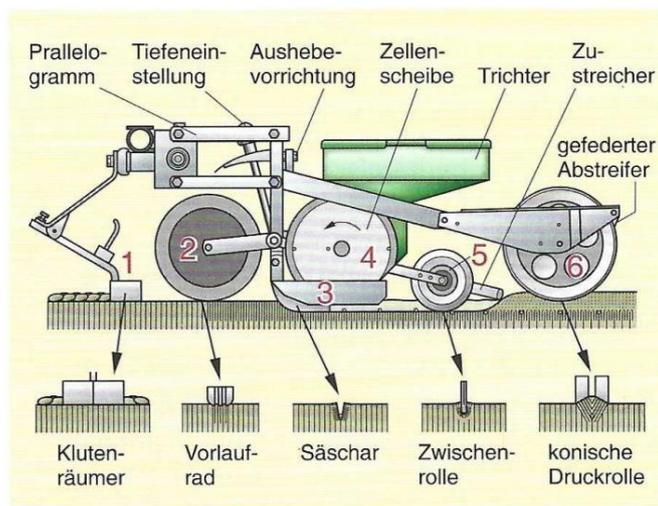


Abbildung 8: Aufbau einer mechanischen Einzelkornsämaschine (Meiners/ Dietsche/ et al, 2015, S. 393.)

Auch wenn dieses Kapitel von der pneumatischen Einzelkornsämaschine handelt, wird hier kurz der schematische Aufbau einer mechanischen Einzelkornsämaschine beschrieben, da sich diese vom grundsätzlichen Aufbau ähneln und zum schematischen Aufbau der pneumatischen Einzelkornsämaschine keine geeignete Abbildung auffindbar ist. Lediglich das Säsystem ist bei der mechanischen Einzelkornsämaschine grundsätzlich anders aufgebaut als bei der pneumatischen Einzelkornsämaschine.

Grundsätzlich ist eine Einzelkornmaschine mit in Österreich typischen Arbeitsbreiten auf einen Rahmen aufgebaut, der über eine 3-Punkt-Aufnahme an den Traktor angekoppelt wird.

Am Rahmen sind, wie auf der Abbildung 8 ersichtlich, in Fahrtrichtung vorne Klutenräumer (1) und in Fahrtrichtung hinten Parallelogramme befestigt, die bei manchen Sämaschinen am Rahmen seitlich verschoben werden können, damit unterschiedliche Reihenabstände umsetzbar sind. Am Parallelogramm ist das eigentliche Säorgan, bestehend aus dem Vorlaufrad (2), dem Säschar (3), der Zellscheibe (4), der Trichter und eine Zwischenrolle (5), befestigt. Zwischen dem Parallelogramm und dem Säorgane ist ein Gestänge zur Tiefeneinstellung sowie eine Aushebevorrichtung verbaut. Außerdem ist am Parallelogramm noch eine konische Druckrolle (6) mit gefedertem Abstreifer befestigt.

(Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 393.)

Funktionsweise der Einzelkornsämaschine

Die einzelnen Bauteile arbeiten der Reihe nach wie auf der obigen Abbildung nummeriert. Zuerst räumt der Klutenräumer (1) grobe Erdschollen aus dem Weg. Danach folgt das Vorlaufrad (2), welches einen Streifen für die Saat festdrückt und mögliche Höhenschwankungen ausgleicht. Als nächstes folgt das Säschar (3), welches die Saatrille in einer eingestellten Tiefe zieht. In diese legt der Sämechanismus (4) einzelne Saatkörner in einem eingestellten Abstand ab. Zu guter letzt folgen die Zwischenrolle (5), die die Saatkörner auf Bodenschluss drückt und die konische Druckrolle (6), die die Saatkörner mit lockerem Boden bedeckt.

(Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 393.)

Funktionsweise der pneumatischen Saatkornvereinzelung

Das pneumatische Säsystem ist ein Universal-Säsystem, welches sowohl für Mais- als auch Rübensaatgut und andere Kulturen geeignet ist. Vom Aufbau her ist das pneumatische Säsystem dem mechanischen Säsystem ähnlich, allerdings benötigt es zur Arbeit Unter- oder Überdruck, der durch ein Saug- oder Druckluftgebläse erzeugt wird. Das Gebläse ist auf der Sämaschine aufgebaut und wird vom Traktor über die Zapfwelle oder hydraulisch angetrieben. Die folgende Beschreibung bezieht sich insbesondere auf Einzelkornsämaschinen, die mit Unterdruck arbeiten.

Wie in der Abbildung 9 zu sehen ist, ist das Gehäuse (1) mit Saatkörnern gefüllt. Das Saatgut liegt rechts in der Abbildung an der Lochscheibe (3) an, links von der Lochscheibe herrscht Unterdruck (6), dieser sorgt dafür, dass in jedem Loch ein Saatkorn festgehalten wird. Um eine Doppelbelegung der Löcher zu verhindern, ist ein einstellbarer Abstreifer (4) vorhanden. Die Körner werden von der sich drehende Lochscheibe bis an deren tiefsten Stelle mitgenommen, wo im Bereich des Zwangsabstreifers (5) der Unterdruck unterbrochen wird und die Körner unterstützt vom Zwangsabstreifer in die Saattrille fallen.

Um die Drehgeschwindigkeit der Lochscheibe an die Fahrgeschwindigkeit des Traktors anzupassen, hat die Einzelkornsämaschine üblicherweise eine zentrale Abnahme der Geschwindigkeit durch ein bodengetriebenes Lauf- oder Sporenrad. Die Lochscheiben der Säorgane werden dann mechanisch von diesem Rad angetrieben.

Die modernere Form des Lochscheibenantriebs ist ein elektrischer Antrieb. Hierbei wird die Fahrgeschwindigkeit über Radsensoren oder schlupffrei über einen Radarsensor oder GPS erfasst und über ein elektrisches Signal an einen Elektromotor weitergegeben, der

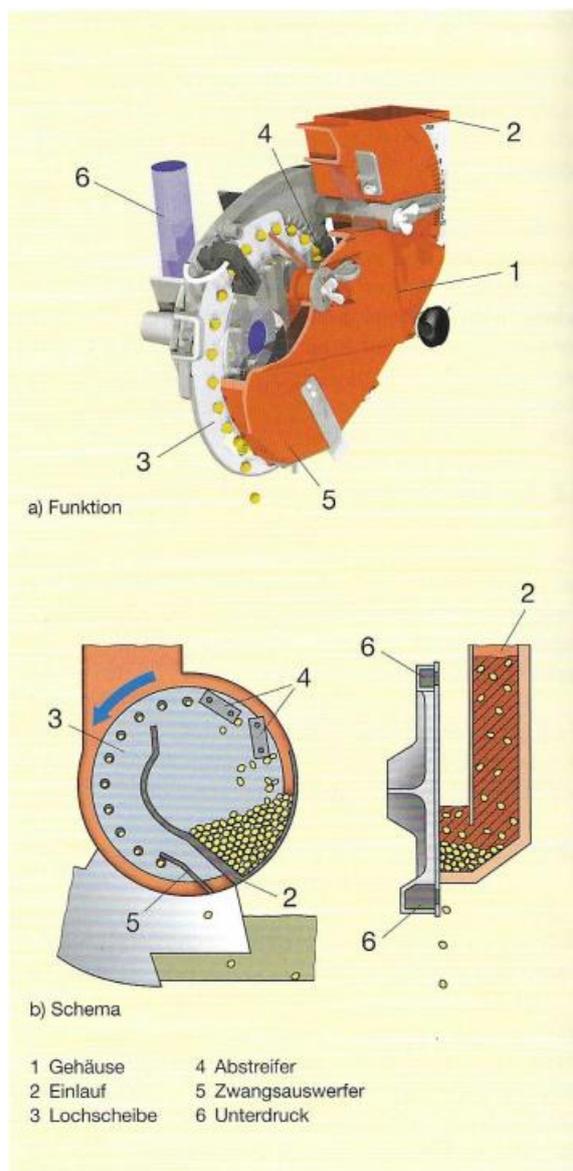


Abbildung 9: Pneumatisches Säsystem
(Meiners/ Dietsche/ et al, 2015, S. 394.)

Die Körner werden von der sich drehende Lochscheibe bis an deren tiefsten Stelle mitgenommen, wo im Bereich des Zwangsabstreifers (5) der Unterdruck unterbrochen wird und die Körner unterstützt vom Zwangsabstreifer in die Saattrille fallen.

Um die Drehgeschwindigkeit der Lochscheibe an die Fahrgeschwindigkeit des Traktors anzupassen, hat die Einzelkornsämaschine üblicherweise eine zentrale Abnahme der Geschwindigkeit durch ein bodengetriebenes Lauf- oder Sporenrad. Die Lochscheiben der Säorgane werden dann mechanisch von diesem Rad angetrieben.

Die modernere Form des Lochscheibenantriebs ist ein elektrischer Antrieb. Hierbei wird die Fahrgeschwindigkeit über Radsensoren oder schlupffrei über einen Radarsensor oder GPS erfasst und über ein elektrisches Signal an einen Elektromotor weitergegeben, der

die Lochscheibe antreibt. Mit einem elektrischen Antrieb sind eine Fahrgassenschaltung und eine Einzelreihenabschaltung leichter umsetzbar. Bei der Verwendung eines RTK-Systems ist zudem eine genauere Ablage der einzelnen Saatkörner möglich.

(Meiners/Dietsche/et al, 2015, S. 394.)

3.15 Beschreibung der Anbaumethoden

In diesem Kapitel werden die bei unserem Versuch angewandten Anbaumethoden in Hinsicht auf deren Ablauf, Anforderungen an die Sätechnik sowie deren Vor- und Nachteile kurz beschrieben. Konkret handelt es sich um die Methoden Saat auf Pflugfurche, Mulchsaat und Direktsaat.

3.15.1 Saat auf Pflugfurche

Bei der Saat auf eine Pflugfurche handelt es sich um die konventionelle Art der Bodenbearbeitung, wie sie bereits seit Generationen weit verbreitet angewendet wird. Dementsprechend viele Erfahrungswerte gibt es mit dieser Methode.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 112.)

Ablauf

Ganz klassisch erfolgt bei der Saat auf eine Pflugfurche zuerst die Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug. Anschließend folgt eine Saatbettbereitung mit einer Egge, von welcher es eine Vielzahl an verschiedenen Variationen gibt. Es gibt zapfwellengetriebene Eggen, wie die Rüttelegge oder Kreiselegge, oder gezogene Eggen, wie die klassische Ackeregge, Scheibenegge oder Federzinkengrubber. Nach der Saatbettbereitung erfolgt die Saat mit einer Sämaschine. Bei den Sämaschinen gibt es ebenfalls unzählige verschiedene Variationen. In der Praxis erfolgt die Saatbettbereitung und Aussaat oftmals kombiniert in einem Arbeitsgang. Diese Vorgehensweise wird als Bestellsaat bezeichnet.

Auch die Option der Pflugsaat, bei welcher die Saatbettbereitung und die Aussaat direkt beim Pflügen in einem Arbeitsgang geschehen gibt es. Diese hat in der Praxis jedoch wenig Verbreitung gefunden.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 112 ff.)

Anforderungen an die Sätechnik

Wie bereits erwähnt gibt es jede Menge verschiedene Konzepte und Variationen von Drill- und Einzelkornsämaschinen. Bei einer Aussaat nach erfolgtem Pflügen funktioniert so gut wie jede Sämaschine, da ein sauberes, feinkrümeliges Saatbeet die besten Voraussetzungen für die diversen Saatechniken, sowohl Einzelkorn- als auch

Drillsämaschinen, bietet. Es besteht bei richtiger Durchführung normalerweise keine Gefahr, dass die Scharen der Sämaschinen nicht in die gewünschte Tiefe eindringen oder diese durch Pflanzenrestmaterial verstopft werden. Lediglich die Bindigkeit des Bodens könnte zu Verstopfungen der Schare (Schleppschar) führen, wenn der Boden zum Zeitpunkt der Saat etwas zu nass ist.

(KBD Sachsen, 2022.)

Vorteile der Saat auf Pflugfurche

Bei dieser Anbaumethode stehen im Wesentlichen die Vorteile des Pfluges im Vordergrund. Der wohl größte Vorteil, ist die von Pflanzenresten, Unkräutern sowie Unkrautsamen freie Bodenoberfläche, die der Pflug hinterlässt. Sie ist einfach bearbeitbar, sorgt für eine problemlose Saat und für angesäte Kulturen ist der Unkrautdruck im Jugendstadium relativ gering. Durch die tiefe, wendende Lockerung auf bis zu 30 cm werden die meisten Strukturschäden wie tiefe Fahrspuren beseitigt und es kommt zu einer guten Durchlüftung des Bodens, die in weiterer Folge eine schnelle Bodenerwärmung ermöglicht. Diese Faktoren begünstigen einen einheitlichen und schnellen Feldaufgang der Saat. Auch die Nährstoff- und Humusverteilung im Boden ist gleichmäßiger und die Stickstoffmineralisierung setzt früher und stärker ein.

(Baatz, 2022.), (Berger/Huber/et al, 2019, S. 112.), (KBD Sachsen, 2022.)

Nachteile der Saat auf Pflugfurche

Allerdings bringt die konventionelle Bodenbearbeitung auch einige Nachteile, vorwiegend die des Pfluges. Diese benötigt vor allem viel Zeit, Energie und meist mehrere hintereinander folgende Arbeitsgänge, damit sind höhere Kosten und eine geringere Schlagkraft verbunden. Der Pflugeinsatz stellt einen intensiven Eingriff in das Bodengefüge dar, welcher zu stärkerem Humusabbau, verminderter Tragfähigkeit der Ackerkrume und verminderter Anzahl der Bodenlebewesen führt. Der brache, gelockerte Boden weist zudem einen erhöhten unproduktiven Wasserverbrauch auf. Wenn sich eine starke Pflugsohle ausbildet, kann dies zu Staunässe auf dem Acker führen und die Wurzelbildung der Kulturpflanzen behindern. Bearbeitungsfehler beim Pflügen können die Bodenstruktur zusätzlich schädigen. Durch den fehlenden Bewuchs und die fehlende organische Substanz in der Oberkrume ist die Gefahr von Wasser- und Winderosion stark erhöht. Die hinterlassene feinkrümelige Oberfläche birgt zudem ein starkes Risiko hinsichtlich einer Oberflächenverschlammung. Bei verschlammten Oberflächen können Niederschläge nicht mehr so gut in den Boden eindringen und neigen dazu, vor allem in Hanglagen, abzufließen.

