# Projektbericht

## Erhebungen zu Alternativverfahren zum Glyphosateinsatz – Durchführung eines Maschinenvergleichs / Feldtagdemonstration Buttelstedt 2018 (Teilvorhaben 1.1)

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

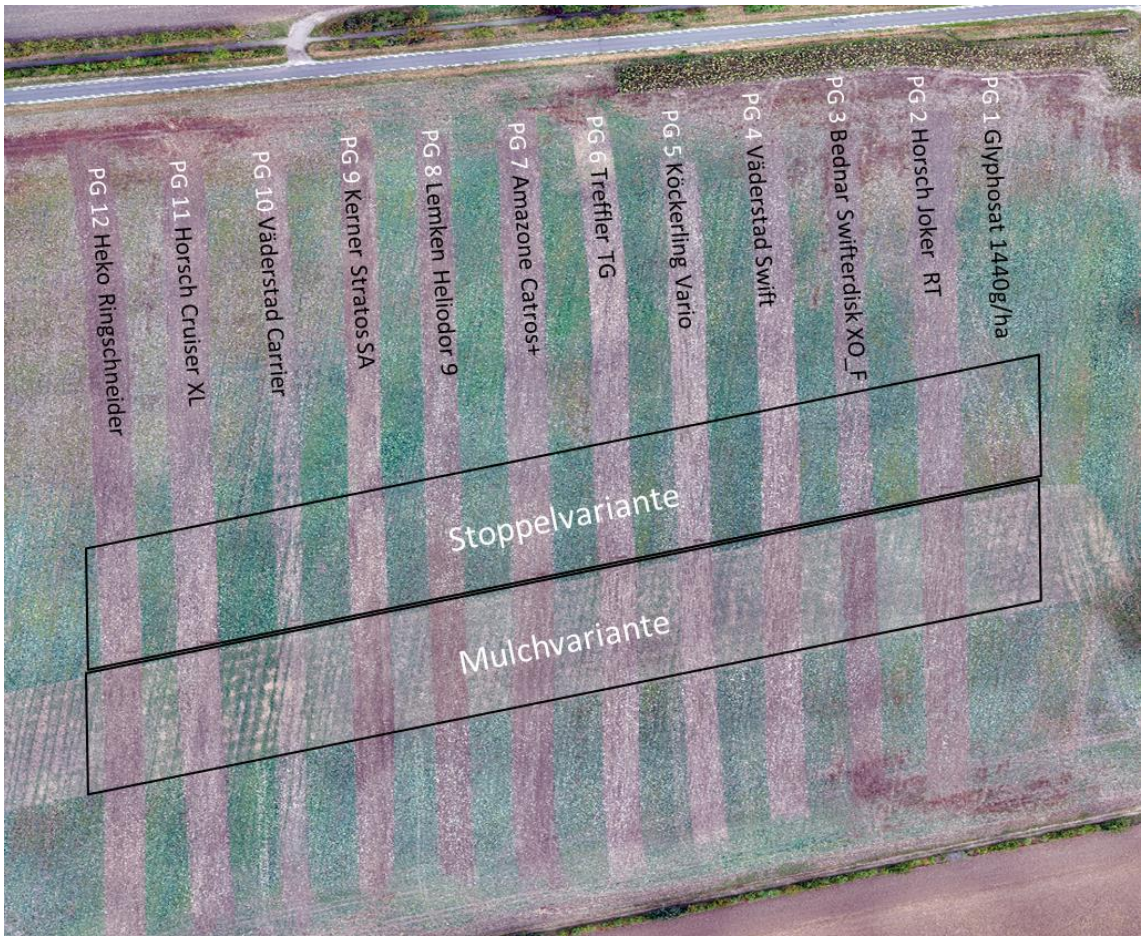


Abbildung 1: Versuchsaufbau der Maschinendemonstration in Buttelstedt

## 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<br>28,0 cm | Flachschar 31,5 cm<br>Ringschneider 850 mm | 1<br>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 Federstegwalze. 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.

