Projektbericht

Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz

auf der Stoppel

Vergabeprojekt des Thüringer Landesamtes für Landwirtschaft und ländlichen Raum (TLLLR) 2018/2019

Auftragnehmer: U.A.S. Umwelt- und Agrarstudien GmbH

Das Projekt konzentrierte sich auf die mechanische Bekämpfung von Ausfallraps in der Stoppel als Alternative zum Glyphosateinsatz

Es bestand aus drei Teilvorhaben:

1.1 Durchführung eines Maschinenvergleichs und Feldtagdemonstration in 2018 und 2019
1.2 Testung eines modifizierten Seriengerätes (Striegel)
1.3 Betreuung von Versuchsflächen in der Praxis

Aktualisiert am 08.03.2021: Siehe Nachtrag Seite 2

Nachtrag zum Projektbericht Teilvorhaben 1.1. Buttelstedt 2018

Bei den Wirkungsgraden der Maschinen wurden im Projektbericht 2018 die Wirkungsgrade bezogen auf den benachbarten unbehandelten Kontrollstreifen dargestellt (Tab. 5, Seite 20).

In späteren Veröffentlichungen wurden i.d.R. die Wirkungsgrade bezogen auf den Ausgangsbestand auf dem Streifen abgebildet (Vergleich siehe Nachtrag-Tabelle 5).

Nachtrag-Tabelle 5: Wirkungsgrade auf Ausfallraps der Glyphosatbehandlung im Vergleich zu den geprüften Arbeitsmaschinen im Mulch- und Stoppelbereich

Variante	Bearbeitungsstreifen	Wirkunggrad im Vergleich zum benachbarten unbehandelten Kontrollstreifen		Wirkungsgrad bezogen auf den Ausgangsbestand auf dem Streifen	
		Stoppelvariante	Mulchvariante	Stoppelvariante	Mulchvariante
PG 1	Glyphosatbehandlung	100	100	100	100
PG 2	Horsch Joker RT	97	96	87	90
PG 3	Bednar Swifterdisk XO_F	91	95	75	85
PG 4	Väderstad Swift	100	100	99	100
PG 5	Köckerling Vario	96	99	92	97
PG 6	Treffler TG	100	100	99	100
PG 7	Amazone Catros+	99	99	95	98
PG 8	Lemken Heliodor 9	96	98	78	90
PG 9	Kerner Stratos SA	99	99	98	98
PG 10	Väderstad Carrier CrossCutter Disc	76	87	60	75
PG 11	Horsch Cruiser XL	98	98	95	95
PG 12	Heko Ringschneider	99	99	99	98

Projektbericht

Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz –

Durchführung eines Maschinenvergleichs / Feldtagdemonstration

Buttelstedt 2018 (Teilvorhaben 1.1)

Auftraggeber:	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
	Naumburger Straße 98
	D - 07743 JENA
Auftragnehmer:	U.A.S. Umwelt- und Agrarstudien GmbH
	Ilmstraße 6
	D - 07743 JENA
Bearbeiter:	Sebastian Höde, Dr. Jörg Perner
Datum:	15.12. 2018
Unterschrift:	.....

Dr. habil. Jörg Perner
Geschäftsführer der U.A.S. GmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Zielstellung 1
2 Durchführung des Maschinenvergleichs 1
2.1 Standortbeschreibung 1
2.2 Aufbau der Versuchsanlage 1
2.3 Ausgangssituation 2
2.4 Versuchsablauf 4
2.5 Vorstellung der eingesetzten Arbeitsmaschinen 5
2.5.1 Detaillierte Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern 5
2.5.2 Kurzvorstellung der Bodenbearbeitungsgeräte 6
2.5.2.1 PG 2: Horsch Joker RC 6
2.5.2.2 PG 3: Bednar Swifterdisc XO_F 7
2.5.2.3 PG 4: Väderstad Swift 8
2.5.2.4 PG 5: Köckerling Vario 9
2.5.2.5 PG 6: Treffler TG 10
2.5.2.6 PG 7: Amazone Catros+ 2TX 11
2.5.2.7 PG 8: Lemken Heliodor 9 12
2.5.2.8 PG 9: Kerner Stratos SA 13
2.5.2.9 PG 10: Väderstad Carrier CrossCutter Disc 14
2.5.2.10 PG 11: Horsch Cruiser XL 15
2.5.2.11 PG 12: Heko Ringschneider 16
2.6 Methodik 17
3 Ergebnisse 18
3.1 Vergleich der organischen Substanzauflage 18
3.2 Vergleich der Wirkungsgrade 20
3.3 Auswertung der Drohnenbefliegung 21
3.4 Beurteilung der Bearbeitungsprofile 23
3.4.1 Arbeitstiefe 23
3.4.2 Arbeitsqualität 23
3.4.2.1 PG 2: Horsch Joker RT 24
3.4.2.2 PG 3: Bednar Swifterdisc XO_F 25
3.4.2.3 PG 4: Väderstadt Swift 26
3.4.2.4 PG 5: Köckerling Vario 27
3.4.2.5 PG 6: Treffler TG 28
3.4.2.6 PG 7: Amazone Catros+ 2TX 29
3.4.2.7 PG 8: Lemken Heliodor 9 30
3.4.2.8 PG 9: Kerner Stratos SA 31
3.4.2.9 PG 10: Väderstad Carrier 32
3.4.2.10 PG 11: Horsch Cruiser XL 33
3.4.2.11 PG 12: Heko Ringschneider 34
3.5 Darstellung der Boniturergebnisse aus dem Herbst 2018 35
4 Zusammenfassung 37

1 Zielstellung

Die anhaltende Diskussion zum umstrittenen Einsatz von Glyphosat sowie ein mögliches Verbot dieses Wirkstoffes in naher Zukunft machen es mehr als notwendig, nach Alternativverfahren zur Glyphosatanwendung zu suchen. Glyphosat wird in der konventionellen Landwirtschat in Deutschland hauptsächlich zur Stoppelbehandlung eingesetzt, weshalb dieser ackerbauliche Arbeitsbereich von einem Glyphosatverbot vorrangig betroffen wäre. Aus einer Umfrage der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) geht hervor, dass Landwirte am häufigsten Glyphosat zur Stoppelbehandlung nach der Vorfrucht Winterraps einsetzen. Gründe hierfür sind vermutlich die oftmals unzureichende mechanische Bekämpfungsleistung des Ausfallrapses mit den dafür in den Betrieben vorhandenen Bodenbearbeitungsgeräten. Damit sind zum Teil phytosanitäre Problem in der Fruchtfolge als auch Ertrags- und Qualitätseinbußen in der Folgekultur verbunden. Um die Möglichkeiten der mechanischen Unkrautbekämpfung auf der Stoppel als Alternative zum Glyphosateinatz zu demonstrieren, wurde im September 2018 ein Feldtag durchgeführt, auf dem Potenziale und Grenzen von unterschiedlichen Bodenbearbeitungsgeräten bei der mechanischen Ausfallrapsbekämfung gegenübergestellt wurden.

2 Durchführung des Maschinenvergleichs

2.1 Standortbeschreibung

Der Feldtag mit dem Maschinenvergleich fand am Standort der Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut GmbH in Buttelstedt statt (ca. 220 m Höhe über NN). Der Boden der Versuchsfläche entspricht überwiegend dem Typ des Tschernosems der Mitteldeutschen Trockengebiete aus Löss mit einer Ackerzahl von 43 – 70. Die Bodenart ist gekennzeichnet durch einen sandigen Lehm (sL) und kann damit der Bodengruppe 4 zugeordnet werden. Die langjährige Niederschlagssumme beträgt 535mm, die langjährige Durchschnittstemperatur 9,0 °C.

2.2 Aufbau der Versuchsanlage

Im Rahmen einer einfach wiederholten Streifenanlage wurden neben einer (konventionellen) Variante mit Glyphosatbehandlung (Prüfglied 1, PG 1) 11 verschiedene Bodenbearbeitungsgeräten (PG 2 – 12) vergleichend geprüft. Jeder Streifen war 12 m breit und wurde in einem Winkel von ca. 30° zum Fahrspursystem angelegt. Die Bearbeitungsstreifen wurden in zwei Abschnitte unterteilt. In einem

ersten Abschnitt fand quer zur Bearbeitungsrichtung ein vorgelagerter Mulcheinsatz statt (Mulchvariante). Dieser diente zur Unterstützung der mechanischen Bekämpfungsleistung der nachfolgenden Bodenbearbeitung und stellt ein kombiniertes Verfahren aus Mulch- und Bodenbearbeitung dar. Der zweite Abschnitt wurde nur mit den Bodenbearbeitungsgeräten bearbeitet (Stoppelvariante). Zwischen den 12 Bearbeitungsstreifen verblieben jeweils unbearbeitete Kontrollstreifen um im Vergleich dazu die Wirkungsgrade der Behandlungsvarianten abschätzen zu können. Die gesamte Versuchsanlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

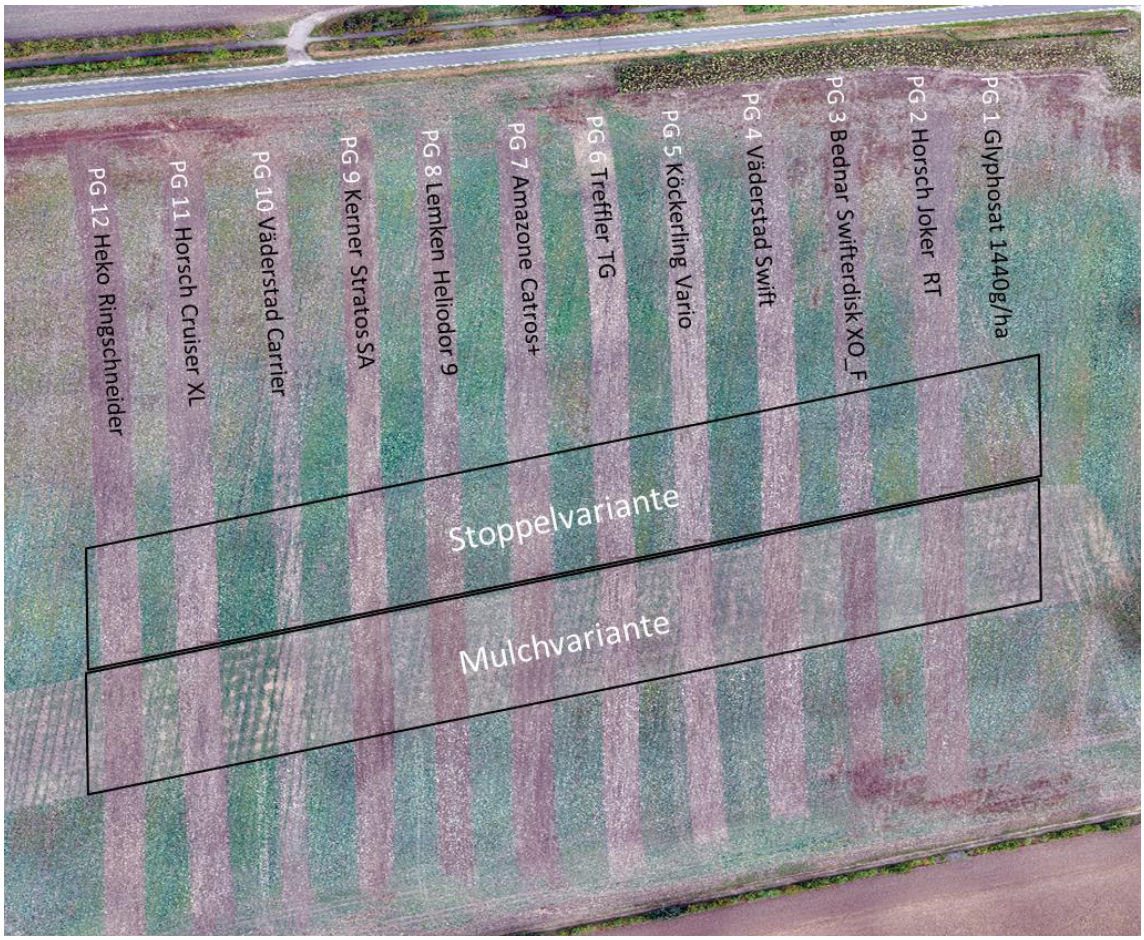


Abbildung 1: Versuchsaufbau der Maschinendemonstration in Buttelstedt

2.3 Ausgangssituation

Aufgrund der großräumigen Anlage des Versuchs ergaben die Bonituren zum Ausfallrapsbesatz (BRSNW) teilweise sehr heterogene Dichten von 196 bis 464 Pflanzen/m² (Tabelle 1). Der Ausfallrapsbestand befand sich größtenteils im Entwicklungsstadium BBCH 15 mit einer durchschnittlichen

Pflanzenhöhe von 15 cm. Zudem konnte ein heterogener Besatz mit Windenknöterich (POLCO), Vogelknöterich (POLAV) und Weißem Gänsefuß (CHEAL) festgestellt werden. Diese drei Unkräuter befanden sich vorrangig im Stadium der Fruchbildung bzw. Entwicklung (> BBCH 70). Aufgrund unterschiedlicher Schnitthöhen bei der Rapsernte waren auch die Rapsstängelhöhen sehr unterschiedlich (Tabelle 2). Weitere Heterogenitäten sind durch die unterschiedlichen Anteile an vertieften Fahrgassen und Beerntungsfahrspuren in den einzelnen diagonalen Bearbeitungsstreifen im Bereich der Versuchsanlage entstanden. Ausfallrapspflanzen, welche sich in diesen Bereichen befanden, wurden durch die mechanische Bearbeitung schlechter erfasst.

Alle nachfolgenden Ergebnisse sollten daher unter Berücksichtigung dieser Ausgangssituation interpretiert werden.

Tabelle 1: Mittlere Anzahl von Unkräutern und Ausfallraps (BRSNW) pro m² in den Bearbeitungsstreifen

Variante	Bearbeitungsstreifen	Deckung Kultur	Deckung Unkräuter	BRSNW	POLCO	POLAV	CHEAL	Summe Unkräuter/m²
PG 1	Glyphosatvariante (1440 g/ha)	0	60	254	2	2	0	258
PG 2/3	Horsch Joker RT/ Bednar Swifterdisc XO_F	0	60	260	8	2	1	271
PG 4/5	Väderstad Swift/ Köckerling Vario	0	50	196	4	3	0	203
PG 6/7	Treffler TG/ Amazone Catros+	0	70	380	11	1	1	393
PG 8/9	Lemken Heliodor 9/ Kerner Stratos SA	0	80	464	5	2	2	473
PG 10/11	Väderstad Carrier/ Horsch Cruiser XL	0	80	452	10	0	3	465
PG 12	Heko Ringschneider	0	50	203	13	1	1	218
Mittelwert		0	64	316	8	2	1	327
%-Anteile der Unkräuter in den Kontrollen an der Gesamtdeckung				61,9	1,5	0,3	0,3	

Tabelle 2: Ermittelte Stoppelhöhen in den jeweiligen Varianten

Variante	Bearbeitungsstreifen	Rapsstängelhöhe [cm]
PG 2	Horsch Joker RT	30 – 40
PG 3	Bednar Swifterdisc XO_F	25 – 50
PG 4	Väderstad Swift	25 – 55
PG 5	Köckerling Vario	45 – 60
PG 6	Treffler TG	45 – 60
PG 7	Amazone Catros+	45 – 55
PG 8	Lemken Heliodor 9	45 – 50
PG 9	Kerner Stratos SA	55 – 70
PG 10	Väderstad Carrier CrossCutter Disc	45 – 60
PG 11	Horsch Cruiser XL	60 – 70
PG 12	Heko Ringschneider	40 – 70
Mittelwert		**50**

2.4 Versuchsablauf

Die Ernte des Rapsschlags erfolgte am 17.07.18. Aufgrund der extremen Trockenheit entfiel der betriebsüblich zur Anregung der Keimung durchgeführte Stoppelsturz. Die bonitierte Rapspflanzendichte (BRSNW) vom 24.08.18 lag daher teilweise deutlich unter den üblichen Auflaufraten des Ausfallrapses (vgl. Tab. 1). Anschließend wurde in der Mulchvariante mittels eines Schlegelmulchers der Rapsbestand auf 4 – 7cm Höhe reduziert. Vom 28.08. bis zum 05.09.18 erfolgte durch die Maschinenvertreter die Bearbeitung der zugewiesenen Streifen. Das Arbeitsergebnis (Bekämpfungsleistung, organische Substanzauflage, Bearbeitungsprofil) wurde anschließend am 07.09.18 ermittelt. Die Glyphosatbehandlung im PG 1 fand am 29.08.18 statt. Zusätzlich zu den Bonituren wurde am 07.09.18 eine Drohnenbefliegung mit RGB-Kamera durchgeführt, wodurch die Ableitung verschiedener Vegetations-Indizes zur Beurteilung der Bearbeitungseffekte ermöglicht wurde. Die Bearbeitungsstreifen blieben anschließend bis zur Aussaat des Winterweizens (20.09.18) mittels Direksaatverfahren unbearbeitet. Die Versuchsanlage wurde nachfolgend wieder aufgebaut und der Unkrautbesatz erneut erfasst.

2.5 Vorstellung der eingesetzten Arbeitsmaschinen

2.5.1 Detaillierte Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern

Tabelle 3: Übersicht zu den eingesetzten Maschinen

PG	Modell	Typ	Strichabstand	Werkzeug	Reihen	Einebnung	Walze	Vorläufer	Nachläufer	Maschinen-einsatz
2	Horsch Joker RT	Kurzscheibenegge	12,5 cm (17°)	gezackte Hohlscheibe 520 mm	2	-	Doppel RollPack 550 mm	Messer-walze	-	29. Aug
3	Bednar Swifterdisk XO_F	Kurzscheibenegge	12,5 cm (16,5°)	gewellte Hohlscheibe 520 mm	2	-	V-Ringwalze 630 mm	-	-	31. Aug
4	Väderstad Swift	Feingrubber	19,3 cm	Gänsefußschar 24 cm	4	Sternverteiler	-	-	Striegel	28. Aug
5	Köckerling Vario	Exaktgrubber	13,0 cm	Gänsefußschar 18 cm	8	Blattfeder-nivilatoren	STS-Walze 530 mm	-	Striegel	28. Aug
6	Treffler TG	Präzisionsgrubber	17,7 cm	Gänsefußschar 26 cm	4	Zustreicher	Doppelringpackerwalze 600 mm	-	Striegel	29. Aug
7	Amazone Catros+ 2TX	Kurzscheibenegge	12,5 cm (14°/17°)	gezackte Hohlscheibe 510 mm	2	-	Keilringwalze mit Matrixprofil 600 mm	-	-	30. Aug
8	Lemken Heliodor 9	Kurzscheibenegge	12,5 cm (16,5°)	gezackte Hohlscheibe 510 mm	2	-	Doppelprofilringwalze 540 mm	-	-	05. Sep
9	Kerner Stratos SA	Ultraflachgrubber	15,0 cm	Gänsefußschar 23 cm	4	Sternverteiler	Tandemwalze DSW 600 mm	Messer-walze	Striegel	05. Sep
10	Väderstad Carrier CrossCutter Disc	Kurzscheibenegge	12,5 cm (16°)	CrossCutter Disk 450 mm	2	-	Single SteelRunner 550 mm	-	-	29. Aug
11	Horsch Cruiser XL	Flachgrubber	15,0 cm	Schmalschare 5 cm	6	Hohlscheiben	Doppel RollPack 550 mm	-	-	29. Aug
12	Heko Ringschneider	Ringschneider	60,0 cm 28,0 cm	Flachschar 31,5 cm Ringschneider 850 mm	1 2	-	Federstegwalze 550 mm	Messer-walze	-	05. Sep

2.5.2 Kurzvorstellung der Bodenbearbeitungsgeräte

2.5.2.1 PG 2: Horsch Joker RC

Die Horsch Joker RC ist eine Kurzscheibenegge mit 12,5 cm Strichabstand (17° Anstellwinkel). Die zwei Segmentreihen sind mit 520 mm gezackten Hohlscheiben ausgestattet. Als Vorläufer dient eine Messerwalze, zur Rückverfestigung eine 550 mm Doppel RollPack Walze.

Abbildung 2: Horsch Joker RC

2.5.2.2 PG 3: Bednar Swifterdisc XO_F

Die in Variante 3 eingesetzte Kurzscheibenegge von Bednar war mit 520 mm gewellten Hohlscheiben mit einem Strichabstand von 12,5 cm bestückt (16,5° Anstellwinkel). Zur Rückverfestigung diente beim Einsatz am 31. August eine V-Ringwalze (Abbildung 3 zeigt ein abgeändertes Gerät zum Feldtag am 13.09.2018)

Abbildung 3: Bednar Swifterdisc XO_F

2.5.2.3 PG 4: Väderstad Swift

Der Väderstad Swift ist ein 4-balkiger Feingrubber mit 19,3 cm Strichabstand. Ausgestattet mit 24 cm Gänsefußscharen wird bei der Bodenbearbeitung eine 5 cm breite Überlappung erreicht. Zur Einebnung dienen Sternverteiler und Striegel.

Abbildung 4: Väderstad Swift

2.5.2.4 PG 5: Köckerling Vario

Der Köckerling Vario ist ein Exaktgrubber mit 8 Balken und 13 cm Strichabstand. Durch die montierten 18 cm Gänsefußschare erreicht der Vario eine ähnliche Überlappung wie der Väderstad Swift (5 cm). Die Einebnung der bearbeiteten Oberfläche übernehmen hier Blattfedernivilatoren. Zur Rückverfestigung kommt die Köckerling- typische STS-Walze in Kombination mit einem Striegelbalken zum Einsatz.

Abbildung 5: Köckerling Vario

2.5.2.5 PG 6: Treffler TG

Der Präzisionsgrubber TG der (noch etwas unbekannteren) Firma Treffler besitzt 4 Balken mit einem Strichabstand von 17,7 cm. Durch 26 cm Gänsefußschare erreicht er mit 8 cm die höchste Scharüberlappung aller eingesetzten Maschinen. Die Einebnung übernehmen Zustreicher, die Rückverfestigung erfolgt durch eine 600 mm Doppelringpackerwalze mit 3-balkigem Striegel.

Abbildung 6: Treffler TG

2.5.2.6 PG 7: Amazone Catros+ 2TX

Die Kurzscheibenegge Catros+ 2TX des Herstellers Amazone zeichnet sich durch 510 mm große gezackte Hohlscheiben aus, welche mit 12,5 cm Abstand und einem Anstellwinkel von 14° am ersten Balken und 17° am zweiten Balken montiert sind. Zur Rückverfestigung kam eine 600 mm Keilringwalze mit Matrixprofil zum Einsatz.

Abbildung 7: Amazone Catros+ 2TX *(Foto: Gössner TLL)*

2.5.2.7 PG 8: Lemken Heliodor 9

In Prüfglied 7 kam die Kurzscheibenegge Lemken Heliodor 9 zum Einsatz. Ähnlich wie die Amazone Catros+ 2TX ist die Heliodor 9 mit 510 mm gezackten Hohlscheiben (16,5° Anstellwinkel) ausgestattet. Zur Rückverfestigung besitzt die Heliodor 9 eine 540 mm Doppelprofilringwalze.

Abbildung 8: Lemken Heliodor 9 *(Foto: Gössner TLL)*

2.5.2.8 PG 9: Kerner Stratos SA

Die Kerner Stratos SA ist durch die meisten Arbeitswerkzeuge aller eingesetzten Maschinen charakterisiert. Dieser vom Hersteller bezeichnete Ultraflachgrubber besitzt 4 Balken, an denen 23 cm Gänsefußschare mit einem Strichabstand von 15 cm montiert waren. Mit 8 cm entspricht die Überlappung des Bearbeitungshorizontes dem des Treffler TG. Eine Messerwalze als Vorläufer, der Sternverteiler zur Einebnung sowie die 600 mm Tandemwalze DSW inklusive Striegelbalken sind die weiteren Arbeitswerkzeuge.

Abbildung 9: Kerner Stratos SA *(Foto: Gössner TLL)*

2.5.2.9 PG 10: Väderstad Carrier CrossCutter Disc

Das besondere an der Kurzscheibenegge Väderstad Carrier ist das Scheibensegment. Es handelt sich hierbei um die neu entwickelte CrossCutter Disc. Die besondere Form der Scheibe soll eine intensive Bearbeitung und Durchmischung bei möglichst flacher Arbeitstiefe realisieren. Die Scheiben sind im Abstand von 12,5 cm und 14° Anstellwinkel montiert. Zur Rückverfestigung war die Carrier mit einer Single SteelRunner Walze bestückt.

Das CrossCutter Disc-Konzept beruht auf einer zeitigen (kurz nach Ernte) flachen (1-3 cm) Bodenbearbeitung, die ca. 2 Wochen später zu wiederholen ist. Durch den ersten Arbeitsgang soll ein möglichst umfangreicher Feldaufgang des Ausfallrapses realisiert werden, der dann im Rahmen des zweiten Arbeitsganges beseitigt wird. Für eine Bekämpfung schon größerer Rapspflanzen ist diese Maschine daher weniger geeignet. Aufgrund dieses konzeptionellen Unterschieds kann die Väderstad Carrier CrossCutter Disc streng genommen im Rahmen des hier geprüften Ansatzes der vergleichsweise späten Ausfallrapsbekämpfung als Alternative zur Glyphosatbehandlung nicht mit den anderen hier untersuchten Maschinen (die u.a. auch zur Grundbodenbearbeitung etc. einsetzbar sind) verglichen werden.

Abbildung 10: Väderstad Carrier CrossCutter Disc *(Foto: Gössner TLL)*

2.5.2.10 PG 11: Horsch Cruiser XL

Der Cruiser XL von Horsch ist ein 6-balkiger Flachgrubber mit 15 cm Strichabstand. Die Maschine war mit 5 cm breiten Schmalscharen ausgestattet und besaß somit von allen eingesetzten Maschinen keine ganzflächig schneidenden Werkzeuge. Zur Einebnung dienten Hohlscheiben, zur Rückverfestigung eine 550 mm Doppel RollPack Walze.

Abbildung 11: Horsch Cruiser XL *(Foto: Gössner TLL)*

2.5.2.11 PG 12: Heko Ringschneider

In Variante 11 kam ein Arbeitsgerät ganz anderer Bauart zum Einsatz. Der 3-balkige Ringschneider von Heko. Auf dem ersten Balken sind mit 60 cm Abstand 31,5 cm breite Flachschare angebracht. Die eigentlich Durchmischung und Bearbeitung des Bodens übernehmen aber die auf zwei Balken montierten 850 mm großen Ringschneider. Komplettiert wird das Gerät durch eine 550 mm Federsteg-walze. Zusätzlich wurde mit eine Messerwalze im Frontanbau des Traktors gearbeitet.

Abbildung 12: Heko Ringschneider *(Foto: Marschall TLL)*

2.6 Methodik

Die bonitierten Bereiche umfassen einen ca. 50 m langen und 12 m breiten Bereich der Bearbeitungsstreifen jeweils in der Stoppel- und Mulchvariante (siehe Abbildung 1). In jedem dieser Quadrate wurde der Pflanzenbestand vor der Stoppelbearbeitung mittels Göttinger Zählrahmen (0,1 m²) 5-mal gezählt sowie das Entwicklungsstadium und die Pflanzenhöhe bestimmt. Zusätzlich erfolgte eine Höhenmessung an der Rapsstoppel. Die Bestimmung der organischen Substanzauflage nach erfolgter Bodenbearbeitung wurde mit der Schnurmethode nach WINNIGE et al.(1) durchgeführt. Die dabei eingesetzte Schnur besitzt auf 10 m Länge im Abstand von 10 cm 100 Markierungen. Die Anzahl der Pflanzen- und Stoppelreste, welche die Schnur an diesen Markierungen schneidet, ergibt den Deckungsgrad der Substanzauflage (Abbildung 13). Gleichzeitig wurde diese Schnur genutzt, um die Anzahl von nicht ausreichend bekämpften Pflanzen aufzunehmen. Im Abstand von 5 cm rechts und links der 10 m langen Schnur konnte so pro Zählung ein 1 m² großer Bereich diagonal zur kompletten Bearbeitungsbreite bonitiert werden. Beide Parameter wurden pro Bereich 5-mal wiederholt. Das Bearbeitungsmuster der Bonituren ist in Abbildung 14 dargestellt. Weiterhin wurden zur Beurteilung der Arbeitstiefe und der Bearbeitungsqualität Querschnittprofile freigelegt und vermessen (Abbildung 15)

Abbildung 13: Vorgehensweiße der Zählung mittels Schnurmethode nach WINNIGE et al. [1]

[1] Winnige et al. (1998): Indikation der aktuellen Erosionsgefährdung mit Hilfe der Bodenbedeckung. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.,88, 569-572

Abbildung 14: Muster der durchgeführten Bonituren mit Begangschema

Abbildung 15: Bearbeitungsprofil

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich der organischen Substanzauflage

Die organische Substanzauflage setzt sich aus Stroh- und Pflanzenresten zusammen, welche nach der Bearbeitung auf der Bodenoberfläche verbleiben. Diese Mulchschicht schützt unter anderem den Boden vor Wind- und Wassererosion, fördert das Bodenleben und reduziert durch Beschattung die Austrocknung der Ackerkrume. Aus diesen Gründen sollte eine möglichst große Substanzauflage angestrebt werden. In Abbildung 16 wurden die Anteile der organischen Substanzauflagen der Bearbeitungsstreifen in den Stoppel- und Mulchvarianten in Verbindung mit den ermittelten Arbeitstiefen gegenübergestellt. Dabei wird deutlich, dass nahezu alle Maschinen weniger organisches Material nach einem vorgezogenen Mulchgang hinterlassen. Das meiste organische Material bleibt von der Väderstad Carrier auf der Bodenoberfläche zurück, was auf die flache Bodenbearbeitung bei dieser Maschine zurückzuführen ist. Sowohl in der Mulch- als auch in der Stoppelvariante wurden hier Wer-

te von 80 % Bodenbedeckung ermittelt. Die größte Substanzauflage mit der niedrigsten Arbeitstiefe gelingt dem Köckerling Vario. Die geringste Mulchauflage hinterlässt die Amazone Catros+ 2TX, auch aufgrund der größten Arbeitstiefe. Die Behandlung mit Glyphosat hinterließ zum Boniturtermin (erwartungsgemäß) 100 % Substanzauflage.

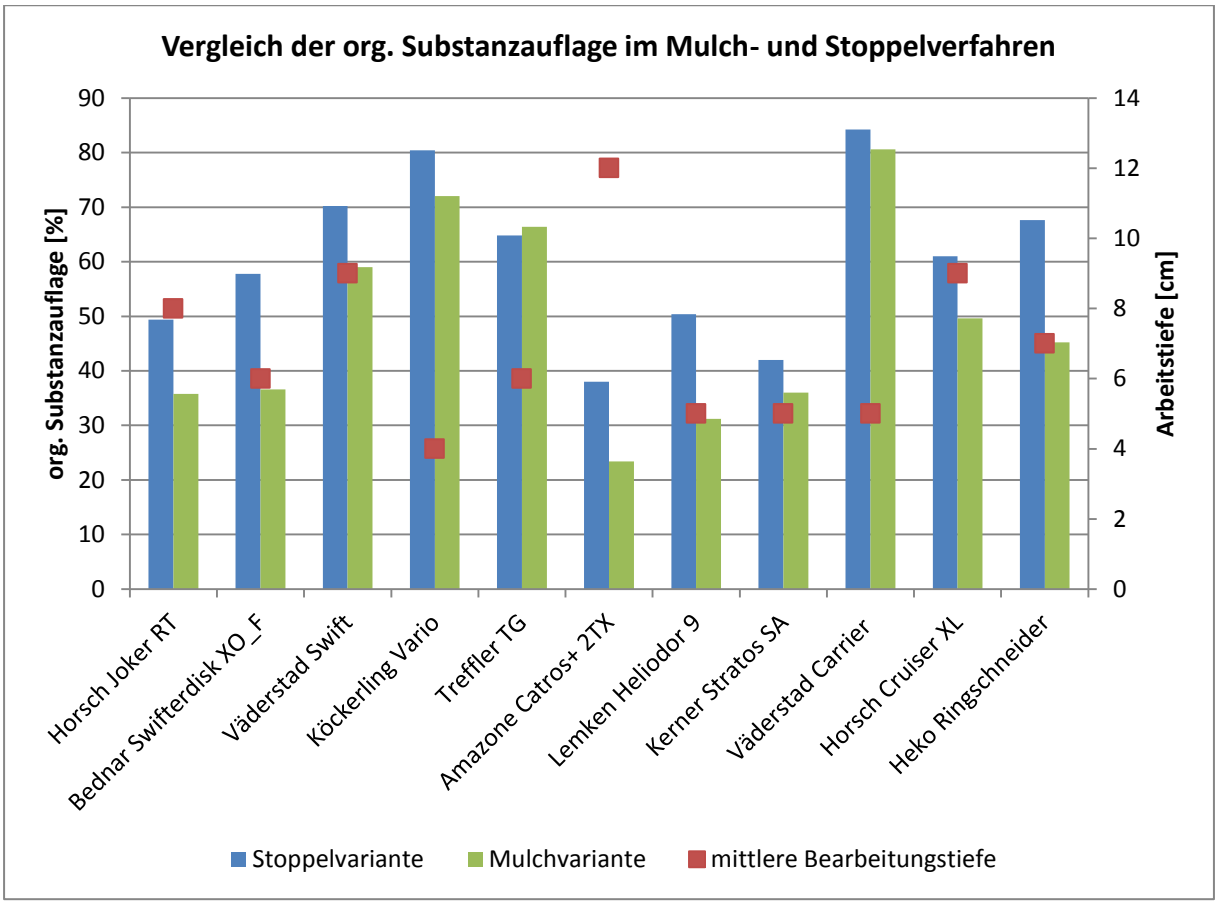


Abbildung 16: Vergleich der organischen Substanzauflage im Mulch- und Stoppelverfahren

In der Tabelle 4 wurden die durchschnittlichen Substanzauflagen aller Maschinen der beiden Bauarten *Scheibenegge* und der *Grubber* gegenübergestellt. Der Vergleich zeigt, dass die Grubber in beiden Varianten (Mulch und Stoppel) im Mittel höhere Substanzauflagen hinterlassen als die Scheibeneggen. Dieser Effekt vergrößert sich zudem in den Mulchvarianten. Aufgrund der extrem fachen Bodenbearbeitung und des damit verbundenen grundsätzlich anderen Konzeptes der Ausfallsrapsbekämpfung kann der Väderstad Carrier mit den eingesetzten CrossCutter Discs hier nicht mit den anderen geprüften Maschinen verglichen werden. Aus diesem Grund wurde diese Maschine auch bei der Zusammenstellung in Tab. 4 nicht mit berücksichtigt. Der größte Verlust an organischem Oberflächenmaterial durch vorhergehendes Mulchen war bei der Arbeitsmaschine Heko Ringschneider zu

beobachten. Auch diese Maschine wurde aufgrund der anderen Technologie (Ringschneider) in Tabelle 4 nicht mit dargestellt.