(Baatz, 2022.), (Berger/Huber/et al, 2019, S. 113.), (KBD Sachsen, 2022.)

Aktuelle Entwicklung

Die konventionelle Bodenbearbeitung, bei der die Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug erfolgt, ist nach wie vor die gängigste Bearbeitungsmethode. Gerade auch in der biologischen Landwirtschaft findet der Pflug oftmals zur Unkrautunterdrückung eine Verwendung. Grundsätzlich ist ein Trend weg vom Pflugeinsatz in Richtung konservierender Bodenbearbeitung zu erkennen. Auch der Einsatz von kombinierten Geräten nimmt zu. Dadurch lassen sich Überfahrten und somit Kosten reduzieren. (Baatz, 2022.)

3.15.2 Mulchsaat

Bei der Mulchsaat handelt es sich um ein pflugloses Anbauverfahren. Dabei wird der Boden auf nicht wendende Weise mit reduzierter Intensität gelockert und es werden Pflanzenreste der Vorfrucht oder einer Zwischenfrucht an der Bodenoberfläche belassen. Der Begriff Mulchsaat wird häufig als Synonym für die konservierende Bodenbearbeitung verwendet.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114.), (Redaktion agrarheute, 2016a.)

Ablauf

Eine Mulchsaat kann grundsätzlich auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Es gibt Möglichkeiten mit Tiefenlockerung, bei denen die Aussaat nach tief- oder mittelgründiger Lockerung und anschließender flachgründiger Saatbettbereitung erfolgt. Genauso kann die Tiefenlockerung ausbleiben und nur eine flachgründige Bodenbearbeitung durchgeführt werden. Das Gerät, das bei der Mulchsaat am häufigsten eingesetzt wird, ist der Grubber. Mit manchen Schwer- bzw. Tiefengrubbern kann eine Tiefenlockerung auf über 25 cm Tiefe durchgeführt werden, mit eher üblicheren, nicht ganz so schweren Grubbern wird meist eine Mitteltiefe auf 10 bis 25 cm Tiefe oder eine flachgründige Bodenbearbeitung durchgeführt. Bei einer Mulchsaat nach flachgründiger Bodenbearbeitung kann entweder direkt nach der Bodenbearbeitung gesät werden oder es erfolgt eine Saatbettbereitung. Zur dieser eignen sich Eggen, wie Kreiselegge oder Federzinkenegge. Alternativ können auch Fräsen zur Saatbettbereitung verwendet werden. Vom Einsatz einer herkömmlichen Starrzinkenegge ist bei der Mulchsaat abzuraten, da Verstopfungen durch Pflanzenreste zu erwarten sind. Die Saat kann sowohl mit Drill- als auch mit Einzelkornsämaschinen erfolgen. Ein kombinierter Einsatz der Geräte zur Saatbettbereitung und der Saat ist ebenso möglich.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.), (Redaktion agrarheute, 2016a.), (KBD Sachsen, 2022.)

Anforderungen an die Sätechnik

Bei der Aussaat ist die Verstopfungsgefahr durch Pflanzenreste zu beachten. Zu bevorzugen sind Sämaschinen mit Scheibenscharen, da diese das Pflanzenmaterial besser aus dem Weg räumen, bzw. durchtrennen. Zur besseren Durchtrennung der Pflanzenreste bzw. der Mulchschicht und zur sicheren Einhaltung der Saattiefe ist ein entsprechender Schardruck notwendig. Von einer Verwendung von Sämaschinen mit Schleppscharen wird abgeraten.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.)

Vorteile der Mulchsaat

Die wesentlichsten Vorteile der Mulchsaat beruhen auf dem Verbleiben von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche. Durch diese ergibt sich ein Schutz vor Verkrustung und Verschlammung der Bodenoberfläche. Auch die Wasser- und Winderosion wird dadurch vermindert. Durch die reduzierte Intensität der Bodenbearbeitung ergeben sich weitere Vorteile, wie eine stabilere, tragfähigere Bodenstruktur, eine erhöhte Aktivität der Bodenlebewesen und eine Erhöhung des Wasseraufnahme und Wasserspeicherung des Bodens. Somit können Pflanzenbestände Trockenphasen besser überstehen. Ebenso wird mehr Humus im Boden angereichert, was eine Speicherung von Kohlenstoff mit sich bringt.

Aber auch aus wirtschaftlicher Sicht bringt eine reduzierte Bodenbearbeitung Vorteile. Durch die Ersparnis von Bearbeitungsgängen und größeren Arbeitsbreiten kann Arbeitszeit und Kraftstoff eingespart werden. Dies senkt zudem noch die anfallenden CO₂-Emissionen.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.), (Redaktion agrarheute, 2016b.)

Nachteile der Mulchsaat

Nachteilig an der reduzierten Bodenbearbeitung ist, dass die Flächen verzögert abtrocknen, sich schlechter erwärmen und die Befahrbarkeit oft erst verzögert gegeben ist. Wenn auf eine Tiefenlockerung verzichtet wird, neigen die Böden auch stärker zur Verdichtung. Auch die Stickstoffmineralisierung ist aufgrund des geringeren Sauerstoffanteils im Boden reduziert. Das oberflächliche Pflanzenmaterial erschwert oftmals eine genaue Saatgutablage und kann auch einen höheren Druck an pilzlichen Schaderregern bedingen. Weitere Probleme können durch ein verstärktes auftreten von Mäusen und Schnecken verursacht werden. Eine Mulchsaat kann auch den Einsatz von Totalherbiziden wie Glyphosat erfordern. Ein Einsatz dieser kann zu Unkrautresistenzen führen.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 114 f.), (Redaktion agrarheute, 2016b.)

Aktuelle Entwicklung

Wie bereits bei der Saat auf Pflugfurche erwähnt, ist ein aktuell Trend in Richtung konservierender Bodenbearbeitung erkennbar. Dies ist vor allem auch der ungleichmäßiger werdenden Niederschlagsverteilung und daraus resultierenden Trockenperioden geschuldet, da somit wassersparende Bodenbearbeitungsmethoden gefragt sind. Ein weiterer Grund sind, angesichts der gestiegenen Energiepreise, Bestrebungen den Kraftstoffverbrauch in der Landwirtschaft zu reduzieren und Arbeitsgänge einzusparen. Dies lässt sich unter anderem mit der Mulchsaat verwirklichen. (Baatz, 2022.)

3.15.3 Direktsaat

Bei der Direktsaat handelt es sich um die Saatmethode mit dem geringsten Eingriff in das Bodengefüge. Auf eine Bodenbearbeitung wird gänzlich verzichtet, es wird lediglich ein Säschlitz zur Ablage des Saatguts ausgeformt. Die Direktsaat kann auch als besonders extensive Form der konservierenden Bodenbearbeitung betrachtet werden.

Die permanente Direktsaat, bei der alle Kulturpflanzen in einer Fruchtfolge nach dem Prinzip der Direktsaat kultiviert werden, stellt ein eigenes Anbausystem dar und hat international, gerade in trockeneren Gebieten, große Bedeutung.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 116 f.), (Culiuc, 2021.)

Ablauf

Um eine Direktsaat erfolgreich durchführen zu können, muss ein Standort einige Voraussetzungen erfüllen und es müssen vorbereitend einige Maßnahmen ergriffen werden. Empfehlenswert ist ein kalkreicher, humoser und tonhaltiger Boden, der in einem niederschlagsärmeren Ackerbauggebiet liegen sollte. Der Gestaltung der Fruchtfolge kommt große Bedeutung zu. Diese sollte möglichst einen Wechsel zwischen Sommer- und Wintergetreiden mit Blattfrüchten darstellen. Zudem sollten, wenn möglich, auf Monokulturen verzichtet werden. Ebenso wichtig ist eine Bodenbedeckung aus Mulch, der dem Zweck des Erosionsschutzes dient, die Nahrungsgrundlage der Bodenlebewesen bildet und Unkräuter unterdrückt. Zusätzlich mindert eine Mulchbedeckung die Evaporation. Wenn eine chemische Unkrautbekämpfung erfolgt, muss diese möglichst wirkungsvoll sein. Auch unzureichend abgefrostete Ausfall- und Zwischenkulturen müssen chemisch behandelt werden, da die Möglichkeit einer mechanischen Unkrautregulierung ausfällt. Bei der Düngung wird berichtet, dass zwar eine stärkere Stickstoffdüngung der Bestände erfolgen muss, sich bei anderen Nährstoffen dafür aber Einsparungen ergeben. Zusätzlich sollte man darauf achten, die Bodenoberfläche möglichst vor Verdichtungen zu

verschonen. Dies lässt sich erreichen, wenn man den Boden nur in trockenem Zustand befährt und Reifen mit möglichst großer Aufstandsfläche verwendet. Erntereste sollten bei der Ernte möglichst gleichmäßig verteilt werden, da keine Bodenbearbeitungen, bei denen man schlechte Verteilungen ausbessern kann, folgen.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 116 f.)

Der Ablauf der Direktsaat ist sehr einfach, da die Saat selbst, neben Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen, sowie eventuellen Überfahrten mit einem Mulcher zur Zerkleinerung der Erntereste, der einzige Arbeitsgang auf der Fläche ist.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 116 f.), (Mumme, 2019.)

Anforderungen an die Sätechnik

Die Direktsaat stellt die wohl höchsten Ansprüche an die Sätechnik. Mit üblichen Drillsämaschinen ist eine Direktsaat nicht möglich. Mit Einzelkornsämaschinen ist eine Direktsaat dann möglich, wenn diese über einen entsprechend hohen Schardruck verfügen, jedoch stoßen diese gerade bei verdichteten Stellen schnell an ihre Grenzen.

Direktsämaschinen sollten möglichst einfach, aber dennoch stabil mit genügend Eigengewicht konstruiert sein, um einen entsprechenden Schardruck zu ermöglichen. Bei den Scharen können Scheibenscharen oder zinkenartige Scharen verwendet werden, es gibt bereits viele verschiedene Variationen von Direktsaatscharen. Von Scheibenscharen geht die Gefahr aus, dass diese Erntereste in die Saatrille drücken, das Saatkorn darauf ablegen und diesem somit das Wasser zur Keimung fehlt. Deswegen setzen viele Hersteller aktuell auf Zinken, die den Boden öffnen und hinter denen das Saatkorn dann eingelegt wird. Auf diese Weise wird auch eine gleichmäßige Ablagetiefe der Saatkörner besser umgesetzt. Um ausreichenden Schardruck sicherzustellen und die Verstopfungsanfälligkeit durch organisches Material zu mindern, ist der Reihenabstand zwischen den Scharen bei den meisten Direktsämaschinen größer als bei üblichen Drillsämaschinen. Manche Hersteller bieten aus diesem Grund ihre Direktsämaschinen auch mit Scharen an, die zwei Reihen direkt nebeneinander in den Boden legen. Der Abstand zwischen diesen beiden Reihen ist relativ gering, der Abstand zu den nächsten beiden Reihen ist etwas größer. Zusätzliche Anforderungen an die Schare sind beispielsweise auch Bestrebungen, direkt bei der Saat auch Mineraldünger mit einzusäen. Direktsämaschinen sollen einen guten Bodenschluss des Saatkorns sicherstellen und dies ausreichend mit Feinerde bedecken, sollen aber gleichzeitig auch nicht zu viel Erde um den Saatschlitz herum lockern, da dies ansonsten den Unkrautwuchs fördert.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 116 f.), (Feldt, 2023.), (Süss, 2023.)

Vorteile der Direktsaat

Im Grunde genommen bringt die Direktsaat dieselben Vorteile wie die Mulchsaat mit sich, teils in noch stärker ausgeprägter Form. Die Direktsaat sorgt für einen besseren Wasserhaushalt im Boden und schützt ihn gut vor Wasser- und Winderosion. Nährstoffe sowie Pflanzenschutzmittel und deren Reststoffe werden bei ihr in geringerem Maße horizontal verlagert. Außerdem verbessert sich die Aggregatstabilität im Boden, da gleichzeitig auch der Humusgehalt im Boden steigt. Dadurch ergibt sich wiederum eine bessere Befahrbarkeit des Bodens.

Ein weiterer sehr großer Vorteil ist der geringe Bearbeitungsaufwand verbunden mit hohen Flächenleistungen. Dies spart Zeit, Kraftstoff und somit Kosten. Auch aus klimatischer Sicht bringt die Direktsaat Vorteile. Zum einen wird weniger CO₂ aus Kraftstoffen freigesetzt, zum anderen wird Kohlenstoff in Form von Humus im Boden eingelagert.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 116 f.), (Culiuc, 2021.), (Mumme, 2019.)

Nachteile der Direktsaat

Bei den Nachteilen gelten für die Direktsaat ebenfalls grundsätzlich dieselben Aspekte wie für die Mulchsaat, auch teils wieder in verstärkter Form.

Besonders zu nennen sind eine verzögerte Abtrocknung der Flächen sowie eine verzögerte Erwärmung im Frühjahr. Ein anderer Minuspunkt für die Direktsaat ist jener, dass bei konventioneller Wirtschaftsweise oft Totalherbizide, die von der Gesellschaft äußerst kritisch betrachtet werden, als Maßnahme zur Unkrautregulierung eingesetzt werden. Oftmals wird die Direktsaat als äußerst fordernde Anbaumethode bezeichnet, da sie hohe fachliche Ansprüche hinsichtlich des Pflanzenschutzes und der Bestandesführung an den Landwirt stellt. Zudem kommt hinzu, dass es oftmals noch an Erfahrungswerten fehlt und diese erst gesammelt werden müssen. Unter anderem aus diesem Grund birgt die Direktsaat gerade in Umstellungsphasen ein erhöhtes Ertragsrisiko.