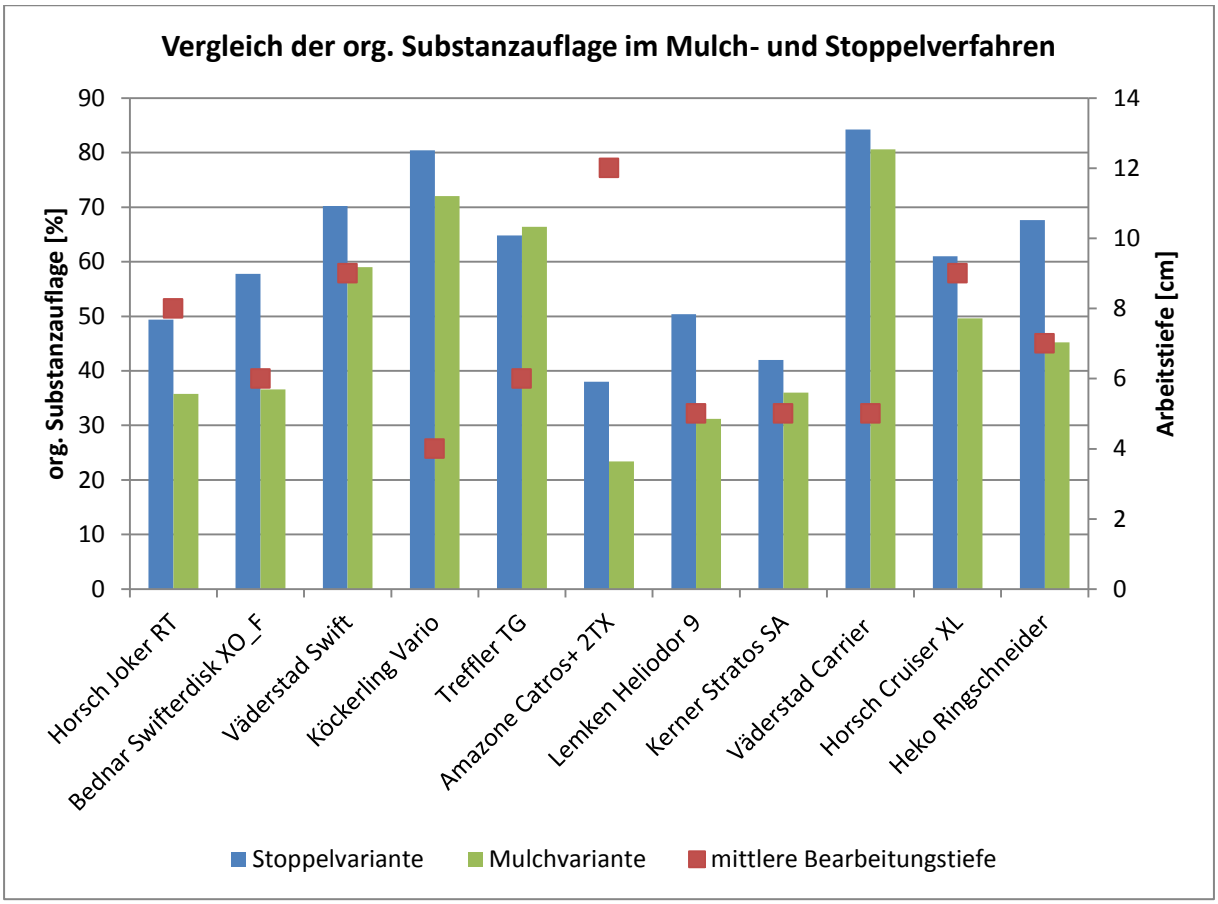


Abbildung 16: Vergleich der organischen Substanzauflage im Mulch- und Stoppelverfahren

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 Rapspflanzen/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).