Tabelle 4: Mittlere organische Substanzauflagen im Vergleich [%]

Bauart	Stoppelvariante	Mulchvariante	Differenz in Prozentpunkte
Scheibeneggen*	49	32	-17
Grubber	64	57	-7

*ohne Väderstadt CarrierCrossCutter Disc

3.2 Vergleich der Wirkungsgrade

Neben jedem Bearbeitungsstreifen (PG 1-12) verblieb ein unbearbeiteter Kontrollstreifen. Die ermittelten Wirkungsgrade der Behandlungsvarianten beziehen sich dabei jeweils auf die Besatzdichten der Altrapspflanzen in diesen Kontrollstreifen. Damit ergeben sich bei unterschiedlichen Dichten nicht ausreichend bekämpfter Altrapspflanzen unterschiedliche Wirkungsgrade. Aufgrund der vergleichsweißen geringen Besatzdichte der anderen Unkräuter wurde nur die Ausfallrapsbekämpfung betrachtet. Die in Tabelle 5 gezeigten Wirkungsgrade wurden für die Arbeitsmaschinen ca. 1 Woche nach Bodenbearbeitung aufgenommen, die der Glyphosatbehandlung aufgrund der längeren Wirkungsdauer 3 Wochen nach Applikation.

Tabelle 5: Wirkungsgrade der Glyphosatbehandlung (PG 1) im Vergleich zu den geprüften Arbeitsmaschinen

Variante	Bearbeitungsstreifen	Nicht ausreichend bekämpfte Raspflanzen/m²		Wirkungsgrad im Vergleich zum unbehandelten Kontrollstreifen	
		Stoppelvariante	Mulchvariante	Stoppelvariante	Mulchvariante
PG 1	Glyphosatbehandlung	0	0	100	100
PG 2	Horsch Joker RT	9	11	97	96
PG 3	Bednar Swifterdisc XO_F	25	13	91	95
PG 4	Väderstad Swift	0	0	100	100
PG 5	Köckerling Vario	8	3	96	99
PG 6	Treffler TG	0	0	100	100
PG 7	Amazone Catros+	3	1	99	99
PG 8	Lemken Heliodor 9	17	7	96	98
PG 9	Kerner Stratos SA	6	5	99	99
PG 10	Väderstad Carrier CrossCutter Disc	108	60	76	87
PG 11	Horsch Cruiser XL	10	7	98	98
PG 12	Heko Ringschneider	3	1	99	99

Die Boniturwerte eine Woche nach Bodenbearbeitung zeigen, dass vorheriges Mulchen die Wirkungsgrade vor allem bei den Scheibeneggen verbessert. Die Grubber erzielen am Standort Buttelstedt im Mittel bessere Wirkungsgrade als die Scheibeneggen. Die Ergebnisse zeigen auch, dass mit dem Väderstad Swift und dem Treffler TG zwei Maschinen die gleiche Wirkung erzielten, wie die Glyphosatbehandlung. Ausschlaggebend hierfür ist sicher die schneidende Wirkung der Gänsefußschare, welche durch die große Scharüberlappung deutlich verstärkt wird. Damit konnten auch bei einer relativ flachen Arbeitstiefe alle Rapspflanzen erfasst werden. Bei den eingesetzten Scheibeneggen konnte ein flächiger Schnitt anscheinend nur durch eine große Arbeitstiefe erreicht werden. Die Amazone Catros+ 2TX bearbeitete den Boden im Mittel 12 cm tief und erreichte dadurch noch sehr gute Wirkungsgrade.

Die hohe Anzahl nicht ausreichend bekämpfter Rapspflanzen bei der Väderstad Carrier mit CrossCutter Disc (siehe Tab. 5) ist auf das bereits im Abschn. 2.5.2.9. andere Konzept der möglichst frühen Ausfallrapsbekämpfung nach Stoppelbearbeitung bei dieser Maschine zurückzuführen.

3.3 Auswertung der Drohnenbefliegung

Abbildung 17 zeigt den aus der Befliegung mit der RGB-Kamera abgeleiteten VARI-Index. Zu sehen sind abwechselnd rote und grüne/gelbe Streifen. Die grünen Parzellen zeigen jeweils die unbehandelten Kontrollbereiche in den Stoppelvarianten, die gelben Parzellen die jeweils unbehandelten Kontrollbereiche in den Mulchvarianten. Die roten Streifen zeigen die mit den Arbeitsmaschinen bearbeiteten Streifen. Der VARI-Index korreliert einerseits recht gut mit dem Blattflächenindex. Andererseits korreliert dieser Index auch positiv mit dem Anteil der organischen Substanz auf der Bodenoberfläche. Damit ist der VARI-Index insbesondere auch für die Validierung von Erosionsschutzmaßnahmen (z.B. durch Erhöhung der Mulchauflage) gut geeignet. Wie der Vergleich mit den Bonituren zum Anteil der organischen Auflage zeigt, werden die manuellen Bonituren durch die Drohnenbefliegungen weitgehend bestätigt. Durch die Erhöhung des Mulchanteils auf der Bodenoberfläche können zumindest die Boniturergebnisse des hinterlassenen organischen Materials zum Erosionsschutz gestützt werden. Dunkelrot bedeutet in diesem Fall eine geringere, hellrot eine höhere Mulchauflage (vgl. Abb. 16 vs. Abb. 17).

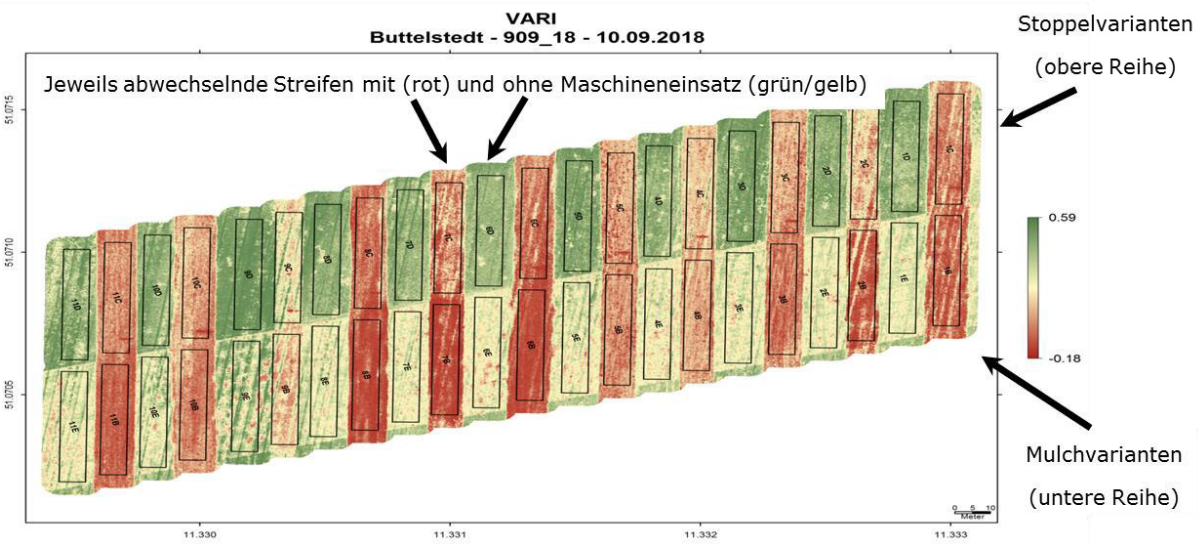


Abbildung 17: Luftbild des abgeleiteten VARI-Index (Drohnenbefliegung mit RGB-Kamera); rot: niedrige Werte, gelb: mittlere Werte, grün: hohe Werte

3.4 Beurteilung der Bearbeitungsprofile

3.4.1 Arbeitstiefe

In allen Bearbeitungsstreifen wurde ein ca. 4 m langes Querprofil der Bodenbearbeitung freigelegt und vermessen. Daraus resultieren die in Abbildung 18 dargestellten Arbeitstiefen. Um den vielseitigen Grundsätzen der konservierenden Bodenbearbeitung zu folgen, ist eine möglichst ganzflächige und flache Bearbeitung der Ackerkrume anzustreben. Der Exaktgrubber Vario von Köckerling schafft dies über die gesamte Breite des freigelegten Profils am besten. Am tiefsten arbeitete die Amazone Catros+ 2TX, womit die sehr guten Wirkungsgrade der Scheibenegge erklärt werden können.

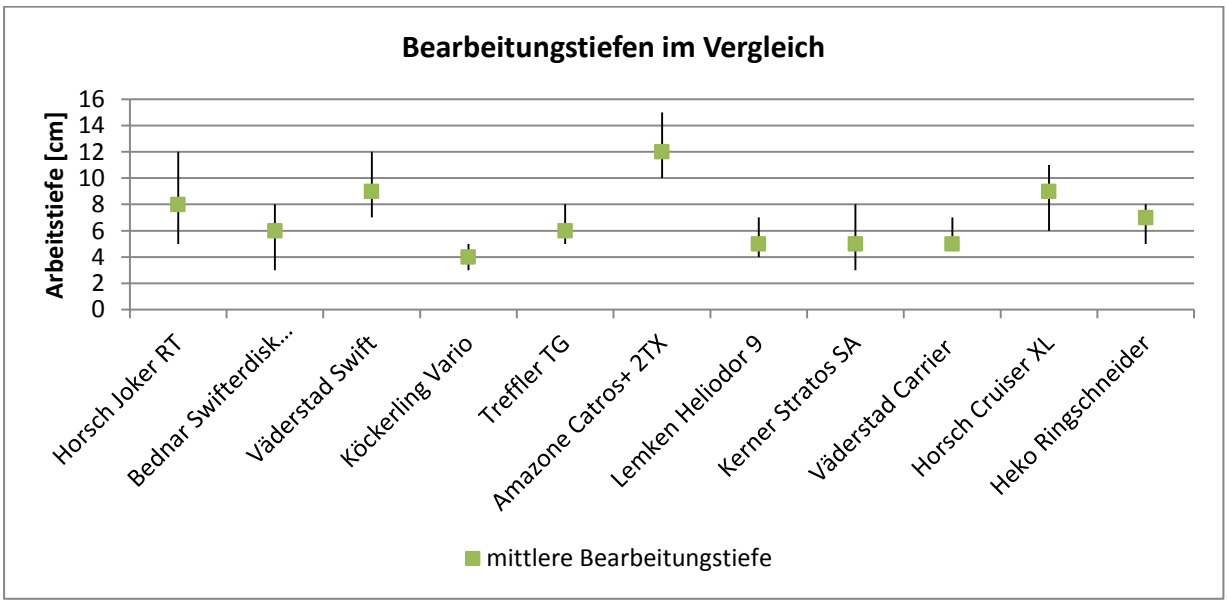


Abbildung 18: Bearbeitungstiefen der eingesetzten Arbeitsmaschinen

3.4.2 Arbeitsqualität

Nachfolgend wird die Qualität der mechanischen Unkrautbekämpfung anhand der freigelegten Arbeitsprofile für die untersuchten Behandlungsvarianten kurz diskutiert.

3.4.2.1 PG 2: Horsch Joker RT

Abbildung 19: Nicht ausreichend bekämpfte Rapspflanzen in PG 2

Der Horsch Joker RT ist mit 520 mm großen gezackten Hohlscheiben ausgestattet. Bei der Bearbeitung entsteht ein für Scheibeneggen typisches Wellenprofil mit 5 bis 12 cm Arbeitstiefe. Trotz ganzflächiger Bearbeitung gelang es bei dieser Variante nicht, alle Rapspflanzen komplett abzuschneiden. Dazu wäre hier eine tiefere Bearbeitung vermutlich notwendig gewesen. Auf der Bodenoberfläche hinterlässt das Gerät ausreichend organische Substanz zum Erosionsschutz und dank der zusätzlichen Messerwalze werden alle Stroh- und Pflanzenteile auch in der Stoppelvariante ausreichend zerkleinert.

Abbildung 20: Arbeitsbild der Horsch Joker RT (PG 2) in Mulch- (vorn) und Stoppelvariante (hinten)

3.4.2.2 PG 3: Bednar Swifterdisc XO_F

Abbildung 21: Nicht abgeschnittene Rapspflanzen in PG 3 (Stoppelvariante)

Das Querschnittsprofil der Bednar Swifterdisc XO_F zeigt, dass noch relativ viele unzureichend zerstörte Rapspflanzen nach der Bearbeitung vorhanden sind. Ursache dafür ist die im Vergleich zu PG 2 noch flachere Bodenbearbeitung von 3 bis 8 cm im Wellenprofil Auch hier hätte eine tiefere Bearbeitung zu einer besseren Bekämpfung des Ausfallrapses geführt. Bei dieser Arbeitsmaschine wurde die zweitgrößte Anzahl an nicht ausreichend bekämpften Rapspflanzen im Demonstrationsversuch ermittelt. Die Auflage mit organischem Material ist gegenüber der vergleichbaren Maschine aus PG 2 in der Stoppelvariante etwas erhöht. Dies resultiert aus der geringeren Arbeitstiefe und der schlechteren Einarbeitung der langen Stoppelreste. Mit einem vorangestellten Mulchen können mehr Stoppelreste eingearbeitet werden. Die Bedeckung mit organischer Substanz ist dannähnlich hoch wie in PG 2.

Abbildung 22: Durch fehlenden Vorläufer verbliebenes Langstroh in der Stoppelvariante (PG 3)

3.4.2.3 PG 4: Väderstadt Swift

Sowohl in der Mulch- als auch in der Stoppelvariante wurden durch den Väderstad Swift alle Rapspflanzen komplett abgeschnitten. Dafür sorgen die o.g. 24 cm Gänsefußschare, wodurch eine Überlappung der Schnittfläche von 5 cm erreicht wird. Durch die stark vibrierenden Zinken des Swifts entsteht eine eher unebene Bearbeitungssohle mit 7 bis 12 cm Arbeitstiefe. Durch die Vibration der Zinken verbleiben im Gegensatz zur rollenden Bewegung der Scheiben mehr leichte Strohreste an der Oberfläche. Zusätzlich erhöht sich durch die Vibration der Anteil an Feinerde, wodurch die Oberfläche insgesamt homogener wirkt. Im Übergangsbereich von Mulch- zu Stoppelvariante (Abbildung 24) wird der Nutzen einer vorlaufenden Messerwalze bzw. eines Mulchgangs deutlich.

Abbildung 23: Bearbeitungssohle des Väderstad Swift (PG 4) in der Stoppelvariante

Abbildung 24: Langstroh aus der Stoppelvariante im Mulchbereich des Bearbeitungsstreifens von PG 4

3.4.2.4 PG 5: Köckerling Vario

Abbildung 25: Bearbeitungssohle und nicht abgeschnittene Rapspflanzen im PG 5

Der Köckerling Vario hinterlässt durch seine 8 Balken, dem etwas stärkeren Federpaket und den montierten 18 cm Gänsefußscharen eine sehr flache und einheitliche Bearbeitungssohle. Die Arbeitstiefe variiert lediglich von 3 bis 5 cm. Die Schnittfläche überlappt hier auch um 5 cm. Durch die sehr flache Arbeitstiefe konnten vor allem in Fahrspurvertiefungen noch Restpflanzen festgestellt werden (Abbildung 26). Infolge dieser flachen Bearbeitung der Ackerkrume verbleibt ein sehr hoher Anteil an organischer Substanz auf der Bodenoberfläche. Auch der hohe Feinerdeanteil und das damit verbundene homogene Erscheinungsbild der Bearbeitungsfläche sind auf die 8-reihige Anordnung der Zinken zurückzufuhren.

Abbildung 26: Nicht ausreichend bekämpfte Rapspflanzen in den Fahrspurvertiefungen von PG 5

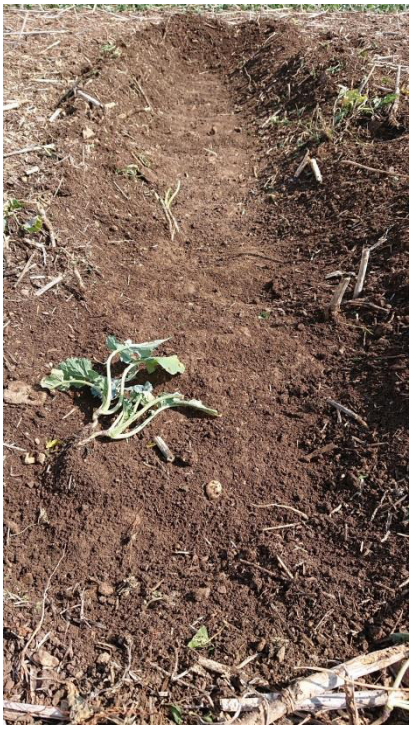
3.4.2.5 PG 6: Treffler TG

Abbildung 27: Bearbeitungssohle des Treffler TG (PG 6)

Die Beseitigung des Ausfallrapses gelang beim Treffler TG sehr gut. Ähnlich dem Väderstad Swift arbeitet diese Maschine mit Gänsefußscharen. Die Scharüberlappung liegt hier allerdings bei 8 cm. Infolge der sehr guten Tiefenführung und der 26 cm breiten Schare hinterließ der Grubber ein markantes Bearbeitungsrelief mit geringen Niveauunterschieden (Abbildung 27). In der Mulchvariante verblieb mehr organische Substanz als in der Stoppelvariante auf der Bodenoberfläche. Dieser Effekt konnte lediglich bei diesem Grubber beobachtet werden. Grund hierfür könnte der 3-balkige Striegel am Ende des Gerätes sein. Diese Konstruktionsweise ist generell anfällig für Verstopfung durch Langstroh, wodurch dieses vermutlich gesammelt und aus dem Boniturbereich verschleppt wurde. Insgesamt erzeugte der Treffler TG zusammen mit dem Köckerling Vario aber das beste Arbeitsbild.

Abbildung 28: Arbeitsbild des Treffler TG (PG 6) in Mulch- (vorn) und Stoppelvariante (hinten)

3.4.2.6 PG 7: Amazone Catros+ 2TX



Die Amazone Catros+ 2TX wurde von allen Maschinen am tiefsten eingestellt. Bei einer Arbeitstiefe von 10 bis 15 cm im Wellenprofil gelangen sehr gute Wirkungsgrade im gemulchten Rapsbestand sowie eine gute Bekämpfungsleistung in der Stoppelvariante. Wie in Abbildung 29 zu sehen ist, konnten zwar bei einer mittleren Arbeitstiefe von 12 cm nicht alle Pflanzen komplett abgeschnitten werden, der Anteil an bewegter Erde war jedoch ausreichend, um alle Pflanzen in der Mulchvariante vollständig mit Erde zu bedecken. Die große Arbeitstiefe hatte aber auch zur Folge, dass weniger organisches Material an der Oberfläche verblieb. In der Mulchvariante lag der Bedeckungsgrad mit organischer Substanz deutlich unterhalb der für einen ausreichenden Erosionsschutz notwendigen 30 % (Abbildung 30).

Abbildung 29: Nicht ausreichend bekämpfte Pflanzen in der Stoppelvariante von PG 7

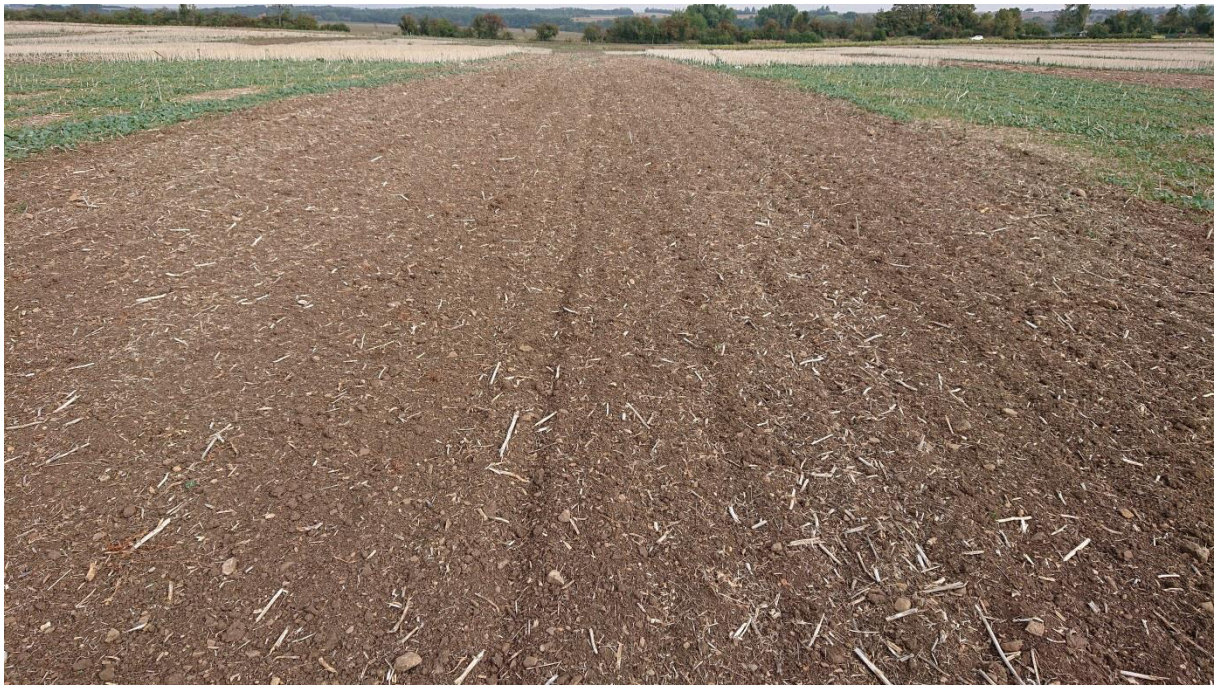


Abbildung 30: Arbeitsbild der Amazone Catros+ 2TX (PG 7) in der Mulchvariante

3.4.2.7 PG 8: Lemken Heliodor 9

Die Lemken Heliodor 9 hinterließ vor allem in der Stoppelvariante ein schlechtes Arbeitsbild. Nicht ausreichend bekämpfte Rapspflanzen sowie stehengebliebene Rapsstängel weißen auf eine nicht flächige Bodenbearbeitung hin. Ursache dafür ist sehr wahrscheinlich die mit 4 bis 7 cm doch eher geringe Arbeitstiefe. Zudem war gerade in diesem Bearbeitungsstreifen der Besatz mit Vogel- und Windenknöterich besonders hoch (Abbildung 31). Trotz der flachen Bearbeitung konnte in der Mulchvariante eine erstaunlich gute Durchmischung und Einarbeitung der Stoppelreste festgestellt werden. Allerdings hinterließen fehlende Nachläufer- bzw. Einebnungswerkzeuge eine eher unebene und grobglutige Bodenoberfläche (Abbildung 32)

Abbildung 31: Unbearbeitete Stängel und Rapspflanzen in PG 8

Abbildung 32: Unebene und grobglutige Bodenoberfläche in der Mulchvariante von PG 8

3.4.2.8 PG 9: Kerner Stratos SA

Der Ultraflachgrubber Stratos SA von Kerner arbeitete wie der Treffler TG mit 8 cm überlappenden Gänsefußscharen. Mit 3 bis 8 cm Arbeitstiefe verblieben ähnlich dem sehr flach arbeitenden Köckerling Vario vor allem in vertieften Beerntungsspuren und Fahrgassen Bereiche, in denen die Rapspflanzen nicht ausreichend zerstört werden konnten (Abbildung 33). Die vorlaufende Messerwalze sorgte auch in der Stoppelvariante für ausreichend zerkleinertes Rapsstroh (Abbildung 34). Leider zeigte sich die Bodenoberfläche trotz Sternverteiler, Tandemwalze und Striegelbalken teilweiße uneben.

Abbildung 33: Flaches Bearbeitungsprofil mit nicht vollständig abgeschnittenen Rapspflanzen (PG 9)

Abbildung 34: Dank Messerwalze gute Strohzerkleinerung in der Stoppelvariante von PG 9

3.4.2.9 PG 10: Väderstad Carrier

Die Väderstad Carrier wurde mit dem neu entwickelten CrossCutter Disc System bestückt. Wie der Name schon sagt, soll diese besondere Scheibenform es ermöglichen, den Boden selbst bei flachster Bearbeitungstiefe flächig quer zu zerschneiden. Im Demonstrationsversuch gelang dies eher weniger. Zahlreiche Rapspflanzen wurden vor allem in Fahrspurvertiefungen nicht ausreichend erfasst (Abbildung 36). Wie bereits im Abschn. 2.5.2.9 und Abschn. 3.2 erläutert, ist dies auf den anderen konzeptionellen Ansatz bei dieser Maschine zurückzuführen. Eine frühere Bearbeitung hätte hier sicherlich zu deutlich besseren Wirkungsgraden führen können. Das Bearbeitungsprofil zeigte ähnlich dem des Köckerling Vario die niedrigsten Niveauunterschiede im ganzflächigen Schnitt. Die CrossCutter Disc hinterließ auffällig viel Schoten- und Stängelreste an der Bodenoberfläche. Zusammen mit den nicht erfassten Rapsspflanzen betrug der Bedeckungsgrad in beiden Varianten (Stoppel und Mulch) über 80 %.

Abbildung 35: Freigelegtes Bearbeitungsprofil
Der Väderstad Carrier CrossCutter Disc (PG 10)

Abbildung 36: Organische Substanzauflage und Restpflanzen in PG 10

3.4.2.10 PG 11: Horsch Cruiser XL

Der Horsch Cruiser XL war als einziger Grubber im Teilnehmerfeld mit 5 cm breiten Schmalscharen ausgestattet. Durch die 15 cm Strichabstand entstand so zwischen den Zinken ein ca. 10 cm breiter Bereich, in dem keine ausreichende Beseitigung des Ausfallrapses erfolgte. Dies führte dazu, dass teilweise noch in Reihe stehende Rapspflanzen festgestellt wurden (Abbildung 38). Dieser Effekt konnte aber aufgrund einer relativ großen Arbeitstiefe gemindert werden, was wiederum zu einer relativ stark gewellten Bearbeitungssohle führte (Abbildung 37). Die montierten Hohlscheiben zur Einebnung sowie die Doppel-RollPack Walze sorgen für einen ausreichend rückverfestigten und eingeebneten Boden.

Abbildung 37: Durch Schmalschare stark gefurchte Bearbeitungssohle im PG 11

Abbildung 38: In Reihe stehende Rapspflanzen nach Bearbeitung mit Schmalscharen im PG 11

3.4.2.11 PG 12: Heko Ringschneider

Durch die ganzflächige Durchtrennung des Bodens mit den 850 mm Schneidringen konnte diese Maschine von Heko nahezu alle Rapspflanzen sicher bekämpfen. Zusätzlich wurde die schneidende Wirkung durch 31,5 cm breite Flachschare unterstützt. Abbildung 39 zeigt die Bearbeitungssohle. Die Messerwalze im Frontanbau des Traktors sorgte im Vorgang für eine ausreichende Zerkleinerung der Rapsstoppeln, wodurch ein Verstopfen der Schneidringe vermieden wurde. Zusätzlich mischende und Feinerde-fördernde Werkzeuge könnten die Einarbeitung und Durchmischung der organischen Substanz in die Ackerkrume bei dieser Bearbeitungsvariante jedoch noch verbessern (Abbildung 40).

Abbildung 39: Bearbeitungssohle von PG 12

Abbildung 40: Teilweiße starke Bodenbedeckung durch dichte Mulchmatten in PG 12

3.5 Darstellung der Boniturergebnisse aus dem Herbst 2018

Während des Feldtags am 13.09.18 wurden sämtliche Kontrollstreifen (zwischen den Bearbeitungsstreifen) zu Demonstrationszwecken ebenfalls bearbeitet. Die Versuchsfläche verblieb bis zur Aussaat unberührt. Die Folgekultur Winterweizen wurde in Direktsaat mit der Claydon Hybrid T am 20.09.18 gedrillt. Nach erneutem Versuchsaufbau und wurde am 16.10.18 der Unkrautbestand aufgenommen. Der Alt-Raps befand sich zum Zeitpunkt der Bonitur im BBCH 13 – 18 und erreichte zu diesem Zeitpunkt Bestandeshöhen von 6 bis 15 cm. Tabelle 6 zeigt die Besatzdichten in der Folgekultur Winterweizen.

Tabelle 6: Altrapsbesatz in den Behandlungstreifen in der Folgekultur Winterweizen

Variante	Bearbeitungsstreifen	Altrapsbesatz [Pfl./m²]		Deckungsgrad Altraps [%]	
		Stoppelvariante	Mulchvariante	Stoppelvariante	Mulchvariante
PG 1	Glyphosatbehandlung	0	0	0	0
PG 2	Horsch Joker RT	6	10	5	7
PG 3	Bednar Swifterdisc XO_F	12	3	10	3
PG 4	Väderstad Swift	1	0	1	0
PG 5	Köckerling Vario	9	0	7	0
PG 6	Treffler TG	0	0	0	0
PG 7	Amazone Catros+ 2TX	5	0	5	0
PG 8	Lemken Heliodor 9	15	7	10	5
PG 9	Kerner Stratos SA	6	3	5	3
PG 10	Väderstad Carrier	88	38	70	30
PG 11	Horsch Cruiser XL	10	6	7	5
PG 12	Heko Ringschneider	1	0	1	0

Der Besatz wurde wieder nach dem bereits in Abbildung 14 gezeigten Muster entlang einer 10 m langen Schnur gezählt. Einige der nicht ausreichend bekämpften Rapspflanzen (siehe Bonitur vom 07.09.18) wurden durch die Säschare (Gänsefuß) der Direktsaatmaschine Claydon Hybrid T beseitigt. Verglichen mit Tabelle 5 konnten in einigen Varianten dadurch die Besatzdichten der Ausfallrapspflanzen erheblich reduziert werden. In den Stoppelvarianten wurden im Mittel aller Bearbeitungsstreifen 15 %, in den Mulchvarianten sogar rund 40 % geringere Bestandesdichte ermittelt. Dieser Effekt ist sicherlich auf die niedrige Höhe der Rapspflanzen (4-7 cm) nach dem Mulchgang und die damit verbundene leichteren Einarbeitung durch die Säschare der Drillmaschine zurückzuführen. Dadurch waren zu diesem Boniturzeitpunkt in der Mulchvariante auch die Prüfglieder 5 (Köckerling

Vario) und 7 (Amazone Catros+ 2TX) sowie das PG 12 (Heko Ringschneider) nahezu frei von Alt-Rapspflanzen.