(Berger/Huber/et al, 2019, S. 116 f.), (Culiuc, 2021.)

Aktuelle Entwicklung

Den Trend hin zur konservierenden Bodenbearbeitung gibt es im Wesentlichen wegen Bestrebungen Wasser im Boden zu sparen, den Kraftstoffverbrauch zu senken, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren und die erreichbaren Hektarleistungen zu steigern. Da die Direktsaat diesen Bestrebungen noch stärker als die übliche konservierende Bodenbearbeitung gerecht wird, ist davon auszugehen, dass die Entwicklung der Bodenbearbeitungsmethoden zukünftig auch noch stärker in Richtung der Direktsaat geht und die Direktsaat an sich auch noch weiter Verbreitung findet.

(Baatz, 2022.), (Mumme, 2019.)

4 Material und Methode

4.1 Versuchsstandort

4.1.1 Standort

Der Versuch wurde in der Ennser Au, Oberösterreich, am Betrieb Eglseergut durchgeführt. Der Betrieb ist ein biologisch wirtschaftender Hof mit 84,09 ha bewirtschafteter Fläche, Schweinemast und Direktvermarktung.

Die Versuchsfläche ist 2,26 ha groß und befindet sich etwa 1,3 km südlich der Donau, was in der Vergangenheit mehrmals zu Überschwemmungen führte. Demensprechend ist die Hangneigung auf der Versuchsfläche unter 10% einzuordnen. Koordinaten: 48°14'02.5"N 14°25'54.7"E

Feldplan

Feldname: Eglseerwiese

JAHR	KULTUR
2019	Fenchel
2020	Fenchel
2021	Ölkürbis
2022	Winterdinkel
2023	Ackerbohne
2024	Winterweizen

Tabelle 8: Fruchtfolge auf der Versuchsfläche

Nach dem Winterdinkel wurde die Begrünungsmischung TerraLife MaisPro TR der Deutschen Saatveredelung AG angebaut.

Seitens der Zusammensetzung waren in der Mischung 34,7% Leguminosen und 15,2% Kreuzblütler enthalten.

Mischungskomponenten: Abessinischer Kohl, Felderbse, Inkarnatklee, Öllein, Tiefenrettich, Perserklee, Phacelia, Ramtillkraut, Sonnenblume, Sorghum, Weißklee, Winterwicke, Winterroggen

Der hohe Leguminosengehalt ist für den Ackerbohnen Anbau nicht optimal, aber durch die stickstoffzehrende Fruchtfolge in den letzten Jahren dennoch vertretbar.



Abbildung 10: Versuchsstandort (DORIS, 2024b)

4.1.2 Beschaffenheit des Bodens nach eBod

Der Bodentyp ist über die gesamte Fläche ein kalkhaltiger Brauner Auboden aus jungem feinem Schwemmaterial. Dieser Bodentyp kommt in der ebenen Austufe der Donau vor und nimmt eine Gesamtfläche von etwa 570 ha ein.



Abbildung 11: Feldgrenzen, Bodentyp, Auboden, Bodenart lehmiger Schluff (BFW, 2023)

Die Wasserverhältnisse spielen beim Ackerbohnenanbau eine besonders große Rolle, dementsprechend ist das Hauptaugenmerk auch darauf zu legen. Die Versuchsfläche ist gut versorgt, lediglich von Südwesten ist ein Teil des Feldes mäßig versorgt, dieser Teil wurde allerdings nicht als Versuchsparzelle verwendet.

Durch den leichten Boden ist die Speicherkraft und Durchlässigkeit mäßig, vereinzelt kommen bei diesem Bodentyp auch Flächen mit Sand im Unterboden vor, wodurch diese mäßig trocken sind. Am Versuchsstandort war dies nicht der Fall.

Ein hoher pH-Wert ist beim Ackerbohnenanbau ebenfalls von Vorteil, die Versuchsfläche war stark kalkhaltig mit einem Karbonatgehalt von über 20 %, was aus pflanzenbaulicher Sicht günstig ist.

Horizonte

Durch den hohen Sand,- und Schluff-gehalt des Bodens ist die Bearbeitbarkeit gut und es kommen keine Verschlammungen oder Verkrustungen vor.

Horizont	Tiefe in cm	Bodenart und Grobanteil	Humusverhältnisse
A	15-20	sandiger Schluff, lehmiger Schluff, lehmiger Sand	mittelhumos; Mull

AB	40-45	sandiger Schluff, lehmiger Schluff, lehmiger Sand	mittelhumos oder schwach humos; Mull
B	100	sandiger Schluff, Sand	

Tabelle 9: Beschreibung der Bodenhorizonte (BFW, 2023)

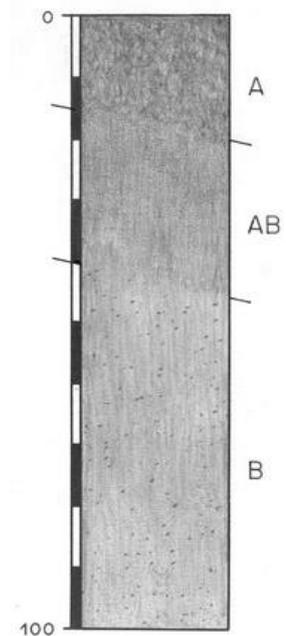


Abbildung 12:
Bodenhorizonte (BFW, 2023)

Natürlicher Bodenwert

Die Versuchsfläche gilt als mittelwertiges Ackerland und als hochwertiges Grünland. Die Ertragssicherheit ist durch die Überschwemmungsgefahr beeinträchtigt.

Bodenprobe

Die zuletzt entnommene Bodenprobe wurde am 29.04.2021 mit folgendem Ergebnis ausgewertet:

pH-Wert (H₂O)	8,1
Humusgehalt	2,8
Gesamt-N (%)	0,15
C/N- Verhältnis	11,0
N-Nachlieferung (kg/ha)	85

CaCO₃ (%)	28,7
Bodenart	Slu (schluffig-lehmiger Sand)

Tabelle 10: Ergebnisse der letzten Bodenprobe

Zudem ist laut dieser Bodenprobe der IST-Wert bei Calcium zu hoch und bei Magnesium, Kalium, Schwefel und dem vorrätigen Phosphor zu niedrig. Außerdem ist bei den meisten Spurenelementen ein Mangel vorhanden.

Interpretation der Bodenprobe

Auch wenn die Probe nicht mehr aktuell ist lassen sich trotzdem Rückschlüsse auf eine potentielle Ertragsoptimierung schließen. Es sollten Phosphor, Kalium, Magnesium, Schwefel, Eisen, Kupfer, Zink, Molybdän und Mangan gedüngt werden, wobei das Hauptaugenmerk auf Phosphor, Kalium, Eisen und Mangan liegt.

4.1.3 Klima

Durchschnittliche Klimadaten von 1981-2010

Der Versuchsstandort ist durch den Wald im Norden und Westen gut vor Wind geschützt. Die bereits erwähnte naheliegende Donau bringt die dauerhafte Gefährdung einer Überschwemmung mit sich. Das Feld liegt im Gefährdungsbereich bereits ab der Kategorie 30-jähriges Hochwasser. Die letzten Überflutungen fanden in den Jahren 2002 und 2013 statt. Ansonsten ist keine Erosionsgefahr vorhanden. Die Seehöhe beträgt 246 Meter.

Folgende Informationen wurden aus dem Klimareport von DORIS entnommen und beziehen sich auf die durchschnittlichen Daten von 1981 bis 2010.

Lufttemperatur

Mittlere monatliche und jährliche Lufttemperatur [°C]

Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
-1,1	0,1	4,8	9,8	15,1	17,6	19,7	18,9	14,4	9,3	3,9	0	9,4

Mittlere jahreszeitliche Lufttemperatur [°C]

Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
-0,4	9,9	18,8	9,2

Extremwerte [°C]

Mittleres jährliches Minimum	Mittleres jährliches Maximum
-16,1	34,2

Tabelle 11: Temperaturdaten (DORIS, 2024b.)

Das milde Klima mit einer überschaubaren Durchschnittstemperatur bietet ideale Bedingungen für den Ackerbohnenanbau.

Niederschlagsverteilung

Mittlere monatliche und jährliche Niederschlagssumme [mm]

Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
54	46	63	54	78	90	110	93	65	53	56	55	817

Mittlere jahreszeitliche Niederschlagssumme [mm]

Winter	Frühjahr	Sommer	Herbst
155	195	293	174

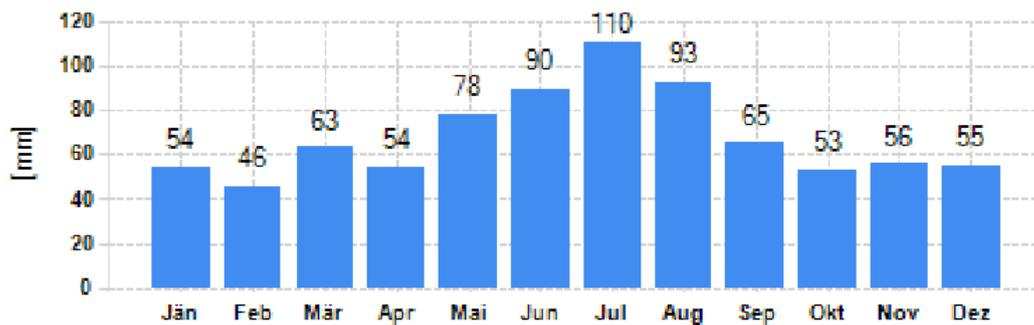


Abbildung 13: Niederschlagsverteilung (DORIS,2024b)

Der Niederschlag könnte im Mai/Juni noch höher sein, ist allerdings auch schon ausreichend für eine ertragsstarke Ernte.

Vegetationszeit

Mittlerer Beginn der Vegetationsperiode [Datum]	Mittleres Ende der Vegetationsperiode [Datum]	Mittlere Dauer der Vegetationstage [Tage]
20.März	04.November	230

Mittlere Lufttemperatur während der Vegetationsperiode [°C]	Mittlere Niederschlagssumme während der Vegetationsperiode [mm]
14,8	571

Abbildung 14: Vegetationszeit (DORIS, 2024b)

Klimadaten 2023

Folgende Klimadaten beziehen sich auf den Zeitraum 1.1.2023 bis 31.12.2023 und stammen von dem Obstbauwarndienst der Landwirtschaftskammer. Da besagte Aufzeichnungen für den Obstbau ausgelegt sind, sind neben den herkömmlichen Parametern Lufttemperatur und Niederschlag auch die Angaben Feuchttemperatur, was die verminderte Temperatur auf einer Oberfläche aufgrund der Verdunstungskälte ist, Taupunkt, was die Temperatur, bei der in einem Gemisch aus Luft und Wasserdampf die Luft mit der vorhandenen Menge des Dampfes gerade gesättigt ist und Blattnässe

vorhanden. Die Messungen stammen von der nördlicheren der zwei LK-Messstationen in Enns und ist etwa 4,4 km vom Versuchsstandort entfernt.

Temperatur

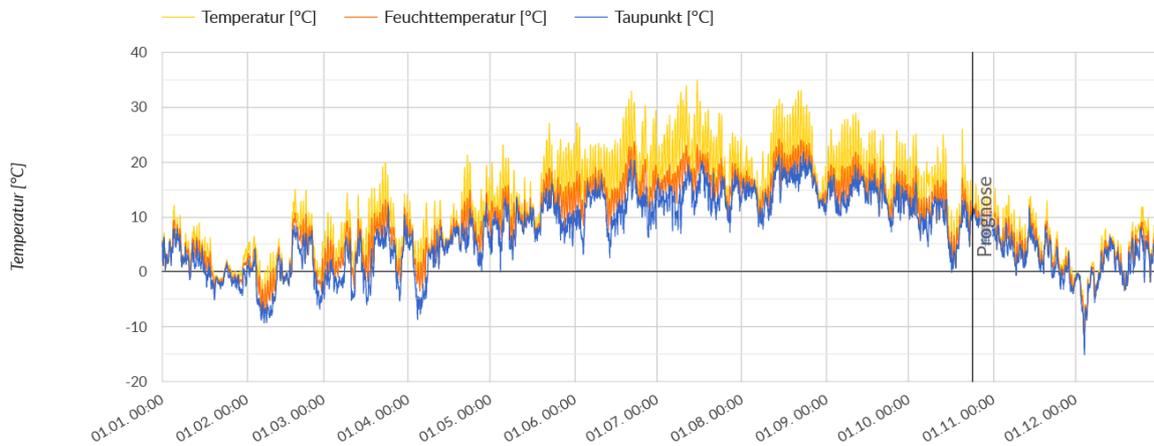


Abbildung 15: Jährlicher Temperaturverlauf (Landwirtschaftskammer, 2023)

Niederschlag

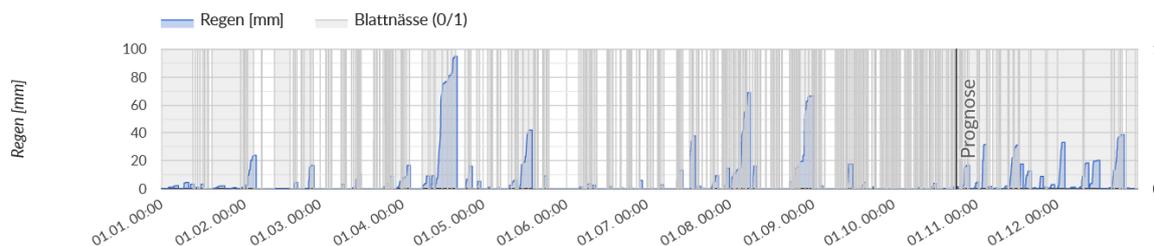


Abbildung 16: Jährliche Niederschlagsverteilung (Landwirtschaftskammer, 2023)

Der Temperaturverlauf bildet den typischen Jahresverlauf dieses Standortes nach. Ab Anfang März war die Temperatur dauerhaft über null. Mitte Mai ist eher kühl, darauf folgt ein warmer Sommer. Auch der August ist zu Beginn eher kühl, ab dem 11. August stiegen die Tageshöchsttemperaturen wieder auf bis zu 29°C.