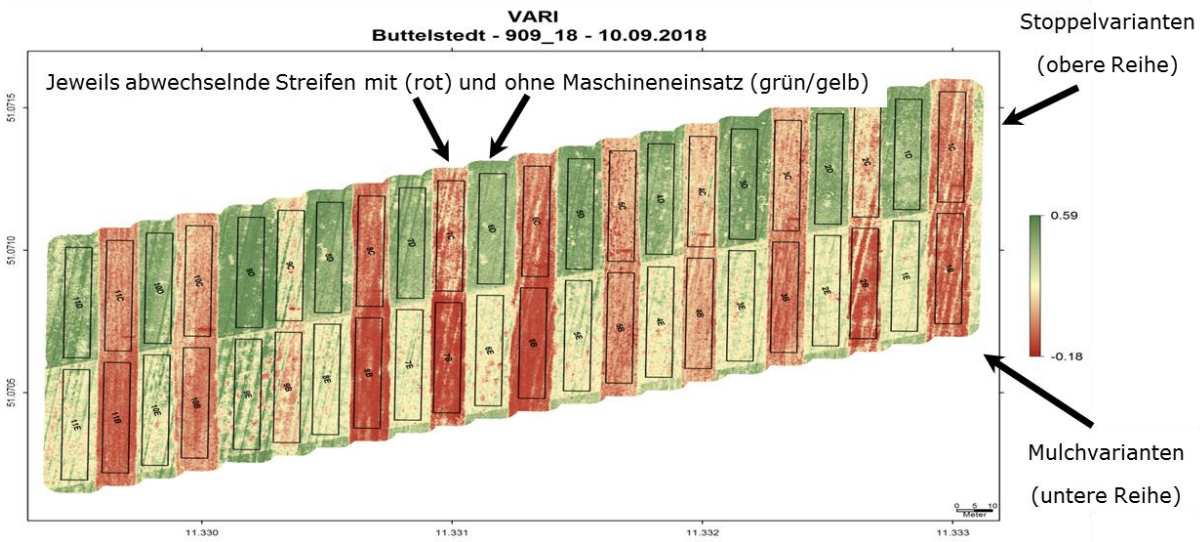


Abbildung 17: Luftbild des abgeleiteten VARI-Index (Drohnenbefliegung mit RGB-Kamera); rot: niedrige Werte, gelb: mittlere Werte, grün: hohe Werte