Der Neuauflauf von Ausfallraps (BRSNW) im Herbst ist in Tabelle 7 dargestellt. Unter WEEDS wurden der Efeublättrige Ehrenpreis, das Acker-Stiefmütterchen, der Schlitzblättrige Storchenschnabel sowie der Gemeine Erdrauch als sonstiges Unkraut zusammengefasst. Alle neu aufgelaufenen Unkräuter waren zum Zeitpunkt der Bonitur im Entwicklungsstadium 10-12 mit Wuchshöhen im niedrigen Zentimeterbereich.

Tabelle 7: Neuauflauf von Winterraps (BRSNW) sowie sonstigen Unkräutern (WEEDS) im Herbst

Variante	Bearbeitungsstreifen	Deckung Kultur	Stoppelvariante				Mulchvariante			
			Deckung Unkräuter	BRSNW	WEEDS	Summe Unkr. /m²	Deckung Unkräuter	BRSNW	WEEDS	Summe Unkr. /m²
PG 1	Glyphosatbehandlung	15	3	14	7	21	1	12	6	18
PG 2	Horsch Joker RT	15	1	4	5	9	3	8	14	22
PG 3	Bednar Swifterdisc	15	3	18	12	30	3	24	16	40
PG 4	Väderstad Swift	15	7	64	6	70	3	10	26	36
PG 5	Köckerling Vario	15	1	12	6	18	1	0	12	12
PG 6	Treffler TG	15	1	6	4	10	1	8	4	12
PG 7	Amazone Catros+ 2TX	15	3	22	10	32	3	8	10	18
PG 8	Lemken Heliodor 9	15	10	75	6	81	3	26	0	26
PG 9	Kerner Stratos SA	15	3	14	6	20	1	10	4	14
PG 10	Väderstad Carrier	15	3	24	2	26	3	24	2	26
PG 11	Horsch Cruiser XL	15	1	16	0	16	3	8	8	16
PG 12	Heko Ringschneider	15	1	6	2	8	1	6	6	12
Mittelwerte		**15**	**3**	**23**	**6**	**28**	**3**	**12**	**9**	**21**
%-Anteile der Unkräuter/-gräser in den Kontrollen an der Gesamtdeckung				**2,4**	**0,6**			**1,7**	**1,3**	

Die noch ausstehende betriebliche Herbizidmaßnahme wird zeigen, inwieweit der vorhandene Unkrautbesatz effektiv bekämpft werden kann.

4 Zusammenfassung

Ein Verbot von Glyphosat würde die konventionellen Landwirtschaftsbetriebe und hier insbesondere die Betriebe, die vorrangig oder ausschließlich konservierende Bodenbearbeitungsverfahren nutzen, vor große Herausforderungen stellen. Eine Umfrage der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) unter Thüringer Landwirten zeigte, dass Glyphosat vor allem zur Bekämpfung von Ausfallraps nach Ernte eingesetzt wird, da hier offensichtlich die bisherigen Möglichkeiten der mechanischen Bekämpfung unzureichend sind. Dies war u.a. auch der Anlass für die Organisation einer Maschinen-Demonstration im Rahmen eines von der TLL und der Thüringer Lehr-, Prüf- und Versuchsgut GmbH (TLPVG) in Buttestedt durchgeführten Ackerbauforums.

Die Maschinenvorführungen und die in diesem Zusammenhang durchgeführten Boniturarbeiten haben gezeigt, dass eine wirksame mechanische Ausfallrapsbekämpfung möglich ist. Die Gegenüberstellung hat aber auch gezeigt, dass teilweise erhebliche Unterschiede in den Wirksamkeiten und den ggf. notwendigen Vorarbeiten (z.B. Mulchen) der geprüften Bodenbearbeitungsmaschinen vorhanden sind. Bei den Scheibeneggen zeigte sich, dass der Bekämpfungserfolg hier maßgeblich von einer größeren Arbeitstiefe der Geräte abhängt. Die Amazone Catros+ 2TX erreichte hier bei einer Arbeitstiefe von 10 – 15 cm sehr gute Wirkungsgrade. Alle anderen Scheibeneggen arbeiteten deutlich flacher und hinterließen dadurch oftmals ein unbefriedigendes Arbeitsergebnis. Durch einen vorangestellten Mulch-Arbeitsgang konnte die Wirksamkeit jedoch teilweise erheblich verbessert werden. Insgesamt wurde durch die rollende Bewegung der Scheiben bei flacher Bearbeitung kein flächiger Schnitt erreicht. Zudem wird bei den Scheibeneggen i.d.R. zu wenig Feinerde „produziert“, um Pflanzenreste oder nur teilweise geschädigte Pflanzen ausreichend mit Erde zu bedecken. Der einmischende Effekt und der Anteil von hinterlassener organischer Substanzauflage sind bei den Scheibeneggen im Vergleich zu den Grubbern deutlich vermindert.

Die Arbeitsweise der Grubber bewirkte insgesamt eine deutlich bessere Ausfallrapsbekämpfung als die Scheibeneggen. Eine möglichst flache Bearbeitung mit ganzflächigem Schnitt wurde bei fast allen Hersteller durch flach angestellte und sich überlappende Gänsefußschare realisiert. Mit 5 – 8 cm Arbeitstiefe beseitigte der Treffler TG (PG 6) in der Mulch- und Stoppelvariante 100 % des Pflanzenbestandes. Dabei ist zu beachten, dass nicht zu flach gearbeitet wird, und die Niveauunterschiede so gering wie möglich zu halten und um vor allem in Fahrspurvertiefungen alle Rapspflanzen ausreichend erfassen zu können. Ein weiterer Vorteil der Grubber ist die Vibration der Federzinken. Dadurch wird viel Feinerde „produziert“, die Pflanzenreste bzw. nur teilweise geschädigte Pflanzen

ausreichend abdeckt. Im Gegensatz dazu verbleiben jedoch leichte Strohreste besser auf der Oberfläche und sorgen so für eine gute Bodenbedeckung mit organischer Substanz. Der schneidende und mischende Effekt der Grubber wird im Gegensatz zur Scheibenegge geschwindigkeitsunabhängig erzielt, wodurch dieses Bearbeitungsverfahren robuster in der Anwendung ist. Auf ein vorgelagertes Mulchen kann beim Einsatz von Grubbern i.d.R. verzichtet werden, da sich dieser Arbeitsgang nur bei zu flacher Bearbeitung positiv auf die Wirksamkeit in der Ausfallrapsbekämpfung auswirkt.

Der hier vorgestellte Maschinenvergleich am Standort Buttelstedt hat gezeigt, dass mit den Grubbern im Vergleich zu den Scheibeneggen deutlich bessere Wirksamkeiten bei der mechanischen Ausfallraps-Bekämpfung erzielt werden konnten. Allerdings muss dabei auf verschiedenste Parameter geachtete werden. Wird nicht mit vorlaufender Messerwalze gearbeitet bzw. soll auf einen vorgeschalteten Mulch-Arbeitsgang verzichtet werden, darf die Pflanzenhöhe nicht zu hoch sein, um ein Verstopfen der Grubber zu vermeiden. Hier sind die Scheibeneggen deutlich im Vorteil. Zudem sollte die Arbeitstiefe bei den Grubbern nicht zu flach gewählt werden. Durch Einsatz eines der Bodenart angepassten Federpaketes können bei den Grubbern zu große Niveauunterschiede bei den Bearbeitungstiefen weitgehend vermieden werden. Sind die Fahrgassen zudem stark vertieft oder entstanden während der Ernte zusätzliche Fahrspuren durch feuchte Bodenbedingungen, muss dort tiefer gearbeitet werden, um alle Pflanzen ausreichend zu erfassen.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass im Mittelpunkt dieser Felddemonstration die zeitgleiche direkte Gegenüberstellung von mechanischen Ausfallrapsbekämpfungen mit Glyphosat-Behandlungen stand. Es ist davon auszugehen, dass der früherer Einsatz bei einigen der geprüften Varianten hier vermutlich zu besseren Wirkungsgraden geführt hätte.

Darüber hinaus haben die Bonituren in den geprüften Bodenbearbeitungsvarianten gezeigt, dass durch den Einsatz von Drilltechnik mit Säzinken zusätzlich verbliebene Restpflanzen entfernt werden können. Die im Demonstrationsversuch vom TPLVG eingesetzte Claydon Hybrid T-Drillmaschine verfügt über Gänsefuß-Säschare, die bei der Aussaat zu einer weiteren Reduktion des Altrapsbesatzes um 15 % in den Stoppelvarianten bzw. um 40 % bei den Mulchvarianten geführt haben. Mit einer nachfolgenden angepassten Herbizidstrategie sollte dann der restliche verbliebene Ausfallraps bekämpft werden.

Die ersten Ergebnisse aus diesem Demonstrationsversuch haben gezeigt, dass eine effektive Ausfallrapsbekämpfung bei gleichzeitigem Glyphosatverzicht möglich ist. Die Untersuchungen haben aber verdeutlicht, dass eine erfolgreiche Ausfallraps- und Unkrautbekämpfung ein im Vergleich zur Glyphosatanwendung erheblich aufwendigeres Management erfordert. Kenntnisse über die notwendige

und zum Standort passende Maschinenausstattung und deren funktionalen Arbeitsweise, eine angepasste Herbizidstrategie sowie freie Arbeitskapazitäten, um schnell auf überwachsende Bestände reagieren zu können, sind dabei entscheidend für das Gelingen der mechanischen Ausfallrapsbekämpfung.

Aussagen dazu, inwiefern die im Rahmen dieses Demonstrationsversuches gewonnen Erkenntnisse auf andere Standorte übertragbar bzw. verallgemeinerbar sind, können auf Grundlage der vorliegenden (exemplarischen) Daten nicht getroffen werden. Für belastbare und überregional gültige Aussagen zu den Möglichkeiten und den Grenzen der hier untersuchten mechanischen Verfahren als Alternative zum Glyphosateinsatz sind weitere und breiter angelegte Praxisversuche notwendig.

Projektbericht

Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz –

Durchführung eines Maschinenvergleichs / Feldtagdemonstration

Creuzburg 2019 (Teilvorhaben 1.1)

Auftraggeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Straße 98
D - 07743 JENA

Auftragnehmer: U.A.S. Umwelt- und Agrarstudien GmbH
Ilmstraße 6
D - 07743 JENA

Bearbeiter: Sebastian Höde, Dr. Jörg Perner

Datum: 15.12.2019

Unterschrift: .....

Dr. habil. Jörg Perner
Geschäftsführer der U.A.S. GmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Zielstellung 1

2 Durchführung des Maschinenvergleichs 1

2.1 Maschinenauswahl und Einsatz der Bodenbearbeitungsgeräte 1

2.2 Standortbeschreibung 2

2.3 Aufbau der Demonstrationsanlage 2

2.4 Ausgangssituation 3

2.5 Vorstellung der eingesetzten Arbeitsmaschinen 7

2.5.1 Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern der eingesetzten Flachgrubber 7

2.5.2 Kurzvorstellung der Flachgrubber 8

2.5.2.1 Güttler SuperMaxx 60-7 Bio 8

2.5.2.2 Köckerling Allrounder flatline 750 9

2.5.2.3 Horsch Cruiser 6XL 10

2.5.2.4 Kerner Stratos SA 500 11

2.5.2.5 Farmet Fantom 650 PRO 12

2.5.2.6 Väderstad Swift 440 13

2.5.3 Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern der eingesetzten Scheibeneggen 14

2.5.4 Kurzvorstellung der Scheibeneggen 15

2.5.4.1 Väderstad Carrier 650 CrossCutter Disc 15

2.5.4.2 Amazone Catros+ 8003-2TX 16

2.5.4.3 Horsch Joker 8RT 17

2.5.4.4 Farmet Softer 8PS 18

2.5.4.5 Lemken Rubin 10/500 KUA 19

2.5.5 Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern der eingesetzten Grubber-Scheibeneggen-Kombination 20

2.5.6 Kurzvorstellung der Grubber-Scheibeneggen-Kombination 20

2.5.6.1 Amazone Ceus 5000-2TX Super 20

2.6 Methodik 21

3 Ergebnisse 22
3.1 Vergleich der organischen Substanzauflage 22
3.2 Vergleich der Wirkungsgrade 24
3.3 Beurteilung der Bearbeitungsprofile 26
3.3.1 Arbeitstiefe 26
3.3.2 Arbeitsqualität 28
3.3.2.1 PG 2: Kerner Stratos SA 500 29
3.3.2.2 PG 4: Farmet Fantom 650 PRO 30
3.3.2.3 PG 5: Farmet Softer 8PS 31
3.3.2.4 PG 6: Güttler SuperMaxx 60-7 Bio 32
3.3.2.5 PG 7: Lemken Rubin 10/500 KUA 33
3.3.2.6 PG 8: Horsch Cruiser 6XL 34
3.3.2.7 PG 9: Horsch Joker 8RT 35
3.3.2.8 PG 10: Väderstad Swift 440 36
3.3.2.9 PG 11: Köckerling Allrounder flatline 750 37
3.3.2.10 PG 12: Väderstad Carrier CrossCutter Disc 38
3.3.2.11 PG 13: Amazone Catros+ 8003-2TX 39
3.3.2.12 PG 14: Amazone Ceus 5000-2TX Super 40
3.4 Fortführung der Demonstrationsanlage 41
4 Diskussion 41

1 Zielstellung

Das geplante Verbot des umstrittenen Wirkstoffes Glyphosat zum 31.12.2023 stellt die konventionelle Landwirtschaft zukünftig vor große Herausforderungen. Bei der Bekämpfung von Wurzelunkräutern wie Ackerkratzdistel, Ackerwinde und vor allem Quecke ist Glyphosat der zuverlässigste Wirkstoff. Beim Auftreten schwer bekämpfbarer oder resistenter Ungräser wie dem Ackerfuchsschwanz ist der Einsatz von Glyphosat darüber hinaus oftmals die letzte noch wirksame Möglichkeit der Bekämpfung im chemischen Pflanzenschutz. Das Haupteinsatzgebiet von Glyphosat ist aber die Beseitigung der Ausfallkulturen und des Unkrauts nach der Stoppelbearbeitung. Betriebe, die aufgrund einer konservierenden Bodenbearbeitung hier mit diesem Totalherbizid gearbeitet haben, müssen künftig nach Lösungen suchen, diesen Arbeitsgang mechanisch zu erledigen. Eine Umfrage des Thüringer Landesamtes für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) belegte, dass Thüringer Landwirte vor allem auf Stoppelflächen mit der Vorfrucht Winterraps Glyphosat anwenden. Bei einem Verbot von Glyphosat ist zu vermuten, dass der Pflug wieder häufiger zum Einsatz kommt. Dort wo aber Trockenheit oder Erosionsgefährdung eine wendende Bodenbearbeitung ausschließen, wird die konservierende Bodenbearbeitung weiterhin zentraler Bestandteil des Ackerbaus bleiben. Dem Landwirt stehen hierfür vor allem Grubber und Scheibeneggen zur Verfügung. Im Rahmen des Thüringer Ackerbauforums fand daher 2019 der zweite Maschinenvergleich statt, bei dem die Möglichkeiten und Grenzen dieser Maschinen auf einem Schlag mit Ausfallraps als Demonstrationsversuch gegenübergestellt wurden.

2 Durchführung des Maschinenvergleichs

2.1 Maschinenauswahl und Einsatz der Bodenbearbeitungsgeräte

Für den Maschinenvergleich zur Stoppelbearbeitung auf einer steinigen Winterrapsfläche am Standort Creuzburg wurde im Frühsommer 2019 bei einer Vielzahl von Landmaschinenherstellern angefragt, ob Interesse an der Teilnahme an diesem Feld-Demonstrationsvorhaben besteht. Die Wahl und der Einsatz der gegenübergestellten Bodenbearbeitungsgeräte erfolgten ausschließlich durch autorisierte Firmenmitarbeiter. Im Vordergrund stand dabei die Vorgabe, möglichst flach den gesamten Ausfallraps zu beseitigen. Jedem Teilnehmer wurde ein Bearbeitungsstreifen zugewiesen, auf wel-

chem dann zwischen dem 4. und 6. September 2019 die Bearbeitung erfolgte. Aufgrund der Heterogenität des Schlages wurde es jedem Hersteller freigestellt, mit welcher Maschineneinstellung die o.g. Vorgabe am besten zu erreichen ist.

2.2 Standortbeschreibung

Der Feldtag mit dem Maschinenvergleich fand auf einem Feldstück der Landwirtschafts GmbH Ifta in Creuzburg statt (ca. 420 m Höhe über NN). Der Bodentyp der Versuchsfläche entspricht überwiegend einer steinreichen Rendzina/Pararendzina aus Grus- und Schutt führendem, carbonatischem Ton über Kalk- und Tonmergelstein (Ackerzahl 43 – 70). Die Bodenart ist gekennzeichnet durch einen lehmigen Ton (lT) und kann damit der Bodengruppe 5 zugeordnet werden. Die langjährige Niederschlagssumme beträgt 581 mm, die langjährige Durchschnittstemperatur 8,9 °C.

2.3 Aufbau der Demonstrationsanlage

Im Rahmen einer einfach wiederholten Streifenanlage wurden neben einer (konventionellen) Variante mit Glyphosatbehandlung (Prüfglied 15) 14 verschiedene Bodenbearbeitungsgeräte vergleichend geprüft. Jeder Bearbeitungsstreifen war 15 m breit und lag in einem Winkel von ca. 25° zum Fahrspursystem. Innerhalb der Bearbeitungsstreifen wurde ein Boniturbereich bestimmt, welcher aufgrund der Feldgeometrie für die ersten 7 Bearbeitungsgeräte (PG 1 – 7) nördlich und für alle weiteren Arbeitsmaschinen und der Glyphosatbehandlung (PG 8 – 15) südlich der Versuchsfläche angelegt wurde (Abbildung 1). Der Boniturbereich gliedert sich wiederum in zwei Flächen – einer Mulchfläche und einer Stoppelfläche. Der Boniturbereich der Mulchfläche (in Abb. 1 gelb schraffiert) wurde, ebenso wie der restliche Schlag, betriebsüblich gemulcht, um einen möglichst hohen Auflauf von Ausfallrapssamen zu erreichen. Der Boniturbereich der Stoppelfläche (orange schraffiert) verblieb dagegen nach der Ernte unbearbeitet. Dadurch sollten Effekte der Stroheinarbeitungsqualität der Maschinen besser herausgestellt werden. Zudem blieben die bereits zur Ernte aufgelaufenen und weit entwickelten Raps- und Unkrautpflanzen erhalten, welche die Bearbeitung in diesem Bereich zusätzlich erschweren sollten.

Abb. 1: Versuchsaufbau der Demonstrationsanlage mit den jeweiligen Boniturbereichen im Nord- und Süd-Teil des Feldstücks

Tab. 1: Zuordnung der Bearbeitungsstreifen (PG) zu den eingesetzten Maschinen

PG	Bodenbearbeitungsgerät
1	Betriebsmaschine (SE)
2	Kerner Stratos SA 500
3	Betriebsmaschine (G)
4	Farmet Fantom 650 PRO
5	Farmet Softer 8 PS
6	Güttler SuperMaxx 60-7 Bio
7	Lemken Rubin 10/500 KUA
8	Horsch Cruiser 6 XL
9	Horsch Joker 8 RT
10	Väderstad Swift 440
11	Köckerling Allrounder flatline 750
12	Väderstad Carrier 650 CrossCutter Disc
13	Amazone Catros+ 8003-2TX
14	Amazone Ceus 5000-2TX
15	Glyphosatvariante

2.4 Ausgangssituation

Die Beerntung der Versuchsfläche fand am 15. August 2019 statt. Anschließend wurde mit Ausnahme der Stoppelfläche der Schlag gemulcht und die Bearbeitungsstreifen angelegt. Die teilnehmenden Maschinenhersteller bearbeiteten die Streifen zwischen dem 4. und 6. September 2019. Die Bonitur des Ausfallraps- und Unkrautbesatzes erfolgte am 03. September, die Wirkungsbonitur der Bodenbearbeitung am 10. September. Die Aufwuchszeit für den Ausfallraps betrug demnach fast 3 Wochen.

Die mittlere Lufttemperatur in 2 m Höhe betrug vom 15. August bis zum 05. September durchschnittlich 19°C. Im gleichen Zeitraum wurde eine Niederschlagssumme von 11,7 mm ermittelt, wobei fast

60% der Niederschläge davon am Abend nach der Rapsernte gefallen sind. Die klimatische Wasserbilanz (KWB) lag in diesem Zeitraum mit -95 mm deutlich im negativen Bereich. Dies führte in der Stoppelvariante zu einer deutlichen Wachstumsverzögerung bzw. zu einem Wachstumsstopp von aufgelaufen Rapspflanzen sowie zu einer zügigen „Alterung“ (teilweise Seneszenz) der Unkräuter, welche teilweise bereits die generative Phase erreicht hatten. In der Mulchvariante führte diese trockene und heiße Witterung zu einem verzögerten Auflauf der Rapsausfallsamen.
Die Abbildung 2 verdeutlicht anhand zweier Aufnahmen sowie eines Klimadiagrammes die Entwicklung der Vegetation in der Stoppelvariante.

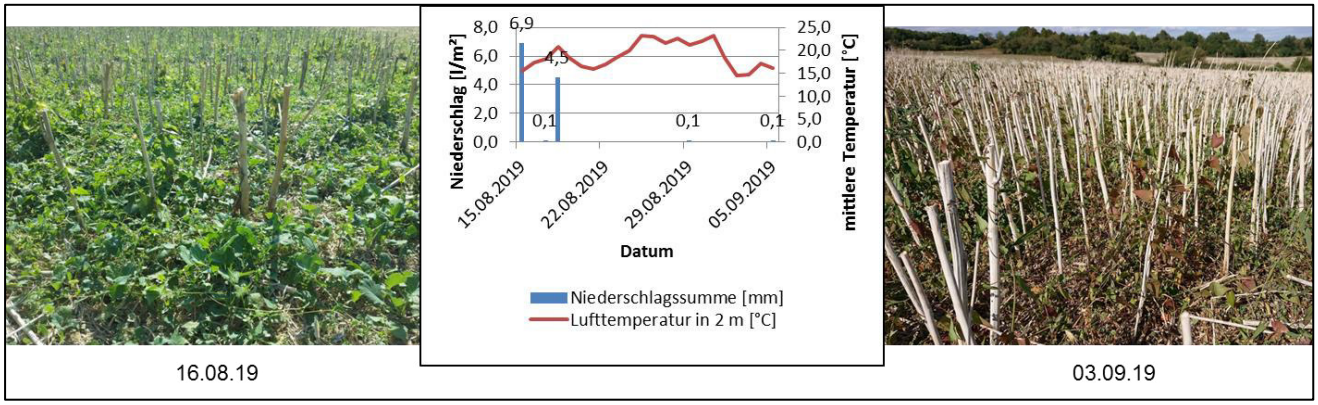
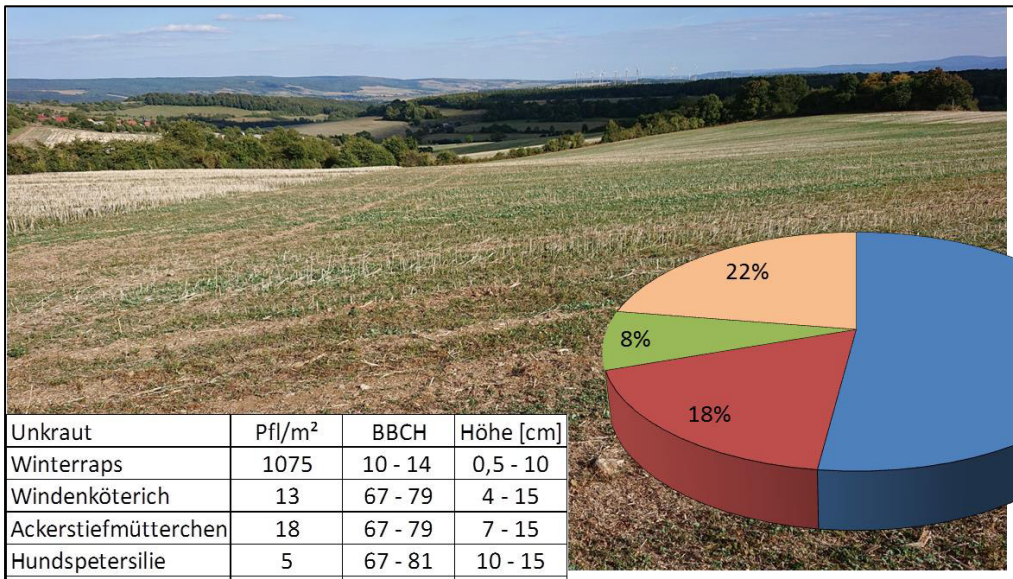


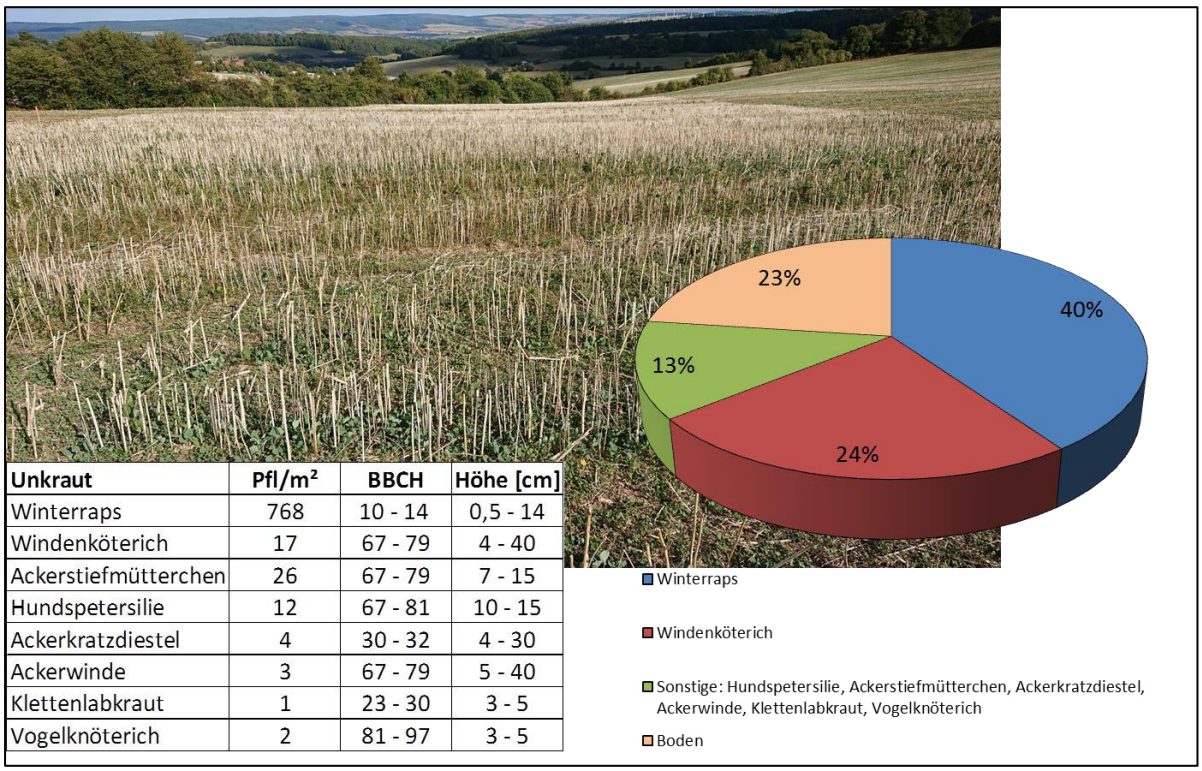
Abb. 2: Vegetationsentwicklung in der Stoppelvariante vom 16.08.19 bis zum 03.09.19

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen jeweils ein Übersichtsbild der Mulch- bzw. Stoppelfläche, den gezählten Unkrautbesatz sowie die gewichtete Unkrautdeckung. Dabei handelt es sich jeweils um einen Mittelwert des nördlichen und des südlichen Boniturbereiches. Bei der Ermittlung der Wirkungsgrade der Bodenbearbeitungsmaschinen wurden dann die tatsächlichen Zählungen herangezogen. In den Bearbeitungsstreifen der Mulchvariante sind durchschnittlich 1.075 Rapspflanzen (BBCH Stadium 10-14) registriert worden. In der Stoppelvariante wurden erwartungsgemäß über 300 Pflanzen weniger gezählt. Aufgrund der heißen und trockenen Witterung waren diese ebenso im Entwicklungsstadium BBCH 10 – 14, im Wuchs aber geringfügig höher. Aufgrund der höheren Biomasse nahm der Windenknöterich mit 24% in der Stoppelvariante verständlicherweise eine deutlich höhere Deckung ein, als in der Mulchvariante (18%), was auch auf alle anderen Unkräuter zugetroffen hat. Die Bodendeckung war in der Stoppel- und Mulchvariante annähernd gleich.



Unkraut	Pfl/m²	BBCH	Höhe [cm]
Winterraps	1075	10 - 14	0,5 - 10
Windenköterich	13	67 - 79	4 - 15
Ackerstiefmütterchen	18	67 - 79	7 - 15
Hundspetersilie	5	67 - 81	10 - 15
Ackerkratzdiestel	5	30 - 32	4 - 15
Ackerwinde	3	67 - 79	5 - 15
Klettenlabkraut	1	23 - 30	3 - 5
Vogelknöterich	1	81 - 97	3 - 5

Abb. 3: Unkrautbesatz in der Mulchvariante



Unkraut	**Pfl/m²**	**BBCH**	**Höhe [cm]**
Winterraps	768	10 - 14	0,5 - 14
Windenköterich	17	67 - 79	4 - 40
Ackerstiefmütterchen	26	67 - 79	7 - 15
Hundspetersilie	12	67 - 81	10 - 15
Ackerkratzdiestel	4	30 - 32	4 - 30
Ackerwinde	3	67 - 79	5 - 40
Klettenlabkraut	1	23 - 30	3 - 5
Vogelknöterich	2	81 - 97	3 - 5

Abb. 4: Unkrautbesatz in der Stoppelvariante

Eine weitere Besonderheit stellte der in einigen Bereichen der Streifenanlage extrem hohe Steinbesatz dar. Vor allem in den Boniturbereichen des südlichen Teils war dieser sehr hoch, wodurch die Bodenbearbeitung in diesen Streifen besonders erschwert wurde. Abbildung 5 zeigt den Steinbesatz exemplarisch für Prüfglied 13. Die nachfolgenden Ergebnisse sollten daher unter Berücksichtigung dieser Ausgangssituation interpretiert werden.

Abb. 5: Steinbesatz im Bearbeitungsstreifen 13 (PG 13)

2.5 Vorstellung der eingesetzten Arbeitsmaschinen

Für den Maschinenvergleich zur Bodenbearbeitung auf der Rapsstoppel kamen 7 Flachgrubber, 6 Kurzscheibeneggen sowie eine Grubber-Scheibeneggen-Kombination zum Einsatz.

2.5.1 Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern der eingesetzten Flachgrubber

Tab. 2: Ausgewählte Maschinenparameter der eingesetzten Flachgrubber

* eingesetzte Betriebsmaschine ohne nähere Angaben

Modell	Strich-abstand	Balken	Rahmen-höhe	Werkzeug	Einebnung	Walze	Vorläufer	Nach-läufer
Betriebsmaschine*	13,0 cm	~	~	Schmalschare 60 mm	~	~	-	~
Güttler SuperMaxx 60-7 Bio	13,0 cm	7	530 mm	Gänsefußschar 180 mm	-	-	-	Doppel-striegel
Köckerling Allrounder flatline 750	13,0 cm	6	600 mm	Gänsefußschar 200 mm	-	Doppel-STS Walze 530 mm	Messer-walze	Striegel
Horsch Cruiser 6 XL	15,0 cm	6	600 mm	Gänsefußschar 200 mm	Einebnungs-scheiben	Doppel RollPack Packer 550 mm	-	Striegel
Kerner Stratos SA 500	15,0 cm	4	630 mm	Gänsefußschar 180 mm	Sternverteiler	Crackerwalze 650 mm	X CUT Messer	Striegel
Farmet Fantom 650 PRO	19,0 cm	5	655 mm	Gänsefußschar 230 mm	Einebnungs-scheiben	SDR-Walze 580 mm	Flexiboard	-
Väderstad Swift 440	19,3 cm	3	770 mm	Gänsefußschar 240 mm	Sternverteiler	-	-	Striegel

2.5.2 Kurzvorstellung der Flachgrubber

2.5.2.1 Güttler SuperMaxx 60-7 Bio

Die Großfederzahnegge SuperMaxx 60-7 Bio von Güttler besitzt die im Teilnehmerfeld mit 530 mm niedrigste Rahmenhöhe. Die 45 Doppelblattfederzinken ordnen sich auf 7 Balken an. Dadurch soll auch bei schwierigen Verhältnissen verstopfungsfrei gearbeitet werden. Bei 13 cm Strichabstand und 180 mm montierten Gänsefußscharen erreicht die zum Maschinenvergleich eingesetzte Maschine einen um 5 cm überlappenden ganzflächigen Schnitt. 4 Stützräder sorgen für eine präzise Tiefenführung. Die leichte Bauweise der Maschine (1995 kg) erfordert einen geringen Zugkraftbedarf und benötigt laut Herstellerangaben nur 5 l/ha Diesel (5 m Maschine). Die Maschine ist lediglich mit einem nachlaufenden Doppelstriegel ausgestattet. Dieser dient zur Krümelung des Bodens und der Ablage des Unkrauts an der Bodenoberfläche. Insgesamt verbleibt der Boden locker zurück, wodurch dieser schneller austrocknet und dadurch auch unvollständig freigelegte Wurzeln austrocknen können.