Entgegen den Klimadaten von 1981-2010 sind die Niederschläge im Versuchsjahr 2023 untypisch. Im April und Mai war viel Niederschlag vorhanden allerdings war der Sommer zwischen Juni und Ende Juli trocken. Kurz vor der Ernte im August kam erneuert Regen, wodurch das Erntefenster verkürzt war.

4.2 Versuchsaufbau

Wie aus der untenstehenden Abbildung erkennbar ist, war die eigentliche Versuchsfläche 144 m breit. Diese Fläche wurde auf sechs, jeweils 24 m breite Parzellen aufgeteilt. Die Parzellenbreite wurde so gewählt um mit dem, am Betrieb Eglseergut, vorhandenen 12 m Hackstriegel zwei Längen pro Parzelle fahren zu können, um das Unkraut optimal zu bekämpfen.

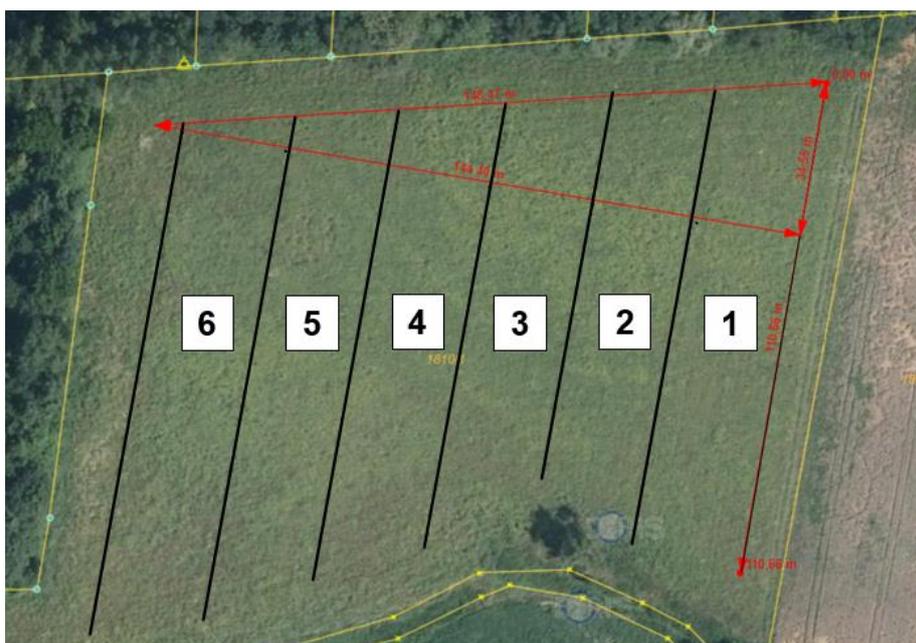
Um eine bestmögliche Flexibilität hinsichtlich externer Einflüsse zu erreichen, wurden die Parzellenlängen nicht im Vorfeld bestimmt, stattdessen wurde die geerntete Fläche direkt nach der Mähdrescherüberfahrt bestimmt. Dadurch konnten Schäden durch Wild umgangen werden.

In der Praxis diente die rechte Seite des Feldes als Gerade, nach der alle anderen Spuren parallel versetzt lagen. Die einzelnen Parzellen wurden mit blauen Glasfaserstäben markiert.

Auf der gesamten Fläche wurde ein Sicherheitsabstand von mindestens neun Metern eingehalten, um diese vor etwaigen außerhalb liegenden Einflüssen zu schützen. Auf diesem Sicherheitsabstand wurde Ackerbohne mit Pflugbearbeitung und Drillsaat angebaut, allerdings ist dieser Bereich im Versuch nicht berücksichtigt.

Anordnung

Im Versuch wurden die Parzellen folgendermaßen von rechts nach links angeordnet.



- 1 Pflug
- 2 Mulchsaat
- 3 Direktsaat
- 4 Mulchsaat
- 5 Direktsaat
- 6 Pflug

Abbildung 17: Anordnung der Versuchsparzellen (DORIS, 2024a)

VARIANTE	ARBEITSGÄNGE		
PFLUG	Pflug	Kreiselegge	Einzelkornsaat
MULCHSAAT	Grubber	Kreiselegge	Einzelkornsaat
DIREKTSAAAT		Mulcher	Einzelkornsaat

Tabelle 12: Arbeitsgänge bei den Versuchsvarianten

4.3 Durchführung

Vermessung

Vor der Saat wurden die einzelnen Parzellen sowohl digital als auch händisch ausgemessen. Zudem erfolgte die Dokumentation der winterfesten Begrünung. Das am Traktor verfügbare RTK-Lenksystem sorgte für die Spurgenauigkeit, welche mit etwa drei cm angegeben ist.

Vorbereitung

Es wurde auf der Fläche weder Kalk noch Dünger im Vorhinein ausgebracht. Um den pH-Wert und den Kalkgehalt des Bodens zu bestimmen wurde ein Salzsäuretest und pH-Test durchgeführt.



Abbildung 18: Salzsäuretest

Bei dem Salzsäuretest (links) wird zehn prozentige Salzsäure auf den Boden getropft, wenn sich wie am Foto Bläschen bilden deutet dies auf einen hohen Kalkgehalt hin. Bei dem pH-Wert Test wird eine Indikatorflüssigkeit auf eine Erdprobe getropft und der pH-Wert mittels Farbveränderung bestimmt. Das Ergebnis ist gelb-grünlich dementsprechend ist der pH- Wert bei etwa 7 und somit ist keine Kalkgabe nötig.

Saatgut

Im Versuch wurde konventionell ungebeiztes Saatgut der Sorte Tiffany von der Probstdorfer Saatzucht, mit einer Saatstärke von 45 Körner pro Quadratmeter, verwendet. Da am Betrieb regelmäßig Ackerbohne kultiviert wird, wurde keine Rhizobien fördernde Impfung am Saatgut durchgeführt.

Die Sorte hat ein Tausend-Korn-Gewicht von 567 g, wobei die Keimfähigkeit 97% beträgt. Die Wahl auf die Sorte Tiffany fiel aufgrund der Empfehlung von Marion Gerstl von der Boden Wasser Schutz Beratung. Zudem hat Tiffany wenig Bitterstoffe, was für die Verfütterung an Schweine am Betrieb Eglseergut positiv ist.

Aussaat

Die Aussaat und gesamte Bodenbearbeitung fand am 21.3.2023 statt. Seitens der Kälteverträglichkeit der Ackerbohne wäre ein früherer Anbau möglich gewesen, allerdings war die Befahrbarkeit erst zum genannten Zeitpunkt akzeptabel. Der Reihenabstand wurde mit 50 cm gewählt, was beim Ackerbohnenanbau der maximale Abstand ist, da ansonsten der Reihenschluss nicht mehr ausreichend gewährleistet ist und somit die Ackerbohne nicht die gesamte Sonneneinstrahlung je Fläche nutzen kann, was Unkräuter ausnutzen. Die Saatstärke wird mit 40-50 Körner/m² empfohlen, es wurde der Mittelwert mit 45 Körner/m² gewählt.

Die empfohlene Saattiefe beträgt 6-10 cm, auch hier wurde das Mittel mit 8 cm herangezogen.

Der Anbau erfolgte, wie bei allen Varianten mit einer siebenreihigen Einzelkornsämaschine mit Typenbezeichnung Monosem Monoshox ng plus M, welche sich von einem naheliegenden Landwirt ausgeborgt wurde. Da sieben Reihen mit 24 m breiten Parzellen schlecht kompatibel sind wurden nur sechs reihen genutzt und die siebte Reihe in ausgehobener Position fixiert.



Abbildung 19: Aussaat des Versuches

Unterschiede bei der Erstellung der Versuchsvarianten

Pflug

Bei der Pflugvariante wurde zuerst mit einem 4-Schar Pflug der Marke Pöttinger, Modellreihe Servo, 18 cm tief gepflügt. Der Pflug ist ein gewöhnlicher Universalpflug und könnte noch tiefer arbeiten, allerdings würde damit die Bodenfeuchte in den tieferen Bodenschichten verloren gehen.

Nach dem Pflug folgte die Saatbeet Bereitung mit einer 3m breiten Lemken Kreiselegge. Die Bearbeitung erfolgte auf Saattiefe.

Grubber

Der Grubber ist ein 3-balkiger Schwergrubber der Marke Horsch mit der Typenbezeichnung 3FX. Hinsichtlich der Schare ist der Grubber mit Flügelscharen ausgestattet, wodurch bei einem Strichabstand von 30 cm eine ganzflächige Bearbeitung entsteht. Die Bearbeitungstiefe wurde mit 15 cm gewählt. Bei dieser Arbeitstiefe entsteht durch die Flügelschare noch keine Schmierschicht, da der Boden in dieser Tiefe ausreichend abgetrocknet war und gleichzeitig wird die organische Masse von der Begrünung gut eingearbeitet.

Auch hier war der Einsatz der Kreiselegge nötig, um grobe Erdklumpen zu zerkleinern.

Direktsaat

Um den hohen Pflanzenbewuchs durch die winterfeste Begrünung zu zerkleinern und um das Wachstum zu verlangsamen, wurde auf der Fläche vor der Saat gemulcht.

In der Praxis werden Sämaschinen welche ein Bearbeitungswerkzeug, wie Scheibenegge oder Grubber, ebenfalls im Aufbau enthalten, teilweise zu den Direktsämaschinen gezählt. Im Versuch erfolgte die Direktsaat mit dem Ziel, so wenig wie möglich in die Bodenstruktur einzugreifen. Aus diesem Grund wurde eine Einzelkornsämaschine gewählt, da diese Maschinen im Normalfall einen höheren Schardruck als Drillsämaschinen erreichen und somit eine bessere Tiefenführung im nicht gelockerten Boden möglich ist. Zudem war die Sämaschine mit Doppelscheibenscharen ausgestattet, was ebenfalls eine gute Tiefenführung und ein Zerschneiden der organischen Masse ermöglicht. Teilweise kann es dennoch vorkommen das durch die Scheibenschare, organische Masse in den Säschlitz gedrückt wird, um dies zu verhindern waren Räumsterne auf der Sämaschine aufgebaut, welche die Saatreihen von groben Pflanzenrückständen befreien.

Trotz der positiven Aspekte hinsichtlich der Technik zur Einhaltung der Arbeitstiefe, bestand dennoch das Risiko, dass der Schardruck nicht ausreicht für die richtige Tiefenführung. In der Praxis wurde eine gleichmäßige Tiefe von sieben cm eingehalten, was nicht der Saattiefe bei den Varianten Pflug und Grubber entspricht aber dennoch innerhalb der empfohlenen Aussattiefe liegt.

Mechanische Beikrautregulierung

Technik	BBCH Stadium	Datum
Striegel	03	24.03.2023
Striegel	13	27.04.2023
Hackgerät	16	21.05.2023
Hackgerät	22	30.05.2023

Tabelle 13: Mechanische Beikrautregulierung

Beim Blindstriegeln wurde mit hohem Zinkendruck gearbeitet, da die Ackerbohne durch die tiefe Saatgutablage beim frühen Blindstriegeln nicht beschädigt werden können. Im zweiten Durchgang wurde eine mittlere Einstellung gewählt.

Das Hacken erfolgte mit einem im Traktorheck angebauten Hackgerät der Marke Hatzenbichler. Durch die Ausstattung mit einer Lenkeinrichtung mittels Scheibensech konnte das Hackgerät exakt in der Reihe geführt werden.

Durch die vielen Pflanzenteile konnte das Hacken in der Direktsaatvariante nicht durchgeführt werden, da die Hackelemente verstopften.

Striegeln war bei allen Varianten möglich.

Um den Bekämpfungserfolg des Hackens besser zu erkennen wurde ein „Hackfenster“ angelegt, was bedeutet das ein kurzes Stück am Parzellenrand nicht gehackt wird. Die Unkräuter können dadurch wachsen und der Unkrautdruck wird sichtbar.



Abbildung 20: Hacken der Versuchsfläche

Kontrolle des Bestandes

Im Versuch wurde etwa wöchentlich der Pflanzenbestand kontrolliert und das BBCH-Stadium bestimmt. Zusätzlich wurden Notizen zu den Unterschieden erstellt. Die detaillierte Beschreibung findet sich im Kapitel Ergebnisse.

Bonituren

Im Verlauf der Diplomarbeit wurden drei Bonituren durchgeführt. Weiteres im Kapitel Ergebnisse.

Ernte

Am Betrieb ist ein Mähdrescher der Marke John Deere, Typenbezeichnung 1174 SII, vorhanden. Die Erntemaschine ist mit Getreidetisch und Getreidekorb ausgestattet. Die Restkornabscheidung erfolgt mit fünf Schüttlern. Die Erntereste wurden gehäckselt.

Die Einstellungen beliefen sich im Versuch auf folgende Werte:

Trommeldrehzahl 600 U/min

Korb auf 20 bis 25 mm geöffnet

Obersieb auf 30 mm geöffnet

Untersieb auf 14 mm geöffnet

Wie bereits angeführt wurde direkt nach der Ernte mittels Laufrads die geerntete Fläche ermittelt.