## 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.

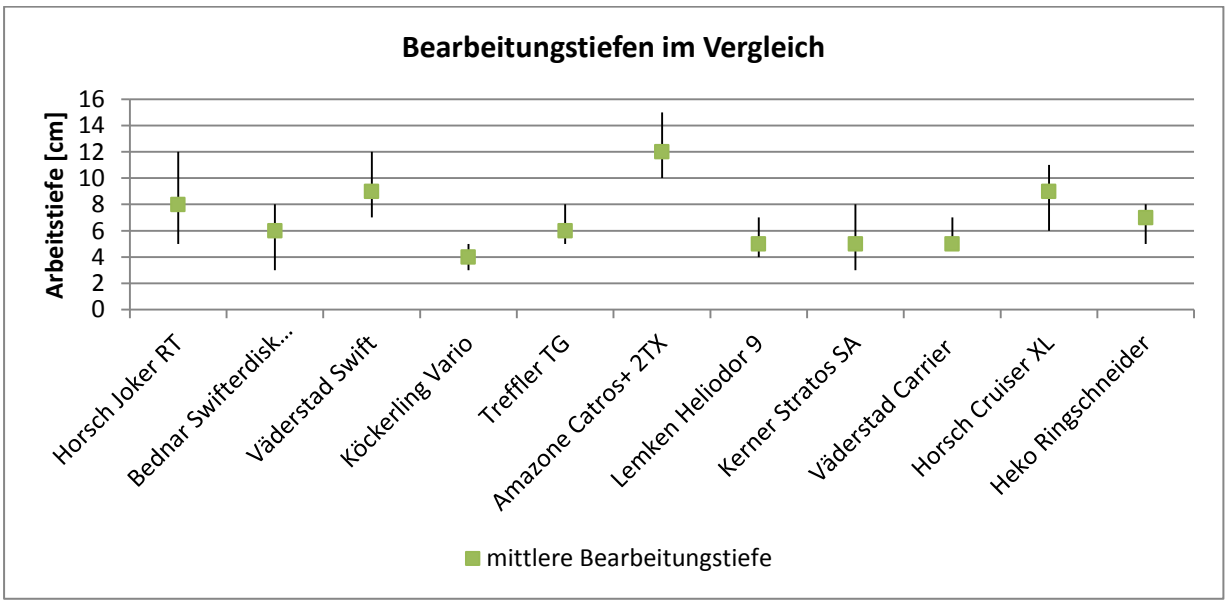


Abbildung 18: Bearbeitungstiefen der eingesetzten Arbeitsmaschinen

### 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

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

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 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

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

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).

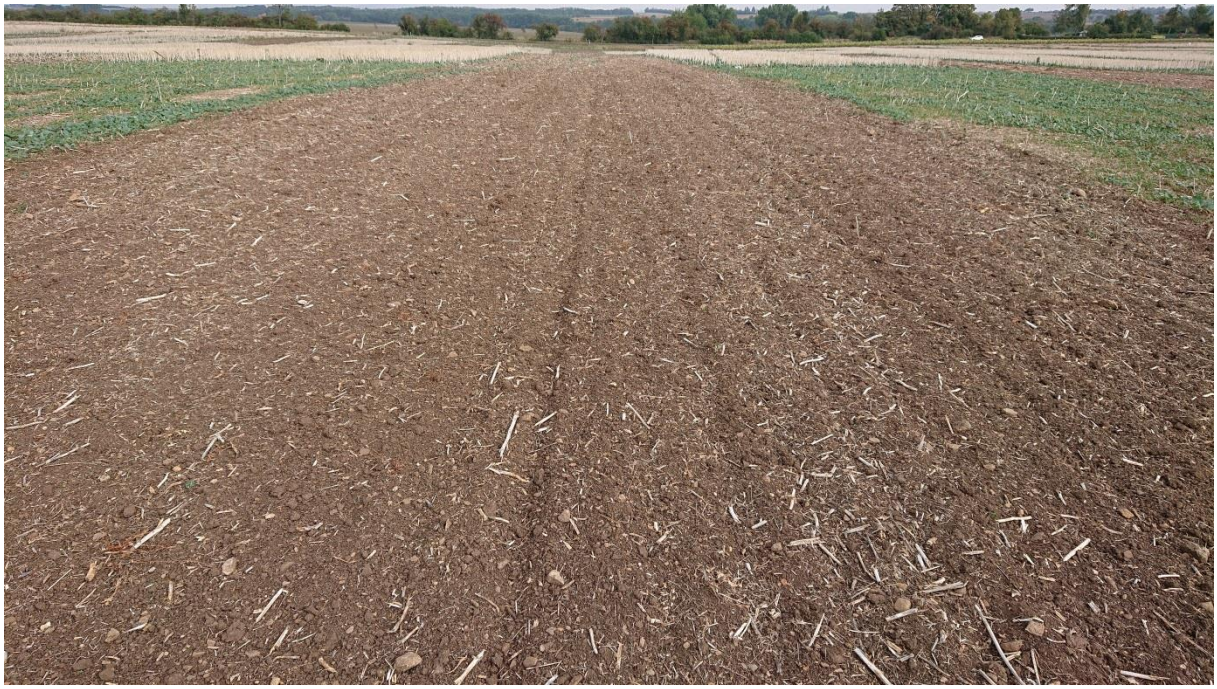

Abbildung 30: Arbeitsbild der Amazone Catros+ 2TX (PG 7) in der Mulchvariante

### 3.4.2.7 PG 8: Lemken Heliodor 9

Abbildung 31: Unbearbeitete Stängel und Rapspflanzen in PG 8

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 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.