Abbildung 6: Güttler SuperMaxx 60-7 Bio

2.5.2.2 Köckerling Allrounder flatline 750

Der von Köckerling neu entwickelte Allrounder flatline 750 besitzt 6 Balken bei einer Rahmenhöhe von 600 mm. Der Balkenabstand beträgt 700 mm, der Strichabstand der 59 Federzinken 13 cm. Dadurch arbeitet diese Maschine auch bei flachster Arbeitstiefe und hohem Strohanfall verstopfungsfrei. Die Zinken wurden als Doppelzinken komplett neu konstruiert. Diese Konstruktion soll die Lebensdauer der Zinken erhöhen und gleichzeitig zu einer einheitlicheren Arbeitstiefe beitragen. Die Arbeitstiefe wird über 4 hydraulisch einstellbare Stützräder vorn sowie der Doppel STS Walze hinten reguliert. Durch einen Stickstoffspeicher an jedem Klappzylinder können die Seitenflügel unter- und überstrecken. Dadurch hält der Allrounder flatline auch im kupierten Gelände die eingestellte Arbeitstiefe. Zum Maschinenvergleich waren 200 mm breite Gänsefußschare montiert. Als Vorläufer diente eine Messerwalze, als Nachläufer ein 1-reihiger Nachstriegel. Bei einem Gewicht von 8780kg benötigt der Allrounder flatline 750 laut Werksangaben mindestens 250 PS.

Abbildung 7: Köckerling Allrounder flatline 750

2.5.2.3 Horsch Cruiser 6XL

Der Horsch Cruiser 6XL ist ein 6-balkiger Flachgrubber mit 600 mm Rahmenhöhe und 15 cm Strichabstand. Dadurch mischt und verteilt der Cruiser auch bei hohen Substanzmengen optimal. Des Weiteren verläuft der Federzinken über dem Rahmen, wodurch der Durchgang am Zinkenstiel 700 m beträgt. Die Federzinken besitzen eine Auslösekraft von 150 kg und halten somit sicher die Arbeitstiefe. Zum Maschinenvergleich war der Cruiser mit 200 mm Gänsefußscheren ausgestattet, wodurch auch hier ein ganzflächiger und überlappender Schnitt gewährleistet wurde. Die Arbeitstiefe wird hydraulich vorn über die Stutzräder und hinten über den Doppel-RollPack Packer geführt. Vor dem Packer sorgen gezackte Hohlscheiben für eine Einebnung der Oberfläche. Das Gewicht bei Minimalausstattung beträgt 7160 kg, der Zugkraftbedarf wird von Horsch selbst mit mindestens 280 PS angegeben.

Abbildung 8: Horsch Cruiser 6XL

2.5.2.4 Kerner Stratos SA 500

Der Kerner Stratos SA 500 besitzt die im Teilnehmerfeld vielseitigste Kombination von Arbeitswerkzeugen. In der Mitte arbeitet ein 4-balkiges Zinkenfeld mit 15 cm Strichabstand, mechanischer Steinsicherung, Schnellwechsel-Scharsystem und der Kerner typischen inversen Balkenaufteilung. Das gelbe Zinkenfeld wird im Parallelogramm geführt, ist hydraulisch in der Tiefe verstellbar und besitzt eine maximale Durchgangshöhe von 630 mm. Davor läuft die ebenfalls hydraulisch verstellbare Xcut Messerwalze, gefolgt von gewellten Schneidscheiben. Damit wird eine optimale Zerkleinerung von Stroh und Pflanzenresten gewährleistet. 400 mm Sternverteiler ebnen den Boden nach dem Zinkenfeld gut ein. Zur Rückverfestigung war die Maschine mit der Crackerwalze CW651 ausgestattet. 180 mm Gänsefußschare sorgten für einen ganzflächigen und überlappenden Schnitt. Zusätzlich war die Vorführmaschine mit einem pneumatischen Sägerät der Firma APV zur Zwischenfruchtausbringung ausgestattet. In der Minimalausstattung wiegt das Gerät 5200 kg, der Zugkraftbedarf beträgt laut Kerner mindestens 150 PS.

Abbildung 9: Kerner Stratos SA 500

2.5.2.5 Farmet Fantom 650 PRO

Farmet bietet mit dem Fantom 650 PRO einen 5-balkigen Flachgrubber mit 19 cm Strichabstand und 655 mm Rahmenhöhe. Die Arbeitstiefe wird über den Hydraulikkreis des Fahrwerks reguliert. Die Federsicherung hat eine Auslösekraft von 310 kg. Mittels Schnellwechselsystem waren Leitbleche und 230 mm Gänsefußschare montiert. Ausgestattet war der Fantom zudem mit einem vorlaufenden hydraulisch verstellbaren Flexi-Board sowie gezackten Einebnungsscheiben nach dem Zinkenfeld. Zur Rückverfestigung diente eine 525 mm SDR Scheibenwalze. Das Eigengewicht der Walze zur Rückverfestigung kann zusätzlich hydraulisch erhöht werden. Soll ohne Walzen gearbeitet werden, können diese problemlos abmontiert werden. Das Gewicht der Maschine beträgt in Abhängigkeit der angebauten Walze mindestens 7850 kg, der Mindestzugkraftbedarf beträgt laut Farmet 270 PS.

Abbildung 10: Farmet Fantom 650 PRO

2.5.2.6 Väderstad Swift 440

Im Segment der Flachgrubber besitzt der Swift mit einer Rahmenhöhe von 770 mm den größten Durchgang. Eine weitere Besonderheit stellt die Rahmenkonstruktion dar. Jeder der drei Balken besitzt zwei Zinkenreihen. Damit ergibt sich eine 6-reihige Maschine. Die Grubberzinken, welche laut Väderstad bis zu 100 mal pro Minute vibrieren, besitzen einen Strichabstand von 19,3 cm und sind standardmäßig mit MixIn-Leitblechen ausgestattet. Mit den montierten 230 mm Gänsefußscharen entstand ein vollständiger und überlappender Schnitt. Nach dem Zinkenfeld sorgen die hydraulisch einstellbaren Sternverteiler für eine optimale Einebnung. Mit dem mechanisch einstellbaren Nachstriegel verbleiben möglichst viele Pflanzenreste an der Oberfläche. Dank seiner Rahmenbauweiße kann der Swift bis zu einer Tiefe von 20 cm arbeiten. Er bringt zudem lediglich ein Gewicht von 3100 bis 3300 kg auf die Waage. Der Zugkraftbedarf beginnt laut Väderstad ab 140 PS.

Abbildung 11: Väderstad Swift 440

2.5.3 Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern der eingesetzten Scheibeneggen

Tab. 3: Ausgewählte Maschinenparameter der eingesetzten Scheibeneggen
* eingesetzte Betriebsmaschine ohne nähere Angaben

Modell	Werkzeug	Strich-abstand	Anstell-winkel	Balken	Einebnung	Walze	Vorläufer	Nachläufer
Väderstad Carrier 650 CrossCutter Disc	CrossCutter Disc 450 mm	12,5 cm	14°	2	-	Single SteelRunner 550 mm	-	-
Amazone Catros+ 8003-2TX	gezackte Hohlscheibe 510 mm	12,5 cm	17°(vorn)/ 14°(hinten)	2	-	Keilringwalze Mat-rixprofil 650 mm	-	-
Betriebsmaschine*	gezackte Hohlscheibe 510 mm	12,5 cm	~	~	-	~	-	~
Horsch Joker 8 RT	gezackte Hohlscheibe 520 mm	12,5 cm	17°	2	-	Doppel RollPack Packer 550 mm	-	-
Farmet Softer 8 PS	gezackte Hohlscheibe 560 mm	12,0 cm	k.A.	2	-	SDR-Walze 580 mm	-	-
Lemken Rubin 10/500 KUA	gezackte Hohlscheibe DuraMaxx 645 mm	12,5 cm	17°(vorn)/ 15°(hinten)	2	Nivellier-striegel	Doppelprofilwalze DPW 540/540	Striegel	-

2.5.4 Kurzvorstellung der Scheibeneggen

2.5.4.1 Väderstad Carrier 650 CrossCutter Disc

Die Kurzscheibenegge Carrier der Firma Väderstad kann mit einer Vielzahl von Vorwerkzeugen, Scheiben oder Walzen ausgestattet werden. Zur möglichst flachen und ganzflächigen Beseitigung des Ausfallrapses wurde die Carrier zum Maschinenvergleich mit der 450 mm CrossCutter Disc ausgestattet. Die besondere Form der Scheiben ermöglicht es, trotz flachster Bearbeitung (2 cm) den Boden ganzflächig zu schneiden und zu mischen. Die Arbeitstiefe der Scheibensegmente wird über drei in Reihe geschaltete Hydraulikzylinder geregelt. Jede Scheibe hängt zudem einzeln an einem gummigedämpften Scheibenarm, wodurch die Arbeitstiefe gleichmäßig eingehalten wird. Die Rückverfestigung übernimmt eine 550 mm Single SteelRunner Walze. Das Gewicht der Maschine beträgt 5800 kg, der Zugkraftbedarf beginnt laut Väderstad bei 190 PS.

Abbildung 12: Väderstad Carrier 650 CrossCutter Disc

2.5.4.2 Amazone Catros+ 8003-2TX

Die Catros+ 8003-2TX mit 510 mm gezackten Hohlscheiben ist für eine Arbeitstiefe von 5-14 cm konzipiert. Die Tiefeneinstellung der Scheibenfelder erfolgt über 3 Hydraulikzylinder, die großen Tasträder vorn sorgen für eine gleichbleibende Arbeitstiefe und verhindern ein etwaiges Aufschaukeln. Jede Scheibe wird von einer gummigefederten Aufhängung geführt. Die Vorführmaschine war zudem mit ContourFrame ausgestattet, d.h. die Klappflügel werden über Druckspeicher vorgespannt, wodurch jeder Ausleger sich dem Boden individuell nach oben und unten anpassen kann. Zur Rückverfestigung dient eine 650 mm Keilringwalze mit Matrixprofil. Das Gewicht der Maschine liegt bei 8250 kg, der Zugkraftbedarf beträgt laut Amazone mindestens 240 PS.

Abbildung 13: Amazone Catros+ 8003-2TX

2.5.4.3 Horsch Joker 8RT

Zum Maschinenvergleich brachte die Firma Horsch die Kurzscheibenegge Joker 8RT an den Start. Die 520 mm großen gezackten Hohlscheiben sind paarweiße an den gummigepufferten Aufhängungen montiert. Dadurch erhöht sich der Durchgang beträchtlich. Die Tiefenführung erfolgt hydraulisch über die Stützräder vorn und dem Doppel RollPack Packer hinten. Der Anstellwinkel beträgt einheitlich 17°. Das Gewicht der Joker 8RT beträgt in Minimalausstattung und mit Doppel RollPack Packer 7200 kg. Den Zugkraftbedarf gibt Horsch mit mindestens 240 PS an.

Abbildung 14: Horsch Joker 8RT

2.5.4.4 Farmet Softer 8PS

Die Kurzscheibenegge Softer 8PS der Firma Farmet arbeitet mit 560 mm großen, gezackten Hohlscheiben. Der Strichabstand beträgt 12 cm. Jede Scheibe wird von einem gummigelagerten Arm geführt, wodurch eine gute Bodenanpassung gewährleistet ist. Die Maschine wird über 4 Hydraulikzylinder an der Nachlaufwalze in die Tiefe geführt. Mit Hilfe von Distanzscheiben an den Kolbenstangen kann die Arbeitstiefe genau justiert werden. Die Seitenrahmen können sich über den Druckspeicher gut dem kupierten Gelände anpassen. Zur Rückverfestigung war die Softer mit einer 580 mm SDR-Walze ausgestattet. Die Vorführmaschine bringt 6860 kg auf die Waage, der Zugkraftbedarf beginnt laut Farmet ab 270 PS.

Abbildung 15: Farmet Softer 8PS

2.5.4.5 Lemken Rubin 10/500 KUA

Die Lemken Rubin 10 ist mit den größten Scheiben im Teilnehmerfeld ausgestattet. Durch die symetrische Anordnung (X-Form) der 645 mm großen, gezackten Hohlscheiben läuft die Scheibenegge ohne Seitenzug gerade hinter dem Schlepper. Damit auch in der Gerätemitte ein ganzflächiger Schnitt möglich ist, sind die drei mittleren Scheiben in der Längsachse versetzt. Weiterhin stattet Lemken die Rubin 10 mit vorgespannten Federelementen an jedem Scheibenarme aus. Die Rückschlagdämpfung soll für einen ruhigeren Lauf und einer besseren Beibehaltung der Arbeitstiefe sorgen. Die Tiefenführung erfolgt hydraulisch über die Position der Nachlaufwalze. An der Vorführmaschine war als Vorläufer zusätzlich der optional erhältliche Strohstriegel montiert. Dieser kann vor allem bei der Stoppelbearbeitung hilfreiche Dienste leisten. Nach der ersten Scheibenreihe beruhigt ein Prallstriegel den Erdstrom. Der Nivellierstriegel hinter der zweiten Scheibenreihe lenkt den Erdstrahl um und sorgt damit schon vor der Nachlaufwalze für eine gute Einebnung des Bodens. Zur Rückverfestigung war die Maschine mit einer Doppelprofilringwalze ausgestattet.

Abbildung 16: Lemken Rubin 10/500 KUA

2.5.5 Übersicht zu ausgewählten Maschinenparametern der eingesetzten Grubber-Scheibeneggen-Kombination

Tab. 4: Ausgewählte Maschinenparameter der eingesetzten Grubber-Scheibeneggen-Kombination

Modell	Strich-abstand	Reihen	Rahmen-höhe	Werkzeug	Einebnung	Walze	Vorläufer	Nachläufer
Amazone Ceus 5000-2TX Super	12,5cm 40,0 cm	2 3	800 mm	gezackte Hohl-scheibe 510 mm Gänsefußschar 320 mm	Einebnungs-scheiben	Keilringwalze Matrixprofil 650 mm	Scheibenegge	-

2.5.6 Kurzvorstellung der Grubber-Scheibeneggen-Kombination

2.5.6.1 Amazone Ceus 5000-2TX Super

Im Bereich der Multifunktionsgrubber bietet Amazone mit dem Ceus 5000-2TX eine kombinierte Maschine, bestehend aus Kurzscheibenegge und einem 3-balkigen Zinkenfeld. Das vorlaufende Scheibenfeld, baugleich mit dem der Catros, besitzt 510 mm gezackte Hohlscheiben, welche einzeln über gummigelagerte Holme geführt werden. Das Zinkenfeld ist mit dem vom Cenius bekannten C-Mix Super Zinken bestückt, der Strichabstand beträgt 40 cm. Die Druckfeder-Überlastsicherung liegt bei 600 kg. Zur Einebnung und nochmaligen Krümelung laufen vor der 650 mm Keilringwalze gezackte Einebnungsscheiben. Sowohl das Scheiben- und Zinkenfeld als auch die Einebnungseinheit sind jeweils hydraulisch in der Tiefe verstellbar. Somit ist auch ein separates Arbeiten nur mit Scheiben oder nur mit Zinken möglich.

Abbildung 17: Amazone Ceus 5000-2TX Super

2.6 Methodik

Die bonitierten Bereiche umfassen jeweils einen ca. 35 m langen und 15 m breiten Bereich der Bearbeitungsstreifen in der Stoppel- und der Mulchvariante (siehe Abbildung 1). In jedem dieser Quadrate wurde der Pflanzenbestand vor der Stoppelbearbeitung mittels Göttinger Zählrahmen (0,1 m²) 5-mal gezählt sowie das Entwicklungsstadium und die Pflanzenhöhe bestimmt. Die Ermittlung der organischen Substanzauflage nach erfolgter Bodenbearbeitung wurde mit der Schnurmethode nach WINNIGE et al.(1) durchgeführt. Die dabei eingesetzte Schnur besitzt auf 10 m Länge im Abstand von 10 cm 100 Markierungen. Die Anzahl der Pflanzen- und Stoppelreste, welche die Schnur an diesen Markierungen schneidet, ergibt den Deckungsgrad der Substanzauflage (Abbildung 18). Gleichzeitig wurde diese Schnur genutzt, um die Anzahl von nicht ausreichend bekämpften Pflanzen aufzunehmen. Im Abstand von 5 cm rechts und links der 10 m langen Schnur konnte so pro Zählung ein 1 m² großer Bereich diagonal zur kompletten Bearbeitungsbreite bonitiert werden. Die Erfassung der beiden Parameter wurde pro Bereich 5-mal wiederholt. Das Bearbeitungsmuster der Bonituren verdeutlicht die schematische Darstellung in Abbildung 18. Außerdem wurden zur Beurteilung der Arbeitstiefe und der Bearbeitungsqualität Querschnittprofile freigelegt und vermessen (Abbildung 20)

Abbildung 18: Vorgehensweiße der Zählung mittels Schnurmethode nach WINNIGE et al. [1]

[1] Winnige et al. (1998): Indikation der aktuellen Erosionsgefährdung mit Hilfe der Bodenbedeckung. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.,88, 569-572

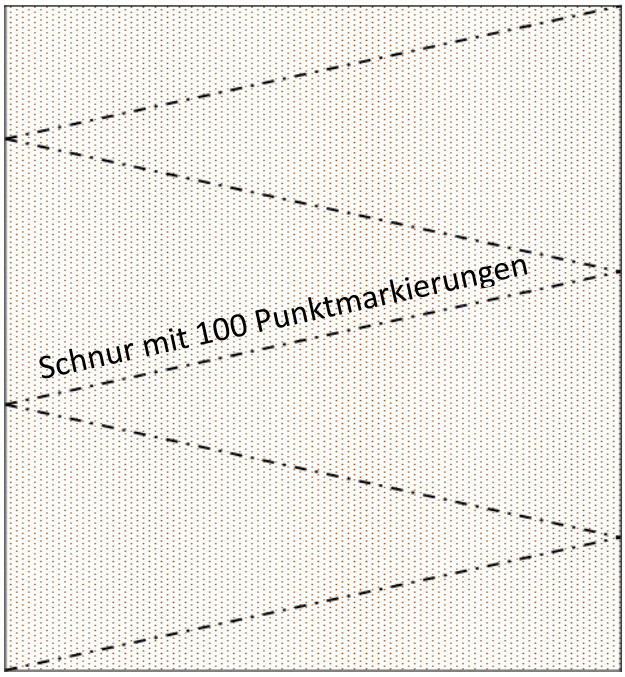


Abbildung 19: Begang-Schema im Bearbeitungstreifen

Abbildung 20: Bearbeitungsprofi

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich der organischen Substanzauflage

Die organische Substanzauflage setzt sich aus Stroh- und Pflanzenresten zusammen, welche nach der Bearbeitung auf der Bodenoberfläche verbleiben. Diese Mulchschicht schützt unter anderem den Boden vor Wind- und Wassererosion, fördert das Bodenleben und reduziert durch Beschattung die Austrocknung und Überhitzung der Ackerkrume (bes. bei Sandböden). Aus diesen Gründen sollte nach der Stoppelbearbeitung der Boden mit einer dünnen Substanzauflage möglichst gut bedeckt sein. Dabei sollte jedoch vermieden werden, dass größere Strohmatten zurück bleiben, welche zu teilweise erheblichen phytosanitären Problemen bei der Folgekultur führen können (Mäuse, Schnecken, Auflaufschwierigkeiten). In Abbildung 21 wurden die Anteile der verbliebenen organischen Substanzauflagen sowie die jeweiligen Bearbeitungstiefen in den Bearbeitungsstreifen für die getesteten Bodenbearbeitungsmaschinen getrennt nach Maschinenkategorien gegenübergestellt. Bei den Grubbern fällt auf, dass unabhängig von der Arbeitstiefe unterschiedlich hohe Substanzauflagen produziert werden. Diese liegt vor allem an dem sehr variablen Aufbau der Grubber (Scharsystem, Balkenanzahl, Vorwerkzeuge u.a.) . Die höchste Substanzauflage hinterließ aufgrund einer sehr einheitlich flachen Bearbeitung der Köckerling Allrounder flatline, was bei diesem Grubber sicherlich auf die

neu entwickelte Konturanpassung zurückzuführen ist. Vergleicht man die Stoppel- und Mulchvarianten miteinander, so liegen die Werte der organischen Substanzauflage in den Stoppelvarianten jeweils tendenziell etwas höher, was aufgrund des längeren Strohs in den Stoppelvarianten zu erwarten war. Die Ausnahmen bilden hier der Kerner Stratos SA und der Köckerling Allrounder flatline, welche beide mit einer vorlaufenden Messerwalze ausgestattet waren. Das längere Stroh wird bei diesen Maschinen geschnitten und kann anschließend gut eingearbeitet werden. Die bessere Einarbeitung von Langstroh ist vor allem auch aus phytosanitärer Sicht vorteilhaft.

Bei den Scheibeneggen ist tendenziell ein Zusammenhang zwischen der Arbeitstiefe und dem auf der Bodenoberfläche verbleibenden Anteil der organischen Substanzauflage festzustellen. Die höchsten Anteile in Bezug auf die organischen Substanzauflage erreicht hier der Väderstad Carrier mit der Cross Cutter Disc, welche für eine ganzflächige Bodenbearbeitung bei extrem flacher Arbeitstiefe konzipiert wurde. Mit Ausnahme der Amazone Catros+ hinterließen alle Scheibeneggen im Stoppelvarianten erwartungsgemäß eine leicht höhere Substanzauflage als in den entsprechenden Mulchvarianten.

Ermittelt man die durchschnittliche Substanzauflage für Grubber und Scheibeneggen, so ergeben sich in den Stoppel- und Mulchvarianten etwas höhere Werte für die Scheibeneggen. Die Arbeitstiefe unterscheidet sich hier im Mittel nur um ca. 1 cm. Dies wiederspricht der verbreiteten Meinung, dass Grubber generell im flachen Arbeitsbereich Stroh schlechter einarbeiten als Scheibeneggen. Dies liegt vor allem daran, dass mit Ausnahme der Betriebsmaschine, alle Vorführmaschinen mit Gänsefußschare versehen waren. Diese mischen auch in flachster Arbeitstiefe gut ein. Zudem geht die Entwicklung bei den Landmaschinenherstellern zunehmend hin zu Maschinen mit mehr als 4 mischenden Balken.

Betrachtet man aus Erosionsschutzgründen nur die organische Substanzauflage, so wäre am Standort Creuzburg der Einsatz des Flachgrubbers Köckerling Allrounder flatline die Vorzugsvariante. Die Bodenbedeckung war hier genauso hoch, wie die ohne mechanische Bearbeitung behandelte Glyphosatvariante. Diese lag nach 14-tägiger Wirkungsdauer des Glyphosats bei 80 %. Die Barrierewirkung eines mit Glyphosat behandelten Pflanzenbestandes ist im Allgemeinen allerdings höher einzustufen, als eine lose Mulchbedeckung. Auch sind die Arbeitserledigungskosten der mechanischen Beseitigung hier deutlich höher.

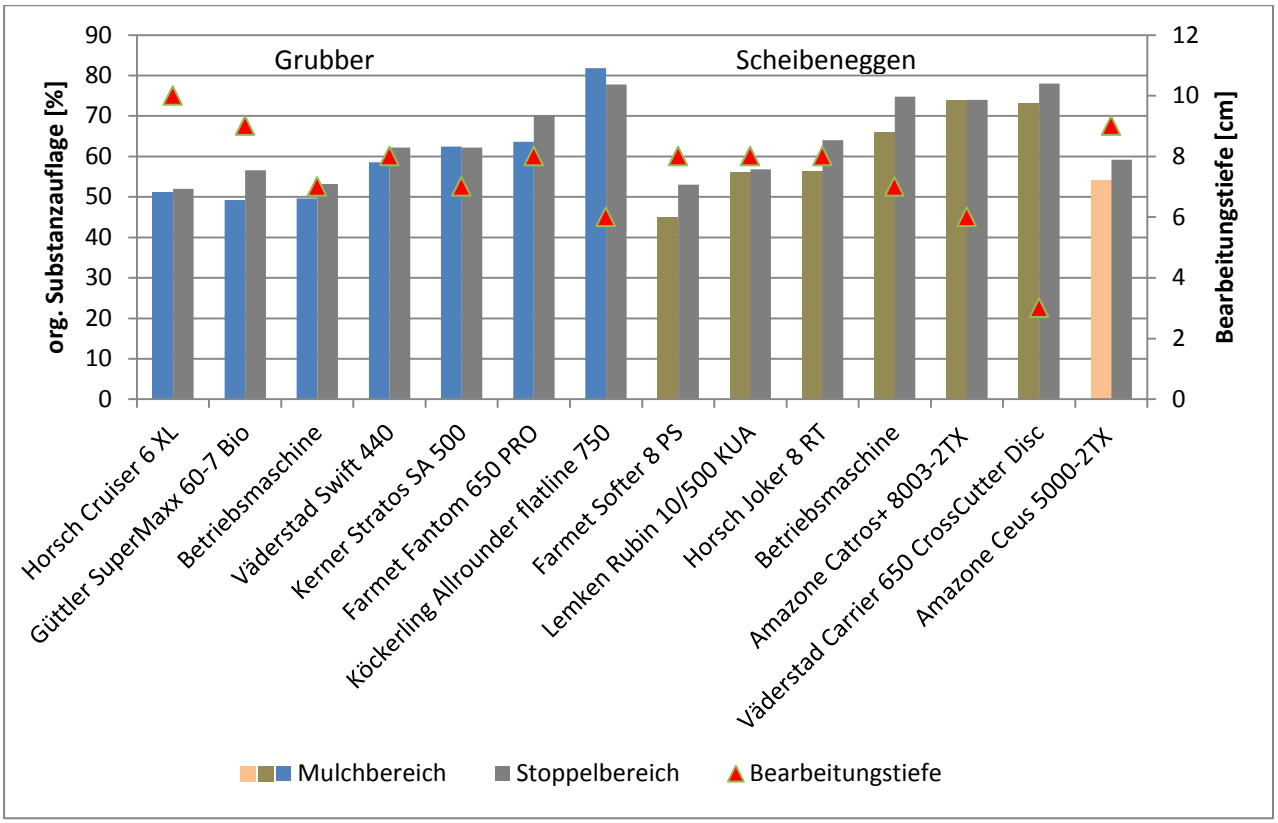


Abbildung 21: Vergleich der organischen Substanzauflage in den Mulch- und Stoppelvarianten

3.2 Vergleich der Wirkungsgrade

Der Tabelle 5 sind die mittleren Werte der Bestandesdichten für die 2 getrennten Boniturbereiche zu entnehmen. In den ersten 7 Bearbeitungsstreifen (Boniturbereich-Nord) wurden deutlich mehr Rapspflanzen registriert als in den Bearbeitungsstreifen 8- 14 (Boniturbereich-Süd). Hier ist die Ackerkrume tiefgründiger. Im Bereich der Bearbeitungsstreifen 8 bis 14 sinkt die Anzahl Rapspflanzen aufgrund des kupierten Reliefs und des hohen Steingehaltes. Der prozentuale Zuwachs an neuaufgelaufenem Ausfallraps ist hier zudem 5 % niedriger als im Bearbeitungsstreifen 1 bis 7. Die Entwicklungsstadien und Wuchshöhen der Rapspflanzen waren trotz der Bodenunterschiede in allen Bearbeitungsstreifen annähernd gleich.

Tab. 5: Bestandesdichte in den jeweiligen Boniturbereichen

Bearbeitungs-streifen (PG)	Anzahl Rapspflanzen/m²	
	Stoppelbereich	Mulchbereich
1 bis 7	960	1365
8 bis 14	575	785
Mittelwert	768	1075

In Abbildung 22 sind die Wirkungsgrade der Bearbeitungsgeräte in Mulch- und Stoppelbereich dargestellt. Der Wirkungsgrad der Glyphosatvariante 3 Wochen nach der Behandlung betrug 100%.

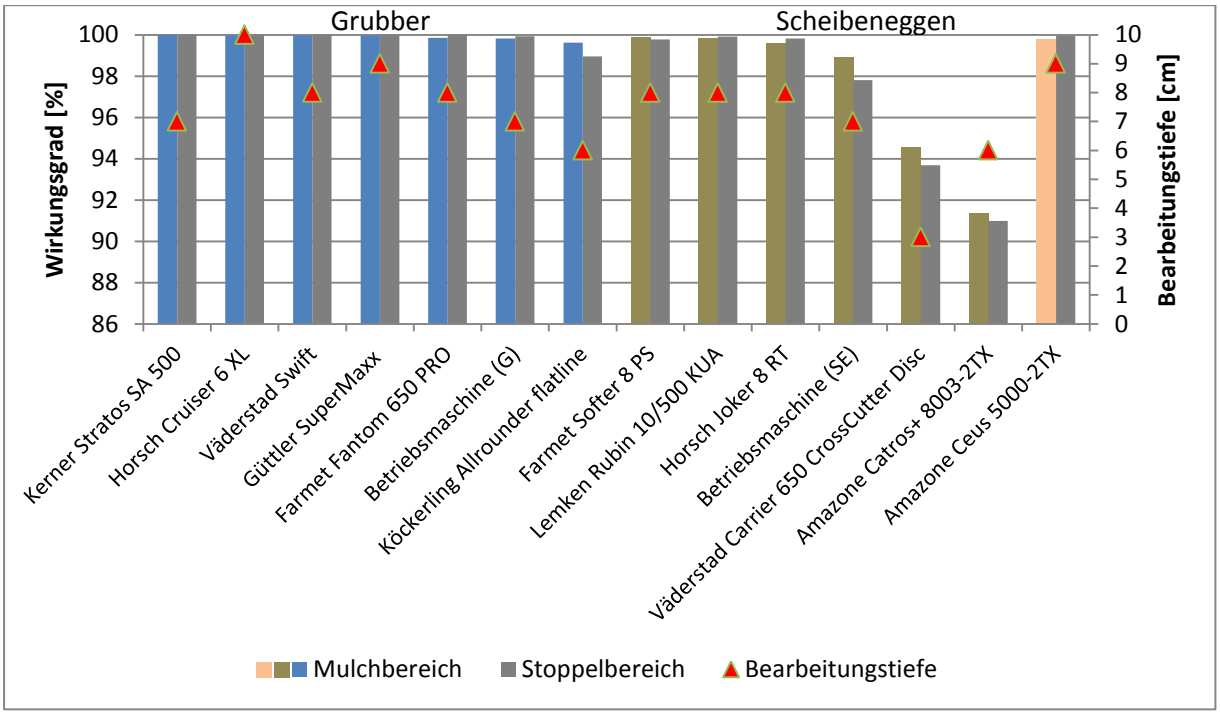


Abbildung 22: Vergleich der Wirkungsgrade auf Ausfallraps im Mulch- und Stoppelbereich

Alle Grubber beseitigten den Ausfallraps im Mulch- und Stoppelbereich zu mindestens 99%. Die geringe Wuchshöhe und die ganzflächig schneidende Wirkung der Gänsefußschare sind hier entscheidend für die hohen Wirkungsgrade. Die Scheibeneggen erzielten ebenso sehr gute Bekämpfungsraten. Zur Wirkunsgreduktion kam es allerdings in den besonders steinigen Abschnitten der Bearbeitungsstreifen 1 (Scheibenegge Betriebsmaschine), 12 (Väderstad Carrier CrossCutter Disc) und 13 (Amazone Catro+). Hier verhinderte eine große Anzahl von Steinen (Oberflächenbedeckung bis zu 30%) die mischende Wirkung der rollenden Scheiben. Wie sehr hier die schneidende Wirkung von Scharen vorteilhaft ist, zeigt der Wirkungsgrad des Amazone Ceus. Ausgestattet mit dem gleichen Scheibenfeld wie die Amazone Catros+ wurde dank dreier zusätzlicher Zinkenreihen der Ausfallraps nahezu vollständig beseitigt

3.3 Beurteilung der Bearbeitungsprofile

3.3.1 Arbeitstiefe

In allen Bearbeitungsstreifen wurde ein ca. 5 m langes Querprofil der Bodenbearbeitung freigelegt und vermessen. Daraus resultieren die in Abbildung 23 dargestellten Arbeitstiefen. Die Sortierung der Arbeitsgeräte in der Abbildung entspricht der Reihenfolge des Maschineneinsatzes auf dem Feld. Zusätzlich ist der bonitierte Steinbesatz an der Bodenoberfläche nach der Bodenbearbeitung dargestellt. Es wird ersichtlich, dass der Steingehalt im Boniturbereich nördlich der Demonstrationsanlage (PG 1 bis 7) mit Ausnahme der ersten beiden Bearbeitungsstreifen (PG 1, 2) annähernd konstant bei 5% liegt. Im Boniturbereich Süd wurde dagegen ein deutlich höherer Steinbesatz registriert. Unter dem Gesichtspunkt gleicher Voraussetzungen für jedes Bodenbearbeitungsgerät ist die starke Heterogenität natürlich negativ zu beurteilen. Auf der anderen Seite gewährt es einen zusätzlichen Einblick auf die Vorzüglichkeit bestimmter Arbeitsgeräte.