Abbildung 21: Ernte des Versuches

Abtransport

Das Erntegut wurde in Aluminiumtanks, die auf einem Anhänger standen, geladen und somit vom Feld zum Hof gebracht. Da in Feldnähe keine nutzbare befestigte Straße vorhanden war konnte nicht direkt am Feld mit Wiegeplatten gewogen werden.



Abbildung 22: Abbunkern in die Container

Datenerhebung

Die BBCH-Stadien und eine optische Bestandskontrolle wurden regelmäßig dokumentiert. Der Unkrautdruck, Pflanzendichte etc. wurden bei den drei Bonituren ausgewertet.

Aufbau der Wiegeeinrichtung

Um das Gewicht der Ackerbohnen zu ermitteln, wurden Wiegebalken, welche per Bluetooth mit dem Smartphone verbunden waren, verwendet. Der Wiegebereich der Waage war mit bis 3000 kg begrenzt, bei einer Genauigkeit von 0,1 kg. Vor Beginn der Ernte wurden die Aluminiumtanks und die Paletten, welche als Unterlage diente gewogen, damit dieses Gewicht später abgezogen werden konnte.

Um das Risiko des technischen Versagens zu minimieren, wurde jede Probe mindestens doppelt gewogen.

Zusätzlich wurden die Proben mit einem Zyklonabscheider von Verunreinigungen gereinigt.



Abbildung 23: Wiegung der Container

Qualitative Messungen

Nach dem Wiegen wurden kleine Proben in Plastiksäcken entnommen, welche danach bei dem örtlichen Landhandel auf Wassergehalt und Proteingehalt untersucht wurden.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse unseres Versuches spiegeln sich in Kennzahlen, wie dem Kornertrag pro Hektar, dem Eiweißertrag pro Hektar, dem Verschmutzungsanteil des Erntegutes, dem Kraftstoffbedarf pro Hektar und dem Arbeitszeitbedarf pro Hektar sowie in Erkenntnissen aus Bonitierungen und Beobachtungen wider.

5.1 Erträge pro Hektar

P. Nr.	Variante	Verschmutzung	Ertrag/ha 14% Feuchte	xP TS in %	xP/ha
1	Pflug 1	1,0%	3.397,84 kg	30,4%	906,09 kg
6	Pflug 2	1,8%	3.445,82 kg	31,2%	943,07 kg
-	Ø Pflug	1,4%	3.421,83 kg	30,8%	924,58 kg
2	Mulchsaat 1	1,9%	2.449,16 kg	29,2%	627,33 kg
4	Mulchsaat 2	0,9%	2.953,22 kg	30,8%	797,89 kg
-	Ø Mulchsaat	1,4%	2.701,19 kg	30,0%	712,61 kg
3	Direktsaat 1	3,6%	1.197,67 kg	29,5%	309,92 kg
5	Direktsaat 2	4,2%	824,87 kg	30,4%	219,97 kg
-	Ø Direktsaat	3,9%	1.011,27 kg	30,0%	264,95 kg

Tabelle 14: Erträge der Versuchspartellen aufgerechnet auf 1 ha

In der obigen Tabelle sind die wesentlichen Messergebnisse, die wir bei der Auswertung unseres Versuches erhalten haben, detailliert aufgelistet. Zur besseren Illustrierung und Beschreibung der Versuchsergebnisse dienen die folgenden Diagramme.

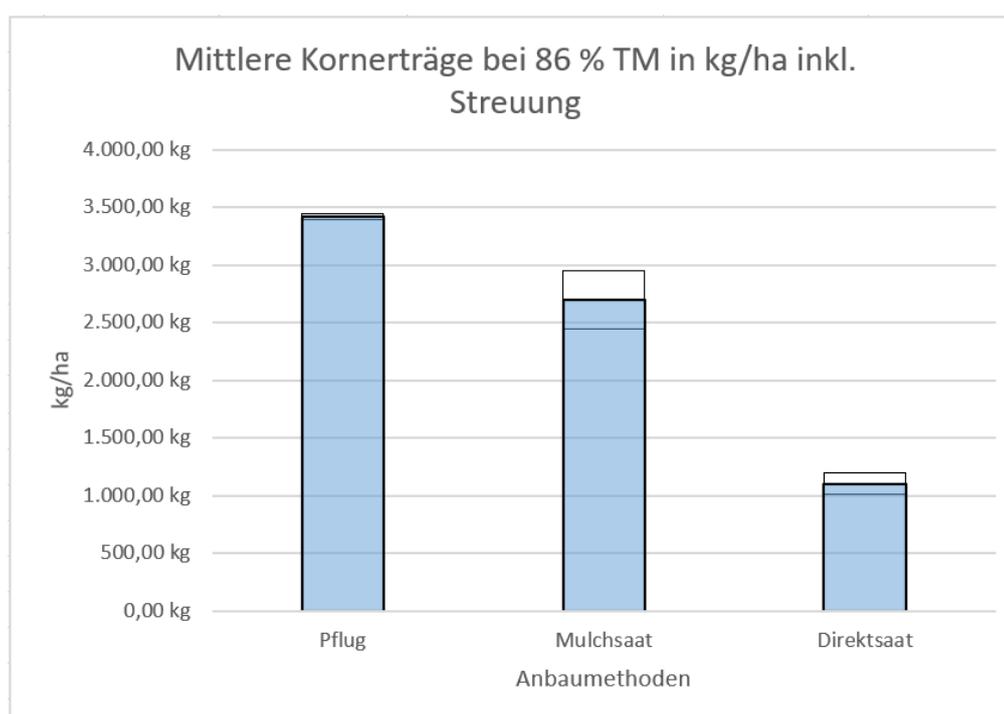


Abbildung 24: Mittlere Kornerträge der verschiedenen Anbaumethoden

Wie in der Abbildung 24 ersichtlich, hat die Anbaumethode Saat auf Pflugfurche, mit durchschnittlich über 3.400 kg Kornenertrag pro Hektar, den besten Hektarertrag im Versuch gebracht. Die zweit-ertragreichste Anbaumethode ist die Mulchsaat mit ungefähr 2.700 kg Kornenertrag pro Hektar. Den mit Abstand geringsten Kornenertrag hat die Direktsaat mit nur etwas über 1.000 kg pro Hektar erbracht.

Bei der Saat auf Pflugfurche und der Direktsaat waren die Korneträge der einzelnen Versuchspartzen relativ ähnlich. Etwas größere Ertragsunterschiede gab es bei der Mulchsaat. Die Differenz zwischen den beiden Partzen hat rund 500 kg pro Hektar betragen.

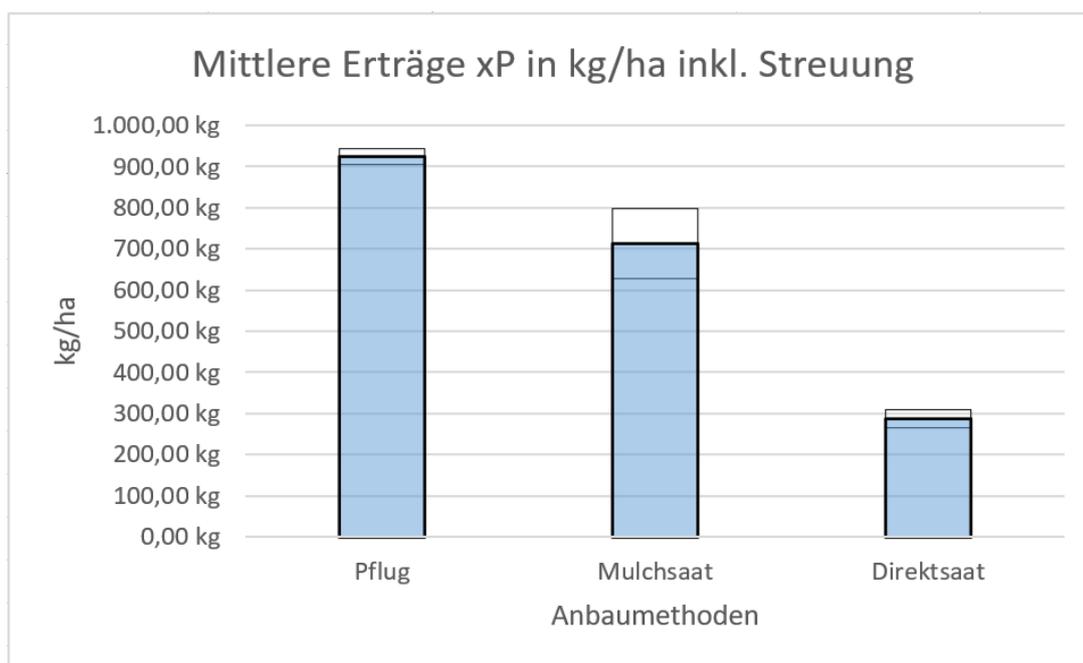


Abbildung 25: Rohprotein-Erträge der Anbauvarianten

Von den entnommenen Proben der einzelnen Versuchspartzen haben wir im Lagerhaus den Rohproteingehalt messen lassen. Die Proben wiesen einen Rohproteingehalt von ca. 30% auf, weswegen sowohl die Mulchsaat als auch die Direktsaat einen durchschnittlichen Eiweißgehalt von 30% erreichten. Lediglich bei der Saat auf Pflugfurche liegt dieser mit 30,8% etwas höher.

Aufgrund der sehr ähnlichen Eiweißgehalte sind die erzielten Eiweißerträge den erzielten Korneträgen im Verhältnis sehr ähnlich. Wie in der Abbildung 25 dargestellt, erreichte die Saat auf Pflugfurche, mit durchschnittlich über 900 kg Rohprotein (xP) pro Hektar, einen für biologische Verhältnisse durchaus guten Rohproteinenertrag. Die Mulchsaat erreichte einen Rohproteinenertrag von durchschnittlich ca. 700 kg xP pro Hektar, die Streuung der Ergebnisse war auch hier wieder die Größte von allen drei Anbaumethoden. Die Direktsaat hat mit etwas unter 300 kg xP pro Hektar mit Abstand den geringsten Rohproteinenertrag.

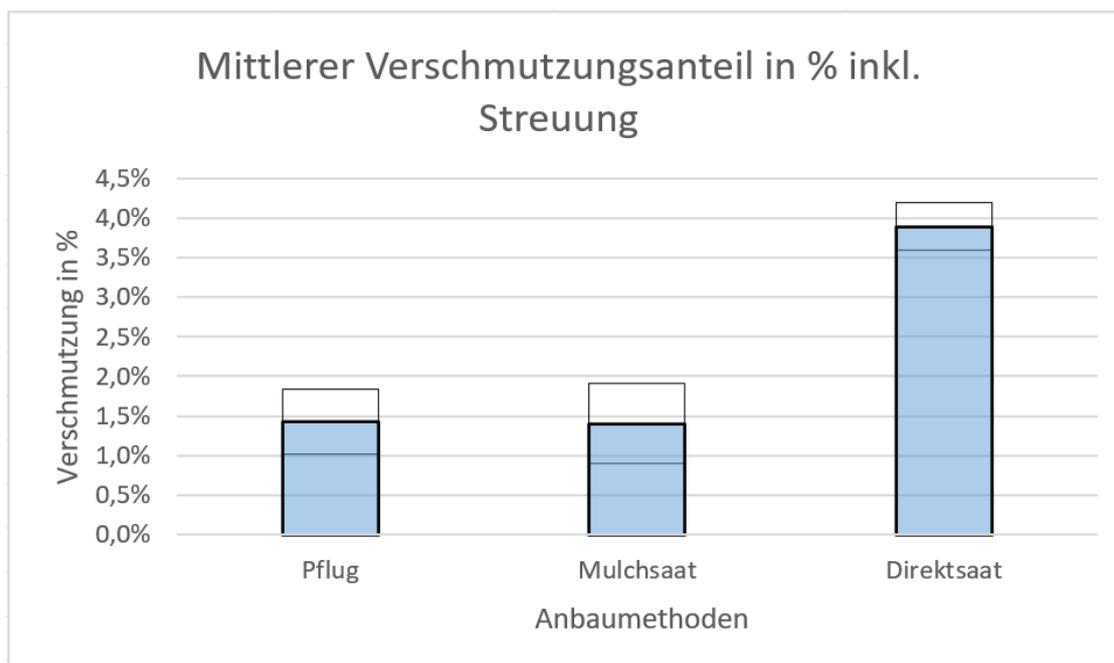


Abbildung 26: Mittlerer Verschmutzungsanteil in Prozent

Eine weitere bedeutende Kennzahl ist der durchschnittliche Verschmutzungsanteil des Erntegutes. Dieser wurde durch eine Wiegung vor, und eine Wiegung nach der Reinigung mit dem Zyklonabscheider ermittelt.

Die Abbildung 26 zeigt, dass die Saat auf Pflugfurche einen durchschnittlichen Verschmutzungsanteil von durchschnittlich 1,4%, mit Abweichungen von +/- ca.0,5%, erreichten. Der Verschmutzungsanteil der Direktsaat war mit 3,9% im Mittel erheblich höher, die Differenz der beiden Direktsaat-Parzellen war allerdings etwas geringer als jene der Saat auf Pflugfurche und der Mulchsaat. Der erhöhte Verschmutzungsanteil in der Direktsaat ist primär wegen dem hohen Anteil an Ausfall-Dinkel im Bestand zustande gekommen. Dieser hohe Anteil an Ausfall-Dinkel ist wiederum dem Ausbleiben des Hackens als Unkrautregulierungsmaßnahme geschuldet.