Im tiefgründigeren Boniturbereich Nord erreichten mit Ausnahme der Betriebsscheibenegge alle Arbeitsgeräte Wirkungsgrade von über 99% (Vergleich Abbildung 22). Die Niveauunterschiede im Bearbeitungshorizont sind bei den Scheibeneggen deutlich höher als bei den hier eingesetzten Grubbern. Dies lässt darauf schließen, dass zum einen die Scheibeneggen zur Beseitigung des Ausfallrapses deutlich aggressiver eingestellt wurden als die Grubber. Zum anderen verhinderte der zum Bearbeitungszeitpunkt ausgetrocknete Boden stellenweiße ein Eindringen der Scheiben. Die schneidende Wirkung eines Grubbers ist hier der rollenden Bewegung einer Scheibenegge vorzuziehen. Die Vorteile der geringeren Verschleißkosten und des niedrigeren Kraftstoffverbrauchs von Scheibeneggen werden unter diesen Bedingungen herabgesetzt. Der Kerner Stratos SA (Grubber) erzielte mit 4 cm die geringsten Niveauunterschiede im Bearbeitungsprofil. Dies ist auch ein Hinweis auf die Vorteilhaftigkeit eines Federpakets (stabiler in der Tiefenführung). Die Farmet Softer 8PS (Scheibenegge) hinterlässt dagegen mit 11 cm die höchsten Niveauunterschiede im Bearbeitungsprofil.

Auch im Boniturbereich Süd wurden bei den Scheibeneggen höhere, bei den Grubbern niedrigere Niveauunterschiede im Bearbeitungsprofil gemessen. Erschwerend kam hier der hohe Steinbesatz hinzu, welcher vor allem die Eingriffsintensität für die Scheibeneggen stellenweiße auf 1 bis 2cm verringerte. Aufgrund der kupierten Lage steigt das natürliche Gesteinsvorkommen hier stetig von West (PG 8) nach Ost (PG 14) an. Ein Blick auf den bonitierten Steinbesatz an der Oberfläche zeigt aber, dass gerade bei den Scheibeneggen dieser niedriger ist als in den benachbarten Grubbervarianten.

Die rollende Bewegung der Scheiben erweist sich hier als besonders vorteilhaft. Denn gerade zur Aussaat oder der Ernte kann ein zu hoher Steinbesatz zu agrotechnischen Problem führen. Aber auch innerhalb der Scheibeneggen gibt es klare Unterschiede, wie das Beispiele Amazone Catros+ und Väderstad Carrier CrossCutter Disc zeigt. Beide wurden in einem Bereich mit sehr hohem Gesteinsvorkommen in der Ackerkrume eingesetzt. Durch die breite Scheibenform der CrossCutter Disc (11,5cm gegenüber dem Branchenstandard von 5cm) arbeitet diese Scheibe viel flacher und fördert nur wenige Steine an die Bodenoberfläche. Bei der direkt daneben eingesetzten Catros+ steigt der Steinbesatz durch die aggressive Arbeitsweiße auf das dreifache an, der Wirkungsgrad ist aber niedriger (vgl. Abb. 23). Das kombinierte Scheiben-Grubberfeld des Amazone Ceus arbeitet im extrem steinigen Bereich mit sehr guter Wirkung auf den Ausfallraps. Zudem wird auch die Arbeitstiefe gut eingehalten. Die schneidende Wirkung des Grubberfeldes ist hier entscheidend für die Wirkungsverbesserung gegenüber der Amazone Catros+.

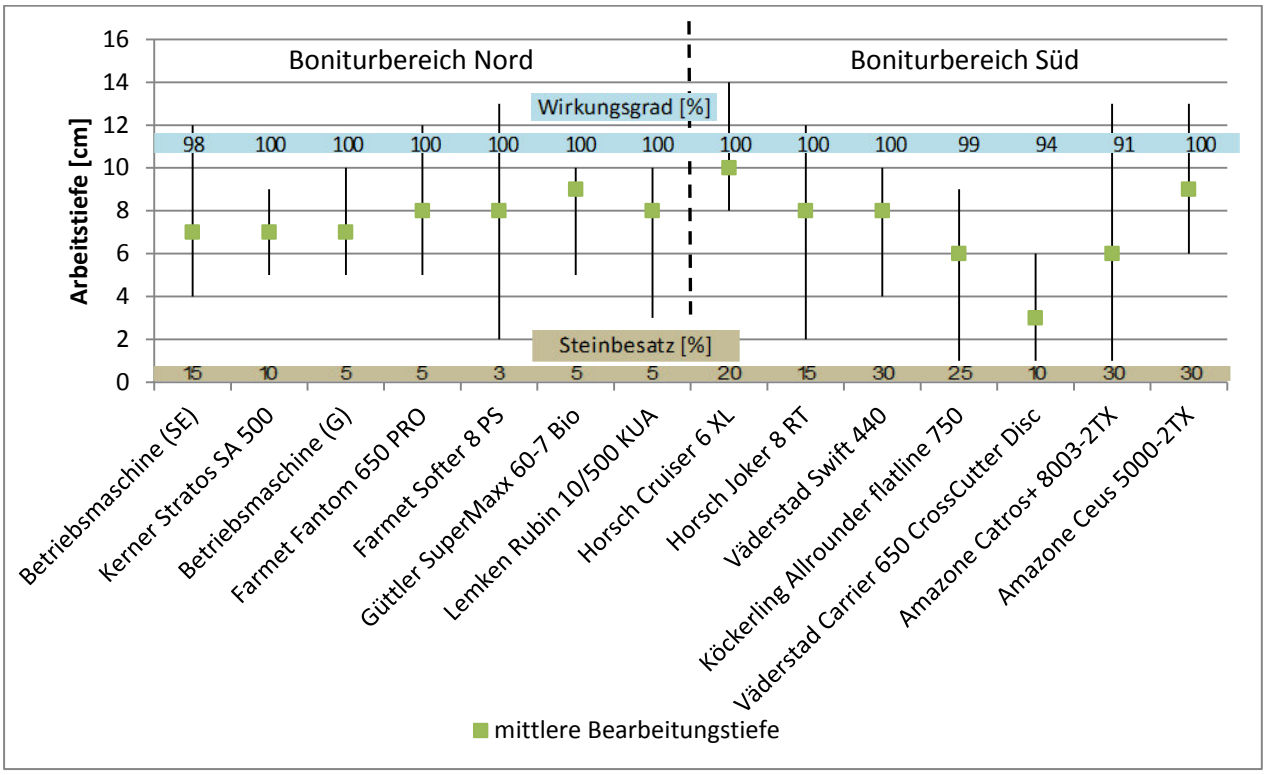


Abbildung 23: Bearbeitungstiefen der eingesetzten Arbeitsgeräte sowie Steinbesatz an der Bodenoberfläche

Unter Berücksichtigung der drei untersuchten Merkmale (org. Substanzauflage, Wirkungsgrad, Arbeitsqualität) ist am Standort der Einsatz der Väderstad Carrier mit CrossCutter Disc zu empfehlen. Die Bekämpfungsleistung

der eingesetzten Grubber ist hier durch die schneidende Wirkung zwar besser. Allerdings fördern diese gerade in den sehr kupierten Bereichen viel Steine an die Bodenoberfläche. Die CrossCutter Disc kombiniert die schneidende Wirkung Dank speziell gestalteter Scheibenform mit den positiven Eigenschaften einer Scheibenegge.

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Ergebnisse der einfach wiederholten Demonstrationsanlage nur einen kleinen Einblick in die Komplexität der Bodenbearbeitung geben. Die hier abgeleiteten Schlussfolgerungen lassen sicher Platz zur Diskussion.

3.3.2 Arbeitsqualität

Nachfolgend wird die Qualität der mechanischen Unkrautbekämpfung anhand der freigelegten Arbeitsprofile für die untersuchten Behandlungsvarianten kurz diskutiert. Die eingesetzten Betriebsmaschinen bleiben bei der folgenden Betrachtung unberücksichtigt.

3.3.2.1 PG 2: Kerner Stratos SA 500

Der Kerner Stratos SA 500 kam auf dem stark ausgetrockneten Boden sehr gut zurecht. Dank des Federpakets konnte die Arbeitstiefe relativ konstant gehalten werden (5 – 9cm). Die Gänsefußschare (3cm Überlappung) schnitten alle Stängel und Pflanzen gut ab. Die Profilsohle war unter den schwierigen Bedingungen noch relativ eben. Die vorlaufende Messerwalze sorgte dafür, dass im Stoppelbereich die Rapsstängel gut zerkleinert wurden. In Verbindung mit der flachen Arbeitstiefe (∅ 7cm) war die Mulchbedeckung hier genauso hoch wie im Mulchbereich. Die Ackeroberfläche war gut eingeebnet und bestand zu 60% aus feinen und zu 40% aus groben Gefügeaggregaten.

Abbildung 24: Freigelegtes Bodenprofil

Abbildung 25: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.2 PG 4: Farmet Fantom 650 PRO

Der Farmet Fantom 650 PRO verrichtete ebenfalls unter den doch schwierigen Bedingungen gut Arbeit. Die montierten Gänsefußschare schnitten alle Stängel und Pflanzen sauber ab. Die Arbeitstiefe konnte der Fantom allerdings nicht so gut wie der getestete Stratos einhalten. Die Niveauunterschiede schwanken von 5 - 12cm, die Profilsohle war daher recht uneben. Demnach bleib auch die Ackeroberfläche etwas gefurcht zurück. Grobe Gefügeaggregate wechselten sich zu gleichen Teilen mit feiner Krümelung ab. Die organische Substanz war in der Stoppelvariante leicht erhöht, da die langen Stängel hier schwerer einzuarbeiten waren.

Abbildung 26: Freigelegtes Bodenprofil

Abbildung 27: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

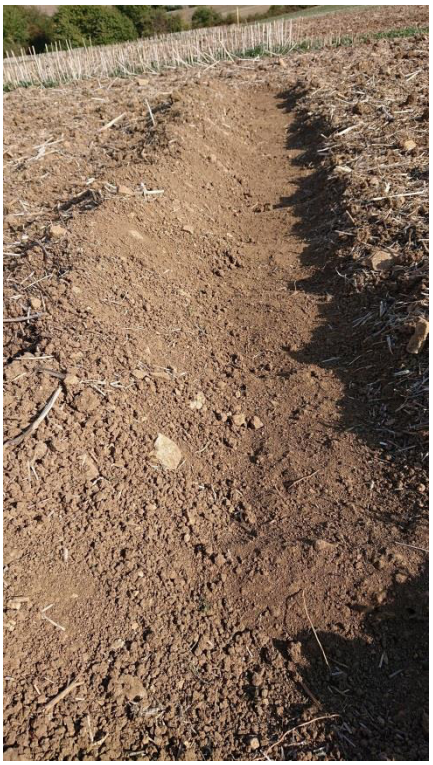
3.3.2.3 PG 5: Farmet Softer 8PS

Abbildung 28: Freigelegtes Bodenprofil

Die Ausfallrapsbeseitigung erledigte die Farmet Softer sehr zufrieden stellend. Nur vereinzelt wurden einzelne Pflanzen nicht erfasst. Im freigelegten Bearbeitungsprofil wurden Tiefen zwischen 2 und 13cm registriert. Die Profilsohle war stark gewellt. Aufgrund der stellenweiße hohen Eingriffsintensität betrug die Substanzauflage in der Mulchvariante nur 45%, in der Stoppelvariante 53%. Dies sind im Mittel die niedrigsten Werte im gesamten Maschinenvergleich. Die Oberfläche hinterließ einen insgesamt ebenen Eindruck mit feinen und mittelgroben Bodenaggregaten. Die gut mischende und einebnende Wirkung der Scheiben waren hierfür maßgeblich.

Abbildung 29: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.4 PG 6: Güttler SuperMaxx 60-7 Bio



Die Großfederzahnegge SuperMaxx 60-7 Bio von Güttler war die mit knapp 2000kg leichteste Maschine im Teilnehmerfeld. Dennoch drang die Maschine gut in den Boden ein und hielt die Arbeitstiefe mit 5cm Niveauunterschied relativ konstant. Die montierten Gänsefußschare schnitten alle Stängel und Pflanzen vollständig ab. Aufgrund der fehlenden Nachlaufwalze hinterließ die Maschinen einen sehr lockeren Bearbeitungshorizont mit größtenteils groben Bodenaggregaten. Dies hatte aber am Standort den Vorteil, dass auch die Pflanzen, welche der Doppelstriegel nicht aus der Erde kämmen konnte, abtrockneten und schließlich abstarben. Die 6 Arbeitsbalken und der Doppelstriegel erzeugen trotz der großen Bodenaggregate eine insgesamt ebene Ackeroberfläche. Die Substanzauflage war mit 49% im Mulch- und 57% im Stoppelbereich zufriedenstellend.

Abbildung 30: Freigelegtes Bodenprofil

Abbildung 31: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.5 PG 7: Lemken Rubin 10/500 KUA

Abbildung 32: Freigelegtes Bodenprofil

Die Rubin 10 war von allen teilnehmenden Scheibeneggen die einzige mit Frontstriegel, Federelemente als Überlastsicherung und Nivellierstriegel. Diese Vollausstattung machte sich beim Maschinenvergleich auf sehr harten Boden definitiv bemerkbar. Alle Pflanzen und Stängel wurden vollständig geschnitten. Die Arbeitstiefe (∅ 8cm) wird dank der vorgespannten Federelemente gut gehalten. Flacher arbeitet die Maschinen nur selten bzw. beim Auftreffen auf Gestein. Die Einarbeitung der org. Substanz ist im Mulch- und Stoppelbereich nahezu identisch. Die Bodenoberfläche ist Dank des Nivellierstriegels sehr eben. Die Krümelung ist größtenteils fein mit wenigen groben Bodenaggregaten.

Abbildung 33: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.6 PG 8: Horsch Cruiser 6XL

Abbildung 34: Freigelegtes Bodenprofil

Der Horsch Cruiser 6XL verrichtete auf den ausgetrockneten und steinigen Boden gute Arbeit. Die Gänsefußschare schnitten alle Stängel und Pflanzen vollständig ab. Die Profilsohle war relativ stark gefurcht, die gemessene Arbeitstiefe schwankte im freigelegten Bearbeitungsprofil zwischen 8 und 14cm. Damit arbeitete der Cruiser von allen teilnehmenden Maschinen im Mittel am tiefsten. Die org. Substanzauflage war dadurch in Stoppel- und Mulchbereich annähernd identisch. Die Bodenoberfläche war gut eingeebnet mit mittelgroben Bodenaggregaten.

Abbildung 35: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.7 PG 9: Horsch Joker 8RT

Die Horsch Joker 8RT arbeitete in einem zunehmend steinig werdenden Bereich. Die Bearbeitungssohle war folglich stark wellig, die Bearbeitungstiefen schwankten zwischen 2 und 12cm. Die Ausfallrapsbeseitigung gelang dennoch sehr zufriedenstellend. Auch die Substanzauflagen waren trotz der zum Teil intensiveren Einarbeitung hoch. Die Bodenoberfläche war fein bis mittelgrob und gut eingeebnet.

Abbildung 36: Freigelegtes Bodenprofil

Abbildung 37: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.8 PG 10: Väderstad Swift 440

Abbildung 38: Freigelegtes Bodenprofil

Der Väderstad Swift kam auf dem harten und steinigen Boden sehr gut zurecht. Die Vibrationszinken arbeiteten zuverlässig, alle Pflanzen und Stängel wurden vollständig geschnitten. Die Profilsohle war relativ eben, nur an wenigen Stellen im freigelegten Bearbeitungsprofil konnte die Arbeitstiefe nicht gehalten werden. Der Swift produzierte am Standort größtenteils mittelgrobe Bodenaggregate, die Ackeroberfläche war Dank Sternverteiler und Nachlaufstriegel noch gut eingeebnet. Die org. Substanzauflagen waren im Stoppel und Mulchbereich annähernd identisch.

Abbildung 39: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.9 PG 11: Köckerling Allrounder flatline 750

Abbildung 40: Freigelegtes Bodenprofil

Den Spagat zwischen möglichst flacher Bodenbearbeitung bei nahezu vollständiger Ausfallrapsbeseitigung meisterte der Allrounder flatline sehr gut. Die Arbeitstiefe konnte zwar auch hier aufgrund der vielen Gesteinsplatten nicht immer eingehalten werden (1 – 9cm). Die durchschnittliche Arbeitstiefe von 6cm im freigelegten Bearbeitungsprofil war dennoch sehr zufriedenstellend. Infolgedessen hinterließ der Allrounder auch sehr hohe Substanzmengen an der Bodenoberfläche. Dank des 6-balkigen Aufbaus, der vorlaufenden Messerwalze und des Nachstriegels war diese aber auch immer sehr fein und gleichmäßig verteilt. Die Bodenoberfläche war größtenteils feinkrümlige und sehr gut eingeebnet.

Abbildung 41: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.10 PG 12: Väderstad Carrier CrossCutter Disc

Die Väderstad Carrier CrossCutter Disc arbeitete von allen teilnehmenden Maschinen am flachsten (∅ 3cm). Aufgrund des hohen Gesteinsvorkommens wies das freigelegte Bearbeitungsprofil Tiefen von 1 – 6cm auf. Der Ausfallraps und die Altrapsstängel (Stoppelbereich) konnten nicht immer sauber geschnitten werden. Der Wirkungsgrad von 95% ist unter den widrigen Bedingungen dennoch ein sehr gutes Ergebnis. Die rollende und gleichzeitig schneidende Wirkung der sehr flach arbeitenden CrossCutter Disc schafft nicht nur gute Wirkungsgrade, sie fördert auch kaum Gesteine an die Bodenoberfläche. Aus agrotechnischer Sicht ist dies vor allem bei der nachfolgenden Aussaat und der Ernte von großem Vorteil. Die org. Substanzauflage war ebenfalls sehr hoch (∅ 75%). Die Bodenoberfläche insgesamt feinkrümlig und gut eingeebnet.

Abbildung 42: Freigelegtes Bodenprofil

Abbildung 43: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.11 PG 13: Amazone Catros+ 8003-2TX

Abbildung 44: Freigelegtes Bodenprofil

Wie aus Abbildung 44 ersichtlich, musste sich die Amazone Catros+ in sehr schwierigem Terrain beweisen. Hohe Gesteinsvorkommen verhinderten zum Teil großflächig das Eindringen der Maschine in den Boden. Um dennoch einen Eingriff in den Boden zu erreichen, wurde die Maschine sehr aggressiv eingestellt. Die Arbeitstiefe im Bearbeitungsprofil schwankte somit zwischen 1 und 13 cm. Dadurch konnte noch ein zufriedenstellender Wirkungsgrad gegen Ausfallraps erreicht werden.

Die Bodenaggregate an der Ackeroberfläche waren fein- bis mittelgrob und trotz des hohen Steingehalts noch gut eingeebnet.

Abbildung 45: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.3.2.12 PG 14: Amazone Ceus 5000-2TX Super

Abbildung 46: Freigelegtes Bodenprofil

Die Bedingungen für den Amazone Ceus waren ähnlich schwierig wie bei der benachbarten Catros+. Dennoch konnten hier nahezu alle Rapspflanzen beseitigt werden. Entscheidend war die zusätzlich zum Scheibeneggensegment schneidende Wirkung der 3 Zinkenreihen. Dank hoher Auslösekraft blieben diese konstant im Boden. Die Arbeitstiefe im Bearbeitungsprofil schwankte zwischen 6 und 13cm. An der noch gut eingeebneten und mittelgroben Bodenoberfläche blieben damit aber auch viele Steine zurück.

Abbildung 47: Gesamtansicht des Bearbeitungsstreifens mit Mulch- (vorn) und Stoppelbereich (hinten)

3.4 Fortführung der Demonstrationsanlage

Direkt nach dem Feldtag am 19.09.2019 wurde die Demonstrationsanlage einheitlich mit der Betriebsscheibenegge bearbeitet. In den Bearbeitungsstreifen wurden dadurch alle noch verbleiben Rapspflanzen beseitigt. Der Winterweizen wurde Ende September ausgesät. Bei der Bonitur kurz vor der Herbizidapplikation durch den Betrieb im frühen Nachauflauf (BBCH 10) konnten nahezu keine Unkräuter und Ausfall-/Altrapspflanzen festgestellt werden, sodass keine Rückschlüsse auf Unterschiede in der Bekämpfungsleistung der geprüften Geräte zu diesem Zeitpunkt möglich waren.

4 Diskussion

Ein Verbot von Glyphosat würde die konventionellen Landwirtschaftsbetriebe und hier insbesondere die Betriebe, die vorrangig oder ausschließlich konservierende Bodenbearbeitungsverfahren nutzen, vor große Herausforderungen stellen. Da Glyphosat im konventionellen Ackerbau gegenwärtig vor allem zur Bekämpfung von Ausfallkulturen eingesetzt wird, sollten im Rahmen des Ackerbauforums der TLLLR die Möglichkeiten der mechanischen Ausfallrapsbekämpfung mit einem breiten Spektrum an auf dem Markt befindlichen Maschinen demonstriert werden. Die Ausrichtung fand im September 2019 auf dem Betrieb der Landwirtschafts GmbH Ifta in Creuzburg statt.

Der Maschinenvergleich hat verdeutlicht, dass für die mechanische Ausfallrapsbekämpfung vorrangig Flachgrubber und Kurzscheibeneggen eingesetzt werden. Die Ergebnisse der Bonituren zeigen, dass in Bezug auf Bedeckungs- und Wirkungsgrad mit der mechanischen Bekämpfung ähnlich hohe Wirkungsgrade wie mit einer Glyphosat-Behandlung erzielt werden können. Grundvoraussetzung hierfür sind mehrere Faktoren. Zum einen spielt die Witterung eine große Rolle. Am Standort Creuzburg überwog mit Ausnahme eines Regenschauers kurz nach Ernte eine für den August überdurchschnittlich warme und trockene Witterung. Der zum Auflauf angeregte Winterraps konnte sich zwar gut etablieren, verbleib aber danach aufgrund der Trockenheit im Entwicklungsstadium BBCH 10-14 mit sehr niedriger Wuchshöhe. Ein zweiter für die zögerliche Entwicklung des Rapses verantwortlicher Faktor war der (trockene) Boden, der aufgrund des hohen Tonanteils nach der Bearbeitung in mittlere bis grobe Bodenaggregaten zerfiel. Unabhängig der verwendeten Maschine trocknete die Ackerkrume gut aus, wodurch auch Pflanzen, welche nicht vollständig herausgekämmt oder überschüttet wurden, abstarben. Ein ganz entscheidender Punkt bei der mechanischen Ausfallraps-/Unkrautbekämpfung ist die richtige Einstellung der Arbeitsgeräte. Zum Maschinenvergleich beglei-

teten ausschließlich erfahrene Firmenvertreter den Einsatz der Maschinen. Die Heterogenität und darüber hinaus der hohe Steingehalte des Standortes, wodurch eine mechanische Bodenbearbeitung in der Regel erschwert wird, erwies sich in diesem Fall als Vorteil, da dadurch die Vor- und Nachteile der geprüften Arbeitsgeräte demonstriert werden konnten. So zeigte sich, dass durch den zum Teil hohen Steingehalt in einigen Bereichen der Demonstrationsanlage die Wirkungsgrade vor allem bei den Scheibeneggen vermindert wurden. Hingegen war die schneidende Wirkungsweise der Grubber davon nicht betroffen. Allerdings förderten diese Maschinen mehr Steine an die Bodenoberfläche, was dann wiederum zu agrotechnischen Problemen bei der Aussaat der Folgekultur führen kann. Im Fall des Köckerling Allrounders flatline zeigte sich aber, dass durch eine flache Bodenbearbeitung mit guter Konturanpassung der Maschine an den Boden dieser Effekt deutlich reduziert werden kann. Zudem wurden hohe Wirkungsgrade als auch hohe Substanzauflagen geschaffen, welche mit einer Glyphosatbehandlung vergleichbar sind. Die Väderstad Carrier CrossCutter Disc verbindet Dank ihrer speziellen Form schneidende und rollende Wirkungsweise, was eine sehr flache Bodenbearbeitung mit guter Ausfallrapsbeseitigung ermöglicht. Darüber hinaus werden Steine der oberen Bodenschicht bei dieser Maschine nicht erfasst werden. Bei der Grubber-Scheibeneggenkombination Amazone Ceus ist es möglich, das Grubberfeld und das Scheibensegment separat in die Tiefe zu führen. Somit kann auf die unterschiedlichen Bedingungen im Feld sehr flexibel reagiert werden und damit verschleiß-mindernd gearbeitet werden. Auch die anderen im Rahmen der Felddemonstration eingesetzten Arbeitsgeräte zeigten, dass diese eine Alternative zur Glyphosat-Behandlung darstellen können. Der Einsatz von Gänsefußscharen, eine vorlaufende Messerwalze, Stickstoffspeicher zur Konturanpassung, verstärkte Grubberzinken mit verbesserten Vibrationseigenschaften, Federelemente zur Überlastsicherung an Scheibeneggen sind einige der innovativen Lösungen, die teilweiße bekannt sind oder teilweise neu entwickelt wurden um die Effektivität bei der Bodenbearbeitung zu verbessern und wieder stärker in den Vordergrund zu rücken.

Keine Berücksichtigung fanden im Zuge des Maschinenvergleichs die Arbeitserledigungskosten. Ein erhöhter Zeitaufwand, Verschleißkosten und Dieselbedarf führen sicherlich zu höheren Arbeitserledigungskosten, als dies bei einer Glyphosat-Behandlung der Fall ist. Um diesen Kostenunterschied möglichst gering zu halten, ist ein hohes Maß an Kenntnissen und Erfahrungen sowie Flexibilität bei der Arbeitsorganisation notwendig. Sicher stoßen bei sehr wüchsiger Witterung und damit verbundenem dichten Pflanzenaufwuchs auch diese Verfahren an ihre Grenzen bzw. erfordern ggf. mehrfache Bearbeitungsgänge bei entsprechender Erhöhung der Kosten.

Der hier im Rahmen einer Felddemonstration vorgestellte Maschinenvergleich sollte erste Einblicke in die Arbeitsweise und die Leistungsfähigkeit verschiedener auf dem Markt verfügbarer Geräte auch unter durchaus schwierigen Bodenbedingungen geben. Eine Verallgemeinerung für alle in Thüringen relevanten Ackerbaustandorte ist auf Grundlage er hier erarbeiteten Daten jedoch nicht möglich. In Abhängigkeit von den regionalen und betriebsspezifischen Gegebenheiten sind Unterschiede in der Effizienz bzw. auch in der Wirtschaftlichkeit der vorgestellten Maschinen zu erwarten, die vor einem Erwerb der Maschinen detailliert zu prüfen sind.

Projektbericht

Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz –

Testung eines modifizierten Seriengerätes (Teilvorhaben 1.2)

Auftraggeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Straße 98
D - 07743 JENA

Auftragnehmer: U.A.S. Umwelt- und Agrarstudien GmbH
Ilmstraße 6
D - 07743 JENA

Bearbeiter: Sebastian Höde, Dr. Jörg Perner

Datum: 15.12.2019

Unterschrift: .....

Dr. habil. Jörg Perner
Geschäftsführer der U.A.S. GmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Teilprojekt II: Testung eines modifizierten Seriengerätes 2

2.1 Zielstellung 2

2.2 Vorstellung des Betriebs und der eingesetzten Maschinen 2

2.3 Durchgeführte Arbeiten im Praxisbetrieb 3

2.4 Berechnung der Arbeitserledigungskosten für die geprüften Verfahren 4

2.5 Untersuchte Bearbeitungsvarianten, Wirkungsgrade und Arbeitserledigungskosten 6

2.5.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018 6

2.5.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019 9

3 Zusammenfassung 13

1 Einleitung

Das geplante Verbot des umstrittenen Wirkstoffes Glyphosat zum 31.12.2023 stellt die konventionelle Landwirtschaft zukünftig vor große Herausforderungen. Bei der Bekämpfung von Wurzelunkräutern wie Ackerkratzdistel, Ackerwinde und vor allem Quecke ist Glyphosat der zuverlässigste Wirkstoff. Beim Auftreten schwer bekämpfbarer oder resistenter Ungräser wie dem Ackerfuchsschwanz ist der Einsatz von Glyphosat darüber hinaus oftmals die letzte noch wirksame Möglichkeit der Bekämpfung im chemischen Pflanzenschutz. Das Haupteinsatzgebiet von Glyphosat in Deutschland ist jedoch die Bekämpfung der Ausfallkulturen und des Unkrauts nach der Stoppelbearbeitung. Betriebe, die aufgrund einer konservierenden Bodenbearbeitung mit diesem Totalherbizid arbeiten, müssen im Falle des Verbots von Glyphosat nach Lösungen suchen, diesen Arbeitsgang mechanisch zu erledigen. Eine Umfrage des Thüringer Landesamtes für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) belegte, dass Thüringer Landwirte vor allem auf Stoppelflächen mit der Vorfrucht Winterraps Glyphosat anwenden. Daraus entwickelte das TLLLR das zweijährige Projekt *„Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz“*. Nach erfolgter Ausschreibung 2018 wurde die U.A.S. Umwelt- und Agrarstudien GmbH (U.A.S.) mit der Durchführung beauftragt. Das Projekt besteht aus 3 Teilvorhaben (Teilprojekte I, II, III) mit dem Schwerpunkt der mechanischen Stoppelbearbeitung als Alternative zum Glyphosateinsatz. Das Teilprojekt I beinhaltete die Durchführung eines Maschinenvergleichs zur Erhebung der Wirkungsgrade und der organischer Substanzauflage bei der mechanischen Beseitigung von Ausfallraps. Die Maschinendemonstrationen fanden jeweils im Rahmen des Thüringer Ackerbauforums 2018 in Buttelstedt und 2019 in Creuzburg statt. Im Teilprojekt II rüstete ein Praxisbetrieb einen serienmäßigen Striegel zur Verbesserung der Unkrautbekämpfung um. Die Wirkung dieser Maschine wurde mit der sonst üblich eingesetzten Scheibenegge auf der Winterraps- und Getreidestoppel vergleichend geprüft. Für das Teilprojekt III wurden an 5 Standorten betriebliche Verfahrenslösungen als Alternative zum Glyphosateinsatz begleitet sowie deren Arbeitserledigungskosten ermittelt. Im nachfolgenden Bericht werden die Ergebnisse aus dem Teilprojekt II (Teilvorhaben 1.2) vorgestellt. Die Berichterstattung zu den Teilprojekten I (Teilvorhaben 1.1) und Teilprojekt III (Teilvorhaben 1.3) erfolgte jeweils in einem separaten Bericht.

2 Teilprojekt II: Testung eines modifizierten Seriengerätes

2.1 Zielstellung

Die Umrüstung eines serienmäßigen Striegels mit verstärkten Zinken hatte zum Ziel, die Bekämpfungsleistung der Striegelzinken zu verbessern. Es war geplant, dass die Maschine in einer zweifach wiederholten Streifenanlage mit der betriebseigenen Scheibenegge vergleichend geprüft sowie monetär beurteilt wird. Der Einsatz sollte jeweils auf einer Getreide- sowie Rapsstoppelfläche untersucht werden. Da im Vorfeld aber schon Verstopfungsprobleme am modifizierten Striegel auftraten, wurde für den Vergleich der Methoden bereits 2018 wieder auf einen Serienstriegel zurückgegriffen. Dies wurde für das Jahr 2019 beibehalten. Der Betrieb entschied über den Einsatzzeitpunkt sowie die Bearbeitungsintensität. Die U.A.S. als ausführendes Versuchsunternehmen war für die Erfassung der Wirksamkeiten und deren Bewertung zuständig.

2.2 Vorstellung des Betriebs und der eingesetzten Maschinen

Die Agrargenossenschaft Fambach eG liegt ca. 12 km südöstlich von Bad Salzungen am Rand des Thüringer Waldes. Die Böden entstanden vorwiegend aus der Verwitterung des mittleren Buntsandsteins. Die Bodenart ist daher vorwiegend lehmiger Sand mit Bodenwertzahlen von 25 bis 35. Die Ackerflächen befinden sich auf einer Höhenlage von 270 bis 400 m. Das langjährige Niederschlagsmittel beträgt 621 mm, das langjährige Temperaturmittel 8,5°C (TLLLR Station Bad Salzungen).

Der ursprünglich zu modifizierende Hackstriegel der Firma Hatzenbichler besteht aus 7 mm starken Zinken mit einem Strichabstand von 25 mm. Um die Bekämpfungsleistung zu verbessern ersetzte der Betrieb die 7 mm Zinken durch 9 mm Zinken. Der Strichabstand verringerte sich dadurch geringfügig. Die stärkeren Zinken führten bei der Stoppelbearbeitung allerdings zu einer deutlich höheren Verstopfungsanfälligkeit der Maschine. Dies liegt auch an der Konstruktion im Allgemeinen, da dieser Hackstriegel hauptsächlich für die Unkrautbekämpfung in der Kultur bestimmt ist. Für das Teilprojekt entschied der Betrieb dann einen 5-reihigen Strohstriegel der Marke Baarck mit 16 mm starken Zinken und 60 mm Strichabstand einzusetzen. Mit 70 cm Zinkenlänge sind diese auch deutlich länger als die der eingangs verwendete Maschine. Dadurch konnten der Durchfluss von Strohresten sowie die

Bekämpfungsqualität deutlich verbessert werden. Im Vergleich dazu kam die Betriebsscheibenegge des Herstellers Dalbo mit 560 mm gezackten Hohlscheiben und x-förmig Anordnung zum Einsatz.

2.3 Durchgeführte Arbeiten im Praxisbetrieb

Im Mittelpunkt des Teilprojektes II lag, wie oben erwähnt, der vergleichende Einsatz eines Striegels mit einer bisher im Betrieb eingesetzten Scheibenegge (Hersteller Dalbo) zur Bekämpfung der nach der Stoppelbearbeitung aufgelaufenen Ausfallkultur. Der Vergleich fand 2018 und 2019 jeweils auf einer Winterraps- sowie Getreidestoppel statt. Hierzu wurden folgende Maßnahmen und Bonituren durch die TLLLR in Auftrag gegeben.

- Organisation der Versuchsflächen in den Praxisbetrieben (Treffen der notwendigen Absprachen mit allen Beteiligten, Festlegung der zeitlichen Abfolge der Maßnahmen) sowie ggf. Organisation der Bereitstellung eines Bearbeitungsgerätes in Abstimmung mit der TLLLR
- Erfassung der Wirkung der verwendeten Geräte auf Bewuchs und Boden vor und nach dem Einsatz der Geräte sowie in der Folgefrucht durch folgende Bonituren:
    - Erfassung Pflanzenbewuchs (Anzahl, Art; mit Göttinger Zählrahmen; Deckungsgrad); 5 Zählstellen je Wiederholung
    - Erfassung der organischen Substanzauflage (Deckungsgrad z.B. durch Schnurmethode nach WINNIGE et al.), Bearbeitungstiefe; 5 Zählstellen je Wiederholung
    - Bonituren jeweils vor dem Geräteeinsatz (in Absprache mit dem Praxisbetrieb) sowie 2 – 3 Tage nach dem Geräteeinsatz sowie jeweils 1x im Herbst in der folgenden Kultur (vor dem Herbizideinsatz); hier zusätzlich Erfassung des Feldaufgangs
- Erfassung der Aufwendungen für die Durchführung der Stoppelbearbeitung (technisch und monetär) auf der jeweiligen Fläche
- Erstellung eines Berichtes 2019 in elektronischer Form zu den eingesetzten Geräten sowie zu den erzielten Effekten

Die Erfassung des Unkrautbestandes (Anzahl, BBCH, Höhe) erfolgte stets mit dem Göttinger Zählrahmen anhand von 5 zufällig ausgewählten Stellen je Wiederholung. Aufgrund der starken Heterogenität in einer Streifenanlage konnten ausschließlich sichere Aussagen zum Besatz und zur Bekämpfungsleistung der vergleichend untersuchten Methoden gegen die Ausfallkultur (und nicht zur Wir-

kung gegen die zusätzlich und sehr heterogen aufgetretenen Unkräuter) getroffen werden. Der Ausgangsbesatz wurde zu Versuchsbeginn ermittelt. Die Bonituren zur Wirkung der durchgeführten Maßnahmen wurden stets vor dem nächsten Arbeitsgang aufgenommen und nicht, wie ursprünglich geplant, 2 - 3 Tage nach der Bearbeitung. Damit konnten nicht nur Aussagen zur Bekämpfungsleistung sondern auch zum potenziellen Neuauflauf getroffen werden. Die organische Substanzauflage wurde stets mittels Schnurmethode ermittelt. Dazu wurde eine 10 m lange Schnur mit 100 Punktmarkierungen an 5 Stellen diagonal über den Bearbeitungsstreifen gelegt und die Schnittstellen von Stroh- oder Pflanzenresten an den Punktmarkierungen gezählt. Durch die Anzahl der geschnittenen Markierungen ergibt sich der Deckungsgrad der Substanzauflage. Die Bearbeitungstiefe wurde an 20 Stellen je Wiederholung über die gesamte Breite des Bearbeitungsstreifens ermittelt. Die Tiefenmessung erfolgte einfach durch das Einstechen eines Zollstocks bis zur Bearbeitungssohle. Der Feldaufgang der Folgefrucht wurde mit dem Göttinger Zählrahmen bestimmt.

2.4 Berechnung der Arbeitserledigungskosten für die geprüften Verfahren

Die monetäre Bewertung der durchgeführten Verfahren zur Beseitigung der Ausfallkulturen beinhaltet alle Maßnahmen beginnend mit der Stoppelbearbeitung bis hin zur Saatbettbereitung. Hierzu wurden mit Hilfe des online verfügbaren KTBL-Programms ***MaKost*** und dem ***Feldarbeitsrechner*** die Arbeitserledigungskosten (AEK) für jeden dieser Arbeitsgänge ermittelt. Die AEK setzen sich zusammen aus:

- Personalaufwand/Lohnansatz
- Treib- und Schmierstoffe
- Reparaturkosten Maschinen und Geräte
- Abschreibungen Maschinen und Geräte
- Versicherungen Maschinen und Geräte
- Zinsansatz Maschinenkapital
- nicht berücksichtigt wurden Ausgaben für Lohnarbeit/Maschinenmiete, Berufsgenossenschaft, Heizung/ Strom/Wasser, PKW (Unterhalt, Afa, Vers., Steuern)

Im Sinne der Vergleichbarkeit wurden die Verfahren standardisiert. Es handelt sich daher bei den kalkulierten Kosten nicht um die tatsächlichen betrieblichen Aufwendungen, sondern um die Aufwendungen, die sich für einen 20 ha (Standard-) Schlag mit mittleren (standardisierten) Feld-Hof Entfer-

nung von 4 km ergeben würden. Zudem wurden die Lohnkosten auf 20 €/ha (incl. Arbeitgeberanteil) beziffert. Der Einsatzumfang jeder Maschine entspricht dabei der Auslastung an der Abschreibungsschwelle. Zudem wurde eine Regelbesteuerung unterstellt, das heißt alle Preise gehen ohne Mehrwertsteuer in die Berechnung ein. Die zugrunde liegenden Maschinendaten wie Anschaffungswert der verwendeten Geräte, Nutzungsdauer, Nutzungsumfang, Reparaturkosten, Dieselverbrauch (bei 40 % Motorauslastung) sowie Versicherung, Steuern und Gebühren entstammen wie oben erwähnt dem KTBL Kalkulationsprogramm ***MaKost***. Mit Hilfe des ***Feldarbeitsrechners*** (KTBL) konnten die Arbeitszeiten sowie die Flächenleistung der Arbeitsgänge ermittelt werden. Bei dem Anschaffungswert handelt es sich um den durchschnittlichen Händlerpreis mit üblicher und zweckmäßiger Ausstattung. Die Reparaturkosten pro ha entsprechen den durchschnittlichen Aufwendungen über die gesamte Nutzungsdauer nach Arbeit (ha). Die aus dem Programm *MaKost* ausgewählten Maschinen sind identisch mit denen, die der Betrieb für den Arbeitsgang eingesetzt hat. Zu den variablen Kosten muss noch ergänzt werden, dass die Reparaturkosten unabhängig vom Bearbeitungswiderstand des Bodens als gleich angenommen wurden. Hier fehlen (bisher) Erfahrungswerte zur besseren Berechnung der Verschleißkosten. Der Dieselbedarf pro Arbeitsgang wurde ausgehend von 40 % Motorauslastung je nach Arbeitsgang und genutzter Zugkraft pauschal um den Faktor 1; 1,4 oder 1,7 (82 % Motorauslastung) angepasst und mit den berechneten Werten identischer Maschinenkombinationen und Arbeitsverfahren des *Feldarbeitsrechners* abgeglichen. Der Dieselverbrauch und die Reparaturen aller Maschinen richten sich nach der Flächenleistung und nicht nach den Arbeitskräftestunden (Akh). Das bedeutet, dass Wartungs- und Rüstzeiten keine Reparaturkosten verursachen bzw. auch kein Diesel „verbrauchen“. Tabelle 1 listet weitere im Rahmen der Studie verwendete Parameter der Kostenkalkulation auf. Die verwendeten Maschinendaten befinden sich im digitalen Anhang des Berichtes.

Tab. 1: Ausgewählte Parameter zur Berechnung der AEK

Maschinen und Geräte	Einheit	Wert
Zinsatz für Maschinenkapital	%	3
Maschinenrestwert	%	20
Dieselpreis (incl. Steuerentlastung)	€/l	0,86
Schmierstoffpreis	€/kg	2
Schmierstoffanteil an DK	l/l	0,01
Sonstiges		
Lohnkosten (Vollkosten incl. Arbeitgerbeanteil)	€/Akh	20
Feld-Hof-Entfernung	km	4
Schlaggröße	ha	20
Glyphosat 360g/l	€/l	5,6

Nachfolgend wurden die wichtigsten Formeln zur Berechnung der AEK aufgeführt:

(1) Feste Maschinenkosten Schlepper (Abschreibung + Zinsanspruch + Versicherung)
= ((A – RW)/N + (A – RW) * 0,5 * i + RW * i + Grundbetrag) * Kehrwert Flächenleistung

(2) Variable Maschinenkosten Schlepper (Diesel, Schmierstoffe, Reparaturen)
= (DKV * Preis DK * Faktor DKV + DKV * 0,01 * Preis SSt * Faktor DKV + Reparaturkosten) * Kehrwert Flächenleistung

(3) Feste Maschinenkosten Gerät (Abschreibung + Zinsanspruch)
= ((A – RW)/N + (A – RW) * 0,5 * i + RW * i) * Kehrwert Flächenleistung

(4) Variable Maschinenkosten Gerät = Reparaturkosten

(5) Lohnkosten = Akh * Stundensatz

(A = Anschaffungspreis, RW = Restwert, N = Nutzungsdauer in Jahre, i = Zinssatz, DKV = Dieselkraftstoffverbrauch in Liter, DK = Dieselkraftstoff, SSt = Schmierstoffe, Akh = Arbeitskraftstunden)

2.5 Untersuchte Bearbeitungsvarianten, Wirkungsgrade und Arbeitserledigungskosten

Nachfolgen werden im Einzelnen die Varianten der 2-jährigen Demonstrationsversuche sowie die Wirkungen der Maßnahmen auf die Ausfallkultur und organische Substanzauflage vorgestellt. Da in allen Bearbeitungsvergleichen dieselben Arbeitsgänge mit der gleicher Maschinenausstattung durchgeführt wurden, sind die Arbeitserledigungskosten der Bodenbearbeitung hier auch überall identisch. Sie werden der Vollständigkeit halber dennoch zu jeder Kultur neu mit aufgeführt.

2.5.1 *Ergebnisse aus dem Jahr 2018*

Im Jahr 2018 wurden der Striegel/Scheibeneggenvergleich zur Bekämpfung der Ausfallkulturen auf der Winterraps- und Sommerweizenstoppel durchgeführt. Das Jahr war insgesamt von großer Trockenheit und Hitze geprägt. Infolgedessen keimten nach dem Stoppelsturz in beiden Kulturen nur verhältnismäßig wenig Pflanzen. Trotz des (optimalen) Bekämpfungstermins im Keimblattstadium erreichte die Scheibenegge nur unzureichende Wirkungsgrade. Die Messung der Arbeitstiefe zeigt hier, dass das Gerät nicht immer ausreichend Bodenkontakt besaß. Auch beim Striegel schwankten

die Arbeitstiefen von 1 – 8 cm. Dies begünstigte allerdings in beiden Prüfgliedern einen relativ starken Neuauflauf (eine zweite Auflaufwelle) der Ausfallkultur. Die tiefe Grundbodenbearbeitung vor Aussaat beseitigte dann jedoch alle Rapspflanzen. Die Bonitur des Feldaufgangs der Folgekultur (09.10.18) zeigt eine etwas bessere Auflaufrate der Wintergerste in PG 1 (Scheibenegge) im Vergleich zum (Stroh-) Striegel (PG 2). Gleiches gilt für den Neuauflauf an Ausfallraps in der nachfolgend angebauten Kultur. Der Anteil der organischen Substanzauflage lag bereits nach der Stoppelbearbeitung im vergleichsweise niedrigen Bereich. Die nachfolgende Bearbeitung mit dem Striegel erweist sich dabei erwartungsgemäß als etwas schonender für die Substanzauflage als die Scheibenegge. Die tiefe Grundbodenbearbeitung vor Aussaat hat aber in der Folge diese Unterschiede in der organischen Substanzauflage in beiden Varianten wieder angeglichen.

Tab. 2: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs auf der Winterrapsstoppel 2018

(a)

Prüfglied	Maßnahmen (Winterrapsstoppel)				
	Stoppelbearbeitung (03.08.2018)	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 10 - 11; Höhe 0,5 - 3 cm) (14.08.2018)	Grundbodenbearbeitung (18.09.2018)	Aussaat (21.09.2018)	Herbizid Folgekultur (BBCH 12/13) (19.10.2018)
PG 1	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 3 - 6 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 2 - 10 cm)	Schwergrubber (Schmalschare, Arbeitstiefe: 20 cm)	Kreiselegge + Drillmaschine (Wintergerste)	Selbstfahrer Feldspritze (Trinity 2,0 l/ha + Alliance 50 g/ha)
PG 2		Strohstriegel (Arbeitstiefe: 1 - 8 cm)			

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor …				org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor …				Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1	335 (BBCH 10; Höhe 0,5 - 1 cm)	81 (BBCH 13 - 16; Höhe 5 - 16 cm) 242 (BBCH 10)	0	38 (BBCH 10)	40	20	20	20	235
PG 2		29 (BBCH 13 - 16; Höhe 5 - 16 cm) 272 (BBCH 10)	0	21 (BBCH 10)		30	20	20	203

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, schräg (30°), flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 4,5 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**54 €/ha**	**116 €/ha**
PG 2			Mechanisierung: *Traktor 102 kW + Hackstriegel, angebaut, 7,5 m* Arbeitsgang: *Striegeln*	**13 €/ha**			**98 €/ha**

Auf der Sommerweizenstoppel konnten bis zum Beginn des Verfahrensvergleichs lediglich 72 Pfl./m² registriert werden. Der Wirkungsgrad der Ausfallweizenbeseitigung betrug bei beiden geprüften Geräten je 90 %. Der Neuauflauf bis zur Grundbodenbearbeitung war aufgrund der großen Trockenheit gering. Die tiefe Grundbodenbearbeitung führte anschließend zu einem sauberen Saatbett. Der Deckungsgrad mit organischer Substanz folgt im Beobachtungszeitraum dem gleichen Muster wie im Verfahrensvergleich auf der Winterrapsstoppel. Bei der Auflaufbonitur der Folgekultur am 09.10.18 konnte ein etwas höherer Auflauf in der Wintergerste beim Striegel (PG 2) im Vergleich zur Scheibenegge (PG 1) registriert werden. Die Arbeitserledigungskosten der Striegelvariante liegen aufgrund des deutlich geringeren Arbeitszeitbedarfs und der niedrigeren Maschinenkosten von 18 €/ha unterhalb der Kosten für die Scheibeneggenvariante.

Angesichts ähnlicher Wirkungsgrade und kaum festgestellter Unterschiede in der Folgekultur, hat sich der Striegel daher im Untersuchungsjahr 2018 für beide Kulturen als Vorzugsvariante erwiesen.

Tab. 3: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs auf der Sommerweizenstoppel 2018

(a)

Prüfglied	Maßnahmen (Sommerweizenstoppel)				
	Stoppelbearbeitung (26.07.2018)	Ausfallweizenbeseitigung (BBCH 12 - 23; Höhe 8 - 13 cm) (31.08.2018)	Grundbodenbearbeitung (18.09.2018)	Aussaat (19.09.2018)	Herbizid Folgekultur (BBCH 00/12) (09.10.2018)
PG 1	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 2 - 5 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)	Schwergrubber (Schmalschare, Arbeitstiefe: 20 cm)	Kreiselegge + Drillmaschine (Wintergerste)	Selbstfahrer Feldspritze (Bacara Forte 0,8 l/ha)
PG 2		Strohstriegel (Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)			

(b)

Prüfglied	Sommerweizenbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor …				org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor …				Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallweizen-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallweizen-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1	72 (BBCH 11 - 21; Höhe 7 - 12 cm)	6 (BBCH 12 - 21; Höhe 6 - 12 cm) 20 (BBCH 10/11)	0	0	40	20	20	20	220
PG 2		8 (BBCH 12 - 21; Höhe 6 - 12 cm) 15 (BBCH 10/11)	0	0		30	20	20	234

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, schräg (30°), flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 4,5 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**54 €/ha**	**116 €/ha**
PG 2			Mechanisierung: *Traktor 102 kW + Hackstriegel, angebaut, 7,5 m* Arbeitsgang: *Striegeln*	**13 €/ha**			**98 €/ha**

2.5.2 *Ergebnisse aus dem Jahr 2019*

Im zweiten Projektjahr fand der Striegel/Scheibeneggenvergleich auf einer Winterraps- und Wintergerstenstoppel statt. Ähnlich wie im Vorjahr war das Jahr 2019 von Trockenheit und hohen Temperaturen geprägt. Die Auflaufrate nach der Stoppelbearbeitung war im Winterraps mit 978 Pfl./m² zufriedenstellend. Die anschließende Bekämpfung im frühen Entwicklungsstadium der Ausfallkultur führte in beiden Prüfgliedern zu guten (Striegel) bis sehr guten (Scheibenegge) Wirkungsgraden. In den Bearbeitungsstreifen der Scheibenegge konnte zudem ein deutlich höherer Neuauflauf des Ausfallrapses (in der zweiten Auflaufwelle) registriert werden. Der Grund dafür könnte die im PG 1 (Scheibenegge) im Vergleich zum Striegel (PG 2) deutlich geringere Pflanzenbedeckung mit Alt-Raps sein. Die tiefe Grundbodenbearbeitung führte auch hier wieder in beiden geprüften Varianten zu einem sauberen Saatbett. Die organische Substanzauflage war auch in diesem Jahr bereits nach dem Stoppelsturz relativ gering. Die weitere Bodenbearbeitung (vor Aussaat) führte in beiden Varianten

zu einem Bedeckungsgrad, der zumindest aus Sicht des Erosionsschutzes deutlich zu niedrig war. Bei der Bonitur zum Feldaufgang der Folgekultur konnte im PG 1 (Scheibenegge) ein etwas besserer Feldaufgang als im PG 2 (Striegel) registriert werden.

Tab. 4: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs auf der Winterrapsstoppel 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen (Winterrapsstoppel)				
	Stoppelbearbeitung (27.07.2019)	Ausfallraps-beseitigung (BBCH 10 - 14; Höhe 0,5 - 9 cm) (20.08.2019)	Grundbodenbearbeitung (17.09.2019)	Aussaat (19.09.2019)	Herbizid Folgekultur (BBCH 11/13) (17.10.2019)
PG 1	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 3 - 6 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 8 - 18 cm)	Schwergrubber (Schmalschare, Arbeitstiefe: 20 cm)	Kreiselegge + Drillmaschine (Wintergerste)	Selbstfahrer Feldspritze (Trinity 2,0 l/ha)
PG 2		Strohstriegel (Arbeitstiefe: 8 - 15 cm)			

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor…				org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor…				Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1	978 (BBCH 10 - 13; Höhe 0,5 - 6 cm)	10 (BBCH 13 - 16; Höhe 4 - 15 cm) 132 (BBCH 10)	0	5 (BBCH 10)	30	10	10	10	326
PG 2		39 (BBCH 13 - 16; Höhe 4 - 15 cm) 40 (BBCH 10)	0	3 (BBCH 10)		20	10	10	305

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, schräg (30°), flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 4,5 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**54 €/ha**	**116 €/ha**
PG 2			Mechanisierung: *Traktor 102 kW + Hackstriegel, angebaut, 7,5 m* Arbeitsgang: *Striegeln*	**13 €/ha**			**98 €/ha**

Der Bedeckungsgrad mit Wintergerste auf der Versuchsfläche lag mit 470 Pfl./m² im Entwicklungsstadium BBCH 12 – 22 bei annähernd 90 %. Diesen dichten Aufwuchs der Ausfallkultur beseitigte die Scheibenegge sehr gut. Der Striegel arbeitete hier aufgrund des schon weit entwickelten Pflanzenbestandes etwas schlechter. Aufgrund des schüttfähigen und sandigen Bodens betrug der Wirkungsgrad hier dennoch 90 %. Nur drei Tage nach der Ausfall-Gerstenbeseitigung erfolgte die Grundbodenbearbeitung, sodass hier kein Neuauflauf von Wintergerste erfolgte bzw. im Untersuchungszeitraum erfasst werden konnte. Der Bedeckungsgrad mit organischer Substanz lag auch in der Wintergerstenstoppel deutlich unter den aus Erosionsschutzgründen empfohlenen 30 %. Bei der Bonitur des Feldaufgangs in der nachfolgenden Kultur (W-Raps) konnte eine leicht höhere Bestandesdichte des Winterrapses in PG 2 (Striegel) registriert werden.

Die Arbeitserledigungskosten lagen aufgrund der niedrigeren Maschinenkosten und des niedrigeren Arbeitszeitbedarfs in der Striegelvariante wieder um 18 €/ha unter der Scheibeneggenvariante. Aufgrund der deutlich schlechteren Bekämpfungsleistung des Striegels im Vergleich zur Scheibenegge sowie im Hinblick auf den geringeren Neuauflauf der zweiten Welle auf der Rapsstoppelfläche ist der Striegel auf Grundlage der Daten aus 2019 nur eingeschränkt der Scheibenegge vorzuziehen.

Tab. 5: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs auf der Wintergerstenstoppel 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen (Wintergerstenstoppel)				
	Stoppelbearbeitung (26.07.2019)	Ausfallgerstenbeseitigung (BBCH 12 - 22; Höhe 7 - 21 cm) (20.08.2019)	Grundbodenbearbeitung (23.08.2019)	Aussaat (25.08.2019)	Herbizid Folgekultur (BBCH 00/03) (28.08.2019)
PG 1	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 3 - 6 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 8 - 15 cm)	Schwergrubber (Schmalschare, Arbeitstiefe: 20 cm)	Kreiselegge + Drillmaschine (Winterraps)	Selbstfahrer Feldspritze (Butisan Kombi 2,2 l/ha)
PG 2		Strohstriegel (Arbeitstiefe: 7 - 14 cm)			

(b)

Prüfglied	Wintergerstenbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor…				org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor…				Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallgersten-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallgersten-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1	470 (BBCH 12 - 22; Höhe 7 - 21 cm)	5 (BBCH 12 - 21; Höhe 5 - 12 cm)	0	0	20	10	10	10	43
PG 2		46 (BBCH 12 - 21; Höhe 5 - 12 cm)	0	0		20	10	10	50

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, schräg (30°), flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 4,5 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**54 €/ha**	**116 €/ha**
PG 2			Mechanisierung: *Traktor 102 kW + Hackstriegel, angebaut, 7,5 m* Arbeitsgang: *Striegeln*	**13 €/ha**			**98 €/ha**

3 Zusammenfassung

(1) Das Teilvorhaben 1.2 hatte zum Ziel, einen serienmäßig im Handel erhältlichen Striegel zu modifizieren um die Bearbeitungsqualität zu verbessern. Im weiteren Verlauf sollte dieses Gerät in seiner Wirkung mit der betriebsüblich verwendeten Scheibenegge vergleichend geprüft und die Arbeitsgänge monetär bewertet werden. Die Modifikationen am Striegel führten allerdings zu einem Verstopfen des Gerätes. In Absprache mit der TLLLR griff daraufhin der Betrieb wieder auf einen Serienstriegel anderer Bauart zurück. Alle weiteren Maßnahmen des Teilvorhabens 1.2 blieben dabei unverändert.

(2) Die insgesamt sehr trockenen und heißen Witterungsverhältnisse im Verlauf der Versuchsdurchführung führten vor allem im Jahr 2018 zu eher geringen Auflaufraten und Wuchshöhen der eigentlich zu bekämpfenden Ausfallkulturen. Im Sommerweizen konnten keine signifikanten Unterschiede im Wirkungsgrad zwischen den beiden geprüften mechanischen Bearbeitungsvarianten (Scheibenegge vs. Strohstriegel) festgestellt werden. Im Winterraps begünstigte eine schlecht eingestellte Scheibenegge hier den schlechteren Bekämpfungserfolg gegenüber dem Striegel.

(3) 2019 betrugen die Wirkungsgrade der Scheibenegge sowohl in der Winterraps- als auch der Wintergerstenstoppel 99 %. Der Wirkungsgrad beim Striegel lag in der Winterrapsstoppel aufgrund des frühen Einsatzes im Keimblattstadium bei 95%. In der Wintergerste sank die Bekämpfungsleistung auf 90 %, was allerdings aufgrund des weit entwickelten Bestandes noch als sehr gutes Ergebnis für den Striegel angesehen werden kann.

(4) Bei den Auflaufraten der zweiten (Auflauf-) Welle konnten im Winterraps bei der Scheibenegge leichte Vorteile im Vergleich zum Striegel festgestellt werden. Der höhere Bedeckungsgrad mit Altrapspflanzen in der Striegelvariante sowie die bessere Rückverfestigung des Bearbeitungshorizonts durch die Nachlaufwalze der Scheibenegge könnten hierfür die Ursache sein. Im Getreide wurden dagegen leichte Vorteile beim Einsatz des Striegels festgestellt.

(5) Die anschließende (vergleichsweise) tiefe Grundbodenbearbeitung führte in allen hier untersuchten Kulturen zu einem relativ sauberen Saatbett. Die Auflaufbonitur in der Folgekultur Wintergerste ergab im Mittel über die Jahre 2018 und 2019 einen leicht besseren Auflauf bei der Scheibenegge

(PG 1). Der Auflauf der Folgekultur Winterraps (2019) war dagegen beim Striegel (PG 2) höher. Durch die tiefe Grundbodenbearbeitung vor Aussaat von durchschnittlich 20 cm kann ein direkter Zusammenhang zu den Auswirkungen der geprüften Geräte nicht mit Sicherheit hergestellt werden.

(6) Der Bedeckungsgrad mit organischer Substanz war in beiden Jahren und in allen untersuchten Kulturen bereits nach der Stoppelbearbeitung vergleichsweise niedrig. Der anschließende Gerätevergleich zeigte erwartungsgemäß eine im Durchschnitt um 10% höhere Substanzauflage beim Striegel im Vergleich zur Scheibenegge. Die nachfolgende tiefe Grundbodenbearbeitung glich diese Unterschiede in der Auflage der organischen Substanz in beiden Varianten jedoch wieder an.

(7) Einsparungen bei den Arbeitserledigungskosten von ca. 20 €/ha sowie die nur geringfügigen Unterschiede bei der Effizienz der Bekämpfung der Ausfallkulturen sowie dem Auflauf der Folgekulturen bzw. deren Verunkrautung begünstigen klar den Einsatz des Striegels im Vergleich zur Scheibenegge. Allerdings müssen hier die etwas schlechteren Neuauflaufraten bei der zweiten Auflaufwelle der Ausfallkulturen berücksichtigt werden, die sich jedoch in dem hier geprüften Fall aufgrund der Bodenbearbeitung vor Aussaat der Folgekultur nicht negativ auswirken.

(8) Die vorgestellten zweijährigen Ergebnisse sind im Rahmen von Demonstrationsversuchen erarbeitet worden und nur beschränkt verallgemeinerbar! Eine Fortführung, methodische Spezifizierung und ggf. räumliche Erweiterung der Untersuchungen wäre wünschenswert und für belastbare Aussagen zu dieser Thematik dringend notwendig.

Projektbericht

Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz –

Betreuung von Versuchsflächen in der Praxis (Teilvorhaben 1.3)

Auftraggeber: Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum
Naumburger Straße 98
D - 07743 JENA

Auftragnehmer: U.A.S. Umwelt- und Agrarstudien GmbH
Ilmstraße 6
D - 07743 JENA

Bearbeiter: Sebastian Höde, Dr. Jörg Perner

Datum: 15.12. 2019

Unterschrift: .....

Dr. habil. Jörg Perner
Geschäftsführer der U.A.S. GmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Teilprojekt III: Betreuung von Versuchsflächen in der Praxis 2

2.1 Zielstellung 2

2.2 Überblick und Standortbeschreibung der teilnehmenden Betriebe 2

2.3 Durchgeführte Arbeiten in den Praxisbetrieben 3

2.4 Berechnung der Arbeitserledigungskosten für die geprüften Verfahren 5

2.5 Darstellung der Variantenpläne, Wirkungsgrade und Arbeitserledigungskosten 7

2.5.1 Agrarunternehmen "Wöllmisse" Schlöben eG 7

2.5.1.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018 7

2.5.1.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019 9

2.5.2 Agrar eG Guthmannshausen 11

2.5.2.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018 11

2.5.2.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019 12

2.5.3 Erzeuger-Genossenschaft Weimar Kromsdorf eG (2018) und Gönnatal – agrar eG (2019) 14

2.5.3.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018 14

2.5.3.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019 16

2.5.4 Landwirtschaftsbetrieb Georg Misselwitz 18

2.5.4.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018 18

2.5.4.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019 20

2.5.5 Landwirtschaftsbetrieb Markus Kopold 22

2.5.5.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018 22

2.5.5.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019 24

3 Zusammenfassung 25

1 Einleitung

Das geplante Verbot des umstrittenen Wirkstoffes Glyphosat zum 31.12.2023 stellt die konventionelle Landwirtschaft zukünftig vor große Herausforderungen. Bei der Bekämpfung von Wurzelunkräutern wie Ackerkratzdistel, Ackerwinde und vor allem Quecke ist Glyphosat der zuverlässigste Wirkstoff. Beim Auftreten schwer bekämpfbarer oder resistenter Ungräser wie dem Ackerfuchsschwanz ist der Einsatz von Glyphosat darüber hinaus oftmals die letzte noch wirksame Möglichkeit der Bekämpfung im chemischen Pflanzenschutz. Das Haupteinsatzgebiet von Glyphosat ist aber die Beseitigung der Ausfallkulturen und des Unkrauts nach der Stoppelbearbeitung. Betriebe, die aufgrund einer konservierenden Bodenbearbeitung hier mit diesem Totalherbizid gearbeitet haben, müssen künftig nach Lösungen suchen, diesen Arbeitsgang mechanisch zu erledigen. Eine Umfrage des Thüringer Landesamtes für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR) belegte, dass Thüringer Landwirte vor allem auf Stoppelflächen mit der Vorfrucht Winterraps Glyphosat anwenden. Daraus entwickelte das TLLLR das zweijährige Projekt *„Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz“*. Nach erfolgter Ausschreibung 2018 wurde die U.A.S. Umwelt- und Agrarstudien GmbH (U.A.S.) mit der Durchführung beauftragt. Das Projekt besteht aus 3 Teilvorhaben (Teilprojekte I, II, III) mit dem Schwerpunkt der mechanischen Stoppelbearbeitung als Alternative zum Glyphosateinsatz. Das Teilprojekt I beinhaltete die Durchführung eines Maschinenvergleichs zur Erhebung der Wirkungsgrade und der organischer Substanzauflage bei der mechanischen Beseitigung von Ausfallraps. Die Maschinendemonstrationen fanden jeweils im Rahmen des Thüringer Ackerbauforums 2018 in Buttelstedt und 2019 in Creuzburg statt. Im Teilprojekt II rüstete ein Praxisbetrieb einen serienmäßigen Striegel zur Verbesserung der Unkrautbekämpfung um. Die Wirkung dieser Maschine wurde mit der sonst üblich eingesetzten Scheibenegge auf der Winterraps- und Getreidestoppel vergleichend geprüft. Für das Teilprojekt III wurden an 5 Standorten betriebliche Verfahrenslösungen als Alternative zum Glyphosateinsatz begleitet sowie deren Arbeitserledigungskosten ermittelt. Im nachfolgenden Bericht werden die Ergebnisse aus dem Teilprojekt III (Teilvorhaben 1.3) vorgestellt. Die Berichterstattung zu den Teilprojekten I (Teilvorhaben 1.1) und Teilprojekt II (Teilvorhaben 1.2) erfolgte jeweils in einem separaten Bericht.