5.2 Kraftstoffbedarf laut ÖKL

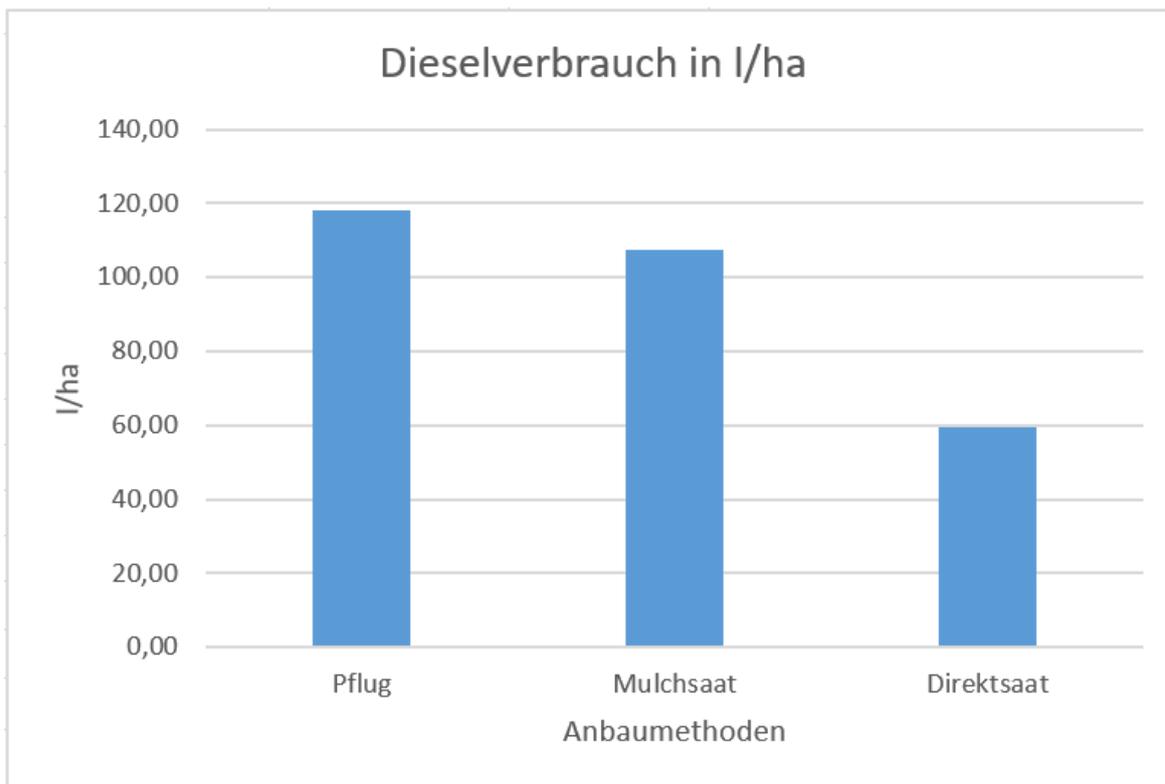


Abbildung 27: Dieselverbrauch in l/ha

Eine entscheidende Kennzahl beim Vergleich der drei Anbaumethoden ist der Dieselverbrauch pro Hektar der einzelnen Anbaumethoden. Die Dieselverbräuche der einzelnen Anbaumethoden wurden mittels ÖKL-Durchschnittswerten errechnet. Wie in der Abbildung 27 ersichtlich, verbraucht die Saat auf Pflugfurche knapp 120 l Diesel pro Hektar. Etwas weniger verbraucht die Mulchsaat mit knapp 110 l Diesel pro Hektar. Mit großem Abstand am wenigsten Kraftstoff verbraucht die Direktsaat mit 60 l Diesel pro Hektar.

Auch wenn die Direktsaat den mit Abstand geringsten Ertrag erbracht hat, wird hier ein wesentlicher Vorteil dieser Anbaumethode widerspiegelt. Im Vergleich zur Saat auf Pflugfurche benötigt sie fast nur die Hälfte an Kraftstoff, was sowohl wirtschaftlich als auch für die Umwelt positiv zu bewerten ist. Die Mulchsaat ist in dieser Hinsicht der Saat auf Pflugfurche eher ähnlich.

5.3 Arbeitszeitbedarf laut ÖKL

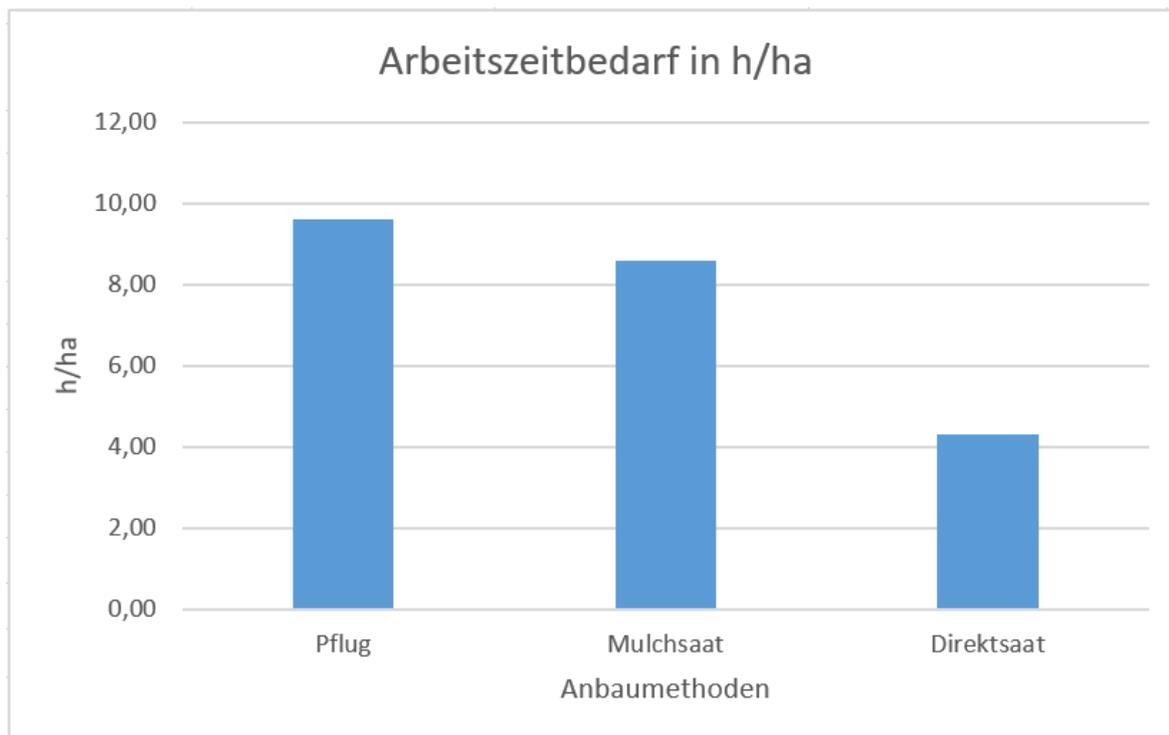


Abbildung 28: Arbeitszeitbedarf in h/ha

Im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit ist auch der Arbeitszeitbedarf pro Hektar eine wichtige Kenngröße. Auch diese wurde mittels ÖKL-Durchschnittswerten für die einzelnen Anbauvarianten ermittelt. Die Abbildung 28 zeigt, dass die Saat auf Pflugfurch mit knapp zehn Stunden Arbeitszeitbedarf pro Hektar die zeitintensivste Anbaumethode ist. Etwas effizienter ist die Mulchsaat mit etwas über acht Stunden Arbeitszeitbedarf pro Hektar. Den geringsten Arbeitszeitbedarf weist die Direktsaat mit etwas über vier Stunden pro Hektar auf. Dies entspricht ca. der Hälfte des Arbeitszeitbedarfs der Mulchsaat, was allerdings auch dem Ausbleiben der beiden Hackdurchgänge geschuldet ist. Somit ist die Direktsaat auch anhand dieser Kennzahl wieder mit großem Abstand die effizienteste Anbaumethode.

5.4 Deckungsbeiträge der verschiedenen Anbaumethoden

Deckungsbeitrag pro Hektar der verschiedenen Anbaumethoden					
Saat auf Pflugfurche		Mulchsaat		Direktsaat	
Kornertrag	3,42 t/ha	Kornertrag	2,70 t/ha	Kornertrag	0,71 t/ha
Preis pro Tonne	494,25 €/t	Preis pro Tonne	494,25 €/t	Preis pro Tonne	494,25 €/t
Erlös aus Kornertrag	1.691,24 €/ha	Erlös aus Kornertrag	1.335,06 €/ha	Erlös aus Kornertrag	352,21 €/ha
Erlös aus N-Lieferung an FF	34,08 €/ha	Erlös aus N-Lieferung an FF	26,90 €/ha	Erlös aus N-Lieferung an FF	7,10 €/ha
Summe Erlöse	1.725,32 €/ha	Summe Erlöse	1.361,97 €/ha	Summe Erlöse	359,30 €/ha
Saatgutkosten	342,10 €/ha	Saatgutkosten	342,10 €/ha	Saatgutkosten	342,10 €/ha
PK Austrag	140,57 €/ha	PK Austrag	110,97 €/ha	PK Austrag	29,27 €/ha
Variable Maschinenkosten	363,26 €/ha	Variable Maschinenkosten	319,92 €/ha	Variable Maschinenkosten	182,99 €/ha
Trocknungskosten	92,39 €/ha	Trocknungskosten	72,93 €/ha	Trocknungskosten	19,24 €/ha
Mehrgefahrenversicherung	30,00 €/ha	Mehrgefahrenversicherung	30,00 €/ha	Mehrgefahrenversicherung	30,00 €/ha
Summe Variable Kosten	968,32 €/ha	Summe Variable Kosten	875,92 €/ha	Summe Variable Kosten	603,60 €/ha
DB pro Hektar Saat auf Pflugf.	757,00 €/ha	DB pro Hektar Mulchsaat	486,05 €/ha	DB pro Hektar Direktsaat	-244,30 €/ha
Grenzertrag DB = 0 €	1,65 t/ha	Grenzertrag DB = 0 €	1,56 t/ha	Grenzertrag DB = 0 €	1,29 t/ha

Tabelle 15: Deckungsbeiträge der verschiedenen Anbaumethoden

Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Anbaumethoden treffen zu können, ist der Deckungsbeitrag eine wesentliche Kennzahl. In der Tabelle 15 sind die Deckungsbeiträge der einzelnen Anbaumethoden angeführt. Diese wurden Großteils mit den Standardwerten des Interaktiven Deckungsbeitragsrechners der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen im Betrachtungszeitraum im Betrachtungszeitraum von 2018 bis 2023 errechnet. Der Kornertrag in t/ha wurde den Versuchsergebnissen entnommen. Die variablen Maschinenkosten basieren auf ÖKL-Durchschnittswerten und wurden anhand der im Versuch eingesetzten Maschinen und Geräte berechnet.

Den mit 757 € besten Deckungsbeitrag konnte die Saat auf Pflugfurche erzielen. Etwas schlechter ist der Deckungsbeitrag der Mulchsaat mit ca. 486 €, dieser ist aber durchaus noch wirtschaftlich. Rechnerisch unwirtschaftlich ist der Deckungsbeitrag der Direktsaat mit ca. - 244 €. Dies ist dem geringen im Versuch erzielten Ertrag geschuldet.

Interessant ist hierbei auch der mindest-notwendige Ertrag („Grenzertrag“), um bei den gegebenen variablen Kosten einen positiven Deckungsbeitrag zu erreichen. Dieser ist bei der Direktsaat mit 1,29 Tonnen pro Hektar mit Abstand am geringsten. Darauf folgen die Mulchsaat mit 1,56 Tonnen pro Hektar und die Saat auf Pflugfurche mit 1,65 Tonnen pro Hektar. Diese Kennzahl zeigt auch, dass es durchaus möglich ist die Wirtschaftlichkeit auch mit der Direktsaat zu erreichen, denn im Versuch wurde auf einer Direktsaat-Parzelle bereits ein Ertrag von knapp 1,2 Tonnen pro Hektar erreicht.

5.5 Ergebnisse der Bonitierungen und Beobachtungen

Es wurden regelmäßig Bestandskontrollen durchgeführt. Folgend sind die Daten mit BBCH Stadien und Notizen angeführt in chronologischer Reihenfolge angeführt.

Datum	BBCH	Notizen	Fotos
3. März	-	Beurteilung der Fläche und Bestandsaufnahme der winterfesten Begrünung.	
21. März	00	Bodenbearbeitung und Aussaat	
31. März	05	Keimwurzel ca. 2 cm lang. Keine Unterschiede in den Parzellen	
8. April	07	Keimwurzel ca. 3cm Spross ca. 5cm	
16. April	10	Direktsaat weiter entwickelt (BBCH 11) Viel Niederschlag dadurch teilweise Überflutungen	

22. April	11	Alle pflanzen gleich weit entwickelt. Unkrautdruck Direktsaat und Mulchsaat steigt. Überflutung ist weg	
29. April	12	Wirkung des Striegeln erkennbar.	
5. Mai	13	Pflanzen in Direktsaat durch Unkrautdruck teilweise doppelt so hoch wie Pflug Frassschäden von Blattrandkäfer vorhanden.	
12. Mai	14	Mechanische Unkrautbekämpfung mittels Hackgerät nötig.	
9. Juni	63	Höhe Pflug: 105 cm Mulchsaat: 80 cm Direktsaat: 90 cm Bei Direktsaat trocknen Blüten teilweise schon ab.	
25. Juni	72	Direktsaat Pflanzen kleiner als Pflugvariante.	