2 Teilprojekt III: Betreuung von Versuchsflächen in der Praxis

2.1 Zielstellung

Die Betreuung von Versuchsflächen in der Praxis hatte zum Ziel, (innovative) Lösungsansätze der glyphosatfreien Ausfallrapsbekämpfung in 5 landwirtschaftlichen Betrieben begleitend zu untersuchen, die Wirksamkeiten zu beurteilen und anschließend monetär zu bewerten. Die Beurteilung erfolgte anhand zweifach wiederholter Streifenanlagen. Die teilnehmenden Betriebe haben hierbei über die eingesetzten mechanischen Verfahren selbstständig (auf Grundlage von regionalen Erfahrungswerten) entschieden. Die U.A.S. als ausführendes Versuchsunternehmen war für die Erfassung der Wirksamkeiten und deren Bewertung zuständig.

2.2 Überblick und Standortbeschreibung der teilnehmenden Betriebe

Für das Teilprojekt III konnte das TLLLR die nachfolgend genannten Landwirtschaftsbetriebe gewinnen:

- Agrarunternehmen "Wöllmisse" Schlöben eG

Der Betrieb liegt ca. 2 km westlich von Stadtroda im Ostthüringer Buntsandsteingebiet und bewirtschaftet Flächen in Höhenlagen zwischen 170 und 405 m. Neben dem Buntsandstein gehört auch Muschelkalk zum vorliegenden Ausgangsgestein im Betriebsterritorium. Die vorherrschende Bodenart ist lehmiger Sand mit einer durchschnittlichen Ackerzahl von 36. Die langjährige Niederschlagssumme beträgt 672 mm, das langjährige Temperaturmittel 7,6°C.

- Agrar eG Guthmannshausen

Die Agrar eG Guthmannshausen liegt ca. 20 km nördlich von Weimar im Thüringer Becken und bewirtschaftet Flächen von 160 m bis 200 m Höhe. Das Ausgangsgestein ist größtenteils oberer Muschelkalk und mittlerer/unterer Keuper. Die dominierenden Bodenarten sind Lehm und tonige Lehme bis Tone. Neben den Verwitterungsböden existieren aber auch große Flächen mit Lössauflagen. Die Ackerzahl schwankt daher von 35 bis 85. Das langjährige Niederschlagsmittel beträgt 480 mm, die Durchschnittstemperatur 8,2°C.

- Erzeuger-Genossenschaft Weimar Kromsdorf eG (2018)

Am östlichen Rand des Thüringer Beckens befindet sich der Betrieb der Erzeuger-Genossenschaft Weimar Kromsdorf eG. Die lehm- und lösshaltigen Böden zumeist über Keuper und Muschelkalk erreichen Ackerzahlen von 35 bis 85. Die langjährige Niederschlagssumme am Standort beträgt 579 mm, die durchschnittliche Lufttemperatur 8,5°C.
Im Untersuchungsjahr 2019 wurde der Betrieb durch die Gönnatal – agrar eG ersetzt.

- Gönnatal – agrar eG (2019)

Der Betrieb bewirtschaftet Flächen sowohl am östlichen Rand des Thüringer Beckens als auch Flächen im Ostthüringer Buntsandsteingebiet. Das Ausgangsgestein der zumeist lehmig/tonigen Verwitterungsböden bildet zum großen Teil Muschelkalk. Aber auch Lössböden sind in Teilbereichen des Betriebes zu finden. Die Ackerzahl schwankt von 35 bis 65. Das langjährige Niederschlagsmittel beträgt 532 mm, die Durchschnittstemperatur 8,3°C

- Landwirtschaftsbetrieb Georg Misselwitz

Der Landwirtschaftsbetrieb Georg Misselwitz aus Drogen befindet sich ca. 10 km südwestlich von Altenburg im Ostthüringer Lössgebiet. Die Ackerzahlen der überwiegend erodierten Fahlerden und Parabraunerden aus Löss schwanken zwischen 35 und 68. Die langjährige Niederschlagssumme beträgt 613 mm, das langjährige Jahresmittel der Lufttemperatur 9,0°C.

- Landwirtschaftsbetrieb Markus Kobold

Der Landwirtschaftsbetrieb Markus Kobold aus Schmiedehausen liegt ca. 15 km nördlich von Jena am östlichen Rand des Thüringer Beckens. Die lehmig/tonigen Verwitterungsböden über Muschelkalk sind zum Teil stark vom Löss beeinflusst. Die Ackerzahl schwankt zwischen 30 und 85. Die langjährige Niederschlagssumme beträgt 652 mm, das langjährige Jahresmittel der Lufttemperatur 9,5°C.

2.3 Durchgeführte Arbeiten in den Praxisbetrieben

Für die Zusammenarbeit im Teilprojekt III konnte das TLLLR die im Abschnitt 2.2 vorgestellten Betriebe gewinnen. Die von den Betrieben vorgeschlagenen Lösungsansätze zur Ausfallrapsbekämpfung wurden im Vorfeld mit der U.A.S. abgestimmt. Die regionalen Erfahrungen sowie die verfügbaren

betrieblichen Ressourcen waren dabei ausschlaggebend für die Auswahl der zu vergleichenden Varianten (Prüfglieder), die in Form einer Streifenanlage jeweils über eine Fahrspurbreite zweifach wiederholt auf Praxisflächen der Betriebe angelegt wurden. In der Regel sollte eine Glyphosatvariante einer rein mechanischen Bodenbearbeitungsvariante gegenübergestellt werden. Allerdings wendeten nicht alle teilnehmenden Betriebe Glyphosat an, sodass hier auch rein mechanische Bearbeitungsvarianten vergleichend geprüft wurden.

Auf Grundlage der vom TLLLR erarbeiteten Projektbeschreibung waren im Teilprojekt III die nachfolgend genannten Punkte zu bearbeiten:

- Organisation der Versuchsflächen in den Praxisbetrieben (Treffen der notwendigen Absprachen mit allen Beteiligten, Festlegung einer Terminschiene) sowie ggf. Organisation der Bereitstellung eines Bearbeitungsgerätes in Abstimmung mit der TLLLR
- Erfassung der Wirkung der verwendeten Geräte auf Bewuchs und Boden vor und nach dem Einsatz der Geräte sowie in der Folgefrucht durch folgende Bonituren:
    - Erfassung Pflanzenbewuchs (Anzahl, Art; mit Göttinger Zählrahmen; Deckungsgrad); 5 Zählstellen je Wiederholung
    - Erfassung Auflage organischer Substanz (Deckungsgrad z.B. durch Schnurmethode nach WINNIGE et al.), Bearbeitungstiefe; 5 Zählstellen je Wiederholung
    - Jeweils vor dem Geräteeinsatz (in Absprache mit dem Praxisbetrieb) sowie 2 – 3 Tage nach dem Geräteeinsatz
    - Jeweils 1x im Herbst in der folgenden Kultur (vor dem Herbizideinsatz); hier zusätzlich Erfassung des Feldaufgangs
- Erfassung der Aufwendungen für die Durchführung der Stoppelbearbeitung (technisch und monetär) auf der jeweiligen Fläche
- Untersuchung von Glyphosat-Rückständen im Erntegut
- Erstellung eines Berichtes 2019 in elektronischer Form zu den eingesetzten Geräten sowie zu den erzielten Effekten

Die Erfassung des Unkrautbestandes (Anzahl, BBCH-Stadium, Höhe) erfolgte stets mit dem Göttinger Zählrahmen anhand von 5 zufällig ausgewählten Stellen je Wiederholung. Aufgrund der starken Heterogenität in den jeweiligen Streifenanlagen konnten sichere Aussagen zum Besatz und der Wirkung der geprüften Maßnahmen lediglich für den (Ausfall-) Winterraps getroffen werden. Der Ausgangsbesatz wurde zu Versuchsbeginn ermittelt. Die Bonituren zur Wirkung der durchgeführten Maßnah-

men wurden stets vor dem nächsten Arbeitsgang aufgenommen und nicht 2 - 3 Tage nach der Bearbeitung. Damit konnten nicht nur Aussagen zur Bekämpfungsleistung sondern auch zum Ausmaß des Neuauflaufs getroffen werden. Die organische Substanzauflage wurde stets mit der Schnurmethode (nach WINNIGE et al.) ermittelt. Dazu wurde eine 10 m lange Schnur mit 100 Punktmarkierungen an 5 Stellen diagonal über den Bearbeitungsstreifen gelegt und die Schnittstellen von Stroh- oder Pflanzenresten an den Punktmarkierungen gezählt. Durch die Anzahl der geschnittenen Markierungen ergibt sich der Deckungsgrad der Substanzauflage. Die Bearbeitungstiefe wurde an 20 Stellen je Wiederholung über die gesamte Breite des Bearbeitungsstreifens ermittelt. Die Tiefenmessung erfolgte einfach durch das Einstechen eines Zollstocks bis zur Bearbeitungssohle. Der Feldaufgang der Folgefrucht wurde wieder mit dem Göttinger Zählrahmen bestimmt.

2.4 Berechnung der Arbeitserledigungskosten für die geprüften Verfahren

Die monetäre Bewertung der durchgeführten Verfahren zur Ausfallrapsbeseitigung beinhaltet alle Maßnahmen beginnend mit der Stoppelbearbeitung bis hin zur Saatbettbereitung. Hierzu wurden mit Hilfe der Online Programme der KTBL *MaKost* und *Feldarbeitsrechner* die Arbeitserledigungskosten (AEK) für jeden dieser Arbeitsgänge ermittelt. Die AEK setzen sich zusammen aus:

- Personalaufwand/Lohnansatz
- Treib- und Schmierstoffe
- Reparaturkosten Maschinen und Geräte
- Abschreibungen Maschinen und Geräte
- Versicherungen Maschinen und Geräte
- Zinsansatz Maschinenkapital
- nicht berücksichtigt wurden Ausgaben für Lohnarbeit/Maschinenmiete, Berufsgenossenschaft, Heizung/ Strom/Wasser, PKW (Unterhalt, Afa, Vers., Steuern)

Im Sinne der Vergleichbarkeit wurden die Verfahren standardisiert. Es handelt sich daher bei den kalkulierten Kosten nicht um die tatsächlichen betrieblichen Aufwendungen, sondern um die Aufwendungen, die sich für einen 20 ha (Standard-) Schlag mit mittleren (standardisierten) Feld-Hof Entfernung von 4 km ergeben würden. Zudem wurden die Lohnkosten auf 20 €/ha (incl. Arbeitsgeberanteil) beziffert. Der Einsatzumfang jeder Maschine entspricht der Auslastung an der Abschreibungsschwelle. Zudem wurde eine Regelbesteuerung unterstellt, das heißt alle Preise gehen ohne Mehrwertsteu-

er in die Berechnung ein. Die zugrunde liegenden Maschinendaten wie Anschaffungswert der verwendeten Geräte, Nutzungsdauer, Nutzungsumfang, Reparaturkosten, Dieselverbrauch (bei 40 % Motorauslastung) sowie Versicherung, Steuern und Gebühren entstammen dem KTBL Kalkulationsprogramm *MaKost*. Mit Hilfe des Kalkulationsprogramms *Feldarbeitsrechner* konnten die Arbeitszeiten sowie die Flächenleistung der Arbeitsgänge ermittelt werden. Bei dem Anschaffungswert handelt es sich um den durchschnittlichen Händlerpreis mit üblicher und zweckmäßiger Ausstattung. Die Reparaturkosten pro ha entsprechen den durchschnittlichen Aufwendungen über die gesamte Nutzungsdauer nach Arbeit (ha). Die aus dem Programm *MaKost* ausgewählten Maschinen sind identisch mit denen, die der Betrieb für den Arbeitsgang eingesetzt hat. In einigen Fällen ist der Zugkraftbedarf deutlich niedriger, als es der Arbeitsgang mit dem verwendeten Gerät eigentlich verlangt. Diese Übermechanisierung einzelner Arbeitsgänge stellt aber die tatsächliche Situation in den hier untersuchten Betrieben dar. Dadurch ergaben sich zum Teil höhere Maschinenkosten, als Kostenkalkulationen auf Grundlage einiger Datensammlungen von Maschinenringen oder Lohnunternehmen mit deutlich besser abgestimmter Maschinenausstattung ergeben hätten. Zu den variablen Kosten muss noch ergänzt werden, dass die Reparaturkosten unabhängig vom Bearbeitungswiederstand des Bodens als gleich angenommen wurden. Hier fehlen (bisher) Erfahrungswerte zur besseren Berechnung der Verschleißkosten. Der Dieselbedarf pro Arbeitsgang wurde ausgehend von 40% Motorauslastung je nach Arbeitsgang und genutzter Zugkraft pauschal um den Faktor 1 bis 1,7 (82 %Motorauslastung) angepasst und mit den berechneten Werten identischer Maschinenkombinationen und Arbeitsverfahren (falls vorhanden) des *Feldarbeitsrechners* abgeglichen. Der Dieselverbrauch und die Reparaturen aller Maschinen richten sich nach der Flächenleistung und nicht nach der den Arbeitskräftestunden (Akh). Das bedeutet, dass Wartungs- und Rüstzeiten keine Reparaturkosten verursachen bzw. auch kein Diesel „verbrauchen“. Tabelle 1 listet weitere im Rahmen der Studie verwendete Parameter der Kostenkalkulation auf. Die verwendeten Maschinendaten befinden sich im digitalen Anhang.

Tab. 1: Ausgewählte Parameter zur Berechnung der AEK

Maschinen und Geräte	Einheit	Wert
Zinsatz für Maschinenkapital	%	3
Maschinenrestwert	%	20
Dieselpreis (incl. Steuerentlastung)	€/l	0,86
Schmierstoffpreis	€/kg	2
Schmierstoffanteil an DK	l/l	0,01
Sonstiges		
Lohnkosten (Vollkosten incl. Arbeitgerbeanteil)	€/Akh	20
Feld-Hof-Entfernung	km	4
Schlaggröße	ha	20
Glyphosat 360g/l	€/l	5,6

Um bei der Glyphosatanwendung auch den Aufwand für das Totalherbizid zu berücksichtigen, wurden den Arbeitserledigungskosten hier die Direktkosten für Pflanzenschutzmittel hinzugefügt.

Nachfolgend sind die wichtigsten Formeln zur Berechnung der AEK aufgeführt.

(1) Feste Maschinenkosten Schlepper (Abschreibung + Zinsanspruch + Versicherung)

= ((A – RW)/N + (A – RW) * 0,5 * i + RW * i + Grundbetrag) * Kehrwert Flächenleistung

(2) Variable Maschinenkosten Schlepper (Diesel, Schmierstoffe, Reparaturen)

= (DKV * Preis DK * Faktor DKV + DKV * 0,01 * Preis SSt * Faktor DKV + Reparaturkosten) * Kehrwert Flächenleistung

(3) Feste Maschinenkosten Gerät (Abschreibung + Zinsanspruch)

= ((A – RW)/N + (A – RW) * 0,5 * i + RW * i) * Kehrwert Flächenleistung

(4) Variable Maschinenkosten Gerät = Reparaturkosten

(5) Lohnkosten = Akh * Stundensatz

(A = Anschaffungspreis, RW = Restwert, N = Nutzungsdauer in Jahre, i = Zinssatz, DKV = Dieselkraftstoffverbrauch, DK = Dieselkraftstoff, SSt = Schmierstoffe, Akh = Arbeitskraftstunden)

2.5 Darstellung der Variantenpläne, Wirkungsgrade und Arbeitserledigungskosten

Nachfolgen werden im Einzelnen die Varianten der Betriebe sowie die Wirkungen der Maßnahmen auf den Ausfallraps und die organische Substanzauflage vorgestellt.

2.5.1 *Agrarunternehmen "Wöllmisse" Schlöben eG*

Der Betrieb wendet aus phytosanitären Gründen regelmäßig Glyphosat auf der Rapsstoppel an. 2018 und 2019 wurde daher die Glyphosatbehandlung mit einer rein mechanischen Bodenbearbeitungsvariante vergleichend geprüft.

2.5.1.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018

Das Jahr 2018 war von großer Trockenheit geprägt. Der Ausfallraps entwickelte sich nach der Stoppelbearbeitung nur sehr zögerlich. Infolgedessen fand die Ausfallraps-Beseitigung annähernd 5 Wo-

chen nach der Stoppelbearbeitung zu BBCH 10 – 12 der Rapspflanzen statt. Die Bearbeitung war somit trotz hoher Auflaufzahlen (ca. 1615 Pfl/m²) in beiden Prüfgliedern sehr erfolgreich. Vereinzelt übrig gebliebene Pflanzen wurden bei der anschließenden Grundbodenbearbeitung beseitigt. Die organische Substanzauflage reduzierte sich in beiden Verfahren von 80% Deckung durch den aufgelaufenen Rapsbestand nach Stoppelbearbeitung auf 20% (Mulch) zum Zeitpunkt der Aussaat. Durch die anhaltende Trockenheit lief auch der Winterweizen als Folgekultur nur sehr heterogen auf. In der Glyphosat-Variante konnten zum Zeitpunkt der Auflaufbonitur am 02.10.2018 deutlich weniger Weizenpflanzen registriert werden als in der mechanischen Bearbeitungsvariante. Die Arbeitserledigungskosten beider Verfahren lagen mit nur 8 €/ha Differenz relativ nahe beieinander. Tabelle 2 gibt einen Überblick zu den durchgeführten Maßnahmen, den Boniturergebnissen sowie den berechneten Arbeitserledigungskosten.

Tab. 2: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2018

(a)

Prüfglied	Maßnahmen				
	Stoppelbearbeitung (23.07.2018)	Ausfallraps-beseitigung (BBCH 10 - 12; Höhe 0,5 - 5 cm) (28.08.2018)	Grundbodenbearbeitung (09.09.2018)	Aussaat (10.09.2018)	Herbizid Folgekultur (BBCH 10/12) (19.10.2018)
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 3 - 6 cm)	Anhängefeldspritze (Taifun forte 3 l/ha + Mero 0,35 l/ha)	Schwergrubber (Flügelschar, Arbeitstiefe: 10 - 15 cm)	Scheibensämaschine (Winterweizen)	Anhängefeldspritze (Viper Compact 1,0 l/ha)
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)		Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 8 - 13 cm)			

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor …				org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor …				Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	1615 (BBCH 10 - 12; Höhe 0,5 - 5 cm)	0	0	0	80	80	20	20	69
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)		0,5 (BBCH 10 - 14; Höhe 0,5 - 15 cm)	0	0		40	20	20	101

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Mechanisierung: *Traktor, 264 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 7,65 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 176 kW + Anhängespritze, 4000 l, 30 m* Arbeitsgang: *Pflanzenschutzmaßnahme ab Hof*	**27 €/ha** (incl. PSM)	Mechanisierung: *Traktor, 264 kW + Grubber, aufgesattelt, 6,2 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**49 €/ha**	**107 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)			Mechanisierung: *Traktor, 264 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 7,65 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**35 €/ha**			**115 €/ha**

2.5.1.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019

Auch das Jahr 2019 war gemessen am langjährigen Mittel deutlich zu trocken und zu warm. Am Standort des Agrarunternehmens in Schlöben fielen allerdings im Zeitraum nach der Winterrapsernte starke Niederschläge, sodass auch ohne Stoppelbearbeitung ca. 1.500 Pflanzen pro qm neu aufgelaufen sind. Die Ausfallrapsbekämpfung mit Glyphosat erfolgte ca. 4 Wochen nach der Ernte im Stadium BBCH 12/13. Die mechanische Beseitigung unterblieb in diesem Fall und sollte in der Folge mit einer tiefen Grundbodenbearbeitung mit erledigt werden. Mit einem Wirkungsgrad von 95% konnte die Grundbodenbearbeitung den Großteil der Ausfallrapspflanzen in PG 2 (mechanische Variante) beseitigen. Zum Zeitpunkt der Herbizidmaßnahme zu BBCH 11-14 befanden sich insgesamt noch durchschnittlich 69 Rapspflanzen im Bestand. Mit maximal 10 cm Wuchshöhe und 4 voll entwickelten Blättern sollte dieser Besatz allerding kein Problem für eine erfolgreiche Herbizidbehandlung im Herbst darstellen. Inwieweit hier die Herbizidkosten ansteigen, war hier nicht Gegenstand der Untersuchungen. Eine Anrechnung auf die nun deutlich niedrigeren AEK müsste in dem Fall noch erfolgen. Diese liegen aufgrund der unterlassenen mechanischen Ausfallrapsbeseitigung mit 49 €/ha deutlich unter der Glyphosatvariante (76 €/ha). Die organische Substanzauflage war durch den höheren Zuwuchs aufgrund der unterlassenen Ausfallrapsbeseitigung im PG 2 im Beobachtungszeitraum durchgängig leicht erhöht. Bei der Auflaufbonitur am 30.10.19 konnte im PG 2 ein schlechterer Feldaufgang der Folgefrucht Winterweizen registriert werden. Die längere Standzeit des Ausfallrapsbestandes sowie die immer noch im Bestand stehenden Rapspflanzen könnten über eine vermehrte Austrocknung des Bodens zu diesem Effekt beigetragen haben.

Tab. 3: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen				
	Stoppelbearbeitung	Ausfallraps beseitigung (BBCH 12 - 13; Höhe 2 - 7 cm) (31.08.2019)	Grundbodenbearbeitung (14.10.2019)	Aussaat (15.10.2019)	Herbizid Folgekultur (BBCH 10/11) (31.10.2019)
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	keine	Anhängefeldspritze (Taifun forte 3 l/ha + Kantor 0,12 l/ha)	Schwergrubber (Flügelschar, Arbeitstiefe: 15 - 20 cm)	Scheibensämaschine (Winterweizen)	Anhängefeldspritze (Viper Compact 1,0 l/ha)
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)		keine			

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor...				org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor...				Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Grundboden-bearbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	1500 (BBCH 12 - 13; Höhe 2 - 7cm)	0	0	0	90	90	20	20	413
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)		1500 (BBCH 12 - 17; Höhe 6 - 18 cm)	75 (BBCH 11 - 14; Höhe 4 - 10 cm)	69 (BBCH 11 - 14; Höhe 3 - 8 cm)		100	40	30	358

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	keine	**0 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 176 kW + Anhängespritze, 4000 l, 30 m* Arbeitsgang: *Pflanzenschutzmaßnahme ab Hof*	**27 €/ha** (incl. PSM)	Mechanisierung: *Traktor, 264 kW + Grubber, aufgesattelt, 6,2 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**49 €/ha**	**76 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)			keine	**0 €/ha**			**49 €/ha**

2.5.2 *Agrar eG Guthmannshausen*

Wie eingangs erwähnt, befinden sich große Flächen mit Lössauflage in der Bewirtschaftung der Agrar eG. Guthmannshausen. In Verbindung mit ausreichendem Niederschlag und hohen Temperaturen ermöglichen diese i.d.R. sehr fruchtbaren Böden schnell einen hohen Biomassezuwachs bei den Ausfallkulturen. Die Glyphosat-Applikation im Rahmen des Stoppelmanagements ist daher für diesen Betrieb bisher eine zwingend notwendige Maßnahme.

2.5.2.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018

Aufgrund der großen Trockenheit in Verbindung mit hohen Temperaturen fand die Stoppelbearbeitung nach der Ernte bereits sehr früh am 16.07.18 statt. Dementsprechend verlängerte sich der Zeitraum der grünen Brücke bis zur Aussaat der Folgekultur. Die Glyphosat-Applikation in PG 1 erfolgt fast acht Wochen später am 07.09.18 zu BBCH 14 – 17. Die Rapspflanzen besaßen hier bereits eine maximale Höhe von bis zu 40 cm. In PG 2 bearbeitete der Betrieb den Bestand zweimal am 25.08.18 und am 07.09.18. Die Wirkungsgrade waren in beiden Varianten sehr gut (99%). Allerdings wurden aufgrund von Spritzschatten bei der Behandlung in den Streifen von PG 1 im Mittel noch 14 Pfl./m² festgestellt. Die anschließende Saatbettbereitung führte dann aber in beiden Prüfgliedern zu einer Raps-freien Folgekultur. Die organische Substanzauflage war durch die vermehrte Bodenbearbeitung in PG 2 im Betrachtungszeitraum deutlich niedriger als in PG 1. Unterschiede im Auflauf der Folgekultur konnten am Standort allerdings nicht registriert werden. Die ermittelten Arbeitserledigungskosten weisen einen Mehrbetrag von 36 €/ha gegenüber der Glyphosatvariante aus.

Tab. 4: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2018

(a)

Prüfglied	Maßnahmen						
	Stoppel-bearbeitung (16.07.2018)	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 12 - 16; Höhe 4 - 33 cm) (25.08.2018)	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 14- 17; Höhe 5 - 40 cm) (07.09.2018)	Grundboden-bearbeitung (28.09.2018)	Saatbett-bereitung (05.10.2018)	Aussaat (08.10.2018)	Herbizid Folgekultur (BBCH 25) (28.03.2019)
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 3 - 7 cm)	keine	Selbstfahrer Feldspritze (Round Up Rekord 1,75 kg/ha)	Schwergrubber (Flügelschar, Arbeitstiefe: 20 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 3 - 7 cm)	Zinkensämaschine (Winterweizen)	Selbstfahrer Feldspritze (Broadway 220g/ha + FHS 1 l/ha)
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)				

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor…						org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor…						Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Saatbett-bereitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Saatbett-bereitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	1140 (BBCH 12 - 16; Höhe 4 - 33 cm)	1140 (BBCH 14 - 17; Höhe 5 - 40 cm)	14 (BBCH 12 - 14; Höhe 5 - 10 cm)	0	0	0	100	100	95	40	30	30	320
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		55 (BBCH 12 - 15; Höhe 5 - 20 cm) 20 (BBCH 10)	3 (BBCH 13 - 15; Höhe 15 - 20 cm) 32 (BBCH 10)	0	0	0		70	40	15	15	15	327

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*										Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		Saatbettbereitung		
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Mechanisierung: *Raupe, 450 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 12 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**29 €/ha**	keine	**0 €/ha**	Mechanisierung: *Pflanzenschutzspritze, Selbstfahrer, 32 m, 183 kW* Arbeitsgang: *Pflanzenschutzmaß-nahme ab Hof*	**32 €/ha** (incl. PSM)	Mechanisierung: *Raupe, 450 kW + Grubber, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**47 €/ha**	Mechanisierung: *Raupe, 450 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 12 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**29 €/ha**	**137 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)			Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**34 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**34 €/ha**					**173 €/ha**

2.5.2.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019

Erfolgte 2018 der Stoppelsturz noch mit einer Scheibenegge, so griff der Betrieb 2019 zum Striegel. Bei der Auszählung der Bestandesdichte des aufgelaufenen Rapses ergaben sich mehr als doppelt so hohe Werte wie im Vorjahr. Unabhängig von den möglichen Ursachen, führt ein gleichmäßig dichter Pflanzenbestand auch zu mehr Konkurrenz der Pflanzen untereinander. Dadurch kann anfangs ein zu hoher Wuchs von Einzelpflanzen teilweise unterbunden werden. Die Glyphosat-Aapplikation wurde 6 Wochen nach dem Stoppelstriegeln bei einer maximalen Pflanzenhöhe von ca. 13 cm durchgeführt. Die mechanische Bodenbearbeitung erfolgte jeweils im Abstand von 3 Wochen. Beide Verfahren führten zu einem sauberen Saatbeet. Der Bedeckungsgrad mit organischer Substanz war am Ende des Betrachtungszeitraums bei beiden Varianten nahezu identisch, was vor allem auf die tiefe Grundbodenbearbeitung zurückzuführen war. Zum Zeitpunkt der Auflaufbonitur der Folgekultur (03.11.19) zu BBCH 10 konnte auch hier in PG 2 eine etwas höhere Auflaufrate des Winterweizens ermittelt werden. Die Arbeitserledigungskosten unterscheiden sich wie schon 2018 um 36 €/ha.

Tab. 5: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen						
	Stoppel-bearbeitung (03.08.2019)	Ausfallraps-beseitigung (BBCH 11 - 13; Höhe 5 - 8 cm) (24.08.2019)	Ausfallraps-beseitigung (BBCH 12 - 15; Höhe 7 - 13 cm) (12.09.2019)	Grundboden-bearbeitung (29.09.2019)	Saatbett-bereitung (18.10.2019)	Aussaat (21.10.2019)	Herbizid Folgekultur (BBCH 11) (15.11.2019)
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Striegel (Arbeitstiefe: 1 - 2 cm)	keine	Selbstfahrer Feldspritze (Round Up Rekord 1,75 kg/ha)	Schwergrubber (Flügelschar, Arbeitstiefe: 20 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 3 - 7 cm)	Zinkensämaschine (Winterweizen)	Selbstfahrer Feldspritze (Viper Compact 1,0 l/ha)
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)				

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor…						org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor…						Feldauf-gang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Saatbett-bereitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Saatbett-bereitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	2500 (BBCH 11 -13, Höhe 5 - 8 cm)	2500 (BBCH 12 -15; Höhe 7 - 13 cm)	0	0	0	0	100	100	95	25	20	20	127
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		47 (BBCH 14 -15; Höhe 20 - 25 cm)	3 (BBCH 12 -15; Höhe 5 - 13 cm)	0	0	0		60	40	25	20	20	150

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*										Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		Saatbettbereitung		
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Hackstriegel, angebaut, 12 m* Arbeitsgang: *Striegeln*	**14 €/ha**	keine	**0 €/ha**	Mechanisierung: *Pflanzenschutzspritze, Selbstfahrer, 32 m, 183 kW* Arbeitsgang: *Pflanzenschutzmaß-nahme ab Hof*	**32 €/ha** (incl. PSM)	Mechanisierung: *Raupe, 450 kW + Grubber, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**47 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, flach*	**29 €/ha**	**122 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)			Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**34 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**34 €/ha**					**158 €/ha**

2.5.3 *Erzeuger-Genossenschaft Weimar Kromsdorf eG (2018) und Gönnatal – agrar eG (2019)*

Die Erzeuger-Genossenschaft Weimar Kromsdorf eG nahm am 2018 am Projekt teil und wurde im darauffolgenden Jahr von der Gönnatal – agrar eG ersetzt. Beide Betriebe nutzen Glyphosat regelmäßig zur Ausfallraps-Bekämpfung. Zusätzlich zur mechanischen Bodenbearbeitungsvariante prüfte die Erzeuger-Genossenschaft Weimar Kromsdorf eG auch Verfahren zur Verbesserung der Auflaufraten im Zuge der Stoppelbearbeitung.

2.5.3.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018

Der Praxisversuch in Weimar/Kromsdorf besaß daher 2018 3 Prüfglieder mit verschiedenen Verfahren der Stoppelbearbeitung sowie im weiteren Verlauf zwei Verfahren zur Ausfallrapsbeseitigung. Im PG 1 erfolgte keine Stoppelbearbeitung sondern nur eine chemische Behandlung des Ausfallrapses mit Glyphosat. Im PG 2 wurde zur Stoppelbearbeitung mit der neu konstruierten Väderstad Carrier CrossCutter Disc gearbeitet und im PG 3 kam die betriebseigene Scheibenegge zum Einsatz. Anschließend wurde in den beiden Prüfgliedern der Ausfallraps mechanisch bearbeitet.
Die Bonitur des Ausgangsbesatzes ergab für PG 1 (ohne Stoppelbearbeitung) den höchsten Auflauf. In den beiden Prüfgliedern mit Stoppelbearbeitung konnte mit der Väderstad Carrier CrossCutter Disc ein 3 mal so hoher Auflauf des Ausfallrapses erzielt werden wie mit der parallel geprüften Scheibenegge. Heftige Niederschläge führten in der Folge dazu, dass der Ausfallbestand stark an Biomasse zunahm und bis zu 30 cm Höhe erreichte. Bei der mechanischen Bodenbearbeitung musste daher ein Mulchgang vorangestellt werden. Die Bekämpfungserfolge lagen in den mechanischen Varianten jeweils bei 99%. Im PG 1 konnten aufgrund von Spritzschatteneffekten nur 95% Wirkungsgrad erreicht werden. Durch die Grundbodenbearbeitung vor Aussaat der Folgekultur konnte aber auch hier noch ein relativ sauberes Saatbett erzielt werden. Im gesamten Betrachtungszeitraum konnte im PG 1 eine höhere organische Substanzauflage registriert werden als in den Varianten der mechanischen Ausfallrapsbeseitigung. Zur Bonitur des Feldaufgangs am 30.09.18 konnten wiederrum deutliche Unterschiede im Aufgang der Folgekultur Winterweizen registriert werden. Das PG 3 mit der geringsten organischen Substanzauflage und der niedrigsten Auflaufrate nach der Stoppelbearbeitung besaß bis dahin die meisten aufgelaufenen Pflanzen in der Folgekultur. Die Differenz der Arbeitserledigungskosten zwischen PG 1 und PG 2 bzw. 3 resultiert vor allem aus dem Arbeitsgang Mulchen, welcher in

den Berechnungen mit 60 €/ha ausgewiesen wurde. Zudem erhöht sich die Differenz aufgrund der fehlenden Stoppelbearbeitung.

Tab. 6: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2018

(a)

Prüfglied	Maßnahmen						
	Stoppel-bearbeitung (12.07.2018)	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 12 - 15; Höhe 5 - 30 cm) (21.08.2018)	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 12 - 15; Höhe 5 - 30 cm) (23.08.2018)	Grund-bodenbe-arbeitung (17.09.2018)	Saatbett-bereitung (19.09.2018)	Aussaat (20.09.2018)	Herbizid Folgekultur (BBCH 10/11) (01.10.2018)
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Keine	Keine	Selbstfahrer Feldspritze (Glyphosat 360 5 l/ha)	Schwergrubber (Schmalschar, Arbeitstiefe: 15 - 20 cm)	Saatbett-kombination (Gänsefußschar, Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)	Zinkensämaschine (Winterweizen)	Selbstfahrer Feldspritze (0,3 l/ha Bacara Forte + 0,75 l/ha Cadou SC)
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)	Scheibenegge Väderstad Carrier (450 mm CrossCutter Disc, Arbeitstiefe: 1 - 2 cm)	Schlegelmulcher	Grubber Lemken Karat (80 mm Schmalschar, 28,5 cm Strichabstand, Arbeiteitstiefe: 10 - 20 cm)				
PG 3 (mech. Bodenbe-arbeitung)	Scheibenegge Lemken Rubin (620 mm gezackte Hohlscheibe, Arbeitstiefe: 3 - 6 cm)						

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor...						org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor...						Feldauf-gang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Saatbett-bereitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Saatbett-bereitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	996 (BBCH 11 - 14; Höhe 2 - 30 cm)	996 (BBCH 11 - 14; Höhe 2 - 30 cm)	50 (BBCH 11 - 13; Höhe 5 - 10 cm)	5 (BBCH 11 - 13; Höhe 5 - 10 cm)	4 (BBCH 11 - 13; Höhe 5 - 10 cm)	4 (BBCH 12 - 16; Höhe 5 - 10 cm) 10 (BBCH 10)	100	100	90	30	30	30	1
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)	842 (BBCH 11 - 14; Höhe 2 - 22 cm)	842 (BBCH 11 - 14; Höhe 2 - 7 cm)	10 (BBCH 12 - 16; Höhe 5 - 10 cm)	0	0	15 (BBCH 10)	95	90	20	20	15	15	15
PG 3 (mech. Bodenbe-arbeitung)	264 (BBCH 11 - 15; Höhe 2 - 23 cm)	264 (BBCH 11 - 15; Höhe 2 - 7 cm)	3 (BBCH 12 - 16; Höhe 5 - 10 cm)	0	0	17 (BBCH 10)	85	80	10	10	10	10	49

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*										Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		Saatbettbereitung		
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	keine	**0 €/ha**	keine	**0 €/ha**	Mechanisierung: *Pflanzenschutzspritze Selbstfahrer, 158 kW, 30 m* Arbeitsgang: *Pflanzenschutzmaß-nahme ab Hof*	**41 €/ha** (incl. PSM)	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Grubber, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**56 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Saatbettkombination, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Saatbett-kombination*	**35 €/ha**	**129 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)	Mechanisierung: *Traktor, 257 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibenegge, flach*	**31 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Mulcher, Front/Heck, 5 m* Arbeitsgang: *Mulchen*	**60 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 220 kW + Grubber, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Grubbern, tief*	**44 €/ha**					**223 €/ha**
PG 3 (mech. Bodenbe-arbeitung)	Mechanisierung: *Traktor, 264 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibenegge, flach*	**33 €/ha**									**226 €/ha**

2.5.3.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019

Die Besonderheit im Praxisversuch der Gönnatal – agrar eG bestand in der sehr niedrigen Auflaufrate des Ausfallrapses nach der Stoppelbearbeitung (38 Pfl/m²). Eine zu tiefe Bearbeitung könnte hierfür die Ursache sein. Der Bestand wurde in PG 1 mit Glyphosat behandelt, in PG 2 erfolgte keine separate Bearbeitung durch den Betrieb. Durch viel Standraum und wenig intrakulturelle Konkurrenz wuchs der Bestand in PG 2 auf bis zu 35 cm Höhe an. Die anschließende tiefere Bodenbearbeitung mittels Scheibenegge verringerte in PG 2 den Bestand nur zu 50%. Damit verblieben zur Herbizidapplikation in der Folgekultur noch ca. 17 Pfl/m² mit einer Wuchshöhe von bis zu 15 cm. Die Substanzauflage war durch die tiefere Stoppelbearbeitung und augrund des geringen Neuauflaufes schon zu Versuchsbeginn relativ niedrig (50%). Die weitere Bearbeitung führte dann in beiden Prüfgliedern zu einer gleich hohen Bodenbedeckung. Die Arbeitserledigungskosten der Bodenbearbeitungsvariante im Herbst sind in PG 2 durch die fehlende separate Ausfallrapsbeseitigung um 33 €/ha niedriger. Sollte die Standard-Herbizidmaßnahme nicht ausreichend sein, müssten hier noch anschließende Mehraufwendungen für die Beseitigung der Rapspflanzen in der Folgekultur hinzugerechnet werden.

Tab. 7: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen					
	Stoppelbearbeitung (15.08.2019)	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 12 - 15; Höhe 2 - 17 cm) (11.09.2019)	Bodenbearbeitung (10.10.2019)	Aussaat (14.10.2019)	Walzen (15.10.2019)	Herbizid Folgekultur (BBCH 11) (30.10.2019)
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 5 - 10 cm)	Selbstfahrer Feldspritze (Glyphosat 480 3 l/ha)	Kurzscheibenegge (Arbeitstiefe: 10 - 15 cm)	Zinkensämaschine (Winterweizen)	Prismenwalze	Selbstfahrer Feldspritze (Herold SC 0,6 l/ha)
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		keine				

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor...				org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor...				Feldauf-gang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Bodenbe-arbeitung	Aussaat + Walzen	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Bodenbe-arbeitung	Aussaat + Walzen	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	38 (BBCH 12 - 15; Höhe 2 - 17 cm)	0	0	0	50	50	20	20	190
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		39 (BBCH 14 - 25; Höhe 5 - 35 cm)	17 (BBCH 14 - 21; Höhe 6 - 15 cm)	17 (BBCH 14 - 22; Höhe 6 - 15 cm)		70	30	20	217

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Bodenbearbeitung		
PG 1 (Glyphosat-anwendung)	Mechanisierung: *Traktor, 265 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibenegge, flach*	**28 €/ha**	Mechanisierung: *Pflanzenschutzspritze, Selbstfahrer, 230 kW, 27 m* Arbeitsgang: *Pflanzenschutzmaßnahme ab Hof*	**33 €/ha** (incl. PSM)	Mechanisierung: *Traktor, 265 kW + Scheibenegge, aufgesattelt, 8 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibenegge, tief*	**33 €/ha**	**94 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)			keine	**0 €/ha**			**61 €/ha**

2.5.4 *Landwirtschaftsbetrieb Georg Misselwitz*

Der Landwirtschaftsbetrieb Georg Misselwitz verzichtet seit Jahren auf den Einsatz von Glyphosat zur Ausfallrapsbeseitigung. Daher wurden 2018 und 2019 ausschließlich verschieden Varianten der mechanischen Bodenbearbeitung vergleichend geprüft.

2.5.4.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018

In 2018 wurden 4 Varianten der mechanischen Bodenbearbeitung vergleichend geprüft. Die Stoppelbearbeitung führte der Betreib mit einer Messerwalze durch. Aufgrund heterogener Bodeneigenschaften liefen in den Varianten leider unterschiedlich viele Rapspflanzen neu auf. Zur Ausfallrapsbeseitigung testete der Betrieb den betriebseigenen Grubber Horsch Terrano 3 FX (PG 1) gegen den Grubber Lemken Karat 9/400 KUA (PG 2). Durch Lieferschwierigkeiten fand hier allerdings die Bearbeitung 13 Tage nach der Bearbeitung in PG 1 statt. Im Prüfglied 3 wurde die Betriebsscheibenegge Lemken Rubin 9/400 KUA zur Ausfallrapsbekämpfung genutzt. Das PG 4 zeichnete sich durch eine doppelte Bodenbearbeitung aus. Anhand der in Tabelle 7a zusammengestellten Ergebnisse wird deutlich, dass die Prüfglieder 1, 2 und 4 den zur Stoppelbearbeitung angeregten Auflauf des Ausfallraps zu 99% bekämpft haben. Das PG 3 fällt mit 9 Pfl./m² (Wirgungsgrad 98%) in der Folgekultur etwas ab. Unterschiede wurden zudem nachfolgend im Auflauf einer zweiten Welle registriert. Die Rapsbekämpfung in PG 1 hatte zur Folge, dass bis zur Grundbodenbearbeitung neben 2 Altrapspflanzen auch 569 neue Rapspflanzen wieder aufgelaufen sind. Im Prüfglied 2 liefen bis zum verspäteten Termin 316 Pflanzen zusätzlich neu auf, sodass nun 782 Pfl./m² zum Zeitpunkt der Bekämpfung registriert wurden. Aus der Bearbeitung mit der Scheibenegge zum ersten Termin (PG 3) gingen zunächst 160 und im weiteren Verlauf nochmal 247 Pflanzen hervor (in Summe 407 Pflanzen). In der zweifach bearbeiteten Variante (PG 4) liefen hingegen nur 124 Rapspflanzen neu auf. Insgesamt betrachtet waren damit unter Berücksichtigung der heterogenen Bodeneigenschaften die Prüfglieder 1 und 3 am erfolgreichsten bei der Schaffung optimaler Keimbedingungen für die Ausfallkultur. Die organische Substanzauflage reduziert sich in allen Verfahren vor allem durch die Grundbodenbearbeitung, bleibt aber in PG 1 leicht über den registrierten Werten der Vergleichsvarianten. Bei der abschließenden Auflaufbonitur der Folgekultur konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Die Arbeitserledigungskosten ergaben für die einmalige Ausfallrapsbeseitigung in PG 1 bis 3 annähernd identische Werte. Die zweifache mechanische Beseitigung lag um ca. 45 €/ha höher.

Tab. 8: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen					
	Stoppelbearbeitung (10.08.2018)	Ausfallraps beseitigung (BBCH 10 - 16; Höhe 0,5 - 20 cm) (21.08.2018)	Ausfallraps beseitigung (BBCH 10 - 17; Höhe 0,5 - 20 cm) (03.09.2018)	Grundbodenbearbeitung (04.10.2018)	Aussaat (05.10.2018)	Herbizid Folgekultur (BBCH 10) (13.10.2018)
PG 1 (mech. Bodenbearbeitung)	Messerwalze (Arbeitstiefe: 0 - 1 cm)	Grubber Horsch Terrano 3 FX (25 cm Flügelschar, 30 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 6 - 12 cm)	keine	Schwergrubber (Flügelschar, Arbeitstiefe: 15 - 20 cm)	Scheibensämaschine (Winterweizen)	Anhängefeldspritze (Cadou Forte Set (0,3 + 0,75l/ha) + Boxer 2l/ha)
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)		keine	Grubber Lemken Karat 9/400 KUA (30 cm Flügelschar, 28,5 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 8 - 12 cm)			
PG 3 (mech. Bodenbearbeitung)		Scheibenegge Lemken Rubin 9/400 KUA (620 mmm gezackte Hohlscheibe, Arbeitstiefe: 6 - 12 cm)	keine			
PG 4 (mech. Bodenbearbeitung)		Scheibenegge Lemken Rubin 9/400 KUA (620 mmm gezackte Hohlscheibe, Arbeitstiefe: 6 - 12 cm)	Grubber Lemken Karat 9/400 KUA (30 cm Flügelschar, 28,5 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 8 - 12 cm)			

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor...					org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor...					Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (mech. Bodenbearbeitung)	637 (BBCH 10 - 16; Höhe 0,5 - 20 cm)	1 (BBCH 14) 33 (BBCH 10)	2 (BBCH 14) 569 (BBCH 10)	2 (BBCH 15)	2 (BBCH 14 - 16; Höhe 7 - 17 cm)	90	60	60	30	30	305
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)	466 (BBCH 10 - 16; Höhe 0,5 - 20 cm)	782 (BBCH 10 - 17; Höhe 0,5 - 20 cm)	3 (BBCH 14) 0 (BBCH 10)	3 (BBCH 15)	3 (BBCH 14 - 16; Höhe 7 - 17 cm)	80	90	30	20	20	308
PG 3 (mech. Bodenbearbeitung)	482 (BBCH 10 - 16; Höhe 0,5 - 20 cm)	7 (BBCH 14) 160 (BBCH 10)	8 (BBCH 14) 407 (BBCH 10)	8 (BBCH 15)	9 (BBCH 14 - 16; Höhe 7 - 17 cm)	80	40	40	20	20	302
PG 4 (mech. Bodenbearbeitung)	484 (BBCH 10 - 16; Höhe 0,5 - 20 cm)	2 (BBCH 14) 124 (BBCH 10)	1 (BBCH 14) 0 (BBCH 10)	1 (BBCH 15)	1 (BBCH 14 - 16; Höhe 7 - 17 cm)	80	40	20	20	20	300

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*								Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1 (mech. Bodenbearbeitung)	Mechanisierung: *Traktor, 176 kW + Messerwalze, aufgesattelt, 6 m* Arbeitsgang: *Walzen "zur Aussaat"*	**25 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 176 kW + Grubber, angebaut, 3 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, tief*	**42 €/ha**	keine	**0 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Grubber, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Tiefgrubbern*	**56 €/ha**	**123 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbearbeitung)			keine	**0 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Grubber, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, tief*	**44 €/ha**			**125 €/ha**
PG 3 (mech. Bodenbearbeitung)			Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**45 €/ha**	keine	**0 €/ha**			**126 €/ha**
PG 4 (mech. Bodenbearbeitung)			Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**45 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Grubber, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, tief*	**44 €/ha**			**170 €/ha**

2.5.4.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019

Im Jahr 2019 wurde nochmals der Einsatz eines Grubbers mit dem einer Scheibenegge zur Beseitigung des Ausfallrapses verglichen. Aufgrund von Hagelschlag war bereits kurz nach der Ernte viel Ausfallraps aufgelaufen (1.075 Pfl./m²). Der Betrieb führte daher auf der Fläche keine Stoppelbearbeitung durch. Die Bonitur zur Ausfallrapsbeseitigung ergab, dass der Grubber in PG 1 nahezu alle Pflanzen beseitigen konnte. Beim Einsatz der Scheibenegge in PG 2 verblieben dagegen noch 69 Pfl/m². Dafür wurden aber auch 50 neu aufgelaufene Pflänzchen gezählt, die aus einer deutlich geringeren Arbeitstiefe resultieren. Eine zweite einheitliche Bearbeitung mit der Scheibenegge konnte am bestehenden Besatz aufgrund der Größe der Pflanzen keine merklichen Verbesserungen herbeiführen. Allerdings liefen dadurch nochmals im PG 2 50 und im PG 1 100 Pflanzen neu auf. Die Grundbodenbearbeitung vor Aussaat führte dann in beiden Varianten zu einem sauberen Saatbett. Die organische Substanzauflage verringerte sich nahezu identisch in beiden Prüfgliedern auf 20%. Ein differenzierter Auflauf der Folgekultur konnte nicht nachgewiesen werden. Die Arbeitserledigungskosten sind ebenfalls in beiden Verfahren annähernd gleich.

Tab. 9: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen					
	Stoppelbearbeitung	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 11 - 13; Höhe 3 - 15 cm) (21.08.2019)	Ausfallrapsbeseitigung (BBCH 11 - 14; Höhe 3 - 17 cm) (04.09.2019)	Grundbodenbearbeitung (02.10.2019)	Aussaat (04.10.2019)	Herbizid Folgekultur (BBCH 10) (15.10.2018)
PG 1 (mech. Bodenbe-arbeitung)	keine	Grubber Horsch Terrano 3 FX (25cm Flügelschar, 30 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 10 - 20 cm)	Scheibenegge (Arbeitstiefe: 8 - 12 cm)	Schwergrubber (Arbeitstiefe: 15 - 20 cm)	Scheibensämaschine (Winterweizen)	Anhängefeldspritze (Cadou Forte Set (0,3 + 0,75l/ha) + Boxer 2l/ha + Traxos 1l/ha am 06.12.19)
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		Scheibenegge Lemken Rubin 9/400 KUA (620 mmm gezackte Hohlscheibe, Arbeitstiefe: 3 - 15 cm)				

(b)

Prüfglied	Winterrapsbesatz [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor…					org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor…					Feldauf-gang Folgekultur [Pfl/m²]
	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	Ausfallraps-beseitigung	Ausfallraps-beseitigung	Grund-bodenbe-arbeitung	Aussaat	Herbizid Folgekultur	
PG 1 (mech. Bodenbe-arbeitung)	1075 (BBCH 11 - 13; Höhe 3 - 15 cm)	1 (BBCH 12 - 14; Höhe 5 - 10 cm) 0 (BBCH 10)	1 (BBCH 12 - 24; Höhe 5 - 30 cm) 100 (BBCH 10)	0	0	90	50	20	20	20	300
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)		69 (BBCH 12 - 14; Höhe 5 - 15 cm) 50 (BBCH 10)	66 (BBCH 12 - 24; Höhe 5 - 30 cm) 50 (BBCH 10)	0	0		65	30	20	20	315

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*								Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Ausfallrapsbeseitigung		Ausfallrapsbeseitigung		Grundbodenbearbeitung		
PG 1 (mech. Bodenbe-arbeitung)	keine	**0 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 176 kW + Grubber, angebaut, 3 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, tief*	**42 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**45 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Grubber, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Grubbern, tief*	**56 €/ha**	**143 €/ha**
PG 2 (mech. Bodenbe-arbeitung)			Mechanisierung: *Traktor, 227 kW + Kurzscheibenegge, aufgesattelt, 4 m* Arbeitsgang: *Eggen mit Scheibeneggen, tief*	**45 €/ha**					**146 €/ha**

2.5.5 *Landwirtschaftsbetrieb Markus Kopold*

In diesem Betrieb wird seit mehreren Jahren schon versucht, über reduzierte Aufwandmengen die Aufwendungen für den chemischen Pflanzenschutz so gering wie möglich zu halten. Daher hat die Bodenbearbeitung im Rahmen des Unkrautmanagements in diesem Betrieb schon länger einen hohen Stellenwert. Seit 2018 befindet sich der Betrieb sogar in der Umstellung zum ökologischen Landbau. Anstatt verschiedene Verfahren zu vergleichen, wurden im Landwirtschaftsbetrieb Markus Kopold auf zwei unterschiedlichen Schlägen die Maßnahmen zur mechanischen Unkrautbekämpfung begleitet. Die Ergebnisse können hier als Anhaltspunkt gesehen werden, wie hoch die Aufwendungen liegen, wenn Glyphosat auch als Hilfsmittel zur Bekämpfung von schwer bekämpfbaren Unkräutern (resistente Ungräser, Wurzelunkräuter) fehlt.

2.5.5.1 Ergebnisse aus dem Jahr 2018

2018 wurden auf zwei Flächen mit Winterraps und Winterweizen die Maßnahmen mit Beginn der Stoppelbearbeitung begleitet. Auf beiden Schlägen hat der Betrieb die Strategie verfolgt, Ausfallkulturen sowie Unkräuter und Ungräser bereits im Keim- bzw. Zweiblattstadium möglichst flach und ganzflächig mit einem Grubber (mit Gänsefußscharen) abzuschneiden. Im Winterraps wurde im Abstand von 3 bis 4 Wochen der Acker flach gegrubbert bzw. im zweiten Bearbeitungsdurchgang gestriegelt. Die Aussaat erfolgt dann ebenfalls wieder mit einem Grubber mit aufgebautem Saattank incl. Saateinheit und Aussaat über die Zinkenstiele. Damit stellt auch die Aussaat nochmals einen Bekämpfungsdurchgang dar. Auf dem Schlag mit Ausfallweizen wurde anstelle des Striegelns der Boden tief bearbeitet. Für beide Kulturen waren somit drei Bearbeitungsgänge notwendig. In der Anzahl entspricht dies dem Aufwand der mechanischen Varianten der anderen Projektteilnehmer. Die Arbeitserledigungskosten liegen mit 116 €/ha (Winterraps) bzw. 159 €/ha (Winterweizen) im Bereich der Kosten, die für die mechanischen Varianten der o.g. Betriebe ermittelt wurden.

Tab. 10: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2018

(a)

Prüfglied	Maßnahmen				
	Stoppelbearbeitung	Bodenbearbeitung 1. Durchgang	Bodenbearbeitung 2. Durchgang	Bodenbearbeitung 3. Durchgang	Aussaat
Winterraps-stoppel	Grubber (26 cm Gänsefußschar, 18 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 3 - 7 cm) (25.07.18)	(16.08.18)	Zinkenstriegel (8 mm Zinken, 28 mm Strichabastand, Arbeitstiefe: 1 - 4 cm) (17.09.18)	Grubber + Aussaat WW über Zinkenstiel (26 cm Gänsefußschar, 18 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 2 - 5 cm) (10.10.18)	
Winter-weizen-stoppel	Grubber (26 cm Gänsefußschar, 18 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 3 - 7 cm) (27.07.18)	(28.08.18)	Grubber (5 cm Meißelschar, 30 cm Strichabastand, Arbeitstiefe: 15 - 20 cm) (05.10.18)	Grubber + Aussaat WW über Zinkenstiel (26 cm Gänsefußschar, 18 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 2 - 5 cm) (17.10.18)	

(b)

Prüfglied	Besatz Ausfallkultur [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor...			org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor...			Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Bodenbearbeitung 1. Durchgang	Bodenbearbeitung 2. Durchgang	Bodenbearbeitung 3. Durchgang (+ Aussaat)	Bodenbearbeitung 1. Durchgang	Bodenbearbeitung 2. Durchgang	Bodenbearbeitung 3. Durchgang (+ Aussaat)	
Winterraps-stoppel	1072 (BBCH 10-11; Höhe 0,5 - 3 cm)	89 (BBCH 10; Höhe 0,5 - 2 cm)	34 (BBCH 10 - 11; Höhe 0,5 - 5 cm)	40	30	30	349
Winterwei-zenstoppel	132 (BBCH 11-24; Höhe 6 - 12 cm)	160 (BBCH 12-13; Höhe 6 - 10 cm)	75 (BBCH 11-12; Höhe 3 - 7 cm)	80	60	40	420

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*								Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Bodenbearbeitung 1. Durchgang		Bodenbearbeitung 2. Durchgang		Bodenbearbeitung 3. Durchgang		
Winterraps-stoppel	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, flach*	**35 €/ha**	Mechanisierung: Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m Arbeitsgang: Stoppelgrubbern, flach	**35 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 138 kW + Zinkenstriegel, angebaut, 12 m* Arbeitsgang: *Striegeln*	**11 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m, (+Saattank)* Arbeitsgang: *Grubbern, flach (+ Aussaat)*	**35 €/ha**	**116 €/ha**
Winterwei-zenstoppel	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, flach*	**35 €/ha**	Mechanisierung: Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m Arbeitsgang: Stoppelgrubbern, flach	**35 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 4,5 m* Arbeitsgang: Tiefgrubbern	**54 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m, (+Saattank)* Arbeitsgang: *Grubbern, flach (+ Aussaat)*	**35 €/ha**	**159 €/ha**

2.5.5.2 Ergebnisse aus dem Jahr 2019

2019 wurden zwei Flächen untersucht, welche unterschiedlich stark verunkrautet waren. Die abgeerntete Vorfrucht war auf beiden Feldstücken Futtererbse. Auf Schlag I mit weniger Verunkrautung waren zwei Bearbeitungsgänge nach der Stoppelbearbeitung sowie ein Striegel-Arbeitsgang kurz nach der Aussaat notwendig. Auf dem vor allem stark mit Disteln verunkrautetem Schlag II wurden ebenfalls zwei Arbeitsgänge zur Unkrautbeseitigung sowie eine separate Aussaat mit nachfolgendem Striegelgang durchgeführt. Die Ausfallkultur selbst spielte bei der Unkrautkontrolle eine untergeordnete Rolle. Die Arbeitserledigungskosten im Rahmen der Unkrautbekämpfung bis zur Aussaat betrugen jeweils 105 €/ha.

Tab. 11: Variantenplan (a), Boniturergebnisse (b) und Arbeitserledigungskosten (c) des Verfahrensvergleichs 2019

(a)

Prüfglied	Maßnahmen				
	Stoppelbearbeitung	Bodenbearbeitung 1. Durchgang	Bodenbearbeitung 2. Durchgang	Aussaat	Bodenbearbeitung 3. Durchgang
Futtererbsenstoppel I	Grubber (26 cm Gänsefußschar, 18 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 5 - 8 cm) (20.08.19)	(07.09.19)	Grubber + Aussaat WW über Zinkenstiel (8 cm Schmalschar, 18 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 2 - 5 cm) (07.10.19)		Zinkenstriegel (8 mm Zinken, 28 mm Strichabstand, Arbeitstiefe: 1 - 3 cm) (12.10.19)
Futtererbsenstoppel II	Grubber (26 cm Gänsefußschar, 18 cm Strichabstand, Arbeitstiefe: 5 - 8 cm) (21.08.19)	(28.09.19)	(24.10.19)	Hacke + Aussaat WW über Zinkenstiel (25 cm Gänsefußschar, Arbeitstiefe: 2 - 5 cm) (25.10.19)	Zinkenstriegel (8 mm Zinken, 28 mm Strichabstand, Arbeitstiefe: 1 - 3 cm) (30.10.19)

(b)

Prüfglied	Besatz Ausfallkultur [Pfl/m²] zum Zeitpunkt kurz vor…			org. Substanzauflage [%] zum Zeitpunkt kurz vor…			Feldaufgang Folgekultur [Pfl/m²]
	Bodenbearbeitung 1. Durchgang	Bodenbearbeitung 2. Durchgang (+ Aussaat)	Blindstriegeln	Bodenbearbeitung 1. Durchgang	Bodenbearbeitung 2. Durchgang	Blindstriegeln	
Futtererbsenstoppel I	2 (BBCH 10 -11; Höhe 0,5 - 5 cm)	2 (BBCH 10 -11; Höhe 0,5 - 5 cm)	0	50	30	20	342
Futtererbsenstoppel II	6 (BBCH 10 -11; Höhe 0,5 - 5 cm)	3 (BBCH 10 -11; Höhe 0,5 - 5 cm)	0	50	30	20	375

(c)

Prüfglied	Darstellung der Arbeitserledigungskosten auf Grundlage der KTBL Programme *MaKost* und *Feldarbeitsrechner*						Gesamt
	Stoppelbearbeitung		Bodenbearbeitung 1. Durchgang		Bodenbearbeitung 2. Durchgang		
Futtererb-senstoppel I	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, flach*	**35 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m* Arbeitsgang: *Grubbern, flach*	**35 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m, (+Saattank)* Arbeitsgang: *Grubbern, flach + (Aussaat)*	**35 €/ha**	**105 €/ha**
Futtererb-senstoppel II	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m* Arbeitsgang: *Stoppelgrubbern, flach*	**35 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m* Arbeitsgang: *Grubbern, flach*	**35 €/ha**	Mechanisierung: *Traktor 200 kW + Grubber, aufgesattelt, 5 m* Arbeitsgang: *Grubbern, flach*	**35 €/ha**	**105 €/ha**

3 Zusammenfassung

(1) Im Rahmen von Demonstrationsversuchen wurden Alternativen zur bisherigen Ausfallrapsbekämpfung (unter Einsatz von Glyphosat) untersucht. Sonstige Nutzungen von Glyphosat (z.B. Einsatz nach Getreide und Zwischenfrüchten, Ungräser-Resistenz-Management) waren nicht Gegenstand des Projektes.

(2) Die beiden Untersuchungsjahre 2018 und 2019 waren durch ausgesprochen geringe Niederschläge und vergleichsweise hohe Temperaturen gekennzeichnet. Dies führte in beiden Untersuchungsjahren zu insgesamt unterdurchschnittlichen Dichten des Aufwuchses der Ausfallkultur. In Jahren mit höheren Niederschlägen nach Ernte ist hingegen mit deutlich höheren Dichten bei den Ausfallkulturen (insb. Raps) zu rechnen. Neben den Witterungsverhältnissen hat auch die Art der Stoppelbearbeitung (Tiefe, Bearbeitungsgerät) einen wesentlichen Einfluss auf die Keimungsrate der Ausfallkultur.

(3) Alle Strategien (Glyphosat / Glyphosat-freie) zur Ausfallrapsbekämpfung führten im Jahr 2018 sowie 2019 in den untersuchten Betrieben zu guten bis sehr guten Wirkungsgraden.

(4) Im Vergleich zur Glyphosat- Strategie umfasst der Erfolg einer mechanischen Ausfallrapsbekämpfung von der Stoppelbearbeitung bis hin zur Saatbettbereitung ein flexibleres und den Witterungsbedingungen angepasstes Management.

(5) In 2018 wurden (in erster Näherung!) im Vergleich zur Glyphosat-Strategie mit den Glyphosat-freien Behandlungsvarianten Mehrkosten von durchschnittlich 35 €/ha ermittelt. 2019 wurden am Standort Guthmannshausen Mehrkosten von 36 € kalkuliert. Aufgrund des relativ geringen Aufwuchses wurde an den beiden Standorten Schlöben und Altengönna keine mechanische Ausfallrapsbekämpfung nach Stoppelsturz durchgeführt. In beiden Betrieben erfolgte erst zur Grundbodenbearbeitung vor Aussaat eine mechanische Bodenbearbeitung und damit Beseitigung des Ausfallrapses. Damit konnten Kosten von 27 bzw. 33 € /ha eingespart werden.

(6) Diese im Pkt. 5 unter bestimmten Umständen möglichen Kosteneinsparungen können sich unter Berücksichtigung ggf. notwendiger zusätzlicher Aufwendungen bei den nachfolgenden Herbizidbehandlungen wieder aufheben.

(7) Die in dieser Studie kalkulierten Kosten entsprechen weitgehend den Ergebnissen von Untersuchungen des LfL (Bayern), wo durch den Verzicht auf Glyphosat im Nacherntemanagement durchschnittliche Mehrkosten in Höhe von 78 €/ha bis 98 €/ha ermittelt wurden (Quelle:.www.lfl.bayern.de/ ips/unkraut/192727/index.php).

(8) Die Witterung kann die Höhe der Arbeitserledigungskosten maßgeblich beeinflussen (teilweise hohe räumliche bzw. jährliche Variabilität möglich). Dies zeigten insbesondere die Ergebnisse aus 2018 wo bei vglw. geringer Wüchsigkeit des Ausfallrapses (z.B. Standort Schlöben) eine Differenz zur Glyphosat-Strategie von nur 8 €/ha und bei wüchsigem Wetter und viel Biomassebildung (z.B. Standort Kromsdorf) eine Differenz von knapp 100 €/ha an Arbeitserledigungskosten auftreten können.

(9) Für die Ermittlung der Arbeitserledigungskosten mussten verschiedene Annahmen getroffen werden, die zu Abweichungen im Vergleich zu den tatsächlichen Kosten führen können.

(10) Die vorgestellten zweijährigen Ergebnisse sind im Rahmen von Demonstrationsversuchen erarbeitet worden und nur beschränkt verallgemeinerbar! Eine Fortführung, methodische Spezifizierung und ggf. räumliche Erweiterung der Untersuchungen wäre wünschenswert und für belastbare Aussagen zu dieser Thematik dringend notwendig.