15. Juli	83	Bestand wird gelblich, Pflanzen knicken um.	
15. August	98	Ernte	

Tabelle 16: Boniturergebnisse mit Bildern

Bonitur 1

Datum: 23.05.2023								
P. Nr.	Variante	BBCH	Pfl./m ²	Wh. in cm	Mulchdeckungsgrad	Unkräuter	Krankheiten/Schädlinge	Bemerkungen
1	Pflug	16	39	33	10%	Ackerkratzdistel, Kamille, Weißer Gänsefuß, Raygras, Acker-Ehrenpreis	Blattrandkäferfraß	etwas Unkraut in der Reihe
2	Mulchsaat	16	38	35	20%	Viel Raygras, Acker-Ehrenpreis, Acker	Blattrandkäferfraß	etwas Unkraut in der Reihe
3	Direktsaat	16	36	52	60%	Viel Raygras, viel Dinkel, Klee, Vergissmeinnicht, Acker-Ehrenpreis	etwas Blattrandkäferfraß	höhere Pflanzen als bei den anderen Varianten, Hacken war nicht möglich aufgrund von zu hartem Boden und zu viel Pflanzenmasse
4	Mulchsaat	16	38	33	20%	Viel Raygras, Acker-Ehrenpreis, Acker	Blattrandkäferfraß	besseres Hackergebnis als bei Parzelle
5	Direktsaat	16	33	55	60%	Viel Raygras, viel Dinkel, Klee, Vergissmeinnicht, Acker-Ehrenpreis	etwas Blattrandkäferfraß	höhere Pflanzen als bei den anderen Varianten, Hacken war nicht möglich aufgrund von zu hartem Boden und zu viel Pflanzenmasse
6	Pflug	16	40	32	10%	Ackerkratzdistel, Kamille, Weißer Gänsefuß, Raygras, Acker-Ehrenpreis	Blattrandkäferfraß	etwas Unkraut in der Reihe

Tabelle 17: Ergebnisse der ersten Bonitur

Bei allen Bonituren wurden die Parameter BBCH-Stadium, Unkräuter und Krankheiten/Schädlinge untersucht. In der ersten Bonitur wurde zudem die Bestandesdichte, die Wuchshöhe und der Mulchdeckungsgrad ausgewertet.



Abbildung 29: Ermittlung des Unkrautdrucks

Abbildung 30: Ermittlung des Mulchdeckungsgrades

Abbildung 31: Vergleich des Wurzelwachstums

Der Unkrautdruck wurde mittels eines Zählrahmens ermittelt.

Für die Ermittlung des Mulchdeckungsgrads wurden Vergleichskarten herangezogen. Hier sind die verschiedenen Pflanzenentwicklungen der Varianten Pflug (links), Direktsaat (Mitte) und Mulchsaat (Rechts) dargestellt, wobei bei der Pflugvariante ein kurzer, dicker Wuchs und bei der Direktsaat ein hoher, schmaler Wuchs erkennbar ist. Dies lässt sich möglicherweise auf den Unkrautdruck mit dem resultierenden Kampf um das Licht begründen.

Außerdem ist bei der Pflugvariante ein größeres Wurzelwachstum erkennbar, was wahrscheinlich auf den lockeren, gut durchlüfteten Boden zurückzuführen ist.

Bonitur 2

Datum: 03.07.2023									
P. Nr.	Variante	BBCH	Pfl./m ²	Wh. in cm	Hülsen/Pfl.	Unkräuter	Krankheiten/Schädlinge	Bemerkungen	
1	Pflug	77	37	136	14	teilweise Fenchel	Rost, BLR-Virus, etwas Blattrandkäferfraß, Schokoladenfleckenkrankheit	ganz wenig Unkraut	
2	Mulchsaat	77	34	117	9	Ackerkratzdistel, Raygras, etwas Dinkel	Rost, BLR-Virus, etwas Blattrandkäferfraß, Schokoladenfleckenkrankheit	twas mehr Unkraut als bei Parzelle	
3	Direktsaat	77	31	101	6	viel Dinkel, Klee, Raygras, stellenweise viel Ackerkratzdistel, Wicke	Rost, BLR-Virus, etwas Blattrandkäferfraß, Schokoladenfleckenkrankheit	Hacken war nicht möglich aufgrund von zu hartem Boden und zu viel Pflanzenmasse, wenig Krankheiten,	
4	Mulchsaat	77	35	115	13	Raygras, Ackerkratzdistel	Rost, BLR-Virus, etwas Blattrandkäferfraß, Schokoladenfleckenkrankheit	wenig Unkraut	
5	Direktsaat	77	24	118	8	Klee, viel Ackerkratzdistel, viel Raygras, viel Dinkel	Rost, BLR-Virus, etwas Blattrandkäferfraß, Schokoladenfleckenkrankheit	Hacken war nicht möglich aufgrund von zu hartem Boden und zu viel Pflanzenmasse,	
6	Pflug	77	36	123	14	wenig Unkraut	Rost, BLR-Virus, etwas Blattrandkäferfraß, Schokoladenfleckenkrankheit	ganz wenig Unkraut	

Tabelle 18: Ergebnisse der zweiten Bonitur

Zum Zeitpunkt der zweiten Bonitur waren bereits Hülsen vorhanden wodurch mittels der Hülsen je Pflanze und Pflanzen pro Quadratmeter ein theoretischer Ertrag ausgerechnet werden könnte, falls die Ernte durch externe Einflüsse ausfällt.

P. Nr.	Pfl./m ²					Wuchshöhe in cm					Hülsen/Pflanze				
	M1	M2	M3	M4	∅	M1	M2	M3	M4	∅	M1	M2	M3	M4	∅
1	37	41	34	35	37	150	122	134	138	136	17	12	17	11	14
2	32	31	37	35	34	120	105	118	124	117	9	10	9	7	9
3	34	30	30	29	31	108	94	100	102	101	11	4	3	7	6
4	31	36	33	40	35	111	112	122	114	115	10	9	19	13	13
5	24	31	18	23	24	130	134	115	94	118	10	11	6	5	8
6	35	37	33	37	36	120	129	109	134	123	20	16	10	8	14

Tabelle 19: Messergebnisse der zweiten Bonitur

Bei der zweiten Bonitur wurde zudem ein Treffen mit dem zuständigen Jagdschutzorgan Stefan Auinger vereinbart, da in der Direktsaat Wildschäden vorhanden waren.

Die Expertise des Jägers fiel auf die Tierart Wildschwein, da die Schadbilder typisch waren, mehrere Losungen gefunden wurden und in der vorherigen Woche in der Umgebung ein Wildschwein erlegt wurde.

Das Schadbild war nur in der Direktsaat zu finden dies begründete Stefan Auinger mit dem starken Vorkommen des Dinkels in der Direktsaat. Die Ackerbohnen selbst werden von Wildschweinen verschmät.



Abbildung 32: Wildschaden in Direktsaatparzelle

Außerdem wurde der Boden hinsichtlich Bodengare und Feuchtigkeit verglichen. Das Ergebnis war, dass der gepflügte Boden trocken war, während der Boden bei der Direktsaat vergleichsweise feucht und krümelig war.



Abbildung 33: Vergleich der Bodenstruktur bei der zweiten Bonitur

Bonitur 3

Datum: 31.07.2023					
P. Nr.	Variante	BBCH	Unkräuter	Krankheiten/Schädlinge	Bemerkungen
1	Pflug	89	Fenchel v.a. im Hackfenster, Ackerkratzdistel	siehe Bonitur 2	Boden feucht weil am Vortag 11mm Niederschlag (allgemein)
2	Mulchsaat	89	Ackerkratzdistel, Raygras, Kamille, Weißer Gänsefuß	siehe Bonitur 2	Boden feucht weil am Vortag 11mm Niederschlag (allgemein)
3	Direktsaat	88	viel Dinkel, viel Raygras, Klee, Fenchel, Distel	siehe Bonitur 2	Boden feucht weil am Vortag 11mm Niederschlag (allgemein)
4	Mulchsaat	89	Amaranth, Weißer Gänsefuß, Raygras, Kamille,	siehe Bonitur 2	Boden feucht weil am Vortag 11mm Niederschlag (allgemein) vereinzelt springen die Hülsen schon auf
5	Direktsaat	88	viel Dinkel, viel Ackerkratzdistel, Kamille, Beinwell, Amaranth, Raygras, Breitwegerich	siehe Bonitur 2	Boden feucht weil am Vortag 11mm Niederschlag (allgemein)
6	Pflug	88	Ackerkratzdistel, etwas Fenchel, Beinwell	siehe Bonitur 2	Boden feucht weil am Vortag 11mm Niederschlag (allgemein)

Tabelle 20: Ergebnisse der dritten Bonitur

Auch bei der dritten Bonitur wurde der Boden verglichen. Der Boden in der Pflugvariante hat sich abgesetzt, wodurch er fest war, wobei die Direktsaatvariante durch die gute Durchwurzelung eine gute Bodengare bot. Die Mulchsaatvariante stellte eine Mischung aus diesen Zuständen dar.



Abbildung 34: Vergleich der Bodenstruktur bei der dritten Bonitur

6 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die im Versuch ermittelten Unterschiede sind vielfältig.

Die Pflugvariante stellt eine altbewährte Methode zur Bodenbearbeitung da und diese Methode hat sich auch im Versuch hinsichtlich Körnerertrag bewährt. Gleichzeitig ist der große Arbeitszeitbedarf zu beachten und der Dieserverbrauch war ebenfalls der Höchste im Vergleich. Aus pflanzenbaulicher Sicht lässt sich sagen das die Pflugvariante zwar hierbei gut funktioniert hat, allerdings, vor allem bei der Ackerbohne, die austrocknende Wirkung auf den Boden durch den Pflug zu beachten ist. Mit hohen jährlichen Niederschlägen ist pflügen durchaus sinnvoll in Trockengebieten ist die Wahrscheinlichkeit für Ernteauffälle allerdings höher als bei den anderen Varianten.

Die Mulchsaat hat sich in Oberösterreich in den letzten Jahrzehnten stark verbreitet, dies ist auch mit den Ergebnissen dieser Diplomarbeit nachvollziehbar. Zwar brachte der Grubber einen geringeren Korntrug als der Pflug, dafür ist die Einmischung der organischen Masse in den Boden um einiges besser, wodurch die Humifizierung und Mineralisierung erleichtert wird. Außerdem war der Boden feuchter als bei der Pflugvariante.

Die Direktsaat ist die extensivste Form des Ackerbaus, dies hat sich im Arbeitszeitbedarf und im Dieserverbrauch erkennbar gemacht. Ein weiterer positiver Aspekt ist die geringe Anzahl an Überfahrten, wodurch kaum Schadverdichtungen entstehen. Zudem ist die Tragfähigkeit des Bodens deutlich besser und gleichzeitig ist die Erosionsgefahr geringer. Im Versuch zeigte sich die gute Bodengare und das gute Wasserspeicherverhalten des Bodens. Trotz dieser vielen Benefitpunkte ist die Direktsaat in der Form wie sie im Versuch genutzt wurde kaum praxistauglich da der Unkrautdruck auf Dauer zu hoch und somit der Ertrag zu gering wird.

Seitens der Wirtschaftlichkeit war die Pflugvariante, obwohl die variablen Kosten am höchsten waren, am besten. Allerdings gilt der Grenzertrag zum positiven Deckungsbeitrag ebenfalls zu beachten, welcher die Erntemenge in Tonnen beschreibt bei dem die variablen Kosten gedeckt sind. Dieser war mit 1,29 t/ha bei der Direktsaat am geringsten.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass jeder Betrieb selbst wählen muss, für welche Variante er sich entscheidet. Diese Diplomarbeit bietet eine Übersicht nach welchen Parametern man die Entscheidung treffen kann und zeigt durch den Versuch, wie die Varianten in der Praxis auf einem biologisch wirtschaftenden Betrieb funktionieren.

Falls sich zukünftige Diplomarbeiten ebenfalls mit ähnlichen Themen beschäftigen, möchten die Verfasser dieser Diplomarbeit einen Direktsaatversuch in der konventionellen Landwirtschaft empfehlen, da durch synthetische Spritzmittel der Unkrautdruck leichter kontrolliert werden kann. Zudem ist ein Versuch über die das Anbauverfahren mittels Streifenfrästechnik spannend und nicht weniger zukunftsrelevant hinsichtlich der Wassereinsparung und dem Erosionsschutz.

7 Literaturverzeichnis

- AGES. (2023). *Beschreibende Sortenliste*. Abgerufen am 23.11.2023 von <https://bsl.baes.gv.at/kulturen/mittel-und-grosssamige-leguminosen#c7121>.
- Amazone. (2022a). Kombination aus Nachlaufwalze und Striegel. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://amazone.de/de-de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/bodenbearbeitung/grubber/kombinationen-aus-nachlaufwalze-und-striegel-1291974>
- Amazone. (2022b). Quick+Safe-System | Zinken. Abgerufen am 13.03.2024 von <https://amazone.net/de/produkte-digitale-loesungen/landtechnik/bodenbearbeitung/kreiseleggen-kreiselgrubber/18920-18920>.
- Amazone. (2023). Kreiselegge KE 02 Rotamix. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://amazone.de/de-de/agritechnica/agritechnica-2024-innovationen/neuheiten-details/kreiselegge-ke-02-rotamix-997920>.
- Baatz, A. (2022) Bericht zum ÖKL-Praxisseminar Trends in der Bodenbearbeitung. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://oekl.at/wp-content/uploads/2022/04/Bericht-Trends-in-der-Bodenbearbeitung.pdf>.
- BAES, AGES. (2023). Abgerufen am 29.11.2023 von <https://bsl.baes.gv.at/kulturen/mittel-und-grosssamige-leguminosen>.
- Bauernhof.net. (2018). So funktioniert ein Grubber. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.bauernhof.net/so-funktioniert-ein-grubber/>.
- Berger, L. (2019). Bodenkunde. In: Arge Pflanzenbau 1. Grundlagen. Hrsg. von Leopold Berger/Engelbert Huber/et al. Graz: Leopold Stocker Verlag. S. 112-117.
- Berger, I. L., & Huber, I. E. (2021). *ARGE Pflanzenbau 2. Acker - Grünland*. Graz: Leopold Stocker Verlag. S. 217-230.
- BFW (2023). „eBOD“ Digitale Bodenkarte. Abgerufen am 14.01.2024 von <https://bodenkarte.at/#/center/14.43181,48.23369/zoom/17.6>.
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. (2023a). Warum die einen pflügen und die anderen nicht. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-arbeiten-foerster-und-pflanzenbauer/warum-die-einen-pfluegen-und-die-anderen-nicht#:~:text=Ein%20Pflug%20ist%20ein%20Arbeitsger%C3%A4t,blanke%20Erde%20zu%20sehen%20ist>.

- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft. (2023b). Welche Ackergeräte benötigt man zur Bodenbearbeitung?. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.landwirtschaft.de/landwirtschaft-verstehen/wie-funktioniert-landwirtschaft-heute/welche-ackergeraete-benoetigt-man-zur-bodenbearbeitung>.
- Burri, J. (2020). Saatbettbereitung: fein aber nicht zu fein. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.ufarevue.ch/landtechnik/bodenbearbeitung-mit-der-kreiselegge>.
- BML. (2022). *Grüner Bericht*. Abgerufen am 29.11.2023 von https://info.bml.gv.at/dam/jcr:fea87e80-84d2-4ae6-88b5-7ef78dac4118/gruener_bericht_2022.pdf.
- BML. (o.d.). 10. Februar - Internationaler Tag der Hülsenfrüchte. Abgerufen am 15.01.2024 von <https://info.bml.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/pflanzliche-produktion/eiwei%C3%9Fpflanzen.html>.
- Bruckner, A., Schulz, H., & Watzka, A. (2024). *Anbau von Körnerleguminosen*. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.nutrinet.agrarpraxisforschung.de/naehrstoffmanagement/n-versorgung-verbessern/anbau-von-koernerleguminosen>.
- Büning-Fesel, D. M. (2022). *Ackerbohnen erfolgreich anbauen*. Abgerufen am 29.11.2023 von <https://www.oekolandbau.de/forschung/boel-forschungsergebnisse/forschungsergebnisse-im-bereich-pflanzenbau/ackerbohnen-erfolgreich-anbauen/>.
- Culiuc, N. (2021). Direktsaat: Das sind die Vor- und Nachteile. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/direktsaat-nachteile-442925>.
- Doblmaier, P. (2022). *Bio-Sommerackerbohne*. Abgerufen am 26.01.2024 von <https://ooe.lko.at/bio-sommerackerbohne+2400+3413409>.
- DORIS (2024a). Karte. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://wo.doris.at/weboffice/synserver?project=weboffice&client=core&user=guest&view=dkm>.
- DORIS (2024b). CLAIRISA Klimareport. Abgerufen am 19.02.2024 von <https://doris.ooe.gv.at/themen/umwelt/Klimareport.aspx?xcoord=81649.918508170sdf26&ycoord=344592.74193548196>.

- Faber, F. (2021). *ARGE Gentechnik-frei*. Abgerufen am 19.02.2024 von <https://gentechnikfrei.at/oesterreich-will-soja-importe-bis-2030-um-die-haelfte-reduzieren/>.
- Feldt, T. (2023). Direktsaat – die Königsdisziplin des Pflanzenbaus. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.domaene-oppenheim.de/Internet/global/themen.nsf/7c7312e7401a695bc12571250029f3d2/02af783216ce7fd5c1258a130038f6a5?OpenDocument>.
- Fraundorfer, J. (o.d.). *BIO-Ackerbohne BIORO*. Abgerufen am 15.01.2024 von <https://www.saatzbau.com/saatgut/proteinpflanzen/ackerbohne/bioro-bio/>
- Geisler, G. (1991). *Farbatlas Landwirtschaftliche Kulturpflanzen*. Hrsg. von. Gerhard Geisler. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co. S. 87-89
- Jacob, I., & Vogt-Kaute, W. (o. d.). *Leguminosenmüdigkeit*. Abgerufen am 14.01.2024 von <https://www.legunet.de/anbau/ackerbohne/krankheiten/leguminosenmuedigkeit>.
- KBD Sachsen. (2022). Konservierende Bodenbearbeitung. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.kbd-sachsen.de/information/konservierende-bodenbearbeitung/>.
- Kolbe, D. H. (2008). *Fruchtfolgegrundsätze im ökologischen Landbau*. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://docplayer.org/7728438-Fruchtfolgegrundsaeetze.html>.
- Kreysa, U., Körver, J., Vogelsang, A., & Ahrens, F. (2018). *Ökologischer Ackerbohnenanbau*. Abgerufen am 26.01.2024 von <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/oekologischer-pflanzenbau/spezieller-pflanzenbau/ackerbau/koernerleguminosen/ackerbohnen/>.
- Landwirtschaftskammer. (2023). Klimadaten für Station Enns. Abgerufen am 15.01.2024 von <https://schorf.obstwarndienst.lko.or.at/LK/KlimadatenDiagramm?vonTicks=638081280000000000&bisTicks=638395776000000000&stationenID=251>.
- LfL-Bayern. (2013). *Ackerbohne heimischer Eiweiß- und Stärkelieferant*. Abgerufen am 29.11.2023 von <https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/ackerbohnen.pdf>.
- Mack, R., Quendt, U., Vogt-Kaute, W., & Ohlwärter, A. (2023). *Winterackerbohne Unterschiede gegenüber Sommerackerbohne*. Abgerufen am 26.01.2024

- von <https://www.legunet.de/anbau/ackerbohne/typen-und-sorten/winterackerbohne>.
- May, M. (2016). *Nahrungsmittel, Viehfutter und Eiweißlieferant*. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.iva.de/iva-magazin/umwelt-verbraucher/die-ackerbohne-bekannt-und-auch-verkannt>.
- Meiners, H. (2015). Maschinen, Geräte und Anlagen der Landmaschinentechnik. In: Land- und Baumaschinentechnik. Hrsg. von Hermann Meiners/Stefan Dietsche/et al. Hamburg: Handwerk und Technik GmbH. S. 378-388.
- Mumme, M. (2018). Klutenacker. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.agrarheute.com/traction/tests-technik/klutenknacker-543250>.
- Mumme, M. (2019). Es geht auch ohne Glyphosat, aber Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.agrarheute.com/traction/tests-technik/direktsaat-hat-zukunft-558242>.
- OEAIP. (2016). *Leitlinie für den integrierten Feldbau*. Abgerufen am 15.01.2024 von http://www.oeaip.at/fileadmin/user_upload/PDF_Dateien/Pflanzenschutz_allg/Leitlinien_fuer_den_integrierten_Feldbau.pdf.
- Redaktion agrarheute. (2016a). 9 Fakten zur Mulchsaat. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.agrarheute.com/management/finanzen/9-fakten-mulchsaat-444011#:~:text=Der%20Begriff%20%22Mulchsaat%22%20an%20sich,5%20bis%2025%20cm%20stattfinden>.
- Redaktion agrarheute. (2016b). Pfluglose Bodenbearbeitung: Pro und contra. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/pfluglose-bodenbearbeitung-pro-contra-513975>.
- Roth, P. (2022). *Tipps für den Anbau von Ackerbohnen und Körnererbsen*. Abgerufen am 19.02.2024 von <https://lh.hessen.de/pflanze/marktfruchtbau/leguminosen/anbau-produktionstechnik/tipps-fuer-den-anbau-von-ackerbohnen-und-koernererbsen/>.
- Schmidt, H., & Langanky, L. (2021). *Ackerbohnen Anbau in der Praxis*. Abgerufen am 26.01.2024 von https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Projektoerderung/Eiweisspflanzenstrategie/Ackerbohnen-Anbau-Broschuere-SOEL.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

- Schreiner, W. (1988). *Landwirtschaftliche Nutzpflanzen in Wort und Bild*. Hrsg. von Walter Schreiner; Alfred Obst. Frankfurt (Main): DLG-Verlag. S.62-65
- Süß, H. (2017). Stahl statt Chemie: So bekämpfen Bodenbearbeitungsgeräte das Unkraut. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/stahl-statt-chemie-so-bekaempfen-bodenbearbeitungsgeraete-unkraut-533731>.
- Süss, S. (2023). Direktsaat: Weniger ist oft mehr. Abgerufen am 01.02.2024 von <https://www.bauernzeitung.de/agrarpraxis/landtechnik/direktsaat-weniger-ist-oft-mehr/>.
- Weber, & Bleiholder. (1990). Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. Abgerufen am 15.01.2024 von https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00010429/BBCH-Skala_de.pdf.
- Winter, R. (o. d.). *Ackerbohne - Düngung*. Abgerufen am 26.01.2024 von <https://www.lfl.bayern.de/ipz/oelfruechte/068581/index.php>.
- Wochenblatt-Redaktion. (2021). Technik: Wie arbeitet ein Pflug?. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.wochenblatt.com/wie-arbeitet-ein-pflug-12475030.html>.

8 Arbeitsplan

Datum	Arbeit	Stundenaufwand		
		Englmair Niklas	Traunmüller Leo	Summe
01.12.2022	Themenfindung	2,0 h	2,0 h	4,0 h
10.01.2023	Erstellen eines Plakates mit dem Thema	3,0 h	3,0 h	6,0 h
13.01.2023	Präsentation des Themas im Festsaal und Zuteilung des Betreuungstelehrers	2,0 h	2,0 h	4,0 h
20.01.2023	Recherche zum Thema Anbauvarianten von Ackerbohnen	4,0 h	4,0 h	8,0 h
09.02.2023	Kontaktaufnahme und Vorbereitung mit Frau DI Gerstl	2,0 h	2,0 h	4,0 h
27.02.2023	Kontaktaufnahme und Gespräch mit Herrn Ing. EBl	1,0 h	1,0 h	2,0 h
02.03.2023	Detaillierte Planung der Versuchsfächen	3,0 h	3,0 h	6,0 h
07.03.2023	Flächenbeschau und grobe Ausmessung der Versuchsfäche	3,0 h	3,0 h	6,0 h
10.03.2023	Abklären des Saatgutsponsorings mit Herrn Ing. EBl	0,5 h	1,0 h	1,5 h
21.03.2023	Versuchsanlage; Bodenbearbeitung und Aussaat	8,0 h	8,0 h	16,0 h
31.03.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
08.04.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
16.04.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
22.04.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
29.04.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
05.05.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
12.05.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
21.05.2023	Erster Hackdurchgang in Mulchsaat und Pflug		6,0 h	6,0 h
23.05.2023	Bonitur mit Frau DI Gerstl	3,5 h	3,0 h	6,5 h
30.05.2023	Zweiter Hackdurchgang in Mulchsaat und Pflug		3,0 h	3,0 h
09.06.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
25.06.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
03.07.2023	Zweite gemeinsame Bonitur	2,5 h	2,0 h	4,5 h
04.07.2023	Eintragung der DA in die DA-Datenbank	2,0 h	1,0 h	3,0 h
15.07.2023	Beschau des Versuches durch Leo Traunmüller		1,0 h	1,0 h
31.07.2023	Dritte gemeinsame Bonitur	2,5 h	2,0 h	4,5 h
15.08.2023	Dreschen und Auswerten des Versuches	12,0 h	12,0 h	24,0 h
17.08.2023	Messung von Proben der verschiedenen Parzellen im Lagerhaus		2,0 h	2,0 h
21.08.2023	Entnahme von Bodenproben		2,0 h	2,0 h
11.09.2023	Zusammenfassung der Versuchs- und Boniturergebnisse in Excel-Datei	5,0 h		5,0 h
12.09.2023	Arbeiten am Literaturteil	2,0 h	2,0 h	4,0 h
10.10.2023	Fotografieren der Fläche um Ausfall festzuhalten		0,5 h	0,5 h
23.11.2023	Arbeiten am Literaturteil		5,0 h	5,0 h
29.11.2023	Arbeiten am Literaturteil		6,0 h	6,0 h
14.01.2024	Arbeiten am Literaturteil		6,5 h	6,5 h
15.01.2024	Arbeiten am Literaturteil		4,5 h	4,5 h
26.01.2024	Arbeiten am Literaturteil	5,0 h	4,0 h	9,0 h
27.01.2024	Arbeiten am Literaturteil	5,0 h		5,0 h
30.01.2024	Arbeiten am Literaturteil	4,0 h		4,0 h
31.01.2024	Arbeiten am Literaturteil	12,0 h		12,0 h
01.02.2024	Arbeiten am Literaturteil	10,0 h	6,0 h	16,0 h
02.02.2024	Arbeiten am Literaturteil	10,0 h		10,0 h
15.02.2024	Besprechung mit Herrn Rogl	1,0 h	1,0 h	2,0 h
19.02.2024	Arbeiten am Literaturteil		6,0 h	6,0 h
20.02.2024	Arbeiten am Material und Methode-teil		2,5 h	2,5 h
29.02.2024	Arbeiten am Material und Methode-teil		6,0 h	6,0 h
03.03.2024	Überarbeiten des Literaturteils	5,0 h	4,0 h	9,0 h
05.03.2024	Arbeiten am Material und Methode-teil		6,0 h	6,0 h
10.03.2024	Arbeiten am Ergebnisteil	3,0 h	3,0 h	6,0 h
11.03.2024	Arbeiten am Material und Methode-teil		4,0 h	4,0 h
12.03.2024	Arbeiten am Ergebnisteil, Layout und Formatierungen	7,0 h		7,0 h
13.03.2024	Erstellen des Arbeitsplans und Arbeiten am Ergebnisteil	5,0 h		5,0 h
16.03.2024	Arbeiten am Ergebnisteil	8,0 h		8,0 h
19.03.2024	Arbeiten am Material und Methode-teil		5,0 h	5,0 h
20.03.2024	Arbeiten am Ergebnisteil, Layout und Formatierungen, Schlussfolgerung	4,0 h	9,0 h	13,0 h
21.03.2024	Arbeiten an Layout und Formatierung, Zusammenfassung und Abstract	10,0 h	5,0 h	15,0 h
25.03.2024	Überarbeiten der Diplomarbeit	4,0 h	4,0 h	8,0 h
26.03.2024	Druckauftrag	2,0 h	1,5 h	3,5 h
30.03.2024	Hochladen der Diplomarbeit	1,0 h	0,5 h	1,5 h
	Summe Stundenaufwand	154,0 h	164,0 h	318,0 h